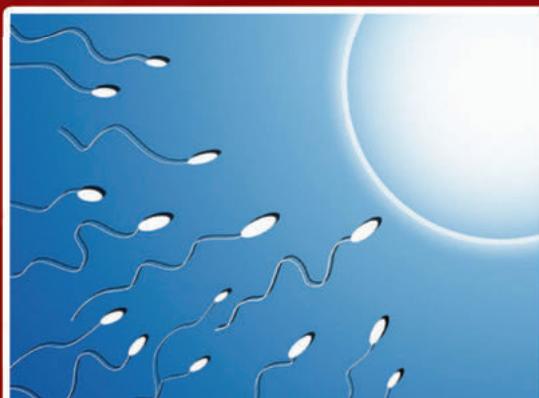


ნ. გაალობვილი

ნ. იოსებაშვილი

ბიოლოგია

X კლასი



ნ. ზაალიშვილი ნ. იოსებაშვილი

პიოლოგია

X კლასი

სახელმძღვანელო გრიფირებულია განათლების ხარისხის
განვითარების ეროვნული ცენტრის მიერ
(ბრძ. 375, 18.05.2012 წელი)



2012 წელი



რედაქტორი:
ტექრედაქტორი:
მხატვრები:

დიზაინი,
კომპ. უზრუნველყოფა:

ბ. კლაუ
გ. ჩიქვინიძე
ლ. სიჭინავა
ლ. ცხონდია

გ. ტაბლიაშვილი
ლ. სიჭინავა

საგამომცემლო სახლი „ტრიასი“
თბილისი, რობაქიძის გამზირი 7.
ტელ.: +995 32 2 51 52 06; +995 32 2 14 52 52.
+995 32 2 14 99 77; +995 0 570 50 12 89;
მობ.: +995 599 55 56 59; +995 79 49 77 99
www.triasi.ge
Email: infotriasi@gmail.com

© საგამომცემლო სახლი „ტრიასი“

ISBN 978-9941-9249-5-8

EAN 9789941924958

სარჩევი

I სიცოცხლის მოლაკულები

§1. ორბანიზმის ქიმიური შედგენილობა	7
არაორბანული ნივთიერებები წყალი და მინერალური მარილები	
§2. ორბანული ნივთიერებები	18
ცილები. ცილების სტრუქტურა	
§3. ორბანული ნივთიერებები	22
ცილები ცილების ფუნქციები	
§4. ორბანული ნივთიერებები	30
ნახშირწყლები: მონოსაქარიდები, ოლიგოსაქარიდები, პოლისაქარიდები ნახშირწყლების მნიშვნელობა	
§5. ორბანული ნივთიერებები	35
ლიპიდები: ცხიმები, ფოსფოლიპიდები, ცვილები, სტეროიდები ლიპიდების დანიშნულება	
§6. ორბანული ნივთიერებები. დნმ	42
დნმ-ის აღმოჩენის ისტორია	
§7. დნმ-ის ქიმიური შედგენილობა	47
ჩარბაზის კანონი დნმ-ის რენტგენული კრისტალოგრაფია დნმ-ის მოლაკულის ორმაგი სპირალის მოდელი	

II უჯრედი

§8. უჯრედული თეორია	52
§9. პლაზმური მემბრანა	56
პლაზმური მემბრანის აგებულება პლაზმური მემბრანის ფუნქციები	
§10. ბირთვი	64
რიბოსომა ენდოპლაზმური ბადა გოლჯის კომპლექსი	
§11. ლიზოსომა	68
მიტოქონდრია ქლოროპლასტი ციტოჩონდრიონი	

III ნივთიერებათა ცვლა უჯრედში

§12. პლასტიკური და ენერგეტიკული ცვლა	75
უჯრედული სუნთქვა	
§13. პლასტიკური ცვლა მცენარეებში	82
ფოტოსინთეზი	

IV ფოტოსინთეზი და ტრანსპორტი მცენარეებში

§14. ფოტოსინთეზის აგებულება	87
მცენარის სუნთქვა და ფოტოსინთეზი	

§§15. მცენარე და მინერალები	92
მინერალური მარილების მნიშვნელობა მცენარეებისთვის	
მინერალური მარილების უჯრედებში შეღწევის გზები	
სასუქები	

§16. მცენარის სატრანსპორტო სისტემა	97
ფისკური ნევა, ტრანსპირაცია	

V საკვები და საჭმლის მომწოდება

§17. ჰეთროტროფული კვების ტიპები	105
ერთუჯრედიანების, უხერხემლო და ხერხემლიანი ცხოველების კვება და მომწოდება	

§18. მუშუმწოვრების საჭმლის მომწოდებელი სისტემა	113
მომწოდება პირის ღრუში	
მომწოდება კუჭში	

§19. საკვების მომწოდება წვრილ ნაწლავში	119
შენიშვნა წვრილ ნაწლავში	
მსხვილი ნაწლავის ფუნქციები	

§20. საკვების შედგენილობა	124
მცენარეული და ცხოველური საკვები	
ვიტამინები, მათი დანიშნულება	

§21. საკვების ენერგეტიკული ღირებულება	134
საკვებში ენერგიის განსაზღვრა	
ადამინის მოთხოვნილება ენერგიაზე	
დაბალანსებული კვება	

VI სისხლი და სისხლის მიმოქცევის სისტემა

§22. სატრანსპორტო სისტემა ცხოველებში	144
სისხლის მიმოქცევის სისტემა უხერხემლო ცხოველებში	
თევზების, ამფიბიების, ძვენარმავლებისა და ფრინველების სისხლის მიმოქცევის სისტემა	

§23. მუშუმწოვრების სისხლის შედგენილობა	150
სისხლის შემადგენელი კომპონენტების ფუნქციები	

§24. მუშუმწოვრების სისხლის მიმოქცევის სისტემა	154
გულისა და სისხლქარღვევის აგებულება და ფუნქციები	
გულის ციკლის ფაზები	
ზოგიერთი გულ-სისხლქარღვევანი პათოლოგიები	

VII სუნთქვა

§25. სუნთქვა სხეულის ზედაპირით	161
სუნთქვა ტრაქეებით	
სუნთქვა ლაყურებით	
სუნთქვა ფილტვებით. მუშუმწოვრების სუნთქვა	
სუნთქვითი პარამეტრები	

VIII კომოსტაზი

§26. კომოსტაზური მემბრანის სტრუქტურა	173
დეტექტორი, საკონტროლო ცენტრი, ეფექტორი	

თერმორეგულაცია. თერმორეგულაციაში მონაწილე სტრუქტურები	
§27. ექსკრეცია და ოსმორეგულაცია	178
ექსკრეცია და ოსმორეგულაცია მტკნარი წყლის, ზღვისა და ხმელეთის ცხოველებში	
თირკმელები — ადამიანის ექსკრეციისა და ოსმორეგულაციის მთავარი ორგანო	

IX კოორდინაცია და რეგულაცია

§28. ნერვული და ენდოკრინული სისტემა. მათი მოქმედების	186
თავისებურებები	
ნერვული სისტემის ტიპები	
ნერვული იმპულსის გუნება	
რეფლექსური რკალი	
§29. ხერხემლიანი ცხოველების თავის ტვინის აგებულება	194
ადამიანის თავის ტვინი	
მეხსიერება. მეხსიერების მექანიზმი	
ძილი. ძილის ფაზები	
§30. ნერვულ სისტემაზე მოქმედი ნივთიერებები	201
სტიმულატორები, დეპრესანტები, ნარკოტიკები, ჰალუცინოგენები	
§31. რეცეპტორები	205
მხედველობის ორგანოს აგებულება	
მხედველობის რეცეპტორების ტიპები	
ფერადი მხედველობა	
§32. ენდოკრინული სისტემა	213
ხერხემლიანი ცხოველების შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლები.	
ჰორმონების მოქმედების მექანიზმი	
ჰიპოფიზი და ჰიპოთალამუსი — სასიცოცხლო პროცესების მთავარი რეგულატორები	
§33. მცენარეული ჰორმონები	220
აუქსინები, გიბერელინები, ეთილენი, აბსციზინი	

X მოქრაობა

§34. ჰიდროსტატიკური ჩონჩხი	227
ბარბანის ჩონჩხი	
შინაგანი ჩონჩხი	
§35. კუნთის შეკუმშვის მექანიზმი	232
უჯრედული სუნთქვა ფიზიკური გადატვირთვის დროს	
§36. მოქრაობა ჰაერში	237
ფრინველის ჩონჩხის აგებულება	
მოქრაობა წყალში	

პირობითი ნიშნები



საკითხების ჩამონათვალი, რომელზეც უნდა მოხდეს მოსწავლის ყურადღების გამახვილება



დასკვნითი ნაწილი



ექსპერიმენტი, პრაქტიკული სამუშაო. ტაბულების, ცხრილების, დიაგრამებისა და ექსპერიმენტის შედეგების ანალიზი



კითხვები



ტესტები



როული კითხვები



დავალემა მასალის ირგვლივ: რეფერატი, რეფერატის პრეზენტაცია



მოდელი



გირჩევთ



საკვანძო სიტყვები ინტერნეტში ინფორმაციის მოსაძიებლად. ინტერნეტმისამართები



გაკვეთილის ტექსტში ჩართული კითხვა



გაკვეთილის ტექსტში ჩართული ცდა

I სიცოცხლის მოლეკულა

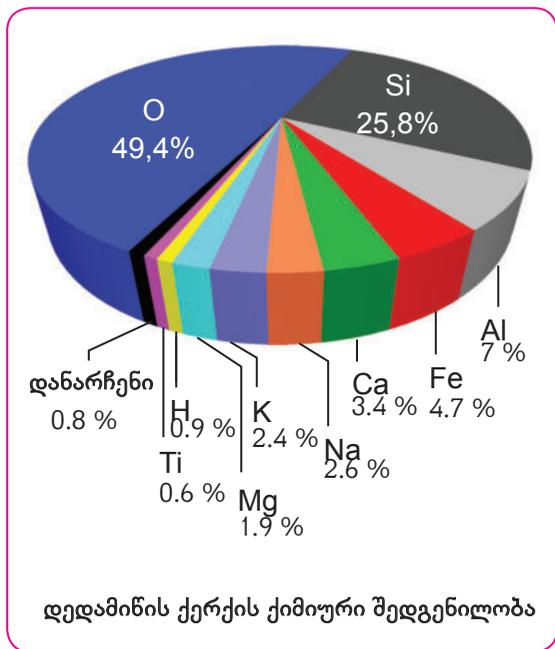
§1



ორგანიზმის ქიმიური შედგენილობა
არაორგანული ნივთიერებაები
წყალი და მინერალური მარილები

ყოველი ცოცხალი არსება ათასობით სხვადასხვა ქიმიური ნივთიერებების უნიკალურ ნაკრებს შეიცავს. ორგანიზმის არსებობა ამ ნივთიერებების ნორმალურ შემცველობასა და მათ ქიმიურ გარდაქმნებზეა დამოკიდებული. ხანგრძლივი ცვლილებები, ნივთიერებების ნორმალური შემცველობის თვალსაზრისით, და ქიმიური პროცესების მსვლელობის დარღვევა ორგანიზმის განადგურებით მთავრდება.

ქიმიური ელემენტების შემცველობის მხრივ, განსხვავება ცოცხალ და არაცოცხალ ბუნებას შორის არ შეიმჩნევა. ეს იმას ნიშნავს, რომ ცოცხალ ორგანიზმებში არ არის აღმოჩენილი რაიმე ისეთი განსაკუთრებული ელემენტი, რომელიც მხოლოდ მათში გვხვდება და არაცოცხალი სამყარო მას არ შეიცავს. თუმცა, ქიმიური ელემენტების რაოდენობრივი შემცველობის თვალსაზრისით, განსხვავება ამ ორ სამყაროს შორის ძალიან დიდია.

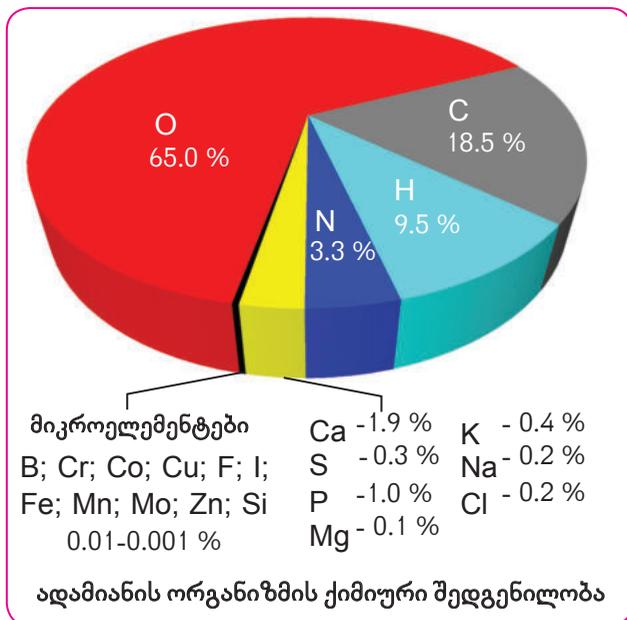


1 დააკვირდი ილუსტრაციას. რომელ ქიმიურ ელემენტებს შეიცავს დედამიწის ქერქი განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით?

ცოცხალი ორგანიზმები ქიმიური ელემენტებიდან დაახლოებით 25-ს იყენებენ. მათ განსხვავებული რაოდენობით შეიცავენ სხვადასხვა ორგანიზმები. პირობითად, ამ ელემენტებს მეცნიერები ორ ჯგუფად — მაკროელემენტებად და მიკროელემენტებად ყოფენ. **მაკროელემენტებს** იმ ელემენტებს უწოდებენ, რომელთა შემცველობა ორგანიზმში 0,1%-ს აღემატება.

მიკროელემენტების ჯგუფში ის ქიმიური ელემენტებია გაერთიანებული, რომლებსაც ორგანიზმი 0,01-0,001%-ის ფარგლებში შეიცავს.

ძალზე მცირე, 0,000001%-ზე ნაკლები რაოდენობით შედის ცოცხალ ორგანიზმში ოქრო, ვერცხლი, პლატინა. ამ ელემენტებს ზოგი მეცნიერი ცალკე, **ულტრამიკროელემენტების** ჯგუფში აერთიანებს.



2 რომელი ელემენტები შედის განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით ადამიანის ორგანიზმში?

3 რა გავლენას ახდენს ადამიანის ჯანმრთელობაზე რკინის ნაკლებობა საკვებ პროდუქტებში?

4 რომელი დაავადებაა დაკავშირებული იოდის დეფიციტთან?

5 რას იწვევს ფტორის დეფიციტი?

მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენი ორგანიზმი მიკროელემენტებს ძალიან მცირე რაოდენობით შეიცავს, ისინი უდიდეს გავლენას ახდენენ ჩვენს ჯანმრთელობაზე.

ელემენტი	მნიშვნელობა ორგანიზმისთვის
ლითიუმი	აუცილებელია თავის ტვინის ნორმალური ფუნქციონირებისთვის. მისი ნაკლებობა დეპრესიას იწვევს.
მანგანუმი	მონაწილეობს ცილებისა და ლიპიდების გარდაქმნაში. აუცილებელია ჩონჩხის ნორმალური განვითარებისთვის.
თუთია	აუცილებელია ინსულინისა და სასქესო ჰორმონების მოქმედებისთვის. მონაწილეობს ყნოსვის, მხედველობის, გემოვნების შეგრძნების ჩამოყალიბებაში.
საილენძი	მონაწილეობს იმუნური სისტემის მოქმედებაში.
სელენი	ნაკლებობა იწვევს გულის კუნთის მუშაობის შესუსტებას.
ქრომი	მონაწილეობს ლიპიდების გარდაქმნაში.
პლატინა	გავლენას ახდენს ნერვული სისტემისა და იმუნური სისტემის მოქმედებაზე.

განსხვავება ცოცხალ და არაცოცხალ ბუნებას შორის მოლეკულურ დონეზე იჩენს თავს. ყველა ცოცხალი ორგანიზმი ორგანულ ნივთიერებებს — ცილებს, ლიპიდებს, ნახშირწყლებსა და ნუკლეინის მჟავებს შეიცავს. ეს ნივთიერებები მხოლოდ ცოცხალი ორგანიზმების „კუთვნილებაა“. არაორგანული ნივთიერებები კი გვხვდება როგორც ცოცხალ, ასევე არაცოცხალ ბუნებაში.

ნივთიერებები			
არაორგანული	%	ორგანული	%
წყალი	70-80	ცილები	10-20
		ნახშირწყლები	0.2-2.0
		ლიპიდები	1.0-1.5
		ნუკლეინის მჟავები	1.0-2.0
მინერალური მარილები	1-1.5	სხვა ნივთიერებები	0.1-0.5

არაორგანული ნივთიერებები

წყალი ყველაზე გავრცელებული ნივთიერებაა დედამიწაზე. დედამიწის ზედაპირის უდიდესი ნაწილი წყლითაა დაფარული. ის ერთადერთი ნივთიერებაა, რომელიც ბუნებრივ პირობებში სამივე აგრეგატულ მდგომარეობაში არსებობს; წყალი აისბერგსაც წარმოქმნის, ღრუბელსაც და მდინარესაც.



ჩვენი სხეულის 80% წყალია. ის არის როგორც უჯრედში, ისე მის გარეთ — ქსოვილურ სითხეში, სისხლში, ლიმფაში, ნერწყვში.

რაც ყველაზე მეტად საინტერესოა, წყლის შემცველობა თითქოს პირდაპირ მიუთითებს მთლიანად ორგანიზმისა და ამა თუ იმ უჯრედის აქტივობაზე. მაგალითად, ბავშვის ორგანიზმი დიდი რაოდენობით წყალს შეიცავს. ასაკთან ერთად მისი შემცველობა თანდათან კლებულობს. თავის ტვინში წყლის შემცველობა 90%-ია, ცხიმოვან ქსოვილში კი მხოლოდ 10%.

ზრდასრული ადამიანი დღეღამეში საშუალოდ 2 ლიტრამდე წყალს ღებულობს და ამდენსავე გამოჰყოფს. ისიც საყოველთაოდ ცნობილია, რომ ადამიანი მხოლოდ 3-5 დღე ძლებს წყლის მიღების გარეშე, საკვების დეფიციტს კი უფრო ხანგრძლივად იტანს. წყლის 6-8%-ის დაკარგვის შემდეგ ადამიანს აქვს გულის წასვლის, გონების დაკარგვის შეგრძნება; 10%-ის დაკარგვის შემდეგ ეწყება ჰალუცინაცია; 12%-ის დაკარგვის შემდეგ კი იღუპება.

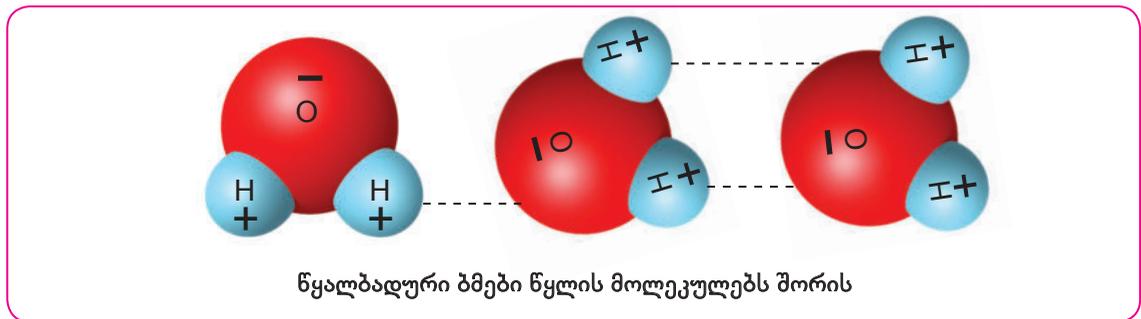
ეს მაგალითები იმაზე მიუთითებენ, რომ წყალს დიდი მნიშვნელობა უნდა ჰქონდეს სიცოცხლისთვის.

აღმოჩნდა, რომ ეს, ერთი შეხედვით, ჩვეულებრივი მოლეკულა, რომელიც ყველგანაა ჩვენ გარშემო და რომელიც ჩვენი ყოფის განუყოფელი ნაწილია, სრულიადაც არ არის ჩვეულებრივი. მას მრავალი უჩვეულო, უნიკალური თვისება გააჩნია,

რომელთაგან, მეცნიერთა აზრით, რამდენიმემ გადამწყვეტი როლი ითამაშა დედამიწაზე სიცოცხლის წარმოშობასა და განვითარებაში. მკვლევარების აზრით, სიცოცხლეს წყალში ჩაისახა და წყალი ერთგვარ „მბრძანებელ“ მოლეკულად იქცა — უჯრედის სტრუქტურის აწყობა წყლის თვისებების გათვალისწინებით მოხდა.

წყლის უნიკალური თვისებები მისი მოლეკულის აღნაგობიდან გამომდინარეობს. წყალი პოლარული მოლეკულაა, რომლის ერთი ნაწილი უარყოფითადაა დამუხტული, ხოლო მეორე — დადებითად.

წყლის ერთი მოლეკულის უარყოფითად დამუხტული ჟანგბადი იზიდავს წყლის მეორე მოლეკულის დადებითად დამუხტულ წყალბადს და მათ შორის ე.წ. **წყალბადური ბმები** წარმოიქმნება.



წყალბადური ბმა გაცილებით სუსტია კოვალენტურ ბმაზე. ის სწრაფად წარმოიქმნება და სწრაფადვე იშლება. სწორედ წყალბადური ბმებით არის გამოწვეული წყლის სიცოცხლისთვის მნიშვნელოვანი უნიკალური თვისებები.

წყლის ზედაპირზე წყალბადური ბმებით თითქოს ერთმანეთთან „მინებებული“ წყლის მოლეკულები ერთგვარ აპკს წარმოქმნიან. ამ მოვლენას **ზედაპირულ დაჭიმულობას** უწოდებენ.



წყლის ეს თვისება საკმაოდ ხელსაყრელი აღმოჩნდა ზოგიერთი ფეხსახსრიანისთვის, რომლებიც ისე დააბიჯებენ წყალზე, რომ არ არღვევენ წყლის მოლეკულების ამ თვალით უხილავ აპკს.

წყალს მაღალი თბოტევადობა გააჩნია. მის გასაცხლებლად, სხვა ნივთიერებებთან შედარებით, გაცილებით დიდი სითბური ენერჯის დახარჯვაა საჭირო. ეს იმიტომ ხდება, რომ სითბური ენერჯის ნაწილი წყალბადური ბმების გახლეჩას ხმარდება და წყლის ტემპერატურა შედარებით ნაკლებად მატულობს. წყალი „ჯიუტი“ მოლეკულაა. ის თითქოს ცდილობს, შეინარჩუნოს ტემპერატურა და ეწინააღმდეგება როგორც სითბოს მიღებას, ისე გაცემას.

6 რა მნიშვნელობა აქვს წყლის ამ თვისებას ჩვენი უჯრედებისთვის?

წყალს დუღილის მაღალი ტემპერატურა აქვს. იმისთვის, რომ წყლის მოლეკულამ განყვიტოს ყველა წყალბადური კავშირი მეზობელ მოლეკულებთან, გათავისუფლდეს და ჰაერში გადაინაცვლოს ანუ აორთქლდეს, ის 100°C-მდე უნდა გაცხელდეს.

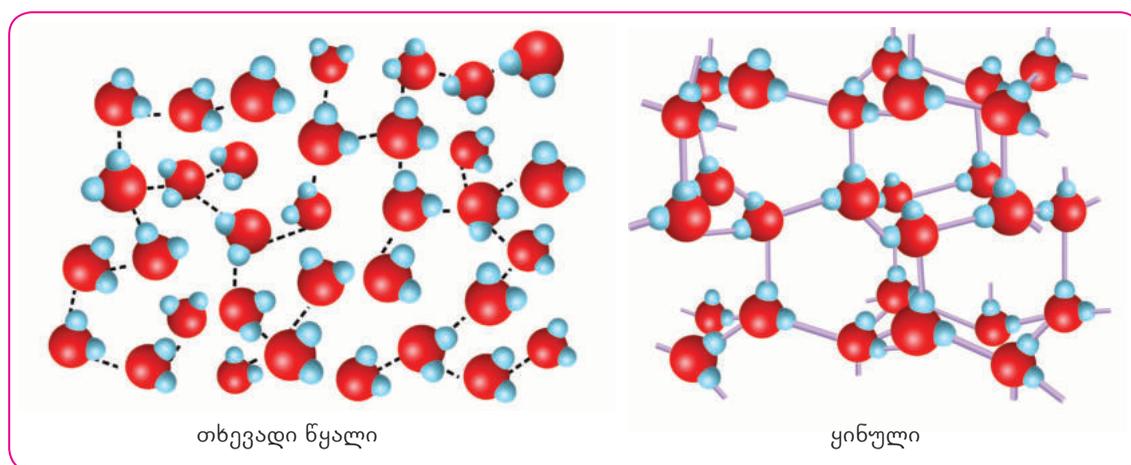
„ცხელ მოლეკულებს“ თან მიაქვთ სითბური ენერჯის დიდი ნაწილი ანუ აორთქლებას სითბური ენერჯის ხარჯვა მოყვება.

ამ მოვლენასთან არის დაკავშირებული ორგანიზმის ტემპერატურის დანევა — გაგრილება ოფლის გამოყოფის დროს.

წყალს კიდევ ერთი უცნაური თვისება აქვს — მას თხევად მდგომარეობაში უფრო მეტი სიმკვრივე აქვს, ვიდრე მყარში. სხვა ნივთიერების გაცივებისას, მის მოლეკულებს შორის მანძილი მცირდება, ის ზომაში იკლებს და უფრო მკვრივი ხდება. წყლის შემთხვევაში პირიქითაა — გაცივებისას წყლის მოლეკულები ერთმანეთს სცილდება და ისე უკავშირდება ერთმანეთს წყალბადური ბმებით, რომ კრისტალურ მესერს წარმოქმნის. ამ მესერში მოლეკულებისგან თავისუფალი ბევრი ადგილია. ამიტომ ყინულის სიმკვრივე, თხევად წყალთან შედარებით, გაცილებით დაბალია — ის ტივტივებს.



ოფლის გამოყოფა ორგანიზმს აგრილებს

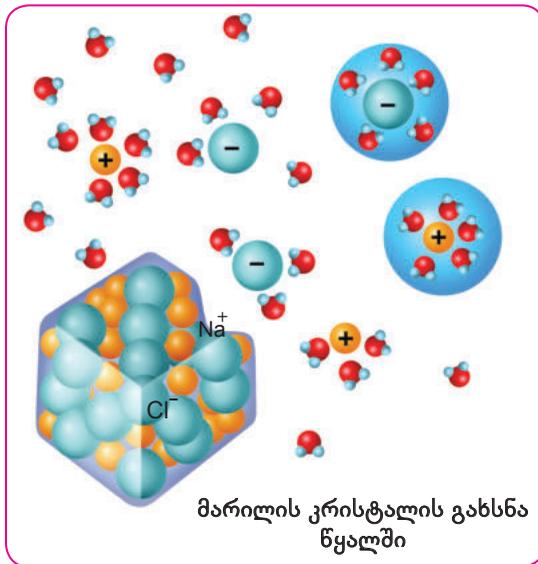


ყინული საბანივით ეფარება წყლის ზედაპირს და იცავს მის ქვეშ მდებარე წყლის ფენებს ცივი ჰაერის უშუალო ზემოქმედებისგან.

7 რა ბიოლოგიური მნიშვნელობა აქვს ამ ფაქტს?

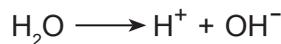
წყალი არაჩვეულებრივი გამხსნელია. მასში უამრავი ნივთიერება იხსნება, ბევრად მეტი, ვიდრე სხვა რომელიმე სითხეში.

ამ შემთხვევაშიც გადამწყვეტი მნიშვნელობა წყლის პოლარობას აქვს. წყლის პოლარული მოლეკულები ცალ-ცალკე ერთჯემის გარს სუფრის მარილის ნატრიუმისა და ქლორის იონებს. ისინი ერთმანეთს სცილდება — მარილი წყალში იხსნება. ხსნარში იონები თავისუფლად მოძრაობენ და ადვილად ერთვებიან სხვადასხვა რეაქციებში. ამიტომაც, რომ უჯრედში, რომელიც 80%-მდე წყალს შეიცავს, რეაქციები ადვილად მიმდინარეობს.

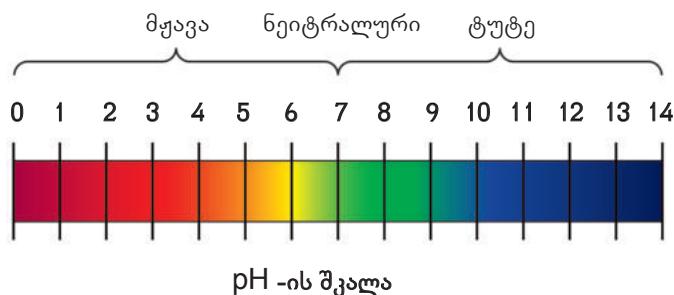


წყალში კარგად იხსნება ასევე პოლარული ნივთიერებებიც — შაქრები, ამინომჟავები, სპირტები. წყალში ხსნად ნივთიერებებს **ჰიდროფილურ** ნივთიერებებს უწოდებენ. არაპოლარული ნივთიერებები, მაგალითად, ცხიმები წყალთან კავშირს ვერ ამყარებს — წყალში ვერ იხსნება. ისინი **ჰიდროფობური** ნივთიერებები არიან. ფილოს — ბერძნულად სიყვარულს ნიშნავს, ხოლო ფობოს — სიძულვილს, შიშს.

უჯრედში, ჩვეულებრივ, წყლის მოლეკულების დიდი უმრავლესობა სტაბილურია. თუმცა, მათი ძალიან მცირე ნაწილი დისოცირდება — H^+ და OH^- იონს წარმოქმნის:



წყალში დისოცირებისას H^+ იონებს მჟავები იძლევიან, ხოლო OH^- იონებს — ფუძეები. უჯრედისთვის H^+ და OH^- რაოდენობრივ შეფარდებას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს. ამ მდგომარეობის შესაფასებლად pH-ის შკალას იყენებენ, რომლის რიცხვითი მაჩვენებლები 1-დან 14-მდე იცვლება.



pH-ის რიცხვითი მნიშვნელობა 7-ის ქვემოთ მიუთითებს, რომ ამ ხსნარში H^+ -ის კონცენტრაცია აჭარბებს OH^- -ის კონცენტრაციას. რაც უფრო დაბალია pH-ის მაჩვენებელი, მით მეტია ამ ხსნარის მჟავიანობა და პირიქით — pH-ის მაღალი მაჩვენებელი ხსნარის ტუტეიანობაზე მიუთითებს.

ვინაიდან წყალი თანაბარი რაოდენობით იძლევა მჟავური თვისებების H^+ -სა და ფუძე თვისებების OH^- -ს, ის ნეიტრალურია და მისი pH 7-ის ტოლად არის მიჩნეული.

უჯრედების უმრავლესობის pH სტაბილურად 7-ის ტოლია, მიუხედავად იმისა, რომ მასში ერთდროულად მრავალი რეაქცია მიმდინარეობს და შესაძლოა, ამ დროს დიდი რაოდენობით გამოთავისუფლდეს H^+ და უჯრედის შიგნით არე გაამჟავიანოს, ან პირიქით. pH-ის მუდმივობის შენარჩუნება ე.წ. **ბუფერული ნივთიერებების** საშუალებით ხორციელდება. მათ აქვთ უნარი, მიიტაცონ „ზედმეტი“ H^+ ან გამოათავისუფლონ ისინი არეში და ამით დაიცვან უჯრედები pH-ის რყევისგან. მაგალითად, ფოსფატური ბუფერული სისტემა NaH_2PO_4 -ისა და Na_2HPO_4 -გან შედგება. პირველი მარილი მოქმედებს როგორც **წყალბადის დონორი**, ანუ გატუტიანების საშიშროებისას ის ათავისუფლებს უჯრედში H^+ -ს. Na_2HPO_4 -ს კი აქვს უნარი, გამჟავიანების საშიშროებისას მიიტაცოს ქარბი H^+ , ანუ ის **წყალბადის აქცეპტორია**:



სისხლის მჟავა-ტუტოვან წონასწორობას მძლავრი ბუფერული სისტემა იცავს, რის გამოც სისხლის pH 7,3-7,4-ის ფარგლებში მერყეობს. pH 6,8-ზე ან 7,8-ზე სიცოცხლე წყდება. ამ სისტემის ერთ-ერთი კომპონენტი ბიკარბონატული ბუფერია. ის H_2CO_3 -სა და $NaHCO_3$ -ის წყვილისგან შედგება:



ნახშირმჟავა H^+ -ის დონორია, ბიკარბონატი კი მისი აქცეპტორი. სისხლში დიდი რაოდენობით მჟავა პროდუქტების დაგროვებისას H^+ უერთება HCO_3^- -ს და H_2CO_3 -ს წარმოქმნის. ის სწრაფად იშლება წყლად და ნახშირორჟანგად. ეს ნივთიერებები ორგანიზმს ტოვებს და სისხლის pH არ იცვლება.

უჯრედი სხვა მარილებსაც შეიცავს. განსაკუთრებული მნიშვნელობა იმ მარილებს გააჩნია, რომლებიც დისოციაციისას Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} კათიონებსა და HPO_3^{2-} , $H_2PO_3^-$, Cl^- , HCO_3^- ანიონებს იძლევა.



არაორგანული და ორგანული სამყარო, ქიმიური ელემენტების რაოდენობრივი შემცველობის თვალსაზრისით, ერთმანეთისგან მკვეთრად განსხვავდება. წყალი უჯრედის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ნაერთია. მას გადამწყვეტი როლი აქვს უჯრედის და მთელი ორგანიზმის ნორმალური ფუნქციონირებისათვის. მინერალურ მარილებს უჯრედი შედარებით მცირე რაოდენობით შეიცავს, თუმცა, ისინი მრავალ სასიცოცხლო პროცესში მონაწილეობენ.



1. დაკვირვებისარ, პლაჟზე, მზიან ამინდში, დილით ქვიშა უფრო ცხელია თუ წყალი? რატომ?
2. რატომ გსიამოვნებს ზღვაში სალამოს ჩასვლა? რომელი უფრო თბილია, წყალი თუ ქვიშა?

3. სუფთა წყლის pH 7-ის ტოლია. თეორიულად, წვიმის წყლის pH-იც 7-ის ტოლი უნდა იყოს. თუმცა, ის ოდნავ მჟავიანობისკენ არის ხოლმე გადახრილი. როგორ ფიქრობ, რა უნდა იყოს ამის მიზეზი?
4. იფიქრე, ერთნაირი იქნება თუ არა წვიმის წყლის pH-ის მაჩვენებელი თბილისში, ხევსურეთისა და სვანეთის მთებში? შეამონმე შენი ქალაქის თუ სოფლის წვიმის წყლის pH. საამისოდ pH-ის მაჩვენებელი ქაღალდის ინდიკატორები გამოიყენე.



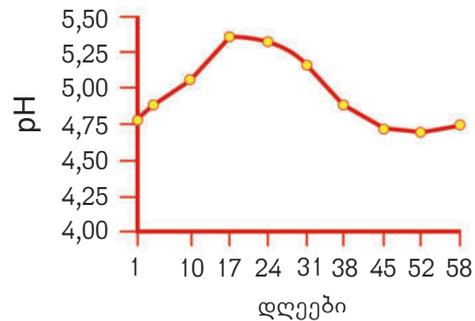
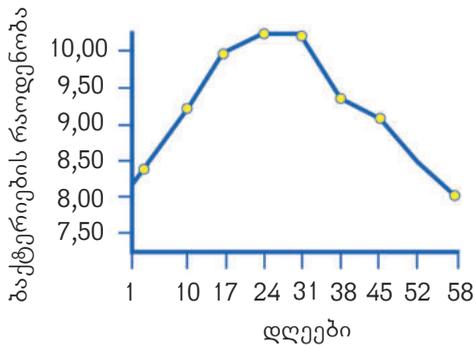
1. ჩვენი ორგანიზმის მჟავა-ტუტოვანი წონასწორობა სხვადასხვა ფაქტორების ზემოქმედებით შეიძლება დაირღვეს. მაგალითად, ცნობილია, რომ ხშირი სტრესი, სწრაფი კვების პროდუქტების, ჩაის, ყავის, ცომეულის, ტკბილეულის ზედმეტად ხშირი გამოყენება ორგანიზმის pH-ს ოდნავ დაბლა სწევს. ამიტომ ძალზე მნიშვნელოვანია იმის ცოდნა, თუ როგორ უნდა ვიკვებოთ. ცხრილში ე.წ. ტუტე და მჟავა პროდუქტების ჩამონათვალია მოცემული. სწორი კვება, დიეტოლოგების აზრით, ამ პროდუქტების დაბალანსებული რაოდენობით მიღებას გულისხმობს.

ტუტე	სუსტი ტუტე	სუსტი მჟავა	მჟავა
	თაფლი		შაქარი
ლეღვი, ნესვი, ყურძენი, ვაშლი, მსხალი, ქიშმიში, საზამთრო, მანგო	ფორთოხალი, ბანანი, ბალი, ანანასი, ატამი	ქლიავი	ალუბალი, შავი ქლიავი, მაცყალი
მწვანე ლობიო, ჭარხალი, სალათი, ხახვი, ნიორი, ოხრახუმი	კარტოფილი, სტაფილო, პომიდორი, სოკო, სიმინდი, კომბოსტო	ისპანახი, ლობიო	შოკოლადი, ნაყინი
ნუში	ნაბლი		მზესუმზირა
	თხის რძე	თევზი, კვერცხი, კარაქი, ყველი	ინდაური, ქათამი, ძროხის ხორცი, ღორის ხორცი
მწვანე ჩაი			ყავა, ჩაი, ლუდი

იმის გარკვევა, პროდუქტს მჟავა რეაქცია აქვს თუ ტუტე, მარტივი pH ინდიკატორით — წითელი კომბოსტოთია შესაძლებელი. ის პიგმენტს — ანთოციანინს შეიცავს, რომელიც ფერს სხვადასხვა pH-ზე იცვლის: მჟავა არეში წითლდება, ხოლო ტუტე არეში მოლურჯო ფერს ღებულობს. ინდიკატორის დასამზადებლად დაჭერი კომბოსტო წვრილად, დაამატე ადუღებული წყალი და 10 წუთი დააყოვნე. გაფილტრე. დაანვეთე ის სხვადასხვა პროდუქტს, მაგალითად, ლიმონს, ვაშლს, ყველს, ხახვს და დააკვირდი, როგორ იცვლება ფერი. გაითვალისწინე, რომ ზოგიერთი პროდუქტი, მაგალითად, ლიმონი წითლად შეიფერება, თუმცა, ის მჟავა პროდუქტად არ ითვლება, რადგან ორგანიზმში სხვადასხვა რეაქციებში ჩართვის შემდეგ H^+ -ს არ წარმოქმნის.

2. ჩვენს კანს მჟავა რეაქცია აქვს. მისი pH კანის სხვადასხვა უბანზე დაახლოებით 4.5-5-ის ფარგლებში მერყეობს.

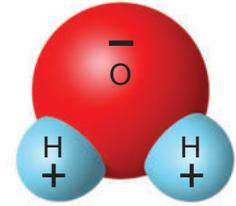
ცდაში მონაწილე ადამიანთა დიდ ჯგუფს შესთავაზეს ერთი თვის მანძილზე პირის დასაბანად მყარი საპონი გამოეყენებინათ, ხოლო შემდეგ კი ის თხევადი საპონით შეეცვალათ. დერმატოლოგები ამ ხნის მანძილზე აკვირდებოდნენ ბაქტერიების რაოდენობას კანის თითოეულ cm^2 -ზე და კანის pH-ს. მონაცემები წარმოდგენილია გრაფიკის სახით.



სცადე, გააანალიზო ცდის მონაცემები.

- ა. რა მიმართულებით იცვლებოდა pH პირველი სამი კვირის განმავლობაში?
- ბ. როგორ ფიქრობ, როგორი pH უნდა ჰქონოდა მყარ საპონს?
- გ. როდის დაიწყო მკვეთრად კლება ბაქტერიების რაოდენობამ კანზე?
- დ. როგორი pH უნდა ჰქონოდა თხევად საპონს?
- ე. როგორ ფიქრობ, არსებობს რაიმე კავშირი კანის pH-სა და მის დამცველობით ფუნქციას შორის?
- ვ. შენი აზრით, რა მიმართულებით უნდა იცვლებოდეს კანის pH კანის დაავადების — აკნეს დროს?
- ზ. მოიძიე ინფორმაცია ამ დაავადების შესახებ. გამართლდა შენი ვარაუდი?

3. წყლის ამ მოლეკულას წყალბადური ბმებით დაუკავშირე წყლის სხვა მოლეკულები. რამდენ მოლეკულასთან შეუძლია დაკავშირება წყლის ერთ მოლეკულას?



1. დედამიწაზე წყლის მხოლოდ 3% არის მტკნარი. მისი დიდი ნაწილი გაყინულია. ადამიანები სასმელად მტკნარი წყლის მხოლოდ 1.1% მოიხმარენ. ამიტომ მსოფლიო ბაზარზე მინერალურ წყლებზე დიდი მოთხოვნაა. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს იმას, თუ რომელ მინერალურ მარილებს შეიცავს წყალი და რა რაოდენობით, ანუ როგორია მისი მინერალიზაციის ხარისხი. დიდია მოთხოვნა დაბალი მინერალიზაციის წყლებზე, რომლებშიც მინერალური მარილების ჯამური რაოდენობა 1.0-2.5 გ/ლ-ის ფარგლებშია.

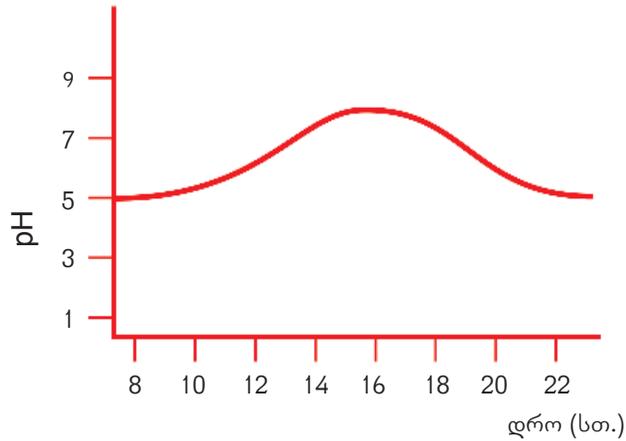


„ბორჯომი“ და „ნაბეღლავი“ ბრენდებია, რომლებიც მონონებით სარგებლობს არა მხოლოდ საქართველოში, არამედ საზღვარგარეთაც. მოიძიე ინფორმაცია ამ პროდუქციების მწარმოებელი კომპანიების შესახებ და მასალა წარმოადგინე რეფერატის სახით. რეფერატში განიხილე შემდეგი საკითხები:

- ა. რამდენი სახის პროდუქციას უშვებენ კომპანიები;
- ბ. როგორია წყლების მინერალური შემცველობა;
- გ. როგორია პროდუქციის მინერალიზაციის ხარისხი — დაბალი, ზომიერი თუ მაღალი. მითითებულია თუ არა ეს ეტიკეტზე;
- დ. შეიცავს თუ არა რომელიმე მათგანი იოდსა და ფტორს. რამდენად მნიშვნელოვანია ეს მონაცემები;
- ე. რომელი მათგანია ბუნებრივად გაზირებული;
- ვ. როგორია ამ წყლების pH;
- ზ. რომელი მათგანის გამოყენება შეიძლება სასმელად ხანგრძლივად;
- თ. რომელი მათგანი გამოიყენება სამკურნალოდ, რომელი დაავადების წინააღმდეგ და რატომ.



1. ეკოლოგები ნყალმცენარეებით უხვად დასახლებული ტბის წყლის pH-ს იკვლევდნენ. დილის (მზის ამოსვლამდე), შუადღის, საღამოს და ღამის მონაცემები ერთმანეთისგან განსხვავდებოდა. როგორ ფიქრობ, ეს მათი არაზუსტი მუშაობის შედეგია? შესაძლოა, ამ ფაქტს მეცნიერული ახსნა მოეძებნოს?



1. ჰორტენზია ნიადაგის pH-ის ინდიკატორად შეიძლება გამოდგეს. ამ ყვავილის პიგმენტები — ანთოციანები მჟავა არეში წითელ, ნეიტრალურში ლურჯ, ხოლო ტუტეში მწვანე ფერს იღებენ.



2. სიმსივნური უჯრედების pH 7-ზე ნაკლებია. ისინი მჟავა არეში ვითარდებიან. ნეიტრალური და ტუტე არე ამ უჯრედებისთვის დამლუპველია. თანამედროვე ონკოლოგიის ერთ-ერთი მეთოდი დაავადებულის ორგანიზმში ცეზიუმის შეყვანაა. ამ ელემენტის შთანთქმის შემდეგ უჯრედების pH იზრდება.



www.youtube.com/watch?v=KSLUwmJOo_M

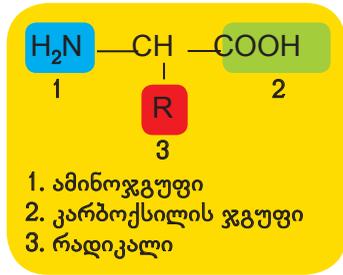
I სიცოცხლის მოლეკულები

§2



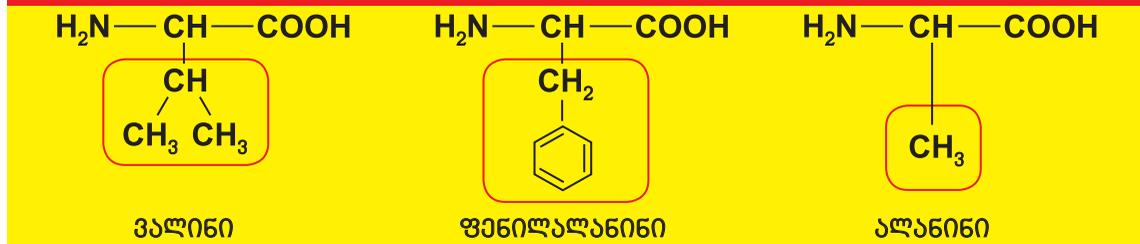
ორგანული ნივთიერებები
ცილები. ცილების სტრუქტურა

ცილები ორგანული ნივთიერებების უმნიშვნელოვანესი ჯგუფია, რომელსაც ორგანიზმში მრავალგვარი ფუნქცია აკისრია. ცილების განსაკუთრებულობა მათი აგებულების სპეციფიკურობიდან გამომდინარეობს.

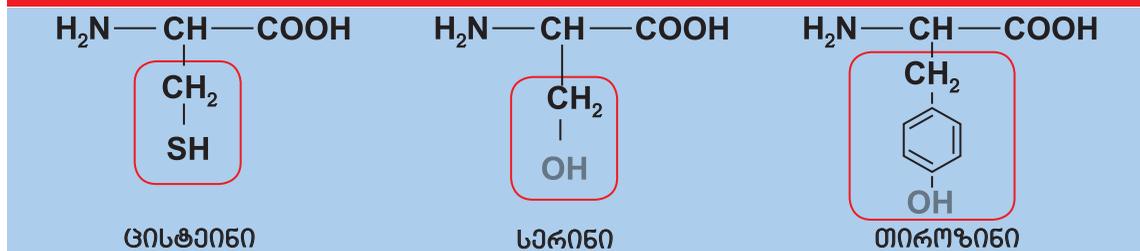


ცილა პოლიმერია, რომლის მონომერი ამინომჟავაა. ცილის შენებაში ოცი სხვადასხვა ამინომჟავა მონაწილეობს. ყველა მათგანი ამინო და კარბოქსილის ჯგუფს შეიცავს. ისინი მხოლოდ რადიკალებით განსხვავდებიან. ზოგი ამინომჟავას რადიკალი ჰიდროფობურია, ზოგის — ჰიდროფილური, ზოგის — დადებითად დამუხტული, ზოგის კი — უარყოფითად.

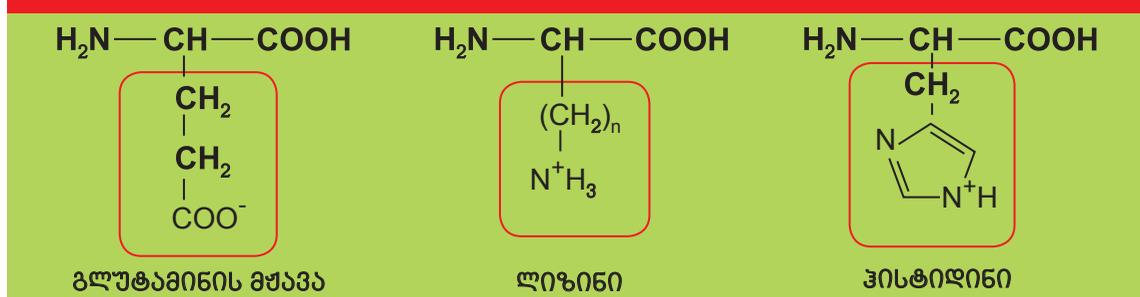
ჰიდროფობური ამინომჟავები

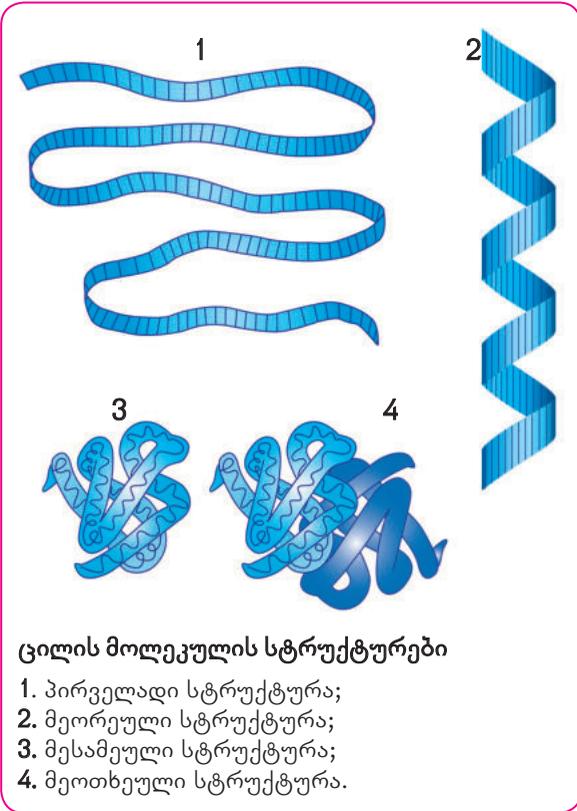
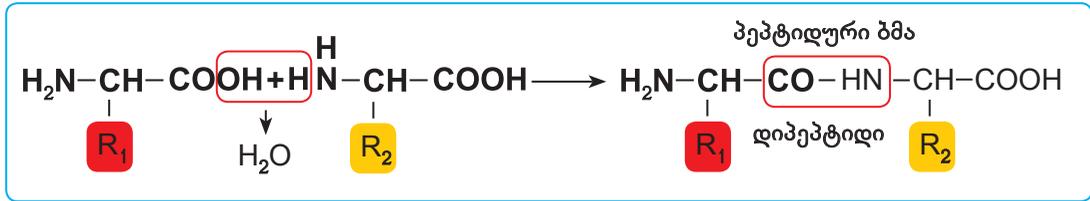


ჰიდროფილური ამინომჟავები



დადებითად და უარყოფითად დამუხტული ამინომჟავები

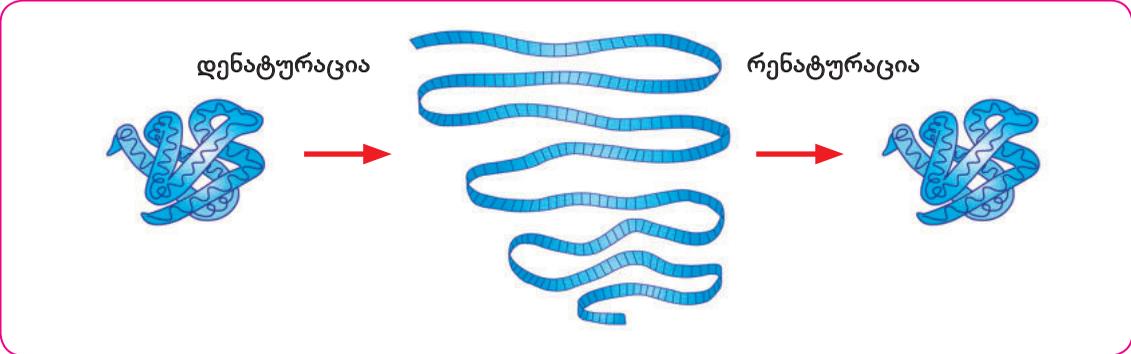




ამინომჟავები ერთმანეთს კოვალენტური, ე.წ. პეპტიდური ბმებით უკავშირდება და წარმოქმნის **პოლიპეპტიდს** — დაფისებრ სტრუქტურას, რომელსაც ცილის **პირველადი სტრუქტურა** ჰქვია. დაფი შემდეგ სპირალურად იხვევა. სპირალში ხვეულები სუსტი წყალბადური ბმებით ფიქსირდება და წარმოიქმნება ცილის **მეორეული სტრუქტურა**. სპირალი კიდევ ერთხელ, ახლა უკვე დაფის გორგალივით იხვევა და ცილის **მესამეულ სტრუქტურას** წარმოქმნის. მის ფიქსაციაში ამინომჟავათა რადიკალები მონაწილეობს, რომლებიც სპირალის გარეთ არიან მიმართული.

ზოგიერთ ცილაში მესამეული სტრუქტურის მქონე რამდენიმე გორგალი ერთიანდება და ცილის **მეოთხეულ სტრუქტურას** ქმნის. ცილა სპეციფიკურ ფუნქციებს მხოლოდ მესამეულ ან მეოთხეულ სტრუქტურაში იძენს.

ცილის მეორეულ, მესამეულ და მეოთხეულ სტრუქტურას სუსტი ბმები აფიქსირებს. სხვადასხვა ფიზიკური ან ქიმიური ფაქტორების ზემოქმედებით ისინი ადვილად წყდება და ცილა პირველად სტრუქტურას უბრუნდება. ამ პროცესს **დენატურაცია** ჰქვია. ხშირ შემთხვევაში, ფაქტორის ზემოქმედების შეწყვეტის შემდეგ ცილა ისევ აღიდგენს მისთვის დამახასიათებელ ფორმასა და თვისებებს — **რენატურირდება**. ძლიერი ფაქტორის ზემოქმედებით ცილა რენატურაციის უნარს კარგავს.



ცილის თვისებებს მისი პირველადი სტრუქტურა განსაზღვრავს. ეს იმას ნიშნავს, რომ მისი თვისებები მთლიანად იმაზეა დამოკიდებული, თუ რამდენ ამინომჟავურ ერთეულს შეიცავს ცილა, რომელია ეს ამინომჟავები და რა თანმიმდევრობით არიან ისინი განლაგებული პოლიპეპტიდურ ჯაჭვში. ამ გრძელი ჯაჭვიდან თუნდაც ერთი ამინომჟავას ადგილის შეცვლამ ან მისმა „ამოგდება“ შესაძლოა, მთლიანად შეცვალოს ცილის თვისებები და, აქედან გამომდინარე, ფუნქციაც.

სიმარტივისთვის წარმოვიდგინოთ, რომ ცილა მხოლოდ ხუთი მონომერისგან შედგება. მონომერებად ოცი ამინომჟავადან ხუთი შევარჩიოთ და ასეთი თანმიმდევრობით განვალაგოთ:

1. ალანინი — ვალინი — ლიზინი — ფენილალანინი — ჰისტიდინი

შევუცვალოთ ადგილები, ვთქვათ, პირველსა და მესამე ამინომჟავას:

2. ლიზინი — ვალინი — ალანინი — ფენილალანინი — ჰისტიდინი

ახლა, პირველ ცილაში მონომერების რიცხვი იგივე დავტოვოთ, მაგრამ რომელიმე ამინომჟავა ორჯერ გავიმეოროთ, ჯაჭვიდან სხვა რომელიმე ამინომჟავის ამოგდების ხარჯზე:

3. ალანინი — ვალინი — ვალინი — ფენილალანინი — ჰისტიდინი

ამჯერად, პირველ ცილას ჩამოვაცილოთ ერთ-ერთი რომელიმე ამინომჟავა, ვთქვათ ჰისტიდინი:

4. ალანინი — ვალინი — ლიზინი — ფენილალანინი

ასეთი მანიპულაციებით ჩვენ ვღებულობთ ოთხ სხვადასხვა ცილას, რომლებიც ერთმანეთისგან აბსოლუტურად განსხვავდება თავისი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებითა და ფუნქციებით.

რეალურად, საქმე გაცილებით რთულადაა. ცილებს აშენებს არა ხუთი, არამედ ოცი ამინომჟავა, ხოლო მონომერების რიცხვმა ზოგიერთ ცილაში შესაძლოა 1000-საც კი მიაღწიოს. თუ ჩავთვლით, რომ ცილის შენებაში ოცივე ამინომჟავა მონაწილეობს, ხოლო მონომერების რიცხვი 1000-ია, ვღებულობთ 20^{1000} სახის ცილას. ასე რომ, თეორიულად განუსაზღვრელი რაოდენობის სხვადასხვაგვარი ცილის არსებობაა შესაძლებელი.

● იმის სადემონსტრაციოდ, თუ როგორ ცვლის ცილის ფუნქციებს მისი ამინომჟავური შედგენილობისა და თანმიმდევრობის ცვლილება, ასეთი ანალოგია გამოვადგება:

დააკვირდი, როგორ ცვლის სიტყვის მნიშვნელობას მისგან ერთი ასოს ამოგდება ან შეცვლა სხვა ასოთი.

რიგრიგობით შეცვალე სიტყვაში „თვალი“ პირველი ასო შემდეგი ასოებით: დ, კ, ო, რ, ძ. ახლა, საერთოდ ჩამოაცილე სიტყვას პირველი ასო.



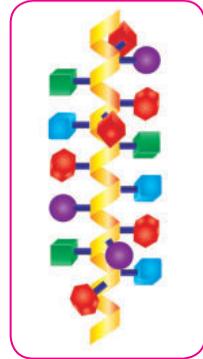
ცილის მოლეკულა პოლიმერია, რომელსაც ოცი სხვადასხვა სახის მონომერი — ამინომჟავა აშენებს. ცილას გააჩნია პირველადი, მეორეული, მესამეული და, ზოგ მათგანს, მეოთხეული სტრუქტურა.



1. ილუსტრაციაზე ცილის ერთ-ერთი სტრუქტურის მოდელია.

როგორ ფიქრობ:

- ა. ცილის რომელ სტრუქტურას ასახავს ილუსტრაცია?
- ბ. ცილის მოლეკულის რა ნაწილი წარმოქმნის სპირალს?
- გ. რას ასახავს სპირალთან დაკავშირებული სხვადასხვა ფორმისა და შეფერილობის ფიგურები?



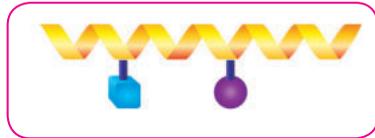
2.

- ა. დავუშვათ, რომ ცილის სპირალთან დაკავშირებული ორი ფიგურა ამინომჟავა ვალინი და ალანიინია. ისარგებლე ტაბულით (გვ.18) და გვიპასუხე. როგორ ფორმას მიიღებს სპირალი ამინომჟავების ასეთი განლაგების გამო?

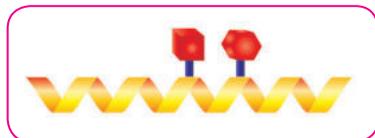


გაითვალისწინე, რომ ცილის სტრუქტურის ფორმირება ციტოპლაზმაში, ანუ წყლიან გარემოში ხდება.

- ბ. ცილის სპირალთან დაკავშირებული ორი ფიგურა გლუტამინის მჟავა და ლიზინია. როგორ შეიცვლის სპირალი ფორმას მოცემული ამინომჟავების ურთიერთქმედების შედეგად?



- გ. დავუშვათ, ცილის მოლეკულაში ერთმანეთთან ახლოს ამინომჟავა ლიზინი და ჰისტიდინი აღმოჩნდა. როგორ ფორმას მიიღებს სპირალი ამის გამო?
- დ. ზემოთ მოტანილი მაგალითებიდან გამომდინარე გვითხარი, რომელი ძალები მონაწილეობენ ცილის მესამეული სტრუქტურის ჩამოყალიბებაში?
- ე. რა დამოკიდებულება არსებობს ცილის პირველად სტრუქტურასა და მესამეულ სტრუქტურას შორის?



როგორ ფიქრობ, აქვს თუ არა მოხარშული კვერცხის ცილას რენატურაციის უნარი? რატომ ფიქრობ ასე?



highered.mcgraw.com/sites/0072943696/student_viewD/chapter2/animation_protein_denaturation.html

I სიცოცხლის მოლეკულა

§3



ორგანული ნივთიერება
ცილაზი, ცილაზის ფუნქცია

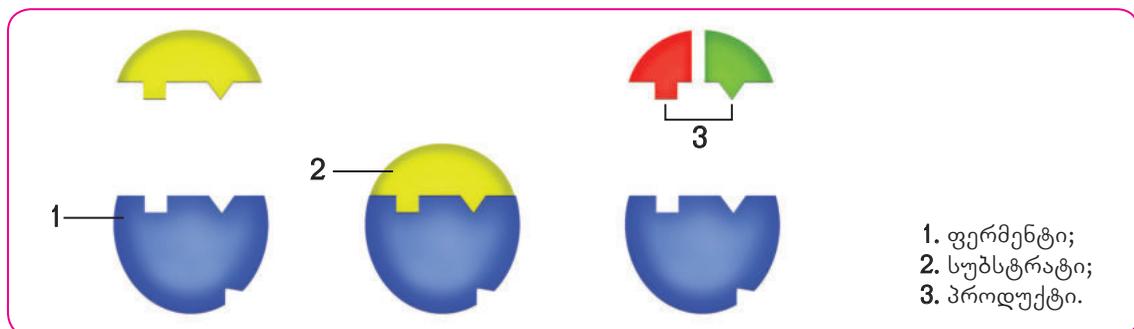
ცილების ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ფუნქცია უჯრედში ქიმიური რეაქციების წარმართვაა. ცილა-ფერმენტების წყალობით, რომლებიც ნივთიერებათა გარდაქმნებს ასეულ მილიონჯერ აჩქარებენ, ჩვენს ორგანიზმში რეაქციები ძალიან მაღალი სისწრაფით, თითქმის მყისიერად მიმდინარეობს.

1 გაიხსენე, ზოგადად რას ვუწოდებთ ცილების დამშლელ ფერმენტებს? ლიპიდების დამშლელ ფერმენტებს?

ფერმენტები მოქმედების მაღალი სპეციფიკურობით გამოირჩევა. ეს იმას ნიშნავს, რომ ყოველი ფერმენტი მხოლოდ გარკვეული ნივთიერების გარკვეული მიმართულებით გარდაქმნას უწყობს ხელს.

გარდასაქმნელი ნივთიერება, რომელსაც **სუბსტრატი** ჰქვია, ფერმენტის პატარა უბანს, ე.წ. **აქტიურ ცენტრს** უკავშირდება. სუბსტრატი ფორმითა და ზომით ზუსტად შეესაბამება აქტიურ ცენტრს, ამიტომ ის მასში ჯდება და დროებით ფიქსირდება.

ფერმენტი სუბსტრატს სხვა ნივთიერებად — პროდუქტად გარდაქმნის, რომელიც მყისვე ტოვებს ფერმენტის მოლეკულას. ერთ ფერმენტს მილიონობით სუბსტრატის გარდაქმნა შეუძლია ისე, რომ თვითონ არ იცვლება — ფერმენტები **ბიოკატალიზატორები** არიან.



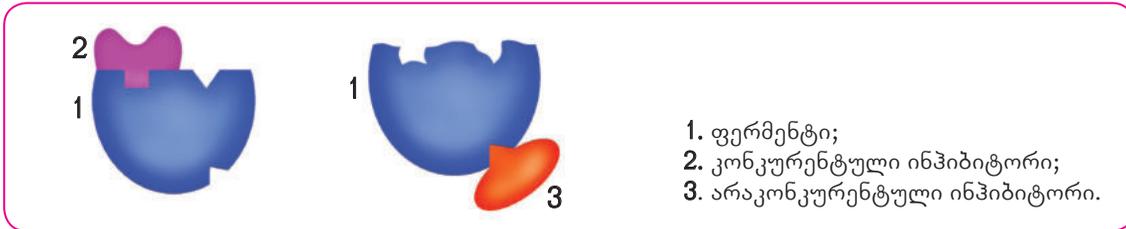
2 როგორ ფიქრობ, რა ძალები შეიძლება აკავებდეს სუბსტრატს აქტიურ ცენტრში?

ზოგი ფერმენტი რეაქციის დასაჩქარებლად დამხმარე ნივთიერებებს მოითხოვს. ასეთ ნივთიერებებს **კოფაქტორები** ჰქვია. ისინი, როგორც წესი, დაბალმოლეკულური არააცილოვანი მოლეკულები არიან. მაგალითად, Zn-ის, Mg-ის, Mn-ის, Cu-ის იონები მრავალი ფერმენტის კოფაქტორია.

უჯრედში არსებობს ისეთი ნივთიერებებიც, რომლებიც ხელს უშლიან ფერმენტებს, ბლოკავენ მათ მოქმედებას. ამ ნივთიერებებს **ინჰიბიტორები** დაარქვეს. ზოგი მათგანი იმეორებს სუბსტრატის ფორმას, ფერმენტი „ტყუვდება“ და მის აქტიურ

ცენტრში სუბსტრატის ნაცვლად ინჰიბიტორი აღმოჩნდება. ამ სიტუაციაში ფერმენტისთვის სუბსტრატი მიუწვდომელია და უჯრედში მისი გარდაქმნა წყდება. ამგვარად მოქმედ ინჰიბიტორებს **კონკურენტული ინჰიბიტორები** ჰქვია.

3 ვისი კონკურენტები არიან ეს ინჰიბიტორები?



არაკონკურენტულ ინჰიბიტორებს სხვაგვარი „ტაქტიკა“ გააჩნიათ. ისინი არ ჰგვანან სუბსტრატებს და აქტიურ ცენტრს არ იკავებენ. თუმცა, ფერმენტთან დაკავშირებისას ისე ცვლიან და „ამახინჯებენ“ აქტიურ ცენტრს, რომ მასში სუბსტრატი ვეღარ თავსდება და მისი გარდაქმნა წყდება.

მიუხედავად ფერმენტების მიმართ ანტაგონისტური დამოკიდებულებისა, ინჰიბიტორები ძალიან მნიშვნელოვანი მოლეკულები არიან. ისინი უჯრედში ქიმიური რეაქციების მსვლელობას არეგულირებენ. მაგალითად, როდესაც უჯრედში ფერმენტის მოქმედების შედეგად ჭარბი რაოდენობის პროდუქტი ინარმოება, რეაქცია ინჰიბიტორის მოქმედებით წყდება. რეაქციის პროდუქტის ათვისების და უჯრედში მისი გამოლევის შემთხვევაში, ინჰიბიტორი სცილდება ფერმენტს და ის ისევ აქტიურდება. მაგრამ არსებობს ნივთიერებები, რომლებიც შეუქცევადად უკავშირდება ფერმენტის მოლეკულას და საბოლოოდ გამოყავს მწყობრიდან. ასეთი ზემოქმედება ფერმენტებზე, სულ მცირე კონცენტრაციებშიც კი, აქვს მძიმე მეტალბებს — ვერცხლისწყალს, ვერცხლს, დარიშხანს და სხვ.

ფერმენტების ინჰიბიტორებს ხშირად ამა თუ იმ დაავადების სამკურნალოდ იყენებენ. მაგალითად, ფერმენტ ტრიფსინის ინჰიბიტორი გამოიყენება პანკრეასის ანთების — პანკრეატიტის სამკურნალოდ. ტრიფსინი კუჭქვეშა ჯირკვლის ერთ-ერთი პროტეაზაა. ჯირკვალში მის მოქმედებას ინჰიბიტორი ბლოკავს და ტრიფსინის გააქტივება მხოლოდ თორმეტგოჯაში ხდება, სადაც ის საკვებში არსებულ ცილებს შლის. პანკრეატიტის დროს, ინჰიბიტორის არარსებობის გამო, ტრიფსინი ნაადრევად აქტიურდება და საკვების ნაცვლად პანკრეასის უჯრედებს შლის.

სტრუქტურულ ცილებს სამშენებლო დანიშნულება აქვს. კოლაგენი ჩვენი სხეულის მთელი ცილური შედგენილობის 35%-ს შეადგენს. ის შემადგენელი ქსოვილის მთავარი ცილაა. კოლაგენი შედის მყესების, იოგების, ხრტილის, ძვლის, კანის შედგენილობაში და მათ სიმტკიცესა და ელასტიკურობას უზრუნველყოფს. კოლაგენის ფუნქციას მისი აგებულება განაპირობებს. ის უჩვეულო ცილაა. მისი მოლეკულა სამი სპირალურად დახვეული პოლიპეპტიდური ჯაჭვისგან შედგება. რამდენიმე ასეთი მოლეკულა ერთმანეთს უკავშირდება და ერთ მთლიან სტრუქტურას წარმოქმნის. კოლაგენის მოლეკულები ამ სტრუქტურაში ერთმანეთს კოვალენტური ბმებით უკავშირდება. სწორედ ამ კავშირების გამოა კოლაგენის მოლეკულა მტკიცე და ჭიმვადი.



კოლაგენი

კოლაგენი შედის რქოვანასა და ბროლის შედეგნილობაში. კერატინთან ერთად, კოლაგენი განსაზღვრავს კანის ელასტიკურობას. ასაკში მისი დეგრადაცია ნაოჭების გაჩენას იწვევს. კოლაგენს თანამედროვე კოსმეტოლოგიაში იყენებენ. მისი ინექციით ტუჩის ფორმის შეცვლა შესაძლებელია.



ობობას ნაზი ქსელი წყლის წვეთების სიმძიმეს უძლებს

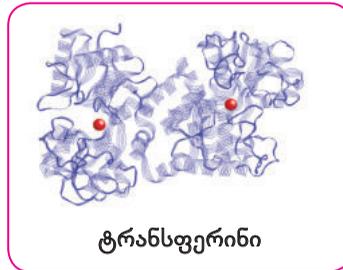
კერატინი თმის, ფრჩხილების, რქების, ბუმბულის მთავარი სტრუქტურული ცილაა. ელასტინი აორტის, არტერიების, ფილტვების, შარდის ბუშტის ელასტიკურობას განაპირობებს.

ფიბროინი შედის აბრეშუმის ჭიისა და ობობას ჯირკვლების მიერ გამომუშავებულ სეკრეტში. ის აბრეშუმის ძაფისა და ობობას ქსელის სიმტკიცეს განსაზღვრავს.

სატრანსპორტო დანიშნულება აქვს ცილა-ჰემოგლობინს, რომელიც ფილტვებიდან სხვადასხვა ქსოვილებამდე ჟანგბადის ტრანსპორტს უზრუნველყოფს.



ჰემოგლობინი



ტრანსფერინი

სატრანსპორტო ცილაა სისხლის შრატის ტრანსფერინიც, რომელიც ნაწლავებიდან შენოვილი რკინით იტვირთება და ის სხეულის ყველა უჯრედამდე მიაქვს.

ტრანსფერინის ერთ მოლეკულას რკინის ორი ატომი გადააქვს.

4 შენოვილი რკინის 75% ძვლის ტვინამდე ტრანსპორტირდება, სხვადასხვა უჯრედებამდე კი მხოლოდ 25% მიდის. ახსენი, რატომ?



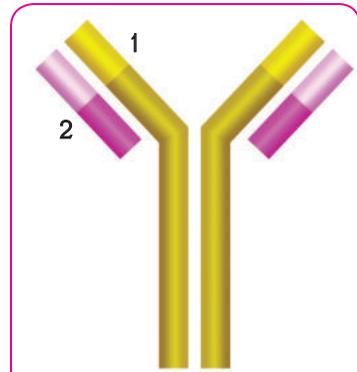
ფერიტინი

უჯრედებში რკინა **სამარაგო** ცილა-ფერიტინში ინახება. ეს გლობულარული ცილა 24 სუბერთეულისგან შედგება, რომელიც სფეროს წარმოქმნის. რკინის იონები სფეროს სიღრმეში არხების გავლით ხვდება და იქ ფოსფატის იონებს უკავშირდება. ფერიტინის ერთ მოლეკულას 45 000-მდე რკინის იონის დატევა შეუძლია. ამას დიდი მნიშვნელობა აქვს, რადგან თავისუფალი რკინა საკმაოდ ტოქსიკურია. ფერიტინის წყალბით, უჯრედი საიმედოდ არის დაცული თავისუფალი რკინის იონებისგან. ორგანიზმში რკინის დეფიციტისას, იონები ტოვებენ ფერიტინის მოლეკულას და უჯრედში გადადიან. ასე რომ, ფერიტინი ბუფერის როლს ასრულებს უჯრედებში რკინის დეფიციტსა და სიჭარბეს შორის.

დამცველობითი ფუნქცია აქვს ცილა-ანტისხეულებს, რომლებსაც იმუნური სისტემა ორგანიზმში შეჭრილი ბაქტერიებისა და ვირუსების, ანუ ანტიგენების აღმოჩენისა და შებოჭვისთვის იყენებს. სხვადასხვა ანტიგენის წინააღმდეგ ორგანიზმში სხვადასხვა ანტისხეული გამომუშავდება.

მიუხედავად ანტისხეულების ძალიან დიდი მრავალფეროვნებისა, მათ აგებულების საერთო გეგმა აქვთ: ყველა ანტისხეული ცილების კომპლექსია, რომელიც შედგება ორი „მძიმე“ და ორი „მსუბუქი“ პოლიპეპტიდური ჯაჭვისგან. ჯაჭვები ისე ლაგდება, რომ კომპლექსი Y ფორმას ლეზულობს. ანტისხეულები ანტიგენებს მსუბუქ და მძიმე ჯაჭვის ბოლოებით ამოიცნობს, რომლებსაც კურდღლის ყურებს ადარებენ.

ანტისხეულები ერთმანეთისგან სწორედ ამ უბნებით განსხვავდება. სხვადასხვა ანტისხეული ამ უბანში 130-მდე სხვადასხვა ამინომჟავას შეიცავს, რომლებიც სხვადასხვა თანმიმდევრობით ლაგდება. ეს კი ამ უბანს სრულიად უნიკალურ ფორმას ანიჭებს. ის ანტიგენის ფორმას იმეორებს, ამის გამო ანტისხეული ანტიგენს იკავშირებს და ბოჭავს მას.



ანტისხეული:

1. მძიმე ჯაჭვი;
2. მსუბუქი ჯაჭვი.

5 გაიხსენე, როგორ მოქმედებენ **ცილა-რეცეპტორები**?

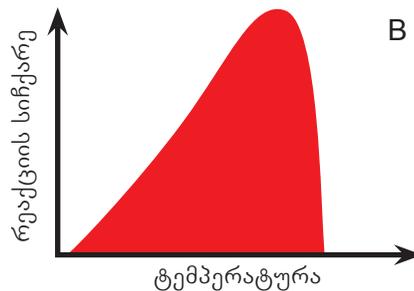
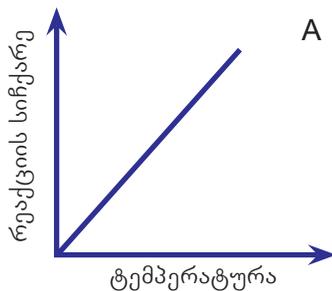
ცილები ორგანიზმში სხვადასხვა სახის **მოძრაობას** უზრუნველყოფს. ამის შესახებ მოგვიანებით გვექნება საუბარი.



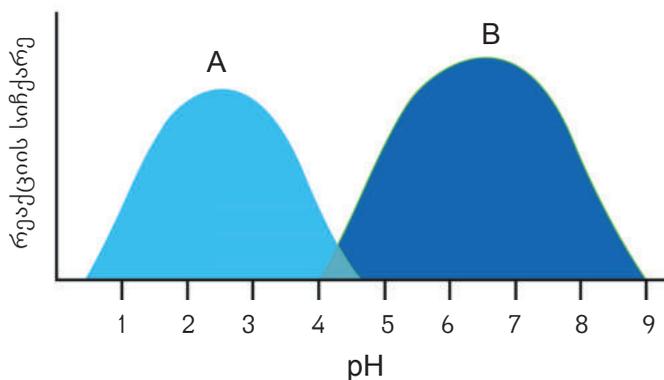
ცილებს ორგანიზმში მრავალგვარი ფუნქცია აკისრია. ცილა-ფერმენტები ქიმიურ რეაქციებს აჩქარებს. კოფაქტორები ცილების დამხმარე ნივთიერებებია. ინჰიბიტორები თრგუნავს ფერმენტების მოქმედებას. სტრუქტურულ ცილებს სამშენებლო დანიშნულება გააჩნია. სატრანსპორტო ცილებს სხვადასხვა ნივთიერებები გადააქვს. ცილა-ანტისხეულებს დამცველობითი ფუნქცია აქვს. რეცეპტორული ცილები უჯრედთან მისულ ბრძანებას აღიქვამს. ცილები ორგანიზმში სხვადასხვა სახის მოძრაობას უზრუნველყოფს.



1. ილუსტრაციაზე წარმოდგენილია ორი მრუდი, რომელიც ასახავს დამოკიდებულებას რეაქციის სიჩქარესა და ტემპერატურას შორის არაცოცხალ (A) და ცოცხალ (B) ბუნებაში.
 - ა. როგორი დამოკიდებულებაა რეაქციის სიჩქარესა და ტემპერატურას შორის არაცოცხალ ბუნებაში და რითაა ეს გამოწვეული?
 - ბ. რატომ იწვევს გარკვეულ სიდიდემდე ტემპერატურის მატება რეაქციის სიჩქარის ზრდას ცოცხალ ორგანიზმებში?
 - გ. რატომ იწყება გარკვეული ტემპერატურის მიღწევის შემდეგ რეაქციის სიჩქარის კლება ცოცხალ ბუნებაში?



- დ. ახსენი, რატომ გვირჩევენ ექიმები სიცხის დამწვევი პრეპარატების მიღებას, როდესაც სხეულის ტემპერატურა 39°C -ს აჭარბებს?
2. სურათზე გამოსახული მრუდები გიჩვენებს ორი სხვადასხვა ფერმენტის რეაქციის სიჩქარის დამოკიდებულებას გარემოს pH-ზე.



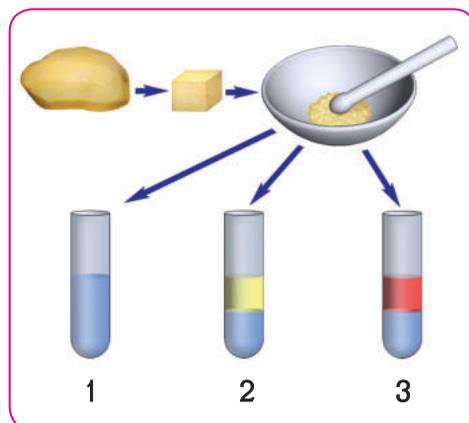
- ა. რატომ უნდა იცვლებოდეს რეაქციის სიჩქარე pH-ის ცვლილებით?
- ბ. შენთვის ცნობილ რომელ ფერმენტს შეიძლება ახასიათებდეს A და B მრუდები?
3. უჯრედში ქიმიური გარდაქმნების შედეგად, ზოგჯერ ტოქსიკური ნივთიერებები წარმოიქმნება, მაგრამ ყოველთვის მოიძებნება მათი დეტოქსიკაციის საშუალებები. ერთ-ერთ ასეთ ტოქსიკურ ნივთიერებას წყალბადის ზეჟანგი წარმოადგენს, რომელსაც ფერმენტი კატალაზა უვნებელ ნივთიერებად — წყლად და ჟანგბადად გარდაქმნის.



გთავაზობთ მარტივ ექსპერიმენტს, რომელიც შესაძლებლობას მოგცემს, დააკვირდე pH-ის გავლენას კატალაზის აქტივობაზე. აიღე სამი სინჯარა და დანომრე. სამივეში ჩაასხი 3-3 მლ. H_2O_2 . პირველ სინჯარაში ჩაამატე 3 მლ. წყალი, მეორეში — 3 მლ. 6M HCl , მესამეში — 6M NaOH .

ჩამოაჭერი კარტოფილის გორგალს სამი კუბის ფორმის ნაჭერი, მოცულობით 1სმ^3 , გასრისე და ცალცალკე გადაიტანე სამივე სინჯარაში.

სანამ ცდას ჩაატარებ, რვეულში ჩამონერე კითხვები და გვერდზე მიუწერე შენი სავარაუდო პასუხები.



კითხვები	პასუხები
ა. რომელი მოვლენა ან პარამეტრი შეიძლება გამოგადგეს რეაქციის სიჩქარის მახასიათებლად?	
ბ. ყველა სინჯარაში ელოდები ბუშტების გამოყოფას? რატომ?	
გ. რომელ სინჯარაშია მოსალოდნელი ფერმენტის ყველაზე მაღალი აქტივობა? რატომ?	
დ. როგორ ფიქრობ, რა შეიცვლებოდა, კარტოფილის კუბები პირდაპირ რომ მოგეთავსებინა სინჯარებში? რა აზრი ჰქონდა კარტოფილის დაქუცმაცებას?	

ცდის ჩატარების შემდეგ შეამოწმე, გამართლდა თუ არა ყველა შემთხვევაში შენი ვარაუდი.

4. დაგეგმე და ჩაატარე ექსპერიმენტი, რომლის დროსაც დააკვირდები ტემპერატურის გავლენას კატალაზას აქტივობაზე.

5. იცი, რატომ „ვტირით“ ხახვის დაჭრისას?

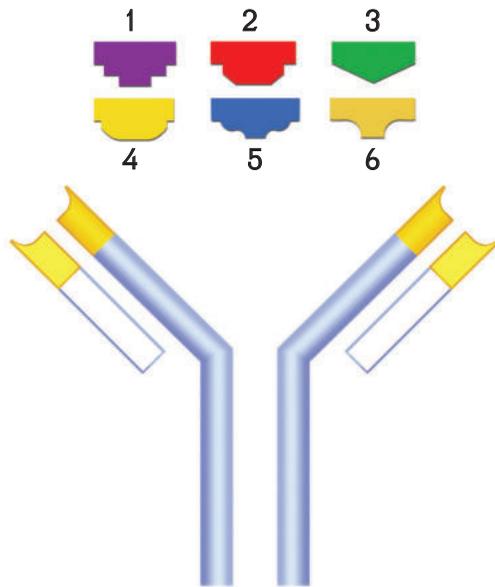
ხახვის უჯრედების სხვადასხვა სტრუქტურულ კომპონენტში მოთავსებული ფერმენტები და სხვადასხვა ნივთიერება, რომლებიც ერთმანეთისგან გამიჯნული იყო, ხახვის უჯრედების დაზიანებისას ერთმანეთს ერევა და ფერმენტები მათთვის სრულიად უჩვეულო გარდაქმნებს აწარმოებენ. ერთ-ერთი ასეთი რეაქციის შედეგი არის გოგირდშემცველი აქროლადი ნაერთი, რომელიც ცრემლში არსებულ წყალთან შედის რეაქციაში და გოგირდმჟავას წარმოქმნის. გოგირდმჟავა თვალებს გვწვავს და მის ჩამოსარეცხად ცრემლდენა ძლიერდება.

აიღე ხახვის ორი ბოლქვი და გაფცქვენი. ერთი ბოლქვი მოათავსე მდულარე წყალში და ხარშე დაახლოებით 10-15 წთ. მეორე ბოლქვი მოათავსე მაცივრის საყინულეში და დატოვე, სანამ კარგად გაიყინება. ამის შემდეგ დაჭერი ნვრილად ორივე ბოლქვი. დაგეგნა თვალეები? ახსენი, რატომ?



1. სასმელ წყალში მძიმე მეტალების შემცველობა მკაცრად კონტროლდება. რატომ?

2. რომელ ანტიგენს ბოჭავს მოცემული ანტისხეული?

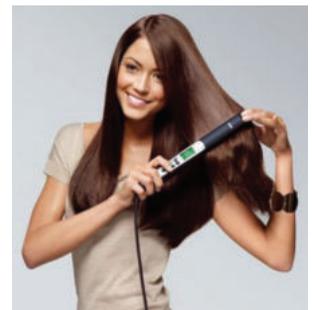


3. ზოგიერთ სარეცხ ფხვნილს, რომელიც რეცხვის მაღალი ეფექტურობით გამოირჩევა, ეტიკეტზე მითითებული აქვს, რომ ის ფერმენტებს შეიცავს და 100°C -ზე ფხვნილი კარგავს ეფექტურობას.
 - ა. რომელ ფერმენტს შეუძლია ქსოვილიდან ცილის ლაქის გაქრობა?
 - ბ. რომელ ფერმენტს ამოჰყავს ცხიმის ლაქა ქსოვილიდან?
 - გ. რატომ კარგავს ფხვნილი ეფექტურობას 100°C -ზე?



კერატინი ცილაა, რომელიც ადამიანის თმის შედგენილობაში შედის და მის თვისებებს განაპირობებს. ცილა ოთხი პოლიპეპტიდური ჯაჭვისგან შედგება. თითოეულ მათგანს მეორეული სტრუქტურა გააჩნია, რომლის ხვეულები წყალბადური ბმებით ფიქსირდება. ჯაჭვები წყვილ-წყვილად ეგრიხება ერთმანეთს და თოკის მსგავს სტრუქტურას წარმოქმნის, რომელსაც გაჭიმვის უნარი აქვს.

- ა. ხვეული თმა დაბანისას სწორდება. რომელი ბმები წყდება ამ დროს? გაშრობის შედეგად ის ჩვეულ ფორმას უბრუნდება. აქვს თუ არა კერატინს რენატურაციის უნარი?
- ბ. თმას დაუთოებაც ასწორებს. ახსენი ამის მიზეზი.





1. დღეისთვის მრავალი კოსმეტიკური საშუალება არსებობს, რომელიც ხვეულ თმას ხანგრძლივად ასწორებს. გაეცანი მათ ანოტაციებს და გაარკვие, როგორი ზემოქმედება აქვთ მათ კერატინზე.
2. სხვადასხვა ორგანოს ან ქსოვილის დაზიანებისას, მასში არსებული ფერმენტები სისხლში ხვდება. მათ სისხლში აღმოჩენას დიაგნოსტიკური მნიშვნელობა აქვს. ასეთი ტესტი დიდი მგრძობელობით გამოირჩევა და მაღალი ალბათობით მიუთითებს ამა თუ იმ ორგანოს დაზიანებაზე. ზოგიერთი ფერმენტის სისხლში გადასვლა ღვიძლის დაავადებაზე, ზოგი თორმეტგოჯას ავთვისებიან გადაგვარებაზე მეტყველებს. სხვა ფერმენტის სისხლში აღმოჩენა მიოკარდიუმის ინფარქტის მანიშნებელია.
3. გერმანელი ფიზიკოსი ჯულიან ვან ანდრეა გატაცებულია ცილების მოდელების შექმნით. მისი მრავალი ნამუშევარი ხელოვნების ნიმუშად არის აღიარებული. მან „ძეგლი“ დაუდგა კოლაგენს. მეცნიერის აზრით, კოლაგენის ფიგურა, რომლის ერთ ბოლოში პოლიპეპტიდური ჯაჭვები ერთმანეთს სცილდება, ორგანიზმის ზრდისა და დაბერების მეტაფორაა.



კოლაგენის ფიგურა



www.northland.cc.mn.us/biology/Biology1111/animations/enzyme.html
www.purchon.com/biology/protein.html

I სიცოცხლის მოლეკულები

§4



ორგანული ნივთიერებები

ნახშირწყლები: მონოსაქარიდები, ოლიგოსაქარიდები,

პოლისაქარიდები

ნახშირწყლების მნიშვნელობა

ნახშირწყლები ორგანული ნივთიერებების დიდი ჯგუფია, რომელშიც გაერთიანებულია მონოსაქარიდები, ოლიგოსაქარიდები და პოლისაქარიდები.

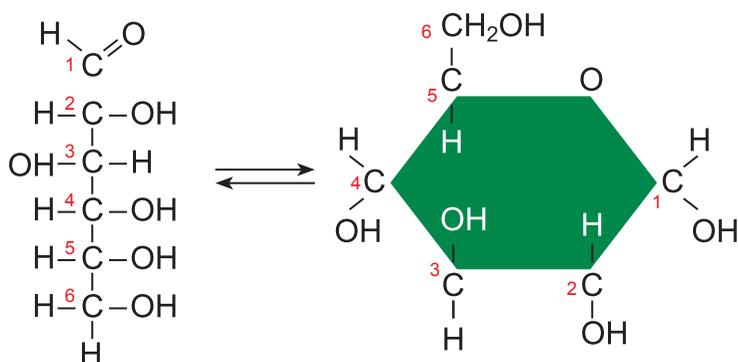
მონოსაქარიდები მარტივად აგებული ნახშირწყლებია. მათი ზოგადი ფორმულაა $C_n(H_2O)_n$, სადაც n -მა შეიძლება მიიღოს მნიშვნელობა 3-დან 9-მდე.

1 დააკვირდი ფორმულას. რატომ დაარქვეს ამ ორგანულ ნივთიერებებს ნახშირწყლები?

მარტივი ნახშირწყლების ყველაზე ცნობილი წარმომადგენლები გლუკოზა და ფრუქტოზაა. მათში n ექვსის ტოლია.

2 დანერე გლუკოზისა და ფრუქტოზის ემპირიული ფორმულა.

იმაზე, თუ როგორ ლაგდება გლუკოზის მოლეკულაში C-ის, H-ისა და O-ის ატომები, წარმოდგენას მისი სტრუქტურული ფორმულა გვაძლევს. თუმცა, წყალში გახსნისას, გლუკოზის მოლეკულა ექვსკუთხა ციკლური მოლეკულას წარმოიქმნის. ეს პროცესი შექცევადია. ასე რომ, წყალხსნარში ერთდროულად არსებობს როგორც სწორხაზოვანი, ასევე ციკლური მოლეკულები.



გლუკოზა და ფრუქტოზა ტკბილი, წყალში კარგად ხსნადი ნივთიერებებია, რომელსაც დიდი რაოდენობით შეიცავს ხილი და თაფლი.

მონოსაქარიდების უპირველესი დანიშნულება ორგანიზმის ენერგიით მომარაგებაა. 1 გრ. გლუკოზის წვისას 9 კკალორია სითბო წარმოიქმნება:



მართალია, ლიპიდების წვისას უჯრედში გაცილებით მეტი ენერგია თავისუფლდება, თუმცა, ზოგიერთი ორგანოსთვის ლიპიდი ამ მიზნით სრულიად გამოუსადე-

გარია. მაგალითად, თავის ტვინი სანვავად მხოლოდ გლუკოზას იყენებს. ამგვარად, გლუკოზა უნივერსალური სანვავია.

ოლიგოსაქარიდები მონოსაქარიდების შეერთებით წარმოიქმნება. სიტყვა ოლიგო — ცოტას, მცირეს ნიშნავს. მონოსაქარიდების რიცხვმა ოლიგოსაქარიდში შეიძლება 7-ს მიაღწიოს. საკვები შაქარი, ანუ საქაროზა დისაქარიდია, რადგან მის მოლეკულას ორი მონოსაქარიდი — გლუკოზა და ფრუქტოზა ქმნის. დისაქარიდს, რომელიც რძეს ტკბილ გემოს ანიჭებს, ლაქტოზა, ანუ რძის შაქარი ჰქვია.

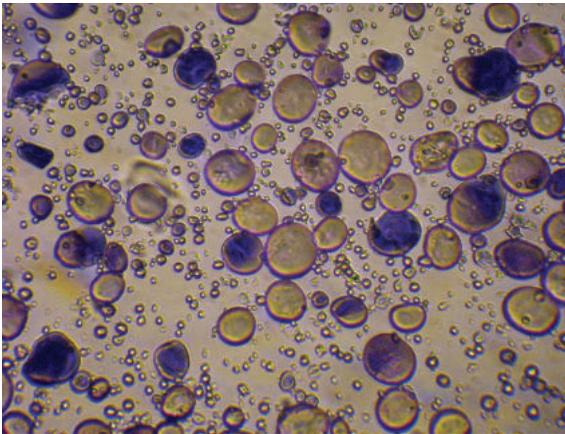
მონოსაქარიდებსა და ოლიგოსაქარიდებს შაქრებსაც უწოდებენ, მათი ტკბილი გემოს გამო. თუ ჭარბად მიღებული შაქრები ორგანიზმმა მაშინვე არ გამოიყენა სანვავად, მაშინ ისინი დიდი ზომის პოლიმერებად გარდაიქმნება და უჯრედში გროვდება.

ცხოველური ორგანიზმების **პოლისაქარიდი** გლიკოგენია, რომელიც გრანულების სახით გროვდება კუნთებსა და ღვიძლის უჯრედებში.

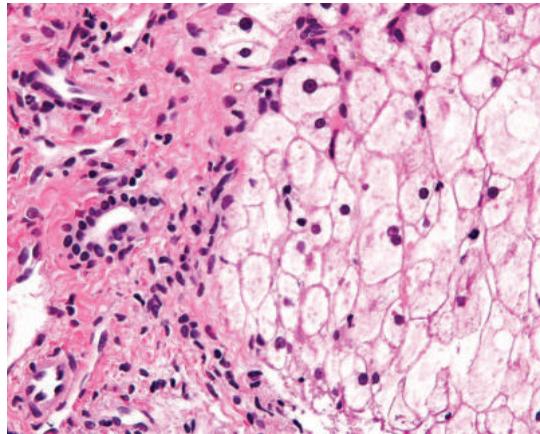
კუნთში გლიკოგენი, რომელიც კუნთის მასის დაახლოებით 1%-ს შეადგენს, ადგილობრივი მოხმარების „მარაგს“ ქმნის. გლუკოზის დეფიციტი, კუნთის გაძლიერებული მუშაობისას, გლიკოგენის დაშლით წარმოქმნილი გლუკოზით ივსება.

მოზრდილი ადამიანის ღვიძლში 120 გრამამდე გლიკოგენია, რაც ღვიძლის მასის დაახლოებით 8%-ს შეადგენს.

2 როგორ ფიქრობ, რისთვის არის გამიზნული ღვიძლის გლიკოგენი?



სახამებელი ხორბლის უჯრედებში



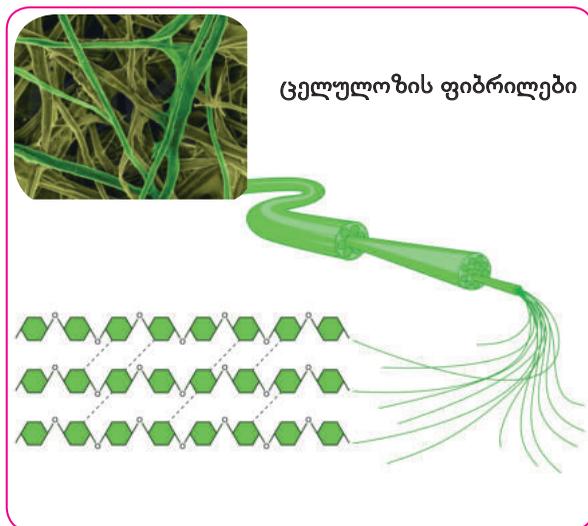
გლიკოგენი ღვიძლის უჯრედებში

მცენარეების სამარაგო პოლისაქარიდი **სახამებელია**. მას ყველა მწვანე მცენარე ასინთეზებს. სახამებელი სიტკბოს მოკლებული, თეთრი, უსუნო, წყალში უხსნადი ნივთიერებაა. ცხელ წყალში გახსნისას ის ჟელესმაგვარ სტრუქტურას წარმოქმნის, რომელიც წყალს აკავებს.

სახამებელს უდიდესი საკვები ღირებულება გააჩნია. ჩვენს ორგანიზმში ის საჭმლის მომნელებელი ფერმენტებით საბოლოოდ გლუკოზამდე იშლება და ჩვენ ენერგიით ვმარაგდებით.

ცელულოზა პოლისაქარიდია, რომელსაც სტრუქტურული დანიშნულება გააჩნია. ის ყველაზე გავრცელებული ორგანული ნივთიერებაა დედამიწაზე იმის გამო, რომ მცენარეული უჯრედების კედელს აშენებს.

ამ პოლისაქარიდში გლუკოზის 3 000-მდე მოლეკულა ერთმანეთს უკავშირდება და მრავალ დაუტოტავ ძაფს წარმოქმნის. ძაფები ერთმანეთს წყალბადური ბმებით უკავშირდება და კონებს ქმნის. ასეთი სტრუქტურა ცელულოზას მექანიკურ მდგრადობასა და ელასტიკურობას ანიჭებს.



ცელულოზა უძლებს მაღალ ტემპერატურას, არ იხსნება ორგანულ გამხსნელებსა და სუსტ მჟავებში. ის მხოლოდ ძლიერი მჟავების ზემოქმედებით, მაღალ ტემპერატურაზე შეიძლება დაიშალოს. ცელულოზა ჰიდროფილური ნივთიერებაა, თუმცა, დიდი ზომის გამო წყალში ვერ იხსნება. ასეთი თვისებების წყალობით, ცელულოზა, ერთი მხრივ, იცავს მცენარეების უჯრედებს სხვადასხვა ფაქტორების ზემოქმედებისგან, მეორე მხრივ, ადვილად ატარებს წყალს და მასში გახსნილ ნივთიერებებს.

ქიტინი აზოტმემცველი სტრუქტურული პოლისაქარიდია. ის ფეხსახსრიანებისა და სხვა უხერხემლოების გარეგანი ჩონჩხის ძირითადი კომპონენტია. ქიტინი შედის ასევე ბაქტერიებისა და სოკოების უჯრედის კედლის შედგენილობაში. მცენარეებში ის აღმოჩენილი არ არის.



სუფთა ქიტინი არის გამჭვირვალე, პლასტიკური, რბილი ნივთიერება, რომელიც არ იხსნება წყალში, სპირტში, მჟავებში, ორგანულ გამხსნელებში. ფეხსახსრიანების გარეგანი ჩონჩხის ქიტინი ცილასთანაა დაკავშირებული. ამის გამო ის მტკიცე და დრეკადია. მოლუსკების მაგარი ნიჟარა ქიტინთან დაკავშირებულ CaCO_3 -ს შეიცავს.

3 ყველა ორგანიზმი, რომელიც ქიტინს წარმოქმნის, ქიტინის დამშლელ ფერმენტს — ქიტინაზას შეიცავს. როგორ ფიქრობ, რისთვის სჭირდებათ მათ ეს ფერმენტი?



შაქრები წყალში ხსნადი, ტკბილი ნივთიერებებია. პოლისაქარიდები წყალში არ იხსნება. ისინი უჯრედის კედლის შენებაში მონაწილეობენ. ნახშირწყლებს ენერგეტიკული დანიშნულება აქვს — მათ ორგანიზმი საწვავად იყენებს.



1. წარმოიდგინე, რომ გადმოგცეს უცნობი ფხვნილებით სავსე სამი პაკეტი. ერთ მათგანში ნატრიუმის ბიკარბონატია, მეორეში — სახამებელი, მესამეში — საქაროზა. გაითვალისწინე ამ ნივთიერებების ფიზიკური და ქიმიური თვისებები და ამოიცანი ისინი.

2. იმაში დასარწმუნებლად, „ამართლებს“ თუ არა ნახშირწყალი თავის სახელწოდებას, ასეთი ექსპერიმენტი გამოგადგება: გლუკოზიდან $C_6(H_2O)_6$ წყლის მოცილება ადვილია კონცენტრირებული H_2SO_4 -ით. დეჰიდრატაციის პროცესი უკეთესად წავა, თუ გლუკოზას დეჰიდრატაციამდე, ჯერ მცირე რაოდენობით წყალს დაუმატებ, მხოლოდ ამის შემდეგ H_2SO_4 -ს და სწრაფად მოურევ მინის წკირით. წყლისგან გათავისუფლებული ნახშირბადი გრაფიტს წარმოქმნის, რომელიც ჭიქიდან მოთვინიერებული გველივით ამოყოფს თავს:

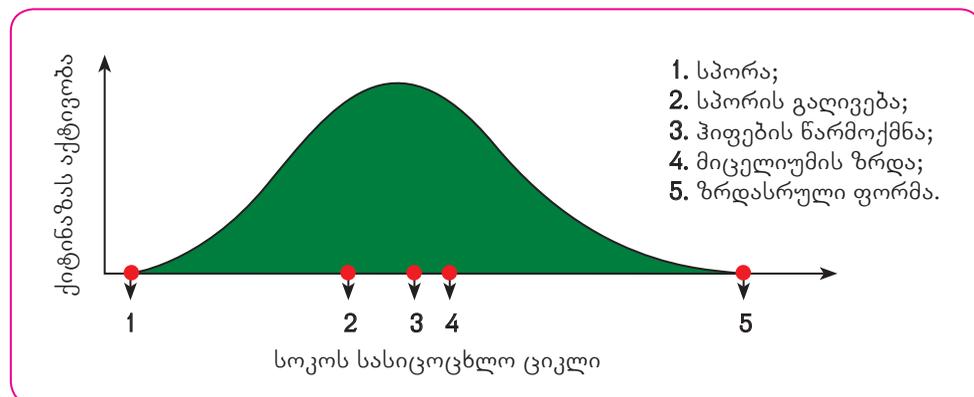


გაითვალისწინე! რეაქცია აუცილებლად ამწოვ კარადაში ჩაატარე და დაიცავი მჟავასთან მუშაობის ყველა წესი.

3. ბამბის ნაწარმი 99,5% ცელულოზას შეიცავს. ბამბის ნაწარმის ტარება, ხელოვნურ ბოჭკოსთან შედარებით, ბევრად ჰიგიენურია, რადგან ის კარგად ატარებს ჰაერს და კარგად იშრობს ოფლს. თუ გაინტერესებს, ტანსაცმელი ნამდვილად ბამბისგან არის დამზადებული თუ ხელოვნური ბოჭკოსგან, ქსოვილის პატარა ნაჭერს ან ძაფს დაასხი 17,5% $NaOH$. თუ ძაფი არ გაიხსნა, შენი ტანსაცმელი ბამბისგან ყოფილა მოქსოვილი.



- დაასახელე დედამიწაზე ყველაზე გავრცელებული ელემენტი; არაორგანული ნივთიერება; ორგანული ნივთიერება.
- ზოგიერთი ტერმიტის ძირითადი საკვები ცელულოზაა. რომელი ფერმენტი გააჩნია მას ადამიანისგან განსხვავებით? კვებითი ჯაჭვის რომელ რგოლს მიაკუთვნებ მას?
- გრაფიკი გამოხატავს ქუდიანი სოკოს ქიტინაზას აქტივობას მისი სასიცოცხლო ციკლის სხვადასხვა ეტაპზე. ახსენი ეს ფაქტი.



4. რიბოზა ხუთნახშირბადიანი მონოსაქარიდია. ის რნმ-ის შედგენილობაში შედის. დაწერე რიბოზას ემპირიული ფორმულა. დეზოქსირიბოზა დნმ-ის შემადგენელი ნაწილია. დააკვირდი ტერმინს. შენი აზრით, რით უნდა განსხვავდებოდეს ის რიბოზასგან? შეამონმე შენი ვარაუდი. მოიძიე ინფორმაცია ენციკლოპედიაში ან ინტერნეტით.



1. მცენარეები ქიტინს არ შეიცავენ, თუმცა, ზოგიერთ მათგანში ქიტინაზაა აღმოჩენილი. ახსენი ეს ფაქტი. რისთვის სჭირდებათ მცენარეებს ქიტინაზა?
2. წარმოიდგინე, რომ შენ ხელი მიგიწვდება თანამედროვე გენურ ტექნოლოგიებზე. დაგეგმე სამუშაო და გამოიყენე ქიტინაზა მარცვლეულის მოსავლიანობის გასაზრდელად.



ქიტონებს წყალში მცხოვრებ პატარა უხერხემლო ცხოველებს უწოდებენ. ქიტონი ტანსაცმელია, რომელსაც ძველი ბერძნები ხმარობდნენ. მოიძიე ინფორმაცია და ახსენი, რატომ მოიხსენებენ მათ ერთნაირი სახელით?



სიმსივნური უჯრედები ჩვეულებრივ უჯრედებთან შედარებით ბევრად მეტ გლუკოზას ითვისებენ. თუმცა, ენერგეტიკული მიზნებისთვის მის ძალიან მცირე ნაწილს იყენებენ, ძირითად ნაწილს კი უჯრედის გამრავლებას ახმარენ. მათი ეს თვისება სიმსივნეების სადიაგნოსტიკოდ გამოიყენება. ავადმყოფის ვენაში შეჰყავთ რადიოაქტიური ჟანგბადით (O^{18}) მონიშნული გლუკოზა. ხელსაწყო აღრიცხავს, რომელმა ქსოვილმა გამოიყენა ასეთი გლუკოზა დიდი რაოდენობით.

I სიცოცხლის მოლეკულები

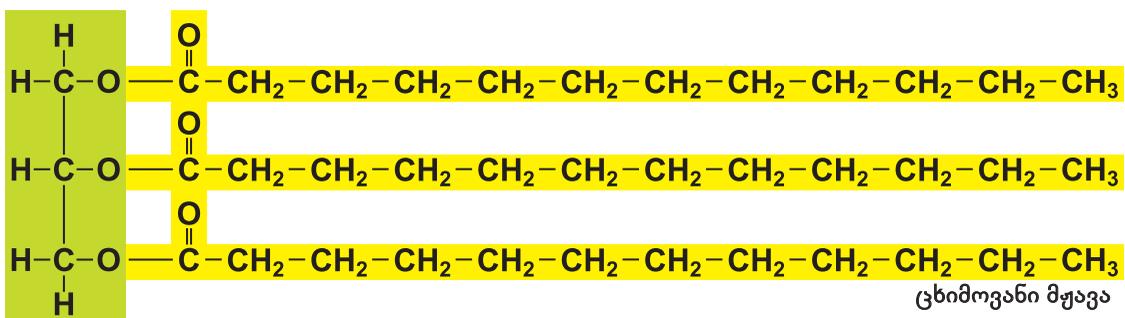
§5



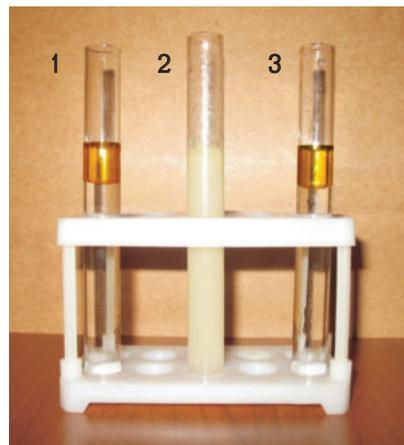
ორგანული ნივთიერებები
ლიპიდები: ცხიმვაბი, ფოსფოლიპიდები, ცვილები, სტეროიდები
ლიპიდების დანიშნულება

ლიპიდებს განსხვავებული აგებულებისა და ფუნქციის მქონე ორგანულ ნივთიერებებს უწოდებენ, რომლებსაც ერთი საერთო თვისება აქვთ — ისინი ჰიდროფობურები არიან და კარგად იხსნებიან არაპოლარულ გამხსნელებში, მაგალითად, აცეტონში, ქლოროფორმში, სპირტში.

ცხიმები ყველაზე ფართოდ გავრცელებული ლიპიდებია. ცხიმში ერთ მოლეკულა გლიცერინს სამი მოლეკულა უმაღლესი ცხიმოვანი მჟავა უკავშირდება. ეს მჟავები გრძელჯაჭვიანი ორგანული მჟავებია. სწორედ ისინი ანიჭებენ ცხიმს ჰიდროფობურ ბუნებას. ასე რომ, ცხიმის მოლეკულას სამი გრძელი ჰიდროფობური კუდი აქვს.



1 აიღე წყლიანი სინჯარა, ჩაუმატე ზეთი. შეამჩნევ, რომ ის წყლის ზედაპირზე მოექცევა (1). ზეთის მოლეკულები წყლის მოლეკულებთან კავშირს ვერ ამყარებს, თითქოს ეშინია მათი და გაურბის. ანჯღრიე სინჯარა დიდხანს და ენერგიულად. ხსნარი შეიმღვრევა და გათეთრდება (2). წყლის მოლეკულებს შორის იძულებით მოხვედრილი ზეთის მოლეკულები ცოტა ხნის შემდეგ ერთმანეთს მოძებნიან — მათ წყლის სიძულვილი აერთიანებს — ისინი ერთმანეთს ე.წ. ჰიდროფობური ძალებით დაუკავშირდებიან და ისევ წყლის ზედაპირზე დალაგდებიან.



ზოგიერთი ცხიმოვანი მჟავა ერთ ან რამდენიმე ორმაგ ბმას შეიცავს. მათ უჯვერ ცხიმოვან მჟავებს უწოდებენ.

1 როგორ ფიქრობ, რატომ უნოდეს მათ უჯერი მჟავები? რა აკლიათ მათ? რით არ არიან ისინი გაჯერებული?

2 დააკვირდი, როგორ ცვლის ორმაგი ბმა ცხიმოვანი მჟავის მოლეკულის ფორმას. შეადარე ის ნაჯერ მჟავას.

ცხოველური ცხიმები ძირითად ნაჯერ ცხიმოვან მჟავებს შეიცავს. მათი სამი სწორხაზოვანი კუდი კომპაქტურად ლაგდება ცხიმის მოლეკულაში და ამიტომ ცხოველური ცხიმები ოთახის ტემპერატურაზე მყარია.

2 დაასახელე შენთვის ცნობილი ცხოველური ცხიმები.

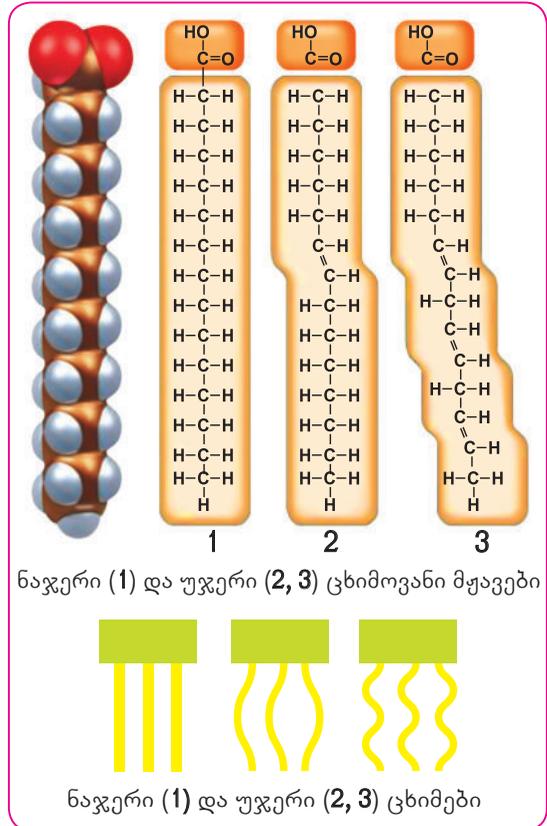
მცენარეულ ცხიმებში, ძირითადად, უჯერი ცხიმოვანი მჟავები შედის. მათი ტეხილი კუდები ვერ უახლოვდება ერთმანეთს და მცენარეული ცხიმები, რომელსაც ზეთებს უწოდებენ, თხევადია.

ზოგჯერ საკვები პროდუქტის ეტიკეტზე შეიძლება ამოიკითხო, რომ ის F ვიტამინს შეიცავს. F ვიტამინის სახელწოდებით ცნობილია ზოგიერთი უჯერი ცხიმოვანი მჟავა, რომელიც ადამიანის ორგანიზმში ვერ სინთეზდება და მას მხოლოდ საკვებთან ერთად ვლენულობთ. ეს მჟავები აუცილებელია ჩვენი ორგანიზმისთვის.

ცხიმებს ორგანიზმში ძირითადად ენერგეტიკული და დამცველობითი ფუნქცია აკისრია. ცხიმების წვისას ნახშირწყლებთან შედარებით ორჯერ მეტი ენერგია თავისუფლდება, ამიტომ ორგანიზმები ლიპიდებს ხშირად იმარაგებენ.

3 ლიპიდების წვისას ორგანიზმში დიდი რაოდენობით წყალი გამოიყოფა. როგორ პირობებში მცხოვრები ორგანიზმებისთვის უნდა ჰქონდეს ამ ფაქტს დიდი მნიშვნელობა?

ცხიმი კარგი თბოიზოლატორია, ამიტომ ის განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით გროვდება ცივ პირობებში მცხოვრები ორგანიზმების კანქვეშ. კანქვეშ და შინაგან ორგანოებს შორის დაგროვებული ცხიმი იცავს ორგანიზმს მექანიკური დაზიანებისგან. მაგალითად, ზღვის ლომს, რომელიც 1 ტონამდე იწონის, შეუძლია 5 მეტრის სიმალიდან გადახტეს ქვიან სანაპიროზე ისე, რომ არ დაზიანდეს.



ზღვის ლომები კლდოვან სანაპიროზე

ფოსფოლიპიდებში ერთ-ერთი ცხიმოვანი მჟავას ადგილს არაორგანული ფოსფორმჟავა იკავებს. ამის გამო ფოსფოლიპიდის მოლეკულაში ჩნდება პატარა პოლარული უბანი — თავი, რომელსაც კარგი დამოკიდებულება აქვს წყალთან, ის ჰიდროფილურია. მისი მოლეკულის დიდ ნაწილს კი — ჰიდროფობურ კუდებს, სძულს წყალი და გაურბის მას.

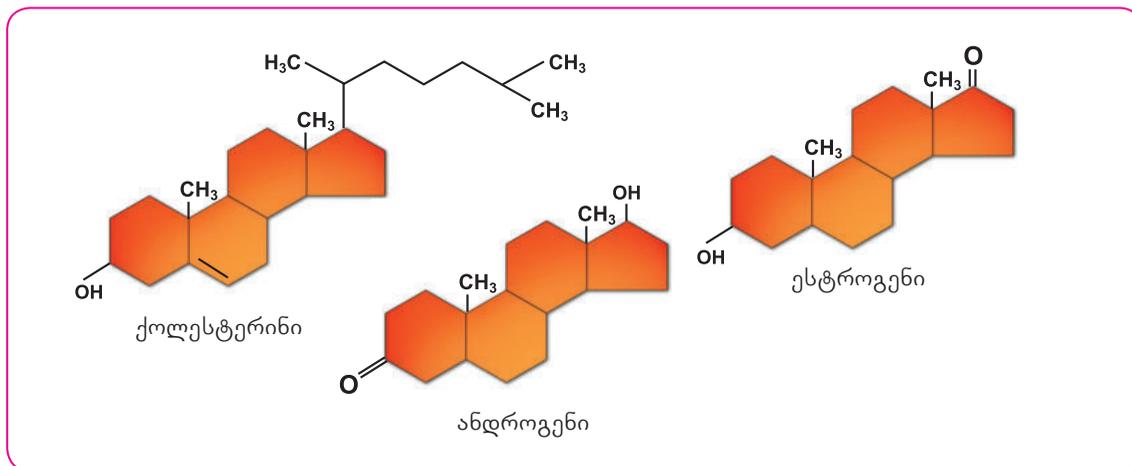
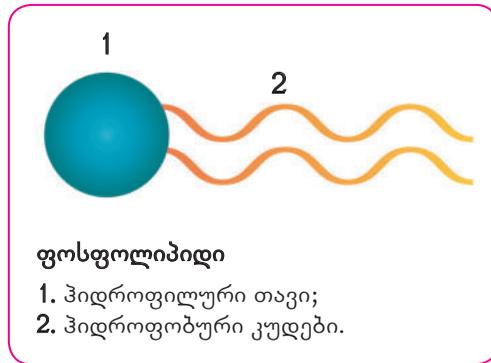
წყალთან ასეთმა გაორებულმა დამოკიდებულებამ განაპირობა ის ფაქტი, რომ ფოსფოლიპიდები ბიოლოგიური მემბრანების აუცილებელი და მთავარი კომპონენტია. ასე რომ, ფოსფოლიპიდებს უფრედში სამშენებლო ფუნქცია გააჩნია. მემბრანის აგებულებას შენ მოგვიანებით გაეცნობი.

სტეროიდები ლიპიდების განსაკუთრებული ჯგუფია, რომელიც აგებულებითა და ფუნქციების მიხედვით მკვეთრად განსხვავდება ცხიმებისა და ფოსფოლიპიდებისგან. ყველა სტეროიდს საერთო აქვს „ჩონჩხი“, რომელიც ოთხი ცალკეული რგოლისგან შედგება. მათ სხვადასხვა სახის ფუნქციური ჯგუფები უერთდება და სხვადასხვა სტეროიდს წარმოქმნის. ყველასთვის ცნობილი სტეროიდი ქოლესტერინია. მას „ცუდი სახელი“ აქვს გავარდნილი.

4 რა გსმენია ქოლესტერინის შესახებ?

ქოლესტერინი სულაც არ არის „ცუდი მოლეკულა“. მისგან წარმოიქმნება ქალისა და მამაკაცის სასქესო ჰორმონები.

5 დააკვირდი, როგორ მცირედ განსხვავდება ეს ორი ჰორმონი ქიმიურად ერთ-



მანეთისგან. ჩამოთვალე, რა სახის ფიზიკურ და ფიზიოლოგიურ განსხვავებებს წარმოქმნიან ისინი ქალისა და მამაკაცის ორგანიზმში.

ჩვენს კანზე მზის ულტრაიისფერი სხივების მოქმედებით ქოლესტერინი D ვიტამინად გარდაიქმნება, რომლის ნაკლებობა რაქიტს იწვევს. თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქოვანი შრის ჰორმონები მინერალური და ორგანული ნივთიერებების ცვლას არეგულირებს. მაგალითად, ერთ-ერთი ჰორმონის ბრძანებით ნატრიუმი და ქლორი რჩება ჩვენს ორგანიზმში, კალიუმი კი იდევნება.

6 როგორ ფიქრობ, რომელია ამ ჰორმონის სამიზნე ორგანო?

ცვილებიც ლიპიდებს მიეკუთვნება. მათი ლლობის ტემპერატურა გაცილებით მაღალია ყველა სხვა ლიპიდთან შედარებით. ცვილის თხელი ფენითაა დაფარული მცენარეთა ფოთლები, ნაყოფი. ცვილი დასველებისგან იცავს ცხოველის კანს, ბუნვს, ბუმბულს.

7 ცვილს შეიცავს ასევე სასმენი მილის ჯირკვლების სეკრეტი. რა დანიშნულება აქვს ამ სეკრეტს?



ცვილი ფოთოლს დასველებისგან იცავს



ფუტკარი ფიჭას ცვილისგან ამზადებს

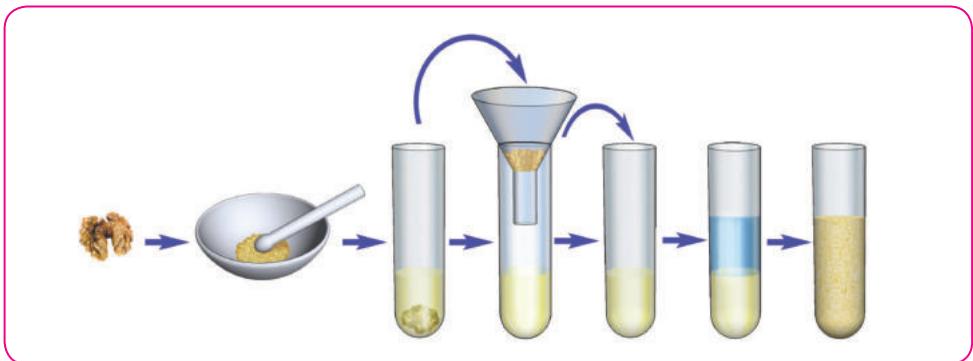


ლიპიდები განსხვავებული სტრუქტურის ჰიდროფობური ნივთიერებებია, რომლებიც ორგანულ გამხსნელებში იხსნება. მათ ორგანიზმში ენერგეტიკული, სტრუქტურული, დამცველობითი და სასიგნალო დანიშნულება აქვთ.



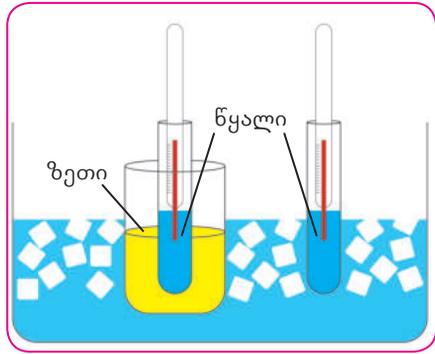
1. მოიფიქრე მცენარეთა თესლებში ლიპიდების აღმოჩენის ყველაზე მარტივი გზა.
2. გთავაზობთ საკვებ პროდუქტებში ლიპიდების აღმოჩენის ერთ-ერთ მეთოდს.

0,5-1 გრ. კაკლის ლებანი კარგად დანაყე და სინჯარაში გადაიტანე. დაუმატე 2 მლ. 98%-იანი სპირტი. კარგად შეანჯღრიე. დააყოვნე 5 წუთი. ლიპიდები სპირტში გაიხსნება. გაფილტრე. დაუმატე 2 მლ. ცივი წყალი და შეანჯღრიე. ხსნარი გათეთრდება. გამოიყენე ეს მეთოდი სხვადასხვა პროდუქტში ლიპიდების აღმოსაჩენად.



3. დაგეგმე ცდა, რითაც დაამტკიცებ, რომ ლიპიდების წვის დროს წყალი გამოიყოფა.

4. აიღე ორი სინჯარა. ორივეში ჩაასხი 38°C ტემპერატურამდე გამთბარი წყალი, თანაბარი რაოდენობით. ორივე სინჯარაში ჩაუშვი თერმომეტრი. ერთ-ერთი სინჯარა მოათავსე ზეთიან ჭიქაში. სინჯარიანი ჭიქა და მეორე სინჯარა ერთდროულად მოათავსე დიდი ზომის ყინულის ქურჭელში. დააკვირდი წყლის ტემპერატურის ცვლილებას ორივე



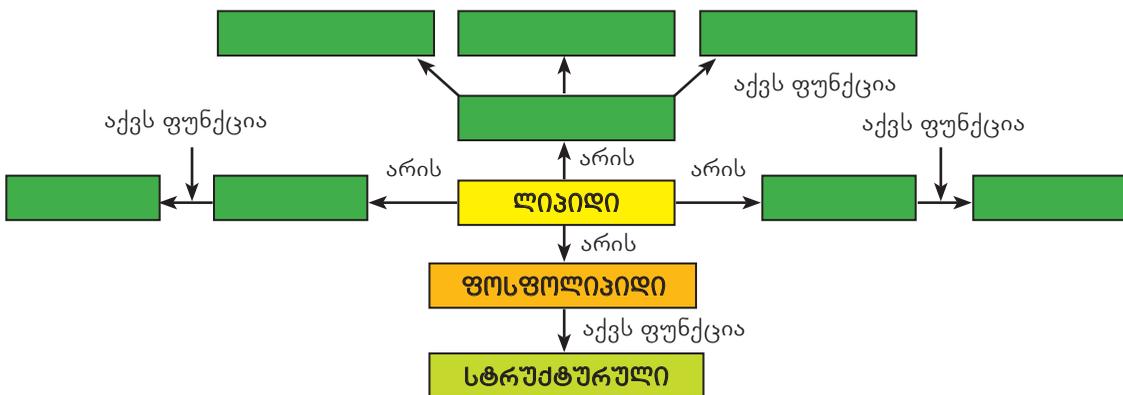
- სინჯარაში. რის მოდელს წარმოადგენს ზეთიანი ჭიქა სინჯარით? რომელ ცოცხალ ორგანიზმებში აქვს ადგილი ანალოგიურ სიტუაციას?
5. დახატე, როგორ განლაგდება წყალში ფოსფოლიპიდის 10 მოლეკულა.
6. ლეციტინი ერთ-ერთი ფოსფოლიპიდია. ის ხშირად გვხვდება სხვადასხვა საკვები პროდუქტის ეტიკეტზე. მას დიდი რაოდენობით შეიცავს კვერცხის გული. ლეციტინს, ისევე როგორც სხვა ფოსფოლიპიდებს, აქვს უნარი, დაამყაროს ურთიერთობა როგორც წყალთან, ისე ლიპიდებთან და შეურიოს ეს ორი სითხე ერთმანეთს. ლეციტინის ეს თვისება გამოიყენება ყველაზე ცნობილი საკვები ემულსიის — მაიონეზის დასამზადებლად.

დაამზადე მაიონეზი. ამისთვის აიღე:

- 200 მლ ზეთი;
- 10 მლ ძმარი;
- 1 კვერცხის გული;
- 3 გრ. მარილი;
- 3 გრ. მდოგვის ფხვნილი.

ათქვიფე ბლენდერით მაღალ სიჩქარეზე 10 წუთის განმავლობაში. სქემატურად წარმოადგინე წყლის (ძმრის), ზეთისა და ლეციტინის მოლეკულების განლაგება მაიონეზის ემულსიაში.

7. გადაიტანე სქემა რვეულში და შეავსე ცარიელი უჯრები ნიმუშის მიხედვით.

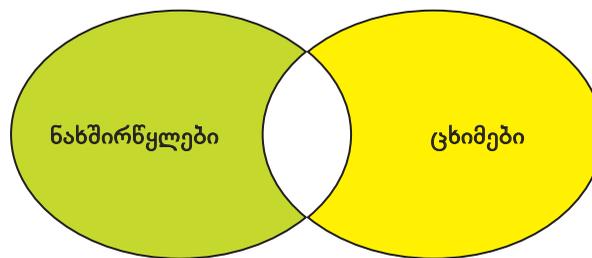




- დააჯგუფე ჰიდროფილურ და ჰიდროფობურ ნივთიერებებად: სუფრის მარილი, ცვილი, კარაქი, ფეხსაცმლის საცხი, ნავთი, ბენზინი, სპირტი, საჭმელი სოდა. გადაიტანე ცხრილში და შეავსე.

ჰიდროფილური	ჰიდროფობური

- შეადარე ნახშირწყლებისა და ცხიმების ფუნქციები. შედეგები გამოსახე ვენის დიაგრამის სახით.



- მოძებნე შესაბამისი წყვილები:

ცხიმი	დამცველობითი
ცვილი	ენერგეტიკული
ფოსფოლიპიდი	სამშენებლო
სტეროიდი	სასიგნალო
- ქვემოთ ჩამოთვლილი ტერმინებიდან, რომელი აერთიანებს ყველა დანარჩენს?
 - ცვილი;
 - სტეროიდი;
 - ცხიმი;
 - ფოსფოლიპიდი;
 - ლიპიდი.



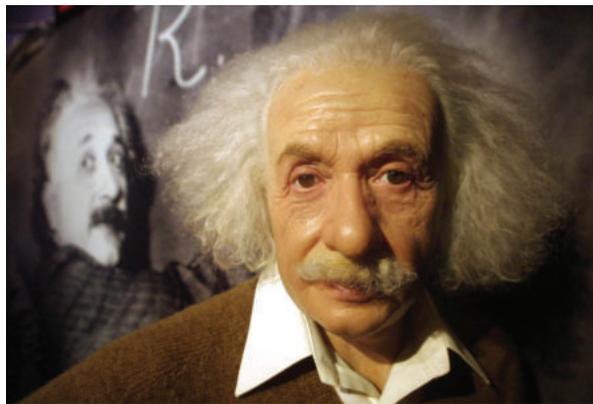
- გაითვალისწინე ცხიმის სიმკვრივე და გვიპასუხე, რა დაემართებოდა აქლემს, სანვავად ცხიმის ნაცვლად ნახშირწყლები რომ დაეგროვებინა?
- სიტყვა „ფობია“ საფუძვლად დაედო დაავადების აღმნიშვნელ მრავალ სამედიცინო ტერმინს. ივარაუდე, რას უნდა ნიშნავდეს ბაქტერიოფობია?



1. მოსავლის უკეთ შენახვის მიზნით, ფერმერმა გადანყვიტა ვაშლები საგულდაგულოდ გაენმინდა, გაეპრიალებინა და ისე ჩაელაგებინა ყუთებში. თუმცა, მთელი მოსავლის ასე დამუშავება ვერ მოახერხა. მისდა გასაკვირად, განმენდილი ვაშლების დიდი უმრავლესობა დალპა, გაუნმენდავი კი გადარჩა. ახსენი, რა მოხდა?
2. თევზის ქონი, ყველა ცხოველური ცხიმისგან განსხვავებით, თხევადია. მასში დიდი რაოდენობით შედის შეუცვლელი ცხიმოვანი მჟავები. როგორ ფიქრობ, როგორ აღმოჩნდნენ ისინი თევზის ქონში?



ეს აინშტაინის ფოტოსურათი არ გეგონოს; ცვილისგან დამზადებული მისი ფიგურაა.



ლიპიდები — lipids
ცხიმოვანი მჟავა — fatty acid
ფოსფოლიპიდი — phospholipid
სტეროიდი — steroid
ცვილი — wax

§6



ორბანული ნივთიერება. დნმ
დნმ-ის აღმოჩენის ისტორია

შენ, ალბათ, უკვე დარწმუნდი, რომ ცოცხალ ორგანიზმებში არ არსებობს კარგი და ცუდი, პირველხარისხოვანი და მეორეხარისხოვანი მოლეკულები. მაგრამ მაინც, თუ შევეცდებით, ნივთიერებები იმის მიხედვით დავაჯგუფოთ, უჯრედში რომელი რომელს ემორჩილება, იერარქიის ყველაზე მაღალ საფეხურზე დნმ-ის მოლეკულა აღმოჩნდება. ამ მოლეკულაშია ჩანერილი ინფორმაცია, რა მემკვიდრული ნიშნები უნდა გააჩნდეს ამა თუ იმ ორგანიზმს და ამ ბრძანების აღსრულებას ემსახურება ყველა სხვა დანარჩენი ნივთიერება.



ფ. მიშერი

დნმ 1869 წელს 25 წლის შვეიცარიელმა ექიმმა, ფრიდრიხ მიშერმა აღმოაჩინა. მან არც კი იცოდა, ამ აღმოჩენით რა გადატრიალებას ჩაუყარა საფუძველი ბიოლოგიაში. ეს იმდენად მნიშვნელოვანი მოვლენა იყო, რომ ნამდვილად ღირს გავეცნოთ მისი აღმოჩენის ისტორიას.

მიშერი სრულიადაც არ ეძებდა მემკვიდრულ ნივთიერებას. ახალგაზრდა ექიმი **ჰისტოქიმიით** იყო გატაცებული. ჰისტოქიმია მეცნიერებაა, რომელიც უჯრედებისა და ქსოვილების ქიმიურ შედგენილობას სწავლობს.

ფ. მიშერი ღრმად იყო დარწმუნებული, რომ ქსოვილების განსხვავებულ აგებულებასა და ფუნქციებს მათი განსხვავებული ქიმიური შედგენილობა განაპირობებდა. მას განსაკუთრებით ბირთვის კვლევა აინტერესებდა, რადგან მიუხედავად იმისა, რომ ბირთვი 1831 წელს აღმოაჩინეს, მისი ქიმიური ბუნების შესახებ არაფერი იყო ცნობილი.

საკვლევ მასალად, რაც უნდა გასაკვირი იყოს, ფ. მიშერმა ჩირქი აირჩია. ის თვლიდა, რომ ჩირქში არსებული ლეიკოციტები მშვენიერ საკვლევ ობიექტს წარმოადგენდა, უჯრედების მარტივი აგებულების გამო. გარდა ამისა, საკვლევი მასალის მოპოვების თვალსაზრისით მას პრობლემა არ ჰქონდა — ქირურგიული კლინიკა ყოველდღიურად ამარაგებდა დოღბანდით, რომლითაც ოპერაციების შემდეგ ავადმყოფებს ჭრილობებს უხვევდნენ.

ბირთვების გამოსაყოფად ფ. მიშერი ლეიკოციტებს ღორის კუჭის წვენიტ ამუშავებდა. კუჭის წვენის მარილმჟავა და პეპსინი, ბირთვის გარდა, პრაქტიკულად მთლიანად შლიდა ლეიკოციტის უჯრედს.

ბირთვის შიგთავსის კვლევისას მან დაადგინა, რომ ბირთვში არსებობს რაღაც ნივთიერება, რომელიც არ ჰგავს მანამდე ცნობილ არც ერთ ნივთიერებას. ცილების მსგავსად, ის დიდი რაოდენობით შეიცავს აზოტს, მაგრამ მათგან განსხვავებით, არ შეიცავს გოგირდს. ამას გარდა, ეს ნივთიერება, ცილებისგან განსხვავებით, ძალიან მდიდარია ფოსფორით.

უცნობ ნივთიერებას მიშერმა **ნუკლეინი** უწოდა.

მალე მეცნიერი ცვლის საკვლევ მასალას. ის ნუკლეინს უკვე ორაგულის სპერმატოზოიდებში ეძებს. ამას ორი მიზეზი აქვს: ფ. მიშერი ქ. ბაზელში გადადის სამუშაოდ, რომელიც ორაგულის რენვით იყო განთქმული და ის საკვლევი მასალის დეფიციტს არ განიცდის. გარდა ამისა, ორაგულის სპერმატოზოიდი დიდ ბირთვის შეიცავს, რომელსაც უჯრედის მოცულობის 90% უკავია. ასეთი საკვლევი მასალის ხელმისაწვდომობა ნამდვილად დიდი ბედნიერებაა ახალგაზრდა მეცნიერისთვის.



ფ. მიშერის ლაბორატორია

მიშერი ბევრს მუშაობს გაუსაძლის პირობებში — სიცივეში, რადგან რწმუნდება, რომ ნუკლეინის გამოყოფა დაბალ ტემპერატურაზე სჯობს — მაღალ ტემპერატურაზე ის თვისებებს იცვლის.

ერთი წლის დაულალავი შრომის შედეგად ფ.მიშერი მიდის დასკვნამდე, რომ ნუკლეინი მაკრომოლეკულაა (პერგამენტის ფილტრში ვერ გადის), რომელსაც მჟავური ბუნება აქვს. მეტიც, ის დიდი რაოდენობით შეიცავს მჟავურ ნაშთებს.



სინჯარა „ნუკლეინით“

მაგრამ იმდროინდელი ქიმიური კვლევის მეთოდები მეცნიერს არ აძლევს საშუალებას, უფრო ჩაუღრმავდეს ნუკლეინის ქიმიური ბუნების გარკვევას.

ახლა ის, კვლევის ობიექტიდან გამომდინარე, სვამს კითხვას: რა როლი შეიძლება ჰქონდეს ნუკლეინის განაყოფიერების პროცესში?

ეს ყველაზე დრამატული მომენტია მეცნიერის ცხოვრებაში. მას სულ ერთი ნაბიჯი აშორებს იმ მეორე უმნიშვნელოვანესი ფაქტის აღმოჩენას, რომ ნუკლეინი მემკვიდრული ნივთიერებაა. ამისთვის საკმარისია კითხვის სხვაგვარად დასმა, მაგრამ ის სულ სხვა მიმართულებით განაგრძობს კვლევას. ცდილობს დაამტკიცოს, რომ ნუკლეინი ხელს უწყობს

განაყოფიერების პროცესს. მუშაობას შედეგი ვერ მოაქვს.

ნუკლეინით ახლა სხვა მეცნიერები ინტერესდებიან. ისინი ადგენენ, რომ ნუკლეინი ქრომოსომის შედგენილობაში შედის და ამიტომ ის მემკვიდრული ნივთიერება უნდა იყოს. ნარმოიდგინე, რომ ნუკლეინს ახალ სახელსაც — **ნუკლეინის მჟავას** სხვები არქმევენ. სულ მალე ირკვევა, რომ არსებობს სხვადასხვა სახის ნუკლეინის მჟავა.

გენეტიკური ნივთიერების ქიმიური ბუნების დასადგენად, 1952 წელს ამერიკელმა მეცნიერებმა კ. ჰერშმა და მ. ჩეიზმა ბაქტერიოფაგები გამოიყენეს.

ფაგი ვირუსის ნაირსახეობაა, რომელიც მასპინძლად ბაქტერიის უჯრედს ირჩევს,



მ. ჩეიზი და კ. ჰერში

სახლდება მასში და აიძულებს შეიცვალოს „ცხოვრების სტილი“ — ბაქტერია საკუთარ უჯრედში საკუთარი რესურსებით იწყებს უამრავი ვირუსის წარმოქმნას, რის გამოც საბოლოოდ იღუპება. პრაქტიკულად, ფაგი თავს ბაქტერიას ამრავლებინებს.

იმ დროისთვის უკვე ცნობილი იყო, რომ ვირუსი ქიმიურად მხოლოდ ორი კომპონენტისგან — ცილისგან და ცილოვან გარსში შეფუთული დნმ-ისგან შედგებოდა.

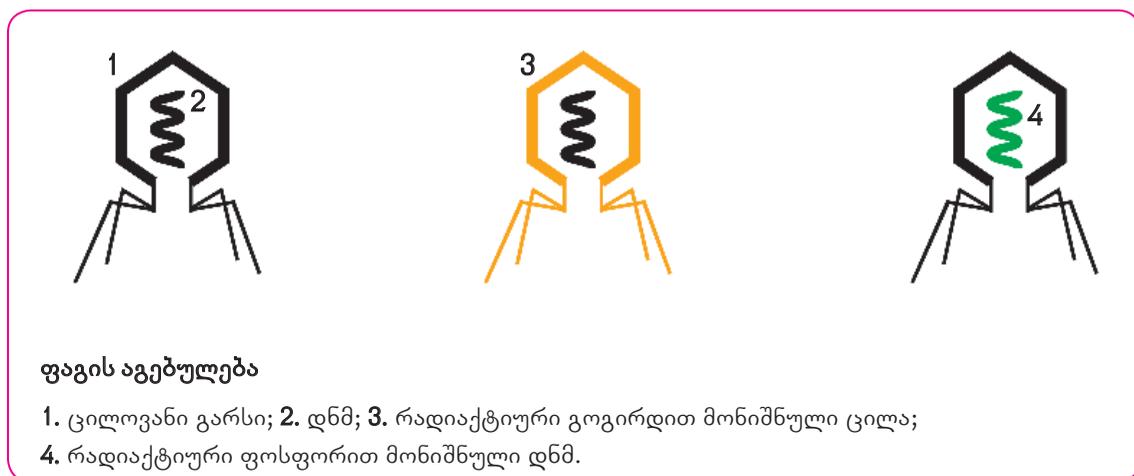


სწორედ აგებულების ასეთი სიმარტივეთ იყო განპირობებული მისი საკვლევ ობიექტად შერჩევა.

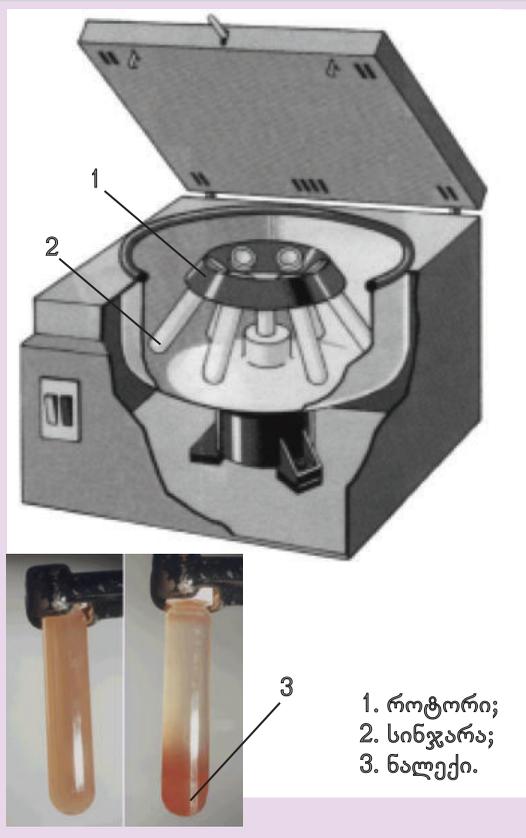
მეცნიერებს აინტერესებდათ, ფაგის რომელი კომპონენტი იჭრებოდა ბაქტერიის უჯრედში — დნმ თუ ცილა, ანუ რომელია მათგან ინფორმაციული მოლეკულა.

კვლევისას ისინი ეყრდნობოდნენ იმ დროისთვის უკვე დადგენილ ფაქტს, რომ ცილა შეიცავს გოგირდს და თითქმის არ შეიცავს ფოსფორს, დნმ კი მდიდარია ფოსფორით და არ შეიცავს გოგირდს. ლაბორატორიულ პირობებში მათ ხელოვნურად მიიღეს ფაგების ორი ჯგუფი. ერთი ჯგუფის ფაგების ცილოვანი გარსი რადიაქტიურ გოგირდს შეიცავდა, ხოლო მეორე ჯგუფის დნმ — რადიაქტიურ ფოსფორს.

რადიაქტიური გოგირდით მონიშნული ფაგები მეცნიერებმა ბაქტერიების ერთ ჯგუფს „შეუსიეს“, რადიაქტიური ფოსფორით მონიშნული კი — მეორეს. რამდენიმე



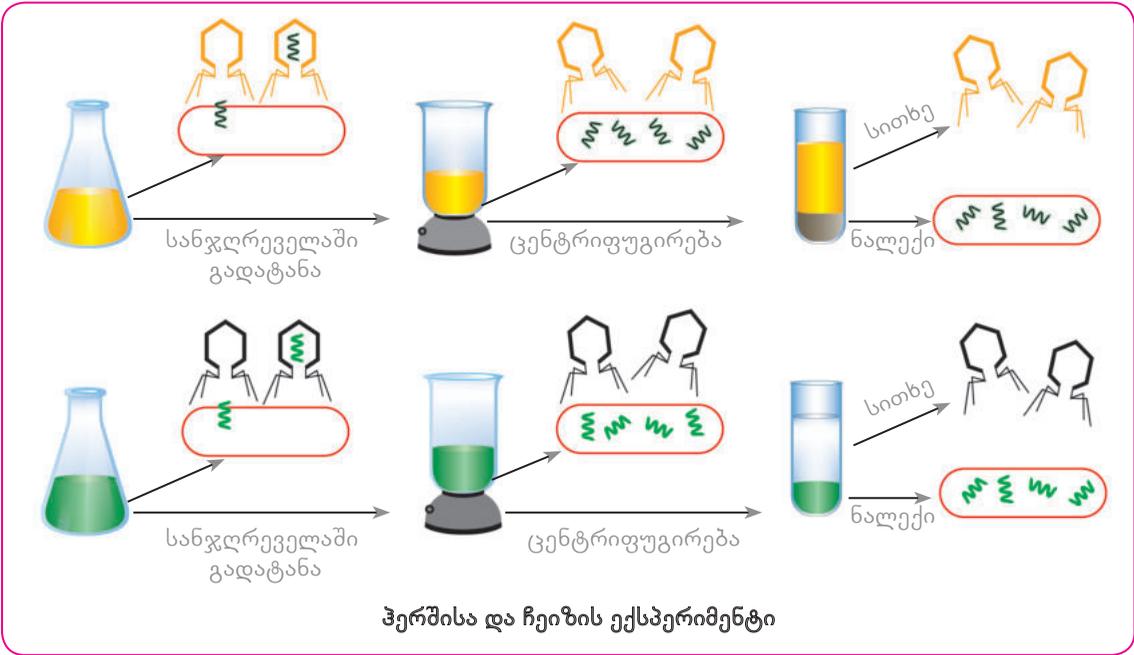
წუთში, მას შემდეგ, რაც ფაგებმა უკვე მოასწრეს ბაქტერიების ინფიცირება, სანჯლ-რეველათი ბაქტერიებს ფაგები ჩამოაცილეს და მათი ნარევი დააცენტრიფუგეს.



1. როტორი;
2. სინჯარა;
3. ნალექი.

ცენტრიფუგა ხელსაწყოა, რომელსაც ნარევის კომპონენტების ერთმანეთისგან გამოსაცალკევებლად იყენებენ. ცენტრიფუგის მბრუნავ ნაწილში — როტორში თავსდება სითხით სავსე სინჯარები, რომლებიც საკვლევ ნივთიერებებს ან უჯრედულ სტრუქტურებს შეიცავს. როტორის სწრაფი ტრიალით სინჯარაში იქმნება ძლიერი გრავიტაციული ძალა, რომელიც ზოგჯერ 100 000-ჯერაც კი აღემატება დედამიწის მიზიდულობას. ამ ძალის გავლენით ნარევის ის კომპონენტები, რომლებსაც სხვასთან შედარებით მაღალი სიმკვრივე ან დიდი ზომები გააჩნია, ნალექში — სინჯარის ფსკერზე აღმოჩნდება, ნალექზედა სითხეში კი შედარებით მსუბუქი სტრუქტურები დარჩება.

პირველი ჯგუფის ბაქტერიების შემთხვევაში მკვლევარებმა რადიაქტიობა ნალექზედა სითხეში აღმოაჩინეს, რომელიც მსუბუქ ვირუსებს შეიცავდა. მეორე ჯგუფის შემთხვევაში კი რადიაქტიობა ნალექში აღმოჩნდა, რომელიც ვირუსთან შედარებით მძიმე ბაქტერიებს შეიცავდა.



ამ ბრწყინვალედ დაგეგმილი და ჩატარებული ექსპერიმენტით, რომლის გამო ჰერში ნობელის პრემიით დაჯილდოვდა, ერთმნიშვნელოვნად დადასტურდა, რომ სწორედ დნმ-ია ის ნივთიერება, რომელიც ფაგებიდან ბაქტერიის უჯრედში გადადის და სრულიად გარდაქმნის მას. ბაქტერია თითქოს ივიწყებს საკუთარ თავს და იძენს მისთვის სრულიად უჩვეულო თვისებას — გაამრავლოს ვირუსი, რომლის აგებულების შესახებ ინფორმაცია ვირუსის დნმ-შია მოთავსებული.



დნმ 1869 წელს ფ. მიშერმა აღმოაჩინა. 1952 წელს ა. ჰერშისა და მ. ჩეიზის ექსპერიმენტით დადასტურდა, რომ გენეტიკური ნივთიერება დნმ-ია.



ცენტრიფუგის როტორის ბრუნვისას წარმოქმნილ გრავიტაციულ ძალაზე წარმოდგენას ასეთი მარტივი ცდა შეგიქმნის: დაიკავე წყლით სავსე სათლი და მხრის სახსარში 360⁰-იანი ბრუნვით მოძრაობით სწრაფად ატრიალე. იღვრება წყალი ვედროდან? თანდათან შეამცირე ბრუნვათა რიცხვი. რას ამჩნევ? როგორ ფიქრობ, რა დამოკიდებულება არსებობს ბრუნვის სიჩქარესა და ამ დროს წარმოქმნილ გრავიტაციულ ძალას შორის?



მეცნიერები ხუმრობენ, რომ მათი საქმიანობა სხვა არაფერია, თუ არა კითხვები, რომელსაც ისინი ბუნებას უსვამენ, რათა გამოტყუონ მას საიდუმლოებები. სწორად დასმულ კითხვებს ბუნება გულწრფელად პასუხობს. თუმცა, დიდი მეცნიერული აღმოჩენისთვის მხოლოდ კითხვების სწორად დასმა არ კმარა; საჭიროა დიდი შრომა, რათა ბუნების გულმონყალე დაიმსახურო. როგორ ფიქრობ, რა უნდა ეკითხა მიშერს ბუნებისთვის, რომ იგი მეორე მეცნიერული აღმოჩენის ავტორი გამხდარიყო? შრომისმოყვარეობა მას ნამდვილად არ აკლდა.



წარმოიდგინე, რომ მეცნიერი ხარ და გადაწყვიტე ჰერშისა და ჩეიზის ექსპერიმენტის გამეორება. შენი ცდის შედეგები მოულოდნელად არ დაემთხვა ცნობილი მეცნიერების ექსპერიმენტის შედეგებს — ბაქტერიების ვირუსებთან ხანმოკლე ინკუბაციის შემდეგ, ორივე ჯგუფის შემთხვევაში, შენ რადიაქტიობა მხოლოდ ნალექში აღმოაჩინე. ახსენი, ცდის რომელი ეტაპის გამოტოვებას შეიძლება გამოეწვია ასეთი შედეგი და რატომ?



www.youtube.com/watch?v=YG3d77SRWZI

I სიცოცხლის მოლეკულები

§7

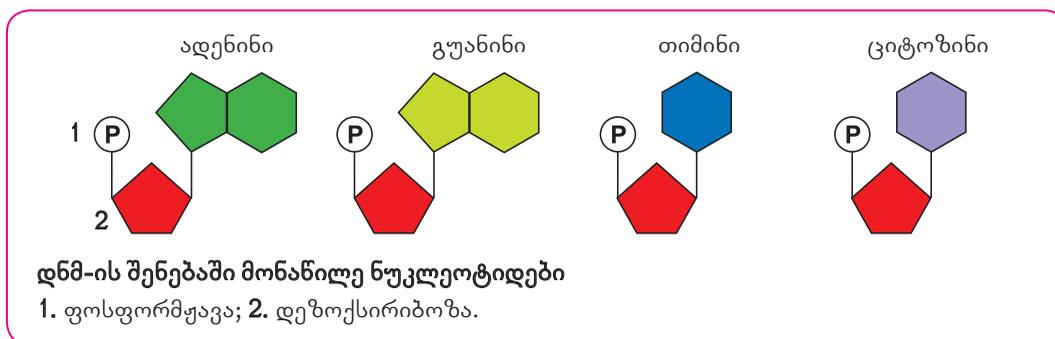


დნმ-ის ქიმიური შედგენილობა
ჩარგაფის კანონი
დნმ-ის რენტგენული კრისტალოგრაფია
დნმ-ის მოლეკულის ორმაგი სპირალის მოდელი

მას შემდეგ, რაც ექსპერიმენტებით დადასტურდა, რომ დნმ-ის მოლეკულა გენეტიკური ინფორმაციის მტარებელია, ის მრავალი მეცნიერის ყურადღების ცენტრში მოექცა და დაიწყო მისი სტრუქტურის ინტენსიური კვლევა.

გაირკვა, რომ დნმ-ის მოლეკულა პოლიმერია, რომლის მონომერს **ნუკლეოტიდი** წარმოადგენს.

ნუკლეოტიდს საკმაოდ რთული აგებულება აქვს. ის სამი კომპონენტისგან შედგება. ეს კომპონენტებია: აზოტოვანი ფუძე, ხუთნახშირბადიანი მონოსაქარიდი — დეზოქსირიბოზა და ფოსფორმჟავა. დნმ სულ ოთხი სახის ნუკლეოტიდს შეიცავს, რომლებიც ერთმანეთისგან მხოლოდ აზოტოვანი ფუძით განსხვავდება. ეს ფუძეებია: **ადენინი, გუანინი, ციტოზინი** და **თიმინი**. ამასთან, ადენინისა და გუანინის დიდი ზომის მოლეკულებს ერთმანეთის მსგავსი აგებულება აქვს და მათ პურინის ჯგუფს მიაკუთვნებენ. თიმინისა და ციტოზინის შედარებით მცირე ზომის მოლეკულებიც ერთმანეთს ჰგავს და ისინი პირიმიდინების ჯგუფში შედიან.



1940 წელს ე. ჩარგაფის მიერ დნმ-ის შედგენილობის ორი უმნიშვნელოვანესი კანონზომიერება იქნა აღმოჩენილი, რომელსაც შემდგომში ჩარგაფის კანონი ეწოდა:

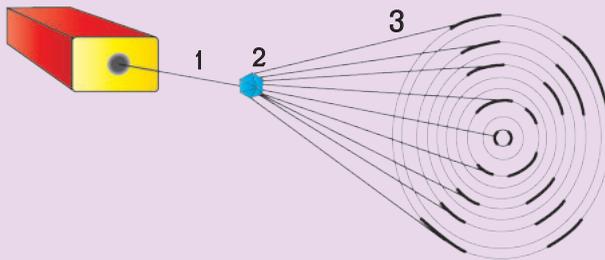
- დნმ-ის ნუკლეოტიდების რაოდენობრივი შემცველობა სხვადასხვა სახეობის ორგანიზმში განსხვავებულია;
- ყოველ სახეობაში ადენინის რაოდენობა თიმინის რაოდენობის ტოლია ($A=T$), ხოლო გუანინისა — ციტოზინის ($G=C$). ამასთან, ყველა სახეობის დნმ-ში პურინების ფუძეების რაოდენობა პირიმიდინის ფუძეების რაოდენობის ტოლია ($A+G = T+C$).

მაგრამ მხოლოდ ქიმიური შედგენილობა არაფერს ეუბნებოდა მეცნიერებს ამ მოლეკულის სტრუქტურაზე. გაუცემელი რჩებოდა პასუხი კითხვაზე: როგორ ასრულებს ასეთი მოლეკულა მის ბიოლოგიურ დანიშნულებას — შეინახოს და გადასცეს მემკვიდრული ინფორმაცია?

კვლევაში ამჯერად ფიზიკოსები ჩაერთნენ. მათ გადანწყვიტეს დნმ-ის მოლეკულა რენტგენული კრისტალოგრაფიის მეთოდით გამოეკვლიათ.

ამ მეთოდის პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს: საკვლევ ნივთიერებაში რენტგენის სხივებს ატარებენ. სხივები ნივთიერებების ატომების მიერ სხვადასხვა მიმართულებით ირეკლება და ფოტოფირფიტაზე მოხვედრისას შავ ლაქებს ტოვებს. ლაქების ინტენსივობისა და განლაგების მიხედვით, მსჯელობენ საკვლევ ნივთიერებაში მისი შემადგენელი ატომების განლაგებაზე.

თუ ნივთიერებაში ატომები მკაცრად განსაზღვრული წესით, რეგულარულად არის განლაგებული, მაშინ მათზე მოხვედრილი სხივებიც ერთი მიმართულებით აირეკლება და ფოტოფირფიტაზე გარკვეული წესით დალაგებულ მკვეთრ შავ ლაქებს დატოვებს. ნივთიერებაში არარეგულარულად განლაგებული ატომები კი სხივებს სხვადასხვა მიმართულებით არეკლავს და ფოტოფირფიტაზეც ყოველგვარი კანონზომიერების გარეშე გაფანტული მკრთალი ლაქები დაფიქსირდება.



რენტგენული კრისტალოგრაფია

- 1. რენტგენის სხივი;
- 2. დნმ;
- 3. არეკლილი სხივი.



დნმ-ის რენტგენოგრაფია



რ. ფრანკლინი

ამ მეთოდით დნმ-ის მოლეკულა ინგლისელმა მეცნიერებმა ე. უილკინსმა და რ. ფრანკლინმა გამოიკვლიეს. ფოტოფირფიტაზე მიღებული წრიულად განლაგებული, ძალზე მკვეთრი შავი ლაქების მიხედვით მეცნიერებმა დაასკვნეს, რომ დნმ-ის მოლეკულა სპირალია, რომელშიც რაღაც კომპონენტი მუდმივად მეორდება. კრისტალოგრაფიის მონაცემები მიუთითებდა აგრეთვე, რომ სპირალის სიგანე 2 ნანომეტრია.

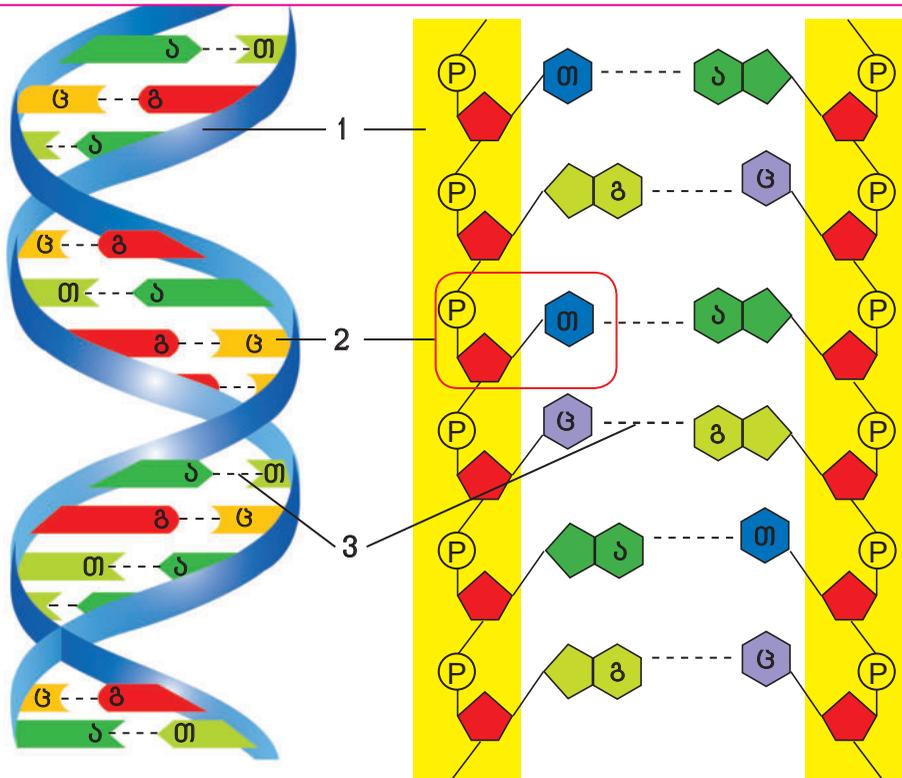
ერთი მხრივ, ჩარგაფისა და მეორე მხრივ, უილკინსისა და ფრანკლინის მონაცემებმა საფუძველი ჩაუყარა იმ უდიდეს მოვლენას, რომელსაც ბიოლოგიურ აზროვნებაში მომხდარ რევოლუციასაც კი უწოდებენ.

რევოლუციის ლიდერები 24 წლის ამერიკელი გენეტიკოსი ჯორჯ უოტსონი და ინგლისელი ბიოფიზიკოსი ფრენსის კრიკი იყვნენ. 1953 წელს ისინი გაეცნენ მონაცემებს დნმ-ის ქიმიური და ფიზიკური მახასიათებლების შესახებ და ბრწყინვალედ გამოიყენეს ეს დნმ-ის სამგანზომილებიანი ჰიპოთეტური მოდელის შესაქმნელად. ამ მოდელის მიხედვით დნმ-ის მოლეკულა ასე გამოიყურება:



ჯ. უოტსონი და ფ. კრიკი დნმ-ის მოლეკულის მოდელთან

- დნმ-ის მოლეკულა ორმაგი სპირალია — შედგება სპირალურად დახვეული ორი პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვისგან;
- მოლეკულის სიგანე მთელ მის სიგრძეზე არ იცვლება და 2 ნანომეტრის ტოლია;
- თითოეულ ჯაჭვში ნუკლეოტიდები ერთმანეთს მყარი კოვალენტური ბმებით უკავშირდება, რომელიც მეზობელი ნუკლეოტიდების ფოსფორმუჯავასა და ნახშირწყალს შორის წარმოიქმნება;
- მოპირდაპირე ჯაჭვები ერთმანეთთან სუსტი წყალბადური ბმებით კავშირდება, რომლებიც მათ აზოტოვან ფუძეებს შორის წარმოიქმნება. ერთი ჯაჭვის ადენინი ყოველთვის მეორე ჯაჭვის თიმინთან, ხოლო გუანინი ციტოზინთან ქმნის ბმას — ისინი ერთმანეთის შესაბამისი, ანუ კომპლემენტარულები არიან.



დნმ-ის სტრუქტურა

1. პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვი; 2. ნუკლეოტიდი; 3. წყალბადური ბმა.

დნმ-ის ეს ჰიპოთეტური მოდელი მრავალი ექსპერიმენტით გამოიცადა. მან და-
მაჯერებლად უპასუხა მოდელის შექმნამდე და მისი შექმნის შემდეგ დასმულ ყველა
კითხვას, რომელიც ამ მემკვიდრული მოლეკულის ბიოლოგიურ შესაძლებლობებს
ეხება. ამ მოდელით შესაძლებელია, მოლეკულურ დონეზე აიხსნას მემკვიდრეობი-
თობისა და ცვალებადობის მოვლენა და მასთან დაკავშირებული ყველა საკითხი.

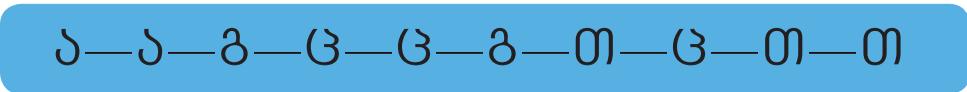
დნმ-ის მოდელის შექმნისთვის ე. უილკინსს, ჯ. უოტსონსა და ფ. კრიკს 1962
წელს ნობელის პრემია მიანიჭეს. რ. ფრანკლინი, რომელსაც უდიდესი წვლილი მი-
უძღვის მოდელის შექმნაში, პრემიით ვერ დაჯილდოვდა. ის 1958 წელს სიმსივნით
გარდაიცვალა.



დნმ პოლინუკლეოტიდია, რომლის მონომერებს ნუკლეოტიდები წარმო-
ადგენს. ყოველ სახეობაში $a=t$ და $g=c$; ასევე $a+g=t+c$. დნმ-ის მო-
ლეკულა შედგება სპირალურად დახვეული ორი პოლინუკლეოტიდური
ჯაჭვისგან. მისი სიგანე 2 ნანომეტრია. მოპირდაპირე ჯაჭვები ერთმა-
ნეთს კომპლემენტარულ აზოტოვან ფუძეებს შორის წარმოქმნილი წყალ-
ბადური ბმებით უკავშირდება.



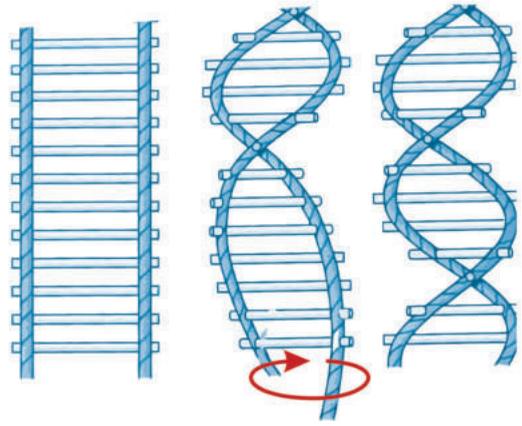
1. ილუსტრაციაზე დნმ-ის მოლეკულის ერთი ჯაჭვია:



- აღადგინე დნმ-ის მოლეკულა — წარმოადგინე მეორე ჯაჭვის ნუკ-
ლეოტიდური შედგენილობა.
2. დნმ-ის მოდელზე მუშაობის საწყის ეტაპზე ჯ. უოტსონმა და ფ. კრიკ-
მა პოლინუკლეოტიდურ ჯაჭვებში ნუკლეოტიდები ისე განლაგეს,
რომ დნმ-ის მოლეკულაში პურინის პირდაპირ პურინი აღმოჩნდა,
ხოლო პირიმიდინის პირდაპირ — პირიმიდინი.
 - ა. ჩარგაფის კანონის რომელ პუნქტს არღვევდა ასეთი განლაგება?
 - ბ. რ. ფრანკლინის რომელ მონაცემებს ეწინააღმდეგებოდა ეს ვარიან-
ტი?
 - გ. სცადე, სქემატურად გამოსახო დნმ-ის ასეთი მოლეკულის ფორმა.



1. ხშირად, დნმ-ის მოლეკუ-
ლას კიბეს ადარებენ, რომ-
ლის მარჯვნივ მობრუნებით
ხვეული კიბე მიიღება. ახსე-
ნი, დნმ-ის მოლეკულის რო-
მელი კომპონენტები ქმნის
კიბის საყრდენ, ვერტიკა-
ლურ ღერძებს და რომელი
— საფეხურებს?
2. ამ კიბის რომელი საფეხუ-
რია ჩანგრეული?



ა
ფ
ბ
ფ
ც
ბ
ა

ფ
ა
ც
ა
ა
ც
ფ



- რომელი პუნქტი ასახავს სწორად სხვადასხვა სტრუქტურის განლაგებას მისი აგებულების სირთულის ზრდის მიხედვით ჩამონათვალში:
 - დნმ-ის მოლეკულა, აზოტოვანი ფუძე, ნუკლეოტიდი, პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვი;
 - აზოტოვანი ფუძე, დნმ-ის მოლეკულა, ნუკლეოტიდი, პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვი;
 - აზოტოვანი ფუძე, ნუკლეოტიდი, პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვი, დნმ-ის მოლეკულა.
- თუ დნმ-ის მოლეკულა 30% თიმინს შეიცავს, მასში:
 - 70% პურინები უნდა იყოს;
 - 20% გუანინი უნდა იყოს;
 - 30% ადენინი უნდა იყოს.



აზოტოვან ფუძეებს შორის არსებული წყალბადური ბმები ადვილად შეიძლება განწყდეს სხვადასხვა სახის ფიზიკური ან ქიმიური ფაქტორების ზემოქმედებით. მიშერს წარმოდგენაც არ ჰქონდა ამ ბმებზე, თუმცა, ის ყველანაირად ცდილობდა, არ დაეშვა წყალბადური ბმების განწყვეტა. როგორ ახერხებდა ამას?



ბევრ ქვეყანაში ბავშვები პირველ ინფორმაციას დნმ-ის სტრუქტურის შესახებ სათამაშო კონსტრუქციებით ლეზულობენ.





უჯრედული თეორია

წარმოდგენა იმის შესახებ, რომ ყოველი ცოცხალი არსება უჯრედებისაგან შედგება, მრავალრიცხოვანი კვლევების შედეგად, ნაბიჯ-ნაბიჯ ჩამოყალიბდა.

უჯრედის არსებობის შესახებ პირველად ინგლისელმა მეცნიერმა რობერტ ჰუკმა 1665 წელს განაცხადა. მის მიერვე შექმნილი მარტივი მიკროსკოპით კორპის ანათლის თვალყურებისას ჰუკმა შენიშნა, რომ ის პატარა დატიხრული ნაწილებისაგან შედგებოდა, რომელიც მონასტრის ოთახებს — კელიებს შეადარა.

სამეცნიერო მიკროსკოპების ერთ-ერთმა ფუძემდებელმა ანტონ ვან ლევენჰუკმა 1674 წელს მიკროსკოპში პირველმა დაინახა მიკროორგანიზმები და ცხოველური უჯრედები — ერთროციტები და სპერმატოზოიდები.



მ. შლეიდენი



თ. შვანი

XIX საუკუნეში, მიკროსკოპის გაუმჯობესებასთან ერთად, უჯრედების შესწავლის ახალი ეტაპი დაიწყო. აღმოჩნდა, რომ უჯრედს აქვს შიგთავსი, რომელიც უმნიშვნელოვანეს როლს თამაშობს უჯრედის სიცოცხლეში. მას ჩეხმა მეცნიერმა იან პურკინიემ პროტოპლაზმა უწოდა. მანვე აღმოაჩინა ბირთვი ფრინველის კვერცხუჯრედში. მოგვიანებით ბირთვები სხვა უჯრედებშიც იყო ნანახი.

ამავე პერიოდში გერმანელმა მეცნიერმა, მათიას შლეიდენმა მრავალი მცენარის სხვადასხვა ორგანოებიდან დაზღუდული უამრავი ანათლის შესწავლის საფუძველზე, დამაჯერებლად დაასაბუთა, რომ ყველა მცენარეს უჯრედული შენება აქვს. ამ მონაცემებმა მისი თანამემამულის, თეოდორ შვანის დიდი ინტერესი გამოიწვია. მან უზარმაზარი კვლევა ჩაატარა, რომლის მიზანი მცენარეებისა და ცხოველების ქსოვილების შედარებითი შესწავლა იყო. თ. შვანმა განაზოგადა იმ დროისთვის არსებული ყველა მონაცემი მცენარეული და ცხოველური უჯრედების შესახებ და 1839 წელს გამოაქვეყნა შედეგები. ამ შედეგების მიხედვით უდავო იყო, რომ ყველა ცოცხალ ორგანიზმს უჯრედული აგებულება აქვს. თ. შვანი პირველი უჯრედული თეორიის ავტორად ითვლება, ხოლო მ. შლეიდენს მის თანაავტორად მიიჩნევენ.

უჯრედული თეორიის პირველი ვერსიის ძირითადი პრინციპებია:

- ყოველი ცოცხალი არსება უჯრედებისგან შედგება.

- ყველა უჯრედს მსგავსი აგებულება და ქიმიური შედგენილობა აქვს.
- ყოველი უჯრედი დამოუკიდებელია: ორგანიზმის მოქმედება მისი შემადგენელი უჯრედების მოქმედების ჯამია.

მ. შლეიდენსა და თ. შვანს შეცდომით მიაჩნდათ, რომ უჯრედების წარმოქმნა არაუჯრედული ნივთიერებებიდან შეიძლება. უჯრედული თეორიის შემდგომი განვითარებისთვის დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა რუდოლფ ვირხოვის გამოკვლევებს, რომელმაც დაამტკიცა, რომ ნებისმიერი უჯრედი მხოლოდ დედისეული უჯრედის გაყოფის გზით წარმოიქმნება.

უჯრედული თეორიის განვითარებაში სრულიად ახალი ეტაპი ელექტრონული მიკროსკოპის შექმნის შემდეგ დაიწყო. მეცნიერები გააოცა უჯრედის აგებულების სირთულემ. მათ ბევრი ისეთი რამ დაინახეს უჯრედში, რაც სინათლის მიკროსკოპში არ ჩანდა. ბიოქიმიისა და მოლეკულური ბიოლოგიის განვითარებამ კიდევ უფრო შეავსო წარმოდგენა უჯრედის შესახებ.



რ. ვირხოვი

თანამედროვე უჯრედული თეორია, რომლის საფუძველს თ. შვანის თეორია წარმოადგენს, შემდეგ დებულებებს მოიცავს.

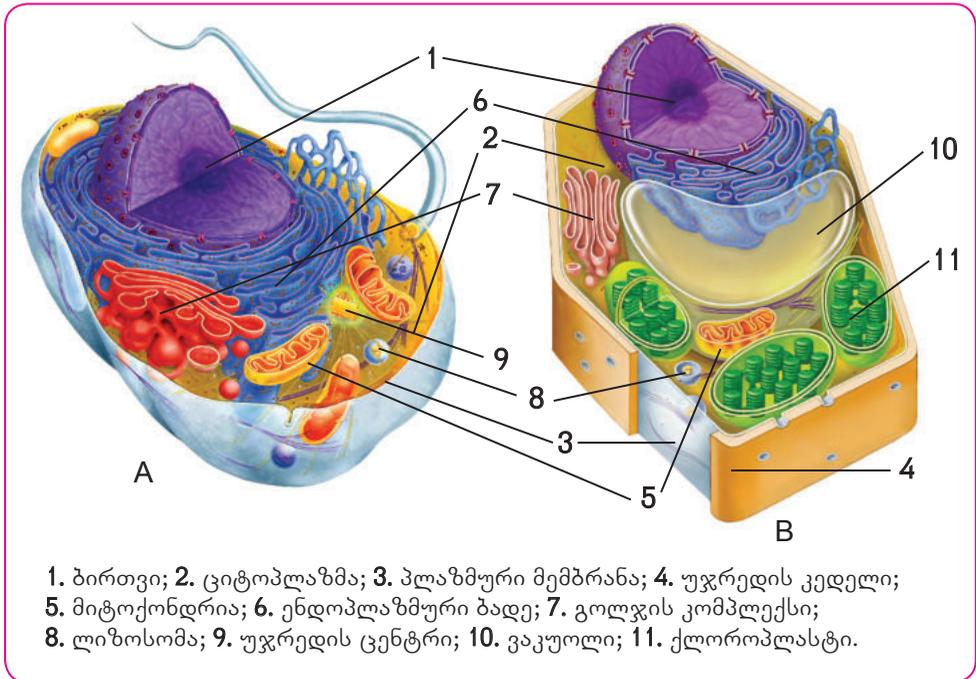
- უჯრედი სიცოცხლის ელემენტარული ერთეულია, რომელსაც აქვს თვითგანახლების, თვითრეგულაციისა და თვითწარმოქმნის უნარი. ის ყველა ცოცხალი ორგანიზმის აგებულების, ფუნქციონირებისა და განვითარების ერთეულია.
- ცოცხალი ორგანიზმების უჯრედები მსგავსია აგებულებით, ქიმიური შედგენილობითა და ცხოველქმედებით.
- უჯრედების გამრავლება ხდება დედისეული უჯრედის გაყოფის გზით.
- მრავალუჯრედიან ორგანიზმებში უჯრედები ფუნქციების მიხედვით სპეციალიზდება და ქსოვილებს წარმოქმნის. ქსოვილებით აგებულია ორგანოები და მათი სისტემები.
- მრავალუჯრედიანი ორგანიზმი არ არის უჯრედების ჯამი. უჯრედების მუშაობა კოორდინირებულია და ორგანიზმი ერთ მთლიან სისტემას წარმოადგენს.
- უჯრედები შეიცავენ მემკვიდრულ ინფორმაციას, რომელიც თაობიდან თაობას გადაეცემა.



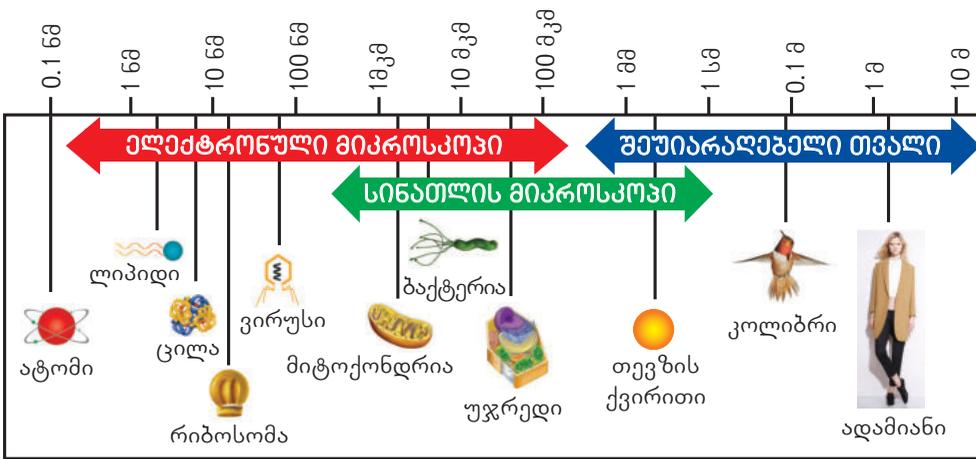
წარმოდგენა ცოცხალი ორგანიზმების უჯრედული აგებულების შესახებ, მრავალრიცხოვანი კვლევების შედეგად ჩამოყალიბდა. პირველი უჯრედული თეორია XIX საუკუნეში შეიქმნა. მისი ავტორები გერმანელი მეცნიერები, მათიას შლეიდენი და თეოდორ შვანი არიან. თანამედროვე უჯრედული თეორია ეფუძნება ელექტრონული მიკროსკოპის, ბიოქიმიისა და მოლეკულური ბიოლოგიის კვლევის შედეგებს.



1. ილუსტრაციაზე წარმოდგენილია ტიპური ცხოველური (A) და მცენარეული (B) უჯრედის აგებულების სქემატური გამოსახულება, რომელიც უჯრედების ელექტრონული მიკროსკოპით კვლევის შედეგებს ეყრდნობა.



- ა. გაიხსენე, რა არის ორგანოიდი. დაასახელე შენთვის ცნობილი ორგანოიდები. რომელი მიკროსკოპით შეძელი მათი დანახვა?
 - ბ. დააკვირდი და ჩამოთვალე ყველა ორგანოიდი, რომელსაც ილუსტრაციაზე ხედავ.
 - გ. ჩამოთვალე ორგანოიდები რომელსაც ცხოველურ უჯრედში ვერ ხედავ.
2. დააკვირდი სინათლის მიკროსკოპისა და ელექტრონული მიკროსკოპის გამადიდებელ შესაძლებლობებს და გვიპასუხე:



1 მმ = 1000 მკმ, 1 მკმ = 1000 მმ.

- ა. შესაძლებელია ელექტრონული მიკროსკოპით დნმ-ის დანახვა?
- ბ. ჩანს თუ არა ელექტრონულ მიკროსკოპში ატომები?
- გ. თუ ბაქტერიის მხოლოდ დანახვა არ გაკმაყოფილებს და გსურს, გამოიკვლიო მისი აგებულება, რომელ ხელსაწყოს გამოიყენებ?
- დ. წარმოიდგინე, ექიმი ხარ და ეჭვი გაქვს, რომ შენი პაციენტი ლეიშმანიოზით არის დაავადებული. დიაგნოზის დასასმელად რომელ მიკროსკოპს გამოიყენებ?
- 3. ქვემოთ ჩამოთვლილი პარაზიტებიდან რომელს ვხედავთ თვალით, სინათლის მიკროსკოპით, მხოლოდ ელექტრონული მიკროსკოპით: ნითურის გამომწვევს, დიზენტერიულ ამებას, ტრიპანოსომას, ექინოკოკს, ასკარიდას, ტრიქინელას, შიდს-ის გამომწვევს. გადაიტანე ცხრილი რვეულში და შეავსე.

ვხედავთ		
შეუიარაღებელი თვალით	სინათლის მიკროსკოპით	ელექტრონული მიკროსკოპით

II უჯრედი

§9

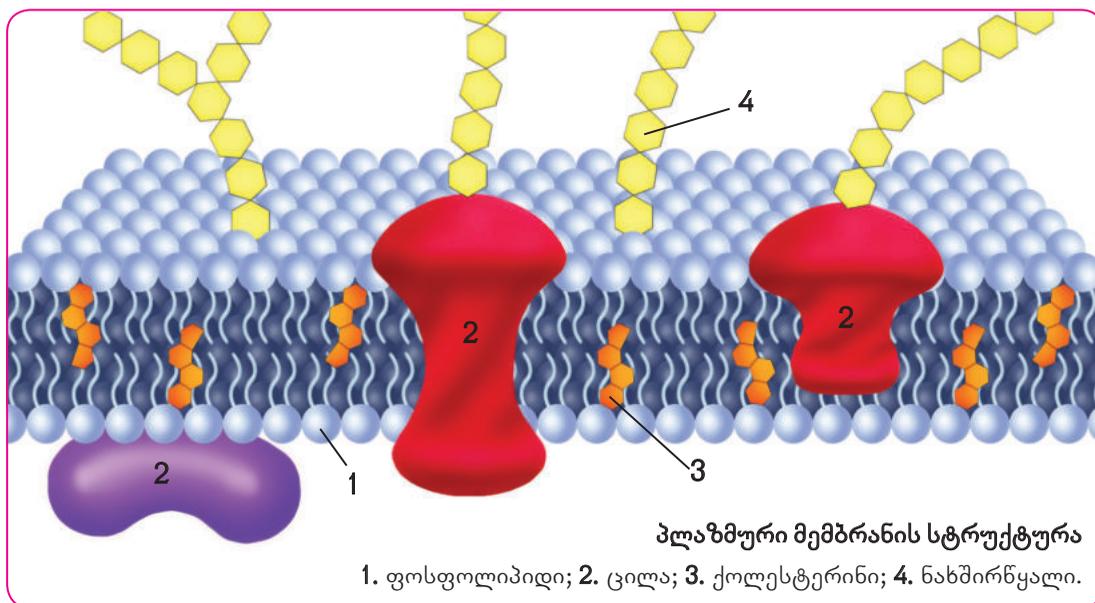


პლაზმური მემბრანა
პლაზმური მემბრანის აბეპულაბა
პლაზმური მემბრანის ფუნქციები

პლაზმური მემბრანა ბარიერია, რომელიც უჯრედის შიგთავსს გარემოსგან გამოყოფს. მაგრამ ეს ბარიერი აბსოლუტურ იზოლაციაში კი არ ამყოფებს უჯრედს, არამედ პირიქით, ყოველმხრივ უზრუნველყოფს მის მუდმივ კავშირს გარემოსთან. ეს უთხელესი აპკი, რომლის სიგანე დაახლოებით 75 ნმ-ია, არეგულირებს ნივთიერებათა ტრანსპორტს გარემოდან უჯრედში და უჯრედიდან გარეთ, აღიქვამს გარემოს სიგნალებს, ამოიცნობს მის მსგავს უჯრედებს და კავშირს ამყარებს მათთან.

პლაზმური მემბრანის უპირველესი დანიშნულება ნივთიერებათა ტრანსპორტირებაა. მასზეა დამოკიდებული, შეაღწევს თუ არა ნივთიერება უჯრედში, რა გზით აღმოჩნდება იქ და რა გზით დატოვებს ის უჯრედს. სხვადასხვა ქიმიური და ფიზიკური თვისებების ნივთიერებათა უჯრედში ტრანსპორტირების გზებს მთლიანად მემბრანის ქიმიური შედგენილობა და მისი სტრუქტურა განსაზღვრავს.

მემბრანას **თხევად მოზაიკას** ამსგავსებენ. მოზაიკის თხევადი ნაწილი ფოსფოლიპიდების ორმაგი შრეა, რომელშიც ალაგ-ალაგ სხვადასხვა ზომისა და ფორმის ცილის მოლეკულებია გაბნეული.



მემბრანაში ფოსფოლიპიდები ორ შრედ ლაგდება ისე, რომ ერთი შრის ფოსფოლიპიდების პოლარული თავები უჯრედის გარეთ არის მიმართული, ხოლო მეორე შრის — ციტოპლაზმისკენ. მათი ჰიდროფობური კუდები ერთად კარგად გრძნობს თავს. ასე მემბრანა ორ წყლიან გარემოს — ქსოვილურ სითხესა და ციტოპლაზმას მიჯნავს ერთმანეთისგან.

ფოსფოლიპიდები ერთ ადგილზე არ არიან ფიქსირებული, ისინი განუწყვეტლივ მოძრაობენ — ირხევიან. ხშირად ერთი შრის მეზობელი ფოსფოლიპიდები ერთმანეთს ადგილს უცვლიან. უფრო იშვიათად, ფოსფოლიპიდმა ერთი შრიდან მეორეში შეიძლება გადაინაცვლოს. მაღალ ტემპერატურაზე ფოსფოლიპიდების მოძრაობის სიჩქარე იზრდება. ამ დროს მემბრანა თხევადდება. დაბალ ტემპერატურაზე მათი მოძრაობა მცირდება და მემბრანა შედარებით მყარდება. მემბრანის ნორმალური ფუნქციონირებისთვის ძალზე მნიშვნელოვანია მისი ნორმალური კონსისტენციის შენარჩუნება. ამაში დიდ როლს ფოსფოლიპიდების მოლეკულებს შორის ჩართული ქოლესტერინის მოლეკულები ასრულებენ. ტემპერატურის გაზრდისას ისინი ზღუდავენ ფოსფოლიპიდების ზედმეტ მოძრაობას, ანუ ხელს უშლიან მემბრანის გათხევადებას. ტემპერატურის დანევისას ქოლესტერინის მოლეკულები არ აძლევენ საშუალებას მეზობელი ფოსფოლიპიდების კუდებს, ერთმანეთს შეენებონ და მემბრანა გამყარდეს. ასე რომ, ქოლესტერინის მოლეკულა ამ შემთხვევაში ერთგვარი რეგულატორის როლში გვევლინება.

მოზაიკის „მყარ ნაწილაკებს“ — ცილებს ლიპიდების ორმაგ შრეში სხვადასხვა პოზიცია უკავია. ზოგი მათგანი მემბრანის ზედაპირზეა მოთავსებული, ზოგი ნაწილობრივია ჩასმული მასში, ზოგი კი მთლიანად განჭოლავს მემბრანას.

ზოგიერთ ცილას რთული, დატოტვილი ნახშირწყლები უკავშირდება. ასეთ ცილებს **გლიკოპროტეინები** ეწოდება.

● მოძებნე ილუსტრაციაზე ცილების გარდა სხვა ნივთიერებები, რომლებსაც ნახშირწყლები უკავშირდებიან და დაარქვი მათ სახელები.

აი, ასეთ რთულ სტრუქტურაში უნდა გაიკვილოს გზა და იმოძრაოს სხვადასხვა ნივთიერებებმა გარემოდან უჯრედში და პირიქით. მემბრანაზე ამბობენ, შერჩევითად განვლადიო. მემბრანაში ნივთიერებათა განვლადობას მათი სამი ძირითადი მახასიათებელი განსაზღვრავს:

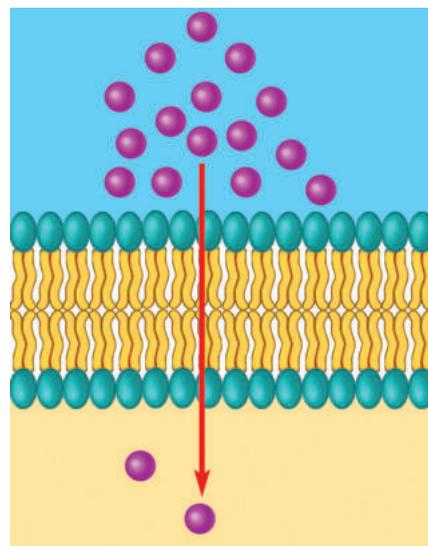
- ზომა — დიდია მოლეკულა თუ პატარა;
- მუხტი — დაუმუხტავია, დადებითი მუხტი აქვს თუ უარყოფითი;
- პოლარობა — ჰიდროფობურია მოლეკულა

თუ ჰიდროფილური;

O_2 -ის, CO_2 -ის, N_2 -ის პატარა მოლეკულები ადვილად მიძვრებიან ფოსფოლიპიდების მოლეკულების კუდებს შორის. უპრობლემოდ მოძრაობს ფოსფოლიპიდების გავლით ასევე შედარებით დიდი ზომის ჰიდროფობური ნივთიერებები, რომელიც ადვილად ამყარებს კონტაქტს ფოსფოლიპიდებთან.

● ჩამოთვალე ეს ნივთიერებები.

როგორც აირებს, ასევე ჰიდროფობურ ნაერთებს, მემბრანის გავლით ორივე მიმართულებით შეუძლიათ გადაადგილება. გადაადგილების მიმართულებას ამ ნივთიერებათა კონცენტრაცია განსაზღვრავს. ისინი ყოველთვის მაღალი კონცენტრაციიდან დაბალი კონცენტრაციის მიმართულებით **დიფუზიით** გადაადგილდებიან.

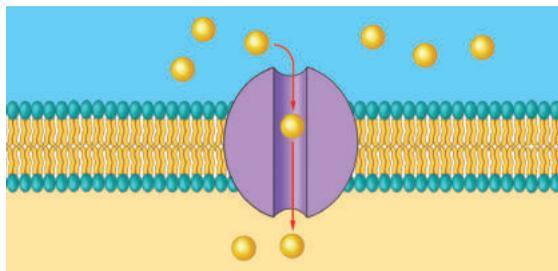


ჰიდროფობური ნივთიერებების გადაადგილება მემბრანაში

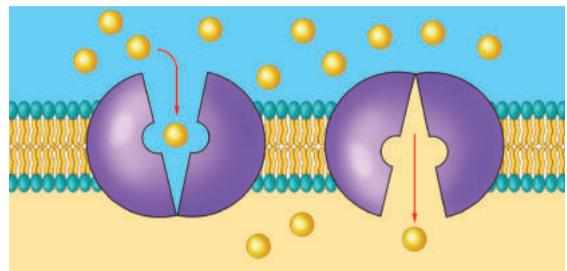
ჰიდროფილური ნივთიერებებისა და იონებისთვის ფოსფოლიპიდების ჰიდროფობური ორმაგი შრე გადაულახავი ბარიერია. მათ ტრანსპორტირებაში მემბრანული ცილები მონაწილეობენ. ზოგი მათგანი არხს წარმოქმნის, ზოგი კი იკავშირებს ნივთიერებას უჯრედის გარეთ და ისე შეაქვს უჯრედში.

Na-ის, K-ის, Ca-ის, Cl-ის იონები ე.წ. **იონური არხების** საშუალებით გადაადგილდებიან. იონური არხები უშუალოდ არ უკავშირდებიან გადასატან მოლეკულებს. არხები მემბრანის გამჭოლი ცილებია, რომლებიც ჰიდროფილურ „დერეფნებს“ ქმნიან. მასში გავლა მხოლოდ გარკვეული ზომისა და მუხტის მქონე იონს შეუძლია.

ცილა-**ტრანსპორტერები** კი ფიზიკურად უკავშირდებიან გადასატან მოლეკულას. ამ დროს მათი კონფორმაცია ისე იცვლება, რომ საბოლოოდ გადასატანი მოლეკულა უჯრედის შიგნით აღმოჩნდება. ასე გადაიტანება გლუკოზა ჩვენი კუნთებისა და ღვიძლის უჯრედებში, ერთორციტებში.



იონის გადაადგილება არხით



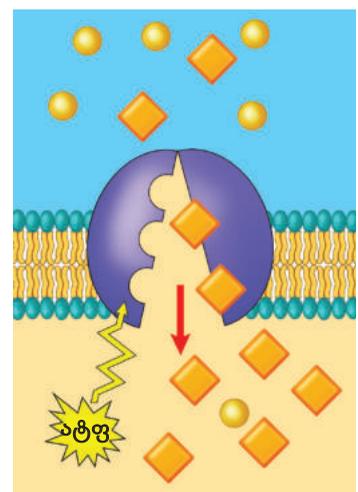
გლუკოზის გადაადგილება ტრანსპორტერით

ამავე ტრანსპორტერის საშუალებით გლუკოზამ შეიძლება დატოვოს ღვიძლის უჯრედი და გარეთ გამოვიდეს. მაგალითად, როდესაც სისხლში გლუკოზის რაოდენობა მკვეთრად მცირდება, ღვიძლის უჯრედებიდან გლუკოზა სისხლში გადადის.

იონებისა და ჰიდროფილური ნივთიერებების ტრანსპორტს მემბრანის გავლით **გაადვილებული დიფუზია** უწოდებს.

არც ერთი სახის დიფუზიაზე უჯრედი ენერგიას არ ხარჯავს, ვინაიდან დიფუზია ყოველთვის ნივთიერებათა მაღალი კონცენტრაციიდან დაბალის, ანუ კონცენტრაციული გრადიენტის მიმართულებით ხდება. ასეთ ტრანსპორტს **პასიური ტრანსპორტი** ჰქვია.

მაგრამ ხანდახან საჭიროა, რომ ნივთიერებებმა კონცენტრაციული გრადიენტის საწინააღმდეგოდ იმოძრაონ, ანუ გადაადგილდნენ იქით, სადაც მათი კონცენტრაცია ისედაც მაღალია. ამ შემთხვევაში უჯრედი ნივთიერებათა ტრანსპორტირებაზე დიდ ენერგიას ხარჯავს. ასეთ ტრანსპორტს **აქტიური ტრანსპორტი** უწოდებს. მაგალითად: კუჭში მუავა არის შენარჩუნება უზრუნველყოფს მის ეპითელური უჯრედების პლაზმურ მემბრანაში ჩამენებული ცილა, ე.წ. H^+K^+ -ატფ-აზა. ატფ — ადენოზინტრიფოსფორმუავა დიდი ენერგიის შემცველი ნივთიერებაა, რომელზეც ჩვენ კიდევ გვექნება მოგვიანებით საუბარი. H^+K^+ -ატფ-აზა ფერმენტია, რომელიც შლის ატფ-ს და ამ დროს გამოთავისუფლებულ ენერგიას იყენებს იმისათვის, რომ უჯრედიდან გარეთ გამოტუმბოს H^+ , ხოლო უჯრედში მის ნაცვლად K^+ შეიტანოს.

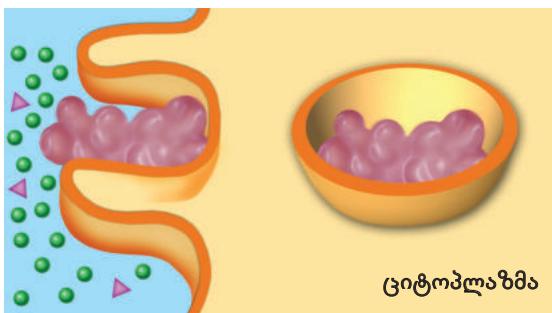


აქტიური ტრანსპორტი

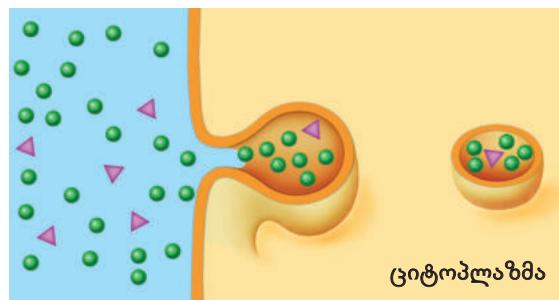
მაკრომოლეკულების ტრანსპორტირებისთვის უჯრედი განსაკუთრებულ ხერხს მიმართავს. ნუკლეინის მჟავები, ცილები, მიკრობები პლაზმურ მემბრანაში იფუთება და ისე აღწევს უჯრედში. ამ პროცესს **ენდოციტოზი** (ენდო — შიგნით, ციტო — უჯრედი) უწოდებს. არსებობს ენდოციტოზის რამდენიმე ფორმა.

ფაგოციტოზის დროს მემბრანა გამონაზარდებს წარმოქმნის, რომელიც გარს ერტყმის ბაქტერიებსა და ვირუსებს. წარმოიქმნება ვაკუოლი, რომელიც მოწყდება მემბრანას და ციტოპლაზმაში გადაადგილდება.

პინოციტოზის გზით უჯრედში კოლოიდური ხსნარები, სუსპენზიები ხვდებიან. ამ დროს მემბრანა გამონაზარდებს არ წარმოქმნის. ის ციტოპლაზმისკენ იზნიქება, გარს ერტყმის სითხეს და წარმოქმნილი, შედარებით მცირე ზომის ვაკუოლები ციტოპლაზმაში აღმოჩნდებიან. პინოციტოზის უნარი უჯრედების უმრავლესობას, მათ შორის მცენარეულ უჯრედებსაც ახასიათებს. პინოციტოზს უჯრედების „წყლის სმას“ ადარებენ.

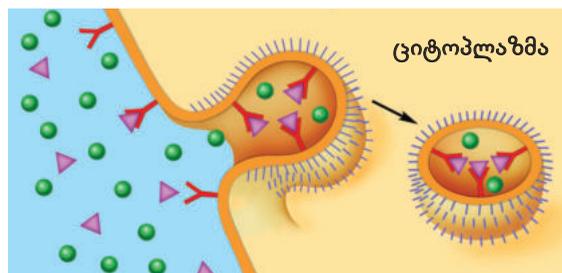


ფაგოციტოზი



პინოციტოზი

ზოგი მაკრომოლეკულა უჯრედში ისე ვერ შეაღწევს, თუ მას პლაზმურ მემბრანაზე მოთავსებული რეცეპტორი წინასწარ არ ამოიცნობს. ასეთ ენდოციტოზს **რეცეპტორ-დამოკიდებული ენდოციტოზი** ჰქვია. ამ გზით ხვდება უჯრედში, მაგალითად, ქოლესტერინი, რკინით დატვირთული ტრანსფერინის მოლეკულები, სხვადასხვა მედიკამენტი.

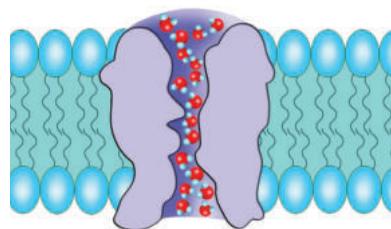


რეცეპტორ-დამოკიდებული ენდოციტოზი

ენდოციტოზის საწინააღმდეგო პროცესი **ეგზოციტოზია**. ამ დროს უჯრედში წარმოქმნილი მაღალმოლეკულური ნივთიერებები მემბრანაში შეფუთულები ტოვებენ უჯრედს.

საინტერესოა, როგორ გადალახავს მემბრანის ჰიდროფობურ ბარიერს წყლის პოლარული მოლეკულა — წყალსა და ლიპიდებს ხომ ერთმანეთი სძულს.

წყალი მემბრანის უწვრილეს ფორებში მოძრაობს, რომლებშიც სხვა პოლარული, უფრო დიდი ზომის მოლეკულები ვერ ეტევა. ცილებს, რომლებიც ამ ფორებს ქმნიან, **აქვაპორინები** დაარქვენ. მიუხედავად იმისა, რომ წყლის მოლეკულა პოლარულია, ის იმდენად პატარაა, რომ მემბრანის ოდნავ „გათხევადებისას“, მას ფოსფოლიპიდების კუდებს შორისაც შეუძლია გაძრომა.



აქვაპორინი

თუ გლუკოზის ძლიერ კონცენტრირებულ ხსნარს ზემოდან ფრთხილად წყალს დააშრევებ, მათ შორის გამყოფი საზღვარი წარმოიქმნება, რომელსაც თვალითაც ადვილად შეამჩნევ. გარკვეული ხნის შემდეგ საზღვარი თანდათან ნაიშლება, რადგან წყლისა და გლუკოზის მოლეკულები ერთმანეთს ადგილს გაუცვლის, ერთმანეთს შეერევა და იმდენ ხანს იმოძრავენ, ვიდრე ხსნარში თანაბრად არ გადანაწილდება. ამაში ადვილად დარწმუნდები, თუ ხსნარის ზედაპირიდან ალბურ წყლის წვეთს გემოს გაუსინჯავ.

მაგრამ რა მოხდება იმ შემთხვევაში, თუ გლუკოზის ხსნარსა და წყალს შორის ისეთ ნახევრად განვლად ბარიერს მოვათავსებთ, რომელიც შერჩევით ატარებს მხოლოდ წყლის პატარა მოლეკულებს, გლუკოზის დიდი მოლეკულები კი მასში ვერ ეტევა (I)?

წყალი დიფუზიით მისი მაღალი კონცენტრაციის ადგილიდან დაბალი კონცენტრაციის ადგილისკენ — გლუკოზის წყალხსნარისკენ გადაადგილდება, ამიტომ სითხის დონე მემბრანის მარცხენა მხარეს ჭურჭელში აიწევს (II).

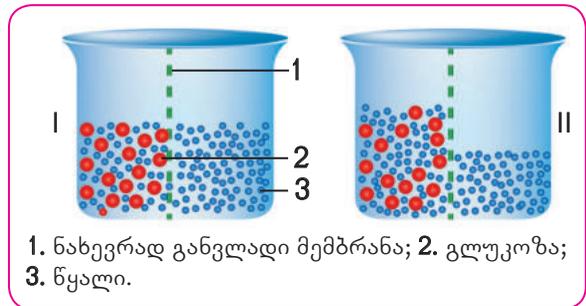
წყლის დიფუზიას მისი მაღალი კონცენტრაციის ადგილიდან დაბალის მიმართულებით, **ოსმოსი** უწოდეს. ოსმოსი ისეთი დიფუზიაა, რომლის დროს გადაადგილდება მხოლოდ წყლის მოლეკულები, ხოლო წყალში გახსნილი ნივთიერებების მოძრაობა მემბრანის გავლით შეზღუდულია. ცოცხალ ორგანიზმებში ოსმოსი მრავალ სასიცოცხლო პროცესს უდევს საფუძვლად.

წყალი ნიადაგიდან ფესვის უჯრედში მემბრანის გავლით ხვდება. ის უჯრედის არაორგანული და ორგანული ნივთიერებებისკენ ისწრაფვის, რადგან წყლის კონცენტრაცია ნიადაგში უფრო მაღალია, ვიდრე უჯრედის შიგნით. ხსნარს, რომელშიც ნაკლები ნივთიერებაა გახსნილი ციტოზოლთან შედარებით, **ჰიპოტონური** ჰქვია. ხსნარი, რომელიც ციტოზოლთან შედარებით გახსნილი ნივთიერების მეტ რაოდენობას შეიცავს **ჰიპერტონულია**. უჯრედში შესული წყალი ზრდის მისი შიგთავსის მოცულობას და ძლიერ აწევა უჯრედის კედელს. ამ მოვლენას **ტურგორი** ჰქვია. ამ დროს უჯრედში წნევა იმდენად იზრდება, რომ ოსმოსის პროცესი წყდება. რომ არა უჯრედების მტკიცე კედელი, შესული წყალი წნევით აუცილებლად გახეთქავდა კედელს.

ცხოველურ უჯრედებს კედელი არ გააჩნია და ოსმოსი მათთვის დიდი საფრთხის შემცველია. როგორ არიან ცხოველების უჯრედები დაცული ოსმოსის „დამანგრეველი“ ზემოქმედებისგან? მტკნარი წყლის ამების უჯრედში ოსმოსით შესული წყალი სპეციალური ორგანოიდით, ე.წ. მფეთქავი ვაკუოლით გამოიდევენება. ჩვენს ორგანიზმში ოსმოსს თირკმელების მუშაობა არეგულირებს.

პლაზმური მემბრანის ერთ-ერთი დანიშნულება მისი მსგავსი უჯრედის ამოცნობა, მასთან კონტაქტის დამყარება და ქსოვილის წარმოქმნაა. ამ პროცესში დატოტვილი ნახშირწყლის მოლეკულები მონაწილეობს. ისინი ანტენებივით არიან ამოშვერილი და მსგავს ნახშირწყალს მეზობელი უჯრედის მემბრანაში ეძებენ.

სიმსივნურ უჯრედებს დარღვეული აქვს მოცემული ქსოვილის ნორმალური უჯრედებისთვის დამახასიათებელი ნახშირწყლების სტრუქტურა, ამიტომ მათ თითქოს „ავინყდებათ საკუთარი წარმოშობა“ — არ იციან, რომელ ქსოვილს მიეკუთვნებიან



1. ნახევრად განვლადი მემბრანა; 2. გლუკოზი; 3. წყალი.

და მეზობელ უჯრედებთან კონტაქტს ვეღარ ამყარებენ. თუ ასეთი გადაგვარებული უჯრედები სისხლის ნაკადში მოხვდა, ისინი მთელ ორგანიზმში ვრცელდებიან, იჭრებიან ნორმალურ ქსოვილებში და სწრაფად მრავლდებიან.

პლაზმური მემბრანის კიდევ ერთი უმნიშვნელოვანესი ფუნქცია უჯრედთან მისული სიგნალის აღქმაა. შენ უკვე იცი, რომ უჯრედები ერთმანეთს ინფორმაციას ქიმიური ნივთიერებების სახით უგზავნიან. ამ ინფორმაციულ მოლეკულებს მემბრანაში ჩაშენებული რეცეპტორები იკავშირებენ. ამას უჯრედის პასუხი მოჰყვება.

2 გაიხსენე, როგორ პასუხობს უჯრედი ინსულინის მიერ მოტანილ ინფორმაციას.



პლაზმური მემბრანა უთხელესი აპკია, რომელიც უჯრედის შიგთავსს გარემოსგან გამოყოფს. ის შედგება ფოსფოლიპიდების ორმაგი შრისგან, რომელშიც ალაგ-ალაგ ცილებია ჩართული. პლაზმური მემბრანა არეგულირებს ნივთიერებათა ტრანსპორტს, აღიქვამს გარემოს სიგნალებს, ამოიცნობს მის მსგავს უჯრედებს და კავშირს ამყარებს მათთან.



1. ჩამოაჭერი კარტოფილის გორგალს სამი ერთნაირი ზომის კუბის ფორმის ნაჭერი (გვერდის სიგრძე 2 სმ.). სამ ქიმიურ ჭიქაში ჩაასხი 200 მლ. წყალი. პირველ ჭიქაში გახსენი 10 გრ. სუფრის მარილი, მეორეში — 1 გრ.

მოათავსე კარტოფილის კუბები ჭიქებში და დააყოვნე 2-3 საათი.

რა შედეგს ელი? როგორ ფიქრობ, რა დაემართებათ კარტოფილის კუბებს? რატომ ფიქრობ ასე? გამართლდა შენი ვარაუდი?

2. ჩაასხი მენზურაში 100 მლ. წყალი და ჩაყარე მასში 50 გრ. ლობიოს თესლი. გაზომე წყლის დონე და გამოიანგარიშე ლობიოს მოცულობა. მონაცემი შეიტანე ცხრილში. დადგი თავდახურული მენზურა სითბოში 24 საათის განმავლობაში. ცარიელ მენზურაში ჩაასხი 100 მლ. წყალი, ჩაყარე გაჯირჯვებული ლობიოს თესლები. ჩაინიშნე წყლის დონე და გამოიანგარიშე ლობიოს თესლის მოცულობა. მონაცემი შეიტანე ცხრილში. შეადარე ერთმანეთს ლობიოს თესლის საწყისი და საბოლოო მოცულობები. გადაიტანე ცხრილი რვეულში და შეავსე. გააანალიზე მონაცემები და გააკეთე შესაბამისი დასკვნა.

ლობიოს თესლების საწყისი მოცულობა	ლობიოს თესლების საბოლოო მოცულობა	ცვლილება მოცულობაში	ცვლილება მოცულობაში (%)



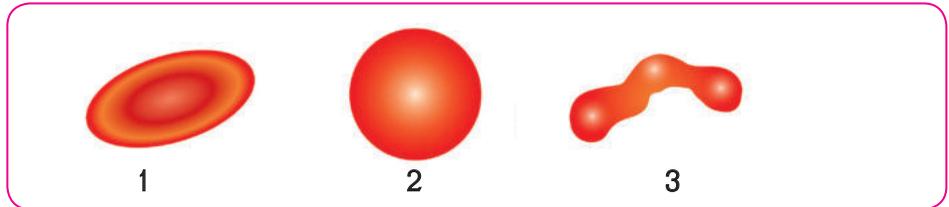
1. რატომ არ შეიძლება პლაზმურ მემბრანაში ფოსფოლიპიდების ერთი შრე იყოს?

2. როგორ ფიქრობ, რა გზით აღწევს ამინომჟავები უჯრედში?

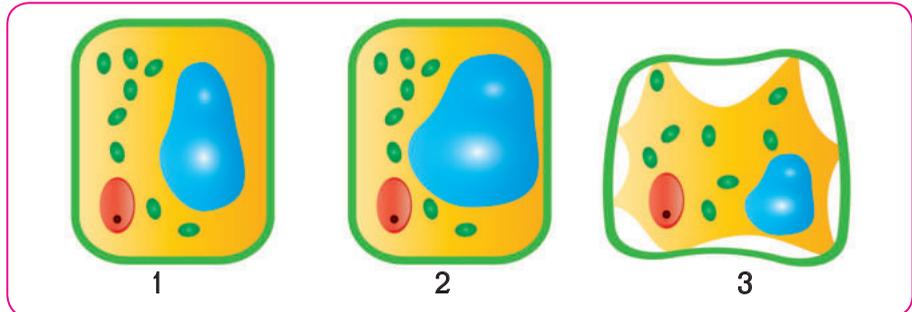
- რატომ გრძობენ ადამიანები ალკოჰოლის ზემოქმედებას სწრაფად?
- დიასახლისები ზაფხულში მწვანის მჭიდროდ თავდახურული ქილით მაცივარში ინახავენ. ახსენი, რატომ?



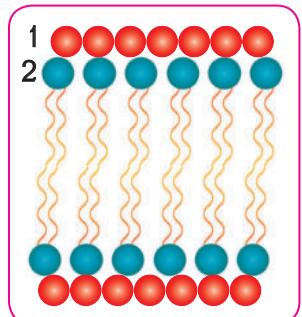
- გაიხსენე პლაზმის ქიმიური შედგენილობა. დააკვირდი ილუსტრაციას და ივარაუდე, როგორ ხსნარშია მოთავსებული ერითროციტები 1, 2 და 3 შემთხვევაში.



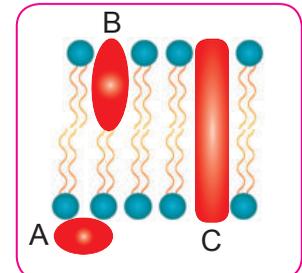
- მცენარის უჯრედი პირველ სიტუაციაში იზოტონურ ხსნარშია მოთავსებული. როგორ ხსნარშია ის მეორე და მესამე სიტუაციაში?



- არსებობდა ჰიპოთეზა, რომელიც პლაზმურ მემბრანას სენდვიჩის მსგავს სტრუქტურად წარმოადგენდა. ამ ჰიპოთეზის მიხედვით, ლიპიდების (2) ორმაგი შრე გამოწყვედი იყო ცილების (1) ზედა და ქვედა შრეს შორის. შენი აზრით, რატომ უარყვეს ეს ჰიპოთეზა? პლაზმური მემბრანის რომელ თვისებას ვერ ხსნიდა ის?



- ილუსტრაციაზე სამი მემბრანული ცილაა წარმოდგენილი. რა ძალები აფიქსირებს ამ მოლეკულებს? რატომ არ ძვრება A ცილა მემბრანას? რატომ არ განიდევენება B და C ცილის მოლეკულა მემბრანიდან?



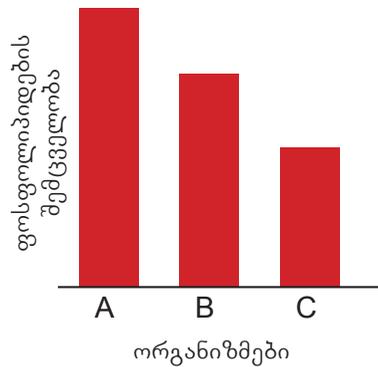
- რატომ არ შეიძლება მცენარეების მარილიანი ნყლით მორწყვა?



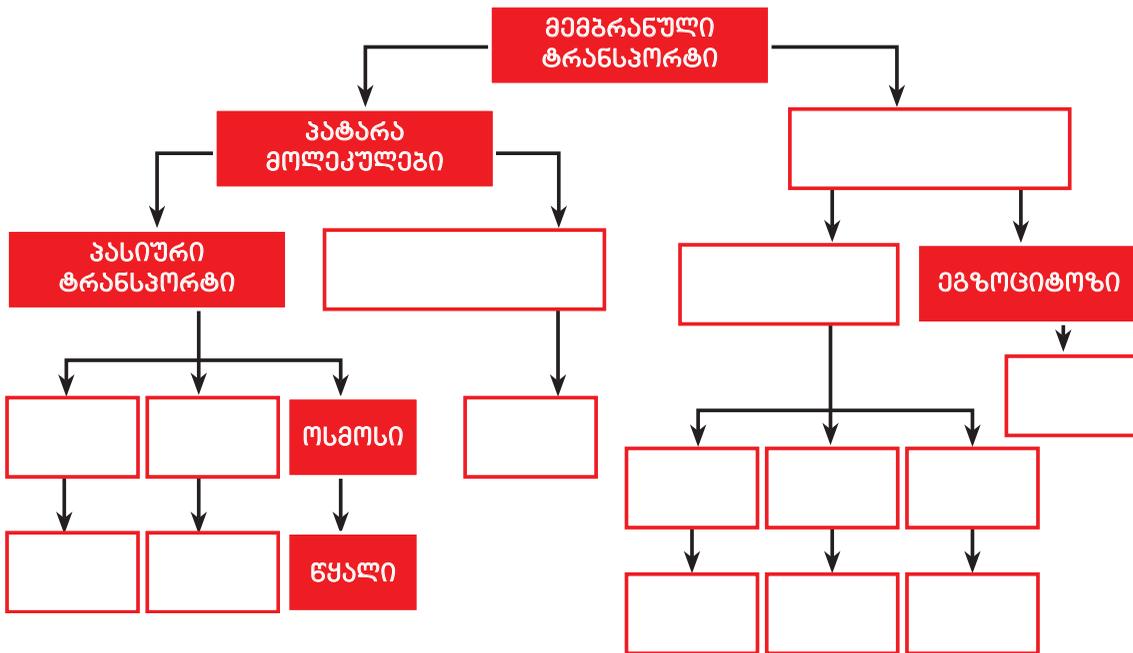
- მემბრანის ქვემოთ ჩამოთვლილი კომპონენტებიდან, რომელი არ გვხვდება მემბრანის ციტოპლაზმის მხარეს?

- ა. ფოსფოლიპიდები;
 - ბ. ცილები;
 - გ. ნახშირწყლები.
2. გარემოს ტემპერატურის მკვეთრად შემცირებისას, ბაქტერიები პლაზმურ მემბრანაში ნაჯერ ლიპიდებს უჯერით ცვლიან. ახსენი ეს ფაქტი.
 3. სვეტოვანი დიაგრამა გამოსახავს ნაჯერი ფოსფოლიპიდების შემცველობას ცივ, ცხელ და ზომიერ კლიმატში მცხოვრებ ორგანიზმებში. მიაკუთვნე სვეტებს შესაბამისი ორგანიზმები.
 4. იპოვე ლოგიკური ნყვილები:

დიფუზია	ჟანგბადი
ოსმოსი	წყალი
გაადვილებული დიფუზია	სპირტი
ფაგოციტოზი	ამინომჟავა
	ცილა



5. გადაიტანე სქემა რვეულში და შეავსე ცარიელი უჯრები.



შენს ხელთაა ჟელატინი და სხვადასხვა ფერის პლასტილინი. შეეცადე, შექმნა მემბრანის მოდელი. მემბრანის რომელი კომპონენტისთვისაა უკეთესი ჟელატინის გამოყენება? რომელ კომპონენტს გამოძერწავ პლასტილინით?

§10



ბირთვი
რიბოსომა
ენდოპლაზმური ბადე
გოლჯის კომპლექსი

პლაზმური მემბრანის შიგნით ციტოპლაზმაა. ის ავსებს სივრცეს პლაზმურ მემბრანასა და ბირთვს შორის. ციტოპლაზმა შედგება ბლანტ სითხეში — ციტოზოლში შეტივტივებული მრავალი ორგანოიდისგან.

ბირთვი უჯრედის ყველაზე დიდი და მნიშვნელოვანი სტრუქტურული კომპონენტია. ის აკონტროლებს უჯრედში ყველა სასიცოცხლო პროცესს. ბირთვი გარედან გარსითაა დაფარული.

1 დააკვირდი ილუსტრაციას. რამდენი მემბრანისგან შედგება ბირთვის გარსი?

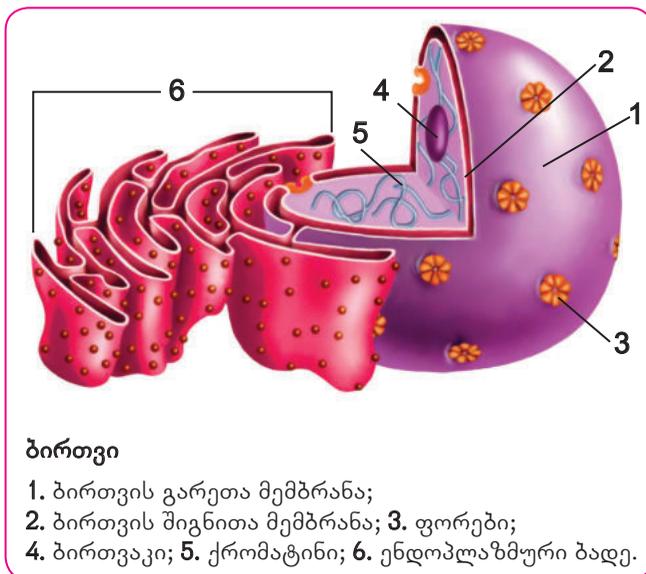
2 რომელი მიკროსკოპითაა გამოკვლეული ბირთვის აგებულება?

ბირთვის გარსის შიგნით ჟელეს მსგავსი ნივთიერებაა, რომელსაც ბირთვის წვენს უწოდებენ. მასში ქრომატინი და ბირთვაკები მოთავსებული.

ქრომატინი დნმ-ისა და ცილისგან წარმოქმნილი გრძელი ძაფებია. მისგან ქრომოსომები ყალიბდება, ბირთვაკები კი რიბოსომებს წარმოქმნიან.

რიბოსომები პანანინა ორგანოიდებია (20 ნმ). ისინი რნმ-ისა და ცილისგან შედგება. რიბოსომები ბირთვში წარმოიქმნება, მაგრამ მუშაობას მხოლოდ მაშინ იწყებს, როდესაც ციტოპლაზმაში აღმოჩნდება. ზოგი რიბოსომა თავისუფლად არის მოთავსებული ციტოზოლში. აქ ისინი სხვადასხვა ცილებსა და იმ ფერმენტებს ასინთეზებენ, რომლებიც ციტოზოლში მიმდინარე ქიმიურ რეაქციებს წარმართავენ. ზოგიერთი რიბოსომა ენდოპლაზმურ ბადეს ემაგრება.

ენდოპლაზმური ბადე მილებისგან შექმნილი ერთგვარი ქსელია, რომლის სიღრმე ბირთვის მემბრანათაშორის სივრცეში იხსნება. მილების კედლები მემბრანით არის აშენებული. ენდოპლაზმური ბადე ყველაზე დიდი მემბრანული წარმონაქმნია უჯრედში. განარჩევენ გლუვ და ხორკლიან ენდოპლაზმურ ბადეს. ისინი ფიზიკურად ერთმანეთს უკავშირდება და ერთმანეთის გაგრძელებას წარმოადგენს, თუმცა, ერთმანეთისგან გარეგნულადაც განსხვავდება და ფუნქციებითაც.



ბირთვი

- 1. ბირთვის გარეთა მემბრანა;
- 2. ბირთვის შიგნითა მემბრანა; 3. ფორები;
- 4. ბირთვაკი; 5. ქრომატინი; 6. ენდოპლაზმური ბადე.

3 ილუსტრაციაზე ენდოპლაზმური ბადეა წარმოდგენილი. მოძებნე და განასხვავე ერთმანეთისგან გლუვი და ხორკლიანი ბადე. საიდან წარმოდგა მათი სახელწოდებები?

გლუვი ენდოპლაზმური ბადის მემბრანებში ჩაშენებული ფერმენტები ასინთეზებს სხვადასხვა ფოსფოლიპიდს, ცხიმოვან მჟავებს, სტეროიდებს, მონაწილეობს ნახშირწყლების გარდაქმნაში.

ღვიძლის გლუვი ენდოპლაზმური ბადე შეიცავს დეტოქსიკაციურ ფერმენტებს, რომლებიც აუვნებლებს როგორც უჯრედში ქიმიური გარდაქმნების დროს წარმოქმნილ ტოქსიკურ ნივთიერებებს, ასევე მედიკამენტებსა და სხვადასხვა ეგზოტოქსინებს.

4 როგორ გესმის ტერმინი „ეგზოტოქსინი“?

5 ამავე პრინციპით, რას დაარქმევ ისეთ ტოქსიკურ ნივთიერებებს, რომლებიც ორგანიზმში ნივთიერებათა ცვლის შედეგად წარმოიქმნება?

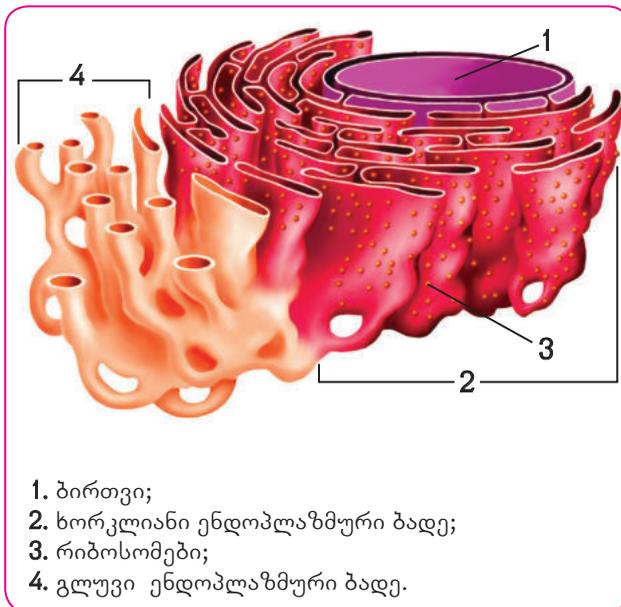
ენდოპლაზმური ბადის ფერმენტები ტოქსიკურ ნივთიერებებს ჰიდროფილურ ნივთიერებებად გარდაქმნიან. ისინი წყალში აბსოლუტურად ხსნადი ხდებიან და თირკმელებით ადვილად გამოიღვენებიან.

6 წარმოიდგინე, რომ გინდა კარგად დააკვირდე გლუვი ენდოპლაზმური ბადის სტრუქტურას. რომელ ქსოვილებს აირჩევდი მიკროსკოპში დასათვალიერებლად? რომელი მიკროსკოპით დააკვირდებოდი გლუვ ენდოპლაზმურ ბადეს?

გლუვი ენდოპლაზმური ბადე გადამწყვეტ როლს თამაშობს კალციუმის უჯრედშიდა ნორმალური კონცენტრაციის შენარჩუნებაში. ეს მეტად მნიშვნელოვანია უჯრედის ნორმალური ფუნქციონირებისთვის, რადგან კალციუმი გავლენას ახდენს ფერმენტების აქტივობაზე, კუნთის შეკუმშვაზე, ანტიგენების მოქმედებაზე და სხვა პროცესებზე. გლუვი ენდოპლაზმური ბადე კალციუმის ძირითადი საცავია. „ზედმეტი“ კალციუმი გლუვ ენდოპლაზმურ ბადეში ინახება, დეპონირდება. კალციუმი ამ დეპოდან მუდმივად ციტოპლაზმისკენ ისწრაფვის და გაადვილებული დიფუზიით ციტოზოლში გადადის. მისი უკან გადატვირთვა კონცენტრაციული გრადიენტის საწინააღმდეგო მიმართულებით ბადეში ჩაშენებული Ca^{++} -ატფ-აზით ხდება. ეს ფერმენტი გლუვი ენდოპლაზმური ბადის მთელი მემბრანული ცილების 90%-ს შეადგენს.

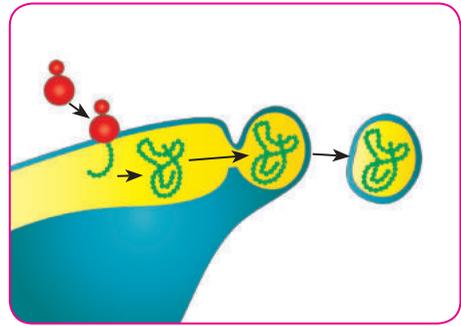
ხორკლიანი ენდოპლაზმური ბადე რიბოსომებითაა დაფარული, თუმცა, ისინი ძლიერ, სტაბილურ კავშირს არ წარმოქმნიან. რიბოსომა ბადეს მხოლოდ მაშინ უერთდება, როდესაც ის სეკრეციისთვის ან სხვადასხვა ორგანოიდების მემბრანებში ჩასანერგად განკუთვნილი ცილის სინთეზს აწარმოებს. ასე რომ, ხორკლიანი ენდოპლაზმური ბადის ძირითადი ფუნქცია ცილის სინთეზია.

რიბოსომის მიერ დამზადებული ზოგიერთი ცილა ენდოპლაზმური ბადის მემბრანაშივე ჩაშენდება, ტრანსპორტირებისთვის განკუთვნილი კი ბადის სილრუისკენ გა-



1. ბირთვი;
2. ხორკლიანი ენდოპლაზმური ბადე;
3. რიბოსომები;
4. გლუვი ენდოპლაზმური ბადე.

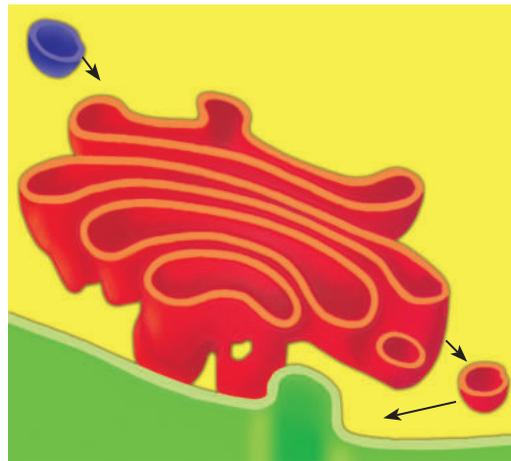
დაადგილდება — ის გოლჯის აპარატის, ლიზოსომების, პლაზმური მემბრანის, ბირთვის შიდა მემბრანაში უნდა ჩაშენდეს. ეს ცილები ენდოპლაზმური ბადის მემბრანებში იფუთება. წარმოიქმნება პატარა ბუშტუკი — ვეზიკულა, რომელიც წყდება ბადეს და ციტოპლაზმაში გადადის.



● აღწერე ილუსტრაციაზე წარმოდგენილი პროცესი, გადაიხატე რვეულში და გაუკეთე წარწერები.

მემბრანაში შეფუთული ცილა **გოლჯის კომპლექსისკენ** მიემართება. ამ ორგანოიდის ფუნქცია ენდოპლაზმურ ბადეზე სინთეზირებული ნივთიერებების — ცილების, ლიპიდების, ნახშირწყლებისა და სხვა ნაერთების მიღება, დახარისხება, გარდაქმნა და ტრანსპორტირებაა. გოლჯის კომპლექსი ერთმანეთზე დალაგებულ ბრტყელ ტომრებს ჰგავს. სწორედ ამ ტომრებში აღმოჩნდება ენდოპლაზმური ბადიდან გაგზავნილი ნივთიერებები. აქ ისინი ფერმენტების გავლენით ოდნავ იცვლიან სახეს, კვლავ მემბრანებში იფუთებიან და ისევ ციტოზოლში გამოიყოფიან.

გოლჯის კომპლექსში წარმოქმნილი ვეზიკულები უჯრედის სხვადასხვა ორგანოიდებისკენ მიემართება და მემბრანებში შეფუთულ, მათთვის განკუთვნილ ნივთიერებებს გადასცემს.



გოლჯის კომპლექსი

ზოგიერთ ვეზიკულაში მოთავსებული ნივთიერება უჯრედიდან გარეთ გასატანად — საექსპორტოდაა განკუთვნილი. ასეთი ვეზიკულები პლაზმური მემბრანისკენ მიემართება და შიგთავსს უჯრედის გარეთ ათავისუფლებს.

7 რა ჰქვია ამ პროცესს?

8 დააკვირდი ილუსტრაციას. საიდან მოემართება ლურჯი ვეზიკულა? რა არის მასში მოთავსებული?

9 სად წარმოიქმნება წითელი ვეზიკულა? რას შეიცავს ის და საით მიემართება?

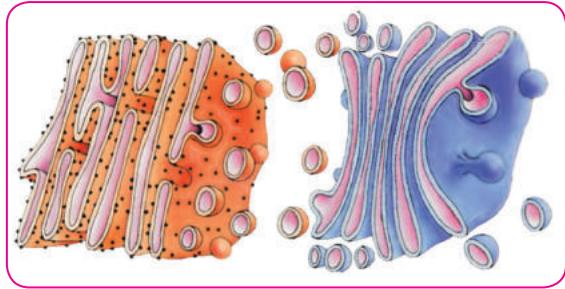
10 საქმლის მომწოდებელი სისტემის რომელ უჯრედებში მიმდინარეობს მსგავსი პროცესი?



ბირთვი უჯრედში ყველა სასიცოცხლო პროცესს აკონტროლებს. რიბოსომები ცილის სინთეზში მონაწილეობს. გლუვი ენდოპლაზმური ბადის ერთ-ერთი ფუნქცია სხვადასხვა ლიპიდის სინთეზი და ტოქსიკურ ნივთიერებათა გაუვნებლებაა. გლუვი ენდოპლაზმური ბადე კალციუმის საცავია. ხორკლიან ენდოპლაზმურ ბადეში მემბრანული და საექსპორტო ცილების სინთეზი ხდება. გოლჯის კომპლექსი ენდოპლაზმური ბადიდან გადმოგზავნილ ნივთიერებებს ახარისხებს და გარდაქმნის.



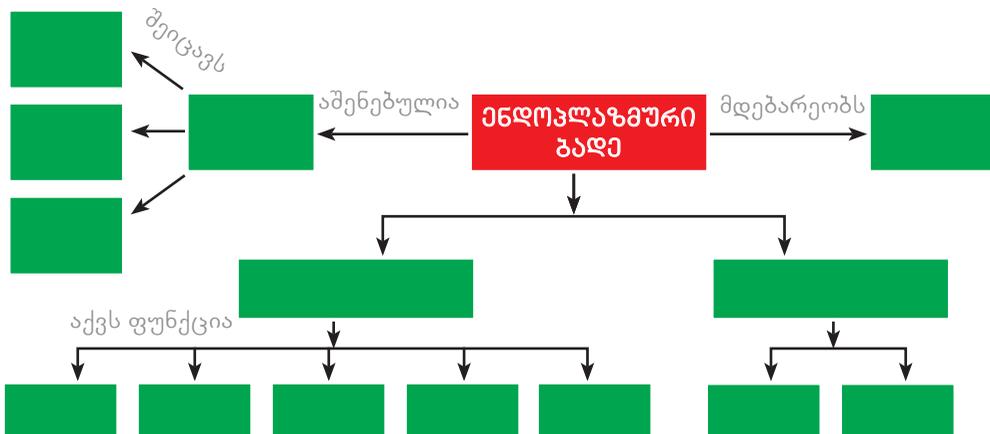
1. გადაიხატე რვეულში სქემა, აღწერე სქემაზე წარმოდგენილი პროცესი და მასში მონაწილე ყველა სტრუქტურას მიუწერე სახელები.



1. თუ უჯრედს განიხილავ, როგორც დიდ საწარმოს, მაშინ უჯრედის რომელი კომპონენტი წარმოადგენია ამ საწარმოს მმართველად?
2. რატომ აქვს ბირთვის დიდი ფორები?



1. განმარტე ტერმინი „ენდოპლაზმური ბადე“.
2. ამავე პრინციპით, რას დაარქმევდი პლაზმურ მემბრანას?
3. ენდოპლაზმური ბადე მასში მოთავსებულ ნივთიერებებს საკუთარ მემბრანაში ფუთავს და ისე აგზავნის გოლჯის კომპლექსისკენ. როგორ ფიქრობ, რატომ არ ხდება ენდოპლაზმური ბადის თანდათან დაპატარავება, განლევა და საბოლოოდ გაქრობა? რა განაპირობებს მის მუდმივ არსებობას უჯრედში?
4. წარმოიდგინე, რომ ელექტრონული მიკროსკოპით ათვალიერებ ორ, შენთვის უცნობ პრეპარატს. ერთ-ერთი მათგანი სანერწყვე ჯირკვლისგან არის დამზადებული, მეორე კი ღვიძლისგან. რომელი ორგანოიდით განასხვავებ მათ ერთმანეთისგან?
5. გადაიხატე რვეულში და შეავსე სქემა



რიბოსომა — ribosome
 ენდოპლაზმური ბადე — endoplasmic reticulum
 გოლჯის კომპლექსი — golgi apparatus

<http://bcs.whfreeman.com/thelifewire/content/chp04/0402002.html>



ლიზოსომა
მიტოქონდრია
ქლოროპლასტი
ციტოქონდრი

ლიზოსომა ბერძნულად დამშლელ სხეულს ნიშნავს. ამ ორგანოიდს ზოგი უჯრედის ნაღმად, ზოგი კი თვითმკვლელობის იარაღად მოიხსენიებს. ლიზოსომა გოლჯის კომპლექსში წარმოიქმნება და ვეზიკულას სახით ციტოზოლში გამოიყოფა. ის პატარა ვეზიკულაა (0,5 მკმ), რომელიც უჯრედში არსებული ყველა ორგანული ნივთიერების დამშლელ ფერმენტებს შეიცავს.

1 როგორ ფიქრობ, რა დაემართება უჯრედს, შემთხვევით ეს ნაღმი რომ „აფეთქდეს“ — მემბრანა გაიხსნას და ფერმენტები ციტოპლაზმაში აღმოჩნდნენ?

შემთხვევით უჯრედში, საბედნიეროდ, არაფერი ხდება.

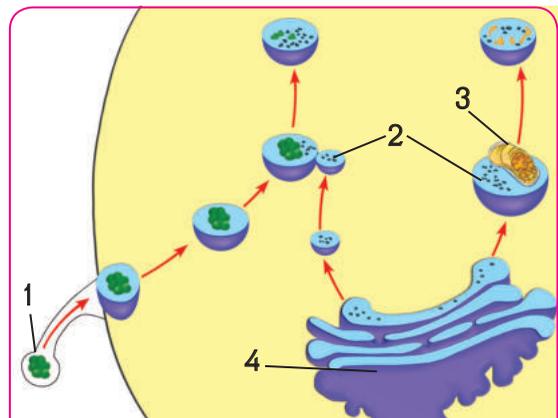
ლიზოსომები პროტისტების საჭმლის მონელების პროცესში მონაწილეობს.

საინტერესოა, როგორ ახერხებს ამება საკვების მონელებას ისე, რომ ლიზოსომების ფერმენტები მის უჯრედს არ შლის?

ფაგოციტოზის გზით ამების უჯრედში შეღწეულ, მემბრანაში შეფუთულ საკვებს ლიზოსომა უახლოვდება. ორი მემბრანა ერთიანდება და ლიზოსომის ფერმენტები საკვების დაშლას იწყებს ისე, რომ ისინი ციტოზოლისგან ისევ გამიჯნულები არიან. მოუნელებელი საკვები ეგზოციტოზის გზით გარეთ გამოიყოფა. ასევე ინელებს ჩვენი ფაგოციტების მიერ შთანთქმულ ბაქტერიებს ფაგოციტების ლიზოსომები.

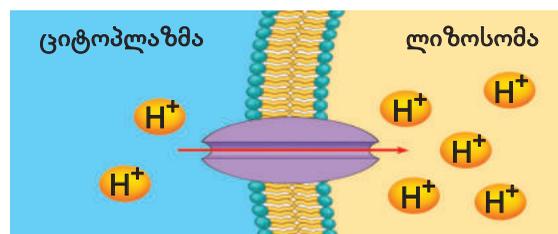
საინტერესოა, რომ ლიზოსომის ფერმენტები მხოლოდ მჟავა არეშია აქტიური. ლიზოსომის შიგნით pH 4,5-5-ის ტოლია. ამას ლიზოსომის მემბრანაში ჩაშენებული H^+ -ატფ-აზა უზრუნველყოფს, რომელიც წყალბადის იონებს ციტოზოლიდან ლიზოსომაში ტვირთავს.

ხანგრძლივი შიმშილისას, როდესაც უჯრედს არ აქვს სამშენებლო ან ენერგეტიკული მასალა, ლიზოსომა იწყებს უჯრედის შემადგენელი მაკრომოლეკულების, მაგალითად, ცილების დაშლას. ამ პროცესს მიკროაუტოფაგია ეწოდება.



ლიზოსომების მოქმედება

1. საკვები; 2. ლიზოსომა; 3. მიტოქონდრია; 4. გოლჯის კომპლექსი.



ლიზოსომის H^+ -ატფ-აზა

2 სცადე, განმარტო ეს ტერმინი.

უჯრედში გამუდმებით ხდება ძველი ორგანოიდების ახლით ჩანაცვლება, ძველ ორგანოიდებს კი ლიზოსომები ინელებს.

ხელის გაჭრისას ათასობით უჯრედი კვდება. მათ ადგილს ახალი უჯრედები იკავებს. რა ემართება მკვდარ უჯრედებს? უჯრედის დაზიანებას დიდი რაოდენობით ლიზოსომის დაშლა მოჰყვება, რასაც თან სდევს უჯრედის მონელება ანუ **აუტოლიზი**.

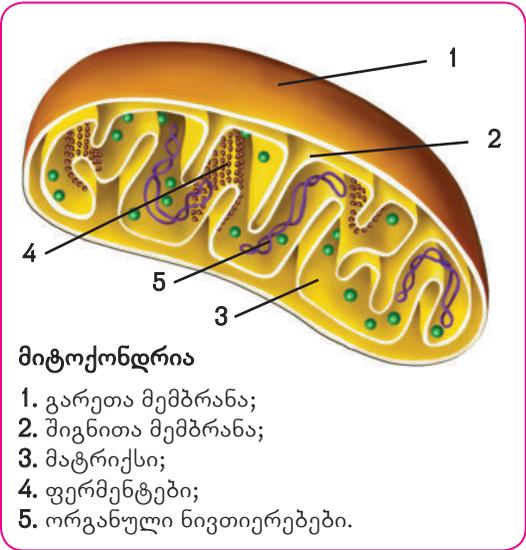
არსებობს აუტოლიზის ერთ-ერთი საინტერესო ფორმა — **აპოპტოზი**, რომელსაც უჯრედის პროგრამირებულ სიკვდილს უწოდებენ. ის ძირითადად განსხვავდება უჯრედის „იძულებითი“ სიკვდილისგან — **ნეკროზისგან**. აპოპტოზის დროს უჯრედი აქტიურ მონაწილეობას იღებს საკუთარი თავის განადგურებაში ისე, რომ პრობლემებს არ უქმნის მეზობელ უჯრედებს. ამ დროს, ნეკროზისგან განსხვავებით, უჯრედის პლაზმური მემბრანა არ ზიანდება, უჯრედის შიგთავსი გარეთ არ გადმოიღვრება და ანთებითი პროცესი არ ვითარდება.

აპოპტოზის გზით ჩვენი ორგანიზმი ყოველ წამს მილიონობით დაზიანებულ, დაბერებულ უჯრედს იცილებს თავიდან. მაგალითად, აპოპტოზის გზით ნადგურდება მსხვილი ნაწლავის ეპითელის უჯრედები, რომლებიც საკვებში არსებული ტოქსინებით ზიანდება; ასევე ეპიდერმისის უჯრედები, რომლებზეც მრავალი ფაქტორი მოქმედებს დამაზიანებლად.

მიტოქონდრია უმნიშვნელოვანესი ორგანოიდია, რომელიც უჯრედს ენერგიით ამარაგებს. ეს ენერგია მიტოქონდრიაში ორგანული ნივთიერებების წვის შედეგად თავისუფლდება და ატფ-ის მოლეკულაში ინახება. ამ საინტერესო მოლეკულას შენ შემდეგ პარაგრაფში გაეცნობი.

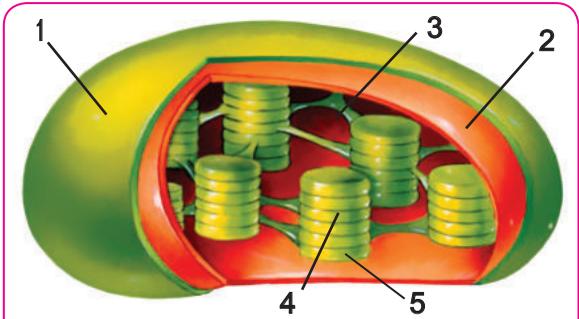
მიტოქონდრიას ორი მემბრანა აქვს. გარეთა, გლუვი მემბრანა დიდი რაოდენობით არხს შეიცავს, რომელშიც თავისუფლად მოძრაობს შაქრები და ამინომჟავები. უფრო დიდი ზომის მოლეკულები კი სპეციალური გადამტანების, ე.წ. ტრანსლოკაზების საშუალებით აღწევს მემბრანათაშორის სივრცეში. ისინი მუშაობენ შიგნითა მემბრანის ტრანსლოკაზებთან ერთად, რათა დიდი ზომის მოლეკულები, მაგალითად, ცილები, რომელიც აუცილებელია მიტოქონდრიის ფუნქციონირებისთვის, მიტოქონდრიის შიგნით აღმოჩნდეს.

შიგნითა მემბრანა დანაოჭებულია და სავარცხლის მსგავს გამონაზარდებს — კრისტებს წარმოქმნის. კრისტებს შორის სივრცე ამოვსებულია თხევადი ნივთიერებით — **მატრიქსით**. სწორედ მატრიქსში და შიგნითა მემბრანაზე არის განლაგებული ის ფერმენტები, რომლებიც ორგანულ ნივთიერებებს შლის.



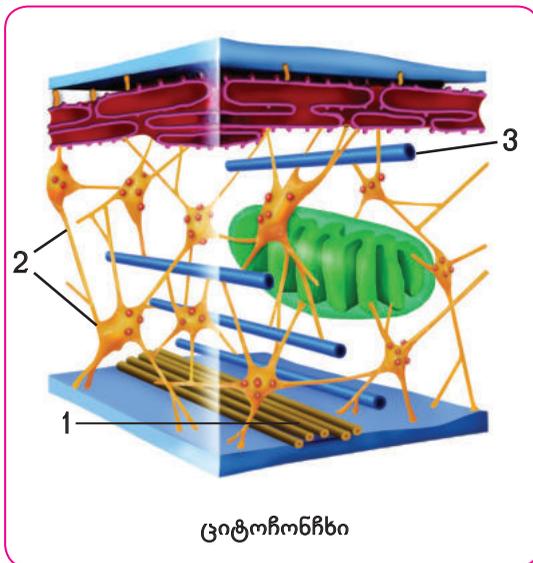
3 იფიქრე, რა გავლენა შეიძლება ჰქონდეს მიტოქონდრიის შიგნითა მემბრანის ძლიერ დანაოჭებას ნივთიერებათა წვასთან?

ქლოროპლასტებში ფოტოსინთეზის პროცესი მიმდინარეობს. ქლოროპლასტებს, მიტოქონდრიების მსგავსად, ორი მემბრანა აქვს. ქლოროპლასტი სქელი სითხით — **სტრომა**თ არის ამოვსებული. სტრომაში **გრანები**ა მოთავსებული. გრანებს ერთმანეთზე დალაგებული, მემბრანებისგან შექმნილი პატარა, ბრტყელი ტომსიკები — **თილაკოიდები** წარმოქმნის. თილაკოიდების მემბრანებში ქლოროფილის მოლეკულებია ჩაშენებული. მას სინათლის სხივი ეცემა და ფოტოსინთეზის პროცესი იწყება. ის სტრომაში გრძელდება. აქ გლუკოზის მოლეკულების სინთეზი ხდება.



ქლოროპლასტი

1. გარეთა მემბრანა; 2. შიგნითა მემბრანა;
3. სტრომა; 4. გრანა; 5. თილაკოიდი.



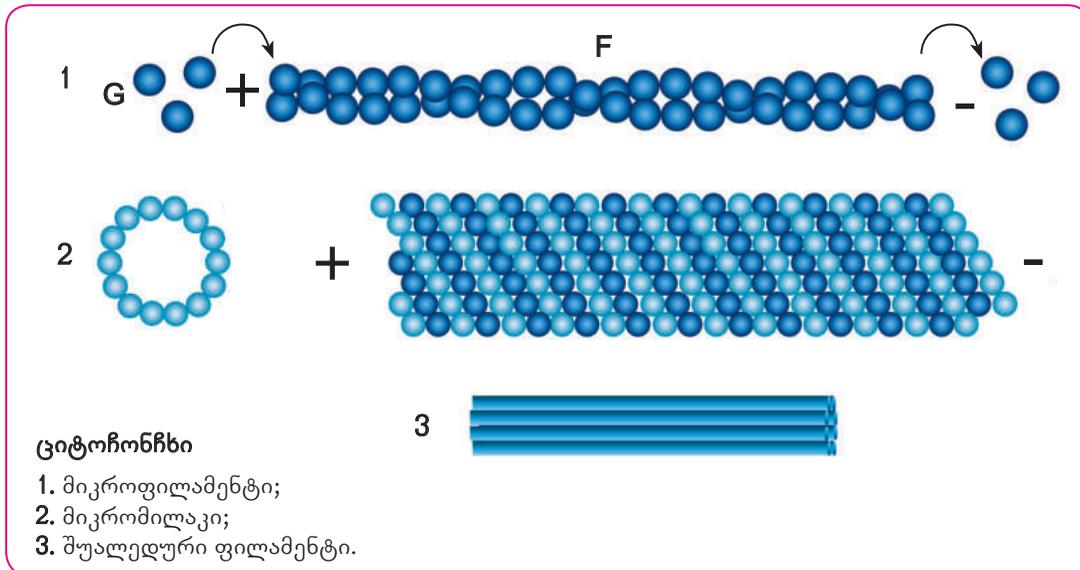
ციტოჩონჩხი

ციტოჩონჩხი ცილოვანი ძაფების ხშირი ქსელია, რომელიც მთელ ციტოპლაზმას მოიცავს. ციტოჩონჩხი უჯრედებში იგივე როლს ასრულებს, რასაც ჩვენს ორგანიზმში საყრდენ-მამოძრავებელი სისტემა. ის ჩონჩხით საყრდენს წარმოადგენს უჯრედებისთვის და კუნთებისთვის უზრუნველყოფს უჯრედისა და ორგანოიდების მოძრაობას.

ციტოჩონჩხი სამი სახის ძაფს შეიცავს: მიკროფილამენტებს (1), შუალედურ ფილამენტებსა (2) და მიკრომილაკებს (3).

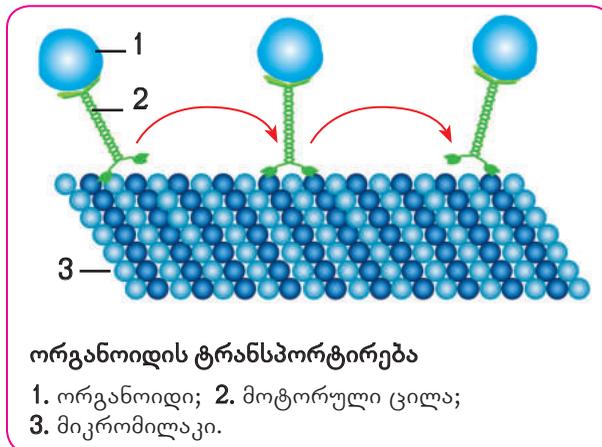
მიკროფილამენტს ცილა-ფიბრილარული აქტინი (F) აშენებს. ის გლობულარული (G) აქტინის პოლიმერიზაციით მიიღება. ფიბრილარულ აქტინს მინუს (-) და პლიუს (+) ბოლო აქვს. მინუს ბოლოდან მას აქტინის გლობულები სცილდება და ის მოკლდება, ხოლო პლიუს ბოლოდან ემატება და ის გრძელდება. აქტინის ძაფების სიგრძის ასეთი ცვლილებები უჯრედის ფორმის ცვლილებას და მის მოძრაობას უზრუნველყოფს. აქტინის ძაფების დაგრძელება-დამოკლებით გადაადგილდებიან, მაგალითად, ამება და ლეიკოციტები. ასე რომ, მიკროფილამენტები უჯრედებისთვის უფრო „კუნთებია“, ვიდრე „ჩონჩხი“.

შუალედური ფილამენტი უჯრედის ნამდვილი ჩონჩხია. მისი ძალიან მტკიცე და ამავედროულად, ელასტიკური ცილოვანი ძაფები უკავშირდება ბირთვს, ენდოპლაზმურ ბადეს, მიტოქონდრიებს, აფიქსირებს მათ და განსაზღვრავს მათ ადგილს ციტოპლაზმაში. ამ ცილების დამსახურებაა, რომ ორგანოიდები უჯრედებში თავისუფლად არ დაცურავს. ეს ცილები უზრუნველყოფს უჯრედების გამძლეობას სხვადასხვა მექანიკური სტრესების მიმართ. ითვლება, რომ სწორედ ისინი განსაზღვრვენ უჯრედის ფორმას. მიუხედავად უნარისა, წარმოქმნას ასეთი მყარი სტრუქტურა უჯრედის შიგნით, ეს ბადე ძალიან სწრაფად იშლება მიტოზის დროს.



მიკრომილაკი 25 ნმ დიამეტრის მილია, რომლის კედელი ცილა ტუბულინის პოლიმერიზაციით მიიღება. აქტინის მსგავსად, მიკრომილაკებსაც აქვთ მინუს (-) და პლიუს (+) ბოლო. მათი მინუს ბოლო ცენტროსომასთან არის მიერთებული, პლიუს ბოლო კი არასტაბილურია, შეუძლია პოლიმერიზაცია-დეპოლიმერიზაცია ანუ დაგრძელება-დამოკლება. მიკრომილაკები მონაწილეობენ ორგანოიდების უჯრედის შიგნით გადაადგილებაში.

მიკრომილაკებს ორგანოიდების გადაადგილებაში ე.წ. **მოტორული ცილები** ეხმარება. ისინი ერთი ბოლოთი მიკრომილაკს უკავშირდება, მეორეთი კი ტვირთს იკავშირებს და მიკრომილაკების „ლიანდაგებზე“ მოძრაობს. ამ გზით აღწევს, მაგალითად, ლიზოსომა მოსანელებელ ნივთიერებამდე.



ლიზოსომები ყველა ორგანული ნივთიერების დამშლელ ფერმენტებს შეიცავს. ისინი პროტისტების საჭმლის მონელების პროცესში მონაწილეობენ. ლიზოსომები ინელებს დაბერებულ ორგანოიდებსაც. მიტოქონდრიაში ორგანული ნივთიერებების წვა მიმდინარეობს. ის ენერგიით ამარაგებს უჯრედს. ქლოროპლასტებში არაორგანული ნივთიერებებიდან ორგანული ნივთიერებების სინთეზი ხდება. ციტოჩონჩხი ცილების რთული ქსელია, რომელიც, ერთი მხრივ, უზრუნველყოფს უჯრედის ფორმის შენარჩუნებას და განსაზღვრავს ორგანოიდების ადგილს ციტოზოლში, ხოლო, მეორე მხრივ, წარმართავს უჯრედისა და მისი ორგანოიდების კოორდინირებულ მოძრაობას.

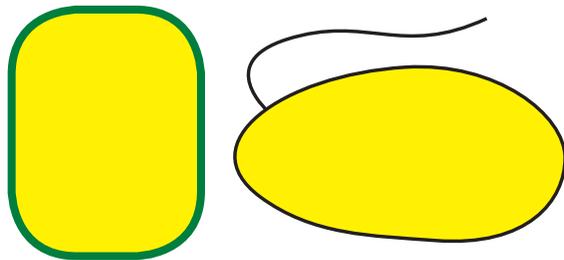


1. უჯრედის რომელი ორგანოიდი არ შეიცავს მემბრანას? აქვს ერთი მემბრანა? აქვს ორი მემბრანა? რვეულში შეავსე ცხრილი.

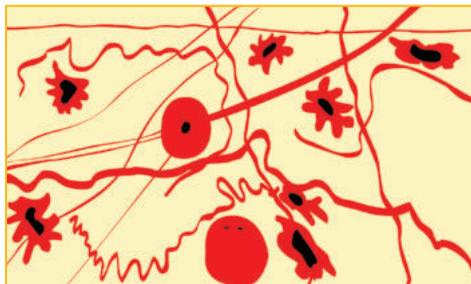
არ აქვს მემბრანა	აქვს ერთი მემბრანა	აქვს ორი მემბრანა

2. ამოირჩიე ორგანოიდები და ააშენე მცენარეული და ცხოველური უჯრედი.

უჯრედის კედელი
 მემბრანა
 ენდოპლაზმური ბადე
 ვაკუოლი
 მიტოქონდრია
 ქლოროპლასტი
 გოლჯის კომპლექსი
 უჯრედის ცენტრი
 ბირთვი
 რიბოსომა
 ლიზოსომა



1. როგორ ფიქრობ, ილუსტრაციაზე მოცემული ქსოვილებიდან რომელი უნდა შეიცავდეს მიტოქონდრიებს მეტი რაოდენობით და რატომ?



შემაერთებელი ქსოვილი



კუნთოვანი ქსოვილი

2. ბაყაყის თავკომბალას კუდი აქვს, ზრდასრულ ბაყაყს — არა. როგორ ქრება კუდი?
3. როდესაც ორგანიზმი მედიკამენტებით იტვირთება, ღვიძლი არნახული რაოდენობით დეტოქსიკაციური ფერმენტების სინთეზს იწყებს

და ენდოპლაზმური ბადე რამდენიმე დღეში ორმაგდება. მედიკამენტების მიღების შეჩერების შემდეგ კი ისევ ნორმას უბრუნდება. ახსენი, როგორ პატარავდება ენდოპლაზმური ბადე?

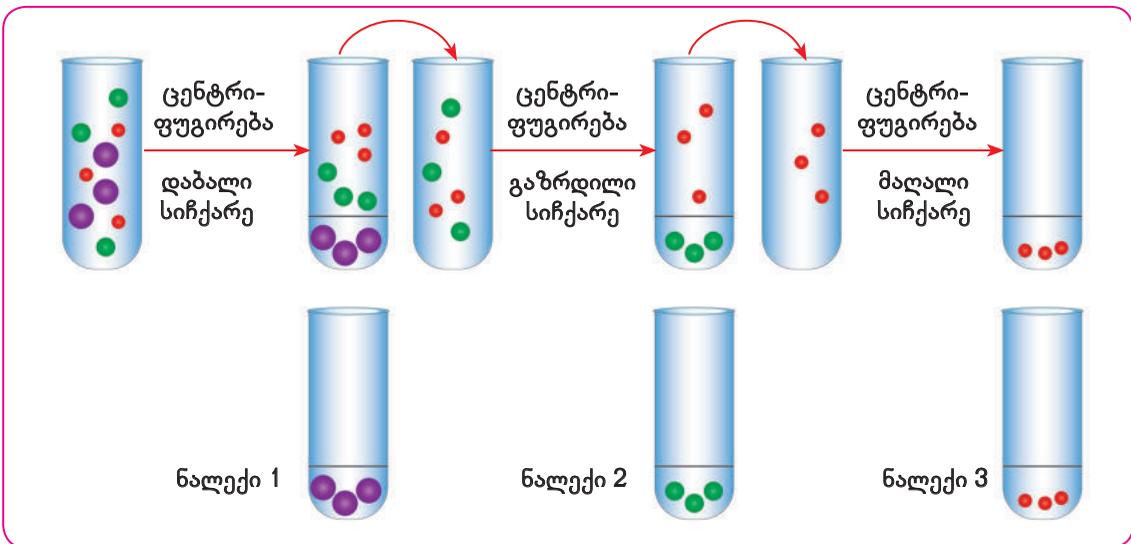


გადაიტანე რვეულში და დააკავშირე ორგანოიდები მათ ფუნქციებთან:

რიბოსომა	მონელება
მიტოქონდრია	დეტოქსიკაცია
ენდოპლაზმური ბადე	ცილის სინთეზი
ლიზოსომა	სუნთქვა
ციტოჩონჩხი	ფოტოსინთეზი
ქლოროპლასტი	ორგანოიდების მოძრაობა

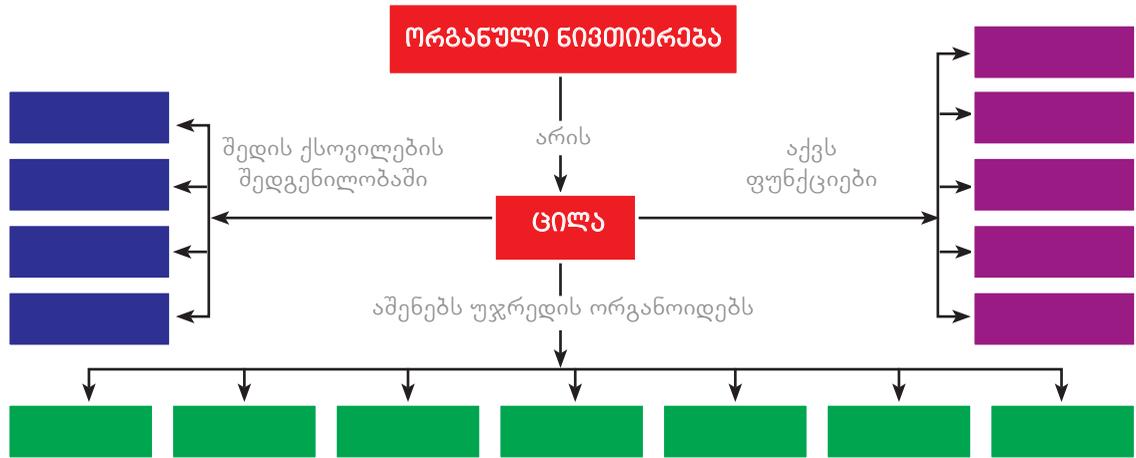


1. ცენტრიფუგირებით შესაძლებელია ნარევის კომპონენტების ცალ-ცალკე მიღება. ამისათვის ნარევს ჯერ დაბალ სიჩქარეზე აცენტრიფუგებენ. ამ დროს სინჯარის ფსკერზე დიდი ზომის კომპონენტები გამოილექება. ნალექზედა სითხე სხვა სინჯარაში გადააქვთ და ზრდიან როტორის ბრუნვის სიჩქარეს. ნალექში ახლა სითხეში დარჩენილი კომპონენტებიდან ყველაზე დიდი აღმოჩნდება. ნალექზედა სითხე ისევ სხვა სინჯარაში გადააქვთ და ცენტრიფუგირებას უფრო მაღალ სიჩქარეზე აგრძელებენ. ასე, საფეხურ-საფეხურ, ნარევის ყველა კომპონენტის ცალ-ცალკე მიღებაა შესაძლებელი. ნარმოიდგინე, რომ შენს ხელთაა სინჯარა, რომელიც შეიცავს ბირთვების, მიტოქონდრიებისა და რიბოსომების ნარევს. შეადგინე ცენტრიფუგირების სქემა. რომელი ორგანოიდები აღმოჩნდება 1, 2 და 3 ნალექში.



2. ლიზოსომებიდან ხანდახან ფერმენტები „იპარება“ და ციტოზოლში გადადის, თუმცა, უჯრედს არაფერი ემართება. ის ნორმალურად განაგრძობს ფუნქციონირებას. ახსენი ეს ფაქტი.

3. გადაიტანე სქემა რვეულში და შეავსე ცარიელი უჯრები.



4. ყოველ ქსოვილსა და ორგანოში უჯრედების რაოდენობა მკაცრადაა განსაზღვრული და რეგლამენტირებული. შენი აზრით, რა შედეგი შეიძლება მოჰყვეს უჯრედების გამრავლებასა და სიკვდილს შორის ნონასწორობის დარღვევას?
5. განსხვავდება თუ არა ერთმანეთისგან გლუვი ენდოპლაზმური ბადის, გოლჯის კომპლექსის, მიტოქონდრიების, ლიზოსომების მემბრანების ცილები და როგორ აისახება ეს მათ ფუნქციებზე?



შენს ხელთაა ქალაღდი, მუყაო, პლასტილინი. შეარჩიე მასალა და შექმენი მიტოქონდრიის მოდელი.



თეა-საქსის სახელწოდებით ცნობილი ერთ-ერთი უმძიმესი გენეტიკური დაავადების დროს, ლიზოსომები არ შეიცავს ერთ-ერთი სახის ლიპიდის დამშლელ ფერმენტს. ბავშვები ერთ თვემდე ნორმალურად ვითარდებიან, შემდეგ კი, როდესაც ნეირონებში ლიპიდის ინტენსიური სინთეზი იწყება, მაგრამ მისი დაშლა აღარ ხდება, ის თავის ტვინში გროვდება და იწვევს სიბრმავეს, დაყრუებას, კუნთების ატროფიას, პარალიზებას. ამ დაავადების რამდენიმე ფორმა არსებობს. უმეტეს შემთხვევაში, დაავადებული ბავშვები ოთხი წლის ასაკამდე ვერ აღწევენ.



ლიზოსომა — lysosome
 მიტოქონდრია — mitochondria
 ქლოროპლასტი — chloroplast
 ციტოჩონჩხი — cytoskeleton

<http://higherred.mcgraw-hill.com/olc/dl/120067/bio01.swf>
www.stolaf.edu/people/giannini/flashanimat/cellstructures/microtubuletransport.swf

III ნივთიერებათა ცვლა უჯრედში

§12



პლასტიკური და ენერგეტიკული ცვლა უჯრედული სუნთქვა

შენ უკვე იცი, რომელ ნივთიერებებს შეიცავს უჯრედი; გაქვს წარმოდგენა, რომელი ნივთიერებები აშენებს ორგანოიდებს და როგორ განაპირობებენ ისინი ამ ორგანოიდების ფუნქციებს. მაგრამ საინტერესოა, საიდან აღმოჩნდა ან როგორ წარმოიქმნა ეს ნივთიერებები უჯრედში?

უჯრედი ჩაკეტილი და იზოლირებული სტრუქტურა არ არის. ის გარემოსთან მუდმივად აწარმოებს ნივთიერებათა და ენერგიის მიმოცვლას. ეს პროცესი გრძელდება მანამ, ვიდრე უჯრედი ცოცხალია. უჯრედში ყოველ წამს ათასობით სხვადასხვა რეაქცია მიმდინარეობს, რომლის გარეშე სიცოცხლე წარმოუდგენელი იქნებოდა. ამ რეაქციების ერთობლიობას **ნივთიერებათა ცვლა** ანუ **მეტაბოლიზმი** ჰქვია. ნივთიერებათა ცვლას, პირობითად, პლასტიკურ და ენერგეტიკულ ცვლად ყოფენ.

პლასტიკური ცვლის რეაქციებში აერთიანებენ ყველა იმ ტიპის რეაქციას, რომლის დროსაც მარტივი ნივთიერებებიდან რთული ნივთიერებების სინთეზი ხდება. სიტყვა პლასტიკა ბერძნულად სკულპტურას, გამოძერწილს აღნიშნავს. ამ ტერმინით მეცნიერებს იმის ხაზგასმა სურდათ, რომ სინთეზის გზით წარმოქმნილი რთული ორგანული ნივთიერებები ძერწავს, აშენებს საკუთარ ორგანოიდებს, უჯრედებს და მთელ სხეულს. მაგრამ ამ რთული და შრომატევადი სამუშაოს შესასრულებლად უჯრედს ენერგია სჭირდება. „ვინ“ ამარაგებს უჯრედს ენერგიით?

მზა ენერგიის უწყვეტი ნაკადით მხოლოდ ქლოროფილის შემცველი ორგანიზმებია „განებიერებული“. მხოლოდ მათ შეუძლიათ, მზის ენერგია გამოიყენონ მარტივი არაორგანული ნივთიერებებიდან ორგანული ნივთიერებების დასამზადებლად, ანუ მხოლოდ მათ შეუძლიათ, სხვა ორგანიზმებისგან დამოუკიდებლად, თვითონ დაიმზადონ ორგანული ნივთიერებები და აიშენონ სხეული. ამიტომაც უწოდეს მათ ავტოტროფები.

ჰეტეროტროფები ქლოროფილს არ შეიცავენ, ამიტომ მათ ენერგია უნდა მოიპოვონ. ენერგიის წყარო მათთვის საკვები პროდუქტებია, რომლებიც სხვა ორგანიზმების მიერ დამზადებულ რთულ ორგანულ ნივთიერებებს შეიცავს. ეს ნივთიერებები უჯრედში მარტივ ნივთიერებებად იშლება. მათი დაშლისას, ქიმიური ბმების განწყვეტის დროს ენერგია თავისუფლდება, რომელიც უჯრედში სხვადასხვა სახის ენერგიად გარდაიქმნება. ამ ენერგიას უჯრედი სხვადასხვა მიზნებისთვის იყენებს, მათ შორის იმისთვისაც, რომ საკუთარი უჯრედები აიშენოს.

დაშლის რეაქციების ერთობლიობას, რომელიც უჯრედს ენერგიით ამარაგებს, **ენერგეტიკული ცვლა** ეწოდება. ენერგეტიკული ცვლის ყველაზე შთამბეჭდავი მაგალითი უჯრედული სუნთქვაა.

ძალიან მარტივად და სქემატურად ეს პროცესი შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ:



ამრიგად, უჯრედული სუნთქვა აერობული პროცესია, რომლის დროს გლუკოზა იწვება. წვის პროდუქტებია CO_2 და H_2O , მაგრამ ამ რეაქციის წარმართვისას უჯრედი არა წვის პროდუქტებით, არამედ ენერგიით არის „დაინტერესებული“.

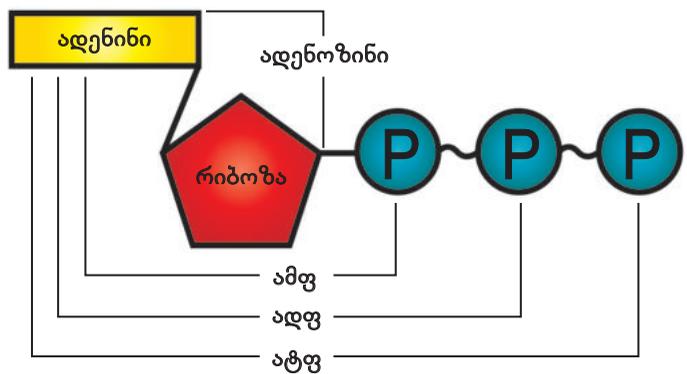
დაახლოებით იგივე სქემა გამოგვადგება იმ პროცესის აღსანიშნავად, რაც ბუხარში შეშის ან უბრალოდ, ქაღალდის წვისას ხდება. მაგრამ დიდი განსხვავება ამ ორ პროცესს შორის წვისას გამოყოფილ ენერგიაშია.

1 რა სახის ენერგიად გარდაიქმნება ცელულოზაში არსებული ქიმიური ბმების ენერგია წვისას?

წარმოიდგინე, რა დაემართებოდა ჩვენს უჯრედს, მასში გლუკოზის წვა ქაღალდის წვის მსგავსად რომ წარმართულიყო; ის ააღებოდა და რამდენიმე წუთში ფერფლად იქცეოდა, გლუკოზაში არსებული ქიმიური ბმების ენერგია კი გარემოში მთლიანად სითბოსა და სინათლის სახით გაიფანტებოდა.

ცოცხალი უჯრედები სხვაგვარად იქცევიან. წვისას გამოყოფილ ენერგიას ისინი უმნიშვნელოვანესი ქიმიური ნაერთის — ატფ-ის წარმოქმნას ახმარენ და მასში ინახავენ, ხოლო სითბოდ ენერგიის მხოლოდ ნაწილი გარდაიქმნება.

დააკვირდი ატფ-ის სტრუქტურას. ის ადენინიანი ნუკლეოტიდია, რომელთანაც ორი ფოსფატის ნაშთი განსაკუთრებული, შენთვის უცნობი ბმებითაა დაკავშირებული. ასეთი ნიშნით დიდი ქიმიური ენერგიის შემცველ ანუ **მაკროერგულ** ბმას აღნიშნავენ. ისინი ბევრად მეტ ენერგიას შეიცავენ, ვიდრე მისი მეზობელი კოვალენტური ბმები.

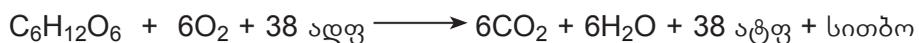


2 რატომ დაარქვეს ამ მოლეკულას ადენოზინტრიფოსფატი? რამდენ ფოსფატის ჯგუფს შეიცავს ის? რამდენია მათ შორის მაკროერგული ბმებით დაკავშირებული?

3 გაითვალისწინე ეს პრინციპი და გაშიფრე აბრევიატურა „ადფ“ და „ამფ“. განმარტე, რამდენ მაკროერგულ ბმას შეიცავს ეს ნივთიერებები?

ასეთი დიდი პოტენციური ენერგიის შემცველი მოლეკულა ძალიან არასტაბილურია. ატფ-ს ადვილად წყდება ბოლო, კიდურა ფოსფატის ჯგუფი და უჯრედში ენერგია თავისუფლდება. ეს ენერგია ამოძრავებს მოტორულ ცილებს, ამუშავებს ატფ-აზებს, რომლებიც იონებს გრადიენტის საწინააღმდეგო მიმართულებით ტვირთავენ. ატფ-ის ენერგია იხარჯება ატომებს შორის ქიმიური ბმების წარმოქმნაზე რთული ნივთიერებების სინთეზის დროს.

მივუბრუნდეთ ისევ უჯრედული სუნთქვის ამსახველ სქემას და დავაზუსტოთ ის:

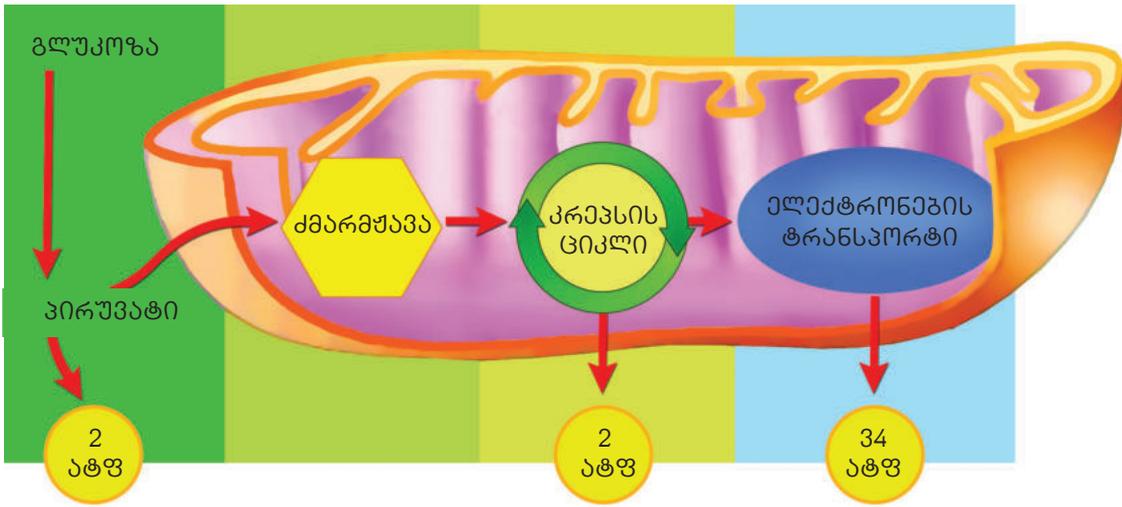


როგორც ხედავ, ერთი მოლეკულა გლუკოზის წვისას 38 მოლეკულა ატფ წარმოიქმნება. როგორ შეიძლება ერთმა მოლეკულა გლუკოზამ, რომელიც საერთოდ არ შეიცავს მაკროერგულ ბმას, წარმოქმნას 38 მოლეკულა ორი მაკროერგული ბმის შემცველი ნაერთი? როგორ ხდება ეს „სასწაული“?

უჯრედული სუნთქვა ურთულესი პროცესია, რომელშიც სხვადასხვა უჯრედული

სტრუქტურა და მრავალი ფერმენტი ჩართული. მას სამ ძირითად სტადიად ყოფენ. ეს სტადიებია: გლიკოლიზი, კრებსის ციკლი და ელექტრონების ტრანსპორტი.

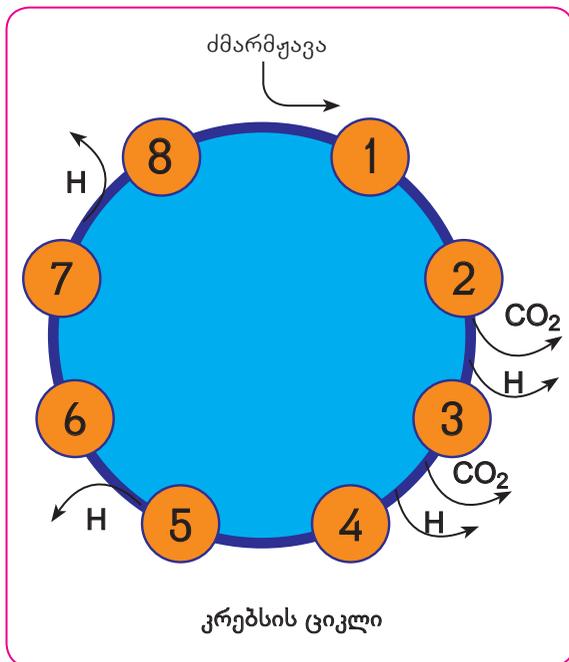
ჰანს კრებსი იყო მეცნიერი, რომელიც უჯრედულ სუნთქვას სწავლობდა.



გლიკოლიზი უჯრედული სუნთქვის პირველი ეტაპია. ის უფანგბადოდ მიმდინარეობს და ამიტომ მას ანაერობულ სუნთქვასაც უწოდებენ. ამ დროს გლუკოზის ექვსნახშირბადიანი მოლეკულა თითქოს ორ სამნახშირბადიან ნაერთად — პიროყურძნის მჟავად — პირუფატად იხლიჩება. შეიძლება იფიქრო, რომ ამ პროცესისთვის ერთი ფერმენტიც სრულიად საკმარისია. მაგრამ სინამდვილეში გლიკოლიზს 10 ფერმენტი აწარმოებს. ისინი ციტოზოლში არიან განლაგებული. ამ ქიმიური რეაქციების შედეგად მხოლოდ ორი მოლეკულა ატფ წარმოიქმნება. თუ უჯრედში საკმარისი უანგბადია, პიროყურძნის მჟავა ციტოზოლიდან მიტოქონდრიის მემბრანების გავლით მატრიქსში გადადის, სადაც მას ერთი ნახშირბადი ჩამოცილდება და ორნახშირბადიან ძმარმჟავად გარდაიქმნება.

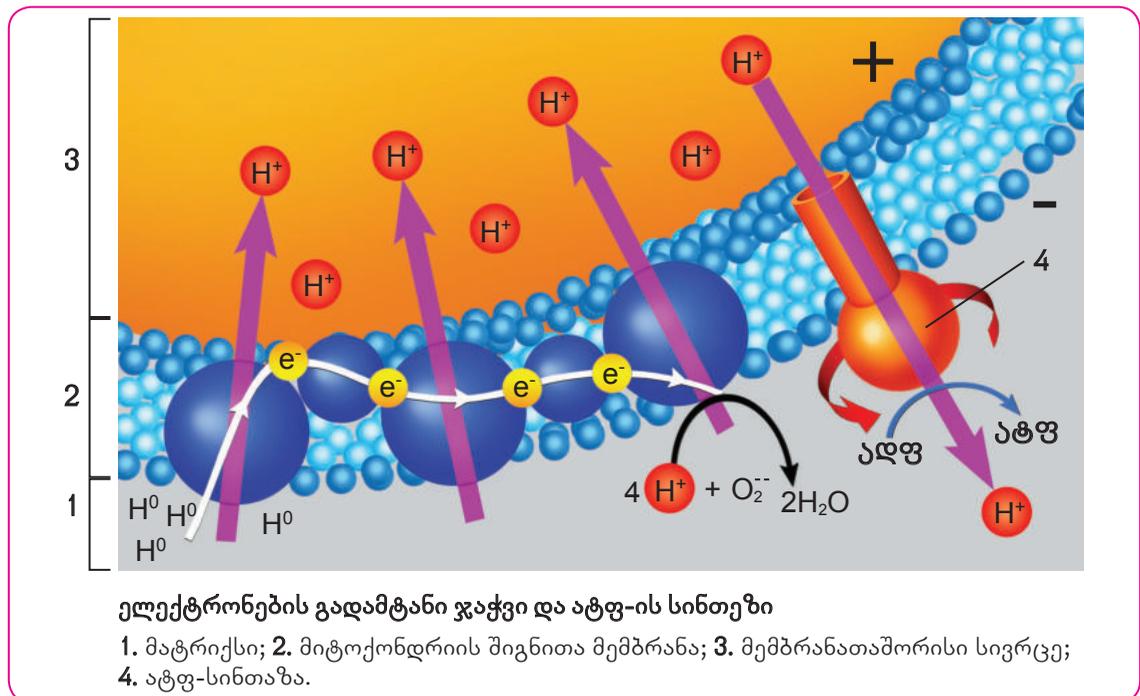
ძმარმჟავა კრებსის ციკლში ერთვება. ეს ნაერთი იქ რვა ფერმენტის ხელში აღმოჩნდება, რომლებიც რიგრიგობით, თანდათან შლის მას ნახშირორჟანგად და წყალბადებად. ამ პროცესს ძველებურ ხელის ქვის ნისქვილში ხორბლის დაფქვას ადარებენ. ხორბალი ძმარმჟავას მოლეკულებია, ფქვილი — ნახშირორჟანგი და წყალბადის ატომები, რვა ფერმენტი ნისქვილის ქვებია, რომლებიც ძმარმჟავას ფქვავს, ხოლო ქვების ხვრელი ის ადგილია, სადაც ძმარმჟავა კრებსის ციკლში ერთვება.

ციკლში წარმოქმნილი ნახშირორჟანგი თავს აღწევს მიტოქონდრიის ორ მემბრანას, ციტოზოლს, პლაზმურ მემბრანას და უჯრედიდან გარეთ გამოდის.



სუნთქვის პროცესი ახლა მიტოქონდრიის შიგნითა მემბრანაზე გრძელდება. ამ მემბრანაზე ერთმანეთის მიმდევრობით ჩაშენებულია ცილები, რომლებსაც ელექტრონების გადამტანი ჯაჭვს უწოდებენ. ჯაჭვის თავში მდგომი მოლეკულა ადვილად უთმობს კრების ციკლში წარმოქმნილ წყალბადის ელექტრონს მის შემდგომ მოლეკულას. ის, თავის მხრივ, ელექტრონს ჯაჭვის შემდეგ წევრს გადასცემს. ასე „ხელიდან ხელში“ გადადის ელექტრონი, ვიდრე ჯაჭვის ბოლოში არ გავა და ჟანგბადის მოლეკულამდე არ მიაღწევს. ჟანგბადს ყველაზე მეტი სწრაფვა აქვს ელექტრონისადმი. ის მიიტაცებს ელექტრონებს და უარყოფითად იმუხტება.

ბუნებრივად იბადება კითხვა: თუ ჟანგბადი ასე „დაინტერესებული“ იყო ელექტრონით, რატომ პირდაპირ არ მიიერთა ის, რა აზრი ჰქონდა ასეთი გრძელი ჯაჭვის გავლას?



საქმე ისაა, რომ ელექტრონს საკმაოდ მაღალი პოტენციური ენერგია გააჩნია. ჟანგბადთან მისი პირდაპირ მიერთების შემთხვევაში, ის უცბად გამოთავისუფლდებოდა და ენერგია სითბოს სახით გაიფანტებოდა. ჯაჭვში მოძრაობის დროს კი ეს ენერგია პატარა ულუფებად თავისუფლდება და ის დადებითად დამუხტული წყალბადის იონების მემბრანათაშორისი სივრცეში გადატვირთვას ხმარდება. ე.ი. მიტოქონდრიის შიგნითა მემბრანაზე ერთდროულად ორი პროცესი მიმდინარეობს: უარყოფითი მუხტის დაგროვება მემბრანის მატრიქსისკენ მიმართულ ზედაპირზე (O^{2-}) და დადებითი მუხტის დაგროვება მემბრანის გარეთა ზედაპირზე (H^+). როდესაც მემბრანათაშორისი სივრცეში H^+ -ის კონცენტრაცია ზღვარს მიაღწევს, იხსნება არხი, რომელსაც მემბრანაში ჩაშენებული ცილა — ატფ-სინთაზა წარმოქმნის. წყალბადის იონები ამ არხის გავლით დიდი სისწრაფით იწყებენ მოძრაობას მატრიქსისკენ. მათ ორი დიდი ძალა მიაქანებს — კონცენტრაციული და ელექტრული გრადიენტი.

4 ახსენი, როგორ გესმის წყალბადების იონების მოძრაობა კონცენტრაციული და ელექტრული გრადიენტის გავლენით?

სწორედ ამ დროს ხდება „მთავარი სასწაული“. წყალბადების ვარდნის კინეტიკური ენერგია ადფ-ისა და ფოსფატის ერთმანეთზე გადაკერებას, ანუ მაკროერგული ქიმიური ბმის წარმოქმნას ხმარდება. ამ ეტაპზე 34 მოლეკულა ატფ წარმოიქმნება. პარალელურად, მატრიქსში წყალბადის იონები ჟანგბადის მოლეკულას უერთდებიან და წყალს წარმოქმნიან.

5 მიტოქონდრიის შიგნითა მემბრანაზე გათამაშებულ პროცესებს მეცნიერები ჰიდროელექტროსადგურის მუშაობას ადარებენ. რა მსგავსებას ხედავ მათ შორის?

როგორც ხედავ, ენერგეტიკულად ყველაზე მდიდარი უჯრედული სუნთქვის ბოლო ეტაპია; ეტაპი, როდესაც პროცესში ჟანგბადი ერთვება.

საინტერესოა, როგორ მარაგდებიან ენერგიით უჯანგბადო გარემოში მცხოვრები ანაერობული ორგანიზმები? ისინი უჯრედული სუნთქვის მხოლოდ პირველი ეტაპის — გლიკოლიზის დროს წარმოქმნილი ენერგიით კმაყოფილდებიან.

6 დაასახელე შენთვის ცნობილი ანაერობული ორგანიზმები. შეადარე, რამდენად მეტი ენერგიის მფლობელები არიან აერობული ორგანიზმები, ანაერობულთან შედარებით.

უჯრედული სუნთქვა	სპირტული დულილი	რქემჭავა დულილი
<p>გლუკოზა</p> <p>↓</p> <p>პიროყურძნის მჟავა</p> <p>↓ +O₂</p> <p>CO₂ + H₂O + 38 ატფ</p>	<p>გლუკოზა</p> <p>↓</p> <p>პიროყურძნის მჟავა</p> <p>↓</p> <p>CO₂ + სპირტი + 2ატფ</p>	<p>გლუკოზა</p> <p>↓</p> <p>პიროყურძნის მჟავა</p> <p>↓</p> <p>რქემჭავა + 2ატფ</p>

არსებობს ბაქტერიები, რომლებიც გლიკოლიზის დროს წარმოქმნილ პიროყურძნის მჟავას ანაერობული სუნთქვისას რქემჭავად გარდაქმნიან.

7 დაასახელე პროდუქტები, რომელთა წარმოებაში რქემჭავა ბაქტერიებს იყენებენ.

საფუარა სოკოს უჯრედები პიროყურძნის მჟავას ორნახშირბადიან ეთილის სპირტად და ნახშირორჟანგად გარდაქმნიან.

8 როგორ იყენებს ადამიანი საფუარა სოკოს ამ უნარს?

არსებობენ ანაერობული ორგანიზმები, რომლებიც არა თუ ვერ იყენებენ ჟანგბადს სუნთქვისთვის, არამედ მათთვის ის სრულიად მიუღებელია. ჟანგბადიან არეში ისინი იღუპებიან. მათ **ობლიგატური ანუ მკაცრი ანაერობები** ჰქვიათ. საფუარა სოკოები კი **ფაკულტატური ანაერობები** არიან. ფაკულტატურ ანაერობებს არსებობა შეუძლიათ როგორც აერობულ, ისე ანაერობულ გარემოში. საფუარას უჯრედებში ჟანგბადიან არეში გლუკოზა ნახშირორჟანგამდე და წყლამდე იშლება.



უჯრედში მიმდინარე ქიმიური რეაქციების ერთობლიობას მეტაბოლიზმი ანუ ნივთიერებათა ცვლა ჰქვია. მას ენერგეტიკულ და პლასტიკურ ცვლად ყოფენ. პლასტიკური ცვლის რეაქციებისას უჯრედში რთული ნივთიერებები სინთეზდება, რომლებითაც უჯრედის ორგანოიდები შენდება. ენერგეტიკუ-

ლი ცვლა გულისხმობს რთული ნივთიერებების დაშლას. ამ დროს გამოთავისუფლებულ ენერგიას უჯრედი სხვადასხვა სამუშაოს შესასრულებლად იყენებს.

უჯრედული სუნთქვა უჯრედს სასიცოცხლოდ აუცილებელი ენერგიით ამარაგებს. ის სამი სტადიისგან შედგება. ენერგეტიკულად მომგებიანი სუნთქვის მესამე სტადიაა, რომელიც მიტოქონდრიის შიგნითა მემბრანაზე მიმდინარეობს.



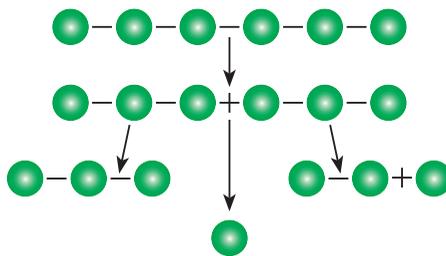
- ნარმოიდგინე, რომ სამეცნიერო ლაბორატორიაში აკვირდებოდნენ გალივებული თესლების სუნთქვის პროცესს. სპეციალური აპარატურა აღრიცხავდა თესლების მიერ ჟანგბადის შთანთქმას სხვადასხვა ტემპერატურაზე. დაკვირვების შედეგები ცხრილშია წარმოდგენილი.

ააგე მრუდი ამ მონაცემების მიხედვით და იმსჯელე:

- რატომ აქვს მრუდს ასეთი ფორმა?
- რატომ აირჩიეს საკვლევად გალივებული თესლები?

ტემპერატურა (°C)	ჟანგბადის მოხმარება (მლ/წმ)
10	0.5
20	1.0
30	2.0
40	1.5
50	0.3
60	0.0

- სქემა გამოხატავს გლუკოზის დაშლას უჯრედში. რგოლები ნახშირბადის ატომებს აღნიშნავს. გადაიხატე სქემა რვეულში. მიუწერე ისრებსა და ნივთიერებებს შესაბამისი სახელები.



- მოზილე საფუარიანი ცომი. რომელი სამი ნიშანი მიგანიშნებს, რომ სოკო სუნთქავს?



- თუ გინდა, რომ ცომი კარგად და სწრაფად აფუვდეს, როგორ პირობებს შეუქმნი საფუარს?
- რომელი ორგანიზმები იყენებენ საკვებში აკუმულირებულ ქიმიურ ენერგიას მაქსიმალურად — აერობები თუ ანაერობები?
- ჩამოთვალე შენთვის ცნობილი ფერმენტები, რომლებიც მუშაობის შესასრულებლად ატფ-ის ენერგიას საჭიროებენ.



- როგორ ფიქრობ, ერთნაირია თუ არა ადამიანის ორგანიზმში პლასტიკური ცვლის ინტენსივობა სხვადასხვა ასაკში? დაასაბუთე შენი მოსაზრება.

2. სუნთქვის რომელ ეტაპზე ერთვება ჟანგბადი ქიმიურ რეაქციებში:
 - ა. გლიკოლიზის დროს;
 - ბ. კრებსის ციკლში;
 - გ. ელექტრონების ტრანსპორტში.
3. გაიაზრე, უჯრედის რომელი სტრუქტურებია ჩართული უჯრედული სუნთქვის პროცესის სხვადასხვა ეტაპზე. გადაიტანე ჩამონათვალი რვეულში და მოძებნე ლოგიკური ნწყვილები:

პლაზმური მემბრანა
ციტოზოლი
მიტოქონდრიის გარეთა მემბრანა
მიტოქონდრიის შიგნითა მემბრანა
მატრიქსი

ელექტრონების გადატანა
გლიკოლიზი
კრებსის ციკლი
O₂-ის ტრანსპორტი
CO₂-ის ტრანსპორტი



1. აერობული სუნთქვისას გამოთავისუფლებული ენერჯის მხოლოდ 40% ინახება ატფ-ის მოლეკულაში, 60% კი სითბოს სახით გამოიყოფა. როგორ ფიქრობ, ასე არარაციონალურად არის აგებული ჩვენი ორგანიზმი? სითბური ენერჯია ფუჭი დანაკარგია?
2. ნახშირბადის მონოქსიდი და ციანიდი სასიკვდილო შხამებია. ისინი სუნთქვით ჯაჭვში ელექტრონების მოძრაობას ბლოკავენ. ახსენი, რატომ იღუპება ამის გამო ადამიანი?
3. რატომ ვგრძნობთ თავს სუსტად უჟანგბადო არეში?
4. ფოტოზე წარმოდგენილია სასკოლო ლაბორატორიაში საფუარა სოკოს სუნთქვაზე ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგი.
 

ოთხ სხვადასხვა სინჯარაში წყლის, საფუარა სოკოსა და შაქრის ერთი და იგივე რაოდენობაა. ოთხივე სინჯარაზე რეზინის ბუშტია წამოცმული.

 - ა. როგორ ფიქრობ, რომელი პარამეტრით მსჯელობენ მოსწავლეები საფუარას სუნთქვაზე?
 - ბ. როგორ მიმდინარეობს სუნთქვა 1, 2, 3 და 4 სინჯარაში?
 - გ. მე-3 და მე-4 ცდის შედეგი გარეგნულად ერთმანეთისგან არ განსხვავდება, თუმცა, მათ სხვადასხვა მიზეზი აქვთ. ივარაუდე მიზეზები.



highered.mcgraw-hill.com/olc/dl/120071/bio11.swf
vcell.ndsu.edu/animations/atpgradient/movie-flash.htm
bcs.whfreeman.com/thelifewire/content/chp07/0702001.htm

III ნივთიერებათა ცვლა უჯრედში

§13



პლასტიკური ცვლა მცენარეებში
ფოტოსინთეზი

პლასტიკური ცვლა უჯრედში ფოტოსინთეზის მაგალითზე განვიხილოთ. ფოტოსინთეზის გზით ყოველწლიურად ჩვენს პლანეტაზე 160 მილიონი ტონა ორგანული ნივთიერება მზადდება, რომელიც კვებას და აშენებს არა მხოლოდ მცენარეების ორგანიზმს, არამედ ყოველ ცოცხალს დედამიწაზე.

1 ჩამოთვალე, რა სახის საკვებს ღებულობ დღის განმავლობაში და იფიქრე, რა კავშირი აქვს მას ფოტოსინთეზთან.

2 არის მათ შორის რომელიმე, რომელიც არანაირად არაა დაკავშირებული მცენარესთან?

ფოტოსინთეზი, მორეაგირე ნივთიერებებისა და რეაქციის შედეგად წარმოქმნილი პროდუქტების თვალსაზრისით, უჯრედის სუნთქვის შებრუნებული პროცესია. სუნთქვისას წარმოქმნილი ნივთიერებებისგან — ნახშირორჟანგისა და წყლისგან — ფოტოსინთეზის პროცესში გლუკოზა მზადდება და ჟანგბადი წარმოიქმნება.

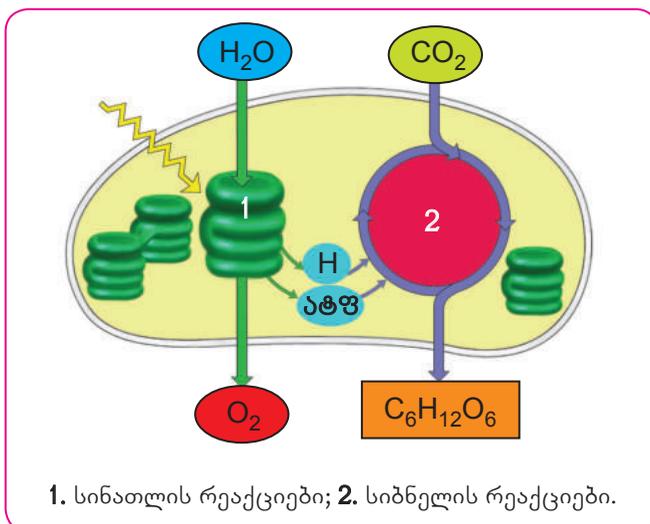


ეს ტოლობა ბევრ კითხვას ბადებს. მაგალითად:

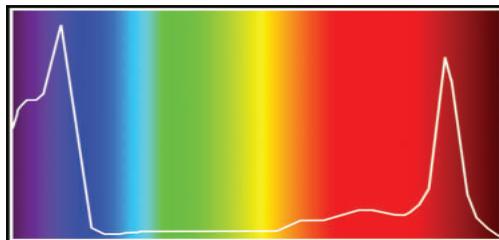
- გლუკოზა ნახშირწყალია. მისი სახელწოდებიდან გამომდინარე, ნახშირორჟანგის ნახშირბადი და წყალი პირდაპირ ხომ არ უერთდება ერთმანეთს?
- როგორი წარმომავლობა აქვს ფოტოსინთეზის დროს წარმოქმნილ ჟანგბადის მოლეკულას — ნახშირორჟანგს ეკუთვნოდა თუ წყალს?
- რას წარმოადგენს სინათლის ენერჯია და როგორ გარდაიქმნება ის ქიმიური ბმის ენერჯიად?

უჯრედული სუნთქვის მსგავსად, ფოტოსინთეზი რთული პროცესია, რომელიც ორ ეტაპად მიმდინარეობს. პირველ ეტაპს სინათლის რეაქციების ეტაპი უწოდებს, მეორეს კი კალვინის ციკლი, ანუ სიბნელის რეაქციების ეტაპი.

სინათლის რეაქციების მთავარი მონაწილე ქლოროფილის მოლეკულაა, რომელიც ძალიან მგრძნობიარეა მზის სხივების მიმართ.

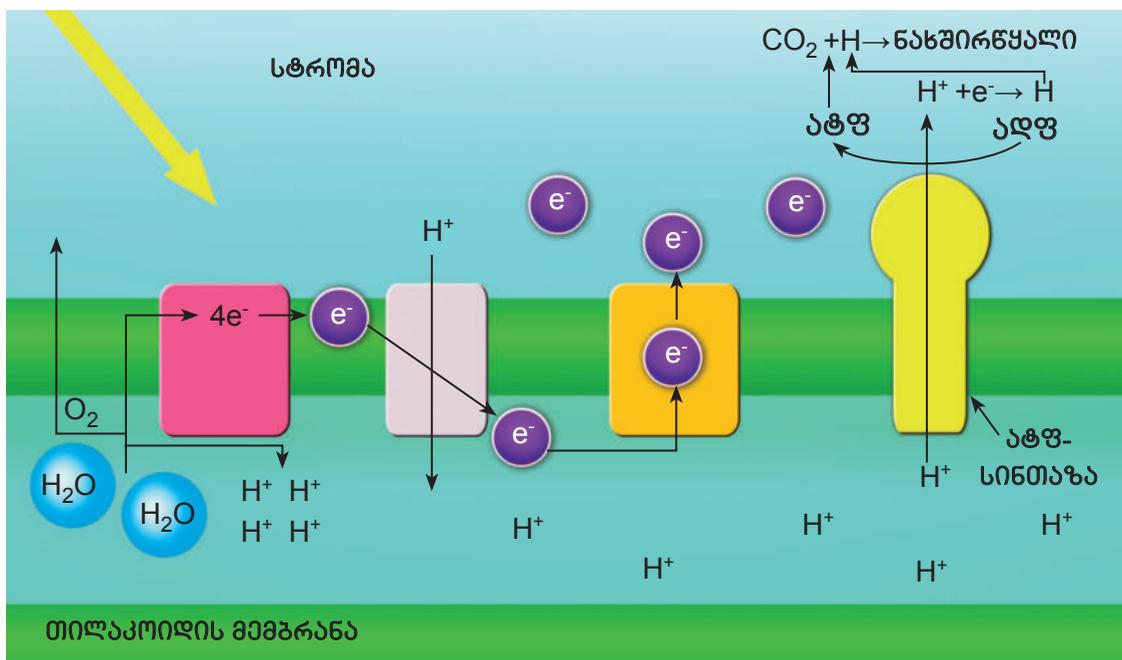


მზის სინათლე განსხვავებული ტალღის სიგრძისა და ენერგიის მქონე სხივებისაგან შედგება. წითელ სხივებს ყველაზე გრძელი ტალღა და მცირე ენერგია აქვს, იისფერ სხივებს კი პირიქით. ქლოროფილის მოლეკულა, ძირითადად, იისფერ, ლურჯ, ნარინჯისფერ და წითელ სხივებს შთანთქავს.



ქლოროფილის შთანთქმის სპექტრი

როდესაც ქლოროფილის მოლეკულებს სინათლის სხივი ეცემა, ქლოროფილის ელექტრონები ატომის ბირთვიდან დაცილებული უფრო მაღალი ორბიტებისკენ გადაინაცვლებს და ამიტომ ადვილად წყდება მის მოლეკულას. ქლოროფილის ამ მდგომარეობას აგზნებული მდგომარეობა დაარქვეს. ის დიდხანს არ ჩერდება ასეთ მდგომარეობაში და საკუთარი ელექტრონების დანაკარგს წყლის ელექტრონებით ინაზლაურებს — ართმევს მას ელექტრონებს. ამას წყლის მოლეკულის დაშლა მოჰყვება. წყალი პროტონებად და მოლეკულურ ჟანგბადად იშლება. ჟანგბადი ტოვებს მცენარის უჯრედს და გარემოში გამოიყოფა. თავისუფალი ელექტრონები კი გადამტანი მოლეკულების ხელში აღმოჩნდება, რომლებიც მათ თილაკოიდის მემბრანის გარეთ გადაიტანს. ამ პროცესს თან ახლავს პროტონების შემოტვირთვა თილაკოიდის შიგნით. ასე რომ, თანდათან თილაკოიდის მემბრანის შიგნით დადებითი მუხტი გროვდება, გარეთ კი უარყოფითი.



ფოტოსინთეზი

3 შეადარე თილაკოიდში მიმდინარე პროცესი მიტოქონდრიის შიგნითა მემბრანაზე მიმდინარე პროცესს. ხედავ მსგავსებას მათ შორის?

4 შენი აზრით, რა შედეგი უნდა მოჰყვეს ამ სიტუაციას? როგორ უნდა წარმართოს შემდეგი პროცესი?

თილაკოიდის მემბრანაში ჩაშენებული ატფ-სინთაზა, მიტოქონდრიების ატფ-სინთაზას მსგავსად, იყენებს პროტონების გრადიენტის ენერგიას ატფ-ის სინთეზისთვის. ამით ფოტოსინთეზის სინათლის ფაზა მთავრდება. ამ ფაზის პროდუქტებია ჟანგბადის მოლეკულა, ატფ-ის მოლეკულა და წყალბადის ატომები.

სიბნელის ფაზა სტრომაში მიმდინარეობს. კალვინის ციკლის ფერმენტები ატფ-ის ენერგიას CO_2 -ის ნახშირბადის ატომების ერთმანეთზე გადაკერებას ახმარენ. საბოლოოდ იქმნება ექვსნახშირბადიანი ჯაჭვი, რომელსაც წყალბადისა და ჟანგბადის ატომები აქვს მიერთებული, ანუ სინთეზდება გლუკოზის მოლეკულა. როგორც ხედავ, სწორედ აქ, ამ ეტაპზე იქმნება პირველი ორგანული ნივთიერებები დედამიწაზე, რომლებიც შემდეგ სხვა ორგანულ ნაერთებს წარმოქმნის. ტერმინი „სიბნელის რეაქციები“ სრულებითაც არ ნიშნავს იმას, რომ ამ რეაქციებისთვის სიბნელეა აუცილებელი. ეს რეაქციები სინათლის ფაზის რეაქციების გაგრძელებას წარმოადგენს და მათთან ერთად მიმდინარეობს. აღნიშნული ტერმინით მეცნიერებს იმის ხაზგასმა სურდათ, რომ ამ რეაქციების წარმართვისთვის უჯრედს სინათლის ენერგია აღარ ესაჭიროება. სინათლის ენერგია უკვე ატფ-ის ენერგიადაა გარდაქმნილი, რომელიც გლუკოზის მოლეკულაში ქიმიური ბმების წარმოქმნისთვის იხარჯება.



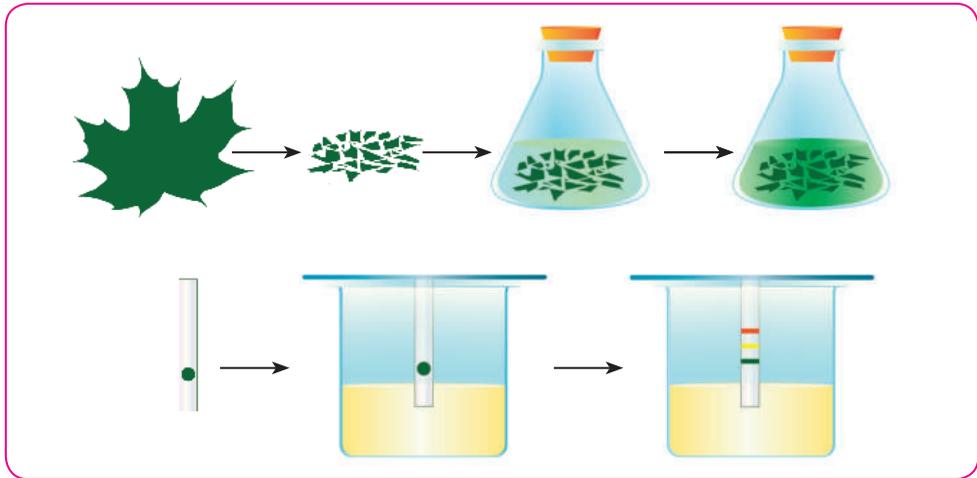
ფოტოსინთეზის პროცესში სინათლის ენერგია ქიმიური ბმის ენერგიად გარდაიქმნება. ფოტოსინთეზი ქლოროპლასტებში ორ ეტაპად მიმდინარეობს. სინათლის ფაზაში ქლოროფილის მონაწილეობით წყლის მოლეკულა იშლება. ამ ფაზის პროდუქტებია O_2 , H და ატფ. სიბნელის ფაზაში გლუკოზის მოლეკულა სინთეზდება.



1. აღწერე და გრაფიკულად წარმოადგინე გზა, რომელსაც ფოტოსინთეზის დროს წარმოქმნილი ჟანგბადი გაივლის, ვიდრე ის უჯრედის გარეთ გამოიყოფა.
2. ქლოროფილის გარდა, მცენარეები ყვითელ, წარინჯისფერ, ყავისფერ და წითელ პიგმენტებს შეიცავენ. ქლოროფილი ჩრდილავს ამ პიგმენტებს, თუმცა, შემოდგომით, როდესაც ქლოროფილი იშლება, ისინი ლამაზად აჭრელებენ შემოდგომის ტყეებს. ამ პიგმენტების აღმოჩენა მარტივად შეგიძლია. აიღე რომელიმე ფოთოლცვენია ხის ფოთოლი, რომელიც შემოდგომაზე ფერს იცვლის, მაგალითად, ნეკერჩხლის ფოთოლი. დაჭერი ძალიან წვრილად, მოათავსე კოლბაში და დაუმატე აცეტონი ისე, რომ სითხე ფოთოლს ფარავდეს. დაახურე კოლბას სახურავი მჭიდროდ და დადგი თბილი წყლის აბაზანაზე 90 წუთი. კოლბა დროდადრო ანჯღრიე. სითხე გამწვანდება. დაჭერი ფილტრის ქაღალდი 1 სმ სიგანის ლენტებად, ფილტრის ქაღალდის ლენტზე ქვედა კიდიდან 2 სმ-ით მაღლა პიპეტით დაიტანე 1-2 წვეთი ფოთლის აცეტონიანი ექსტრაქტი. დააყოვნე, სანამ შეშრება და იმავე ადგილას ისევ დაიტანე ექსტრაქტის რამდენიმე წვეთი. ქიმიურ ჭიქაში ჩაასხი აცეტონი, ჭიქის თავზე მოათავსე მინის ნკირი, მიამაგრე მასზე ფილტრის ქაღალდი და ჩაუშვი აცეტონში ისე, რომ აცეტონის დონე ვერ წვდებოდეს მწვანე ლაქას. დააყოვნე დაახლოებით 2 სთ. ფილტრის ქაღალდის მთელ სიგრძეზე შენ სხვადასხვა ფერის ლაქებს შენიშნავ.

ამ მეთოდს **ქრომატოგრაფიის** მეთოდი ჰქვია. ის საშუალებას გაძლევს, ერთმანეთს დააცილო სხვადასხვა ქიმიური სტრუქტურის ნივთიერებები, რომლებსაც სხვადასხვა პოლარობა და, აქედან გამომდინარე, ხსნადობა გაჩნია.

გამოიყენე ქრომატოგრაფიის მეთოდი სხვადასხვა ფოთოლცვენის მცენარეებისა და რომელიმე მარადამწვანე მცენარის, მაგალითად, ფიჭვის პიგმენტების ქრომატოგრაფირებისთვის. შეადარე მიღებული შედეგები ერთმანეთს.

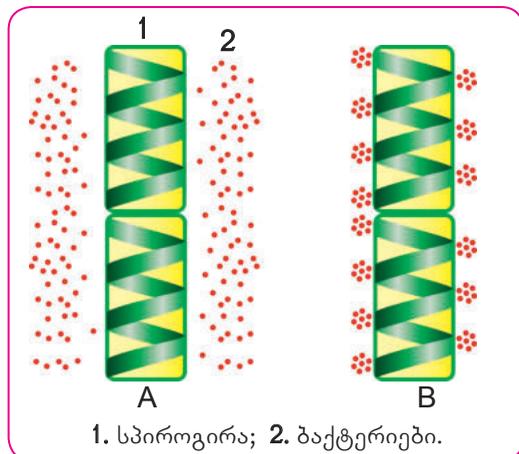


ფოტოსინთეზის პროცესში წყლის დაშლას **ფოტოლიზი** ეწოდება. განმარტე ეს ტერმინი.

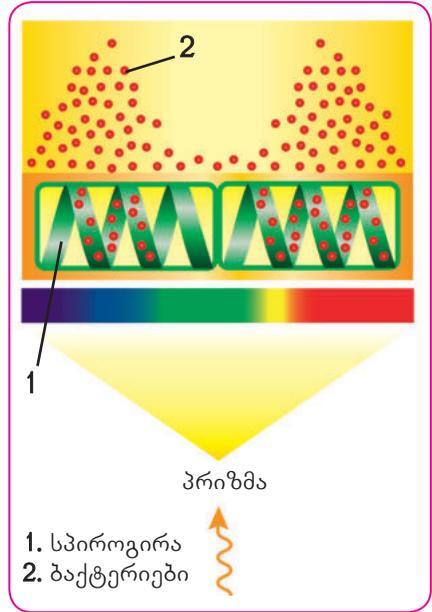


1. გერმანელი ბოტანიკოსი თ. ენგელმანი ფოტოსინთეზის პროცესს იკვლევდა. მისი საყვარელი ობიექტი ძაფნაირი წყალმცენარე სპიროგირა იყო, რადგან მას დიდი ზომის ქლოროპლასტები გააჩნია. ენგელმანის ერთ-ერთი მახვილგონიერი ექსპერიმენტი შემდეგში მდგომარეობდა. ის სასაგნე მინაზუე, წყლის წვეთში, რომელიც აეროზულ ბაქტერიებს შეიცავდა, სპიროგირას ძაფს ათავსებდა. სიბნელეში და სინათლეზე ეს პრეპარატი სხვადასხვაგვარად გამოიყურებოდა.

- ა. რისი გარკვევა სურდა მეცნიერს ამ ექსპერიმენტით?
- ბ. რა დასკვნა გააკეთა თ. ენგელმანმა ექსპერიმენტიდან გამომდინარე?
- გ. რომელი ილუსტრაცია ასახავს სიტუაციას სიბნელეში და რომელი — სინათლეში?



2. თ. ენგელმანი სხვა ექსპერიმენტში სპიროგირას მიკროსკოპის სარკიდან არეკლილი და პრიზმაში გატარებული მზის სხივით ანათებდა. ილუსტრაციაზე ცდის შედეგია.
- ა. როგორ ფიქრობ, რის გარკვევა სურდა მეცნიერს?
- ბ. რისი დადგენა მოხერხდა ამ ექსპერიმენტით?
3. ერთ-ერთ ექსპერიმენტში, რომელსაც საეტაპო მნიშვნელობა ჰქონდა ფოტოსინთეზის პროცესის შესასწავლად, მეცნიერები ქლორელას მძიმე იზოტოპის შემცველ წყალში (H_2O^{18}) ზრდიდნენ. მცენარის მიერ გამოყოფილი ჟანგბადი O^{18} -ს შეიცავდა, გლუკოზის მოლეკულაში კი ეს იზოტოპი არ აღმოჩნდა.
- ა. როგორ ფიქრობ, რა იყო ამ ექსპერიმენტის მიზანი?
- ბ. რა დასკვნა გააკეთეს მათ, ექსპერიმენტის შედეგიდან გამომდინარე?
4. დაგეგმე ექსპერიმენტი, რითაც გლუკოზაში არსებული ჟანგბადის წარმომავლობას გაარკვევ.



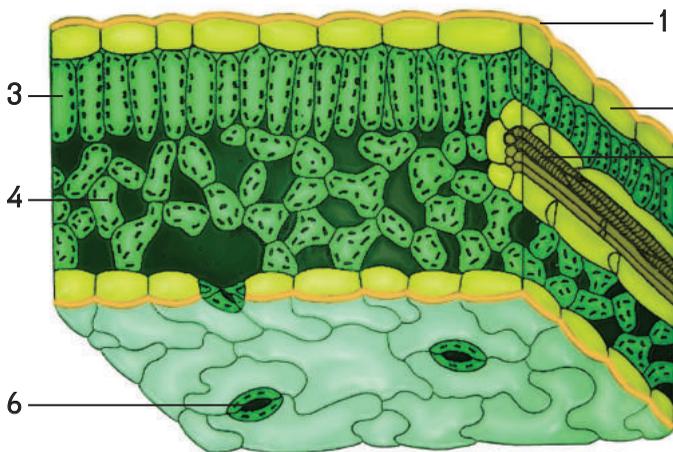
IV ფოტოსინთეზი და ტრანსპორტი მცენარეებში

§14



ფოთლის აგებულება მცენარის სუნთქვა და ფოტოსინთეზი

ფოტოსინთეზის პროცესი და გლუკოზის გარდაქმნა სხვა სახის ორგანულ ნივთიერებებად, ძირითადად, ფოთოლში მიმდინარეობს, მიუხედავად იმისა, რომ ქლოროფილს, ფესვის გარდა, მცენარის თითქმის ყველა ორგანო შეიცავს. ამის გამო ფოთოლს მცენარის სამზარეულოც შეარქვეს. ფოთოლი არაჩვეულებრივად არის შეგუებული მის ამ მეტად მნიშვნელოვან ფუნქციასთან — აქ დამზადებული საკვები ხომ არა მხოლოდ მცენარეებმა, არამედ მთელმა დანარჩენმა ცოცხალმა სამყარომ უნდა მოიხმაროს.



ფოთლის აგებულება

1. ცვილი;
2. ეპიდერმისი;
3. მესრისებური უჯრედები;
4. ღრუბლისებური უჯრედები;
5. ძარღვები;
6. ბაგე.

ფოთლის ფირფიტას დიდი ზედაპირი აქვს და თხელია, რათა სინათლემ ადვილად განჭოლოს.

ფოთლის ზედა და ქვედა ზედაპირი დაფარულია წვრილი, სქელკედლიანი, ერთმანეთთან მჭიდროდ მიჯრილი უჯრედების ერთი შრით — **ეპიდერმისით**. ეს უჯრედები გამოყოფს ცვილს, რომელიც იცავს ფოთოლს მიკრობების შეჭრისგან. ცვილი უფერულია და სინათლეს ადვილად ატარებს. ფოთლის ეპიდერმისის უჯრედებიც უფერულია. ისინი ქლოროპლასტებს არ შეიცავს. სინათლე, მათი გავლით, ადვილად აღწევს ფოტოსინთეზის მთავარ ადგილამდე, ე.წ. **მესრისებურ** უჯრედებამდე. ეს თხელკედლიანი, ცილინდრული უჯრედები ეპიდერმისის პერპენდიკულარულად, მართლაც მესერივით არის განლაგებული. ისინი, მის ქვეშ მდებარე **ღრუბელივით** გაფანტულ უჯრედებთან შედარებით, დიდი რაოდენობით ქლოროპლასტს შეიცავენ. **ძარღვების** საშუალებით ფოთოლს ფოტოსინთეზისთვის საჭირო წყალი და მინერალური ნივთიერებები მიეწოდება და ფოთოლში დამზადებული ორგანული ნივთიერებები სხვა ორგანოებში გადანაწილდება.

მცენარეთა უმრავლესობის ქვედა ეპიდერმისში უხვადაა გაფანტული უამრავი უნვრილესი ხვრელი, რომელსაც **ბაგის ხვრელს** უწოდებენ. ბაგის ხვრელი ეპიდერმისის ორი სახეცვლილი უჯრედითაა შემოსაზღვრული, რომლებსაც ხვრელის გახსნა და დახურვა შეუძლია.

ხვრელის გავლით ფოთოლში გარემოდან ჰაერი შედის და მესრისებურ და ღრუბლისებურ უჯრედებს ფოტოსინთეზისთვის საჭირო ნახშირორჟანგი მიეწოდება.

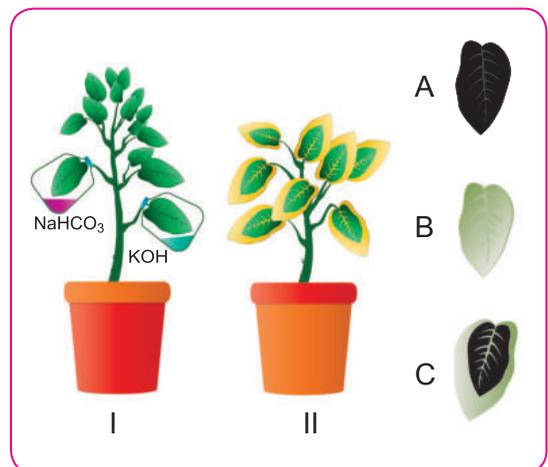
ასეთი აგებულების ფოთოლი კარგად არის შეგუებული სუნთქვის პროცესთანაც. ისევე, როგორც ყოველი ცოცხალი არსება, მცენარეც სუნთქავს. ბაგის ხვრელის გავლით ფოთოლში სუნთქვისთვის საჭირო ჟანგბადი აღწევს და წვის შედეგად წარმოქმნილი ნახშირორჟანგი ტოვებს მცენარის ორგანიზმს. ასე რომ, მცენარეში ერთდროულად ორი, ერთმანეთისგან სრულიად განსხვავებული პროცესი — სუნთქვა და ფოტოსინთეზი მიმდინარეობს. მცენარე სუნთქავს დღისითაც და ღამითაც, ფოტოსინთეზს კი მხოლოდ დღისით აწარმოებს. დღისით, სინათლეზე ფოტოსინთეზის პროცესი ინტენსიურად მიმდინარეობს და მცენარის სუნთქვისას შთანთქმული ჟანგბადი ბევრად ნაკლებია მის მიერ ფოტოსინთეზის შედეგად წარმოქმნილთან შედარებით, ამიტომ ჰაერი ჟანგბადით მდიდრდება. სიბნელეში ფოტოსინთეზის პროცესი წყდება, ამიტომ მცენარეები ღამით სუნთქვისას ისევე აღარბებენ ჰაერს ჟანგბადით, როგორც ადამიანები.



მცენარის ორგანიზმში ერთდროულად მიმდინარეობს ერთმანეთის საწინააღმდეგო ორი პროცესი — ფოტოსინთეზი და სუნთქვა. ფოთოლი არაჩვეულებრივად არის შეგუებული ამ ორ პროცესთან.



- სახამებელი იოდით მუქ იისფრად, თითქმის შავად იღებება. სცადე, გააანალიზო ილუსტრაციაზე წარმოდგენილი ცდის შედეგები. იოდით დამუშავებული **A**, **B** და **C** ფოთოლი ორ სხვადასხვა ქოთნის მცენარეს ეკუთვნოდა. ორივე მცენარე 48 საათის განმავლობაში სიბნელეში იდგა. ამის შემდეგ პირველი ქოთნის მცენარის ერთ-ერთი ფოთოლი ფრთხილად მოათავსეს ფართობირიან კოლბაში, რომელშიც **KOH**-ის ხსნარი ესხა, მეორე კი **NaHCO₃**-იან კოლბაში. კოლბებს მჭიდროდ დაუცვეს თავი საცობით. მეორე ქოთნის მცენარეს ჭრელი ფოთლები აქვს. ფოთლის კიდეები თეთრია, ქლოროფილს არ შეიცავს, შუა ნაწილი კი მწვანეა. მოძებნე იოდით დამუშავებულ ფოთლებს შორის პირველი და მეორე ქოთნის მცენარის **A**, **B** და **C** ფოთლები და ახსენი, რატომ გამოიყურებიან ასე?



2. ფოთოლში მიმდინარე პროცესებზე დასაკვირვებლად სკოლის ლაბორატორიაში ასეთი ცდა ჩაატარეს: აიღეს სამი კოლბა. სამივეში ჩაასხეს ერთნაირი რაოდენობის ინდიკატორი, რომელიც ნეიტრალურ pH-ზე ნარინჯისფერია, ტუტე არეში ყვითლდება, ხოლო მჟავა არეში იისფერს ღებულობს. პირველ და მეორე კოლბაში წყლის მცენარე ელოდეს პატარა ღეროები მოათავსეს, მესამეში კი ელოდეს ღერო, რომელიც 10 წუთი მდულარე წყალში იყო მოთავსებული. პირველ კოლბას ფოლგა შემოახვიეს. სამივე კოლბას გაუკეთეს საცობი და სინათლეზე დადგეს.
- გარკვეული ხნის შემდეგ ხსნარებმა ფერი იცვალა.

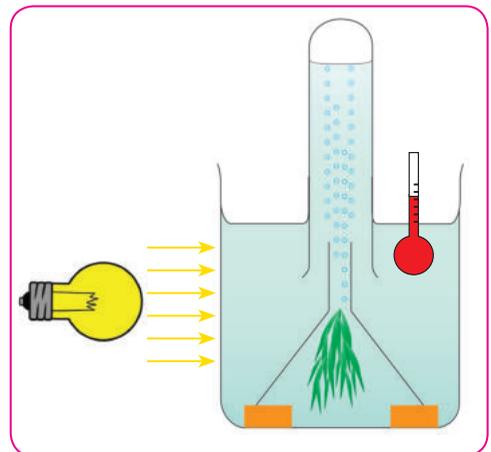


რა ფერი მიიღო ხსნარებმა პირველ, მეორე და მესამე კოლბაში. ახსენი, რა მოხდა და დაასაბუთე შენი მოსაზრება.

3. შეადარე ერთმანეთს სუნთქვისა და ფოტოსინთეზის პროცესი მცენარეში. გადაიტანე ცხრილი რვეულში და შეავსე მარჯვენა გრაფა.

ფოტოსინთეზი	სუნთქვა
1. წარმოიქმნება ორგანული ნივთიერებები	
2. მზის ენერგია გლუკოზაში ინახება	
3. შთაინთქმება ნახშირორჟანგი	
4. გამოიყოფა ჟანგბადი	
5. მიმდინარეობს მხოლოდ სინათლეზე	
6. მიმდინარეობს მხოლოდ ქლოროფილის მონაწილეობით	

4. სახამებლის აღმომჩენი იოდის ტესტი, ე.წ. თვისობრივი ტესტია. ის, უბრალოდ, გვიჩვენებს, არის თუ არა ფოტოლოში სახამებელი. ფოტოსინთეზის პროცესზე დასაკვირვებლად და მის რაოდენობრივად შესაფასებლად ასეთი მარტივი მონაცემილობა გამოიყენე:
- აიღე დიდი ზომის ქიმიური ჭურჭელი. ჩაასხი მასში 0,5%-იანი NaHCO_3 -ის ხსნარი.
 - ბასრი დანით მოჭერი ელოდეას პატარა ტოტი, მოათავსე ის ჭიქაში და დაახურე მინის ძაბრი. ძაბრს თავზე სინჯარა წამოაცვი.
 - მოათავსე ჭურჭელში წყლის თერმომეტრი. ჩაინერე წყლის ტემპერატურა და გამუდმებით ამონმე ის ცდის მიმდინარეობის ყველა ეტაპზე.
 - დადგი ჭურჭლიდან 10 სმ-ის დაცილებით 60 W-იანი ნათურა. ჩააბნელე ოთახი და ჩართე ნათურა.
 - ითვალე დროის გარკვეულ შუალედში, მაგალითად, ყოველ 5 წთ-ში ელოდეას მიერ წყალში გამოყოფილი ბუშტუკების რაოდენობა. მონაცემები შეიტანე ცხრილში. გამოიანგარიშე 5 წთ-ში გამოყოფილი ბუშტუკების საშუალო რაოდენობა. მონაცემები შეიტანე ცხრილში.
 - გამოიანგარიშე მოცემულ პირობებში ფოტოსინთეზის სიჩქარე, ანუ 1 წთ-ში გამოყოფილი ბუშტუკების რაოდენობა. მონაცემები შეიტანე ცხრილში.
 - შეცვალე ნათურა, ჯერ 100 W-იანით, შემდეგ კი 150 W-იანით. დაითვალე თითოეული შემთხვევისთვის ფოტოსინთეზის სიჩქარე. გადაიტანე ცხრილი რვეულში და ჩაწერე მონაცემები.
 - ააგე მრუდი ამ მონაცემების მიხედვით, რომელიც გიჩვენებს ფოტოსინთეზის სიჩქარის დამოკიდებულებას სინათლის ინტენსივობასთან და ასევე სვეტოვანი დიაგრამები 60 W-იანი, 100 W-იანი და 150 W-იანი ნათურებისთვის.



სინათლის ინტენსივობა	გამოყოფილი ბუშტუკების რაოდენობა ყოველ 5 წუთში	საშუალო სიდიდე	ფოტოსინთეზის სიჩქარე
60 W	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
100 W	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
150 W	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

განმარტე:

- ა. რომელია ამ ექსპერიმენტში დამოუკიდებლად ცვლადი სიდიდე?
- ბ. რომელია დამოკიდებულად ცვლადი?
- გ. რა დამოკიდებულება არსებობს ამ ორ სიდიდეს შორის?
- დ. ცდის მსვლელობისას უცვლელი იყო თუ არა ყველა სხვა პარამეტრი?
- ე. ხომ არ იცვლებოდა რომელიმე პარამეტრი შენგან დამოუკიდებლად?
- ვ. შესაძლოა, ამ პარამეტრს რაიმე გავლენა ჰქონოდა ცდის შედეგზე? რატომ?
- ზ. იფიქრე, როგორ შეიძლება თავიდან აიცილო ამ პარამეტრის ცვლილება?
- თ. შეიძლება თუ არა, ეს მეთოდი ფოტოსინთეზის სიჩქარის გაზომვის ზუსტ მეთოდად ჩაითვალოს?



1. თუ სინათლის მიკროსკოპში ფოთლის მესრისებურ უჯრედებს დღის სხვადასხვა დროს კარგად დააკვირდები, შეამჩნევ, რომ მასში ქლოროპლასტები ადგილს იცვლის. როგორ ფიქრობ, რატომ მოძრაობს ქლოროპლასტები?
2. ცხოველები სუნთვისას წარმოქმნილი ენერჯის დიდ ნაწილს მოძრაობას ახმარენ. რისთვის სჭირდება მცენარეს სუნთქვის პროცესში წარმოქმნილი ენერჯია?
3. რატომ აქვს ფოთლების უმრავლესობას ქვედა მხარე უფრო ბაცი ფერის, ზედა მხარესთან შედარებით?

IV ფოტოსინთეზი და ტრანსპორტი მცენარეებში

§15



მცენარე და მინერალები
მინერალური მარილების მნიშვნელობა მცენარეებისთვის
მინერალური მარილების უჯრედებში შეღწევის გზები
სასუქები

ფოტოსინთეზის გზით დამზადებული გლუკოზა მცენარის ორგანიზმში რთულ ნახშირწყლებად, ლიპიდებად, ნუკლეინის მჟავებად გარდაიქმნება.

1 რომელი ქიმიური ელემენტებისგან შედგება გლუკოზა?

2 რომელი ქიმიური ელემენტები მონაწილეობს ცილებისა და ნუკლეინის მჟავების მოლეკულების შენებაში?

3 გლუკოზისგან განსხვავებულ რომელ ქიმიურ ელემენტებს შეიცავენ ისინი?

საინტერესოა, როგორ ხვდებიან ეს ელემენტები მცენარეში და როგორ მზადდება მათგან რთული ორგანული ნივთიერებები, რომლებისგანაც შემდეგ მცენარის მთელი სხეული შენდება.

ამ ქიმიურ ელემენტებს ნიადაგი შეიცავს. ისინი ნიადაგში სხვადასხვა სახის მინერალური მარილების სახით არსებობენ.

განსაკუთრებით მგრძნობიარე მცენარე აზოტის ნაკლებობის მიმართაა. ამ დროს მისი ზრდა ნელდება. მცენარეს ძალიან სუსტი ღერო, უსუსური პატარა ფოთლები და ცუდად განვითარებული ფესვთა სისტემა აქვს.

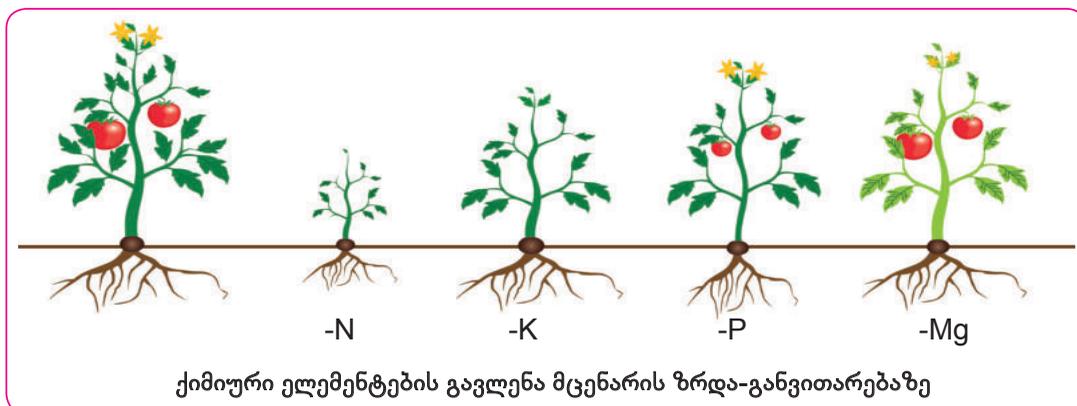
4 ახსენი, რა შეიძლება იყოს ამის მიზეზი?

კალიუმის ნაკლებობისას მცენარეს ფესვები ნორმალურად უვითარდება, თუმცა, ის ყვავილებსა და ნაყოფს ვერ წარმოქმნის.

ფოსფორის ნაკლებობა მცენარეში დნმ-ის, ფოსფოლიპიდების, ატფ-ის სინთეზის შეფერხებას იწვევს.

5 ახსენი, რატომ ფერხდება ამ დროს მცენარის ზრდა?

მაგნიუმი ქლოროფილის მოლეკულის აუცილებელი კომპონენტია. ნიადაგში მისი ნაკლებობისას ქლოროზი ვითარდება. ამ დროს მცენარეს მოყვითალო ფოთლები აქვს და ფოტოსინთეზი მასში შეფერხებით მიმდინარეობს.



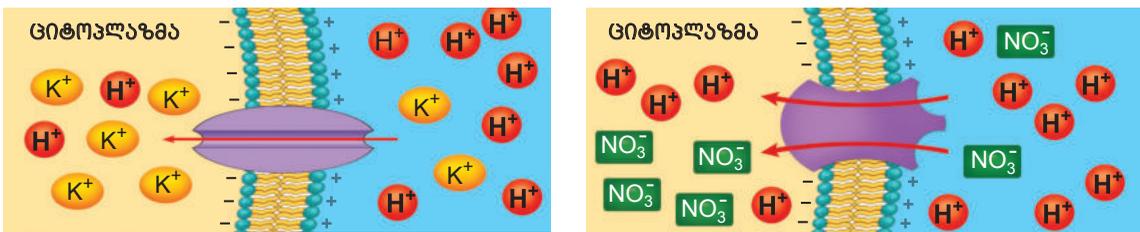
ამ მნიშვნელოვან ელემენტებს მცენარე იონების სახით შთანთქავს. აზოტს მცენარე ნიტრატის — NO_3^- -ის ან ამონიუმის — NH_4^+ -ის სახით შეიწოვს, კალიუმი ნიადაგიდან K^+ -ის სახით შეიწოვება, ფოსფორი მცენარეში ფოსფატ იონის — PO_4^{3-} -ის სახით ხვდება, მაგნიუმი კი Mg^{2+} -ის სახით.

როდესაც ნიადაგში ამ იონების გაცილებით მაღალი კონცენტრაციაა, ვიდრე ფესვის უჯრედებში, იონები უჯრედში დიფუზიის გზით აღწევს. თუმცა, მცენარეს ეს იონები შეუძლია მაშინაც შთანთქას, როდესაც მათი კონცენტრაცია ნიადაგში გაცილებით ნაკლებია, უჯრედთან შედარებით. ამ დროს იონები ფესვის უჯრედებში აქტიური ტრანსპორტით გადაადგილდება.

6 პლაზმური მემბრანის რომელი კომპონენტები მონაწილეობს იონების აქტიურ ტრანსპორტში?

7 რა სახის ენერგიას იყენებს უჯრედი აქტიური ტრანსპორტისთვის?

მცენარეების ფესვების უჯრედების პლაზმურ მემბრანაში ჩაშენებულია სატრანსპორტო ცილა — პროტონების ტუმბო, რომელიც შლის ატფ-ს და ამ დროს გამოყოფილ ენერგიას ახმარს პროტონების გადატუმბვას ფესვის უჯრედიდან მემბრანის გარეთ. ამის გამო, მემბრანის შიგნით და გარეთ განსხვავებული ნიშნის მუხტები გროვდება. იქმნება მემბრანული პოტენციალი. პროტონების გრადიენტის ენერგიას მცენარე სხვადასხვა იონის უჯრედში შეტანას ახმარს. მაგალითად, ნიადაგში არსებულ კალიუმის იონებს მემბრანის შიდა მხარეზე დაგროვებული უარყოფითი მუხტი იზიდავს. უარყოფითად დამუხტული NO_3^- -ის ანიონები, წესით, უჯრედში არ უნდა შედიოდეს. თუმცა, ისინი უჯრედში პროტონებთან ერთად, ერთი სატრანსპორტო ცილით გადაადგილდებიან.



კალიუმისა და ნიტრატის იონების ტრანსპორტი მცენარის უჯრედებში

მცენარეებისთვის ასეთი მნიშვნელოვანი ნივთიერებები ყოველთვის არ არის ხელმისაწვდომი. მათთვის ნიადაგში ამა თუ იმ მინერალური ნივთიერების არსებობა და რაოდენობა დამოკიდებულია ქანის ქიმიურ შედგენილობაზე, მცენარეული და ცხოველური ნაშთების შემცველობასა და გახრწნაზე, მცენარეებისა და წვიმის წყლების მოქმედებაზე.

მცენარეები (შენვით) და წვიმის წყლები (გამორეცხვით) აღარბებს ნიადაგს მინერალური მარილებით.

8 როგორ ფიქრობ, რა ზეგავლენა აქვს ნიადაგში მინერალური მარილების შემცველობაზე რედუცენტების მოქმედებას?

ბუნებრივ პირობებში მინერალური მარილების წარმოქმნასა და მათ დანაკარგს შორის არსებობს ბალანსი და ნიადაგი ყოველთვის შეიცავს მინერალური მარილების საკმარის რაოდენობას. მაგრამ ყანებიდან, ბაღებიდან, ბოსტნებიდან მოსავლის აღებისა და გამოტანის შემდეგ, რედუცენტებს ძალიან მცირე რაოდენობით მცენარეული ნარჩენი რჩება, რათა მათი მინერალიზაციით ნიადაგიდან მცენარის მიერ მიტაცე-

ბული მარილების დანაკარგი შეავსოს. ამიტომ ნიადაგი ხანგრძლივი გამოყენების შემდეგ, ღარიბდება და მისი ნაყოფიერება კლებულობს.

მოსავლიანობის გაზრდის მიზნით ნიადაგში სასუქები შეაქვთ.

ნაკელი, კომპოსტი, ექსკრემენტები ბუნებრივი სასუქებია.

ხელოვნური კომბინირებული სასუქია ე.წ. **NPK**, რომელიც მცენარისთვის სამ მნიშვნელოვან ელემენტს — აზოტს, ფოსფორსა და კალიუმს შეიცავს.

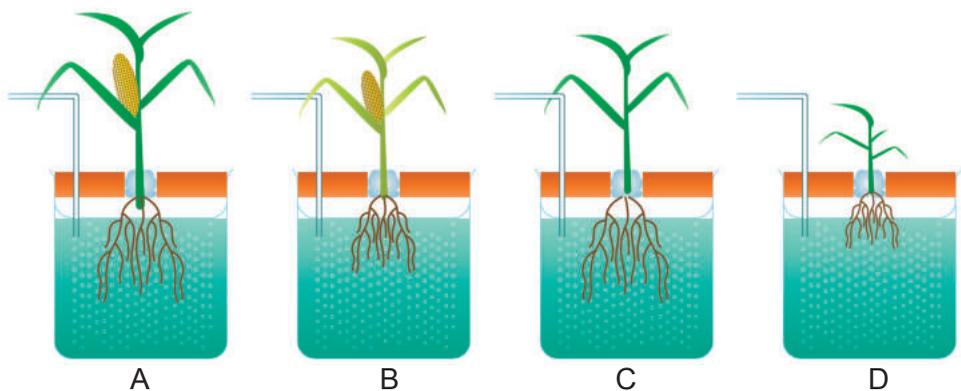
ბუნებრივ სასუქებს გარკვეული უპირატესობა აქვს ხელოვნურ სასუქებთან შედარებით. მათ გარდაქმნას რედუცენტების მიერ გარკვეული დრო სჭირდება. გარდა ამისა, ისინი კარგად იკავშირებენ და ინარჩუნებენ წყალს. ასე რომ, მცენარე დიდხანს არის უზრუნველყოფილი საკვებით. ხელოვნური სასუქები სწრაფად შეიწოვება მცენარეების მიერ და სწრაფადვე ირეცხება წვიმის წყლებით.



გლუკოზიდან ლიპიდების, ცილების, ნუკლეინის მჟავების დასამზადებლად მცენარეს სხვადასხვა ქიმიური ელემენტი ესაჭიროება. მათ მცენარე ნიადაგიდან იწოვს. ეს ქიმიური ელემენტები იონების სახით ხვდება მცენარის ორგანიზმში. ამ ელემენტების ნაკლებობისას ნიადაგში სასუქი შეაქვთ.



1. იმაზე დასაკვირვებლად, თუ რა გავლენა აქვს სხვადასხვა ქიმიურ ელემენტს მცენარის ზრდა-განვითარებაზე, მარტივ მოწყობილობას იყენებენ. ერთი და იგივე ასაკისა და ზომის მცენარეებს ათავსებენ სხვადასხვა ჭურჭელში, რომელიც განსხვავებული ქიმიური შედგენილობის ხსნარებს შეიცავს. ერთ-ერთ ჭურჭელში გაზრდილი მცენარე საკონტროლო მცენარეა, რომელსაც ზრდა-განვითარებისათვის ყველა საჭირო ქიმიური ელემენტი მიეწოდება. ყველა დანარჩენ ჭურჭელში კი ხსნარებს ერთ-ერთი ელემენტი აკლია. ყველა მცენარე ერთნაირი განათებისა და ტემპერატურის პირობებშია მოთავსებული. მოცემულ ექსპერიმენტში სიმინდს სხვადასხვა ჭურჭელში აკლია აზოტის, კალიუმისა და მაგნიუმის იონები.
 - ა. განსაზღვრე, რომელია ამ ექსპერიმენტში დამოუკიდებლად ცვლადი სიდიდე და რომელია მასზე დამოკიდებული.
 - ბ. ამოიცანი საკონტროლო მცენარე და მცენარეები რომლებსაც აკლია აზოტის, კალიუმისა და მაგნიუმის იონები.

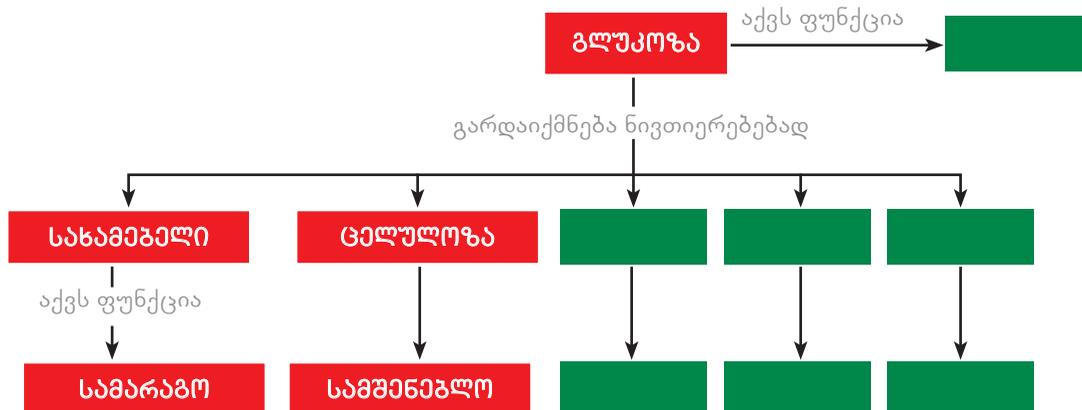


- გ. წარმოიდგინე, რომ საკონტროლო მცენარეს ჟანგბადის მიწოდება შეუწყდა. ახსენი, რა დაემართება მას?
2. ერთ-ერთი ექსპერიმენტით მეცნიერები იკვლევდნენ მაგნიუმის იონების შთანთქმას ფესვის უჯრედების მიერ. მათ ასეთი შედეგები მიიღეს:
- მაგნიუმის იონების შთანთქმა იზრდებოდა ტემპერატურის ზრდასთან ერთად.
 - 40°C-ის შემდეგ იონების შთანთქმის სიჩქარე მცირდებოდა.
 - ხსნარში ციანიდის შეტანისას შთანთქმა ჩერდებოდა.
 - შთანთქმა ჩერდებოდა, როდესაც უჯრედებს ჟანგბადს არ აწვდიდნენ.
 - შთანთქმა გრძელდებოდა, როდესაც მაგნიუმის კონცენტრაცია ხსნარში გაცილებით მცირე იყო, ვიდრე უჯრედში.
 - მაგნიუმის შთანთქმის პარალელურად, უჯრედში გლუკოზის რაოდენობა მცირდებოდა.
- უპასუხე კითხვებს:
- ა. რომელია ამ ექსპერიმენტის დამოუკიდებლად ცვლადი სიდიდეები?
- ბ. რომელია მათზე დამოკიდებული?
- გ. ექსპერიმენტის დაგეგმვიდან გამომდინარე, შენი აზრით, რა ჰიპოთეზა გააჩნდათ მეცნიერებს მაგნიუმის იონებთან დაკავშირებით?
- დ. გამართლდა მათი მოსაზრება? რა დასკვნამდე მივიდნენ ისინი?
3. მრუდი გამოხატავს დამოკიდებულებას ნიადაგში ჟანგბადის კონცენტრაციასა და იონების შთანთქმას შორის.



- ა. აღწერე რა დამოკიდებულება არსებობს ფესვის უჯრედების მიერ იონების შთანთქმასა და ნიადაგში ჟანგბადის კონცენტრაციას შორის.
- ბ. შენი აზრით, რატომ შთანთქავს ფესვის უჯრედები იონებს დიდი რაოდენობით, ნიადაგში ჟანგბადის მაღალი კონცენტრაციის პირობებში?
- გ. დააკვირდი ილუსტრაციას. ფესვის უჯრედებში იონები იმ პირობებშიც აღწევს, როდესაც ნიადაგში ჟანგბადის კონცენტრაცია ნულს უტოლდება. ახსნა მოუძებნე ამ ფაქტს.

4. გადაიტანე სქემა რვეულში და შეავსე ცარიელი უჯრები.



1. დაასახელე სასუქი, რომელიც, შენი აზრით, ნიადაგში მცენარის აღმოცენების შემდეგაც შეიძლება შეიტანო.
2. ჭარბი მორწყვისას მცენარეები ცუდად იზრდებიან. ახსენი, რატომ?
3. ფერმერები ნათესებს ზოგჯერ შავი პოლიეთილენით ფარავენ. როგორ ფიქრობ, რატომ?



ფოსფორის დეფიციტი მცენარეში აზოტისა და კალიუმის შენოვას აფერხებს. ახსენი, რატომ?



დიდი სამრეწველო ქალაქების გამდინარე წყლები ხშირად ტოქსიკურ ქიმიურ ელემენტებს — სელენს, კადმიუმს, კალას შეიცავს, რომელიც ფესვებით მცენარეებში ხვდება. ასეთი მცენარეების საკვებად გამოყენება უკიდურესად საშიშია.

IV ფოტოსინთეზი და ტრანსპორტი მცენარეებში

§16



მცენარის სატრანსპორტო სისტემა
ფისკური წნევა, ტრანსპირაცია

ფესვის უჯრედებში შეღწეულმა იონებმა და ოსმოსით შთანთქმულმა წყალმა ფოთლებამდე უნდა მიაღწიოს.

ფესვის განივი ჭრილზე კარგად ჩანს მცენარის ამ ორგანოს აგებულება. ფესვი გარედან ეპიდერმისითაა დაფარული, რომელიც თხელკედლიანი უჯრედების ერთი შრისგან შედგება. ამ უჯრედების უმრავლესობას წვრილი გამონაზარდები — ბუსუსები გააჩნია, რომლებიც ძალიან ზრდის ფესვის შემწვოვ ზედაპირს.

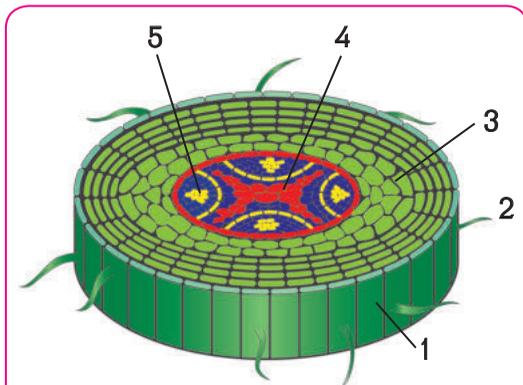
1 შეადარე ფესვისა და ფოთლის ეპიდერმისის უჯრედები და დააკავშირე მათი აგებულების თავისებურებანი ფუნქციებთან.

ეპიდერმისის ქვეშ ფესვის ქერქია, რომელიც მსხვილი თხელკედლიანი უჯრედებისგან შედგება. მცენარეთა უმრავლესობაში აქ ორგანული ნივთიერებები მარაგდება.

ქერქის შემდეგ, ფესვის ცენტრში გამტარი ქსოვილებია მოთავსებული.

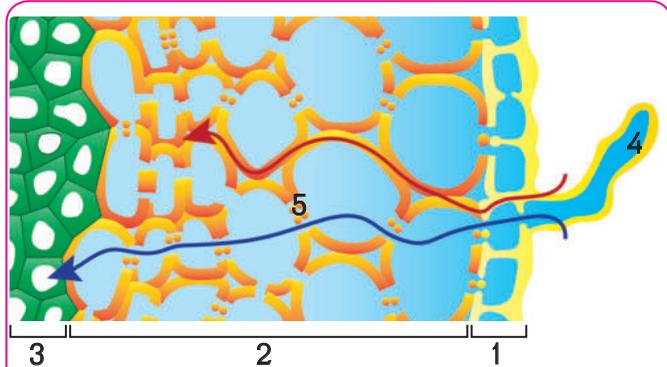
წყალი და მინერალური მარილები ეპიდერმისის ბუსუსიანი უჯრედებიდან ქერქის მეზობელ უჯრედებს პლაზმოდესმების საშუალებით გადაეცემა.

პლაზმოდესმები ციტოპლაზმური ხიდაკებია, რომლებიც მეზობელ უჯრედებს ერთმანეთთან აკავშირებს. წყალი ერთი უჯრედიდან მეორეს, შესაძლოა, ციტოპლაზმის გვერდის ავლით, უჯრედის კედლის საშუალებითაც გადაეცეს. ასე თანდათან აღწევს წყალი ნიადაგიდან ფესვის ღრმად მდებარე უჯრედებში. უფრო დიდ მანძილზე ნივთიერებათა გადატანას მცენარის სპეციალიზებული ქსოვილები — ქსილემა და ფლოემა ემსახურება.



ფესვის განივი ჭრილი

1. ეპიდერმისი;
2. ბუსუსი;
3. ქერქი;
4. ქსილემა;
5. ფლოემა.



წყლის მოძრაობა ბუსუსიდან ქსილემამდე

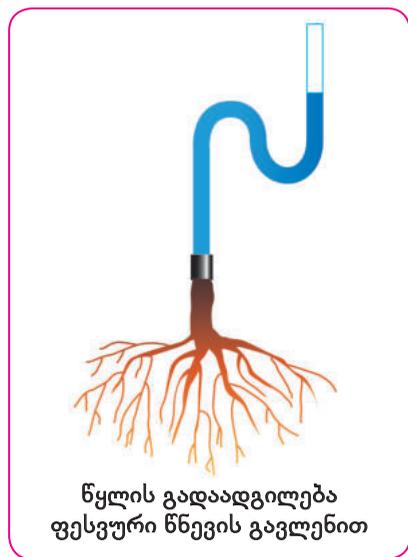
1. ეპიდერმისი; 2. ქერქი; 3. ქსილემა; 4. ბუსუსი;
5. პლაზმოდესმა.

ქსილემა ერთმანეთზე დალაგებული მკვდარი უჯრედებისგან შედგება. მათ ერთმანეთთან დამაკავშირებელი განივი კედლები ჩაშლილი აქვთ და გრძელ ცარიელ მილებს წარმოქმნიან. ამ მილებს ჭურჭლებსაც უწოდებენ. ჭურჭლების კედელი ლიგნინითაა გაყლენილი, რაც მას დამახასიათებელ გარეგნობას აძლევს. ლიგნინი მილებს სიმტკიცეს ანიჭებს. ქსილემაში წყალი მხოლოდ ერთი მიმართულებით — ფესვებიდან ფოთლებისკენ მოძრაობს. ქსილემა ფესვის ცენტრში ვარსკვლავისებურად არის განლაგებული. მის სხივებს შორის ფლოემაა მოთავსებული.

ფლოემა ე.წ. საცრისებრი მილებისა და თანმხლები უჯრედებისგან შედგება. საცრისებრი მილები ცოცხალი უჯრედებია, თუმცა, მათ ბირთვი და სხვა ორგანოიდები არ გააჩნია. უჯრედების განივი კედლების ხვრელებით ორგანული ნივთიერებები ერთი უჯრედიდან მეორეში გადადის. თანმხლები უჯრედები ორგანული ნივთიერებების ტრანსპორტში არ მონაწილეობს. ისინი საცრისებრ მილებს სასიცოცხლო პროცესების განხორციელებაში ეხმარება.

2 თანმხლები უჯრედები აწვდის საცრისებრ მილებს ცილებსა და ატფ-ს. რატომ სჭირდება საცრისებრ მილებს დახმარება? რატომ ვერ ასინთეზებს ისინი ამ ნივთიერებას?

ფლოემაში ორგანული ნივთიერებები სხვადასხვა მიმართულებით მოძრაობენ. მაგალითად, შემოდგომაზე გლუკოზიდან წარმოქმნილი საქაროზა ფოთლებიდან ფესვებისკენ მოძრაობს, იქ სახამებლად გადაიქცევა და ქერქში მარაგდება. გაზაფხულზე სახამებელი კვლავ საქაროზად გარდაიქმნება და ქსილემის გავლით კვირტებს მიეწოდება.

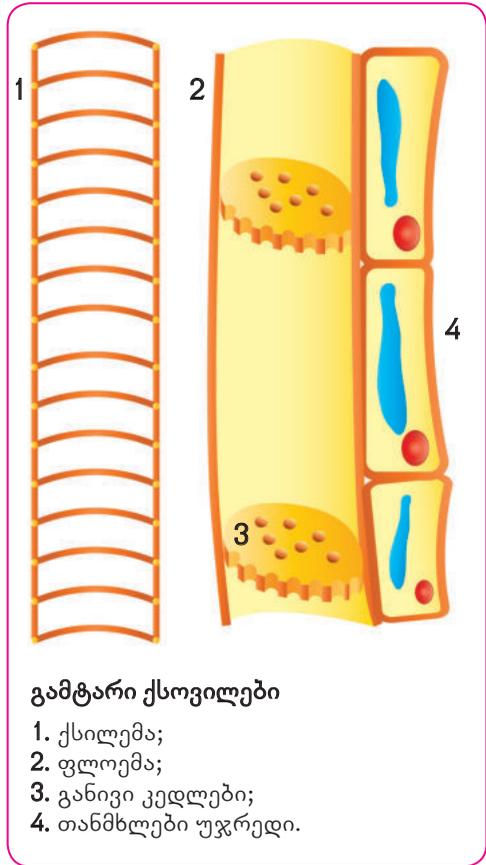


წყლის გადაადგილება ფესვური წნევის გავლენით

ფესვის ეპიდერმისით შეწოვილი წყალი საბოლოოდ ჭურჭლებს მიაღწევს და იქ გარკვეული სიმაღლის სვეტს წარმოქმნის. თუ მცენარის ღეროს ფესვთან ახლოს გადაჭრი და მას მინის მილს მიუერთებ, დაინახავ, რომ მილში წყალი ჩადგება. ამ მოვლენას **ფესვურ წნევას** უწოდებენ. სვეტის სიმაღლემ ზოგჯერ, შესაძლოა, 30-50 სმ-საც კი მიაღწიოს.

ზოგიერთი ბალახოვანი მცენარისთვის ეს სრულიად საკმარისია, რათა წყალი ფოთლებს მიეწოდოს.

მაგრამ როგორ უნდა მიაღწიოს წყალმა ფესვებიდან ფოთლებამდე, როდესაც ხე-მცენარის სიმაღლე ათეულობით მეტრია?



გამტარი ქსოვილები

1. ქსილემა;
2. ფლოემა;
3. განივი კედლები;
4. თანმხლები უჯრედი.

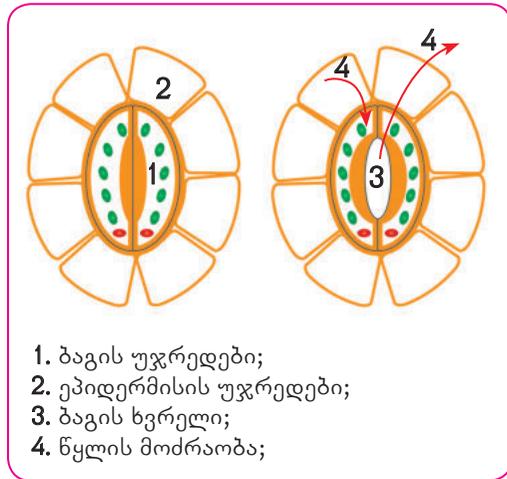
სიმაღლეზე წყლის ატანაში ფოთლები მონაწილეობს.

ერთი შეხედვით, საოცარია, მაგრამ მცენარე ფესვებით შეწოვილი წყლის მხოლოდ 1-2%-ს იტოვებს, დანარჩენ 98-99%-ს კი ატმოსფეროში წყლის ორთქლის სახით გამოყოფს. თუმცა, ეს არ ნიშნავს იმას, რომ მცენარე ფუჭად და არარაციონალურად შრომობს. წყლის აორთქლებით ის თავს იცავს გადახურებისგან. მცენარის მიერ წყლის აორთქლებას **ტრანსპირაცია** ეწოდება.

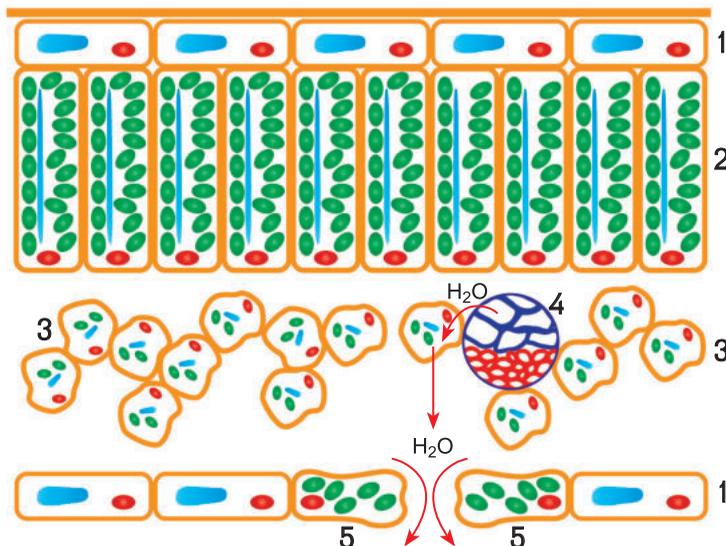
3 მოიტანე ანალოგიური მაგალითი ცხოველთა სამყაროდან.

ბაგის უჯრედებს ხვრელისკენ მიმართული კედელი გასქელებული აქვს, მისი მოპირდაპირე კედელი კი თხელია. ბაგის უჯრედები, ეპიდერმისის უჯრედებისგან განსხვავებით, ქლოროფილს შეიცავენ. მზის სინათლეზე მასში გლუკოზა წარმოიქმნება და ეპიდერმისის მეზობელი უჯრედებიდან ბაგის უჯრედებში წყალი შედის. უჯრედები იბერება. კედლების არათანაბარი გასქელების გამო, ისინი ფორმას იმდაგვარად იცვლიან, რომ მათ შორის ხვრელი წარმოიქმნება.

ღრუბლისებურ უჯრედებს შორის სივრცეში წყლით გაჯერებული ჰაერი ბაგის ხვრელით ფოთლიდან გარეთ გამოდის. ფოთლის შიგნით ტენიანობა იკლებს, ამიტომ ღრუბლისებრი უჯრედებიდან წყალი უჯრედშორის სივრცეში გადმოდის. უჯრედი, რომელმაც წყალი დაკარგა, მის დეფიციტს მეზობელი უჯრედიდან ინაზღაურებს. ის, თავის მხრივ, მის მეზობელ უჯრედს ართმევს წყალს და ა.შ. საბოლოოდ, აორთქლებული წყლის დანაკარგი ქსილემის წყლით ივსება. წყალი ქსილემაში ერთ მთლიან სვეტად დგას.



1. ბაგის უჯრედები;
2. ეპიდერმისის უჯრედები;
3. ბაგის ხვრელი;
4. წყლის მოძრაობა;



ტრანსპირაცია

1. კანის უჯრედები; 2. მესრისებური უჯრედები; 3. ღრუბლისებური უჯრედები;
4. გამტარი ქსოვილები; 5. ბაგის უჯრედები.

4 გაიხსენე, რომელი ძალები მონაწილეობს წყლის მოლეკულების ერთმანეთთან დაკავშირებაში?

იმის გამო, რომ წყლის მოლეკულები ერთმანეთთან შეჭიდულა, სვეტის „თავში“ მდგომი წყლის მოლეკულა აორთქლებისას წყლის მთლიან სვეტს ზემოთ ექაჩება და სვეტი ზემოთ იწევს. წყალი ახლა ქსილემასთან უშუალო შეხებაში მყოფ ფესვის უჯრედს აკლდება. ის წყალს თავის მეზობელ უჯრედს ართმევს. ასე რიგრიგობით, ერთმანეთის ხარჯზე ივსებს წყლის დეფიციტს ფესვის უჯრედები. საბოლოოდ, ფესვის ეპიდერმისის ბუსუსიანი უჯრედები მეზობელი უჯრედების მიერ წართმეულ წყალს ნიადაგის წყლიდან ინაზღაურებს.

როგორც ხედავ, მთელი წყალი მცენარეში, ფოთლის ბაგის უჯრედიდან დაწყებული, ფესვის ბუსუსებიანი უჯრედით დამთავრებული, ერთ მთლიან ჯაჭვს ქმნის, რომელიც განუწყვეტლივ მოძრაობს. მას ორი ძალა — ფესვური წნევა და ტრანსპირაცია ამოძრავებს. მოძრაობის სიჩქარემ. შესაძლოა, 1 საათში 40 მეტრსაც კი მიაღწიოს. გამოთვლილია, რომ ერთ საშუალო სიდიდის ხე-მცენარეს დღეში 200 ლიტრამდე წყლის აორთქლება შეუძლია.

მცენარეებს სხვადასხვაგვარი შეგუებულობანი გამოუმუშავდათ წყლის დეფიციტისა და სიჭარბის მიმართ.

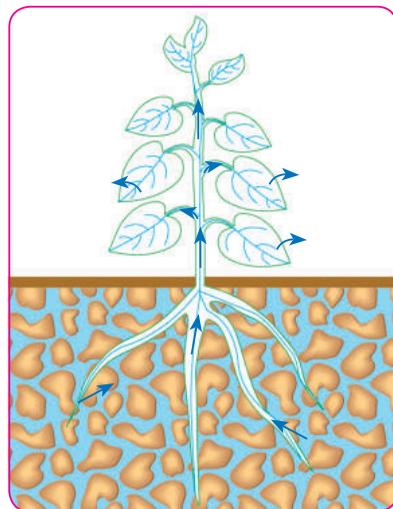
5 კაქტუსს ფოთლები არ აქვს. სად და როგორ იმზადებს ის საკვებს?

ხმელეთის მცენარეების უმრავლესობას, რომლებსაც ჰორიზონტალურად განლაგებული ფოთლები აქვთ, ბაგეები ფოთლის ქვედა ეპიდერმისზე აქვთ განლაგებული, რათა მზის პირდაპირმა სხივებმა წყლის დიდი დანაკარგი არ გამოიწვიოს.

6 შენი აზრით, როგორი უნდა იყოს ბაგეების განლაგება სიმინდის ან ხორბლის ვერტიკალურად მდგარ ფოთლებში?

წყლის მცენარეს დუმფარას ფესვები მთლიანად წყალში აქვს მოთავსებული, მისი ფოთლები კი წყლის ზედაპირზე ტივტივებს.

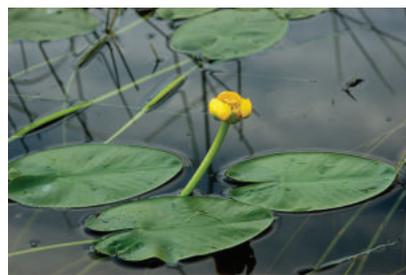
7 როგორ ფიქრობ, რა აკავებს დუმფარას დიდი ზომის ფოთლებს წყლის ზედაპირზე? რატომ არ იძირება ის, რა ამსუბუქებს მას? სად აქვს დუმფარას ფოთლებს ბაგეები?



წყლის გადაადგილება მცენარეში



დიდ მანძილზე ნივთიერებათა გადასაადგილებლად მცენარეებს სატრანსპორტო სისტემა გააჩნიათ. ქსილემაში არაორგანული ნივთიერებები ერთი მიმართულებით — ფესვებიდან ფოთლებისკენ მოძრაობენ. ფლოემა ორგანულ ნივთიერებებს სხვადასხვა მიმართულებით ატარებს. ფესვებიდან ფოთლებისკენ წყალს ორი ძალა — ფესვური წნევა და ტრანსპირაცია ამოძრავებს. ტრანსპირაცია იცავს მცენარეს გადახურებისგან.



დუმფარა



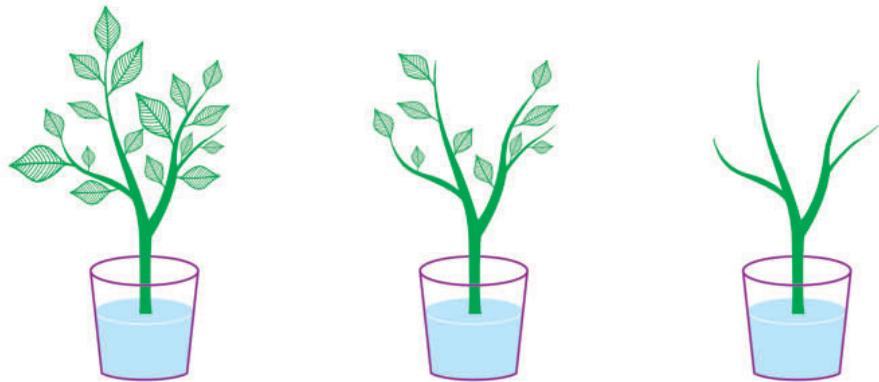
1. ქოთნის მცენარეს შემოახვიე პოლიეთილენის პარკი და დაამაგრე ისე, რომ მასში ჰაერმა ვერ შეაღწიოს. დადგი ქოთანი მზიან ადგილას რამდენიმე საათის განმავლობაში. პარკის კედლებზე წვეთებს შეამჩნევ.
- ა. საიდან გაჩნდა წვეთები? რომელი ნივთიერების წვეთებია?
- ბ. როგორ ფიქრობ, იგივე რაოდენობის წვეთები წარმოიქმნება ღამით? ახსენი, რატომ ფიქრობ ასე. შეამოწმე შენი ვარაუდი.
2. მცენარეების სატრანსპორტო სისტემის შესასწავლი ერთ-ერთი პირველი ექსპერიმენტი XVII საუკუნის იტალიელ მეცნიერს, მარჩელო მალპიგის ეკუთვნის. ის რგოლურად აჭრიდა ხეს ქერქს. ქერქს ღეროს გარეთა ნაწილს უწოდებენ, რომელიც, მფარავი და მექანიკური ქსოვილების გარდა, ფლოემასაც შეიცავს. ცოტა ხანში შემორგოლილი უბნის ზემოთ ქერქი სქელდებოდა და იქიდან სითხე ჟონავდა, რომელსაც მწერები ეხვეოდნენ. გარკვეული ხნის შემდეგ ფოთლები ჭკნებოდა და მცენარე იღუპებოდა.



- ა. ახსენი, რისი გარკვევა სურდა ამგვარად დაგეგმილი ცდით მალპიგის?
- ბ. რა სითხე ჟონავდა ქერქიდან?
- გ. რატომ ინარჩუნებდნენ ფოთლებიცა და მცენარეც გარკვეული ხნის მანძილზე სიცოცხლისუნარიანობას?
- დ. რატომ დაიღუპა მცენარე ფოთლების დაჭკნობის შემდეგ?
- ე. რა დასკვნა გააკეთა მალპიგი ამ ცდის შედეგების მიხედვით?
3. თუ გსურს, თვალი მიადევნო წყლის გადადგილებას ქსილემაში, აიღე რომელიმე გრძელღეროიანი თეთრყვავილებიანი მცენარე, მაგალითად, კალა, მიხაკი ან ქრიზანთემა. ბასრი დანით ან მაკრატლით ფრთხილად გაჭერი ყვავილის ღერო სიგრძეზე და მისი ერთი ნაწილი მოათავსე ლურჯი საკვები საღებავით შეფერილ წყალში, ხოლო მეორე — წითელსაღებავიან წყალში. დააკვირდი, რამდენიმე საათში

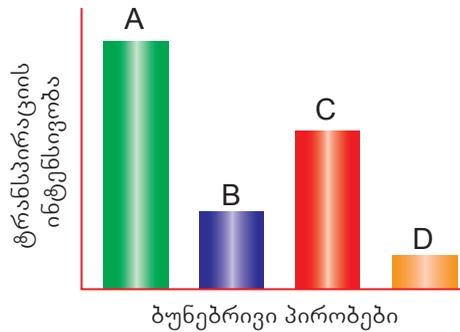
როგორ შეიფერება ყვავილის ფურცლები სხვადასხვა ფერად. გადაჭერი ყვავილის ღერო ჰორიზონტალურად და ლუპით დააკვირდი გადანაჭერზე სხვადასხვა ფერად შეფერილი ქსილემის მდებარეობას.

4. ეს ექსპერიმენტი XVIII საუკუნეში ინგლისში სტეფან ჰეილზმა ჩაატარა. მან მცენარეს სამი ტოტი მოჭრა, რომელთაც დაახლოებით თანაბარი რაოდენობის ფოთოლი ესხა. ჰეილზმა ერთ-ერთ მათგანს ფოთლების რაოდენობის ნახევარი მოაცილა, მეორეს კი არც ერთი ფოთოლი არ დაუტოვა. ამის შემდეგ მან სამივე ტოტი სამ სხვადასხვა ჭურჭელში მოათავსა, რომლებშიც თანაბარი რაოდენობის წყალი ესხა. ჰეილზის ექსპერიმენტი ილუსტრაციაზეა წარმოდგენილი. დააკვირდი ილუსტრაციას და ივარაუდე, რა ჰიპოთეზა გააჩნდა ჰეილზს და რა დასკვნამდე მივიდა ის ექსპერიმენტის შედეგად.



5. შენი ამოცანაა, დაგეგმო და ჩაატარო ექსპერიმენტი, რომელიც გიჩვენებს, რომელი უფრო დიდ როლს თამაშობს წყლის ტრანსპორტირებაში — ფესვური წნევა თუ ტრანსპირაცია. შენს ხელთაა ლობიოს რამდენიმე სამკვირიანი აღმონაცენი, დანაყოფებიანი დიდი ზომის ქიმიური სინჯარები, ქიმიური ჭიქა წყლით, პიპეტი, ბასრი დანა და მზესუმზირის ზეთი. შეარჩიე სამი აღმონაცენი და ჩაატარე ექსპერიმენტი. უპასუხე კითხვებს:
 - ა. როგორი აღმონაცენები შეარჩიე ექსპერიმენტისთვის?
 - ბ. რომელი მცენარე წარმოადგენდა კონტროლს მოცემულ ექსპერიმენტში?
 - გ. რისთვის დაგჭირდა დანა? როგორი მანიპულაცია ჩაუტარე დანარჩენ ორ მცენარეს?
 - დ. როგორ გამოიყენე ზეთი?
 - ე. რომელ სინჯარაში დაიწია ყველაზე მეტად წყლის დონემ?
 - ვ. რა დასკვნას გაკეთებ, ცდის შედეგიდან გამომდინარე?
 - ზ. შეადარე შენი ექსპერიმენტი ჰეილზის ექსპერიმენტს. შენი ექსპერიმენტის რომელმა პირობამ გაზარდა მონაცემების სარწმუნოება, ჰეილზის ექსპერიმენტთან შედარებით?

6. დიაგრამა გიჩვენებს მცენარის ტრანსპირაციის ინტენსივობას:
- ა. ძლიერი განათებისას;
 - ბ. ძლიერი განათებისა და ქარის დროს;
 - გ. ღამით;
 - დ. ღამით ძლიერი ტენიანობისას.
- იპოვე ამ პირობების შესაბამისი სვეტები.



7. ერთი და იგივე ნაბლის ხიდან 4 ფოთოლი მოწყვიტეს. ფოთლები აწონეს. ერთს ცვილით დაუფარეს ზედა და ქვედა ზედაპირი, მეორეს მხოლოდ ქვედა, მესამეს — მხოლოდ ზედა, მეოთხე კი ცვილით არ დაუმუშავებიათ. ოთხივე ფოთოლი ჰაერზე ერთი და იგივე პირობებში მოათავსეს. 48 საათის შემდეგ ფოთლები ისევ აწონეს. ცდის შედეგებს ცხრილი გიჩვენებს.

	ფოთლის საწყისი მასა (გრ.)	ფოთლის საბოლოო მასა (გრ.)	მასის ცვლილება (%)
ა	5.2	5.1	
ბ	5.6	5.4	
გ	4.9	3.5	
დ	5.1	3.5	

- ა. გადაიწერე ცხრილი რვეულში. გამოიანგარიშე ფოთლების მასის პროცენტული ცვლილებები და შეავსე ცხრილის შესაბამისი გრაფა.
- ბ. ცხრილის მონაცემების მიხედვით ამოიცანი პირველი, მეორე, მესამე და მეოთხე ფოთოლი. ახსენი რას ეფუძნება შენი მოსაზრება.
- გ. როგორ ფიქრობ, იგივე შედეგებს მიიღებდნენ, ნაბლის ხის ნაცვლად სიმინდის ან ხორბლის ფოთლები რომ გამოეყენებინათ?
- დ. რომელ ვარიანტებს შორის იქნებოდა განსაკუთრებით დიდი სხვაობა სიმინდისა და ნაბლის ხის ფოთლებს შორის?
- ე. სიმინდისა და ნაბლის ხის ფოთლების რომელი ვარიანტების შედეგები დაემთხვეოდა ერთმანეთს?

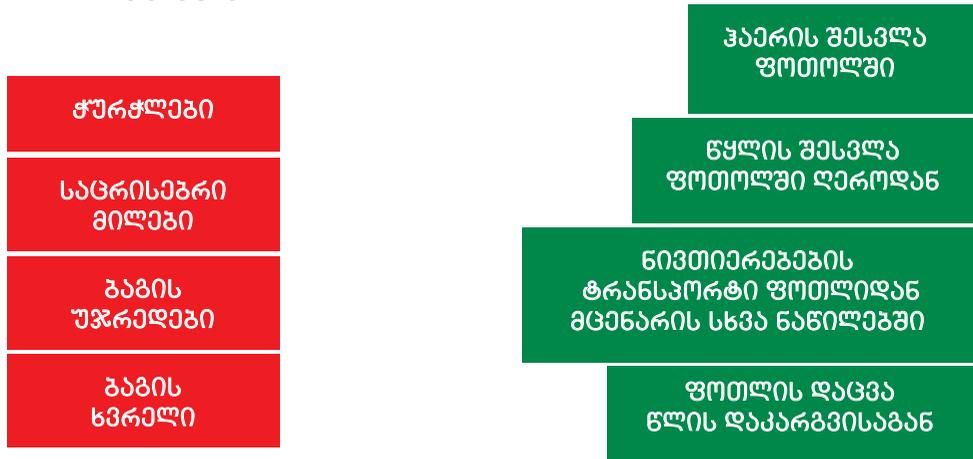


1. დაასახელე სამი მთავარი ფაქტორი, რომელიც წყალს აიძულებს, ფესვიდან ფოთლის მიმართულებით გადაადგილდეს.

2. აღწერე, რით განსხვავდება ბაგეების უჯრედები ეპიდერმისის სხვა უჯრედებისგან და რა მნიშვნელობა აქვს ამას მცენარისთვის.



1. გადაიტანე სქემა რვეულში და დაუკავშირე ფოთლის სტრუქტურები მათ ფუნქციებს.



2. მცენარის რომელ ნაწილებშია ქსილემა:

- ა. ფოთლებში;
- ბ. ღეროში;
- გ. ფესვში;
- დ. ყველა ზემოთ ჩამოთვლილში;
- ე. არც ერთ მათგანში.

3. გადაინერე ტექსტი და ჩანერე გამოტოვებული სიტყვები.

წყალი მცენარეში ფესვის ----- შედის. ისინი ძალიან ----- ფესვის შემწვოვ ზედაპირს. წყლის გარდა, მისი საშუალებით აღწევს მცენარეში სხვადასხვა იონები ----- და ----- ტრანსპორტით. ----- იონი აუცილებელია ქლოროფილის სინთეზისთვის. ----- მონაწილეობს ცილების სინთეზში. ----- და ----- შედის ნუკლეინის მჟავებისა და ატფ-ის შედგენილობაში.



1. მოიფიქრე და დაასახელე პირობები, რომლის დროს ფესვმა წყალი შთანთქმის ნაცვლად შეიძლება დაკარგოს.

2. ფესვებით მოპოვებული წყლის 98%-ს მცენარე აორთქლებს კარგავს. ამ დანაკარგში დიდი წვლილი ბაგეებს მიუძღვის. რა მოხდებოდა, მცენარეს ბაგეები რომ არ ჰქონოდა და გასაგრილებლად წყალი ფოთლის ზედაპირიდან აეორთქლებინა?



1. თუ გსურს, ჭკნობაშეპარულ მოჭრილ ვარდს სიცოცხლე გაუხანგრძლივო, ბასრი დანით ირიბად გადაუჭერი ღეროები და 1-2 საათის განმავლობაში ცხელ წყლიან (40°C) ქილაში ჩადე. მცენარე თვალსა და ხელს შუა გამოცოცხლდება.

§17

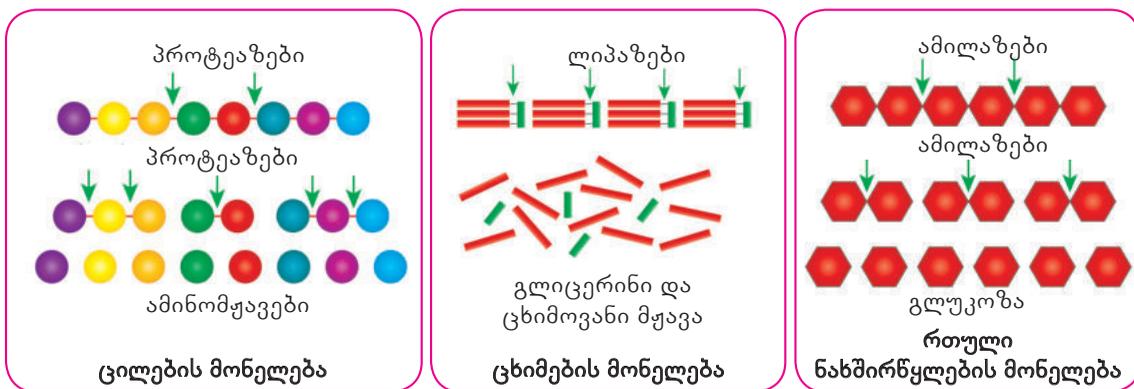


ჰეტიროტროფული კვების ტიპი

ერთუჯრედიანების, უხერხემლო და ხერხემლიანი ცხოველების კვება და მონელება

ჰეტეროტროფებს — უქლოროფილო მცენარეებსა და ბაქტერიების უმრავლესობას, სოკოებს, ცხოველებს, ადამიანებს, არ შესწევთ უნარი, მცენარეების მსგავსად, იარსებონ არაორგანული ნივთიერებების ხარჯზე და შექმნან მათგან ორგანული ნივთიერებები. ამიტომ ისინი საკვებად სხვა ორგანიზმების ორგანულ ნივთიერებებს იყენებენ.

საკვები პროდუქტი შეიცავს ცხიმებს, ცილებს, ნახშირწყლებს, აგრეთვე წყალს, მინერალურ მარილებსა და ვიტამინებს. ამ ნივთიერებებიდან ორგანიზმი პირდაპირ მხოლოდ წყალს, მინერალურ მარილებსა და ვიტამინებს ითვისებს, ხოლო დანარჩენს მხოლოდ მთელი რიგი ქიმიური გარდაქმნების შემდეგ, ვინაიდან ეს ნივთიერებები ვერ გადის უჯრედების მემბრანებში. ამიტომ საკვების ცილების, ცხიმებისა და ნახშირწყლების რთული, დიდი ზომის მოლეკულები განიცდის მონელებას, ანუ ფერმენტების მოქმედებით იხლიჩება შედარებით მარტივ, პატარა მოლეკულებად: ცილები — ამინომჟავებად, ცხიმები — ცხიმოვან მჟავებად და გლიცერინად, ხოლო რთული ნახშირწყლები — გლუკოზად.



მემბრანის გავლით უჯრედში შეღწევის შემდეგ ამ ნივთიერებების ნაწილიდან ორგანიზმისთვის დამახასიათებელი ცილები, ცხიმები და ნახშირწყლები სინთეზდება, ხოლო ნაწილი კი იჟანგება, იწვება ენერჯის მისაღებად.

ჰეტეროტროფული ცხოველები საკვებს სხვადასხვაგვარად მოიპოვებენ და ინელებენ.

განარჩევნ ჰეტეროტროფული კვების ოთხ ტიპს: ჰალოზოურს, საპროფიტულს, სიმბიოზურსა და პარაზიტულს.

ჰალოზოური ტიპით მკვებავი ორგანიზმები — ცხოველები და მწერიჭამია მცენარეები საკვებს სხეულის შიგნით მოაქცევენ. მომწელებელი წვეწების მოქმედებით საკვები ნივთიერებები მოინელება — გარდაიქმნება მცირე ზომის მოლეკულებად, რომელსაც ორგანიზმი შეინოვს და გამოიყენებს ენერჯის მისაღებად ან მისი ორგანიზმისთვის დამახასიათებელი ნივთიერებების სინთეზისთვის. ცხოველების უმრავლესობას ამისთვის გააჩნია სპეციალური საჭმლის მომწელებელი ტრაქტი, სადაც ეს პროცესი მიმდინარეობს.



მწერიჭამია მცენარე

ჰალოზოური კვება ახასიათებთ მწერიჭამია მცენარეებსაც, რომლებიც მიტყუებულ მწერებს სახეშეცვლილ ფოთლებს შორის მოიქცევენ და მომწელებელი წვეწებით მოინელებენ.

საპროფიტული ტიპით მკვებავი ჰეტეროტროფული ორგანიზმები — სოკოები, ბაქტერიების უმრავლესობა ფერმენტებს გარეთ — უშუალოდ საკვებზე გამოყოფენ. საპროფიტების საკვების — მკვდარი ან ხრწნადი ორგანიზმების ორგანული ნივთიერებების მონელება ამ შემთხვევაში ამ ორგანიზმების გარეთ ხდება. მონელების საბოლოო პროდუქტებს — მარტივ, ხსნად მოლეკულებს საპროფიტები ადვილად შეინოვენ.



საპროფიტული სოკო

სიმბიოზური ტიპით კვებისას სხვადასხვა ორგანიზმი საკვების მიღების მიზნით ერთიანდება. მაგალითად, უმარტივესები, რომლებიც ცელულოზას საპროფიტულად ინელებენ, ბინადრობენ ტერმიტების ნაწლავებში. უმარტივესები მონელებული საკვების ნაწილს საკუთარი მიზნებისთვის იყენებენ, ხოლო ნაწილს ტერმიტებს

უნილადებენ, რომლებსაც ცელულოზის გადამუშავება არ შეუძლიათ. ტერმიტები მთლიანად არ არიან დამოკიდებული უმარტივესებზე. მათ ჰალოზოურადაც შეუძლიათ კვება.

კვების **პარაზიტული ტიპი** გულისხმობს ერთი ორგანიზმის მიერ მეორის ცოცხალ საკვებ სუბსტრატად გამოყენებას. პარაზიტები მთლიანად მასპინძელი ორგანიზმის ხარჯზე არსებობენ.

1 გაიხსენე პარაზიტული უხერხემლო ცხოველები. სად ბინადრობენ და როგორ იკვებებიან ისინი?



რაფლეზია

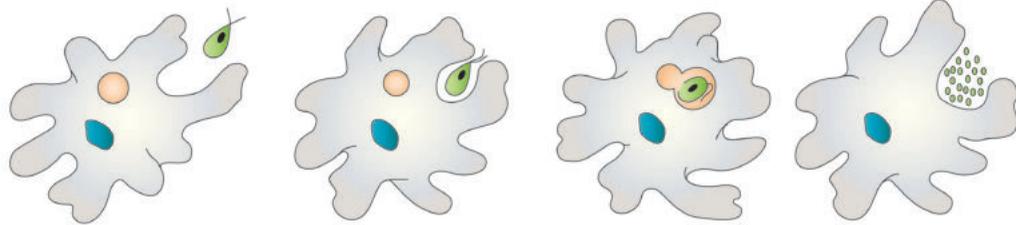


ფითრი

ლიანების ფესვებზე დასახლებული რაფლეზია მასპინძელი მცენარის წვეწებით იკვებება.

ნახევრად პარაზიტია ფითრი, ვინაიდან მასპინძელი მცენარიდან ის მხოლოდ წყალსა და მინერალურ მარილებს იწოვს, ხოლო ორგანულ ნაერთებს თვითონ ასინთეზებს თავის ხორცოვან მწვანე ფოთლებსა და ყლორტებში.

ამება და სხვა ერთუჯრედიანები იკვებებიან მათზე პატარა არსებებით — ერთუჯრედიანი წყალმცენარეებით, ბაქტერიებით, წვრილი უმარტივესებით. მაგრამ ისინი არც იმდენად პატარები არიან, რომ დაუბრკოლებლად შეაღწიონ უჯრედის მემბრანაში. გამოსავალი ფაგოციტოზში — დედამინაზე კვების ერთ-ერთ უძველეს ხერხშია.

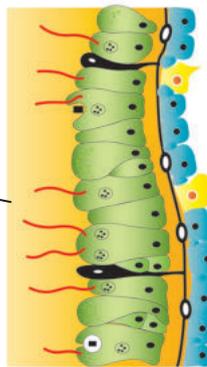
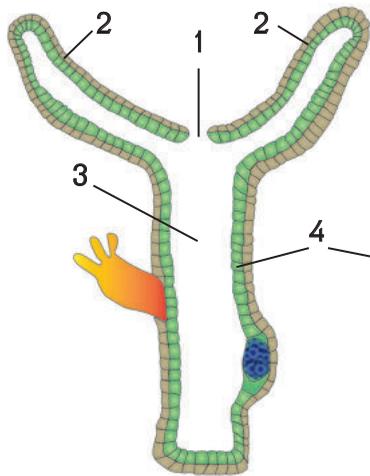


ამების კვება და საკვების მონელება

ერთუჯრედიანებში საკვების მონელება უჯრედის შიგნით მიმდინარეობს, ამიტომ მონელების ამ ტიპს **უჯრედშიდა მონელება** ჰქვია.

2 გაიხსენე ცხოველები, რომლებსაც უჯრედშიდა მონელება ახასიათებთ.

ყველა ნაწლავლრუიანის — ჰიდრას, მედუზას, მარჯნის პოლიპის კვება და საკვების მონელება ერთმანეთის მსგავსია. მსხვერპლს ეს მტაცებელი ცხოველები ჯერ ადამბლავებენ ან კლავენ, ხოლო შემდეგ საცეცებით პირისკენ აგზავნიან.



1. პირი;
2. საცეცები;
3. ნაწლავის ღრუ;
4. ენტოდერმის უჯრედები.

ჰიდრას კვება და საკვების მონელება

ჰიდრა ნაწლავის ღრუში საკვებს ოთხი საათის მანძილზე ინელებს. ამისთვის მისი ენტოდერმის ზოგიერთი უჯრედი გამოყოფს საჭმლის მომნელებელ წვენს. სწორედ ამ წვენის ფერმენტების მოქმედებით, მსხვერპლის საკვები ნივთიერებები შედარებით მცირე ფრაგმენტებად იშლება. ასეთ მონელებას **უჯრედგარე მონელება** ჰქვია.

ჰიდრას ნაწლავის ღრუში ნაწილობრივ მონელებულ საკვებს ენტოდერმის სხვა უჯრედები ამების მსგავსი ცრუ ფეხებით შთანთქავს. ამ უჯრედებში მონელება ისევ მიმდინარეობს, როგორც ამებაში. საკვები ნივთიერებების მონელების პროდუქტები ამ უჯრედებიდან ყველა უჯრედში გადანაწილდება. მოუნელებელი ნარჩენები ჯერ ნაწლავის ღრუში გადადის, ხოლო იქიდან ისევ პირით გარეთ გამოიდევენება.

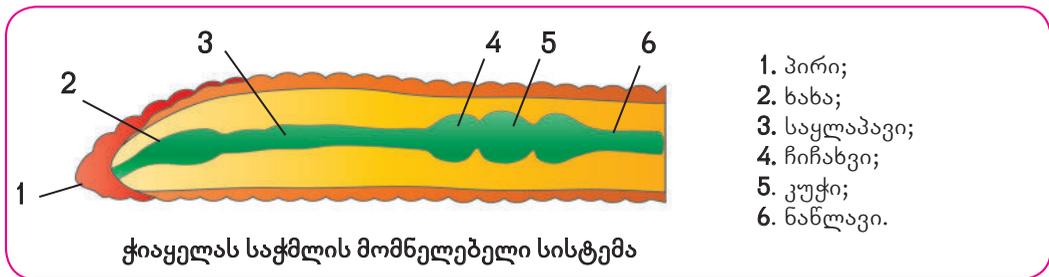
ეს, რა თქმა უნდა, ჰიდრას უხერხულობას უქმნის — სანამ მონელება არ დასრულდება და ნარჩენები გარეთ არ გამოიღვენება, მას საკვების ახალი ულუფის მიღება არ შეუძლია.

ეს პრობლემა გამჭოლმა საჭმლის მომნელებელმა სისტემამ გადაწყვიტა.

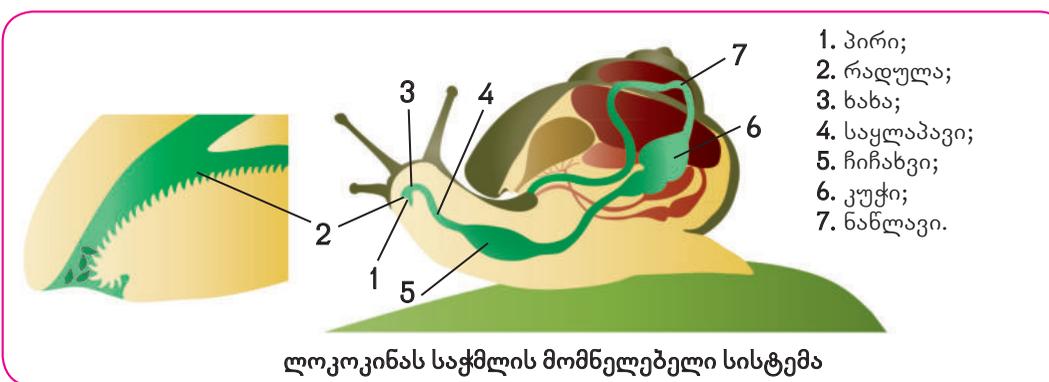
ასეთი საჭმლის მომნელებელი სისტემა ერთგვარ მილს წარმოადგენს, რომელსაც ორივე ბოლოში ხვრელი აქვს; ერთში საკვები შედის, ხოლო მეორეთი მოუნელებელი ნარჩენები იღვენება. საკვები ამ მილში ერთი მიმართულებით მოძრაობს, ასე რომ, ცხოველს თავისუფლად შეუძლია მიიღოს ახალი საკვები, როცა ადრე მიღებულის მონელება ჯერ კიდევ მიმდინარეობს.

ეს სქემა საერთოა როგორც უხერხემლო, ისე ხერხემლიანი ცხოველებისთვის, ძუძუმწოვრების ჩათვლით.

ჭიაყელას საჭმლის მომნელებელი სისტემა შედგება პირისგან, ლორწოს გამომყოფი კუნთოვანი ხახისგან, საყლაპავისგან, თხელკედლიანი ჩიჩახვისგან, სადაც საკვები მარაგად ინახება, კუნთოვანი სქელკედლიანი კუჭისგან, სადაც ხდება უჯრედგარე მონელება. საკვების მონელების პროდუქტები ნაწლავის კედლით შეიწოვება, ხოლო მოუნელებელი ნარჩენები გარეთ ანალური ხვრელით გამოდის.



ლოკოკინა და ლოქორა საკვებს მცენარეებიდან რადულით ანუ საფხეკით ფხეკენ. ამისთვის მათი პირი მოხერხებულია და ალჭურვილი. საფხეკი ენის ზედაპირზე განლაგებული ფირფიტებია, რომლებიც დაფარულია ათასობით პანანინა, ბასრი, კაუჭისებრი, უკან მიმართული კბილით. რადულის წინ და უკან მოძრაობისას მისი კბილები საკვებს ხეხავს, რაც აადვილებს მის მონელებას.



აბლაბუდაში გაბმულ მსხვერპლს ობობა შხამს უშხაპუნებს და კლავს. შემდეგ კი ნადავლში შეუშვებს ნერწყვს, რომელიც ინტენსიურად შლის მის შიგთავსს — გადააქცევს თხიერ ფაფად, რომელსაც ობობა იწოვს.

③ მონელების როგორი ტიპი ახასიათებს ობობას?



მწერების პირის აპარატები

1. კოლოს მჩხვლეტავ-მწუნწავი პირის აპარატი;
2. პეპლის მწუნწავი პირის აპარატი;
3. ხოჭოს მლოკავი პირის აპარატი.

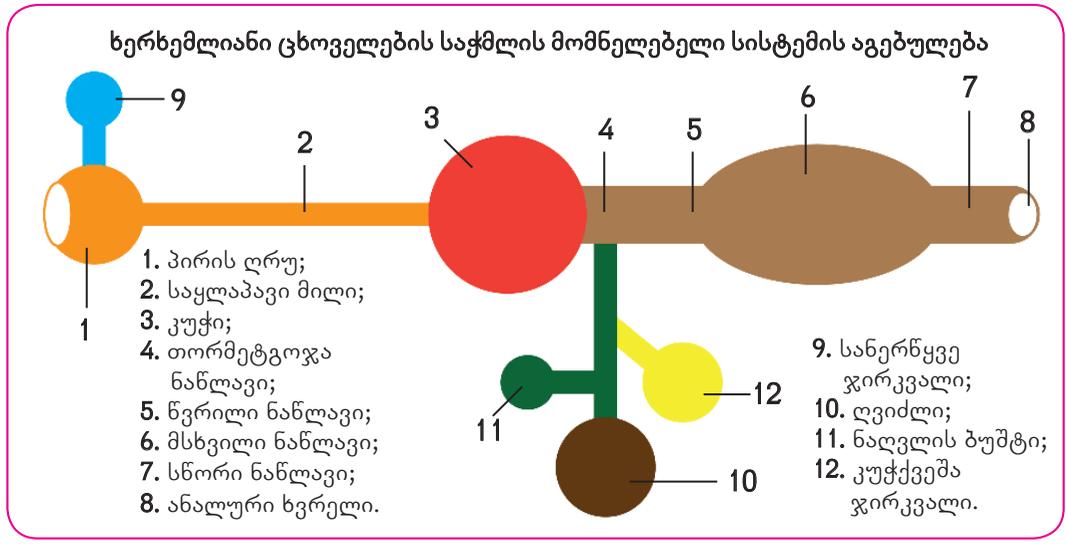
მწერების პირის აპარატის აგებულება საოცარი მრავალფეროვნებით გამოირჩევა და დამოკიდებულია საკვების ტიპზე.

კალია ფოთლებს მღრღნელი პირის აპარატით ღრღნის და მსხვილი ზედა ყბებით ღეჭავს.

ხოჭოების პირის აპარატის აგებულება დამოკიდებულია იმაზე, თუ რითი იკვებება ის — ფოთლებით, თესლებით, ყვავილის ნექტრით, ხრწნადი მცენარეებისა და ცხოველების ნარჩენებით თუ ფუნით.

სისხლისმწოველი კოლო მჩხვლეტავ-მწუნწავი პირით ხვრეტს მსხვერპლის კანს და სისხლს გრძელი ხორთუმით იწოვს. ხორთუმით იწოვენ თხევად საკვებს პეპლებიც.

ყველა ხერხემლიან ცხოველს — თევზებიდან ადამიანის ჩათვლით — საჭმლის მომნელებელი სისტემის აგებულების ერთიანი გეგმა აქვს. სქემატურად ის შეიძლება შემდეგნაირად წარმოვიდგინოთ:



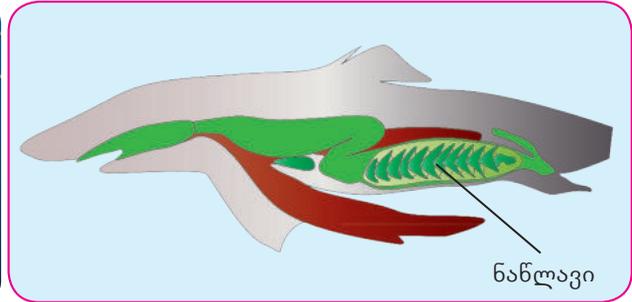
საჭმლის მომნელებელი მილის სხვადასხვა ნაწილში იხსნება მომნელებელი წვენების გამომყოფი ჯირკვლების — სანერწყვე, კუჭქვეშა ჯირკვლებისა და ღვიძლის სადინარები. ამ წვენების მოქმედებით საკვები განიცდის ქიმიურ გარდაქმნას ასათვისებელ ფორმამდე, რომელიც შეიწოვება და მიიტანება ყველა უჯრედამდე. მოუნელებელი ნარჩენები ყველა ამფიბიის, ქვეწარმავლის, ფრინველის სხეულში გადადის ნაწლავის ბოლო, გაფართოებულ ნაწილში — **კლოაკაში**, საიდანაც ანალური ხვრელით გარეთ გამოიყოფა. აღსანიშნავია, რომ კლოაკაში იხსნება აგრეთვე შარდსაწვეთი და სასქესო ჯირკვლების სადინარები.

საკვების ეფექტური მონელებისა და შენოვისთვის საინტერესო შეგუებულობა გააჩნია ზვიგენს. მას შეუძლია მსხვერპლის სხეულიდან ხორცის დიდი ნაჭრების მოგლეჯა, რადგან ყბები მხოლოდ მყესებითაა ერთმანეთთან შეერთებული და პირის დიდად გაღება არ უჭირს.

კბილები მას რამდენიმე რიგად აქვს ჩანყობილი. ზვიგენის წინა კბილები ძალიან სწრაფად ცვდება და არცთუ იშვიათად ტყდება. მათ ადგილს მაშინვე იკავებს კბილები, რომლებიც გამოდის უკანა სარეზერვო რიგიდან. სიცოცხლის მანძილზე ზოგიერთი ზვიგენი 30 000-მდე კბილს იცვლის.



ზვიგენის კბილები



ზვიგენის საჭმლის მომნელებელი სისტემა

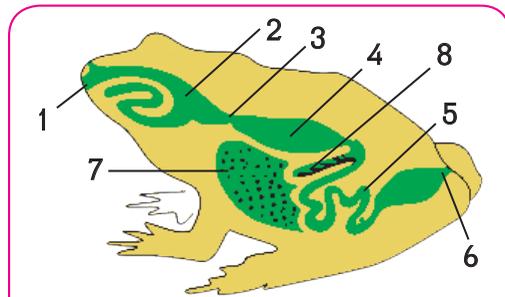
ზვიგენის ნანლავის შემწვოვ ზედაპირს მაქსიმალურად ზრდის უამრავი ნაოჭი.

ამფიბია წვრილ მწერებს ლორწოვანი ენით იჭერს. ამფიბიის მიერ დაჭერილი მსხვერპლი პირიდან პირ-ხახის ღრუში გადადის, შემდეგ კი საყლაპავში.

ბაყაყებსა და გომბეშოებს პირ-ხახის ღრუდან საყლაპავში საკვების გადატანაში ეხმარება თვალები, რომლებიც ამ სიღრუიდან თხელი ლორწოვანი გარსითაა გამოყოფილი. თვალებით ისინი პირ-ხახას აწვებიან და საკვები ადვილად გადადის საყლაპავში, საყლაპავიდან კუჭში, შემდეგ ნანლავებში და ბოლოს კლოაკაში.

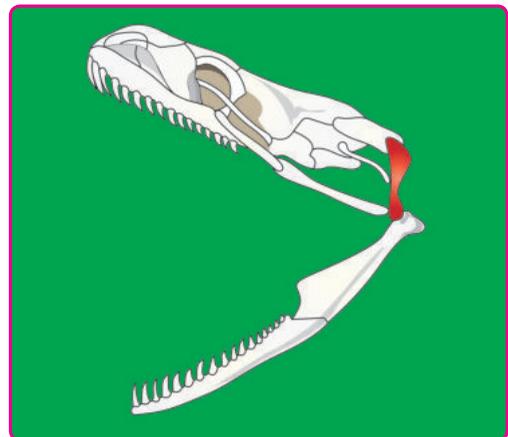
ქვეწარმავლების საჭმლის მომნელებელი სისტემა ცოტად თუ განსხვავდება ამფიბიების მომნელებელი სისტემისგან, თუ არ ჩავთვლით პირის ღრუს.

ზოგიერთ გველს იმდენად ჭიმვადი პირი აქვს, რომ შეუძლია თავის თავზე 4-ჯერ დიდი დიამეტრის მქონე მსხვერპლი გადაყლაპოს. ეს კი იმითაა განპირობებული, რომ ქვედა ყბის ორი ნახევარი ერთმანეთთან ელასტიკური კვანძითაა დაკავშირებული.



ბაყაყის საჭმლის მომნელებელი სისტემა

1. პირი; 2. ხახა; 3. საყლაპავი; 4. კუჭი;
5. ნანლავი; 6. კლოაკა; 7. ღვიძლი;
8. კუჭქვეშა ჯირკვალი.



გველები და ხვლიკები მსხვერპლს მთლიანად ან ნაჭრებად, დაუღეჭავს ყლაპავენ.

ფრინველების საკვების მიტაცების ძირითადი ორგანოა ნისკარტი. ნისკარტის ფორმა დამოკიდებულია საკვებზე. მაგალითად, პინცეტის მსგავსი ნისკარტი აძლევს საშუალებას ბელურას, გამოაძვრინოს პატარა უხერხემლო ცხოველი თავშესაფრიდან. ნისკარტის ბოლოზე ბასრი კაუჭი ან ნისკარტის ბასრი კიდეები ეხმარება მტაცებელ ფრინველს დიდი ზომის მოძრავი ნადავლის დაჭერაში.



ბელურა



არწივი

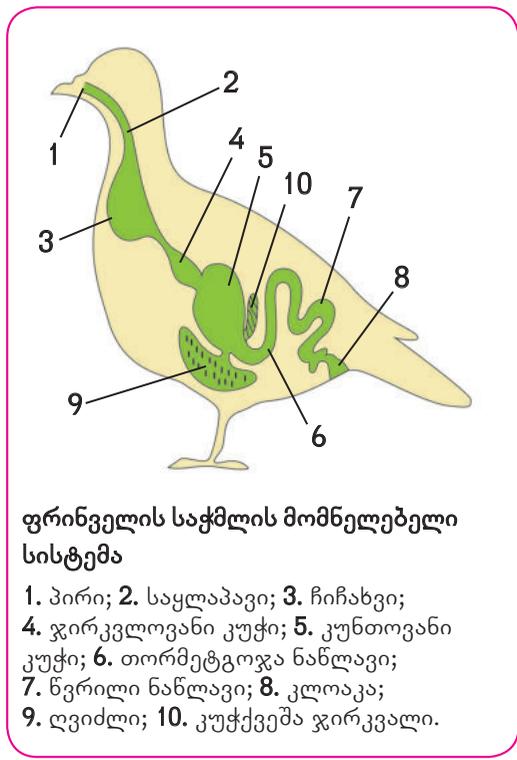


კოლიბრი

ყვავილის წვენიტ მკვებავ კოლიბრს ენა მილისებურად აქვს ჩახვეული, რომლითაც ნექტარს იწოვს.

ფრინველის გრძელ საყლაპავს გააჩნია გაფართოებული ნაწილი — ჩიჩახვი. აქ ფრინველი საკვებს ინახავს და აქვე იწყება მისი მონელება.

ფრინველის კუჭი ორგანოფილებიანია. ჯირკვლოვანი კუჭის წვენიტ გაჟღენთილი საკვები კუნთოვან კუჭში გადადის. მისი შიგა ზედაპირი ამოფენილია ბორცვებიანი რქოვანი გარსით. კუნთოვანი კუჭის ძლიერი, რიტმული შეკუმშვის გამო, საკვები იფქვება, რაშიც ფრინველის მიერ გადაყლაპული კენჭები მონაწილეობენ. ისინი წისქვილის ქვის როლს ასრულებენ. ფრინველის კუნთოვანი კუჭი იმავე როლს ასრულებს, რასაც ძუძუმწოვრების კბილები ლეჭვისას. მონელება გრძელდება თორმეტგოჯაში, სადაც იხსნება ნაღვლისა და კუჭქვეშა ჯირკვლის სადინარები. წვენის მოქმედებით მონელებული საკვები წვრილი ნაწლავით შეიწოვება. ნარჩენები გადადის კლოაკაში და შემდეგ გარეთ გამოიყოფა.





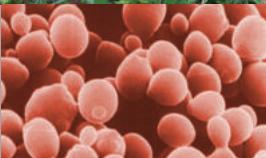
საკვები უზრუნველყოფს ორგანიზმს საჭირო საშენი მასალითა და ენერგიით. ჰეტეროტროფული ორგანიზმები მზა ორგანული ნივთიერებებით იკვებებიან. ამ ნივთიერებებს ისინი მთელი რიგი ქიმიური გარდაქმნების შემდეგ შეითვისებენ, ვინაიდან ისინი ვერ გადიან უჯრედების მემბრანებში.

განარჩევენ ჰეტეროტროფული კვების ოთხ ტიპს: ჰალოზოურს, საპროფიტულს, სიმბიოზურსა და პარაზიტულს.

ჰეტეროტროფული ცხოველების საჭმლის მომნელებელი სისტემის აგებულება დამოკიდებულია ცხოველის ორგანიზაციის დონეზე, საარსებო გარემოზე.



შეადარე ერთმანეთს სოკოები ჰეტეროტროფული კვების მიხედვით. გადაიხატე ცხრილი რვეულში და შეავსე.

სოკოები	საპროფიტული	სიმბიოზური	პარაზიტული
			
			
			



1. ჰეტეროტროფული კვების რომელი ტიპები ახასიათებთ პროტისტებს?
2. კვების რომელი ტიპი ახასიათებთ პროდუცენტებს? რედუცენტებს? კონსუმენტებს?
3. რა განსხვავებაა ასკარიდასა და ღორის სოლიტერის კვებას შორის?



საჭმლის მონელება — **digestion**; ჰეტეროტროფები — **heterotrophs**; უჯრედშიდა მონელება — **intracellular digestion**; უჯრედგარე მონელება — **extracellular digestion**.

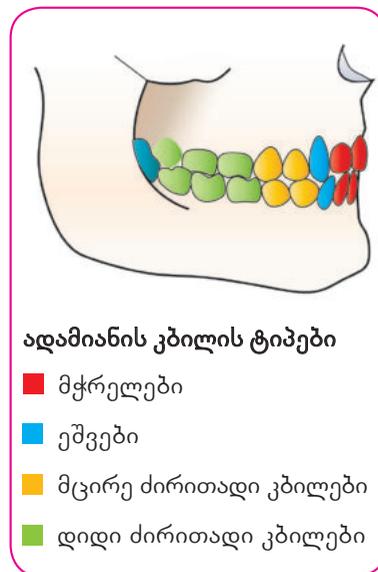
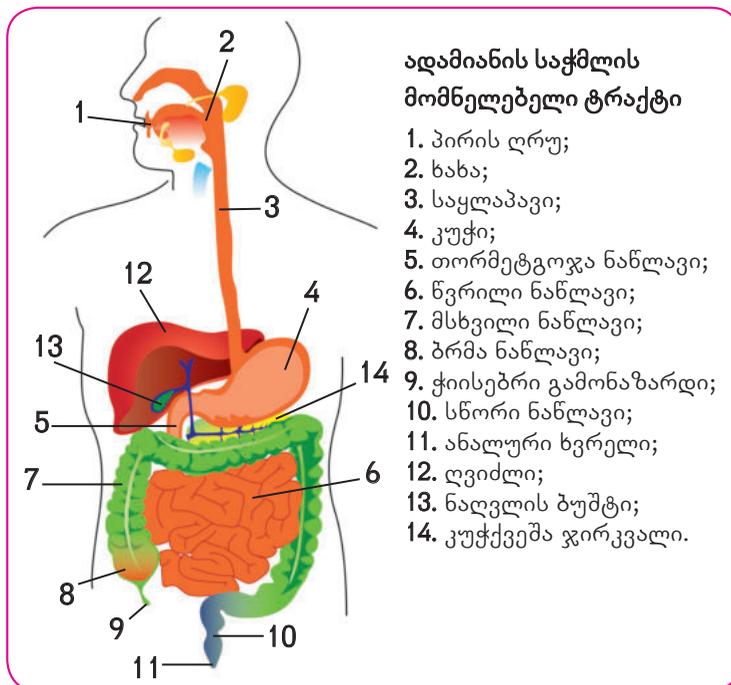
<http://www.youtube.com/watch?v=m6i3F9nbHwA>

§18



ძუძუმწოვრების საჭმლის მომწელებელი სისტემა
მომწევა პირის ღრუში
მომწევა კუჭში

ძუძუმწოვრების, მათ შორის ადამიანის საჭმლის მომწელებელი ტრაქტი პირის ღრუში იწყება. აქ ხდება საკვების გემოსა და ხარისხის გასინჯვა, მისი დაქუც-მაცემა, ნახშირწყლების დაშლის დაწყება, ლუკმის ფორმირება და მისი საყლაპავში გადაგზავნა.

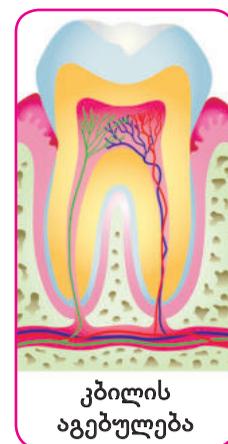


ძუძუმწოვრების **კბილები**, სხვა ცხოველების კბილებისგან განსხვავებით, ერთნაირი არ არის და სხვადასხვა ფუნქციას ასრულებს. განარჩევენ მჭრელებს, ეშვებს, მცირე და დიდ ძირითად კბილებს.

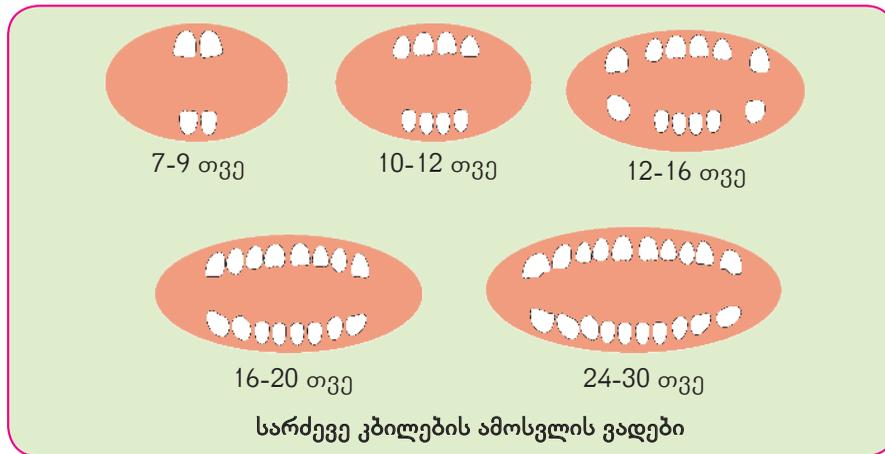
ადამიანებს ე.წ. „კბილების სრული ნაკრები“ ანუ ძუძუმწოვრებისთვის დამახასიათებელი ოთხივე ტიპის კბილები აქვთ.

1 დააკვირდი ილუსტრაციას. რა ნაწილებისგან შედგება კბილი? რა ნივთიერებისგანაა ის აგებული?

მიუხედავად იმისა, რომ ბავშვი კბილების გარეშე იბადება, ისინი ახალშობილს უკვე აქვს, უბრალოდ, კბილები ღრძილებში იმალება და „თავის დროს ელოდება“.



ზუთი-ეჭვის თვის ასაკისთვის ქვედა ყბის შუაში ამოიჭრება პირველი კბილი. ორი წლისთვის ბავშვს უკვე 20 კბილი აქვს. ამ კბილებს **სარძევე კბილები** ჰქვია.



სარძევე კბილების ქვეშ კბილების მეორე ცვლაა, რომელთა ამოჭრაც ეჭვის წლიდან იწყება. ეს უკვე **მუდმივი კბილებია**. ისინი თანდათან ცვლიან სარძევე კბილებს. მუდმივი კბილების ამოსვლამდე ყბები ზრდას იწყებს. ისინი ადგილს „ამზადებენ“ ყბების ორივე მხარეს 3-3 ძირითადი კბილისთვის. მუდმივი კბილები თანდათან იზრდება, აწვება სარძევე კბილებს, იწვევს მათ მორყევას და ამოვარდნას. ამრიგად, მოზრდილ ადამიანს 20 სარძევე კბილის ნაცვლად ამოსდის 32 მუდმივი კბილი: 4-4 მჭრელი, 2-2 ეშვი, 4-4 მცირე და 6-6 დიდი ძირითადი კბილი ყოველ ყბაზე.

2 როგორ იყენებს ადამიანი მჭრელებს, ეშვებსა და ძირითად კბილებს?

ძუძუმწოვარ ცხოველებს ყოველთვის იმდენი და ისეთი ფორმის კბილები აქვთ, რომლებიც უკეთ შეესაბამება მათი ცხოვრების წივს, კვებისა და საკვების ტიპს.

ჩვეულებრივ, კბილების ზრდა წყდება გარკვეული ზომის მიღწევისას, თუმცა, ზოგიერთი ცხოველის ეშვები, მღრღნელების მჭრელები, აგრეთვე ცხენების ძირითადი კბილები ძლიერ ცვდება. ამიტომ ისინი მუდმივად იზრდება.



მტაცებლების კბილები მომარჯვებულია მსხვერპლის დასაჭერად, დასაგლეჯად. მსხვერპლს ისინი ეშვებით კლავენ. მტაცებლის ზოგიერთი ძირითადი კბილი ძლიერ გადიდებულია და აქვს ბასრი ქიმიები. ამ კბილებს მტაცებელი კბილები ჰქვია. მსხვერპლის ნაწილებად გაგლეჯისას ამ კბილების მოქმედება მაკრატლის მოქმედებას ჰგავს —

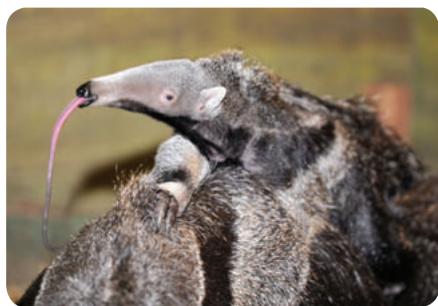
ზედა ყბის კბილების შიდა ზედაპირი, პირის დახურვისას, მჭიდროდ ედება ქვედა ყბის კბილების გარე ზედაპირს. მტაცებელი კბილებით მტაცებლები ძვლებსაც ფშვნიან.

ბალახისმჭამელების ძირითად კბილებს გააჩნია ფართო ზრდაპირი. მათ ზედაპირს კიდევ უფრო ადიდებს საღეჭი ზედაპირის ნაოჭები. ამ ნაოჭების ქიმები მტკიცე მინანქრითაა დაფარული. ცოხნისას ზედა და ქვედა კბილების ნაოჭები ერთმანეთში ჯდება და საკვები კარგად იფქვება.

ულვაშებიან ვეშაპებს კბილები არა აქვთ. მათი უზარმაზარი პირი შევსებულია სასადან დაშვებული რქოვანი ფირფიტებით, ე.წ. **„ვეშაპის ულვაშებით“**. ულვაშები წინა ნაწილში შედარებით მოკლეა, გვერდებზე კი გრძელი. მათი ბოლოები ფორფივითაა დაშვებული. ვეშაპის პირში ასეთი ფირფიტა სულ 250-300 ცალია. პირის გაღებისას ფირფიტები მალა იწევა და ვეშაპი ადვილად ისრუტავს „პლანქტონის წვნიანს“. პირის დახურვისას ფირფიტები ეშვება და მჭიდროდ ჯდება ერთმანეთში. წარმოიქმნება საცერი. ჩაყლაპულ წყალს ვეშაპი ენით გარეთ უბიძგებს. საცერში თავისუფლად მხოლოდ წყალი გადის. ყველაფერს, რაც კი საცერზე რჩება, ვეშაპი საყლაპავით კუჭში აგზავნის.



ვეშაპის ულვაშები



ჭიანჭველჭამია

ენა რბილი, მოძრავი, კუნთოვანი ორგანოა. მის ლორწოვან გარსში გემოვნების რეცეპტორებია. ენა აქტიურად მონაწილეობს საკვების არევისა და საყლაპავისკენ გაგზავნაში.

მცოხნელები ენას ბალახის, ფოთლების ან ნედლი ტოტების მოსაგლეჯად იყენებენ. ჭიანჭველჭამიას კი 60 სანტიმეტრიანი ენა ნებოვან „ანკესად“ გადაექცა, რომელსაც ის ჭიანჭველების ბუდეში ყოფს. ენას უამრავი ჭიანჭველა ეწებება.

3 პირის ღრუში საკვების დაქუცმაცებას-

თან ერთად ხდება მისი ნერწყვით გაჟღენთვა. დაასახელე ილუსტრაციაზე წარმოდგენილი სანერწყვე ჯირკვლები.

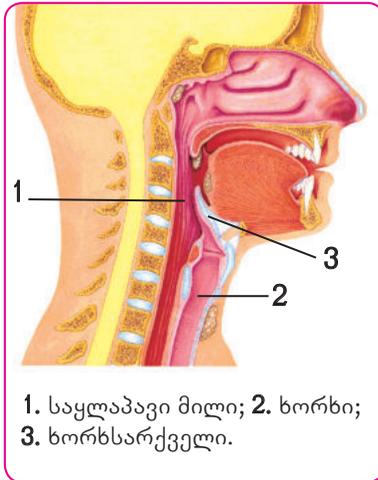
4 ჩამოთვალე ნერწყვის შემადგენელი კომპონენტები და თითოეული მათგანის დანიშნულება.

პირის ღრუში დაქუცმაცებული, ნერწყვით გაჟღენთილი საკვების გუნდა ხახაში გადადის.

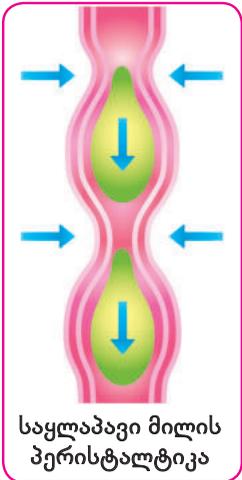
ხახა ერთდროულად ემსახურება ჰაერისა და საკვების გატარებას; ხახიდან საკვები გადადის საყლაპავში, ხოლო ცხვირ-ხახიდან შესული ჰაერი — ხორხში. ხახის შუა ნაწილში ჰაერისა და საკვების გადაადგილების გზები იკვეთება. თუ ჰაერი შეაღწევს საყლაპავში, ამით არაფერი დაშავდება, მაგრამ საკვები არ უნდა მოხვდეს ხორხში, რადგან ის ხორხს დააცობს და სუნთქვის შეფერხებას გამოიწვევს.



სანერწყვე ჯირკვლები



1. საყლაპავი მილი; 2. ხორხი; 3. ხორხსარქველი.



საყლაპავი მილის პერისტალტიკა

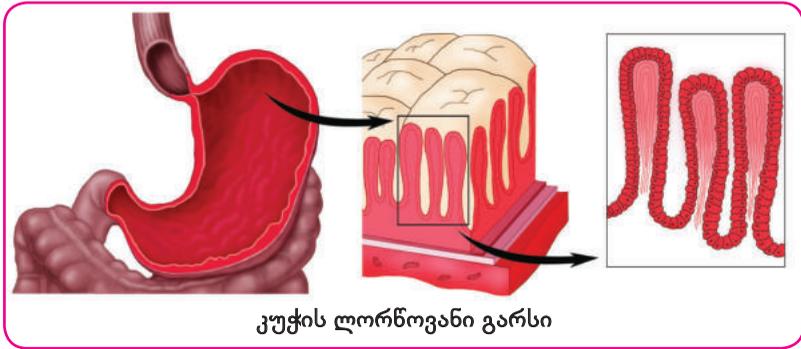
ყლაპვისას სასუნთი გზა გამოყოფა საჭმლის მომნელებელ გზას — ხორხში შესასვლელს ყრუდ ხურავს **ხორხსარქველი**. ამრიგად, საკვების გუნდა სასუნთქი გზების გვერდის ავლით საყლაპავისკენ იგზავნება.

საყლაპავი ვიწრო მილია. მისი კედლების კუნთების შეკუმშვა **პერისტალტიკას** იწვევს, რაც ლუკმას თანდათან კუჭში გადაადგილებს. ლუკმის გადაადგილებას აადვილებს საყლაპავი მილის შიგა შრის ჯირკვლების მიერ გამოყოფილი ლორწო.

პირის ღრუდან რამდენიმე წამში საკვების გუნდა საჭმლის მომნელებელი ტრაქტის ყველაზე ფართო ნაწილში — კუჭში აღმოჩნდება.

კუჭში საკვები ინტენსიურად ირევა და, რაც ყველაზე მნიშვნელოვანია, გამოიყოფა კუჭის წვენი, რომლითაც ხორციელდება საკვების ქიმიური დამუშავება.

კუჭის ლორწოვანი გარსი დანაოჭებულია, რაც კუჭის ზედაპირს ზრდის. ლორწოვანი გარსის სიღრმეში უამრავი ჯირკვალია, რომელიც სხვადასხვა ტიპის სეკრეტორულ უჯრედებს შეიცავს; ზოგი უჯრედი მომნელებელ ფერმენტებს გამოიმუშავებს, ზოგი მარილმჟავას გამოყოფს, ზოგი — ლორწოს.



კუჭის ლორწოვანი გარსი

5 კუჭის წვენი გამჭვირვალე სითხეა, აქვს მჟავა რეაქცია, რადგან მის შედგენილობაში 0,4% მარილმჟავაა. რა დანიშნულება აქვს მარილმჟავას?

კუჭის წვენის პროტეაზებია პეპსინი და ქიმოზინი.

პეპსინი იწყებს ცილის მოლეკულების გრძელი ჯაჭვების შედარებით პატარა ფრაგმენტებად — პეპტიდებად დახლეჩას, ე.ი. ცილის მონელება უკვე კუჭში იწყება, მაგრამ ცილას საბოლოო მონელებამდე გრძელი გზა აქვს გასავლელი.

საინტერესოა, თუ პეპსინი ცილებს შლის, რატომ არ შლის ის კუჭის კედლებს, კუჭის კედლის უჯრედები ხომ ცილებისგან შედგება?

კუჭის უჯრედების მიერ გამოყოფილი ლორწო ბარიერის ფუნქციას ასრულებს — იცავს კუჭის კედლებს მარილმჟავასა და პეპსინის მომნელებელი მოქმედებისგან.

ქიმოზინს რძის ხსნადი ცილა კაზეინოგენი უხსნად კაზეინში გადაჰყავს და რძეს ახაჭოებს.

კუჭში სეკრეტირდება აგრეთვე **ლიპაზა**. ის მხოლოდ რძის ემულგირებულ ცხიმებზე მოქმედებს და შლის მათ გლიცერინამდე და ცხიმოვან მჟავებამდე.

კუჭის წვენი ნახშირწყლებზე მოქმედ ფერმენტებს არ შეიცავს. პირის ღრუში დანყებული ნახშირწყლების მონელება კუჭში წყდება, ვინაიდან მჟავა არეში ამილაზა ინაქტივირდება.

6 ნახშირწყლების მონელება ნაწილობრივ ლუკმის შიგნით მაინც მიმდინარეობს. ახსენი, რატომ?

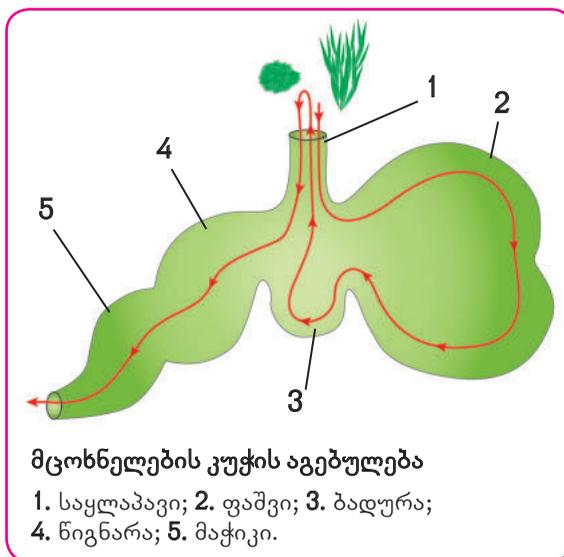
თავისებური აგებულება აქვს მცოხნელების — ძროხის, ცხვრის, ირმის, ანტილოპასა და სხვათა კუჭს. ბალახობის შემდეგ, დასვენების დროს, ისინი გამუდმებით იცოხნებიან — ლეჭავენ საკვებს. რატომ იქცევიან ასე?

მცოხნელებს ბევრი ბალახი სჭირდებათ, ვინაიდან მცენარეული საკვები ნაკლებად ყუათიანია. ამიტომ მათ ბევრი ბალახის ჩაყლაპვა უნდა მოასწრონ და დრო დალეჭვაზე არ უნდა დაკარგონ. სწორედ ამიტომაც, რომ ბალახობისას ბალახი თითქმის არ ილეჭება. ის მხოლოდ უხვად იჟღინთება ნერწყვით და მაშინვე გადადის კუჭის სპეციალურ განყოფილებაში — **ფაშეში**. ფაშეში მომნელებელი წვენები არ გამოიყოფა. სამაგიეროდ, აქ ბინადრობს მიკროორგანიზმთა (ინფუზორიები და ბაქტერიები) მთელი არმია. ეს მიკროორგანიზმები ასინთეზებს ფერმენტ **ცელულაზას**, რომელსაც გარეთ გამოყოფს და შლის ფაშეში მოხვედრილი ბალახის ცელულოზას.

მცოხნელების კუჭში ნაწილობრივად გადამუშავებული საკვები კუჭის შემდეგ განყოფილებაში — **ბადურაში** გუნდად იკვრება და იქიდან საყლაპავით ისევ პირში ბრუნდება. ეს არის სწორედ ის მასა, რომელსაც ცხოველი დასვენებისას ასე გულმოდგინედ, აუჩქარებლად ლეჭავს.

უკვე კარგად გადალეჭილი საკვები **ნიგნარაში** ჩადის, ხოლო იქიდან **მაჭიკში**. აქ საკვები იჟღინთება კუჭის წვენით და მისი ფერმენტებით ინყება ორგანული ნივთიერებების რთული მოლეკულების ქიმიური გარდაქმნა. მაჭიკში მჟავა არეა.

საკვების შემდგომი მონელება ძუძუმწოვრების უმრავლესობისთვის თითქმის ერთნაირად მიმდინარეობს.



მცოხნელების კუჭის აგებულება

- 1. საყლაპავი; 2. ფაშე; 3. ბადურა;
- 4. ნიგნარა; 5. მაჭიკი.



ძუძუმწოვრებისა და ადამიანის საჭმლის მომნელებელი სისტემის აგებულებას ერთიანი გეგმა გააჩნია. ის წარმოადგენს საჭმლის მომნელებელ მილს, რომელშიც იხსნება ჯირკვლების სადინრები. პირის ღრუში საკვები ქუცმაცდება და ნახშირწყლები ნაწილობრივ მონელება. კუჭში კუჭის წვენის ფერმენტების მოქმედებით ცილები ნაწილობრივ იშლება. მცოხნელების კუჭში ცელულოზა მონელება.



დაანვეთე პურის ნაჭერზე 1 წვეთი იოდის ხსნარი. რა მოხდა?
პური დიდხანს ღეჭე (დაახლოებით 10 წუთი). შემდეგ დალეჭილი მასა
მოათავსე ფაიფურის ჭიქაში და დაანვეთე იოდის წვეთი. რას ხედავ?
რა დასკვნას გააკეთებ?



1. ანალიზმა უჩვენა, რომ ავადმყოფს კუჭის მჟავიანობა ძალიან დაქვეითებული აქვს. რომელი ნივთიერების მონელებაა გაძნელებული კუჭში? როგორ უნდა დაეხმარო ავადმყოფს?
2. შენ საუზმობ სალათით, რომელიც ძმრითაა შეზავებული. რომელი ფერმენტის მოქმედება შეფერხდება ამ დროს პირის ღრუში?
3. რატომ ილოკავენ ცხოველები ჭრილობას?
4. ფუნქციის მიხედვით, მცოხნელების კუჭის რომელი განყოფილება გაგონებს ადამიანის კუჭს?
5. ჰეტეროტროფული კვების რომელი ტიპი ახასიათებთ მცოხნელებს?
6. მტაცებელი ძუძუმწოვრები საკვების დიდ ნაჭრებს სწრაფად ყლავენ. შეეძლო თუ არა ამას გამოენვია მათი ნერწყვის შედგენილობის ცვლილება? პასუხი დაასაბუთე.



ფერმერები ცხოველების საკვებს ფერმენტებით ამუშავებენ. რა უპირატესობა ექნება ფერმენტებით დამუშავებულ საკვებს ჩვეულებრივთან შედარებით?



<http://gam3avoice.com/library/?p=219>
<http://www.youtube.com/watch?v=yrlqTCFidgA&feature=endscreen&NR=1>
<http://www.youtube.com/watch?v=Z7xKYNz9AS0>

§19

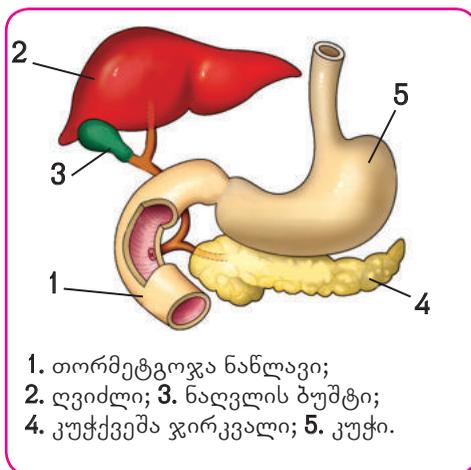


საკვების მოწოდება წვრილ ნაწლავში
შენოვან წვრილ ნაწლავში
მსხვილი ნაწლავის ფუნქციები

მიუხედავად იმისა, რომ კუჭმა დიდი სამუშაო ჩაატარა, ნაწილობრივ დაშლილი ცილები, ცხიმები და ნახშირწყლები ჯერ კიდევ არ არის მზად შეწოვისთვის. კუჭის კედლები მხოლოდ ცოტა წყალს, მარილებს, ზოგიერთ სამკურნალო პრეპარატსა და ალკოჰოლს იწოვს.

კუჭიდან საკვები ფაფა **თორმეტგოჯა ნაწლავში** გადადის.

1 თორმეტგოჯა ნაწლავი საჭმლის მომწოდებელი სისტემის ყველაზე აქტიური ნაწილია. გაიხსენე, რომელი ჯირკვლის სადინრები იხსნება თორმეტგოჯაში?



1. თორმეტგოჯა ნაწლავი;
2. ღვიძლი; 3. ნაღვლის ბუშტი;
4. კუჭქვეშა ჯირკვალი; 5. კუჭი.

ღვიძლი ადამიანის ორგანიზმის ყველაზე დიდი ჯირკვალია. მისი სეკრეტი ნაღველია, რომელიც ნაღვლის ბუშტში გროვდება. ნაღვლის წარმოქმნა ღვიძლში განუწყვეტლივ მიმდინარეობს, თუმცა, თორმეტგოჯაში მისი გადასვლა პერიოდულად, მხოლოდ საკვების მოხვედრისას ხდება.

ნაღველი ოდნავ მოსქელო, მომწვანო-ყვითელი ფერის სითხეა. მის შედგენილობაში შედის ნაღვლის მჟავები და ნაღვლის პიგმენტები, მინერალური მარილები, ქოლესტერინი. მიუხედავად იმისა, რომ ნაღველი მომწოდებელ ფერმენტებს არ შეიცავს, ის აქტიურადაა ჩართული საკვების მოწოდებაში. კერძოდ:

- ახდენს ცხიმების ემულგირებას.
- ქმნის თორმეტგოჯასა და წვრილი ნაწლავის სხვა განყოფილებებში ტუტე არეს.
- ააქტიურებს ყველა საჭმლის მომწოდებელ ფერმენტს, განსაკუთრებით ლიპაზას.
- აძლიერებს ნაწლავების პერისტალტიკას.
- აჩქარებს ცხიმების დაშლის პროდუქტების შეწოვას.

კუჭქვეშა ჯირკვლის — პანკრეასის სეკრეტს ტუტე რეაქცია აქვს. სეკრეტში ფერმენტების მთელი ნაკრები, რომელსაც შეუძლია ყველა სახის რთული ნივთიერებების დაშლა. ისინი ფერმენტულ აქტივობას მხოლოდ ტუტე არეში ინარჩუნებენ.

ერთ-ერთი ფერმენტი — **ტრიფსინი**, ჯერ კიდევ კუჭში დაწყებულ ცილის დაშლას აგრძელებს. ტრიფსინი თორმეტგოჯაში არააქტიური ტრიფსინოგენის სახით გამოიყოფა და სხვა ფერმენტის მოქმედებით ტრიფსინად გარდაიქმნება.

ქიმოტრიფსინი ცილის დიდ ფრაგმენტებს შლის.

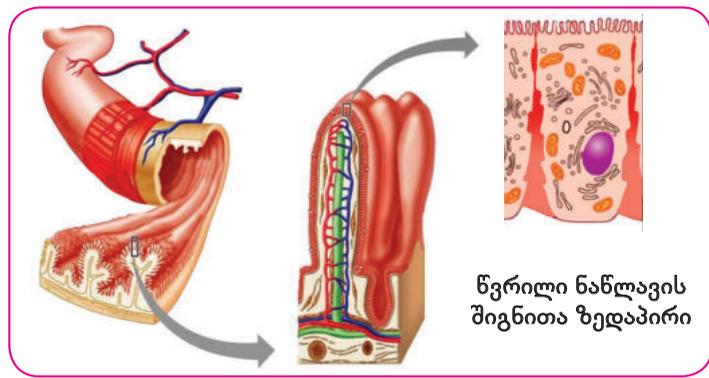
კუჭქვეშა ჯირკვლის ლიპაზა ნაღველით ემულგირებულ ცხიმებს გლიცერინად და ცხიმოვან მჟავებად გარდაქმნის.

კუჭქვეშა ჯირკვლის ამილაზა რთულ ნახშირწყლებს დისაქარიდამდე — მალტოზამდე ხლეჩს, ხოლო მალტაზა მალტოზას — გლუკოზამდე.

ნუკლეაზები დნმ-სა და რნმ-ს ნუკლეოტიდებამდე შლის.

თორმეტგოჯა ნაწლავიდან საკვების ფაფა წვრილი ნაწლავის შემდგომ განყოფილებებში გადაინაცვლებს. **წვრილი ნაწლავის** ლორწოვან გარსში უამრავი წვრილი ჯირკვალია. მათი ნაწილი ლორწოს გამოყოფს, რათა საკვების ფაფამ ადვილად იმოძრაოს ნაწლავში, ხოლო ნაწილი — ნაწლავის წვესს.

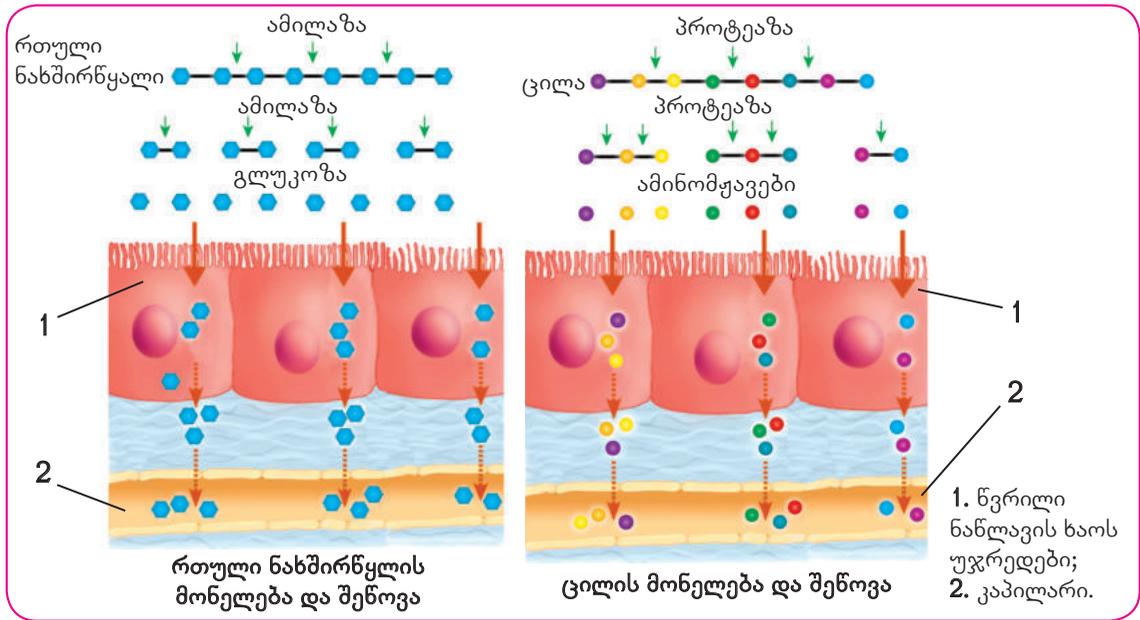
წვრილი ნაწლავის პერისტალტიკით საკვები გადაადგილდება მის მთელ სიგრძეზე და სხვადასხვა ფერმენტის მოქმედებით მთავრდება ცილების, ცხიმებისა და ნახშირწყლების საბოლოო დაშლა. აქვე მიმდინარეობს მონელების საბოლოო პროდუქტების შეწოვა. ნაწლავიდან ეს მოლეკულები ტრანსპორტირდება ნაწლავის კედლის უჯრედებში და შემდეგ სისხლის მიმოქცევის სისტემაში.

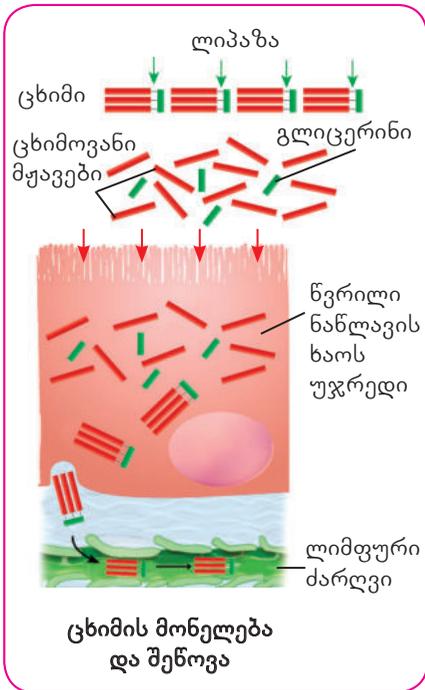


დებში და შემდეგ სისხლის მიმოქცევის სისტემაში.

2 წვრილი ნაწლავი კარგადაა შეგუებული თავის ფუნქციას — რაც შეიძლება ეფექტურად განახორციელოს შეწოვა. რაში გამოიხატება ეს შეგუება? დააკვირდი ილუსტრაციას და აღწერე ნაწლავის შიგნითა ზედაპირის აგებულება.

ნახშირწყლებისა და ცილების მონელების შედეგად წარმოქმნილი გლუკოზა და ამინომჟავები შეაღწევს ხაოს უჯრედებში და იქიდან სისხლძარღვთა კაპილარებში გადადის.





ცხიმების დაშლის პროდუქტები — გლიცერინი და ცხიმოვანი მჟავები, წვრილი ნაწლავის შიგთავსიდან შეაღწევს ხაოს უჯრედებში, სადაც წარმოიქმნება ადამიანის ორგანიზმისთვის დამახასიათებელი ცხიმები. ეს ცხიმები ჯერ ხაოს ლიმფურ ძარღვში გადადის, ხოლო შემდეგ სისხლის მიმოქცევის სისტემაში.

შენოვანი ნივთიერებები ღვიძლის კარის ვენით ღვიძლში მიიტანება. ღვიძლში დაახლოებით 500-მდე განსხვავებული ბიოქიმიური რეაქცია მიმდინარეობს. გლუკოზის დიდი ნაწილი ღვიძლში გლიკოგენად გარდაიქმნება, ნაწილი კი სისხლით ღვიძლიდან გამოდის და ჩამორიგდება ორგანიზმის ყველა ქსოვილის უჯრედებში. როდესაც უჯრედების მოთხოვნილება გლუკოზზე იზრდება, მაშინ ღვიძლში დამარაგებული გლიკოგენი გარდაიქმნება გლუკოზად და სისხლით ამ უჯრედებს მიეწოდება.

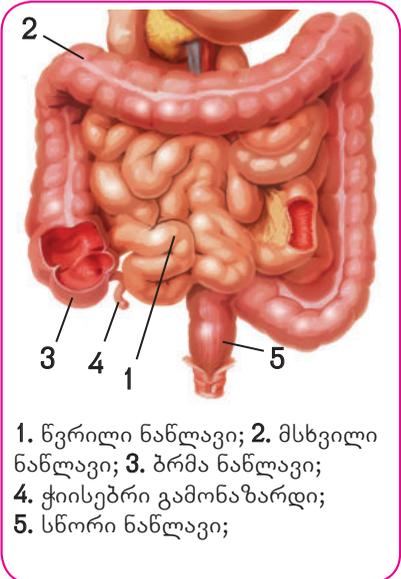
ღვიძლში სისხლით მიტანილ ამინომჟავებს მარაგის სახით დაგროვება არ შეუძლია, ამიტომ ჭარბი ამინომჟავები ღვიძლში **დეზამინირებას** განიცდიან

— ამინომჟავებს სცილდება ამინოჯგუფი, რომელიც შარდოვანად გარდაიქმნება. შარდოვანა სისხლით თირკმელებში მიიტანება და შარდთან ერთად გამოიყოფა. დეზამინირების შედეგად დარჩენილი ამინომჟავების მოლეკულების ნარჩენები გარდაიქმნება გლიკოგენად და ისიც ღვიძლში მარაგის სახით ინახება. ღვიძლში ამინომჟავები **ტრანსამინირებასაც** განიცდის — ერთი სახის ამინომჟავები სხვა სახის ამინომჟავებად გარდაიქმნება.

საკვების მიღებიდან დაახლოებით რვა საათის შემდეგ ყველაფერი, რისი მონელებაც შეიძლებოდა, მონელებულია; რისი შეწოვაც შეიძლებოდა, წვრილმა ნაწლავმა უკვე შეიწოვა. რაც შეეხება მოუნელებელ ნარჩენებს და წყალს — ის მსხვილ ნაწლავში გადადის.

წვრილი ნაწლავისა და მსხვილი ნაწლავის საზღვარზე **ბრმა ნაწლავია** **ჭიისებრი გამონაზარდით** — **აპენდიქსით**. მისი ზომა სხვადასხვა ძუძუმწოვარში სხვადასხვაა. ყველაზე პატარა ბრმა ნაწლავი და აპენდიქსი ხორცისმჭამელებს აქვთ. ცხოველებს, რომლებიც იკვებებიან უხეში მცენარეული საკვებით, ბრმა ნაწლავი საკმაოდ დიდი აქვთ. სწორედ აქ ბინადრობს ცელულოზის დამშლელი ბაქტერიები, რომლებიც გამოყოფს ფერმენტებს და ცელულოზას მარტივ შაქრებად გარდაქმნის.

ადამიანის ბრმა ნაწლავი, მცენარეჭამია ცხოველების ბრმა ნაწლავთან შედარებით, გაცილებით პატარაა, რაც დაკავშირებულია მის რაციონში მცენარეული საკვების მცირე რაოდენობასთან. ადამიანის ორგანიზმში ის ცელულოზის მონელების პროცესში არ მონაწილეობს.



1. წვრილი ნაწლავი; 2. მსხვილი ნაწლავი; 3. ბრმა ნაწლავი; 4. ჭიისებრი გამონაზარდი; 5. სწორი ნაწლავი;

მიუხედავად იმისა, რომ ადამიანის მომნელებელი წვენები არ შეიცავს ცელულოზას დამშლელ ფერმენტს და ამის გამო ცელულოზას არა აქვს საკვები ღირებულება, ნაწლავის პერისტალტიკა მისი კედლების მექანიკური გაღიზიანებით წარმოიქმნება, რომელსაც ცელულოზიანი შიგთავსი იწვევს. ამიტომ ცელულოზის შემცველი საკვები ჩვენთვის აუცილებელია.

იმის გამო, რომ მსხვილ ნაწლავში არ მიმდინარეობს საკვები ნივთიერებების მონელება და აქტიური შეწოვა, მისი აგებულება განსხვავდება წვრილი ნაწლავის აგებულებისგან. მის ლორწოვან გარსს არა აქვს მრავალრიცხოვანი ნაოჭები, ხაოები, მომნელებელი ჯირკვლები მნიშვნელოვნად ცოტაა და მის მიერ გამოთქმული წვენი ღარიბია ფერმენტებით.

მსხვილ ნაწლავში უამრავი ე.წ. ნაწლავის ბაქტერია ბინადრობს. ზოგიერთი ბაქტერიის მოქმედებით მიმდინარეობს გადაუმუშავებელი ცილის ნარჩენების დაშლა — ლპობა. ცილების ლპობის შედეგად გამოიყოფა შხამიანი ნივთიერებები. ისინი მსხვილი ნაწლავიდან სისხლში შეიწოვება და ღვიძლში მიიტანება.

ღვიძლში ხდება შხამიანი ნივთიერებების გაუვნებლება. ღვიძლის ამ ფუნქციას **ბარიერული** ანუ დამცველობითი ჰქვია.

მსხვილ ნაწლავში ბინადარი ზოგიერთი ბაქტერია ასინთეზებს ამინომჟავებს.

მსხვილი ნაწლავის უმნიშვნელოვანესი ფუნქცია წყლისა და მარილების შეწოვაა. ამ დროს ხდება საკვების ნარჩენების გამკვრივება, ანუ **ფეკალიების** წარმოქმნა.

მსხვილი ნაწლავის მიერ გამოყოფილი ლორწო აადვილებს გამკვრივებული ფეკალიების გადაადგილებას სწორი ნაწლავისკენ. სწორი ნაწლავიდან ფეკალური მასები **ანალური ხვრელით** გარეთ გამოიყოფა.



თორმეტგოჯა ნაწლავში ორი დიდი ჯირკვლის სადინარი იხსნება. კუჭქვეშა ჯირკვლის სეკრეტის ფერმენტების მოქმედებით იშლება ცილები, ცხიმები და ნახშირწყლები. ღვიძლის სეკრეტი — ნაღველი ცხიმის წვეთების ემულგირებას იწვევს, ააქტიურებს ფერმენტებს, განსაკუთრებით ლიპაზას. ღვიძლს ბარიერული ფუნქცია აქვს.

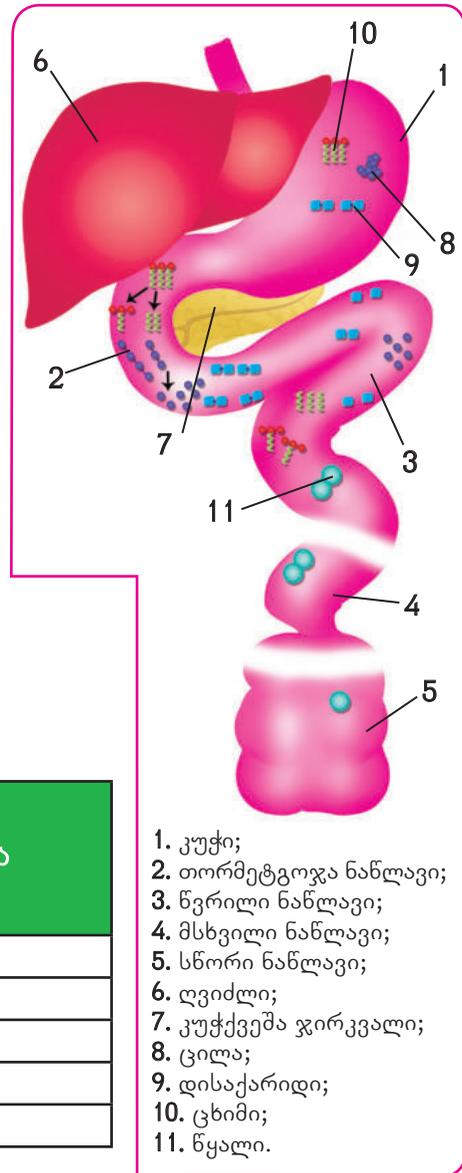
წვრილ ნაწლავში სრულდება საკვების მონელება. საკვებში შემავალი ცილების, ცხიმებისა და ნახშირწყლების დაშლის პროდუქტები წვრილი ნაწლავის კედლებით შეიწოვება.

მსხვილ ნაწლავში შეიწოვება წყალი, მინერალური მარილები, ზოგიერთი ვიტამინი. აქვე ხდება განავლის ფორმირება, რომელიც სწორი ნაწლავით გარეთ გამოიღვენება.



1. ააგე სახამებლის გარდაქმნის სქემა, სახამებლის ორგანიზმში მოხვედრიდან უჯრედში მისი დაშლით დამთავრებულამდე.
2. აიღე ორი ქიმიური ჭიქა. ორივეში ჩაასხი 10 მლ ზეთი. პირველ ჭიქაში ჩაასხი 5 მლ წყალი, მეორეში კი 5 მლ ნაღველი. სითხეები წკირით კარგად შეურიე. ორივე ჭიქიდან ამოიღე თითო წვეთი ნარევი და მოათავსე სასაგნე მინაზე. დაათვალიერე ლუპით. რა სურათს ხედავ? ახსენი, რა მოხდა პირველ და მეორე ჭიქაში.

3. აიღე ორი სინჯარა. ორივეში მოათავსე დაბრი ფილტრის ქაღალდით. ერთი ფილტრის ქაღალდი წყლით დაასველე, ხოლო მეორე — ნაღველით. თითოეულ დაბრში ჩაასხი 10 მლ ზეთი. დააკვირდი ფილტრაციის სიჩქარეს. ფილტრაციის ერთნაირი რაოდენობა მიიღე ორივე სინჯარაში? შენი აზრით, რის მოდელს წარმოადგენს ფილტრის ქაღალი?
4. დააკვირდი ილუსტრაციას, რომელიც გიჩვენებს რთული ნივთიერებების გარდაქმნას საჭმლის მომნელებელ სისტემაში. გადაიტანე ცხრილი რვეულში და შეავსე.



საჭმლის მომნელებელი სისტემის განყოფილება	ფუნქცია
კუჭი	
თორმეტგოჯა ნაწლავი	
წვრილი ნაწლავი	
მსხვილი ნაწლავი	
სწორი ნაწლავი	

1. კუჭი;
2. თორმეტგოჯა ნაწლავი;
3. წვრილი ნაწლავი;
4. მსხვილი ნაწლავი;
5. სწორი ნაწლავი;
6. ღვიძლი;
7. კუჭქვეშა ჯირკვავი;
8. ცილა;
9. დისაქარიდი;
10. ცხიმი;
11. წყალი.



ბაყაყის თავკომბალას ნაწლავები ბევრად გრძელია, ვიდრე ზრდასრული ბაყაყის. მოუძებნე ახსნა ამ ფაქტს.



საკვების მონელება და შეწოვა — digestion and absorption;
 დეზამინირება — desamidization; ტრანსამინირება — transamination.
<http://gam3avoice.com/library/?p=225>
<http://gam3avoice.com/library/?p=223>
<http://gam3avoice.com/library/?p=226>
<http://www.youtube.com/watch?v=KED6BHVM97s&feature=related>
<http://www.youtube.com/watch?v=P1sDOJM65Bc&feature=rel>

§20



საკვების შედგენილობა
მცენარეული და ცხოველური საკვები
ვიტამინები, მათი დანიშნულება

შიმშილი ორგანიზმის მინიშნებაა იმაზე, რომ მას ენერგია და განსაზღვრული ნივთიერებები ესაჭიროება ორგანოების მუშაობისთვის, მათი ნაწილების განახლებისთვის და საშენი მასალის წარმოქმნისთვის, თუ ზრდის პროცესში ვართ.

კვება ორგანიზმის ყველა ამ საჭირო ნივთიერებებით მომარაგებაა. ამ ნივთიერებებს საკვები პროდუქტები შეიცავს.

ჩვენი საკვები პროდუქტი მრავალფეროვანია. წარმოშობის მიხედვით განარჩევენ მცენარეულ და ცხოველურ საკვებს. ისინი შეიცავენ ცილებს, ცხიმებს, ნახშირწყლებს, წყალს, მინერალურ მარილებსა და ვიტამინებს.

ცილებით მდიდარი საკვების მიღება ორგანიზმისთვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია.

ცილებით მდიდარი ცხოველური პროდუქტები	ცილებით მდიდარი მცენარეული პროდუქტები

1 გაიხსენე, რა როლი აქვს ცილებს ჩვენს ორგანიზმში.

ცილების კვებითი ღირებულება დამოკიდებულია მის ამინომჟავურ შედგენილობაზე. არსებობენ ე.წ. შეუცვლადი ამინომჟავები, რომლებიც ჩვენს ორგანიზმში ვერ სინთეზდება, ამიტომ ისინი ორგანიზმმა საკვებით უნდა მიიღოს.

შეუცვლად ამინომჟავებს განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით ცხოველური პროდუქტები შეიცავს. მცენარეებში ისინი ძალიან მცირე რაოდენობით შედის.

ცილების მოხმარების დღიური ნორმა შეადგენს 80-120 გრამს. აქედან 55% ცხოველური წარმოშობის უნდა იყოს.

2 რატომაა მნიშვნელოვანი, ბავშვებისა და ორსულების საკვები რომ მდიდარი იყოს ცილებით?

3 რა დანიშნულება აქვს ჩვენს ორგანიზმში ცხიმებს?

ცხიმების ნორმებს განსაზღვრავენ ასაკის, ფიზიკური დატვირთვის, კლიმატის თავისებურებების გათვალისწინებით. ცხიმების მოხმარების ნორმად მიღებულია დღე-ღამეში 106-185 გრ აქედან ცხოველური წარმოშობის ცხიმი 70-80% უნდა იყოს. ასაკის მატებასთან ერთად, რეკომენდებულია საკვებში ცხოველური ცხიმების თანდათან შემცირება და ზეთების რაოდენობის მომატება. ცხიმების უკმარისობამ

შეიძლება გამოიწვიოს დარღვევები ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში, იმუნიტეტის დაქვეითება, ცვლილებები კანში, თირკმელებში, მხედველობისა და სხვა ორგანოებში.

ცხიმებით მდიდარი ცხოველური პროდუქტები	ცხიმებით მდიდარი მცენარეული პროდუქტები
	

ცხოველური ცხიმების მოხმარების ზრდას თან სდევს სხვადასხვა დაავადების — სიმსუქნის, ათეროსკლეროზის, ჰიპერტონიის განვითარების რისკი.

ნახშირწყლები ორგანიზმის ძირითადი საწვავია. ადამიანი კვებისას ნახშირწყლების უმეტეს ნაწილს მცენარეული საკვებით იღებს. გამონაკლისია თაფლი, რძე, ხორცი და ღვიძლი.

ნახშირწყლებით მდიდარი ცხოველური პროდუქტები	ნახშირწყლებით მდიდარი მცენარეული პროდუქტები
	

ნახშირწყლები დიდი რაოდენობითაა მარცვლოვნებიდან დამზადებულ პროდუქტებში, ხილსა და ბოსტნეულში.

ადამიანის მიერ დღის განმავლობაში მიღებული საკვები 60-70%-მდე ნახშირწყალს უნდა შეიცავდეს.

ნახშირწყლების ნაკლებობას ორგანიზმი პრაქტიკულად არასდროს განიცდის. თუ ადამიანი ნახშირწყლები არასაკმარისი რაოდენობით მიიღო, ის ორგანიზმში ცილებისა და ცხიმებისგან სინთეზდება.

ნახშირწყლებზე მოთხოვნილება განსაკუთრებით ფიზიკური დატვირთვისას ძლიერდება.

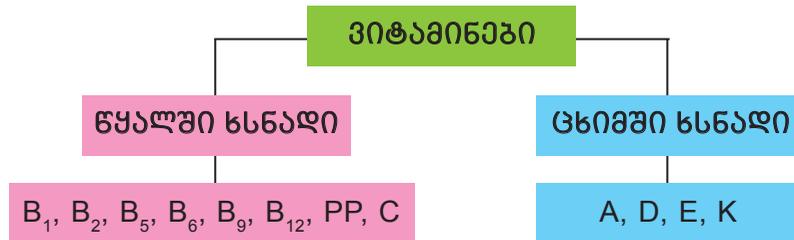
ვიტამინები

ნორმალური ზრდა-განვითარებისთვის, ცილების, ცხიმების, ნახშირწყლებისა და მინერალური ნივთიერებების გარდა, ძალზე მცირე რაოდენობით საჭიროა დაბალმოლეკულური ორგანული ნივთიერებები, რომლებიც აუცილებელია უჯრედში მეტაბოლიზმის ნორმალური წარმართვისთვის. ამ ნივთიერებებს ვიტამინებს უწოდებენ.

ორგანიზმში ვიტამინების საკმარისი რაოდენობით სინთეზი არ ხდება და ამიტომ ისინი ადამიანმა საკვებთან ერთად უნდა მიიღოს.

ვიტამინების უკმარისობა იწვევს დაავადებებს, რომლებიც **ჰიპოვიტამინოზების**, ხოლო ვიტამინების არარსებობის შემთხვევაში — **ავიტამინოზების** სახელწოდებითაა ცნობილი. ნორმაზე მნიშვნელოვნად მეტი რაოდენობის ვიტამინების მიღებით შეიძლება **ჰიპერვიტამინოზები** განვითარდეს. ჰიპერვიტამინოზის დროს ადგილი აქვს ინტოქსიკაციას. ის ხშირად გვხვდება მოზარდებს შორის, რომლებიც მისდევენ ესოდენ მოდურ ბოდიბილდინგს.

არსებობს წყალში და ცხიმში ხსნადი ვიტამინები.



წყალში ხსნადი ვიტამინები წარმოადგენს სხვადასხვა ფერმენტების კოფერმენტებს. ამიტომ მათი ნაკლებობის დროს ორგანიზმში ბრკოლება ესა თუ ის ქიმიური გარდაქმნა, რაც სხვადასხვა ავიტამინოზისთვის დამახასიათებელი სიმპტომებით ვლინდება. **ცხიმში ხსნადი ვიტამინები** კი თავისი მოქმედებით ჰორმონებს ჰგავს.

წყალში ხსნადი ვიტამინების ძირითადი წყაროა ხილი და ბოსტნეული.



სურავანდით დაავადებულის ქვედა კიდურები და ღრძილები

C ვიტამინის — ასკორბინის მჟავას უკმარისობა იწვევს დაავადება **სურავანდს**. სურავანდით დაავადებულს დაქვეითებული აქვს იმუნიტეტი სხვადასხვა ინფექციური დაავადების მიმართ. მისი ძვლები მსხვრევალია. მას ადვილად უზიანდება კაპილარები, რაც იწვევს სისხლჩაქცევებს და სისხლდენას. ადამიანს ჭრილობები არ უხორცდება, ღრძილებიდან

სისხლდენის შედეგად კბილები ერყევა და ცვივა.

სურავანდი საზღვაო მოგზაურობებისა და ექსპედიციების მუდმივი თანამგზავრი იყო, მიუხედავად იმისა, რომ მათი მონაწილეები ლეზულობდნენ საკმაოდ კალორიულ და ცილით მდიდარ საკვებს. ისინი მოკლებულნი იყვნენ ხილს, ნედლ ბოსტნეულსა და ხორცს. ვასკო და გამას ექსპედიციაში (1497-1499) სურავანდით დაიღუპა მისი მეზღვაურების 60%. იგივე ბედი ეწია ცნობილი ზღვაოსნის, ვ. ბერინგის ექსპედიციის მონაწილეებს. თვით ბერინგიც სურავანდით დაიღუპა.

სურავანდი სახმელეთო ჯარების ავბედითი მეგზურიც იყო. სხვადასხვა ომის დროს მრავალი ჯარისკაცი სწორედ სურავანდს ემსხვერპლა.

C ვიტამინი აძლიერებს ორგანიზმის იმუნიტეტს, უზრუნველყოფს კაპილარების განვლადობას, იცავს ორგანიზმს დაბერებისგან.

4 C ვიტამინი იმ ერთ-ერთი ფერმენტის კოფერმენტია, რომელიც ცილა-კოლაგენის სინთეზში მონაწილეობს. ახსენი C ავიტამინოზისთვის დამახასიათებელი სიმპტომების მიზეზი.

C ვიტამინით
გდიდარი
პროდუქტები



1890 წელს ჰოლანდიელი ექიმი ეიკმანი კუნძულ იავაზე საშინელ დაავადებას აკვირდებოდა. ავადმყოფები ვერ დადიოდნენ, ფეხები თითქოს ჯაჭვებით ჰქონდათ შებორკილი. სწორედ ამ სიმპტომის გამო ამ დაავადებას ბერი-ბერის (ბორკილები) ეძახდნენ. ეს დაავადება ხშირად სიკვდილით მთავრდებოდა. დაავადების მიზეზის გარკვევაში ეიკმანს დაეხმარა ქათმებზე დაკვირვება. მან შეამჩნია, რომ გალიაში მსხდომ ქათმებს, რომლებსაც კანგაცლილი ბრინჯით კვებავდნენ, აღენიშნებოდათ ბერი-ბერისთვის დამახასიათებელი ნიშნები. მათი უმრავლესობა იღუპებოდა. ის ქათმები კი, თავისუფლად რომ სეირნობდნენ ეზოში, ჯანმრთელები იყვნენ, რადგან მრავალფეროვან საკვებს პოულობდნენ. რა იყო ბრინჯის კანში, ეიკმანმა ვერ დაადგინა.

დღეისთვის დადგენილია, რომ ამ დაავადების მიზეზი **B₁** ვიტამინის ძლიერი ნაკლებობაა. **B₁** ვიტამინი (თიამინი) მოქმედებს ნახშირწყლების ცვლის პროცესებზე. ის აუცილებელია იმ ორგანოების ნორმალური ცხოველქმედებისთვის, სადაც უჯრედის სუნთქვა ინტენსიურად მიმდინარეობს.



ბერი-ბერით დაავადებულს უზიანდება ცენტრალური ნერვული სისტემა და პერიფერიული ნერვები, უსუსტდება კუნთები, უჭირს სიარული, უვითარდება გულის უკმარისობა.

B₁₂ ვიტამინის არარსებობა იწვევს თვალების, ენის, პირის ღრუს დაავადებებს. ის ბევრია ლუდსა და საფუარში, ღვიძლში, კვერცხის გულში, ქატოში, სტაფილოში, კარტოფილსა და კომბოსტოში.

B₆ ვიტამინის არარსებობა კანის დაავადებების — დერმატიტების მიზეზია. **B₆** ვიტამინი არის ღვიძლში, ხორცში, რძეში, ბოსტნეულში, კვერცხში, გალივებულ ხორბალში.

ბერი-ბერით დაავადებული

B ჯგუფის
ვიტამინებით
გდიდარი
პროდუქტები



A ვიტამინის დეფიციტი არღვევს მხედველობის რეცეპტორების — ჩხირების მუშაობას, რადგან ვიტამინი შედის მის შედგენილობაში. ვითარდება ე.წ. „ქათმის სიბრმავე“, როდესაც ადამიანი ვერ ხედავს ცუდი განათების პირობებში. ამ ვიტამინის ხანგრძლივი უკმარისობა სიბრმავეს იწვევს. განვითარებად ქვეყნებში 10 წლამდე ასაკის 3 მილიონი ბავშვი ბრმაა ამ მიზეზით.

A ვიტამინით გამონვეული ავიტამინოზი ბავშვებში ზრდის შეფერხებას იწვევს. **A** ვიტამინი განსაკუთრებით ბევრია ზღვის ცხოველებისა და თევზების ღვიძლში, თევზის ქონში, კარაქში, რძეში, კვერცხში.



A ვიტამინზე მოთხოვნილება შესაძლებელია დაკმაყოფილებული იყოს იმ მცენარეული საკვებითაც, რომელიც პიგმენტ კაროტინს შეიცავენ. ასეთებია, მაგალითად, სტაფილო, წითელი წინაკა, პომიდორი. ადამიანის ორგანიზმში კაროტინი **A** ვიტამინად გარდაიქმნება.

D ვიტამინი უზრუნველყოფს ნაწლავის ხაოს უჯრედის პლაზმური მემბრანის იმ ცილა-ტრანსპორტერის სინთეზს, რომელსაც კალციუმი ნაწლავის შიგთავსიდან ხაოს უჯრედებში შეაქვს. ხაოდან კალციუმი სისხლში გადადის და ძვლოვან ქსოვილში ლაგდება, რაც ძვალს სიმტკიცეს ანიჭებს და განაპირობებს ჩონჩხის ნორმალურ ფორმირებას.

D ავიტამინოზის დროს **რაქიტი** ვითარდება. ძვლებში შემცირებული კალციუმისა და ფოსფორის რაოდენობის გამო, ძვლები ვერ უძლებს სხეულის სიმძიმეს და ჩონჩხი დეფორმირდება. დაავადებულს ფეხები უმრუდდება, თავი და მუცელი უდიდება, ეცვლება გულმკერდის ფორმა. დემინერალიზაციას განიცდის არა მხოლოდ ძვლები, არამედ კბილებიც. დაავადებულს ახასიათებს მოუსვენარი, მშფოთვარე ძილი, ოფლიანობა.



რაქიტით დაავადებულის ქვედა კიდურები

ჩვენს კანზე ულტრაიისფერი სხივების მოქმედებით კანში ქოლესტეროლი **D** ვიტამინად გარდაიქმნება. ზაფხულის თვეებში წარმოქმნილი **D** ვიტამინი მარაგის სახით ღვიძლში ინახება. მას ორგანიზმი სხვა თვეებშიც იყენებს. **D** ვიტამინით მდიდარია ცხოველური საკვები — თევზის ქონი, თევზი, ღვიძლი, კვერცხის გული, კარაქი.



K ვიტამინი აჩქარებს სისხლის შედედებას, ამცირებს კაპილარების განვლადობას, ასტიმულირებს დაზიანებული ქსოვილის აღდგენას.

K ვიტამინი დიდი რაოდენობითაა თეთრთავიან და ყვავილოვან კომბოსტოში, პომიდორში, გოგრაში, ღვიძლში, ხორცში, კვერცხში. თუმცა, **K** ვიტამინს ნაწლავებში ბინადარი ნაწლავის ჩხირიც ასინთეზებს.

5 ბაქტერიებით გამოწვეული სხვადასხვა ინფექციების მკურნალობის შემდეგ ხშირია **K** ჰიპოვიტამინოზი. რა არის ამის მიზეზი?



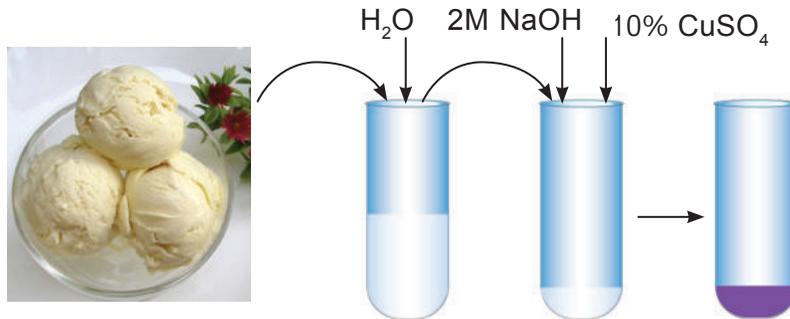
ორგანიზმისთვის საჭირო ყველა საკვებ ნივთიერებას საკვები პროდუქტები შეიცავს. მცენარეული და ცხოველური საკვები ნივთიერებების შედგენილობითა და მათი რაოდენობით განსხვავდება.

ვიტამინები დაბალმოლეკულური ორგანული ნაერთია. ვიტამინები აუცილებელია უჯრედში მეტაბოლიზმის წარმართვისთვის. ვიტამინების არარსებობის შემთხვევაში ავიტამინოზები ვითარდება.



1. ნაყინში ცილის აღმოჩენა.

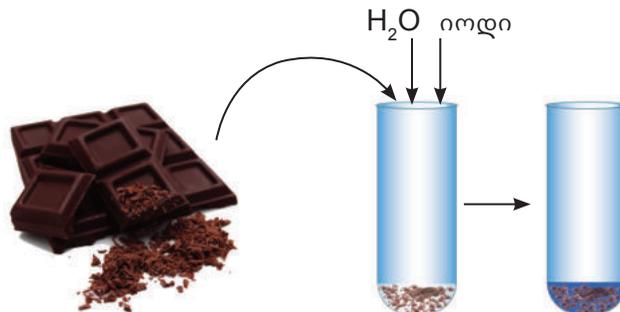
სინჯარაში ჩაასხი 1 მლ. გამდნარი ნაყინი და დაამატე 5-7 მლ. გამოხდილი წყალი, დაახურე საცობი და შეანჯღრიე. მიღებული ნარევის 1 მლ-ს დაამატე 2M NaOH-სა და 10% CuSO₄-ის რამდენიმე წვეთი. სინჯარა შეანჯღრიე.



კაშკაშა იისფერი შეფერილობის გაჩენა მოწმობს ნაყინში ცილის არსებობაზე.

2. ნახშირწყლის აღმოჩენა შოკოლადში.

სინჯარაში მოათავსე მცირე რაოდენობით დაფხვნილი შოკოლადი, გახსენი ცოტა წყალში და კარგად შეანჯღრიე. დაუმატე რამდენიმე წვეთი იოდის სპირტიანი ხსნარი. სითხე გალურჯდება, რაც ნახშირწყლის არსებობას მიუთითებს.



3. **D** ვიტამინის აღმოსაჩენად სინჯარაში ჩაასხი თევზის ქონის ან კვერცხის ყვითრის 1 მლ და დაამატე 1 მლ ბრომის ხსნარი. **D** ვიტამინის არსებობისას ნარევი მომწვანო-მოცისფროდ შეფერადდება.



4. **C** ვიტამინის აღმოჩენა ვაშლის წვენიში.

ჩაასხი სინჯარაში 2 მლ ვაშლის წვენი და დაამატე 10 მლ წყალი. დაუმატე ცოტა სახამებლის ნებო (მის მოსამზადებლად 1 გრ. სახამებელი გახსენი 1 ჭიქა მდულარე წყალში). შემდეგ წვეთ-წვეთობით დაამატე 5%-იანი იოდის ხსნარი, ლურჯი შეფერილობის მიღებამდე, რომელიც არ გაქრება 10-15 წმ.

განსაზღვრის მეთოდი დაფუძნებულია იმაზე, რომ ასკორბინის მჟავას მოლეკულა ადვილად იჟანგება იოდით. როგორც კი იოდი დაჟანგავს მთელ ასკორბინის მჟავას, შემდეგი წვეთი, სახამებელთან მოქმედებისას, შეფერავს ხსნარს ლურჯად.

5. თუ შენ კარტოფილის შეწვისას მისი კვებითი ღირებულების შენარჩუნება გსურს, რა შემთხვევაში იქცევი სწორად:

ა. კარტოფილს თლი, რეცხავ, ჭრი პატარა ნაჭრებად და წვავ;

ბ. კარტოფილს თლი, ჭრი პატარა ნაჭრებად, რეცხავ და წვავ.

შენი მოსაზრების სისწორეში დასარწმუნებლად ჩაატარე ცდა:

გათალე კარტოფილის გორგლი, ჩამოაჭერი მას კუბის ფორმის, ორი ერთნაირი ზომის (სიგრძე — 3 სმ, სიგანე — 3 სმ, სიმაღლე — 3 სმ) ნაჭერი.

ერთ-ერთი ნაჭერი დაჭერი წვრილად. მთლიანი ნაჭერი მოათავსე ერთ ჭიქაში, ხოლო დაჭრილი — მეორე ჭიქაში. ორივეს ერთდროულად დაასხი 100 მლ წყალი. დააყოვნე 5 წთ. დროდადრო ურიე წკირით. 5 წუთის შემდეგ ჭიქებიდან სხვადასხვა სინჯარაში გადაიტანე 5-5 მლ სითხე და დაუმატე თითო წვეთი იოდის ხსნარი. დააკვირდი სითხეების შეფერილობას სინჯარებში. ხედავ მათ შორის განსხვავებას? შეფერილობის ინტენსივობის მიხედვით იმსჯელე შენი მოსაზრების სისწორეში.

6. პური ბევრ სახამებელს შეიცავს. დალეჭე პური კარგად და პირში დიდხანს გააჩერე. იცვალა მან გემო? რა დასკვნას გააკეთებ?

7. რძე მნიშვნელოვანი საკვები პროდუქტია. ის მრავალ ორგანულ და

არაორგანულ ნივთიერებას შეიცავს. სცადე ზოგიერთი ნივთიერების აღმოჩენა რძეში.

ქიმიურ ჭიქაში ჩაასხი რძე და ადულე 5 ნუთის განმავლობაში. დადგი გასაცეხლად. გაციებულ რძეს გაუსინჯე გემო.

რომელი ორგანული ნივთიერების გემოს გრძნობ?

დააკვირდი რძის ზედაპირს. რისი წვეთები გაჩნდა მასზე?

რატომ ვერ ამჩნევდი ამ წვეთებს დუღილის დროს?

გადაასხი რძე მთლიანად მეორე ქიმიურ ჭიქაში. დააკვირდი ცარიელი ჭიქის ფსკერს.

რომელი ნივთიერება გამოილექა?

პიპეტით გადაიტანე სინჯარაში 10 მლ რძე. დაამატე კალციუმის ქლორიდის ხსნარი. შეანჯღრიე.

რომელი ნივთიერება გამოილექა?

გაფილტრე რძე და დააკვირდი ფილტრის ქალაღზე ნალექს. რომელ საკვებ პროდუქტს გაგონებს?

დააკვირდი ფილტრატის ფერს, გაზომე მისი მოცულობა. მონაცემები ჩაიწერე.

რომელი არაორგანული ნივთიერება ქმნის რძის ძირითად მასას?

რომელი ორგანული ნივთიერებაა რძეში დიდი რაოდენობით?

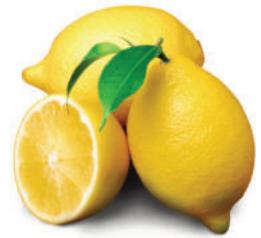
8. მაღალი ხარისხის მაკარონს ისეთი ფქვილისგან ამზადებენ, რომელიც ცილებს დიდი რაოდენობით შეიცავს. ხარშვისას ასეთი მაკარონი ზომაში იმატებს, დაბალი ხარისხის მაკარონი კი პატარავდება — თითქოს დნება. აილე სამომხმარებლო ბაზარზე არსებული სამი ფირმის მიერ წარმოებული (პირობითად ა, ბ, და გ) მაკარონი. გამოიანგარიშე მათი მოცულობა შემდეგნაირად: სამ გრადუირებულ ქიმიურ ჭიქაში ჩაასხი 300-300 მლ. წყალი და ჩაყარე მასში ა, ბ და გ ფირმის მაკარონი 100 გრ.-ის ოდენობით. ამის შემდეგ გაზომე წყლის დონე ჭიქებში და გამოიანგარიშე ა, ბ და გ მაკარონის მოცულობა. გადაიტანე ცხრილი რვეულში. მონაცემები შეიტანე ცხრილში. სამ ჭურჭელში აადულე თითო ლიტრი წყალი და ჩაყარე ა, ბ და გ მაკარონი. ხარშე 15 ნუთის განმავლობაში. გადმოასხი ნახარშები სამ სხვადასხვა გამჭვირვალე ჭიქაში. იმავე მეთოდით გამოიანგარიშე ა, ბ და გ მწარმოებლის მოხარშული მაკარონის მოცულობა და მონაცემები შეიტანე ცხრილში.

მაკარონის ფირმა	მაკარონის საწყისი მოცულობა	მაკარონის საბოლოო მოცულობა	რამდენჯერ მოიმატა მოცულობამ?
ა			
ბ			
გ			

მონაცემების საფუძველზე ააგე სვეტებიანი დიაგრამა.
 შეადარე ნახარშები ერთმანეთს გამჭვირვალობის მიხედვით.
 რამ გამოიწვია ნახარშის შემღვრევა?
 როგორ შეამოწმებ შენ ვარაუდს?
 არის თუ არა რაიმე კანონზომიერება მაკარონის მოცულობაში ცვლი-
 ლებასა და ნახარშის გამჭვირვალობას შორის?
 რა დასკვნას გააკეთებდი?
 რომელი ფირმის მაკარონი აღმოჩნდა ყველაზე მაღალი ხარისხის?



- ერთი ჭიქა მოუხდელი რძე შეიცავს 288 მგ კალციუმს. რამდენი რძე უნდა დავლიოთ, რომ ჩვენი ორგანიზმი უზრუნველვყოთ ამ ელემენტის საკმაო რაოდენობით? (დღეღამური საჭიროებაა 800 მგ)
- გამოთვალე, ლიმონის რა რაოდენობაა საჭირო ყოველდღიურად, რომ დაკმაყოფილდეს ორგანიზმის მოთხოვნილება **C** ვიტამინზე. გამოთვლისას გაითვალისწინე, რომ ლიმონის მასაა 100 გრ. **C** ვიტამინის შემცველობა ლიმონში შეადგენს 0,5%-ს. მოზრდილი ადამიანის დღეღამური მოთხოვნილება 100 მგ-ია.
- კარტოფილის რომელ ორგანოში წარმოიქმნება და სად მარაგდება სახამებელი? რას ხმარდება სახამებლის მარაგი?
- მცენარის კიდევ რომელ ორგანოებშია მოსალოდნელი სახამებლის დაგროვება? ახსენი, რატომ?
- ადამიანები, რომელთაც გახდომა სურთ, ბრინჯს მოხარშვამდე დიდხანს ალბობენ წყალში. შემდეგ წყალს ღვრიან და ბრინჯს ხარშავენ. ახსენი, რატომ იქცევიან ასე?



- B₁** ვიტამინი ნახშირწყლების ცვლაში მონაწილე ერთ-ერთი მთავარი ფერმენტის კოფერმენტი. ამ ფერმენტის გარეშე უჯრედი გლიკოლიზის სტადიიდან ჟანგბადიანი სუნთქვის სტადიაზე ვერ გადადის. ახსენი ბერი-ბერისთვის დამახასიათებელი სიმპტომების მიზეზები.
- სტატისტიკურად დადგენილია, რომ რაქიტით უმეტესად ავადდებიან შავკანიანი ადამიანები და ჩრდილოეთის ქვეყნების მაცხოვრებლები. ახსნა მოუძებნე ამ ფაქტს.



ერთადერთი საკვები, რომელსაც ძუძუმწოვრების უმეტესობა იღებს სიცოცხლის პირველ დღეებში, რძეა. რძის შედგენილობაში შედის ნივთიერებათა სრული კომპლექტი, რომელიც აუცილებელია მოცემულ პერიოდში განვითარებისთვის. ეს ნივთიერებებია: ცილები, ლიპიდები, ნახშირწყლები, მინერალური ელემენტები, განსაკუთრებით კალციუმი, მაგნიუმი, ფოსფორი, კალიუმი და აგრეთვე ვიტამინები. ერთადერთი, რაც რძეში არ არის საკმარისი რაოდენობით, რკინაა. თუმცა, ამ პრობლემას თვითონ ჩანასახი წყვეტს; ჯერ კიდევ მუცლადყოფნის პერიოდში, დედისგან გადაცემულ რკინას იგროვებს სხეულში. ეს მარაგი ბავშვს მყარი საკვებით კვების დაწყებამდე ყოფნის.



ვიტამინები — **vitamins**
ავიტამინოზი — **avitaminosis**
სურაფანდი — **scurvy**
ბერი-ბერი — **beriberi**
ქათმის სიბრმავე — **night-blindness**
რაქიტი — **rickets**

§21



საკვების ენერგეტიკული ღირებულება
საკვებში ენერგიის განსაზღვრა
აღამიანის მოთხოვნილება ენერგიაზე
დაბალანსებული კვება

საკვების ენერგეტიკული ღირებულება ენერგიის ის რაოდენობაა, რომელიც წარმოიქმნება საკვებ პროდუქტებში შემავალი ცილების, ცხიმებისა და ნახშირწყლების დაჟანგვისას. აქედან გამომდინარე, ყველა პროდუქტს აქვს ენერგეტიკული ექვივალენტი, რომლის გაზომვაც შესაძლებელია **კილოჯოულებში** ან **კილოკალორიებში** (1 კჯოულ = 0,24 კკალ; 1 კკალ. = 4,2 კჯოულ.).

ალბათ, ხშირად გინახავს, პროდუქტების ეტიკეტებზე ციფრი, რომელიც შეესაბამება მოცემული პროდუქტის 100 გრამის კალორიულობას. თუ იცი ეს სიდიდე, ადვილია გამოიანგარიშო, რამდენ ენერგიას მიიღებს ორგანიზმი ამ პროდუქტის განსაზღვრული რაოდენობით მიღების შემდეგ.

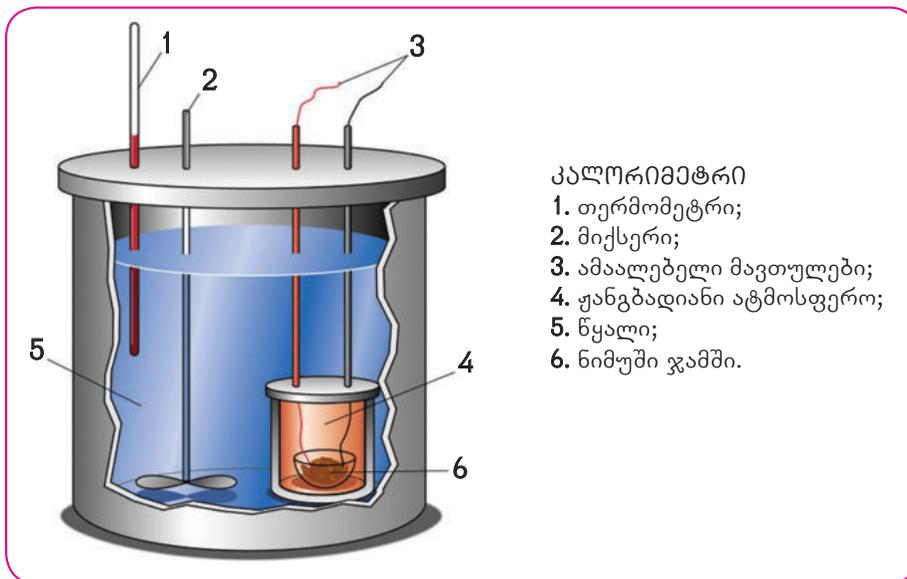
თუ ეტიკეტზე არ არის მინიშნებული ენერგეტიკული ღირებულება, მაგრამ მოცემულია ცილების, ცხიმებისა და ნახშირწყლების შემცველობა, შენ შეგიძლია განსაზღვრო კალორიულობა იქიდან გამომდინარე, რომ ორგანიზმში 1 გრ ცილის, ისევე, როგორც 1 გრ ნახშირწყლის დაჟანგვისას გამოიყოფა 4,1 კკალ ენერგია. ხოლო 1 გრ ცხიმის დაჟანგვისას — 9,3 კკალ.

1 გამოთვალე 1 ჭიქა (200 გრ) ძროხის რძის კალორიულობა, თუ ცნობილია, რომ 100 გრ. რძეში ცხიმი 3,2%-ია, ცილა — 3,5%, რძის შაქარი — 4,7%.

გარდა ამისა, არსებობს ცნობარი, სადაც წარმოდგენილია პრაქტიკულად ყველა საკვები პროდუქტის შედგენილობა და კალორიულობა.

საკვები პროდუქტი	კკალ. 100 გრ. პროდუქტზე	საკვები პროდუქტი	კკალ. 100 გრ. პროდუქტზე
კარაქი	700	კოკა-კოლა	220
შოკოლადი	570	კვერცხი	140
ლორი	450	ბანანი	100
ყველი	400	თევზი	100
ბრინჯი	360	იოგურტი	96
ძეხვი	350	კარტოფილი	80
თაფლი	290	რძე	65
თეთრი პური	250	ვაშლი	45
შავი პური	230	სტაფილო	25
ძროხის ხორცი	200	კომბოსტო	15
ნაყინი	190	პომიდორი	15
ტორტი, ნამცხვარი	450-530	კიტრი	12

საკვები პროდუქტების ენერგეტიკული ღირებულების განსაზღვრა შეიძლება კალორიმეტრში პროდუქტის ცნობილი მასის ჟანგბადში დაწვით. პროდუქტის დაწვისას წარმოქმნილი სითბო გადაეცემა წყლის განსაზღვრულ მასას. ზომავენ წყლის ტემპერატურის მატებას. იქიდან გამომდინარე, რომ 1 გრ წყლის 1°C-ით გასათბობად საჭიროა 1 კკალ., შესაძლებელია იმ კილოკალორიების გამოთვლა, რომელიც გამოიყოფა მოცემული საკვები პროდუქტის წვისას.



საკვებში ენერგიის რაოდენობის გამოსათვლელად გამოიყენება ფორმულა:

$$\text{ენერგიის რაოდენობა საკვებში კკალ/გრ} = \frac{\text{ტემპერატურის ნამატი (t°C)} \times \text{წყლის მოცულობა (სმ³)}}{\text{საკვების რაოდენობა (გრ)}}$$

თუ გსურს, კილოკალორიების მაჩვენებელი გადაიყვანო კილოჯოულებში, ამ ფორმულით იხელმძღვანელე:

$$\text{ენერგიის სიდიდე კჯოულ/გრ} = \frac{\text{ენერგიის სიდიდე (კკალ/გრ)}}{1\ 000} \times 4.2$$

კალორიმეტრში შესაძლებელია არა მარტო საკვები პროდუქტის ენერგეტიკული ღირებულების დადგენა, არამედ ადამიანის ორგანიზმის მიერ გამოყოფილი სითბოს რაოდენობის გაზომვაც, რის საფუძველზეც შესაძლებელია დახარჯული ენერგიის განსაზღვრა.

ადამიანის ენერგეტიკული დანახარჯის განსაზღვრისთვის გამოიყენება „არა-პირდაპირი კალორიმეტრის“ მეთოდი. ენერგეტიკული დანახარჯის გამოთვლისთვის აწარმოებენ ჟანგბადის შთანთქმისა და ნახშირორჟანგის გამოყოფის ზუსტ გაზომვას.

მეთოდს საფუძვლად უდევს თეორიული ვარაუდი იმის შესახებ, რომ ორგანიზმში 1 გრ საკვები პროდუქტის დაწვისას შთაინთქმება ისეთივე რაოდენობის ჟანგბადი და გამოიყოფა ისეთივე რაოდენობის ნახშირორჟანგი, სითბო და წყალი, რაც ჰაერზე პროდუქტის წვისას.

ამ მეთოდით განსაზღვრა მიახლოებითია, რადგან საკვები პროდუქტების დაჟანგვა ორგანიზმში ბოლომდე არ ხდება.

ადამიანის მოთხოვნილება ენერგიაზე

ადამიანის მოთხოვნილება ენერგიაზე დამოკიდებულია სქესზე, ასაკზე, წონაზე, ფიზიკურ დატვირთვაზე, ფსიქიკურ მდგომარეობაზე. მხედველობაშია მისაღები გეოგრაფიული, კლიმატური პირობები, პირველ რიგში ტემპერატურა.

ენერგია იხარჯება არა მარტო ფიზიკური მუშაობის დროს, არამედ ძილში გულისა და სასუნთქი კუნთების მუშაობაზე, სხეულის მუდმივი ტემპერატურის შესანარჩუნებლად, ფიქრზე, აზროვნებაზე.

ორგანიზმის ენერგეტიკულ დანახარჯს 20°C ტემპერატურაზე, მოსვენებულ მდგომარეობაში, **ძირითადი ენერგეტიკული ცვლა** ჰქვია.

საშუალო ასაკის ჯანმრთელი ადამიანის ძირითადი ენერგეტიკული ცვლის დონე 1 საათში, სხეულის მასის ყოველ 1 კილოგრამზე, 1 კილოკალორიაა.

ამრიგად, 70 კგ წონის მამაკაცის ძირითადი ენერგეტიკული ცვლის დონე დაახლოებით 1 700 კილოკალორიაა დღეში.

② რას უდრის შენი ძირითადი ენერგეტიკული ცვლის მაჩვენებელი დღეში?

ნებისმიერი სამუშაო, იქნება ის გონებრივი თუ ფიზიკური, მოითხოვს ენერგიის დამატებით ხარჯვას. დამატებითი დანახარჯი, ანუ **საქმიანობაზე დახარჯული ენერგია**, სხვადასხვა სამუშაოსთვის განსხვავებულია.

დღის განმავლობაში დამატებითი ენერგიის ხარჯვაა საჭირო აგრეთვე ყოველი ჭამის შემდეგ, რადგან დამატებით იხარჯება **ენერგია საჭმლის მონელებაზე**.

ამრიგად, ადამიანისთვის აუცილებელი ენერგია დღეში, არის ძირითად ცვლაზე, საქმიანობასა და საჭმლის მონელებაზე დახარჯული ენერგიების ჯამი. სწორედ ესაა ის **აუცილებელი ენერგია**, რომელსაც ადამიანი ხარჯავს დღის განმავლობაში.

$$\text{აუცილებელი ენერგია დღეში} = \text{ძირითადი ენერგეტიკული ცვლა} + \text{საქმიანობაზე დახარჯული ენერგია} + \text{საჭმლის მონელებაზე დახარჯული ენერგია}$$

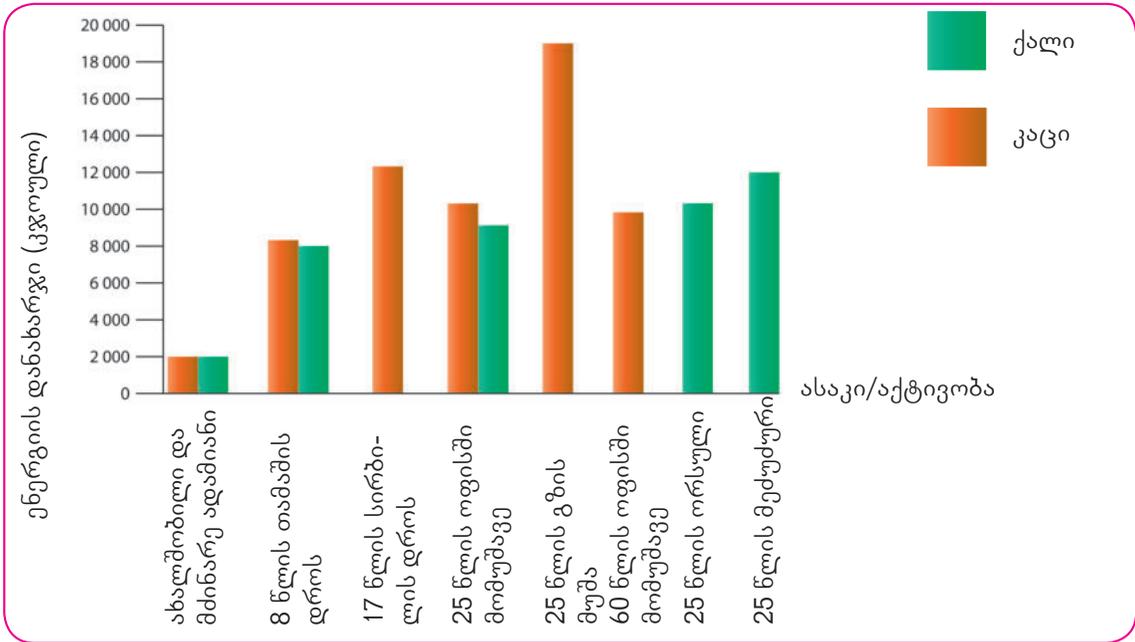
ადამიანის ორგანიზმის ენერგეტიკული დანახარჯი დამოკიდებულია ფიზიკურ და გონებრივ დატვირთვაზე:

გონებრივი — 2 800 კკალ;

ფიზიკური — 3 000-3 200 კკალ;

მძიმე ფიზიკური — 4 000-4 300 კკალ;

გრაფიკი ასახავს სხვადასხვა ადამიანის ენერგიაზე მოთხოვნილებას.



3 ა. დააკვირდი გრაფიკს. რა ძირითადი ფაქტორები განაპირობებს ამ მაჩვენებლებს შორის განსხვავებას?

ბ. შეადარე 25 წლის ოფისში მომუშავე და 60 წლის ოფისში მომუშავე მამაკაცების ენერგეტიკული დანახარჯები. ეს მაჩვენებლები უმნიშვნელოდ განსხვავდება. რით ახსნი ამ ფაქტს?

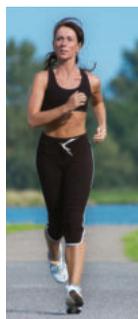
გ. შეადარე ერთმანეთს 25 წლის ოფისში მომუშავე მამაკაცისა და ამავე ასაკის გზის მუშის ენერგეტიკული დანახარჯები.

დ. გრაფიკზე წარმოდგენილი ენერგეტიკული დანახარჯები სხვადასხვა ადამიანისთვის გადაიყვანე კილოკალორიებში.

ადამიანის ენერგიის ხარჯვა (კკალ/სთ) სხვადასხვა სახის ფიზიკური აქტივობისას.



300



900



180-600



570



330



350



420



300



600

დაბალანსებული კვება

ჯანმრთელები რომ ვიყოთ, მნიშვნელოვანია სწორად ვიკვებებოდეთ. კერძოდ:

- უნდა არსებობდეს წონასწორობა საკვებთან ერთად მიღებულ ენერჯიასა და დახარჯულ ენერჯიას შორის, ანუ **ენერჯიის ბალანსი**. მარტივად რომ ვთქვათ, რამდენ ენერჯიასც დაახარჯავთ, იმდენივე უნდა მივიღოთ საკვებით.

- უნდა მივიღოთ საკვები ნივთიერებების განსაზღვრული რაოდენობა განსაზღვრული თანაფარდობით. მაგალითად, გონებრივად მომუშავესთვის ნორმაში თანაფარდობა ცილებს, ცხიმებსა და ნახშირწყლებს შორის უნდა იყოს შესაბამისად 1,0 : 1,1 : 4,0; მძიმე ფიზიკური შრომისას 1,0 : 1,3 : 5,0; ნაკლებად მოძრავი ცხოვრების წესის დროს 1,0 : 0,9 : 3,2. ამ თანაფარდობას **საკვებ ნივთიერებათა ბალანსი** ჰქვია.

ცილების საერთო რაოდენობიდან 50-60% ცხოველური წარმოშობის უნდა იყოს. ცხიმებიდან 20-25%-ს ზეთები უნდა შეადგენდეს. დღიურ რაციონში ნახშირწყლების საერთო რაოდენობიდან ადვილად ათვისებადი ნახშირწყლები (საქაროზა, ფრუქტოზა, ლაქტოზა) უნდა შეადგენდეს 20%-ს, სახამებელი — 75%-ს, ხოლო ცელულოზა — 5%-ს.

მინერალური ნივთიერებების შეთვისება ორგანიზმის მიერ კარგად ხდება მათი განსაზღვრული თანაფარდობის დროს. ოპტიმალურია კალციუმსა და ფოსფორს შორის თანაფარდობა 1.0 : 2.0, ხოლო კალციუმსა და მაგნიუმს შორის — 1.0 : 0.6.

● რამდენად დასაშვებია მოზარდებისთვის ვეგეტარიანელობა? ახსენი შენი მოსაზრება.

დაბალანსებულ კვებას ხშირად პირამიდის სახით გამოხატავენ. ის მოიცავს პროდუქტების ძირითად ჯგუფებს, ადამიანისთვის მისი მნიშვნელობის მიხედვით.



როგორც ხედავ, წყალი და სხვადასხვა სითხე პირამიდის ძირშია, რადგან ისინი ნებისმიერი რაციონის საფუძველია. მოხმარების მნიშვნელობითა და რაოდენობით მათ მოსდევს ხილი და ბოსტნეული. შემდეგ ჯგუფში მარცვლეულისგან მომზადებული პროდუქტები, ბურღულეული და კარტოფილია. მათ შემდეგ საქონლისა და ფრინველის ხორცი, თევზეული და კვერცხი, აგრეთვე რძე და რძის პროდუქტებია. ბოლო ჯგუფში ცხიმები, მცენარეული ზეთები და ტკბილეულია.

თუ შენი მენიუ ძირითადად პირამიდის ზედა ნაწილის პროდუქტებისგან შედგება, შეეცადე, შეამცირო მათი რაოდენობა და ნაცვლად ჩართო მასში მეტი პროდუქტი ქვედა ჯგუფებიდან.

შენი მიზანია, მიაღწიო სხვადასხვა ჯგუფის პროდუქტებს შორის ისეთ თანაფარდობას, როგორც პირამიდაშია. ჭამე ბევრი ხილი და ბოსტნეული, დალიე დღეში არანაკლებ 1,5 ლ სითხე, შეზღუდე ტკბილეულისა და ცხიმოვანი საკვების მიღება, ბევრი იმოძრავე და შენ ჯანმრთელი ცხოვრების წესის პირველი ნაბიჯები უკვე გადადგმული გექნება.

დაბალანსებული კვების დარღვევა, მათ შორის სხვადასხვა დიეტა, პათოლოგიური ცვლილებების, ზოგჯერ სიკვდილის მიზეზიც კი ხდება. არასწორი კვება ნიშნავს როგორც არასაკმარის კვებას და ზოგჯერ შიმშილსაც, ისე ჭარბ კვებას.

განვითარებად ქვეყნებში დღესაც მწვავედ დგას მოსახლეობის საკვებით უზრუნველყოფის საკითხი. ორგანიზმისთვის განსაკუთრებით საშიშია ცილის უკმარისობა, რომელიც ორი მიზეზით შეიძლება განვითარდეს. ერთი მიზეზია, როცა საკვები შეიცავს საკმარის ენერჯიას, მაგრამ ღარიბია ცილებით. ასეთი მდგომარეობა ხშირია აფრიკაში, სადაც კვების ძირითადი პროდუქტი, მაგალითად, სიმინდი მდიდარია სახამებლით, ანუ ენერჯიით და ღარიბია ცილით. იმ რაიონებში, სადაც მოჰყავთ ხორბალი, ცილის უკმარისობა იშვიათია. ორგანიზმში ცილის უკმარისობის მეორე მიზეზი საკვებში ენერჯიის ნაკლებობაა, რის გამოც ენერჯიის წყაროდ ორგანიზმი საკუთარ ცილებს იყენებს.

ცილის უკმარისობის ორივე შემთხვევაში შეიძლება განვითარდეს დაავადება **კვაშიორკორი**. პირველად ეს დაავადება 1935 წელს აღწერეს განაში. მისი სახელი წარმოდგება სიტყვიდან, რომელიც „დაბადებისთანავე ძუძუს მოწყვეტილი ბავშვის დაავადებას“ ნიშნავს. ცილის უკმარისობას დედის რძიდან ბავშვის სახამებლის შემცველ საკვებზე გადაყვანა იწვევს.

ამ დაავადებისთვის დამახასიათებელია: სიმაღლესა და ზრდაში ჩამორჩენა, ჰიპოტონია, თმის ფერისა და ფორმის ცვლილება (ე.წ. „ნითელი ბიჭები“), კანის პიგმენტაციის შეცვლა (ე.წ. „გველის კანი“), სახის მთვარისებრი ფორმა (იწვევს სანერწყვე ჯირკვლების გადიდება), ჰორმონალური დარღვევები, ანემია, ფალარათი, მუცლის შებერვა; კუნთები განლევას განიცდის; პიგმენტაციური ლაქები შეუხორცებად წყლულებად გადაიქცევა; იმუნიტეტი ქვეითდება; ვიტამინების ნაკლებობის გამო კანი იქერცლება, განსაკუთრებით პირის ირგვლივ. აღინიშნება გონებრივი განვითარების ჩამორჩენა.



კვაშიორკორით დაავადებულები

საკვების უკმარისობით გამოწვეული ერთ-ერთი საკმაოდ ცნობილი დაავადებაა **მარაზმი (კახექსია)** — ზოგადი გამოფიტვა. მარაზმი ყველა ასაკში შეიძლება განვითარდეს. დაავადების სიმპტომებია: ჩამორჩენა ფიზიკურ განვითარებაში, ზრდის შეჩერება, კუნთების განღვავა, რის გამოც კიდურები ძალიან დათხელებულია; კანქვეშა ცხიმის არარსებობის გამო სახე დანაოჭებულია, კანი გამომშრალი, რაც მათ „პატარა მოხუცებს“ ამსგავსებს. დაავადებულებს იმუნიტეტი დაქვეითებული აქვთ.



მარაზმით დაავადებული

ნერვული ანორექსია და სიმსუქნე განვითარებული ქვეყნების დამახასიათებელი დაავადებებია.

ნერვული ანორექსია განსაკუთრებით ბოლო ათწლეულებში გავრცელდა. მისი გავრცელება ძირითადად დაკავშირებულია დასავლეთის მდიდარ საზოგადოებასთან, ვინაიდან მათთვის სიგამხდრე სილამაზის ეტალონად მიიჩნევა.



ანორექსიით დაავადებული

ტერმინი ნერვული ანორექსია პირდაპირი გაგებით „ნერვულ ნიადაგზე მადის დაკარგვას“ ნიშნავს. მაგრამ ეს მთლად ასე არ არის, რადგან ამ დაავადების „მსხვერპლნი“, ჩვეულებრივ, არ კარგავენ მადას, მაგრამ წონის მომატების მუდმივი შიში ძლევს ამ გრძნობას.

ანორექსიით, ძირითადად, ახალგაზრდა ქალები იტანჯებიან. დიეტის გამკაცრებასთან ერთად, ქალი სულ უფრო ცოტას ჭამს, ვიდრე გასუქების შიში აკვიატებად არ გადაექცევა. ფსიქოლოგიურად, ქალს ამ სტადიაზე ისევ მიაჩნია, რომ მისი წონა ჭარბია, თუმცა, სინამდვილეში მას უკვე წონის უკმარისობა აქვს. ორგანიზმში იწყება ფიზიკური ცვლილებები. ქალს შეიძლება შეუწყდეს მენსტრუაცია. სხეულის წონა კატასტროფულად მცირდება. ორგანიზმი ენერგიისთვის იწყებს კუნთის ცილების გამოყენებას. კუნთები იფიტება, კბილები იშლება, იმუნიტეტი ქვეითდება, წნევა დაბლა იწევს. შედეგი შეიძლება ლეტალური იყოს.

მეორე უკიდურესობა არის **ბულემია** — ღორმუცელობა, რომელიც იწვევს არა მარტო სიმსუქნეს, არამედ სერიოზულ ფსიქიკურ პრობლემებს. ბულემიით დაავადებულები, განსაკუთრებით გოგონები, რომლებიც ვერ აკონტროლებენ კვებას, დიდი რაოდენობით საკვების მიღების შემდეგ ყველანაირად ცდილობენ, გათავისუფლდნენ მისგან. ისინი კუჭს ირეცხავენ, ხელოვნურად იწვევენ ღებინებას. ასეთმა მოქმედებამ, შესაძლებელია, კუჭ-ნაწლავის საკმაოდ მძიმე დაავადებები გამოიწვიოს.

დღეისთვის **ჭარბწონიანობა** მრავალი ქვეყნის პრობლემაა.

ჭარბწონიანად ითვლება ადამიანი, რომლის წონა 20%-ით აღემატება იმ საშუალო წონას, რომელიც შეესაბამება მის სიმაღლესა და აღნაგობას.

ჭარბწონიანობა ვითარდება მაშინ, როცა საკვებით ენერგიის მიღება აღემატება მის ხარჯვას. ჭარბწონიანობა გადამეტებული კვებით, ენერგეტიკულად მდიდარი საკვების ხშირი მიღებითა და არააქტიური ცხოვრებით არის განპირობებული. ზოგჯერ მას იწვევს ჰიპოთალამუსის ან ფარისებრი ჯირკვლის ფუნქციის დარღვევა.

ჭარბწონიანობა ემოციურ პრობლემებსაც ქმნის. ბავშვები, შესაძლებელია, დაცინვის ობიექტად იქცნენ; ზრდასრულები კი მუდმივად განიცდიან, რომ არ ჰგვანან რეკლამებისა და ფილმების ტანად მოდელებს.

ჭარბწონიანობის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა საკვებში ენერჯის შემცველობა ისეთ ნიშნულამდე შემცირდეს, რომ მისი დანახარჯი მეტი იყოს მიღებულზე.



ჭარბწონიანობით დაავადებული



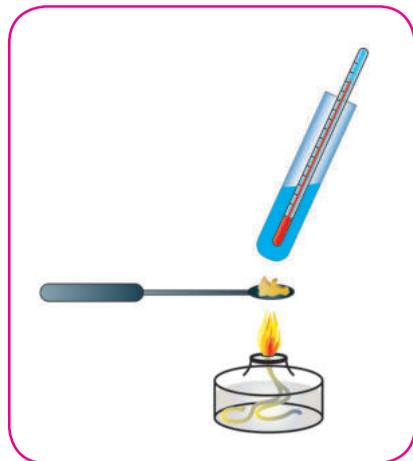
ყველა საკვებ პროდუქტს ენერგეტიკული ღირებულება აქვს, ენერგეტიკული ღირებულება ენერჯის ის რაოდენობაა, რომელიც წარმოიქმნება ამ საკვებში შემავალი ცილების, ცხიმებისა და ნახშირწყლების დაჟანგვისას. საკვებში ენერჯის განსაზღვრისთვის სხვადასხვა მეთოდს მიმართავენ.

ადამიანისთვის აუცილებელი დღიური ენერჯია არის ძირითად ცვლაზე, საქმიანობასა და საჭმლის მონელებაზე დახარჯული ენერჯის ჯამი.

საკვები რაციონი უნდა შეესაბამებოდეს ორგანიზმის ენერგეტიკულ მოთხოვნებს, შეიცავდეს საკვები ნივთიერებების საკმარის რაოდენობას და მათ შორის განსაზღვრულ — დაბალანსებულ თანაფარდობას.



1. გაზომე 1 გრ ნიგოზში ენერჯის რაოდენობა. ამისთვის:
 - ა. აიღე სინჯარა. გადაიტანე მასში 20 მლ მოცულობის წყალი. სინჯარაში ჩადე თერმომეტრი. გაზომე წყლის ტემპერატურა (T_1).
 - ბ. აწონე ნიგოზის ნაჭერი, წამოაცვი ის რკინის მავთულს და დაიჭირე სპირტქურის ალზე, ვიდრე მას ცეცხლი არ წაეკიდება.
 - გ. ცეცხლმოკიდებული ნიგოზი დაიჭირე სინჯარის ქვეშ.
 - დ. ნიგოზის ბოლომდე დაწვის შემდეგ, დააფიქსირე თერმომეტრის მონაცემი (T_2). შეგიძლია, საკვლევად შეარჩიო სხვადასხვა პროდუქტი.



გადაიტანე ცხრილი რვეულში და შეიტანე მონაცემები.

პროდუქტის დასახელება	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₂ -T ₁ (°C)	წყლის მოცულობა (მლ)	წყალზე გადაცემული ენერგია (კკალ)	საკვლევი ობიექტის წონა	ენერგიის რაოდენობა (კკალ/გრ)	ენერგიის რაოდენობა (კჯოული/გრ)

- გამოიყენე ფორმულა (გვ.135) და განსაზღვრე 1 გრ ნიგოზში ენერგიის რაოდენობა.
- შენ მონაცემებზე დაყრდნობით, რამდენი კკალ. იქნება 250 გრ ნიგოზში ან სხვა შენ მიერ გამოკვლეულ პროდუქტში?
- ენერგიის რა რაოდენობას დახარჯავს ადამიანი 30 წუთის მანძილზე თხილამურებით სრიალისას?
- დიაგრამის სახით წარმოადგინე ენერგიის დანახარჯები ერთ საათში სხვადასხვა სახის ფიზიკური აქტივობისას. (ცხრილი, გვ. 137)
- შეიძინე შენი საყვარელი პროდუქტი. პაკეტზე მოცემული ინფორმაციის მიხედვით, განსაზღვრე, რამდენ კკალ. ენერგიას მიიღებ, თუ მიირთმევ ამ პროდუქტის 60 გრ-ს.
- თუ შენ დაახლოებით 45-50 კგ-ს იწონი, მაშინ სასიცოცხლოდ ყოველდღიურად 2 800 კკალ ენერგია გესაჭიროება. ცხრილის (გვ.134) მიხედვით და შენი გემოვნების გათვალისწინებით, შეარჩიე პროდუქტები, რომლითაც შენს ორგანიზმს ყოველდღიური ენერგიით უზრუნველყოფ.
- სხვადასხვა ფიზიკური აქტივობისას სხვადასხვა რაოდენობის ენერგია იხარჯება. დააკვირდი ცხრილს (გვ137). თუ ჭარბი წონა განუხებს, ცხოვრების როგორ სტილს აირჩევდი წონის დასაკლებად?



- თუ შენ გახდომა გსურს, რომელ გზას აირჩევდი: შეზღუდვადი საკვების მიღებას თუ გაზრდიდი ფიზიკურ აქტივობას? რომელი მათგანი არ არის შენი ორგანიზმისთვის საზიანო? დაასაბუთე შენი მოსაზრება.
- გასული საუკუნის დასაწყისში ითვლებოდა, რომ ყველაზე დიდი ენერგია დაუთოვებისა და მინის თხრის პროცესში იხარჯებოდა. მართებულა თუ არა ეს მოსაზრება XXI საუკუნეში?

3. ფიზიკური დატვირთვის შემდეგ, ენერჯის სწრაფი აღდგენისთვის, რომელ საკვებს მიანიჭებდი უპირატესობას — გლუკოზის შემცველს თუ სახამებლის შემცველს?
4. ადამიანი ავადმყოფობის დროს, რომელსაც თან ახლავს ტემპერატურის მომატება, წონაში იკლებს. დაასახელე წონაში დაკლების მიზეზი.
5. ჩამოთვალე კვაშიორკორის სიმპტომები. ახსენი თითოეული სიმპტომის მიზეზი.
6. სურათზე მოცემული პროდუქტებიდან, რომელი უფრო მეტად უზრუნველყოფს ორგანიზმს ენერჯით?



საკვების ენერგეტიკული ღირებულება — energy value of food; კალორიმეტრი — calorimeter; ძირითადი ენერგეტიკული ცვლა — primary energy metabolism; დაბალანსებული კვება — balanced diet; დაბალანსებული კვების პირამიდა — pyramid of a balanced diet; კვაშიორკორი — kwashiorkor; მარაზმი — marasmus; ნერვული ანორექსია — anorexia nervosa; ბულემია — bulimia; ჭარბწონიანობა — obesity.

<http://www.youtube.com/watch?v=uz6201OJ1Qo&feature=endscreen&NR=1>

§22



სატრანსპორტო სისტემა ცხოველებში

სისხლის მიმოქცევის სისტემა უხერხემლო ცხოველებში

თევზების, ამფიბიების, ძვანარმაკვლებისა და ფრინველების სისხლის მიმოქცევის სისტემა

სხეულის ყველა უჯრედში მიმდინარე ნივთიერებათა ცვლის პროცესებს მუდმივად ესაჭიროება საკვები ნივთიერებებისა და ჟანგბადის მიწოდება, ასევე ცვლის საბოლოო პროდუქტების მოცილება. ამისთვის კი საჭიროა ამ ნივთიერებების სხეულის ერთი ნაწილიდან მის სხვადასხვა ნაწილში გადატანა, რასაც მრავალუჯრედიან ცხოველებში ნივთიერებათა ტრანსპორტის სპეციალური სისტემა ემსახურება.

ასეთი სისტემა არ ესაჭიროება ერთუჯრედიანებს, ნაწლავლრუიანებსა და ბრტყელ



ამების ციტოპლაზმის მოძრაობა

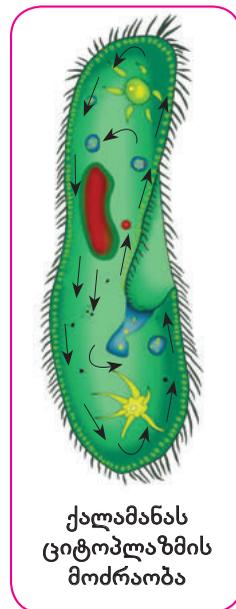
ჭიებს. მათი სხეულის შიგნით ნივთიერებებს იმდენად პატარა მანძილი აქვს გასავლელი, რომ ისინი დიფუზიით გადაადგილდება. უმარტივესებში, მაგალითად, ამებაში, მოლეკულების დიფუზიას ციტოპლაზმის მოძრაობა განაპირობებს; ამების მოძრაობის დროს, ციტოპლაზმა უჯრედის უკანა ნაწილიდან მის წინა ნაწილში გადაიღვრება. ციტოპლაზმის შემადგენელი ნივთიერებები გადაადგილდება და გადანაწილდება მთელ უჯრედში.

იმ უმარტივესებში, რომლებსაც არ შეუძლიათ სხეულის ფორმის ცვლილება, ციტოპლაზმა წრიულად მოძრაობს, რაც უზრუნველყოფს ნივთიერებების გადატანას უჯრედის შიგნით.

შედარებით მარტივ მრავალუჯრედიან ცხოველებში, მაგალითად, ნაწლავლრუიანებში, ნაწლავის ღრუ ასრულებს როგორც მომწელებელი, ისე სატრანსპორტო სისტემის როლს. ნაწლავის ღრუდან ჟანგბადისა და შიდა შრის უჯრედებში მონელების შედეგად წარმოქმნილი ნივთიერებები სხვა უჯრედებს დიფუზიით მიეწოდება.

დიდი ზომისა და რთული აგებულების ცხოველების სხეულში უჯრედების რაოდენობა და მათ შორის მანძილი დიდია. ნივთიერებების შედარებით დიდ მანძილზე გადასატანად კი დიფუზია ტრანსპორტირების ძალიან ნელი საშუალებაა. ამიტომ უჯრედების მომარაგებისთვის ამ ცხოველებს გააჩნიათ სატრანსპორტო სისტემა. ამ სისტემას **სისხლის მიმოქცევის სისტემა** ჰქვია.

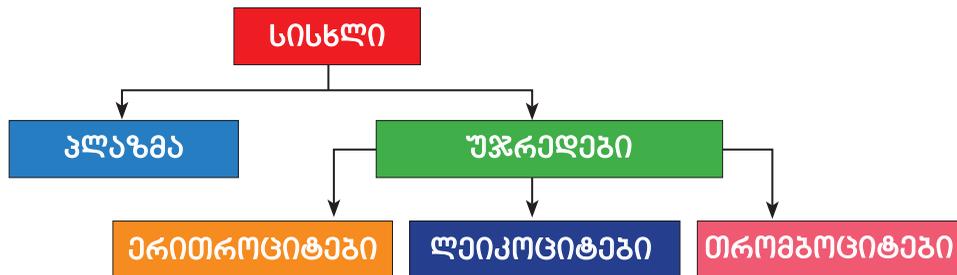
სატრანსპორტო სისტემამ თავისი ფუნქცია რომ შეასრულოს, აუცილებელია: სითხე, რომელიც იმოძრაავებს ამ სისტემაში; დამაკავშირებელი მილები, რაშიც ეს სითხე იმოძრაავებს; შეკუმშვის უნარის მქონე ორგანო, რომელიც ტუმბოს მსგავსად იმოქმედებს და აიძულებს ამ სითხეს, იმოძრაოს მილებში.



ქალამანას ციტოპლაზმის მოძრაობა

უმრავლეს შემთხვევაში, ეს სითხე არის სისხლი, მიღები — სისხლძარღვები, ხოლო ტუმბო — გული.

სისხლი შედგება თხევადი პლაზმისა და უჯრედებისგან — ერითროციტების, ლეიკოციტებისა და თრომბოციტებისგან.



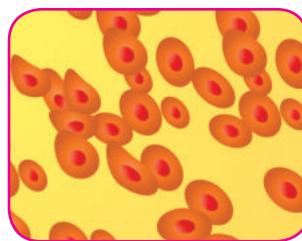
პლაზმა სისხლის თხევადი ნაწილია. მისი ძირითადი კომპონენტებია: წყალი, ცილები, გლუკოზა, ცხიმები, მინერალური მარილები.

ერითროციტების ძირითადი დანიშნულებაა, გადაიტანოს ჟანგბადი სასუნთქი ორგანოებიდან ქსოვილებში, ხოლო ნახშირორჟანგი — საპირისპირო მიმართულებით.

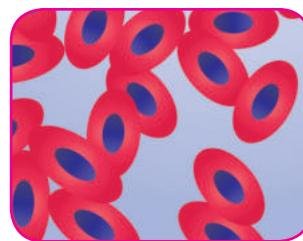
უმეტეს შემთხვევაში, სისხლით გადატანილი ჟანგბადი პლაზმაში კი არ არის გახსნილი, არამედ ის დაკავშირებულია რომელიმე ჟანგბადის გადამტან ცილასთან. ზოგიერთ უხერხემლოში და ყველა ხერხემლიანში ასეთი ცილა წითელი ფერის **ჰემოგლობინია**.

თევზების, ამფიბიების, ქვეწარმავლებისა და ფრინველების ერითროციტებს ბირთვი აქვს. ძუძუმწოვრების ერითროციტები კი უბირთვოა.

ლეიკოციტები ბირთვიანი უფერო უჯრედებია. ისინი ცხოველების უმრავლესობის სისხლის შედგენილობაში შედიან. მათ ამებოიდური მორაობა ახასიათებს. ლეიკოციტები ორგანიზმში შეღწეულ მიკრობებს ფაგოციტოზის გზით ებრძვის.



ამფიბიის ერითროციტები



ფრინველის ერითროციტები

თრომბოციტები გააჩნია მხოლოდ ხერხემლიან ცხოველებს. ისინი მონაწილეობენ სისხლის შედეგებაში. ძუძუმწოვრების გარდა, ყველა სხვა ხერხემლიანი ცხოველის თრომბოციტები ბირთვიანი უჯრედებია. ძუძუმწოვრების თრომბოციტები კი უფორმო და უბირთვოა, ამიტომ მას **სისხლის ფირფიტებს** უწოდებენ.

სისხლს მრავალი ფუნქცია აკისრია:

- სასუნთქი — ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგის ტრანსპორტი.
- ტროფიკული — საკვები ნივთიერებების ტრანსპორტი.
- გამომყოფი — ცვლის პროდუქტების ტრანსპორტი თირკმელებთან.
- დამცველობითი — მიკროორგანიზმების უვნებელყოფა და სისხლის შედეგება
- ჰუმორულ რეგულაციაში მონაწილეობა — ჰორმონების ტრანსპორტი.
- ჰომეოსტაზური — ორგანიზმის შინაგანი გარემოს მუდმივობის შენარჩუნება.

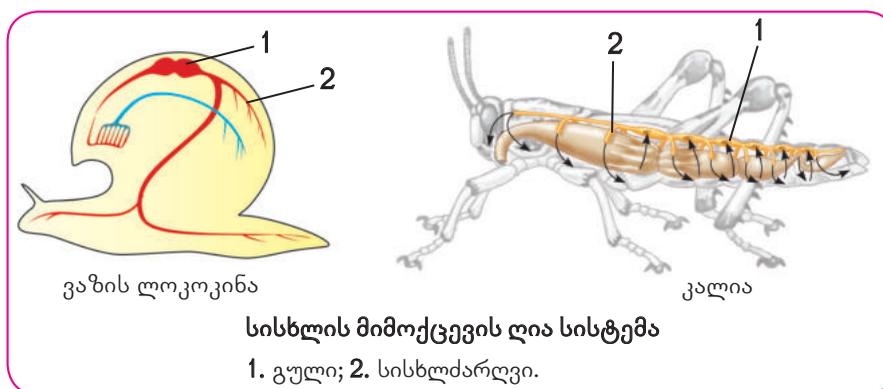
ცხოველების სისხლის მიმოქცევის სისტემაში განარჩევენ სამი სახის სისხლძარღვებს: **არტერიებს**, რომელთაც სისხლი გულიდან გამოაქვს; **ვენებს**, რომლებსაც სი-

სხლი გულში შეაქვს; **კაპილარებს**, რომელთა საშუალებით ხდება ნივთიერებათა მიმოცვლა სისხლსა და ქსოვილებს შორის. სისხლძარღვებში სისხლის მოძრაობას უზრუნველყოფს **მფეთქავი სისხლძარღვი** ან **გული**.

სხვადასხვა ცხოველში გული განსხვავებული აგებულებისაა, მაგრამ ნებისმიერ შემთხვევაში მისი ფუნქციაა, გადაქაჩოს სისხლი სისხლძარღვებში.

განარჩევნ ორი ტიპის სისხლის მიმოქცევის სისტემას: ღიას და დახშულს.

ფეხსახსრიანების უმრავლესობას და ზოგიერთ მოლუსკს სისხლის მიმოქცევის **ღია სისტემა** აქვს. ის შედგება გულისა და სისხლძარღვებისგან. ამ ცხოველებში სისხლი და ღიმფა ერთმანეთისგან გამიჯნული არ არის და სითხეს, რომელიც სისხლძარღვებში მოძრაობს, **ჰემოლიმფა** ეწოდება. გული ჰემოლიმფას აორტაში გადაისვრის, რომელიც არტერიებად იტოტება. შემდეგ არტერიები „წყდება“ და ჰემოლიმფა ჩაიღვრება ორგანოებს შორის. ჰემოლიმფა ნელა მოძრაობს, შემდეგ ვენების ღია ბოლოებით იკრიბება და ისევ გულში შედის. ჰემოლიმფა სრული ბრუნვის შესრულებისას არ არის „დამწყვედი“ სისხლძარღვებში და თავისი გზის ნაწილს სხეულის ღრუში გადის. ქსოვილებს შორის მოძრაობისას, ჰემოლიმფადან ჟანგბადი და საკვები ნივთიერებები უჯრედებში აღწევს, ხოლო უჯრედებიდან ჰემოლიმფაში გადადის ნახშირორჟანგი და ნივთიერებათა ცვლის პროდუქტები.



ზოგიერთ უხერხემლოსა და ყველა ხერხემლიანში სისხლის მიმოქცევის სისტემა სხვაგვარად არის მოწყობილი. გული გადაქაჩავს სისხლს დიდი წნევით არტერიებში. არტერიებს ვენებთან აკავშირებს უწვრილესი თხელკედლიანი სისხლძარღვები — კაპილარები. ისინი ერთგვარად კეტავენ სისხლის მიმოქცევის წრეს. მთელ ამ გზაზე სისხლი ჩაკეტილია სისხლძარღვებში და არ შედის უშუალო კონტაქტში სხეულის ქსოვილების უჯრედებთან. ამიტომ სისხლის მიმოქცევის ასეთ სისტემას **დახშული სისტემა** ჰქვია.

მაშინ, როგორ ხდება უჯრედების მომარაგება საკვებითა და ჟანგბადით ან ნარჩენების მოცილება?

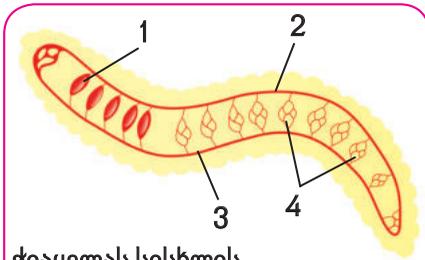
სისხლი უჯრედებთან კავშირს ქსოვილური სითხით ამყარებს. **ქსოვილური სითხე** წარმოიქმნება კაპილარებიდან უჯრედშორის სივრცეში გაჟონილი პლაზმისგან, ამიტომ თავისი შედგენილობით ის სისხლის პლაზმის მსგავსია.

კაპილარებიდან სისხლით მიტანილი საკვები ნივთიერებები და ჟანგბადი ქსოვილურ სითხეში გადადის, იქიდან კი უჯრედებში შედის. უჯრედებიდან დაშლის პროდუქტები ჯერ ქსოვილურ სითხეში გადადის და მხოლოდ ამის შემდეგ, კაპილარების გავლით სისხლში.

ჭიაყელას დახშული სისხლის მიმოქცევის სისტემა შედგება ზურგისა და მუცლის სისხლძარღვებისგან. ისინი ერთმანეთთან სისხლძარღვებითაა დაკავშირებული. ამ სისხლძარღვებიდან გამოდის წვრილი ძარღვები, რომლებიც კიდევ უფრო იტოტება და კანსა და შინაგან ორგანოებში ხშირ კაპილარულ ქსელს ქმნის. სისხლს ამოძრავებს ზოგიერთი რგოლური სისხლძარღვის კედლების შეკუმშვა-მოდუნება, რომლებიც „გულის“ როლს ასრულებს.

ხერხემლიან ცხოველებში სისხლის გარდა არის კიდევ სხვა სითხე, **ლიმფა**, რომელიც სისხლთან და ქსოვილურ სითხესთან ერთად ნივთიერებების ტრანსპორტში მონაწილეობს.

ქსოვილური სითხე ბრმად დაბოლოებულ ლიმფურ კაპილარებში ხვდება და ლიმფად გარდაიქმნება. კაპილარებიდან ლიმფა სადინრებით ლიმფურ კვანძებში გადადის. ლიმფური კვანძები ლიმფოციტებს გამოიმუშავენს, რომლებიც ლიმფით მიტანილ მიკრობებს აუვნებლებს. ამგვარად, ლიმფური კვანძები ფილტრის როლს ასრულებს. ლიმფური სადინრები ვენებს უერთდება და მიკრობებისგან გათავისუფლებული ლიმფა ისევ სისხლის მიმოქცევის სისტემას უბრუნდება.



ჭიაყელას სისხლის მიმოქცევის სისტემა

- 1. „გული“; 2. ზურგის სისხლძარღვი;
- 3. მუცლის სისხლძარღვი;
- 4. რგოლური სისხლძარღვები.

ხერხემლიან ცხოველებში სისხლი, ლიმფა და ქსოვილური სითხე ერთად **ორგანიზმის შინაგან გარემოს** ქმნის.

თევზის ტომრისებრი გული ორი საკანისგან — წინაგულისა და პარკუჭისგან შედგება. პარკუჭის შეკუმშვისას სისხლი ლაყურებისკენ მიემართება და კაპილარებად იტოტება. ლაყურის კაპილარებში სისხლი თავისუფლდება ნახშირორჟანგისგან, ჟანგბადით მდიდრდება და არტერიულ სისხლად გარდაიქმნება.

ლაყურებიდან არტერიული სისხლი ყველა უჯრედში მიდის, იქ დაშლის პროდუქტებით იტვირთება და ვენურ სისხლად გადაიქცევა, რომელიც წინაგულში შედის, ხოლო იქიდან პარკუჭში გადადის. ასე ცირკულირებს სისხლი სისხლის მიმოქცევის ერთ ჩაკეტილ წრეში.

ამფიბიები ფილტვებით სუნთქავენ. ფილტვებსა და გულს შორის ჩამოყალიბდა სისხლის მიმოქცევის მეორე წრე — ფილტვის წრე.

თევზის სისხლის მიმოქცევის სისტემა

- 1. გული; 2. წინაგული;
- 3. პარკუჭი; 4. ლაყურის კაპილარები; 5. ორგანოთა კაპილარები.

ამფიბიის სისხლის მიმოქცევის სისტემა

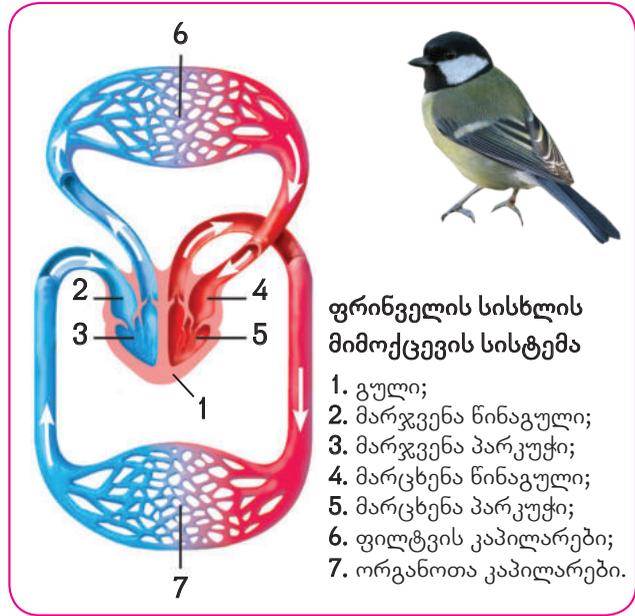
1 დააკვირდი ილუსტრაციას. რამდენსაკნია ბაყაყის გული? როგორი სისხლია მარჯვენა წინაგულში? მარცხენა წინაგულში? პარკუჭში?

ქვეწარმავლების გულიც სამსაკნია. გულის პარკუჭში ტიხარი ჩნდება, რომე-

ლიც ნაწილობრივ მიჯნავს მარჯვენა და მარცხენა პარკუჭს ერთმანეთისგან. ამის გამო ქვენარმაღლების არტერიული და ვენური სისხლი გულში ერთმანეთს ერევა.

ფრინველების გული ოთხსაკნიანია. მარჯვენა წინაგული და პარკუჭი მთლიანად გამოყოფილია მარცხენა წინაგულისა და პარკუჭისგან. ამიტომ სისხლის მიმოქცევის დიდი და მცირე წრე მთლიანადაა ერთმანეთისგან გამოყოფილი და ვენური და არტერიული სისხლი ერთმანეთს არ ერევა.

2 დააკვირდი ილუსტრაციას. რა გზას გაივლის სისხლი დიდ წრეში მოძრაობისას? მცირე წრეში მოძრაობისას?



სხეულის ყველა უჯრედში საკვები ნივთიერებებისა და ჟანგბადის მიწოდებას და ცვლის ნარჩენი პროდუქტების მოცილებას სატრანსპორტო სისტემა ემსახურება.

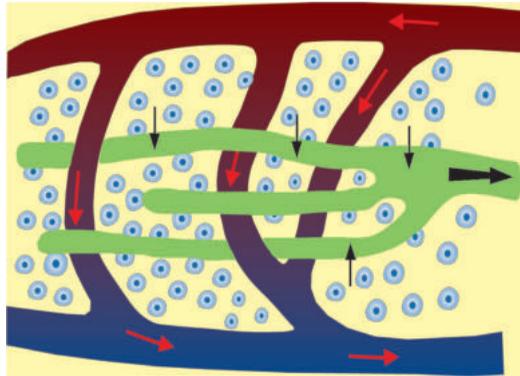
უხერხემლო ცხოველების უმრავლესობასა და ყველა ხერხემლიან ცხოველში ნივთიერებათა ტრანსპორტირებაში სისხლის მიმოქცევის სისტემა ემსახურება. ის შედგება გულისა და სისხლძარღვებისგან. არსებობს ღია და დახშული სისხლის მიმოქცევის სისტემა. ორგანიზმების შინაგან გარემოს სისხლი, ქსოვილური სითხე და ლიმფა ქმნის.



1. ვენური სისხლი მუქი წითელია, ხოლო არტერიული — ალისფერი. ერთ-ერთ სასკოლო ლაბორატორიაში ჩაატარეს ასეთი ცდა: ვენიდან აღებული სისხლი მოათავსეს ქიმიურ ჭიქაში და ჭიქა ერთ სიბრტყეში ფრთხილად, წრიულად ამოძრავეს. სისხლმა ფერი იცვალა.
 - ა. რა ფერის გახდა სისხლი და რატომ? შემდეგ ჭიქიდან თითო მილილიტრი სისხლი გადაიტანეს ორ სინჯარაში. ერთს დაუმატეს 1 მლ საფუარის სუსპენზია, მეორეს — 1 მლ ფიზიოლოგიური ხსნარი.
 - ბ. აღწერე, რა მოხდა I და II სინჯარაში. გადაიტანე ცხრილი რვეულში და შეავსე.

№	ცდის პირობა	ცდის შედეგი	დასკვნა
I	სისხლი + საფუარის სუსპენზია		
II	სისხლი + ფიზიოლოგიური ხსნარი		

- ნახატი გადაიტანე რვეულში, ამოიცანი მასზე წარმოდგენილი სტრუქტურები, დანომრე და გაუკეთე შესაბამისი წარწერები.



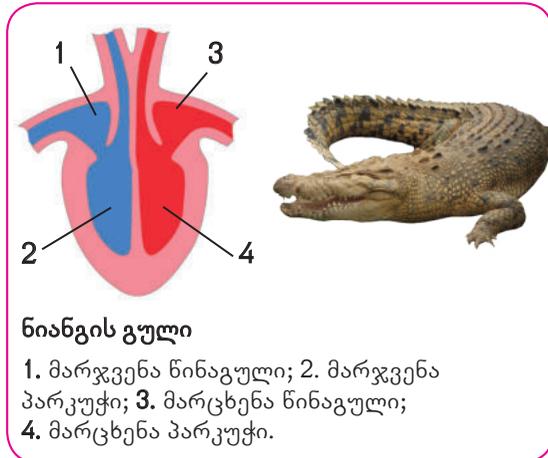
- რა წარმოადგენს ერთუჯრედიანი ორგანიზმების, უხერხემლო ცხოველებისა და ხერხემლიანი ცხოველების უჯრედების იმ უშუალო გარემოს, რომელთანაც უჯრედები ნივთიერებათა მიმოცვლას აწარმოებენ?
- რამ გამოიწვია ამფიბიებში სისხლის მიმოქცევის ორი წრის გაჩენა?
- რაში მდგომარეობს ოთხსაკნიანი გულის უპირატესობა, სამსაკნიან გულთან შედარებით?



დარტყმისგან სხეულის დაზიანებულ ადგილას სილურჯე ჩნდება. ახსენი, რატომ?



სხვა ქვეწარმავლების გულისგან განსხვავებით. ნიანგის გული ოთხსაკნიანია, ის ორი წინაგულისა და ორი პარკუჭისგან შედგება. გულის მარჯვენა და მარცხენა ნახევარი მთლიანად გამოყოფილია ერთმანეთისგან. გულის მარჯვენა ნახევარის ვენური და მარცხენა ნახევარის არტერიული სისხლი ერთმანეთში არ ირევა.



ნიანგის გული

1. მარჯვენა წინაგული; 2. მარჯვენა პარკუჭი; 3. მარცხენა წინაგული; 4. მარცხენა პარკუჭი.



სისხლის მიმოქცევის სისტემა — **blood circulation system**; სისხლის მიმოქცევის ღია სისტემა — **open system blood circulation**; სისხლის მიმოქცევის დახშული სისტემა — **closed system blood circulation**.

<http://gam3avoice.com/library/?p=88>

§23

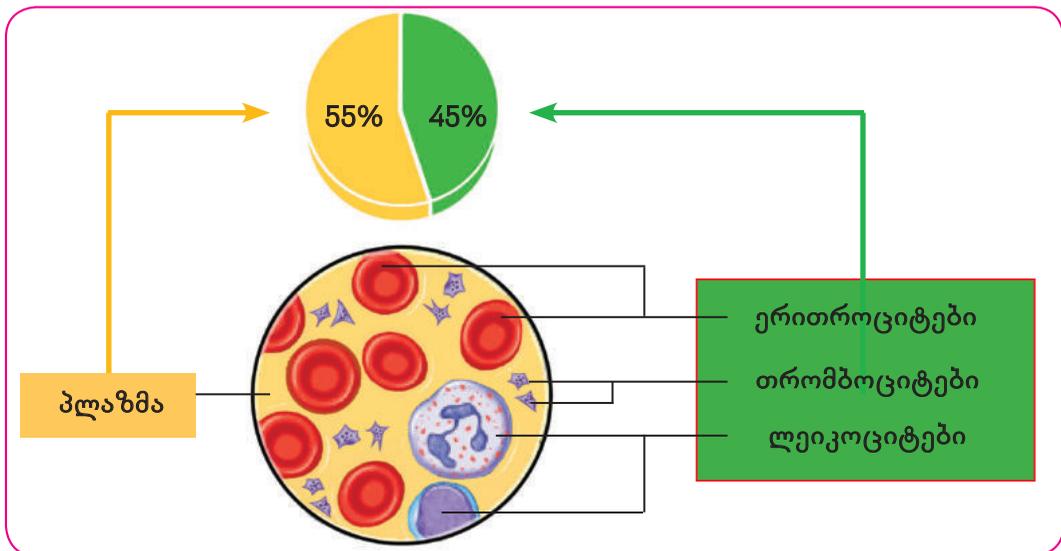


ქუშუმნოვრების სისხლის შედგენილობა
სისხლის შემადგენელი კომპონენტების ფუნქციები

ლაბორატორიაში სისხლის პრეპარატის მოსამზადებლად გამოყენებული ერთი წვეთი სისხლი ჩვენი ორგანიზმის „სარკეა“, რომელიც მნიშვნელოვან ინფორმაციას იძლევა ჯანმრთელობის მდგომარეობაზე.

რა განაპირობებს მის ესოდენ ინფორმაციულობას? ვცადოთ, ვიპოვოთ პასუხი ამ კითხვაზე.

1 რომელ ქსოვილს განეკუთვნება სისხლი? რით განსხვავდება ეს ქსოვილი სხვა სახის ქსოვილისგან?



პლაზმა კაპილარებში მოძრაობისას მუდმივად იღებს და გასცემს სხვადასხვა ნივთიერებებს. მიუხედავად ამისა, მისი შედგენილობა სტაბილურია. პლაზმის ცილები მრავალ მნიშვნელოვან პროცესში იღებს მონაწილეობას. მაგალითად, ფიბრინოგენი სისხლის შედედებას განაპირობებს, ანტისხეულები განსაზღვრავს ზოგიერთი ინფექციის სანინალმდეგო იმუნიტეტს.

ერიტროციტებს — უბირთვო უჯრედებს, ორმხრივ შეზნექილი დისკის ფორმა აქვს. ისინი ელასტიკურები არიან და ამიტომ ადვილად გადაიან წვრილი კაპილარების სანათურში.

2 ერიტროციტების რომელ ფუნქციასთანაა დაკავშირებული მისი ფორმა და უბირთვობა?

როგორც იცი, ერიტროციტებს წითელ შეფერილობას რკინის შემცველი ცილა — ჰემოგლობინი აძლევს. ჰემოგლობინი ადვილად იერთებს ჟანგბადს. ამ შენაერთს ოქსი-ჰემოგლობინი ჰქვია. ჰემოგლობინი ასევე ადვილად გადასცემს უჯრედებს ჟანგბადს, მიიტანს რა მას საჭირო ადგილას.

უჯრედებიდან ჰემოგლობინს ნახშირორჟანგი გამოაქვს. ნახშირორჟანგისა და ჰემოგლობინის შენაერთს კარბჰემოგლობინი ჰქვია.

ერიტროციტები ძვლის ნითელ ტვინში წარმოიქმნება. მის წარმოსაქმნელად აუცილებელია ვიტამინი B₁₂.

ერიტროციტების სიცოცხლის ხანგრძლივობა 3-4 თვეა. ერიტროციტების გარკვეული რაოდენობა ელენთაში დროებით ინახება — დეპონირდება. დაბერებული ერიტროციტები ღვიძლსა და ელენთაში იშლება.

3 რამდენი ჯგუფის სისხლი აქვს ადამიანს?

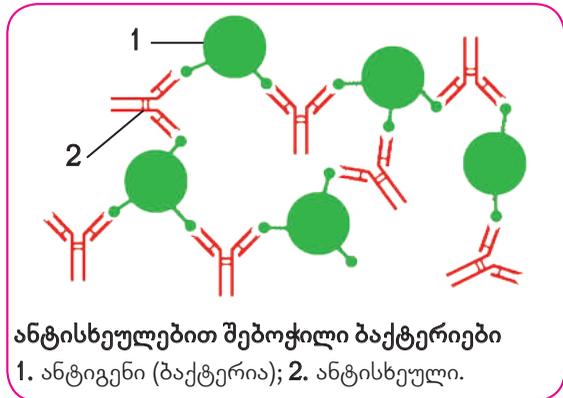
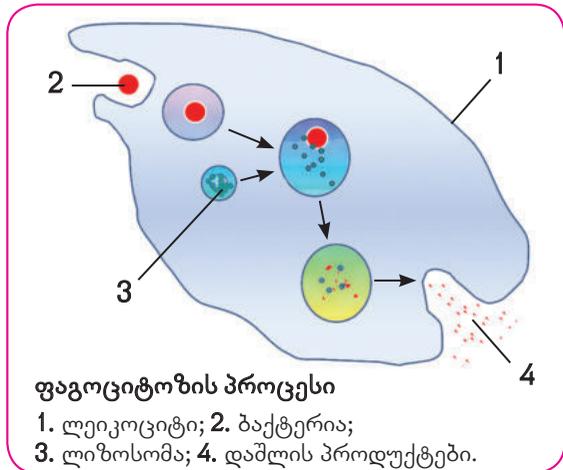
4 შენ იცი, რომ სისხლის გადასხმისას აუცილებლად უნდა იქნას გათვალისწინებული დონორისა და რეციპიენტის სისხლის ჯგუფები. არასწორი შერჩევას ავადმყოფის სიცოცხლეს საფრთხე ემუქრება. წარმოადგინე სისხლის ჯგუფების შეთავსებულობის სქემა.

სისხლის გადასხმისას, ჯგუფთან ერთად რეზუს-ფაქტორიც უნდა იყოს გათვალისწინებული. შეუთავსებლობამ შეიძლება მძიმე შოკური მდგომარეობა ან სიკვდილი გამოიწვიოს.

5 რატომ იჩენენ ექიმები განსაკუთრებულ ყურადღებას იმ რეზუს-უარყოფითი ორსულების მიმართ, რომლებიც მუცლით რეზუს-დადებით ნაყოფს ატარებენ?

სისხლის პრეპარატში ყველაზე დიდი ზომის უჯრედები უფორმო, ბირთვიანი **ლეიკოციტებია**. ისინი წარმოიქმნება ძვლის ნითელ ტვინში, ლიმფურ კვანძებსა და ელენთაში.

ლეიკოციტები აქტიური ფაგოციტებია. არ არსებობს ადგილი, სადაც მათ შეღწევა არ შეუძლიათ. ამას ისინი ამებოიდური მოძრაობით ახერხებენ. მათ ადვილად შეუძლიათ გააღწიონ კაპილარების კედლებიდან, თავისუფლად იმოძრაონ უჯრედებს შორის. ისინი თავს ესხმიან ორგანიზმისთვის ნებისმიერ „უცხო“ — მიკრობსა თუ ნივთიერებას, რაც კი მათ გზაზე აღმოჩნდება. ლეიკოციტები შთანთქავენ მათ და ინელებს. ხშირად ამ ბრძოლაში თვითონაც იღუპება იმის გამო, რომ მიკრობები ძალიან სწრაფად მრავლდება და ფაგოციტები ვეღარ ერევა მათ. მიკროორგანიზმების ამ დიდ „არმიასთან“ ბრძოლაში **ლიმფოციტები** ერთვება. ისინი სპეციალური ცილების — ანტისხეულების გამომუშავებას იწყებენ, რომლებიც ბოჭავს მხოლოდ იმ უცხო მიკრობებსა და ნივთიერებებს, რომლებიც მათი წარმოქმნის მიზეზი გახდა. მაგალითად, ყივანახველას გამომწვევის საწინააღმდეგოდ გამომუშავებული ანტისხეულები მხოლოდ ყივანახველას ბაქტერიას ამარცხებს და უსუსურია სხვა ნებისმიერი დავადების გამომწვევის მიმართ.



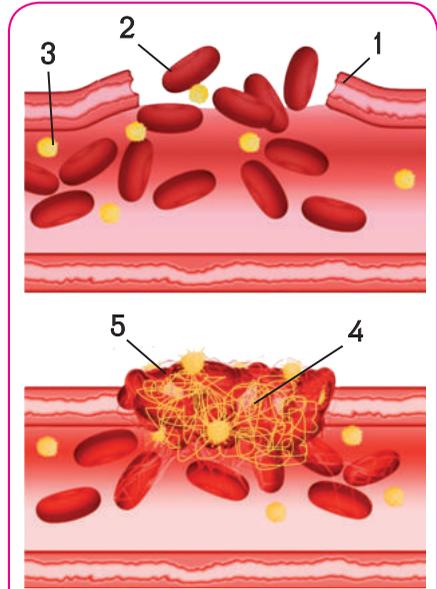
როგორც ხედავ, ლეიკოციტები — ფაგოციტები და ლიმფოციტები, ხელს უშლის ორგანიზმში ინფექციის განვითარებას. ამიტომ მათ მნიშვნელოვანი როლი ეკისრება იმუნიტეტის ჩამოყალიბებაში — იმუნიტეტი ხომ ორგანიზმის სენშეუვალობას ნიშნავს.

ერიტროციტებისა და ლეიკოციტების გარდა, სისხლის პრეპარატში ყველაზე პატარა თრომბოციტებს დაინახავ.

ძუძუმწოვრებისა და ადამიანის თრომბოციტები სფერული ან დისკის ფორმის ფირფიტებია, რომლებიც შემოსაზღვრული არიან მემბრანით და არა აქვთ ბირთვი. ისინი ძვლის ტვინში გიგანტური უჯრედების ფრაგმენტებისგან არიან წარმოქმნილი. მათი დანიშნულება სისხლის შედედების პროცესის დაწყებაა, რომელიც ორგანიზმს სისხლის დაკარგვისგან იცავს.

სისხლის შედედება პლაზმის ფუნქციაა და არა უშუალოდ თრომბოციტის. სისხლის პლაზმაში შედედების პროცესის ჩართვა მას შემდეგ ხდება, როდესაც ნაზი, არამდგრადი თრომბოციტები დაზიანებული სისხლძარღვის უსწორმასწორო, უხეშ კედლებს ეჯახება და იშლება. დაშლილი თრომბოციტებიდან გამოყოფილი ფერმენტების ზემოქმედებით „ირთვება“ ქიმიური რეაქციების მთელი ჯაჭვი. ამ რეაქციების შედეგად, პლაზმის ხსნადი ცილა — ფიბრინოგენი უხსნად ფიბრინად გარდაიქმნება. სწორედ ფიბრინის ძაფები და მათ შორის გაჭედული სისხლის უჯრედები წარმოქმნის სისხლის კოაგულს — თრომბს, რომელიც საცობივით ახშობს დაზიანებულ სისხლძარღვს.

6 რომელი გენეტიკური დაავადებაა შენთვის ცნობილი, რომელიც სისხლის შედედების დაქვეითებითა და სისხლდენით ხასიათდება?



სისხლის შედედების პროცესი

1. დაზიანებული სისხლძარღვი;
2. ერიტროციტი; 3. თრომბოციტი;
4. ფიბრინის ძაფები; 5. კოაგული.



სისხლის შემადგენელი კომპონენტებია: პლაზმა, ერიტროციტები, ლეიკოციტები და თრომბოციტები. ერიტროციტებს გადააქვს ჟანგბადი და ნახშირორჟანგი. ლეიკოციტები განსაზღვრავს სისხლის დამცველობით ფუნქციას — ახდენს ფაგოციტოზს და წარმოქმნის ანტისხეულებს, რომლებიც მიკრობებსა და ორგანიზმისთვის სხვა უცხო ნაწილაკებს აუვნებლებს. თრომბოციტები, პლაზმასთან ერთად, მონაწილეობს სისხლის შედედებაში.



დააკავშირე სისხლის ფუნქციები სისხლის შემადგენელ კომპონენტებთან, გადაიტანე ცხრილი რვეულში და შეავსე.

1. სასუნთქი
2. ტროფიკული
3. დამცველობითი — სისხლის შედედება
4. ჰუმორული რეგულაცია
5. დამცველობითი — იმუნიტეტი

- ა. ერითროციტები
- ბ. ლეიკოციტები
- გ. თრომბოციტები
- დ. პლაზმა

ა	ბ	გ	დ



1. დავუშვათ, ხარ ექიმი. მოგიტანეს სამი სხვადასხვა ადამიანის სისხლის საერთო ანალიზის პასუხი. ერთ-ერთ მათგანს დაქვეითებული აქვს თრომბოციტების რაოდენობა; მეორეს ერითროციტების რაოდენობა აქვს დაკლებული; მესამე ავადმყოფს, ნორმასთან შედარებით, ლეიკოციტების რაოდენობა აქვს მომატებული.
რა სახის დაავადებებისთვისაა დამახასიათებელი სისხლის აღნიშნული ცვლილებები?
2. როგორ ფიქრობ, რა შემთხვევაში იყენებს ორგანიზმი ელენთაში დამარაგებულ ერითროციტებს?



ერითროციტი — erythrocyte; ლეიკოციტი — leukocyte; თრომბოციტი — peatelet; სისხლის შედედება — blood clotting.

<http://gam3avoice.com/library/?p=70>

http://highered.mcgraw-hill.com/sites/0072495855/student_view0/chapter24/animation__the_immune_response.html

§24



ქუშუმწოვრების სისხლის მიმოქცევის სისტემა
 გულისა და სისხლძარღვების აგებულება და ფუნქციები
 გულის ციკლის ფაზები
 ზოგიერთი გულ-სისხლძარღვოვანი პათოლოგია

ჩვენი სისხლი მუდმივ მოძრაობაშია. ის მოძრაობს სისხლძარღვთა გიგანტურ ქსელში, რომელიც სხეულის ყველა ორგანოსა და ქსოვილამდე აღწევს. სისხლის მოძრაობას სისხლძარღვებში გულის მუშაობა უზრუნველყოფს.



არტერიების, ვენებისა და კაპილარების კედლების აგებულება

სისხლძარღვები მოქნილ მილებს ჰგავს.

1 დააკვირდი ილუსტრაციას. დაასახელე ქსოვილები, რომლითაც არტერიების, ვენებისა და კაპილარების კედლებია აგებული.

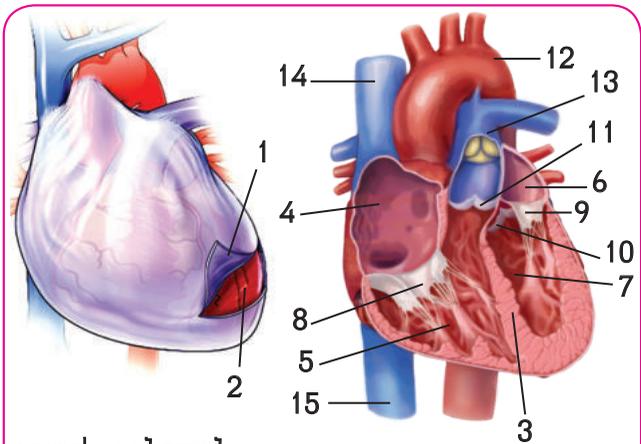
გული ტუმბოსავით მუშაობს — მუდმივად გადაქაჩავს სისხლს სისხლძარღვებში.

გული კუნთოვანი ორგანოა. ის გარედან დაფარულია თხელი აპკით — გულის პერანგიტ, რომლის შიგნით

სითხეა. სითხე ატენიანებს გულს და შეკუმშვების დროს ამცირებს ხახუნს მეზობელ ორგანოებთან.

2 რომელი კუნთოვანი ქსოვილითაა აგებული გულის კუნთი — მიოკარდი?

გულში სისხლი ყოველთვის ერთი მიმართულებით მოძრაობს — წინაგულებიდან პარკუჭებში. ამას უზრუნველყოფს წინაგულებსა და პარკუჭებს შორის მდებარე **კარიანი სარქველები**: მარჯვენა მხარეს სამსაგდულიანი, ხოლო მარცხენა მხარეს ორსაგდულიანი. ისინი იხსნება ერთი მიმართულებით, ატარებს სისხლს და მერე ისევ სწრაფად იხურებიან.

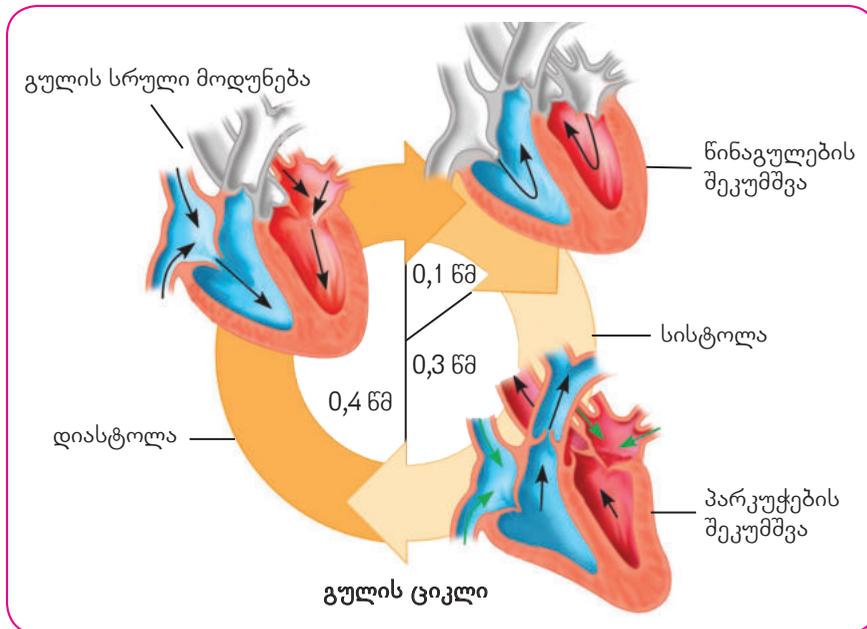


გულის აგებულება

1. გულის პერანგი; 2. გულის კუნთი; 3. კუნთოვანი ძგიდე; 4. მარჯვენა წინაგული; 5. მარჯვენა პარკუჭი; 6. მარცხენა წინაგული; 7. მარცხენა პარკუჭი; 8-9. კარიანი სარქველები; 10-11. ნამგლისებრი სარქველები; 12. აორტა; 13. ფილტვის ვენა; 14. ზედა ღრუ ვენა; 15. ქვედა ღრუ ვენა.

პარკუჭებიდან სისხლძარღვებისკენაც სისხლი ერთი მიმართულებით მოძრაობს. ამას უზრუნველყოფს აორტისა და ფილტვის არტერიების შესასვლელში **ნამგლისებრი სარქველები**, რომლებსაც ჯიბის ფორმა აქვს. ნამგლისებრი სარქველების ჯიბეები თავისუფალი კიდეებით მიმართულია სისხლძარღვის სანათურისკენ.

გული ყოველ წუთში 60-70-ჯერ, ზოგჯერ უფრო ხშირადაც იკუმშება. ის საიმედო ტუმბოა, რომელიც მთელი სიცოცხლე შეუჩერებლად მუშაობს და დღე-ღამეში 10 ტონა სისხლს გადაქაჩავს.



გულის ყველა განყოფილება ერთდროულად არ იკუმშება; ჯერ იკუმშება წინაგულების კედლები, პარკუჭები ამ დროს მოდუნებულია. წინაგულების შეკუმშვისას მათი კედლები აწევა სისხლს, რომელიც აღებს კარიან სარქველებს და პარკუჭებში გადადის. წინაგულების შეკუმშვა გრძელდება სულ 0,1 წამი. ამ ძალიან პატარა დროის მონაკვეთში წინაგულები ასწრებს მთელი სისხლის პარკუჭებში გადაქაჩვას. ამ დროისთვის აორტისა და ფილტვის არტერიების ნამგლისებრი სარქველები დახურულია.

წინაგულების შეკუმშვას მოჰყვება გულის პარკუჭების შეკუმშვა. პარკუჭების კედლების შეკუმშვისას, სისხლი დიდი წნევით აწევა კარიან სარქველებს, რაც მათ დახურვას იწვევს და სისხლს ერთადერთი გზა რჩება — გადაიტყორცნება მარცხენა პარკუჭიდან აორტაში, ხოლო მარჯვენა პარკუჭიდან ფილტვის არტერიებში. ამ დროს ნამგლისებრი სარქველების ჯიბეები სისხლძარღვების კედლებს ეკრობა და ხსნის აორტისა და ფილტვის არტერიების სანათურს.

პარკუჭების შეკუმშვა გრძელდება 0,3 წამი.

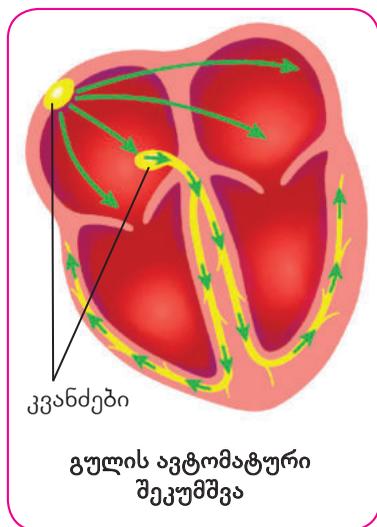
ამის შემდეგ პარკუჭები დუნდება და სისხლი ცდილობს, აორტიდან და ფილტვის არტერიებიდან პარკუჭებში დაბრუნდეს. გულისკენ მოძრავი სისხლი ავსებს ჯიბეებს. ჯიბეები იზერება და კეტავს აორტისა და ფილტვის არტერიების სანათურს.

პარკუჭების მოდუნება 0,4 წამი გრძელდება. ამ დროს მოდუნებულია წინაგულებიც. ამას **გულის სრული მოდუნება** ჰქვია.

პერიოდს წინაგულების ერთი შეკუმშვიდან მეორემდე, **გულის ციკლი** ჰქვია.

ასე რომ, გულის ციკლი სამი ფაზისგან შედგება.

გულის ციკლის ფაზები	ხანგრ-კლივობა	პარკუჭებისა და წინაგულეების მოდუნებულობა	კარისებრი სარქველების მოდუნებულობა	ნამგლისებრი სარქველების მოდუნებულობა
წინაგულეების შეკუმშვა ანუ წინაგულეების სისტოლა	0,1 წამი	პარკუჭები მოდუნებულია	ღიაა	დახურულია
პარკუჭების შეკუმშვა ანუ პარკუჭების სისტოლა	0,3 წამი	წინაგულეები მოდუნებულია	დახურულია	ღიაა
წინაგულეებისა და პარკუჭების მოდუნება — დიასტოლა	0,4 წამი	პარკუჭები და წინაგულეები მოდუნებულია	დახურულია	დახურულია



გულს ავტომატური მოქმედების უნარი აქვს. **გულის ავტომატია** გულის რიტმულად შეკუმშვის უნარია თვით გულში წარმოქმნილი იმპულსებით, გარეგანი გამღიზიანებლის გარეშე.

გულის კუნთის ავტომატურ შეკუმშვას იწვევს სპეციალიზებული ბოჭკოები, რომლებიც **კვანძებს** ქმნიან. განსაზღვრულ პერიოდში ამ კვანძებში წარმოიქმნება იმპულსი, რომელიც ვრცელდება წინაგულეების კუნთებზე და აიძულებს მათ, შეიკუმშოს. შემდეგ ეს იმპულსი გადაეცემა პარკუჭების კუნთებს. იმპულსი პარკუჭების ყველა ნაწილში სწრაფად ვრცელდება და პარკუჭები იკუმშება.

მაგრამ გული ყოველთვის ერთნაირად როდი მუშაობს. სტრესებისა და ფიზიკური დატვირთვის დროს გულისცემის სიხშირე იზრდება, ძილის დროს კი მცირდება.

სისხლი პარკუჭიდან აორტაში 140-150 მმ/ვწყ.სვ. წნევით გადაიტყორცნება. ის დიდი ძალით ეხეთქება აორტის კედელს და აფართოებს — ჭიმავს მას. მაგრამ აორტის კედელი, როგორც ყველა არტერია, ელასტიკურია და ამიტომ ცდილობს, დაუბრუნდეს თავის სანყის მდგომარეობას. ამ დროს წარმოიქმნება რხევა, რომელიც ვრცელდება ყველა არტერიის კედელზე. თუ სხეულის ზედაპირთან ახლოს მდებარე არტერიას მსუბუქად შეეხები, ამ რხევას შეიგრძნობ. ეს **პულსია**.

● ფრთხილად მიიღე ხელი კისრის მარჯვენა ან მარცხენა მხარეს საძილე არტერიაზე, რომელსაც სისხლი გულიდან ტვინთან მიაქვს. შენ მის პულსაციას იგრძნობ. დაითვალე რხევების რაოდენობა 1 წუთში. ის შეესაბამება გულის შეკუმშვების სიხშირეს 1 წუთში.

აორტიდან მოშორებით წნევა თანდათან დაბლა იწვეს და კაპილარებში ის 40-20 მმ/ვწყ.სვ.-მდე მცირდება. ღრუ ვენებში წნევა ატმოსფერულ წნევაზე დაბალია.

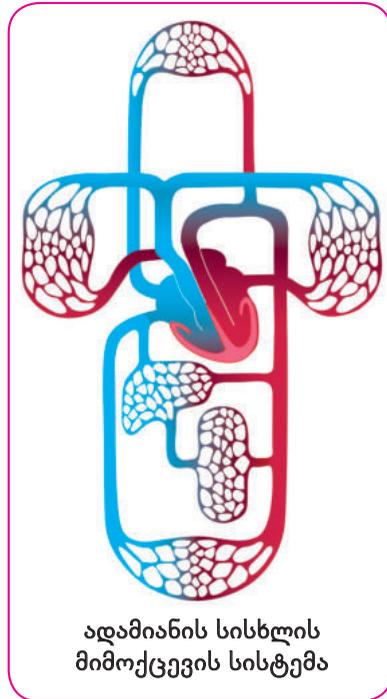
აორტაშია სისხლის მოძრაობის მაქსიმალური სიჩქარეც და ის შეადგენს 0,5 მ/წმ-ს კაპილარების სანათური აორტის სანათურთან შედარებით 1000-ჯერ პატარაა და შესაბამისად, სისხლის სიჩქარეც 1000-ჯერ ნაკლებია; ის შეადგენს 0,5 მმ/წმ-ს

3 წარმოიდგინე, რომ სისხლში მხოლოდ ერთი ერთროციტია. ვენით ეს ერთროციტი მარჯვენა წინაგულში შევიდა. მიჰყევი ამ ერთროციტს სისხლის მიმოქცევის სისტემაში და აღწერე გზა, რომელსაც ის გაივლის, ვიდრე ისევ მარჯვენა წინაგულში დაბრუნდება?

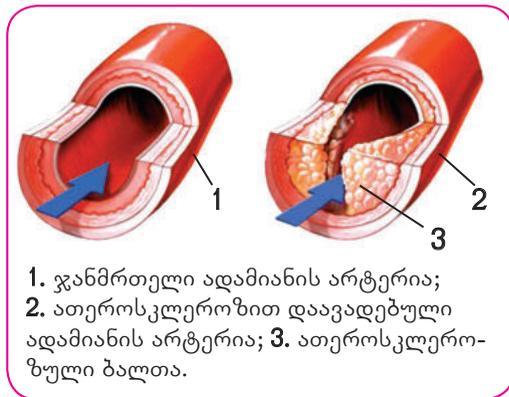
სისხლძარღვებში სისხლის დიდი ნაწილი მოძრაობს, მცირე ნაწილი კი ინახება ე.წ. „სისხლის დეპოებში“ — ღვიძლში, ელენთაში, კანში. ფიზიკური დატვირთვისას ან სისხლდენის დროს, სისხლი დეპოდან სისხლძარღვებში გადადის. როდესაც სამუშაო წყდება, სისხლის ნაწილი ისევ უბრუნდება „დეპოებს“.

სისხლის ის ნაწილი, რომელიც სისხლძარღვებში ცირკულირებს, არათანაბრად ნაწილდება ორგანიზმში. განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით სისხლი მომუშავე ორგანოებში იგზავნება.

სისხლძარღვებს გაფრთხილება უნდა. მასზეა დამოკიდებული ჩვენი ჯანმრთელობა, ზოგჯერ სიცოცხლეც კი. არააქტიური ცხოვრების წესის, არასწორი კვების, თამბაქოსა და ალკოჰოლის მოხმარების გამო, სისხლძარღვები ზიანდება, ეს კი აფერხებს ქსოვილებში ცხოველქმედებისთვის აუცილებელი ნივთიერებების მიტანას.



ადამიანის სისხლის მიმოქცევის სისტემა



1. ჯანმრთელი ადამიანის არტერია; 2. ათეროსკლეროზით დაავადებული ადამიანის არტერია; 3. ათეროსკლეროზული ბალთა.

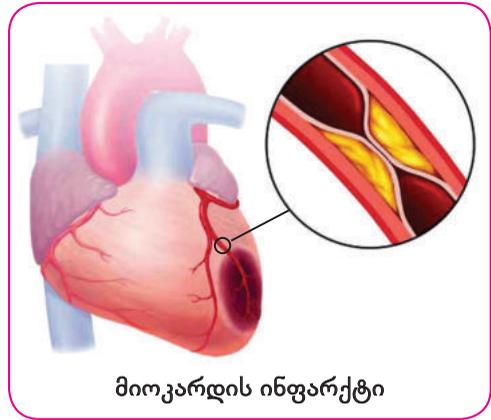
ათეროსკლეროზი სისხლძარღვების დაავადებაა, რომლის დროს ქოლესტერინი დიდი და პატარა სისხლძარღვების კედლებზე გროვდება და წარმოიქმნება ე.წ. **ათეროსკლეროზული ბალთები**. ბალთა თანდათან ავიწროებს სისხლძარღვის სანათურს, ზოგჯერ კი მთლიანად აცობს მას.

ასეთი სისხლძარღვებით მიტანილი სისხლის რაოდენობა ვერ აკმაყოფილებს ქსოვილების მოთხოვნილებას საკვებსა და ჟანგბადზე. ვითარდება **იშემია** — ორგანოს ან ორგანოს ნაწილის სისხლით, ანუ საკვებითა და ჟანგბადით მომარაგების დაქვეითება.

ქვედა კიდურების იშემიის დროს წყდება სისხლის მიწოდება კიდურების კუნთებში. ამ დროს ადამიანს ფეხის თითები გაციებული აქვს, ფეხის კანი ფერს კარგავს, ფეხები სწრაფად ეღლება და კოჭლობას იწყებს. ქსოვილები ხანგრძლივად განიცდის ჟანგბადის ნაკლებობასა და შიმშილს, რაც საბოლოოდ მათ კვდომას იწვევს. ამ დაავადებას **ენდარტერიტი** ჰქვია.

თავის ტვინის სისხლძარღვების ათეროსკლეროზული ცვლილება იწვევს ტვინში სისხლის მიმოქცევის დარღვევას, რის გამოც ტვინის გარკვეული ნაწილი აღარ ასრულებს თავის ფუნქციას. ეს **იშემიური ინსულტია**. ისევე, როგორც ყველა ორგანოს, გულსაც ესაჭიროება საკვებითა და ჟანგბადით მომარაგება. მიოკარდში ეს ნივთიერებები აორტიდან გამომავალი კორონალური არტერიებით მიიტანება.

ათეროსკლეროზის დროს, კორონალური არტერიების ძლიერი შევიწროებისას, სისხლძარღვთა სანათური მთლიანად იკეტება, გულის გარკვეული უბნის სისხლით მომარაგება წყდება და კუნთის ამ ნაწილის უჯრედები კვდება. სწორედ ეს არის **მიოკარდის ინფარქტი**.



მიოკარდის ინფარქტი

გულის მანკი გულის კუნთის, გულის სარქველების ან გულის სისხლძარღვების ანატომიური დეფექტია.

გულის სარქველები შეიძლება დაზიანდეს სხვადასხვა ინფექციური დაავადებების, მაგალითად, ანგინის, გრიპის, რევმატიზმის გართულების დროს, რაც იწვევს სარქველებზე ნაწიბურების, შეხორცებების წარმოქმნას.

სარქველები დეფორმირდება, ვეღარ ასრულებს თავის ფუნქციას და ვეღარ უზრუნველყოფს სისხლის ერთი მიმართულებით გაგზავნას. მაგალითად, კარიანი სარქველის ფუნქციის მოშლისას, პარკუჭის შეკუმშვის დროს სისხლი უკან, წინაგულში ბრუნდება. სარქველების ასეთ ცვლილებას **შეძენილი გულის მანკი** ჰქვია.

თანდაყოლილი გულის მანკი ვითარდება ნაყოფის მუცლადყოფნის პერიოდში. მისი მიზეზია, ხშირ შემთხვევაში, ორსულობის პერიოდში ალკოჰოლის, სხვადასხვა სამკურნალო პრეპარატის, ნარკოტიკების მიღება, ინფექციური დაავადებების გადატანა.

გულ-სისხლძარღვთა დაავადებების საწინააღმდეგოდ ბრძოლის საუკეთესო საშუალებაა ვარჯიში, ფეხით სიარული, ცურვა, ველოსიპედით მგზავრობა, ცხოვრების ჯანსაღი წესი — სიგარეტზე, ნარკოტიკზე, უხვ ჭამაზე უარის თქმა.

ადამიანმა ბავშვობიდან უნდა იზრუნოს გულზე — ავარჯიშოს ის. სირბილის, მძიმე ფიზიკური მუშაობის, ვარჯიშის დროს ორგანიზმის მოთხოვნილება ჟანგბადზე დაახლოებით 8-ჯერ იმატებს. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ გულმა 8-ჯერ მეტი სისხლი უნდა გადაქაჩოს, ჩვეულებრივ მდგომარეობასთან შედარებით. ადამიანი, რომელიც ნაკლებმოდრავ ცხოვრებას ეწევა, ამას ახერხებს არა გულის შეკუმშვათა ძალის გაზრდის ხარჯზე, ნავარჯიშები ადამიანის მსგავსად, არამედ გულის შეკუმშვების სიხშირის გაზრდით. თუმცა, არანავარჯიშები გული, გულის სუსტი კუნთით, დიდხანს ვერ მუშაობს ასეთი სიხშირით და ძალიან მალე იღლება.



ძუძუმწოვრების, მათ შორის ადამიანის, სისხლის მიმოქცევის სისტემა გულისა და სისხლძარღვებისგან შედგება. სისხლძარღვებში სისხლის მუდმივ დინებას გულის მუშაობა განაპირობებს. ის მოქმედებს როგორც ტუმბო. გულის ციკლი მოიცავს სამ ფაზას: წინაგულების სისტოლას, პარკუჭების სისტოლასა და გულის სრულ მოღუნებას.



1. გულის ნავარჯიშობის დონის დასადგენად:
 - ა. დაითვალე შენი პულსი (X_1).
 - ბ. გააკეთე 30 წამში დაახლოებით 20 ბუქნი. ისევ დაითვალე პულსი (X_2).

- გ. გამოიანგარიშე გულის ნავარჯიშობის კოეფიციენტი ფორმულით:

$$K = \frac{X_2 - X_1}{X_1} \cdot 100$$

- დ. მიღებული შედეგი შეადარე ცხრილში მოცემულ მონაცემებს და გაკეთე დასკვნა შენი გულ-სისხლძარღვთა სისტემის ნავარჯიშობის შესახებ.

ნავარჯიშობის კოეფიციენტი (%)	ნავარჯიშობის დონე
25 და ნაკლები	სანიმუშო
26-50	კარგი
51-75	საშუალო
76 და მეტი	ცუდი
100	გული ძლიერ არის აგზნებული ან დაავადებულია

2. გადაიტანე ცხრილი რვეულში და შეავსე.

კითხვები შეღარებისათვის	დიდი წრე	მცირე წრე
სად იწყება?		
სად მთავრდება?		
როგორი სისხლია არტერიებში?		
სად მდებარეობს კაპილარები?		
როგორ იცვლება სისხლის შედგენილობა კაპილარებში?		
როგორი სისხლია ვენებში?		

3. გადაიტყირე საჩვენებელი თითის ძირში რეზინი ან ძაფი (2-3 წუთზე მეტ ხანს ნუ გაიჩერებ). თითი გალურჯდება. მოიხსენი რეზინი (ძაფი), დაიზილე თითი ფრჩხილის წვერიდან თითის ძირამდე.
- ა. რატომ გალურჯდა თითი?
- ბ. რატომ არის საზიანო მაღალყელიან ფეხსაცმელზე ზონრის მჭიდროდ მოჭერა? წელზე ქამრის ძლიერ შემოჭერა?
4. ფრჩხილის ფუძის სისხლძარღვებში სისხლის დინების სიჩქარის განსაზღვრა.
მასალა: სახაზავი, წამმზომი.
- ა. ფრჩხილის ფუძის სისხლძარღვებიდან გამოდევნე სისხლი შემდეგნაირად: ძლიერ დააჭირე ცერა თითის ფრჩხილს საჩვენებელი თითი.
- ბ. ცოტა ხანში გაათავისუფლე ცერა თითი (ფრჩხილი გათეთრდა, ვინაიდან ფრჩხილის ქვეშ კაპილარებიდან სისხლი გამოიდევნა) და დაითვალე, რამდენი წამი დასჭირდება ფრჩხილის ისევ გავარდისფრებას. ეს დრო შეესაბამება კაპილარების სისხლით შევსებას.

- გ. განსაზღვრე ფრჩხილის ფირფიტის სიგრძე, ანუ იმ გზის სიგრძე, რაც სისხლმა გაიარა. ამისთვის სახაზავით გაზომე ფრჩხილის სიგრძე ფუძიდან ფრჩხილის იმ ადგილამდე, სადამდეც ის ვარდისფერია.
- დ. სისხლის დინების სიჩქარე გამოიანგარიშე ფორმულით:

$$V = \frac{S}{t}$$

V — სისხლის მოძრაობის სიჩქარე
S — მანძილი, რომელიც სისხლმა გაიარა
t — დრო

მიღებული შედეგი შეადარე სისხლის მოძრაობის სიჩქარეს აორტაში.

5. გამოითვალე დღე-ღამის განმავლობაში რამდენ ხანს მუშაობს და რამდენს ისვენებს გული.



1. შენ ექიმი ხარ. პაციენტს ესაჭიროება სასწრაფო დახმარება. სამკურნალო პრეპარატს რა ფორმით დაუნიშნავ — აბებით, კუნთში თუ ვენაში გასაკეთებელს? ახსენი შენი გადაწყვეტილება.
2. მოზარდ ასაკში გული ინტენსიურად იზრდება, ხოლო სისხლძარღვების დიამეტრის ზრდა რამდენადმე ჩამორჩება გულის ზრდის ტემპს. რა ცვლილების გამოწვევა შეუძლია ამ მდგომარეობას? შეიძლება ჩაითვალოს ეს მდგომარეობა დაავადებად?
3. ქამის შემდეგ მოთენთილობას ვგრძნობთ. ახსენი ამ შეგრძნების მიზეზი.

4. გულის გაჩერების დროს ადრენალინი პირდაპირ გულის კუნთში შეჰყავთ ან ელექტროშოკით ცდილობენ ავადმყოფის გულის ამუშავებას. რატომ მიმართავენ ამ მეთოდს?



ელექტროშოკი

5. გადმოცემით, ნაპოლენ ბონაპარტის პირადმა ექიმმა ერთ-ერთი მამაკაცის პორტრეტის ნახვისას თქვა: თუ მხატვარმა ზუსტად გადმოსცა ამ ადამიანის სახის ფერი, მაშინ მას გულის მანკი ჰქონდაო. როგორ აისახება გულის დაავადება ადამიანის სახის ფერზე?
6. სულემნიშვნელო დარტყმამაც კი, შესაძლებელია, ცხვირიდან სისხლდენა გამოიწვიოს. რით შეიძლება აიხსნას ცხვირის სისხლძარღვების „სისუსტე“?
7. ხანგრძლივი გონებრივი მუშაობის შემდეგ ხანდახან ფეხები ცივდება. რატომ?



გულის ციკლი — cycle of the heart; გულის სარქველები — heart valves; სისტოლა — systole; დიასტოლა — diastole; გულის ავტომატია — automaticity of the heart; ათეროსკლეროზი — atherosclerosis.

<http://gam3avoice.com/library/?p=70>

<http://www.youtube.com/watch?v=ABTvNR59K5Q>

http://www.youtube.com/watch?v=te_SY3MeWys&feature=relat

§25



სუნთქვა სხეულის ზედაპირით
 სუნთქვა ტრაქეებით
 სუნთქვა ლაყურჯებით
 სუნთქვა ფილტვებით. კუჭუმნოვრების სუნთქვა
 სუნთქვითი პარამეტრები

ცხოველების უმრავლესობას საკვების ორგანული ნივთიერებების დასაჟანგად და მასში „შენახული“ ენერგიის გამოსათავისუფლებლად ჟანგბადი ესაჭიროება. ამიტომ უჯრედებსა და ქსოვილებში ერთი ნუთითაც არ წყდება ჟანგვითი პროცესები.

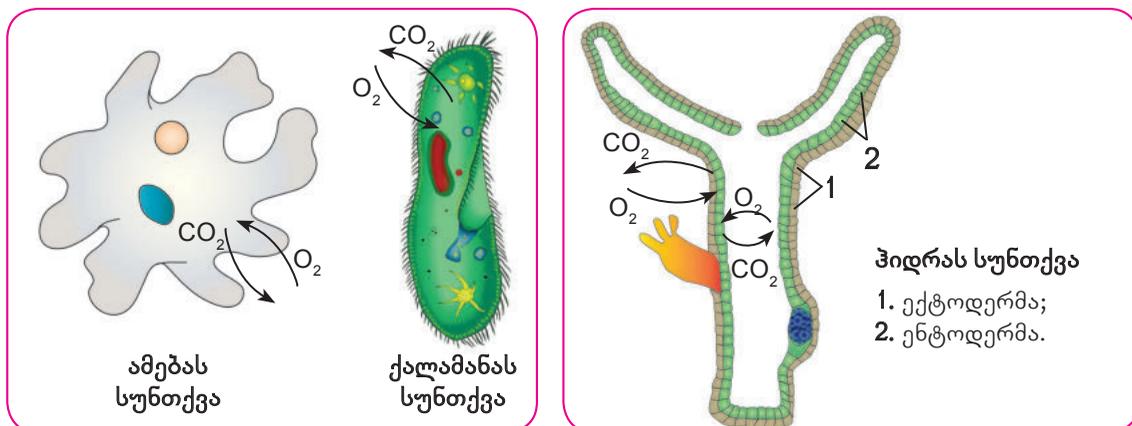
ჟანგბადს ყოველი ორგანიზმი მისი საარსებო გარემოდან იღებს და აქვე გამოყოფს სუნთქვის საბოლოო, ნარჩენ პროდუქტს — ნახშირორჟანგს. ამ პროცესს **გაზთა ცვლა** ჰქვია.

ყველა ორგანიზმში გაზთა ცვლა დიფუზიით ხდება. დიფუზია განსაზღვრულ ზედაპირზე მიმდინარეობს და ამ ზედაპირს **სასუნთქი ზედაპირი** ჰქვია.

სასუნთქი ზედაპირი უნდა იყოს:

- განვლადი ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგისთვის.
- თხელი, რადგან დიფუზია ეფექტურია ძალიან მცირე მანძილზე (1 სმ).
- ტენიანი, რადგან ორივე აირი დიფუნდირებს მხოლოდ სითხეებში.
- დიდი, რათა შენარჩუნებული იქნას გაზთა ცვლის საკმარისი სიჩქარე.

ერთუჯრედიანი ორგანიზმების გაზთა ცვლა გარემოსთან უჯრედის მემბრანით ხდება.



ნაწლავლრუიანების როგორც ექტოდერმის, ისე ნაწლავის ღრუს ენტოდერმის უჯრედები უშუალოდ წყალს ეხება. ამიტომ გაზთა ცვლა თითოეული უჯრედის მემბრანის გავლით ხდება.

სხეულის მთელი ზედაპირით ხდება გაზთა ცვლა წყალში ან ტენიან ნიადაგში მცხოვრები მრავალი წვრილი უხერხემლოების სხეულშიც, რომლებსაც არ გააჩნიათ

მკვრივი საფარველი. ამიტომ ასეთ ცხოველებს არავითარი სპეციალური სასუნთქი სისტემა არ ესაჭიროებათ.

ცხოველის ზომების ზრდასთან ერთად, გაზთა ცვლაში სულ უფრო და უფრო ნაკლები უჯრედი მონაწილეობს, ვინაიდან ამ უჯრედების უმრავლესობა სხეულის სიღრმეშია ჩამალული.

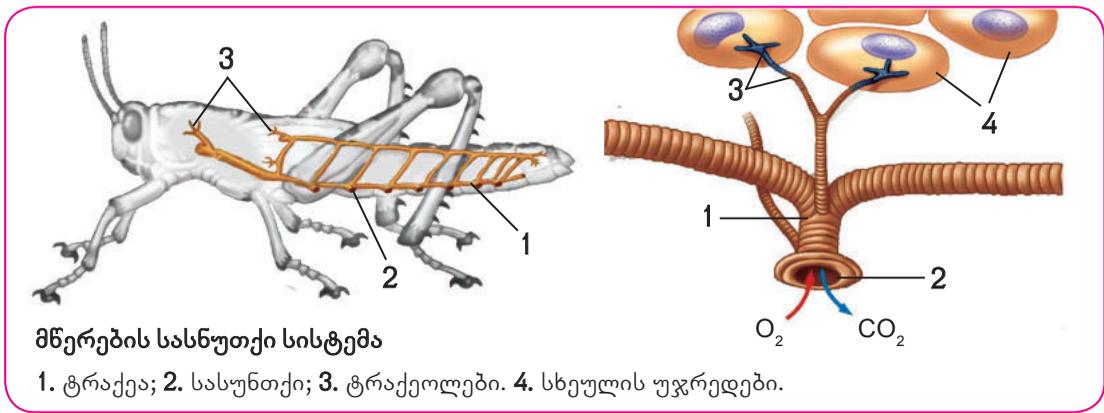
ამასთან, ხმელეთზე მცხოვრები ცხოველების გარეთა უჯრედები დაცულია მკვრივი საფარველით, რაც აფერხებს გაზთა ცვლას. ამიტომ ამ ცხოველებს გააჩნიათ სპეციალიზებული სასუნთქი ზედაპირი — **სასუნთქი ორგანოები**. სწორედ მათი საშუალებით მონაწილეობს გაზთა ცვლაში სხეულის უჯრედების უმრავლესობა.

თევზებს, კიბოსნაირებსა და წყლის სხვა ცხოველებს საამისოდ ლაყურები აქვთ, მწერებს — უწვრილესი მილები — ტრაქეები; ამფიბიებს, ქვეწარმავლებს, ფრინველებსა და ძუძუმწოვრებს — ფილტვები.

თითოეული სასუნთქი ორგანო შეგუებულია კონკრეტულ გარემოში ფუნქციონირებას. ხშირად სასუნთქი ორგანოების კავშირს სხეულის ყველა ქსოვილთან უზრუნველყოფს სისხლის მიმოქცევის სისტემა, რომლის გარეშეც შეუძლებელი იქნებოდა თითოეული უჯრედის სუნთქვა.

ჭიაყელა სუნთქავს სხეულის მთელი ზედაპირით. მის თხელკედლიან, ლორწოვან, მუდამ ტენიან, დიდი რაოდენობით კაპილარების შემცველ კანში გაზთა ცვლა დიფუზიით მიმდინარეობს.

მწერები ტრაქეებით სუნთქავენ. **ტრაქეა** ერთგვარი მილია. ის ერთი ბოლოთი სხეულის ზედაპირზე ხვრელით — **სასუნთქით** იხსნება. სასუნთქი აღჭურვილია ჰაერის გამფილტრავი ნამწამებით და სარქველებით. სარქველები ხურავს და აღებს ხვრელს და ამით არეგულირებს ორგანიზმში შესული ჰაერის რაოდენობას.



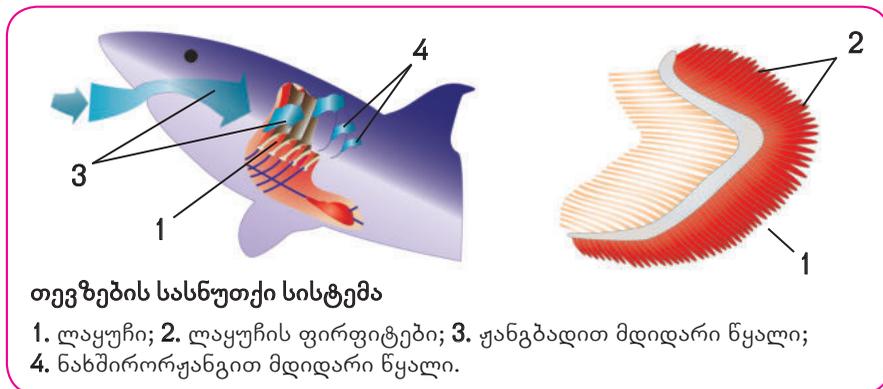
მწერების სასუნთქი სისტემა
1. ტრაქეა; 2. სასუნთქი; 3. ტრაქეოლები. 4. სხეულის უჯრედები.

1 რა დანიშნულება აქვს ნამწამებს?

ტრაქეის მეორე ბოლო თანდათან იტოტება **ტრაქეოლებად**. ისინი აღწევენ სხეულის ყველაზე დამორებულ ნაწილებამდე და ჟანგბადით მდიდარი ჰაერი პირდაპირ ქსოვილებში მიაქვთ.

ამრიგად, ჟანგბადი ტრაქეებით სხეულის უჯრედებამდე უშუალოდ ჰაერით მიდის და გაზთა ცვლა სისხლის მიმოქცევის სისტემის გარეშე ხორციელდება.

წყლის ბინადართა უმრავლესობის — თევზების, მრავალი მოლუსკისა და ფეხსახსრიანის სუნთქვის ორგანო ლაყურია. **ლაყური** აღჭურვილია კაპილარების ხშირი ქსელით. ლაყურებში გამავალი წყლიდან ჟანგბადი კაპილარების გავლით სისხლში გადადის, ხოლო სისხლიდან წყალში ნახშირორჟანგი გადმოდის. ნახშირორჟანგით მდიდარი წყალი ლაყურებიდან გარეთ გამოდის.



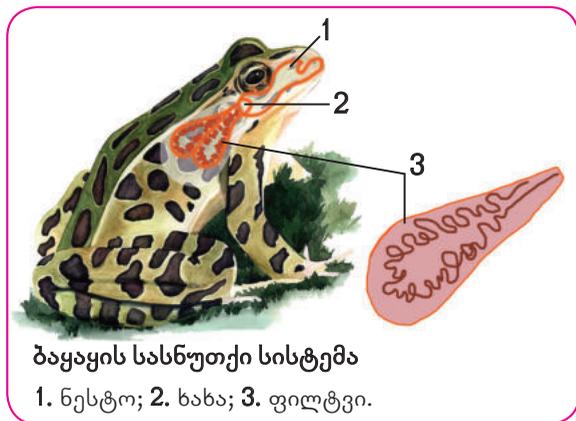
თევზების სასუნთქი სისტემა

1. ლაყური; 2. ლაყურის ფირფიტები; 3. ჟანგბადით მდიდარი წყალი;
4. ნახშირორჟანგით მდიდარი წყალი.

ამფიბიებში გაზთა ცვლა **კანითა და ფილტვებით** ხდება.

ბაყაყის კანი უხვადაა მომარაგებული კაპილარებით და მუდამ ტენიანია — მას ლორწო ფარავს. ჰაერის ჟანგბადი ლორწოში იხსნება და ადვილად აღწევს სისხლში, ნახშირორჟანგი კი სისხლიდან კანის გავლით გარემოში გამოიყოფა.

ბაყაყის ფილტვები ტომრებია, რომლის ზედაპირი დანაოჭებულია, მაგრამ ეს ზედაპირი არ არის საკმარისი გაზთა ცვლისთვის. გაზთა ცვლა ფილტვის ტენიან ეპითელიუმსა და კაპილარების სისხლს შორის მიმდინარეობს.



ბაყაყის სასუნთქი სისტემა

1. ნესტო; 2. ხახა; 3. ფილტვი.

ჰაერს ბაყაყი ნესტოებით შეისუნთქავს. პირის ღრუში ჩასუნთქვისთვის აუცილებელი დაბალი წნევა იქმნება ხახის ფსკერის დაბლა დანევით. ვიდრე ჰაერი ნესტოებიდან ფილტვებამდე მიაღწევს, ის ჯერ პირის ღრუს, შემდეგ ხორხს, იქიდან ტრაქეას გაივლის. ტრაქეა ორ ბრონქად იყოფა. ბრონქებით ჰაერი ფილტვებში შედის. ჰაერის ფილტვებიდან უკან, გარემოში გამოსაყოფად, ბაყაყი სხეულის კუნთებს ძლიერ კუმშავს.

ჩანასახოვან სტადიაზე ყველა ამფიბიას ლაყურები აქვს. მოზრდილ ასაკში ლაყურებს მხოლოდ ზოგიერთი კუდიანი ამფიბია ინარჩუნებს.

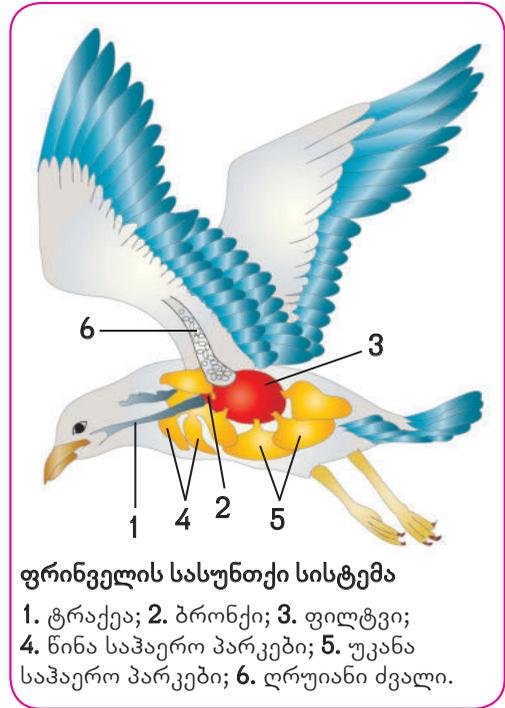
2 გაიხსენე, რომელი კუდიანი ამფიბია იცი და როგორ სუნთქავენ ისინი? ქვეწარმავლები კანს სასუნთქ ზედაპირად ვერ იყენებენ.

3 აგებულების რა თავისებურებასთანაა ეს დაკავშირებული?

ქვეწარმავლების სხეულში გაზთა ცვლა მხოლოდ ფილტვებში მიმდინარეობს. მათი ფილტვებიც ტომრის ფორმისაა, მაგრამ ამფიბიების ფილტვებთან შედარებით, მას დიდი ზედაპირი აქვს — ის დატიხრულია. ამან მნიშვნელოვნად გაზარდა გაზთა ცვლის ინტენსივობა. ჩასუნთქვა-ამოსუნთქვისთვის — ფილტვების ვენტილაციისთვის აუცილებელია გულმკერდის ღრუს მოცულობის გაზრდა და შემცირება. ეს ნეკნთაშუა კუნთების შეკუმშვა-მოდუნებით მიიღწევა.

ფრინველების სასუნთქი გზები ნესტოთი იწყება, რომელიც გადადის ცხვირის ღრუში, იქიდან ხორხში. ხორხს მოჰყვება მოქნილი ტრაქეა, რომელიც ორ ბრონქად იტოტება და ფილტვებში შედის.

ფრინველების ფილტვები პატარა და ღრუბლისებრია. ფილტვებში შესვლისას ბრონქების ნაწილი უწვრილეს ბრონქებად იტოტება. მათ გარს არტყია კაპილარები, რაც უზრუნველყოფს ბრონქებით მოტანილ ჰაერსა და კაპილარების სისხლს შორის გაზთა ცვლას. ბრონქების ნაწილი გამოდის ფილტვებიდან და წარმოქმნის თხელკედლიან, ელასტიკურ, კარგად ჭიმვად უკანა საჰაერო პარკებს. ფრინველებს გააჩნიათ წინა საჰაერო პარკებიც, რომლებიც ბრონქიდან წარმოიქმნება, ფილტვში შესვლამდე. საჰაერო პარკების მოცულობა ბევრად აღემატება ფილტვების მოცულობას. ისინი მდებარეობენ ორგანოებს შორის. მათი ტოტები ღრუიან ძვლებში შედის.



ფრინველის სასუნთქი სისტემა

1. ტრაქეა; 2. ბრონქი; 3. ფილტვი;
4. წინა საჰაერო პარკები; 5. უკანა საჰაერო პარკები; 6. ღრუიანი ძვალი.

მშვიდ მდგომარეობაში სუნთქვა ხორციელდება გულმკერდის ღრუს გაფართოება-შევიწროებით. ფრენისას, მკერდის კუნთების მუშაობის გამო, ასე სუნთქვა შეუძლებელია. ამ დროს ფრინველებს **ორმაგი სუნთქვა** აქვთ.

ის მიმდინარეობს ფილტვებისა და საჰაერო პარკების მონაწილეობით.

ფრთების ყოველ აქნევაზე საჰაერო პარკები იწელება, ფილტვებიდან ჰაერი საჰაერო პარკებში გადადის. ფრთების დაშვებისას პარკები იკუმშება და ჰაერი ფილტვების გავლით გარეთ გამოდის. ამრიგად, ფრენისას ჰაერი ორჯერ გადის ფილტვებში და ორჯერ ხდება გაზთა ცვლა.

ორმაგი სუნთქვა უზრუნველყოფს სისხლის ჟანგბადით მუდმივად გამდიდრებას და ამავე დროს, ჟანგბადით ქსოვილების უწყვეტად მომარაგებას, განსაკუთრებით კი მკერდის კუნთების მომარაგებას, რომელიც ფრენისას კოლოსალური დატვირთვით მუშაობს.

ძუძუმწოვრები სუნთქავენ ატმოსფერული ჰაერით, მიუხედავად იმისა, ხმელეთზე ბინადრობენ ისინი თუ წყალში.

ძუძუმწოვრების უმრავლესობისა და ადამიანის სასუნთქი სისტემა თითქმის არ განსხვავდება ერთმანეთისგან.

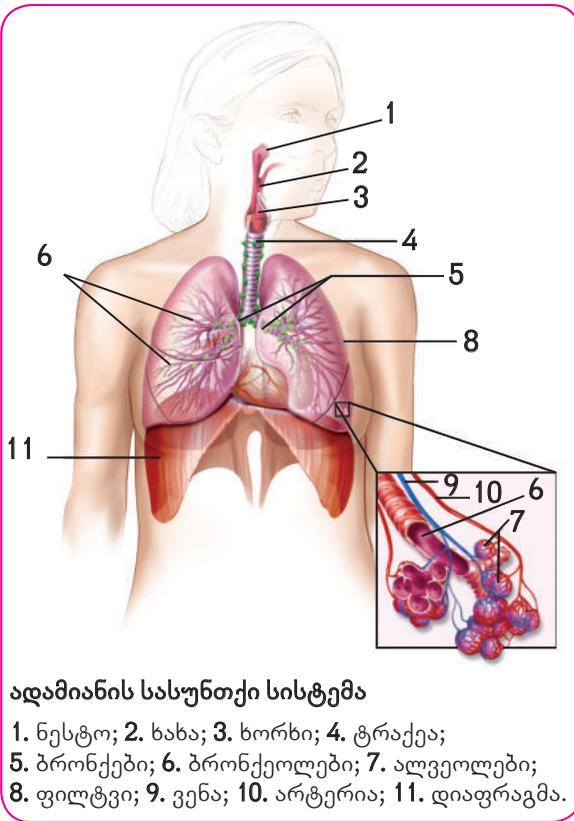
ჰაერი ადამიანის სხეულში ნესტოებით შედის. ნესტოებში უამრავი წამწამია. მისი ზედაპირი ლორწოვანია და სისხლძარღვთა კაპილარებითაა მომარაგებული.

4 გაიხსენე, რა დანიშნულება აქვს წამწამებს, ლორწოს, სისხლძარღვთა კაპილარებს?

(ცხვირიდან ჰაერი გადადის ხახაში, შემდეგ ხორხში.

5 ხორხის აგებულების რა თავისებურება განაპირობებს იმას, რომ საკვები არ ხვდება ხორხში და ის საყლაპავში იგზავნება?

ხორხიდან ჰაერი ხვდება ტრაქეაში, რომელიც ორ ბრონქად იყოფა. ტრაქეისა და ბრონქების კედლები ხრტილოვანი ქსოვილითაა აგებული. ბრონქები იტოტება ბრონქეოლებად და ვრცელდება ფილტვის მთელ მოცულობაში. ის ხის ვარჯს მოგვაგონებს, ამიტომ ხშირად ტრაქეასა და ბრონქებს, ყველა განშტოებებით, ბრონქიალურ ხეს უწოდებენ.



უნვრილესი ბრონქეოლები, რომლებიც ხრტილს არ შეიცავს, ბოლოვდება თხელკედლიანი ფილტვის ბუშტუკებით — **ალვეოლებით**. ფილტვები ძირითადად ალვეოლებისგან შედგება.

ალვეოლი დაახლოებით 0,3 მმ დიამეტრის ბუშტუკია, რომლის კედელი ერთ შრედ დალაგებული ეპითელიური უჯრედებისგან შედგება. ყოველი ალვეოლის კედელში არის კოლაგენი, რომელიც მას მოქნილობასა და ელასტიკურობას ანიჭებს. ეს საშუალებას აძლევს ალვეოლს, შეიცვალოს მოცულობა ჩასუნთქვისა და ამოსუნთქვის დროს.

ალვეოლის შიგა ზედაპირი დაფარულია ბაქტერიოციდული აპკით, რომელიც, ამავე დროს, ხელს უშლის ალვეოლების შენეებას.

ყველა ალვეოლი ერთად, ისინი კი დაახლოებით 500-600 მილიონია, ქმნის სწორედ იმ სასუნთქ ზედაპირს, რომელზეც გაზთა ცვლა მიმდინარეობს.

ალვეოლების გარეთა მხარე დაფარულია ხშირი კაპილარული ქსელით. ყველა კაპილარი სათავეს ფილტვის არტერიიდან იღებს, ბოლოს ერთიანდება და წარმოქმნის ფილტვის ვენას.

გაზთა ცვლის მექანიზმს ფილტვის ალვეოლებსა და კაპილარებს შორის, ჩასუნთქული და ამოსუნთქული ჰაერის შედგენილობა განსაზღვრავს.

ჰაერი	ჟანგბადი	ნახშირორჟანგი	აზოტი, ინერტული აირები
ჩასუნთქული	20,94	0,03	79,1
ამოსუნთქული	16	4,5	79,5

გაზთა ცვლა ფილტვებსა და ქსოვილებში მათ პარციალურ წნევაზეა დამოკიდებული.

პარციალური წნევა მოცემული აირის წნევაა, რომელიც მის წილად მოდის იმ აირების ნარევის საერთო წნევიდან, რომლის შედგენილობაშიც ის შედის.

ატმოსფერული ჰაერი აირების ნარევაა. მისი წნევა 760 მმ/ვწყ.სვ. ტოლია. ჟანგბადის შემცველობა ატმოსფერულ ჰაერში 20,94 %-ს შეადგენს. მისი პარციალური წნევა გამოითვლება პროპორციით:

- 100% აირების ნარევი — 760 მმ/ვწყ.სვ.
- 20,94 % ჟანგბადი — X

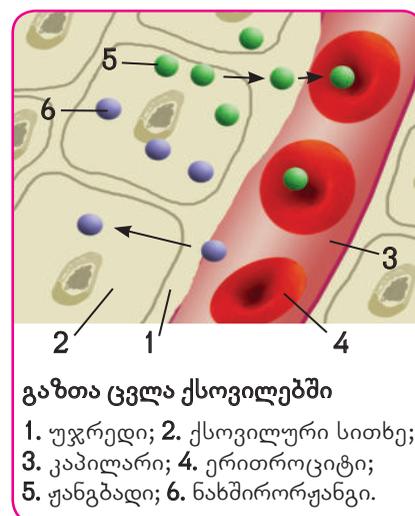
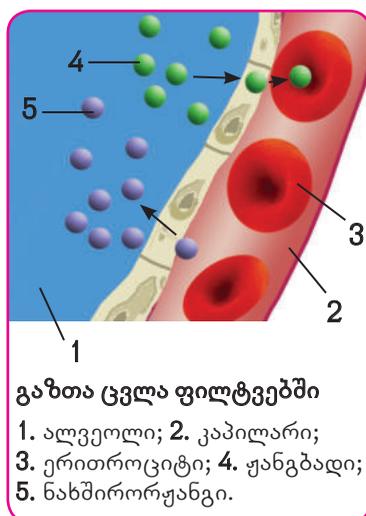
$$X = \frac{20,94 \times 760}{100} = 159,1 \text{ მმ/ვწყ.სვ.}$$

1 გამოთვალე პარციალური წნევა ნახშირორჟანგისა და აზოტისთვის.

ვნახოთ, როგორ ხდება ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგის ცვლა მათი პარციალური წნევების შესაბამისად.

სისხლის მიმოქცევის მცირე წრით ალვეოლების კაპილარებში გულიდან ვენური სისხლი მიდის. ალვეოლებისა და კაპილარების კედლები ძალიან თხელია. ალვეოლებში შესულ ჰაერში ჟანგბადის პარციალური წნევა კაპილარების ვენურ სისხლში ჟანგბადის პარციალურ წნევაზე მეტია, ამიტომ ჟანგბადი ალვეოლური ჰაერიდან სისხლში გადადის.

ნახშირორჟანგის პარციალური წნევა კაპილარების ვენურ სისხლში მეტია, ვიდრე ალვეოლურ ჰაერში და ამიტომ ის დიფუნდირებს ვენური სისხლიდან ალვეოლებში.



ფილტვებში გაზთა ცვლის შემდეგ ჟანგბადით გამდიდრებული სისხლი ორგანოებსა და ქსოვილებში მიდის.

გაზთა ცვლა ქსოვილებში იგივე პრინციპით ხდება, როგორც ფილტვებში. კაპილარებიდან ჟანგბადი გადადის ჯერ ქსოვილურ სითხეში, შემდეგ უჯრედებში და ჩაერთვება ჟანგვაში. ამავე კანონებით, ნახშირორჟანგი უჯრედებიდან, ქსოვილური სითხის გავლით, შედის კაპილარებში და შემდეგ ვენებში.

გაზთა ცვლა ორგანიზმში შესაძლებელია მხოლოდ ფილტვებში ჰაერის მუდმივი შეცვლის პირობებში. ამიტომ სუნთქვა მუდმივად მიმდინარეობს — დაბადებისას პირველი ჩასუნთქვის შემდეგ ადამიანი მთელი სიცოცხლე სუნთქავს.

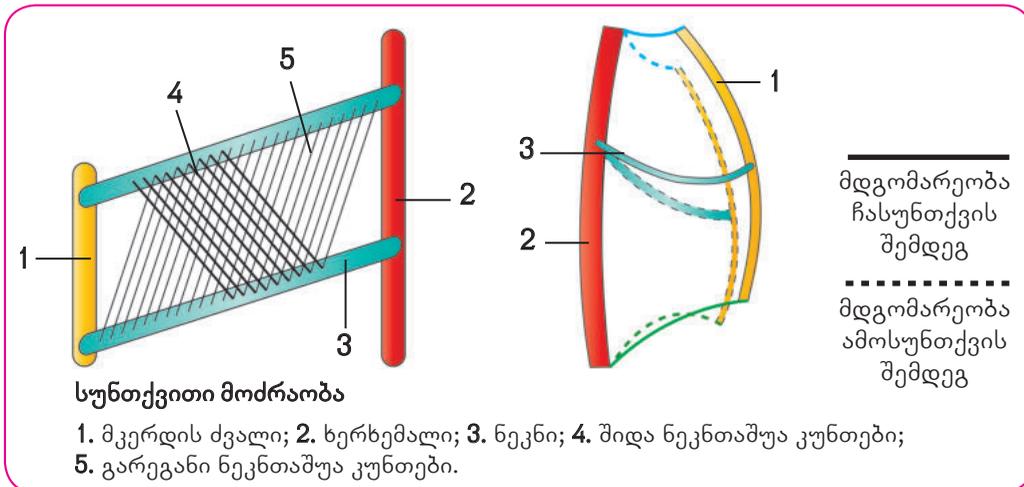
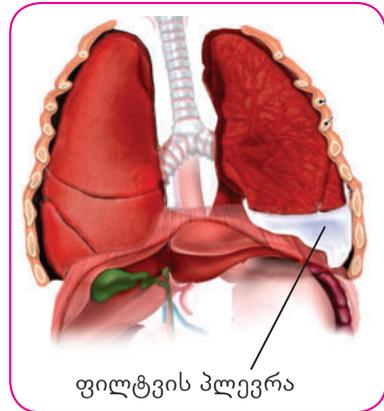
როგორ ხდება ფილტვების ვენტილაცია, ანუ ჩასუნთქვა-ამოსუნთქვა? ფილტვი არ არის კუნთოვანი ორგანო, რომელიც თვითონ შეძლებდა შეკუმშვას და გაფართოებას. ფილტვები პასიურად მიჰყვება გულმკერდის ღრუს კედლების მოძრაობას.

ფილტვი გარედან დაფარულია **პლევრით**, რომელიც ამოფენს აგრეთვე გულმკერდსა და დიაფრაგმას. პლევრის ამ ორ ფურცელს — **ფილტვის პლევრასა და კედ-**

ლის ამყოლ პლევრას შორის სივრცეა — პლევრის ღრუ, რომელიც შეიცავს პლევრის მიერ გამოყოფილ სითხეს. ეს სითხე ატენიანებს პლევრას და ამცირებს ხახუნს ფილტვის პლევრასა და კედლის ამყოლ პლევრას შორის, სუნთქვითი მოძრაობის დროს. პლევრის ღრუში ჰაერი არ არის.

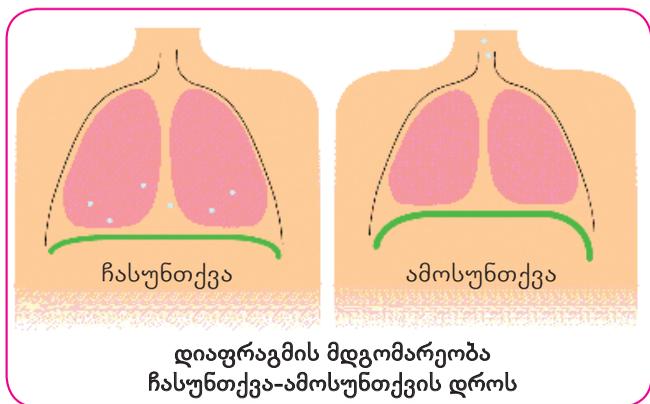
სუნთქვითი მოძრაობა ხორციელდება ნეკნთაშუა კუნთებითა და დიაფრაგმით.

ჩასუნთქვისთვის გარეგანი ნეკნთაშუა კუნთები იკუმშება, ხოლო შიდა დუნდება. ამის შედეგად ნეკნები იწევა წინ და შედარებით ჰორიზონტალურ მდგომარეობას იღებს. ნეკნები წინა ბოლოებით წინ წევს მკერდს, რასაც თან ახლავს გულმკერდის ღრუს მოცულობის გაზრდა. დიაფრაგმის თაღის დაშვება, მისი შეკუმშვის გამო, დამატებით ზრდის გულმკერდის ღრუს მოცულობას. ამის შედეგად წნევა გულმკერდის ღრუში და ამის გამო ფილტვებშიც, ხდე-



ბა ატმოსფერულზე დაბალი. ამიტომ ჰაერი ჰაერგამტარი გზებით მიისწრაფვის შიგნით და ავსებს ალვეოლებს, ვიდრე წნევა ფილტვებში არ გაუთანაბრდება ატმოსფერულს, ანუ ხდება ჩასუნთქვა.

ამოსუნთქვისთვის დუნდება გარეგანი ნეკნთაშუა კუნთები, ხოლო შიგა იკუმშება. ნეკნები დაბლა ეშვება, დუნდება დიაფრაგმა და ისევ თაღოვანი ხდება. ამის შედეგად გულმკერდის ღრუს მოცულობა მცირდება და მასში წნევა ატმოსფერულზე მაღალი ხდება. წნევა ალვეოლებშიც იზრდება და ამის გამო ჰაერი ფილტვებიდან იდევნება, ანუ ხდება ამოსუნთქვა.



არსებობს რიგი პარამეტრებისა, რომლებიც იძლევა საშუალებას, შეფასდეს ადამიანის ფილტვების სასუნთქი ფუნქცია. ამ პარამეტრებით ხდება სასუნთქი სისტემის მრავალი დაავადების დიაგნოსტიკა.

სასუნთქი ორგანოების განვითარების მნიშვნელოვანი მაჩვენებელი **ფილტვების სასიცოცხლო ტევადობაა**.

მოზრდილი ადამიანის ფილტვების სასიცოცხლო ტევადობა საშუალოდ 3 500 მლ-ს შეადგენს. ის სასუნთქი, დამატებითი და სარეზერვო მოცულობების ჯამია.

	სასუნთქი	დამატებითი	სარეზერვო
ფილტვების სასიცოცხლო ტევადობა =	მოცულობა +	მოცულობა +	მოცულობა
	450-500 მლ	1 500 მლ	1 500 მლ

სასუნთქი მოცულობა ჰაერის ის მოცულობაა, რომელიც მშვიდი სუნთქვისას შედის ფილტვებში ერთ ჩასუნთქვაზე და ამოდის ერთ ამოსუნთქვაზე.

დამატებითი მოცულობა ჰაერის ის მოცულობაა, რომლის ჩასუნთქვა შეუძლია ადამიანს სასუნთქი მოცულობის გარდა, დამატებით.

სარეზერვო მოცულობა ჰაერის ის მოცულობაა, რომელიც შეუძლია ადამიანს მშვიდი ამოსუნთქვის შემდეგ დამატებით ამოისუნთქოს.

აქედან გამომდინარე, ფილტვების სასიცოცხლო ტევადობა ჰაერის ის მაქსიმალური რაოდენობაა, რომელსაც ამოისუნთქავს ადამიანი ყველაზე ღრმა ჩასუნთქვის შემდეგ.

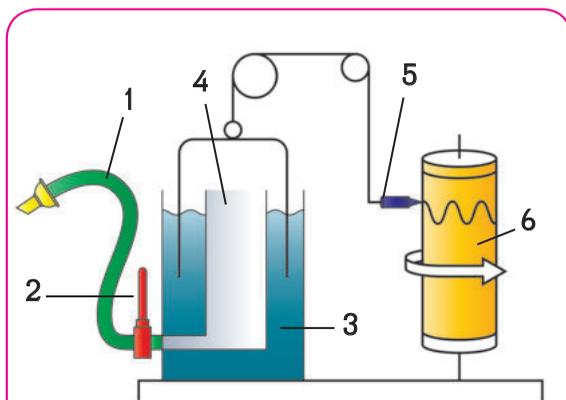
სპორტსმენებს ეს მაჩვენებელი გაცილებით მაღალი აქვთ. მაგალითად, მოცურავეების ფილტვის სასიცოცხლო ტევადობა 6 200 მლ-ს აღწევს.

სასუნთქ გზებში ყოველთვის რჩება კიდეც 1 000-1 500 მლ ჰაერი. მისი ამოსუნთქვა შეუძლებელია. მას **ნარჩენი ჰაერი** ჰქვია. ნარჩენი ჰაერის გამოა, რომ ფილტვი არ იჩუტება.

ფილტვის დიდი სასიცოცხლო ტევადობის დროს ფილტვის ვენტილაცია უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს, ორგანიზმი გაცილებით მეტ ჟანგბადს იღებს.

ჩასუნთქული და ამოსუნთქული ჰაერის მოცულობას ზომავენ სპეციალური ხელსაწყოთი — სპირომეტრით.

სპირომეტრი შედგება წყლიანი ჭურჭლისგან, რომელშიც ჩადგმულია მეორე ჭურჭელი, ფსკერით ზემოთ. მეორე ჭურჭლის ტევადობა არ უნდა იყოს 6 ლიტრზე ნაკლები. მასში ჰაერია. მეორე ჭურჭლის ფსკერთან **მიტანილია მილი**, რითაც გამოსაკვლევი პირი სუნთქავს. შიგნითა ჭურჭელი განზონასწორებულია. როცა გამოსაკვლევი პირის მიერ ამოსუნთქული ჰაერი მასში შედის ან ჩასუნთქვისას გამოდის, მეორე ჭურჭელი, შესაბამისად, დაბლა ან მაღლა იწევა. კალამი ნელა მოტრიალე ცილინდრზე იწერს მის ყველა მოძრაობას.



სპირომეტრი

1. სასუნთქი მილი;
2. თერმომეტრი;
3. წყლის აბაზანა;
4. ჰაერი;
5. კალამი;
6. მბრუნავი ცილინდრი.

სპირომეტრით შეიძლება განისაზღვროს სასუნთქი მოცულობა, სუნთქვის სიხშირე, მეტაბოლიზმის ინტენსივობა.

შენი ცხოვრების წესს არ შეიძლება ეწოდოს ჯანმრთელი, თუ შენ სიგარეტს ეწევი. მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში მთელი კამპანიებია მიმართული თამბაქოს საწინააღმდეგოდ. აშშ, შვეიცარია, დიდი ბრიტანეთი, გერმანია, ფინეთი, კორეა, იაპონია, ესპანეთი, თურქეთი — ეს არასრული ჩამონათვალია იმ ქვეყნებისა, სადაც შემოღებულია და მოქმედებს მონევის საწინააღმდეგო კანონები. მწველებისთვის დაწესებულია სოლიდური ჯარიმები, თუ მათ საზოგადოებრივი თავშეყრის ადგილებში მოწიეს, იაპონიაში კი არამწველი თანამშრომლებისთვის პრემიებია გათვალისწინებული.

6 მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში სადაზღვევო კომპანიები მწველებს სამედიცინო დაზღვევაში მეტ თანხას ახდენენ. როგორ ფიქრობ, რატომ?

2 მოიძიე ინფორმაცია, არის თუ არა რაიმე შეზღუდვები მწველების მიმართ ქართულ სადაზღვევო კომპანიებში.

რითია სიგარეტი სახიფათო?

შენ რომ პირველი სიგარეტის გასინჯვამდე იცოდე, რა შედეგები მოჰყვება მონევას, მასზე აუცილებლად იტყვი უარს.

მონევა არის ცეცხლმოკიდებული თამბაქოსა და ქალაღდის კვამლის ჩასუნთქვა. თამბაქოს კვამლი 400-მდე ტოქსიკურ ნივთიერებას შეიცავს, რომელსაც ბოლთან ერთად ჩაისუნთქავს მწველი. კუპრს, ნიკოტინს, ნახშირბადის მონოოქსიდს, ფისს დამანგრეველი მოქმედება აქვს ორგანიზმზე.

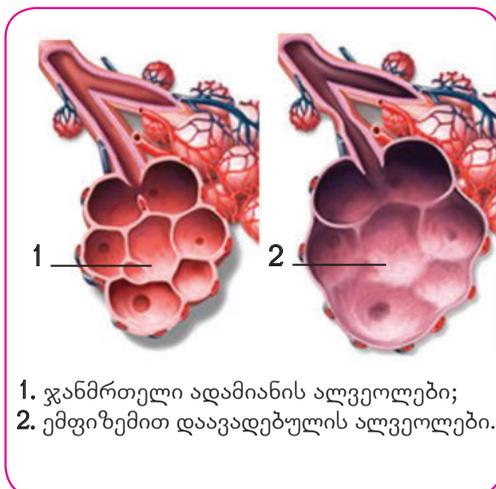
ეს ნივთიერებები წვისას გამოყოფილ წყალში იხსნება და ფილტვებამდე აეროზოლების სახით მიიტანება. ეს ფორმა ყველაზე ეფექტურია, რადგან ეს ნივთიერებები გახსნილ მდგომარეობაში ალვეოლების ეპითელის მიერ უკეთ შეიწოვება. ამ ფენომენზეა დამოკიდებული სასუნთქი სისტემის ორგანოების დაავადებების სამკურნალო პრეპარატების აეროზოლის სახით გამოყენება.

თამბაქოს ბოლში შემავალ ნივთიერებებს შორის, ყველაზე სახიფათო ნიკოტინია. ის განსაკუთრებით გულ-სისხლძარღვთა და სასუნთქ სისტემაზე მოქმედებს.

მწველები გაცილებით ხშირად ავადდებიან ფილტვის, ყელის, ენის, ტუჩის კიბოთი. არამწველთათვის ასეთი დაავადებები იშვიათია.

მწველების დაავადებაა **ემფიზემა**. ის არ იკურნება. ემფიზემის დროს ზიანდება ალვეოლის კედელი. ალვეოლების კედლების დაშლის გამო, ალვეოლები ერთიანდება და ერთ დიდ ბუშტუკად გარდაიქმნება, ეს კი ამცირებს გაზთა ცვლის ზედაპირსა და ორგანიზმის ჟანგბადით მომარაგებას.

ემფიზემით დაავადებულს უჭირს სუნთქვა, სუნთქავს ზედაპირულად, მის კანს სილურჯე დაჰკრავს, აქვს ხველა, სწრაფად იღლება, დარღვეული აქვს ძილი.



1. ჯანმრთელი ადამიანის ალვეოლები;
2. ემფიზემით დაავადებულის ალვეოლები.



ცხოველების უმრავლესობას, მათ შორის ადამიანს, საკვების ორგანული ნივთიერებების დასაჟანგად ჟანგბადი ესაჭიროება. ჟანგბადს ორგანიზმები მათი საარსებო გარემოდან იღებენ და იქვე გამოყოფენ წვის საბოლოო პროდუქტს — ნახშირორჟანგს. ზედაპირს, სადაც გაზთა ცვლა მიმდინარეობს, სასუნთქი ზედაპირი ჰქვია.

ერთუჯრედიანებისა და ნაწლავლრუიანებისთვის სასუნთქი ზედაპირი მათი უჯრედების მემბრანებია.

მრავალუჯრედიან ცხოველებს აქვთ სპეციალიზებული ორგანოები სუნთქვისთვის: მწერებს — ტრაქეები, წყალში მცხოვრები ცხოველების უმრავლესობას — ლაყურები, ხმელეთის ცხოველებს — ფილტვები.

ძუძუმწოვრების სასუნთქი სისტემა ფილტვებისა და ჰაერგამტარი გზებისგან შედგება. მათი სასუნთქი ზედაპირი ალვეოლებია, სადაც ინტენსიურად მიმდინარეობს გაზთა ცვლა ალვეოლებსა და კაპილარებს შორის.



1. ჩაისუნთქე რაც შეიძლება ღრმად და შეიკავე სუნთქვა.

- დაიწყე ათვლა წამმზომით.
- წამმზომი გამორთე, მაშინ როცა ვეღარ ძლებ ასეთ მდგომარეობაში და იძულებული ხარ, ამოისუნთქო.
- ჩაინერე წამმზომის მონაცემი.
- დაისვენე 5-7 წუთი.
- ღრმად ამოისუნთქე, შეიკავე სუნთქვა და ჩართე წამმზომი.
- გამორთე წამმზომი, როგორც კი სუნთქვა თვითონ განახლდება.
- ჩაინერე მონაცემი.

ჩასუნთქვაზე სუნთქვის შეკავების შედეგი ითვლება დამაკმაყოფილებლად, თუ ადამიანი შეძლებს სუნთქვის შეკავებას 16-55 წმ. ამოსუნთქვაზე სუნთქვის შეკავების შედეგი ითვლება დამაკმაყოფილებლად, თუ ის 12-13 წამზე ნაკლები არ არის.

- ა. როგორ ფიქრობ, რატომაა I ცდის მაჩვენებელი უფრო მაღალი, ვიდრე II ცდის?
- ბ. თუ შენი მაჩვენებელი ქვედა ზღვარზე დაბალია, რაზე უნდა მიუთითებდეს ეს ფაქტი?

2. ამოსუნთქულ ჰაერში ნახშირორჟანგის რაოდენობის აღმოჩენა.

ექსერიმენტი ჩაატარეთ კლასში.

- ჩაასხით კოლბაში 100 მლ ბრომთიმოლ ლურჯის ხსნარი.
- ერთ-ერთმა მოსწავლემ მინის მილით 1 წუთის მანძილზე კოლბაში გააკეთოს ამოსუნთქვები, ცხვირით ჩასუნთქვის შემდეგ.
- იყავით ფრთხილად, რომ ხსნარი ტურჩებზე არ მოგხვდეთ. 1 წუთში ხსნარი ყვითლად უნდა შეიფეროს.

- შეფერილ ხსნარს კოლბაში პიპეტით წვეთ-წვეთობით დაუმატეთ ამიაკის ხსნარი და თან ითვალეთ წვეთების რაოდენობა. პერიოდულად მინის წკირით მოურიეთ კოლბის შიგთავსს.
- ამიაკის წვეთების დამატება და შესაბამისად, წვეთების დათვლა იმ დრომდე უნდა გააგრძელოთ, ვიდრე ხსნარი ისევ ლურჯი არ გახდება. ამიაკის წვეთების რაოდენობა შეიტანეთ ცხრილში.
- ცდა ორჯერ გაიმეორეთ იგივე პირობებში და გამოთვალეთ საშუალო არითმეტიკული. გადაიტანეთ ცხრილი რვეულში და შეიტანეთ მონაცემები.

სინჯი	ამიაკის წვეთების რაოდენობა	
	მშვიდ მდგომარეობაში	ფიზიკური დატვირთვის შემდეგ
1		
2		
საშუალო		

- ჩაასხით 100 მლ ბრომთიმოლ ლურჯი მეორე კოლბაში.
- იმავე მოსწავლემ, რომელმაც წინა ცდა ჩაატარა, ირბინოს ადგილზე 2 წუთის განმავლობაში.
- ამის შემდეგ, მაშინვე მინის მილით გააკეთოს ამოსუნთქვები კოლბაში 1 წუთის მანძილზე.
- პიპეტით წვეთ-წვეთობით დაამატეთ კოლბის შიგთავსს ამიაკის ხსნარი. დაითვალეთ წვეთების რაოდენობა, ვიდრე ხსნარი ისევ არ გალურჯდება.
- შეიტანე ცხრილში წვეთების რაოდენობა, რომელიც დაიხარჯა ფერის აღსადგენად.
- ცდა გაიმეორე 2-ჯერ. გამოითვალე საშუალო არითმეტიკული და მონაცემები შეიტანე ცხრილში.
ამოსუნთქულ ჰაერში ნახშირორჟანგის რაოდენობაზე მსჯელობენ ბრომთიმოლ ლურჯის ფერის აღდგენაზე დახარჯული ამიაკის წვეთების რაოდენობის მიხედვით. რაც მეტია წვეთების რაოდენობა, მით მეტია ნახშირორჟანგის კონცენტრაცია ამოსუნთქულ ჰაერში.
ერთნაირია თუ არა ამიაკის წვეთების საშუალო რაოდენობა I და II ცდის შემთხვევაში? ახსენი, რა არის ამის მიზეზი?



1. სად სუნთქავს ადამიანი უფრო გახშირებულად, სუფთა ჰაერზე თუ დახურულ შენობაში?
2. რატომ იწვევს გულმკერდის ღრუს ჭრილობა სუნთქვის დარღვევას მაშინაც კი, როცა ფილტვები დაზიანებული არ არის?

3. როდის იქნება გულმკერდის ღრუში უფრო დაბალი წნევა — მშვიდი ჩასუნთქვის თუ ღრმა ჩასუნთქვის დროს?
4. სიგარეტიდან სისხლში მოხვედრილი ნიკოტინი სისხლძარღვებს ავინროებს. როგორ აისახება ეს სუნთქვის სიხშირეზე?
5. ზღვის დონიდან 5500 მეტრ სიმაღლეზე ატმოსფერული წნევა 380 მმ/ვწყ.სვ. ტოლია. ასეთ პირობებში მთამსვლელის პულსი და სუნთქვა აჩქარებულია, ის კუნთებში სისუსტესა და დაღლილობას გრძნობს, უქვეითდება სმენა და მხედველობა, ადგილი აქვს ფსიქიკურ აშლილობასაც. ასეთ მდგომარეობას სიმაღლის ანუ მთის დაავადებას უწოდებენ. რა ინვეს მას?



პარაზიტ ტკიპას კანიდან მოცილების ყველაზე ეფექტურ და უმტკივნეულო საშუალებად ითვლება მასზე ზეთის დანეგება. ამ დროს ტკიპა თავისით სცილდება კანს. რატომ? პასუხი დაასაბუთე.



გაზთა ცვლა — **gas exchange**; სასუნთქი ზედაპირი — **respiratory surface**; ლაყურები — **gills**; პარციალური წნევა — **partial pressure**; ფილტვების ვენტილაცია — **lung ventilation**; სპირომეტრი — **spirometer**; ემფიზემა — **emphysema**.

<http://www.youtube.com/watch?v=858cJYK2pXU>

VIII ჰომეოსტაზი

§26



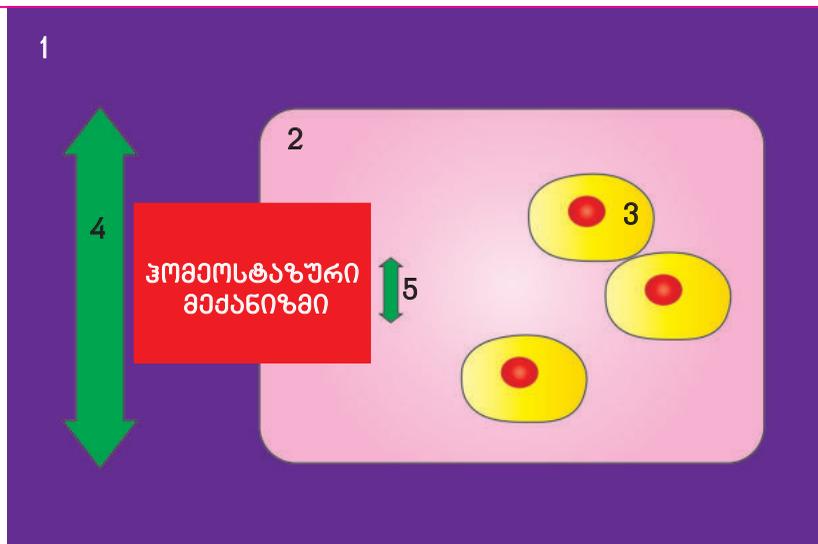
ჰომეოსტაზური მექანიზმის სტრუქტურა
დეტაქტორი, საკონტროლო ცენტრი, ეფექტორი
თერმორეგულაცია. თერმორეგულაციაში მონაწილე სტრუქტურები

ნებისმიერი ცოცხალი ორგანიზმის უჯრედებს ნორმალური ფუნქციონირება მხოლოდ განსაზღვრულ, მათთვის ოპტიმალურ, სტაბილურ პირობებში შეუძლიათ. გარემო კი, რომელშიც ორგანიზმი არსებობს, მუდმივად ცვალებადია.

მაგალითად, ჩვენი უჯრედების ფერმენტების მუშაობისთვის ოპტიმალური ტემპერატურა 37°C-ის ფარგლებშია, გარემოში კი, რომელშიც ჩვენ ვიმყოფებით, შეიძლება ძალიან ციოდეს ან ცხელოდეს.

ჩვენი უჯრედების უშუალო გარემოს, ანუ გარემოს, რომელსაც ეს უჯრედები უშუალოდ ეხება და მასში ფუნქციონირებს, ქსოვილური სითხე, ლიმფა და სისხლის პლაზმა წარმოადგენს. ამ სითხეებს ორგანიზმის შინაგან გარემოს უწოდებენ. ჩვენს ორგანიზმს გააჩნია მექანიზმები, რომლებიც, მიუხედავად გარემოს მუდმივი ცვლილებისა, შინაგან გარემოს მუდმივობას უნარჩუნებს. შინაგანი გარემოს მუდმივობაში იგულისხმება ქსოვილურ სითხესა და სისხლის პლაზმაში წყლის, აირების, იონების, საკვები ნივთიერებების მეტაბოლიზმის პროდუქტების, ჰორმონების, pH-ის, ტემპერატურის ნორმალური დონის შენარჩუნება.

შინაგანი გარემოს მუდმივობის შენარჩუნებას ჰომეოსტაზი ჰქვია. ბერძნულად ჰომეოსტაზი იგივე მდგომარეობას ნიშნავს. ჰომეოსტაზის მისაღწევად მრავალი ორგანო შეთანხმებულად მოქმედებს.

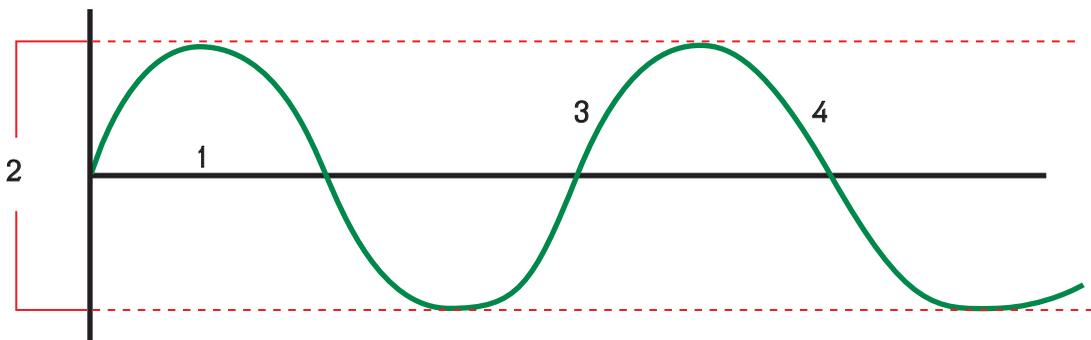


1. გარემო; 2. შინაგანი გარემო; 3. უჯრედი; 4. ძლიერი ცვლილებები გარემოში;
5. მცირე ცვლილებები შინაგან გარემოში.

შინაგანი გარემოს მუდმივობა არ გულისხმობს მის აბსოლუტურ უცვლელობას. მეტაბოლური პროცესების გამო, ესა თუ ის პარამეტრი, მაგალითად, ტემპერატურა, წყლისა და სხვადასხვა ნივთიერების შემცველობა ყოველთვის გადაიხრება მისი ზუსტი, ოპტიმალური მნიშვნელობიდან. ჰომეოსტაზის შესანარჩუნებლად, მთავარია ორგანიზმმა იგრძნოს, რომ მასში რაღაც ცვლილება მოხდა, მუდმივობა დაირღვა და შეძლოს ამის გამოსწორება. საამისოდ, ჰომეოსტაზურ მექანიზმებს სამი მთავარი სტრუქტურა გააჩნია: **დეტექტორი, საკონტროლო ცენტრი და ეფექტორი.**

დეტექტორი რეცეპტორივით მოქმედებს. ის აღიქვამს გარემოს ცვლილებას და ამ ინფორმაციას საკონტროლო ცენტრს გადასცემს. უმეტესად, საკონტროლო ცენტრი თავის ან ზურგის ტვინია, რომელიც ამა თუ იმ პარამეტრის ცვლილებას ადარებს მის საწყის, ოპტიმალურ მაჩვენებელს და იღებს გადაწყვეტილებას მისი ცვლილების შესახებ. ამ ბრძანებას ის ეფექტორს გადასცემს, რომელიც, როგორც წესი, კუნთი ან ჯირკვალაა. ეფექტორი ბრძანებას ასრულებს და პარამეტრი მის საწყის მნიშვნელობას უბრუნდება. მოქმედების ასეთ პრინციპს **უარყოფითი უკუკავშირის პრინციპი** ჰქვია. უარყოფითი უკუკავშირი აბრუნებს ამა თუ იმ პარამეტრს საწყის მდგომარეობაში და ამით სისტემას სტაბილურობას უნარჩუნებს.

1 დაასახელე უარყოფითი უკუკავშირის პრინციპით მომუშავე რომელიმე ხელსაწყო.



ჰომეოსტაზური მექანიზმების მოქმედების პრინციპს ილუსტრაცია გამოხატავს.

1. ფაქტორის ოპტიმალური მნიშვნელობა.
2. ფაქტორის ცვალებადობის ფარგლები, რომელიც ჰომეოსტაზური მექანიზმით კონტროლდება.
3. გადახრა ფაქტორის ოპტიმალური მნიშვნელობიდან. ეს სიგნალია, რომელიც საკონტროლო ცენტრს გადაეცემა.
4. ცენტრის ბრძანების საპასუხოდ, ფაქტორის მნიშვნელობა ოპტიმალურ მნიშვნელობას უბრუნდება.

2 შენი აზრით, რას გამოიწვევს ფაქტორის მნიშვნელობის გასვლა იმ ფარგლებიდან, რომელსაც ჰომეოსტაზური მექანიზმი აკონტროლებს?

თერმოკრეპულაცია

ჰომეოსტაზის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მაგალითი სხეულის ტემპერატურის რეგულაცია, ანუ თერმოკრეპულაციაა.

3 როგორ ფიქრობ, რატომ არის ძალიან მნიშვნელოვანი ტემპერატურის მუდმივობის დაცვა ორგანიზმში?

4 რა გავლენას ახდენს ტემპერატურა ფერმენტების მუშაობაზე?

5 როგორი გავლენა აქვს ტემპერატურას მემბრანების ფუნქციონირებაზე?

მუდმივი ტემპერატურის შენარჩუნებას ყველა ცხოველი ფიზიოლოგიური მექანიზმებით ვერ ახერხებს. ცხოველებს, რომლებსაც ტემპერატურის კონტროლი შეუძლიათ, **ენდოთერმულ** ცხოველებს უწოდებენ. მათი ტემპერატურა მუდმივია და ის $35-40^{\circ}\text{C}$ -ის ფარგლებში მერყეობს. **ექტოთერმული** ცხოველები კი სხეულის მუდმივი ტემპერატურის შენარჩუნებას ვერ ახერხებენ და მათი ტემპერატურა გარემოს ტემპერატურაზეა დამოკიდებული.

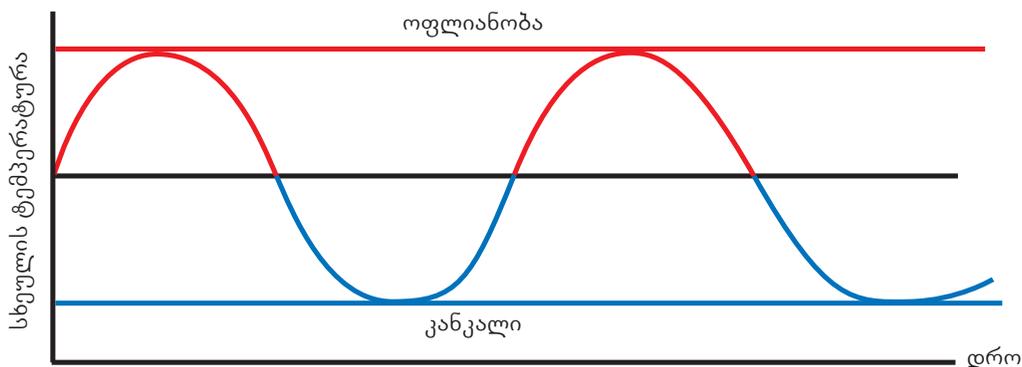
6 განმარტე ტერმინები „ენდოთერმული“ და „ექტოთერმული“. ახსენი, რაზე მიუთითებს ისინი.

ჩვენი სხეულის ტემპერატურას თერმოკრეპულატორული ცენტრი აკონტროლებს, რომელიც ჰიპოთალამუსში მდებარეობს. მას ინფორმაციას სხეულში სხვადასხვა ადგილას მდებარე თერმოკრეცეპტორები აწვდის. მაგალითად, ჰიპოთალამუსში არსებული რეცეპტორები გრძნობს თავის ტვინში გამავალი სისხლის ტემპერატურას, ხოლო კანის რეცეპტორები — გარემოს ტემპერატურას. ორივე ინფორმაციის გაანალიზების შემდეგ, თერმოკრეპულაციის ცენტრი იღებს გადაწყვეტილებას და აგზავნის ბრძანებას სხვადასხვა ეფექტორამდე.

ერთ-ერთი ეფექტორული ორგანო, რომელსაც დიდი როლი აქვს თერმოკრეპულაციაში, კანია.

7 გაიხსენე კანის აგებულება. ჩამოთვალე მისი შემადგენელი სტრუქტურები. დაასახელე ამ სტრუქტურების ფუნქციები.

თუ ტემპერატურა 37°C -ზე მაღალია, ჰიპოთალამუსი აგზავნის ბრძანებას საოფლელ ჯირკვლებთან და კანის სისხლძარღვებთან. ჯირკვლები ოფლს გამოყოფს, სისხლძარღვები ფართოვდება და კანიდან სითბო იკარგება. თუ ტემპერატურა 37°C -ზე დაბალია, მაშინ, ჰიპოთალამუსის ბრძანების საპასუხოდ, სისხლძარღვები ვიწროვდება და ჩონჩხის კუნთები რიტმულად იკუმშება. იწყება კანკალი, ორგანიზმში სითბო გამოიყოფა და სხეულის ტემპერატურა მაღლა იწევს.



ეფექტორების ზუსტი პასუხები მაღალ და დაბალ ტემპერატურაზე ტაბულაშია წარმოდგენილი.

ეფექტორი	პასუხი დაბალ ტემპერატურაზე	პასუხი მაღალ ტემპერატურაზე
კანის არტერიოლების გლუვი კუნთები	კუნთები იკუმშება, სისხლძარღვები ვიწროვდება. კანი ნაკლებ სითბოს გასცემს. გაფითრებულია.	კუნთები დუნდება. კანი სითბოს გასცემს.
საოფლე ჯირკვლები	ოფლი არ წარმოიქმნება	წარმოიქმნება ოფლი. მისი აორთქლება სხეულის ტემპერატურის დაცემას იწვევს.
თმის ამწევი კუნთი	იკუმშება, თმა ვერტიკალურად დგება, ქმნის თბილი ჰაერის ფენას კანსა და ცივ ჰაერს შორის.	კუნთი დუნდება. ჰაერი უშუალოდ ეხება კანს და ის სითბოს გასცემს.
ჩონჩხის კუნთები	კუნთები რიტმულად იკუმშება და დუნდება — კანკალი. მათი მუშაობისას სითბო გამოიყოფა.	კუნთები რიტმულად არ იკუმშება.
თირკმელზედა და ფარისებრი ჯირკვალი	გამოიმუშავებენ ჰორმონებს — ადრენალინსა და თიროქსინს, რომლებიც ზრდიან მეტაბოლურ პროცესებს, წარმოიქმნება სითბო.	არ გამოყოფენ ჰორმონებს.



შინაგანი გარემოს მუდმივობის შენარჩუნებას ჰომეოსტაზი ეწოდება. ჰომეოსტაზურ მექანიზმებს სამი მთავარი კომპონენტი გააჩნია: დეტექტორი, საკონტროლო ცენტრი და ეფექტორი. ჰომეოსტაზური მექანიზმები უარყოფითი უკუკავშირის პრინციპით მოქმედებს. თერმორეგულაცია ერთ-ერთი ჰომეოსტაზური მექანიზმია. მისი საკონტროლო ცენტრი ჰიპოთალამუსშია მოთავსებული. კანი მნიშვნელოვან როლს თამაშობს თერმორეგულაციაში.



1. რა გავლენას ახდენს ქსოვილური სითხის შედგენილობაზე ფილტვების მუშაობა?
2. როგორ მონაწილეობს გული ჰომეოსტაზში?
3. ექტოთერმულ ცხოველებს ხანდახან ცივისსხლიან ცხოველებსაც უწოდებენ. რამდენად სწორად ასახავს ეს ტერმინი ამ ცხოველების თავისებურებებს? მათ სისხლი არასდროს უთბებათ?
4. როგორ ფიქრობ, ხვლიკები ცივ ამინდში უფრო ხშირად ხდებიან მტაცებლების მსხვერპლი თუ თბილ ამინდში? ახსენი, რატომ?



1. დაალაგე ტერმინები მოქმედების რიგითობის მიხედვით:
 - ა. საკონტროლო ცენტრი;
 - ბ. ეფექტორი;
 - გ. დეტექტორი.

2. თერმორეგულაციისას რომელია ეფექტორული ორგანო:
 - ა. სისხლძარღვები;
 - ბ. ჰიპოთალამუსი;
 - გ. კუნთები;
 - დ. საოფლე ჯირკვლები;
 - ე. პანკრეასი.



1. საოფლე ჯირკვლები მხოლოდ ძუძუმწოვრებს გააჩნიათ. როგორ ებრძვიან სხეულის გადახურებას ქვეწარმავლები?
2. რატომ გრძნობენ ჭარბი წონის ადამიანები ძლიერ სიცხეში თავს ცუდად?



მიკრობების ორგანიზმში შეჭრის საპასუხოდ ლეიკოციტები გამოყოფს პიროგენებს — ნივთიერებებს, რომლებიც ზემოქმედებს ჰიპოთალამუსზე და იწვევს სხეულის ტემპერატურის 2-3°C-ით მომატებას. მაღალი ტემპერატურა ხოცავს ბაქტერიებს და აინჰიბირებს ვირუსებს. ამ დროს ჰიპოთალამუსი ჩონჩხის კუნთებთანაც აგზავნის ბრძანებას ტემპერატურის მომატების შესახებ. სწორედ ამიტომ გვაკანკალებს მაღალი სიცხის დროს.



ჰომეოსტაზი — homeostasis
 თერმორეგულაცია — thermoregulation

<http://bcs.whfreeman.com/thelifewire/content/chp41/41020.html>

§27



ექსკრეცია და ოსმორეგულაცია

ექსკრეცია და ოსმორეგულაცია მტკნარი წყლის, ზღვისა და ხმელეთის ცხოველებში

თირკმელი — ადამიანის ექსკრეციისა და ოსმორეგულაციის მთავარი ორგანო

ოსმორეგულაცია და ექსკრეცია ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებული ორი უმნიშვნელოვანესი ჰომეოსტაზური პროცესია.

ექსკრეცია, როგორც უკვე იცი, მეტაბოლიზმის საბოლოო პროდუქტებისგან ორგანიზმის გათავისუფლებაა. **ოსმორეგულაცია** ორგანიზმში წყლისა და მარილების შემცველობის რეგულაციას ნიშნავს.

1 დაასახელე ნივთიერებათა ცვლის საბოლოო პროდუქტები.

სხვადასხვა გარემოში მცხოვრები ორგანიზმები, წყლის მოპოვებისა და მისი ჭარბი რაოდენობის ორგანიზმიდან გამოდენის, ასევე ნივთიერებათა ცვლის საბოლოო პროდუქტებისგან თავის დაღწევის პრობლემებს სხვადასხვაგვარად წყვეტენ.

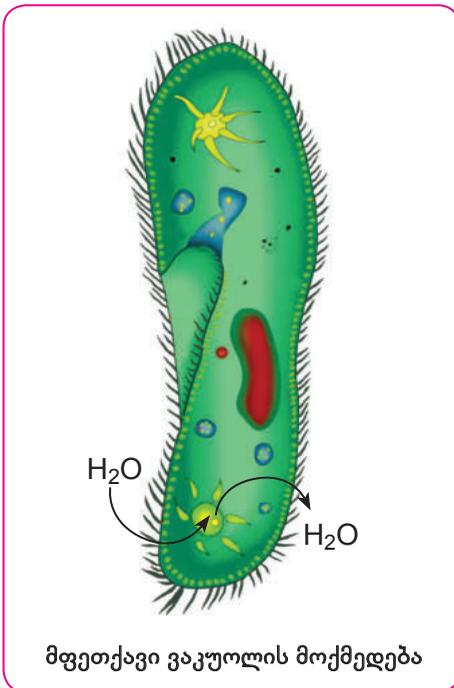
მტკნარი წყლის ორგანიზმებს ერთი საერთო პრობლემა აქვთ; მათ როგორმე უნდა გამოდენონ გარეთ ჰიპოტონური გარემოდან მათ ორგანიზმში შესული წყალი. მტკნარ წყალში ბინადარი ქალამანას უჯრედის შიგთავსი ჰიპერტონულია გარემოსთან შედარებით, ამიტომ მასში წყალი პლაზმური მემბრანის გავლით იწყებს შესვლას.

2 რა ჰქვია ამ პროცესს?

უჯრედს გასკდომისგან სპეციალური ოსმორეგულატორული ორგანოიდი — მფეთქავი ვაკუოლი იცავს. ის წყალს ისე გამოტუმბავს გარეთ, რომ ქალამანას უჯრედში წყლის შემცველობა მუდმივი რჩება. ნივთიერებათა ცვლის საბოლოო პროდუქტები კი უჯრედიდან დიფუზიით გამოდის გარეთ.

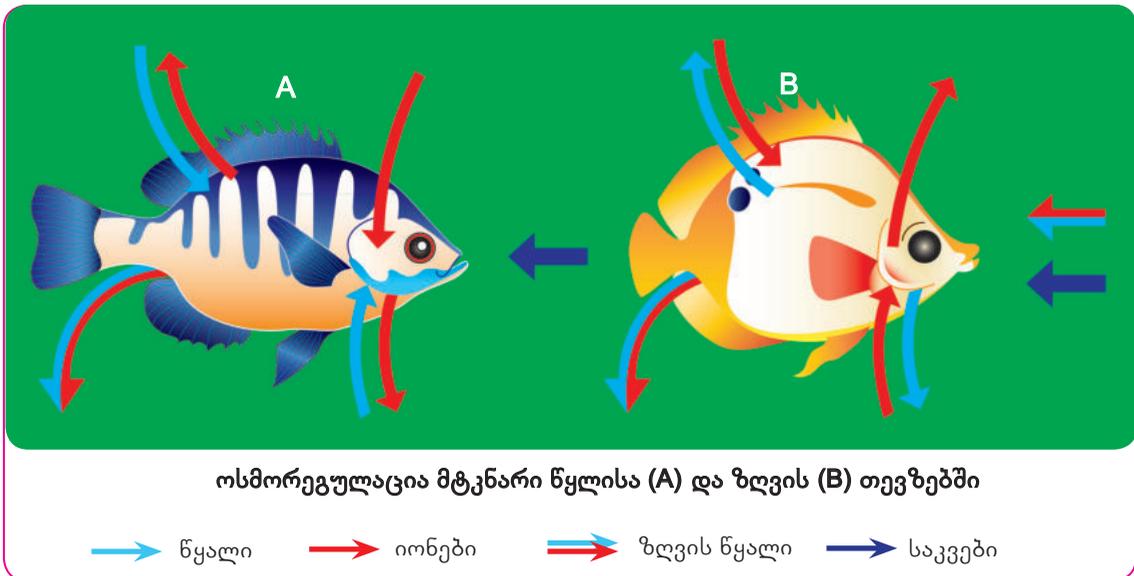
თევზების ექსკრეტორული და ოსმორეგულატორული ორგანოები ლაყურები და თირკმელებია. მტკნარი წყლის თევზების ქერცლით დაფარული კანიდან, მართალია, წყალი უჯრედებში ძნელად შედის, მაგრამ, სამაგიეროდ, ლაყურები ხარბად შთანთქავენ წყალს ოსმოსით გარემოდან. სხეულში შესულ წყალს უკან თირკმელები დევენიან. ამ თევზების ლაყურებიდან წყალში მარილები და ამიაკი გადადის.

მინერალური მარილების დანაკარგს თევზები საკვებით ინაზლაურებენ. გარდა ამისა, მათ



მფეთქავი ვაკუოლის მოქმედება

ლაყურებში აქვთ უჯრედები, რომლებიც აქტიური ტრანსპორტით შთანთქავს იონებს წყლიანი გარემოდან.



ზღვის თევზები ჰიპერტონულ გარემოში ცხოვრობენ, ამიტომ მათი სხეული წყალს ლაყურებიდან და კანიდან კარგავს. დანაკარგის ასანაზღაურებლად ისინი ბევრ წყალს სვამენ. წყალთან ერთად ორგანიზმში მოხვედრილ ნატრიუმის ქლორიდს თევზები ლაყურებით აქტიური ტრანსპორტით გამოყოფენ გარეთ.

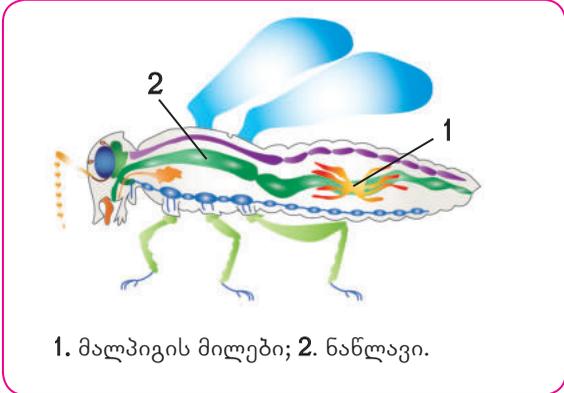
თევზებისგან განსხვავებით, წყალი ამფიბიების სხეულში, ძირითადად, კანით შედის, უკან კი თირკმელებით გამოიდევენება. ბაყაყის ღვიძლში ამიაკი ნაკლებად ტოქსიკურ შარდოვანად გარდაიქმნება, რომლის ორგანიზმიდან გამოდევნას ნაკლები წყალი სჭირდება. შარდოვანა შარდთან ერთად ტოვებს ბაყაყის ორგანიზმს.

3 ამიაკის შარდოვანად გარდაქმნას ატფ-ის ენერგია ესაჭიროება. რატომაა იძულებული ბაყაყი ამ გარდაქმნაზე ენერგია ხარჯოს? რატომ არ გამოყოფს ის ამიაკს თევზების მსგავსად?

ხმელეთზე მცხოვრები ორგანიზმებისთვის პრობლემა არა წყლის როგორმე მოცილებაა ორგანიზმიდან, არამედ მისი მოპოვება და შენარჩუნება.

მწერებს საამისოდ წყალგაუმტარი საფარველი — **კუტიკულა** გაჩნიათ. მისი გარეთა შრე ქიტინოვანი ნივთიერებისგან, ხოლო შიგნითა ცვილისაგან შედგება.

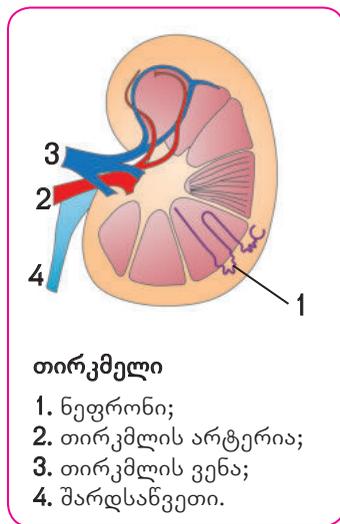
ამიაკი მწერების ორგანიზმში შარდის მჟავად გარდაიქმნება, რომელიც საერთოდ არ არის ტოქსიკური და მის გამოსაყოფად ძალიან ცოტა წყალია საჭირო. მწერების გამომყოფ სისტემას წარმოადგენს ე.წ. **მალპიგის მილები**. ისინი ერთი ბოლოთი ჰემოლიმფაში, ხოლო მეორეთი სწორ ნაწლავში იხსნება. მათი კედლები ჰემოლიმფიდან წყალს უკან შეიწოვს და მწერები მშრალ ექსკრემენტებს გამოყოფენ.



ქვენარმავლების ორგანიზმს წყლის დაკარგვისგან ქერცლით დაფარული მშრალი კანი იცავს. ნივთიერებათა ცვლის საბოლოო პროდუქტი ქვენარმავლებშიც შარდის მჟავაა. ჭარბი კალიუმისა და ნატრიუმის გამოსადეგნად წყალია საჭირო. წყლის დაზოგვის მიზნით, ეს იონები შარდის მჟავას უერთდებიან და მარილებს წარმოქმნი, რომლის გამორეცხვას ორგანიზმიდან ძალიან მცირე რაოდენობით წყალი სჭირდება.

ფრინველების თირკმელებშიც ძალიან კონცენტრირებული შარდი წარმოიქმნება, რომელიც შარდის მჟავას შეიცავს. ის კლოაკაში გადადის. აქ შარდსა და განავალში არსებული წყალი შეინოვება და ისევ ორგანიზმს უბრუნდება.

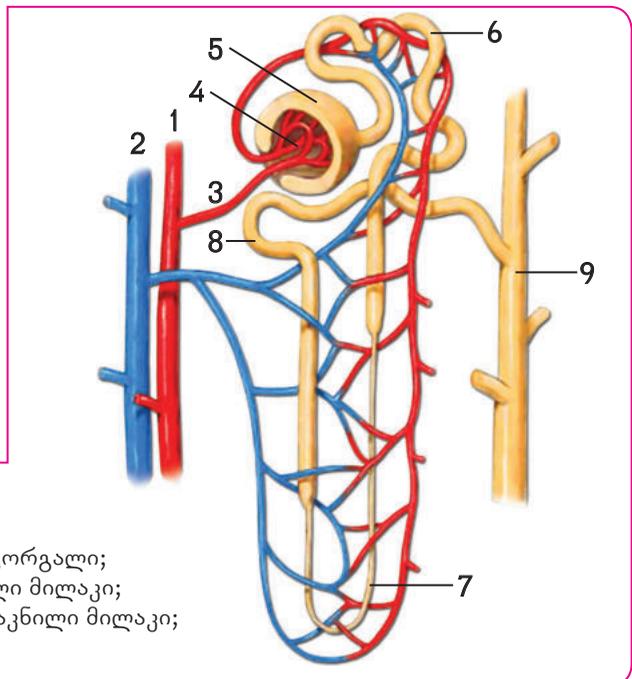
4 ფრინველების კანი, ქვენარმავლების კანის მსგავსად, წყალს პრაქტიკულად არ აორთქლებს. თუმცა, ფრინველები, ქვენარმავლებთან შედარებით, მეტ წყალს სუნთქვისას კარგავენ. ახსენი, რატომ?



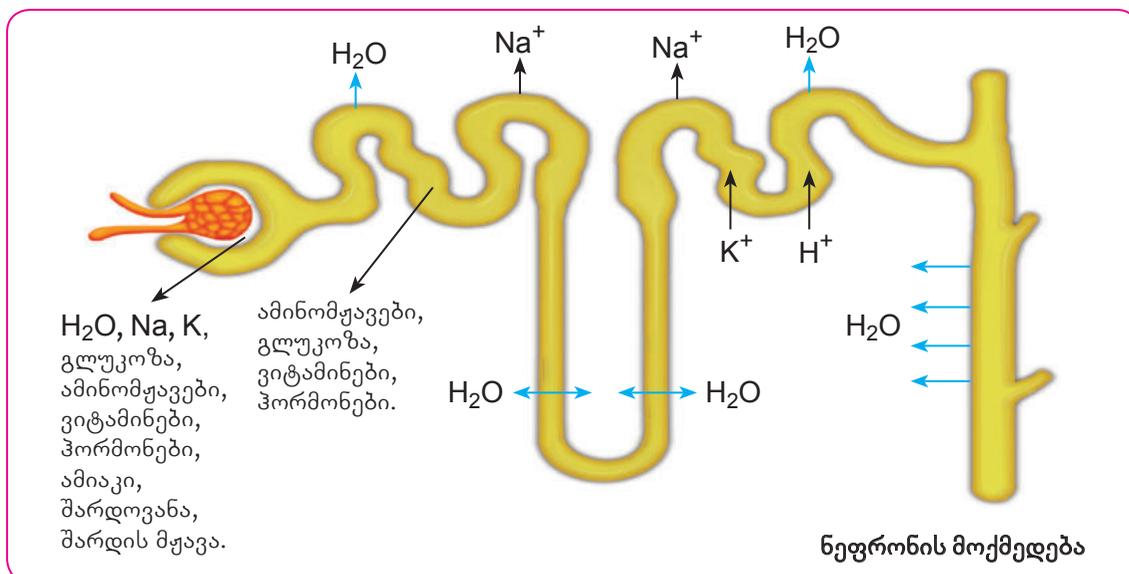
ადამიანის ოსმორეგულაციისა და ექსკრეციის მთავარი ორგანო თირკმელია. თირკმლის სტრუქტურულ და ფუნქციურ ერთეულს **ნეფრონი** წარმოადგენს. ეს იმას ნიშნავს, რომ თირკმელი მილიონობით ნეფრონისგან შედგება და თითოეული მათგანი შარდს ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად წარმოქმნის.

ნეფრონს ნივთიერებათა ცვლის პროდუქტებით დატვირთული სისხლი არტერიოლით მიეწოდება. არტერიოლა იტოტება და კაპილარების გორგალს წარმოქმნის, რომელიც ე.წ. **ბოუმენის** კაფსულაშია მოთავსებული. კაფსულის ღრუდან იწყება მილაკი, რომელსაც **პირველი რიგის კლაკნილ მილაკს** უწოდებენ. ეს მილაკი ისევ იკლაკნება და წარმოიქმნება **მეორე რიგის კლაკნილი მილაკი**, რომელიც **შემკრებ მილაკს** უკავშირდება.

კაფსულაში მოთავსებული კაპილარების გორგლიდან არტერიოლა გამოდის, რომლის სანათური ნაკლებია კაფსულაში შემავალ არტერიოლის სანათურზე. ის კვლავ იტოტება და ქმნის ხშირ კაპილარულ ბადეს, რომელიც გარს ერტყმის პირველ და მეორე რიგის კლაკნილ მილაკებს. სისხლი ამ კაპილარებიდან საბოლოოდ წვრილ ვენებში ხვდება, რომლებიც ერთდებიან და თირკმლის ვენას ქმნიან.



გორგლის კაპილარებში გამავალი სისხლიდან კაფსულაში ყველა დაბალმოლეკულური ნივთიერება იფილტრება. ფილტრატში გადადის წყალი, გლუკოზა, ამინომჟავები, ვიტამინები, ზოგიერთი ჰორმონი, შარდოვანა, შარდის მჟავა, მარილები. ფილტრატში ვერ ხვდება სისხლის უჯრედები და ცილები. ეს ფილტრატი პირდაპირ რომ ტოვებდეს ორგანიზმს, მაშინ ერთ დღე-ღამეში ადამიანი 180 ლიტრ შარდს გამოყოფდა. დღე-ღამეში კი ადამიანი, საშუალოდ, მხოლოდ 1 ლიტრ შარდს გამოყოფს. ეს იმიტომ ხდება, რომ თირკმელები უზარმაზარ სამუშაოს ასრულებს ფილტრატის უკან შესანოვად. ფილტრაცია იძულებითი პროცესია, რათა ორგანიზმი როგორმე გათავისუფლდეს ნივთიერებათა ცვლის საბოლოო პროდუქტებისგან — შარდოვანასა და შარდის მჟავასგან, ფილტრატში არსებული სასარგებლო ნივთიერებები კი ისევ ორგანიზმს უნდა დაუბრუნდეს. პირველი რიგის კლაკნილი მილაკები ამ მხრივ ნეფრონის ყველაზე აქტიური ნაწილია. მისი კედლების უჯრედები აქტიური ტრანსპორტით იწოვს გლუკოზას, ამინომჟავებს, ვიტამინებს, ჰორმონებს, ნატრიუმის ქლორიდის 90%-ს. წყალი კი ამ მილაკებში ოსმოსით შეინოვება.



პირველი რიგის კლაკნილი მილაკებიდან ფილტრატი **ჰენლეს მარყუჟში** ხვდება. მისი ფუნქცია ფილტრატიდან წყლის შენოვაა, ამიტომ ამ განყოფილებაში შარდი კონცენტრირდება. ჰენლეს მარყუჟი მხოლოდ ფრინველებისა და ძუძუმწოვრებისთვის არის დამახასიათებელი, ამიტომ კონცენტრირებული შარდის წარმოქმნა მხოლოდ ამ ცხოველებში ხდება. ჰენლეს მარყუჟი განსაკუთრებით გრძელი აქვთ იმ ცხოველებს, რომლებიც უწყლო გარემოში ბინადრობენ და ორგანიზმიდან წყლის დაკარგვას „უფრთხილდებიან“. მეორე რიგის კლაკნილი მილაკების უჯრედები ფილტრატიდან ნატრიუმის, ქლორისა და ბიკარბონატის იონებს იწოვს, მილაკებში კი წყალბადისა და კალიუმის იონებს გამოყოფს. ამის შემდეგ შარდი შემკრებ მილაკში გადადის. აქ მრავალი ნეფრონიდან გადმოსული შარდი ჩაედინება. შემკრებ მილაკში წყლის შენოვა გრძელდება. საბოლოოდ, მთელ თირკმელში წარმოქმნილი შარდი ერთად გროვდება და თირკმლიდან შარდსაწვეთით შარდის ბუშტში გადადის, იქიდან კი შარდსადენით გარეთ გამოიყოფა. შემკრები მილაკები ყოველთვის ერთ რეჟიმში არ მუშაობს. ისინი განსაკუთრებით მაშინ აქტიურდება, როდესაც ორგანიზმი დიდი რაოდენობით წყალს კარგავს.

ჩვენ წყალს ვკარგავთ სუნთქვის, დეფეკაციის, ოფლის გამოყოფის, ლებინების, ლაქტაციის, ნერწყვის გამოყოფის დროს.

5 დაასახელე სამი გზა, რომლითაც ჩვენი ორგანიზმი წყალს ღებულობს.

თუ ჩვენი სისხლი ოდნავ ჰიპერტონული გახდა იმის გამო, რომ რაიმე მიზეზით წყალი დავკარგეთ ან იმიტომ, რომ მარილიანი ან ტკბილი საკვები მივიღეთ, ამაზე მყისვე რეაგირებს ჰიპოთალამუსის სპეციალური უჯრედები — ოსმორეცეპტორები. რეცეპტორების ინფორმაციის საპასუხოდ, ჰიპოთალამუსი, ერთი მხრივ, აჩენს წყურვილის შეგრძნებას, მეორე მხრივ კი, ჰიპოფიზს ასტიმულირებს. ჰიპოფიზი სისხლში ანტიდიურეზულ (დიურეზი შარდის გამოყოფას ნიშნავს) ჰორმონს — **ვაზოპრესინს** გამოყოფს. ამ ჰორმონის სამიზნე თირკმლის შემკრები მილაკებია. მისი უჯრედები იმით არის განსაკუთრებული, რომ წყალს მხოლოდ აქვავპორინებით ატარებს და არა ფოსფოლიპიდების გავლით. ანტიდიურეზული ჰორმონი ხსნის ამ არხებს, თირკმლიდან წყალი სისხლში გადადის და ის ნაკლებად კონცენტრირებული ხდება. ამ ცვლილებებს ისევ ჰიპოთალამუსის ოსმორეცეპტორები აღმოაჩენს. ამის შედეგად ვაზოპრესინის გამოყოფა მცირდება და თირკმელებიდან სისხლში ნაკლები რაოდენობის წყალი გადადის.



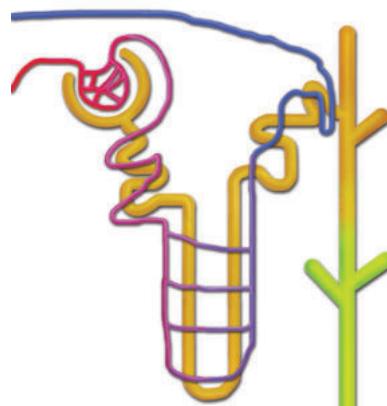
ოსმორეგულაციის პროცესი მკვეთრად ირღვევა ერთ-ერთი მძიმე დაავადების, ე.წ. უმაქრო დიაბეტის დროს. ამ დაავადებისას ანტიდიურეზული ჰორმონის გამოყოფა წყდება. დაავადებული დღე-ღამის განმავლობაში 40 ლ-მდე წყალს გამოყოფს და საშინელი წყურვილის გრძნობით იტანჯება.



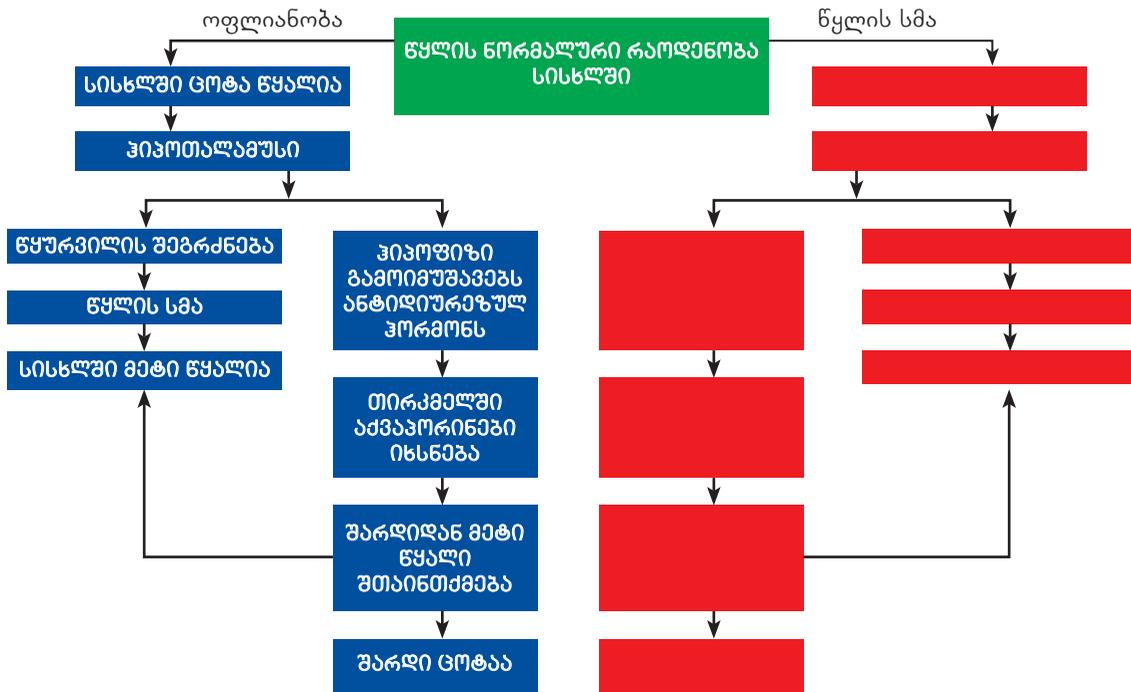
ოსმორეგულაცია და ექსკრეცია ერთმანეთთან დაკავშირებული ორი უმნიშვნელოვანესი ჰომეოსტაზური პროცესია. ოსმორეგულაცია სხეულში წყლისა და მარილების შემცველობის რეგულაციაა. ცხოველებს ოსმორეგულაციისა და ექსკრეციის სხვადასხვა მექანიზმები გააჩნიათ. ადამიანის მთავარი ექსკრეტორული და ოსმორეგულატორული ორგანო თირკმელია. მისი მუშაობა ანტიდიურეზული ჰორმონით რეგულირდება.



1. გადაიტანე სქემა რვეულში და ისრებითა და შესაბამისი ასოებით აღნიშნე A — წყლის, B — გლუკოზის, C — ამინომჟავების, D — ვიტამინების, E — ჰორმონების, F — ნატრიუმის, G — კალიუმისა და H — წყალბადის ნეფრონის სხვადასხვა განყოფილებაში ტრანსპორტირების ადგილები.

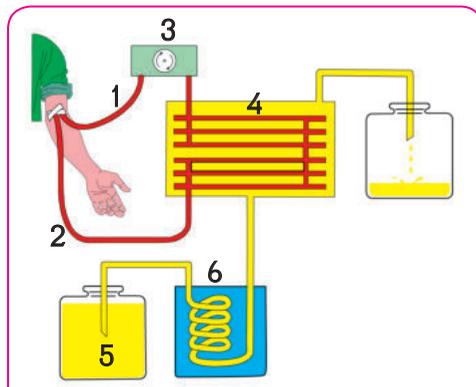


2. გადაიტანე სქემა რვეულში. შეავსე გამოტოვებული უჯრები და დააკავშირე ისინი ისრებით.



3. ზოგჯერ თირკმელი კარგავს ფილტრაციის უნარს და ავადმყოფის გადაარჩენა მხოლოდ „ხელოვნური თირკმლით“ შეიძლება. ის აპარატია, რომელშიც **დიალიზის** პროცესი მიმდინარეობს. არტერიული სისხლი გადის ნახევრად განვლადი კედლის მქონე მილებში და ვენით ისევ ორგანიზმს უბრუნდება. მილები სადიალიზე სითხეშია მოთავსებული.

- მილების კედლები კარგად ატარებს გლუკოზას, შარდოვანას, ნატრიუმს. გაითვალისწინე რა კანონზომიერებას ექვემდებარება დიფუზიის პროცესი და უპასუხე კითხვებს:
- რის ანალოგს წარმოადგენს აპარატის მილები?
 - როგორი უნდა იყოს სადიალიზე სითხეში შარდოვანას კონცენტრაცია?
 - შენი აზრით, რა დანიშნულება აქვს თერმოსტატს?
 - ილუსტრაციაზე ისრებით აღნიშნე პაციენტის სისხლისა და სადიალიზე სითხის მოძრაობის მიმართულება.



ხელოვნური თირკმელი

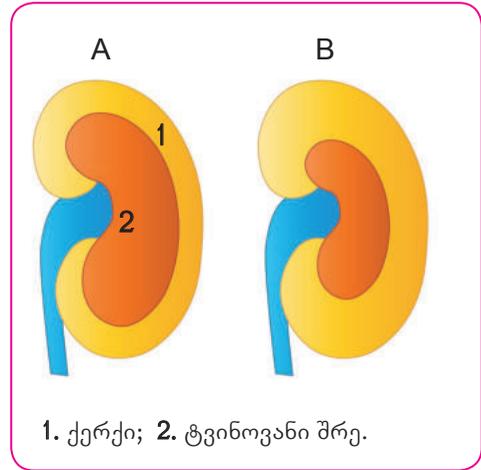
1. არტერიული სისხლი;
2. ვენური სისხლი;
3. სისხლის ტუმბო;
4. მილები;
5. სადიალიზე სითხე;
6. თერმოსტატი.



1. თირკმელების მასა ჩვენი სხეულის მასის მხოლოდ 0,5%-ს შეადგენს, თუმცა, ის ჩვენ მიერ შთანთქმული ჟანგბადის 10%-ს მოიხმარს. როგორ ფიქრობ, რატომ სჭირდება მას ასეთი დიდი რაოდენობით ჟანგბადი?
2. ჩვენი სისხლის pH 7,36-ის ტოლია, შარდისა კი დაახლოებით 6-ის. ნეფრონის რომელ განყოფილებაში ხდება შარდის შემჟავიანება?
3. რატომ გვირჩევენ ექიმები დიდი რაოდენობით სითხის მიღებას, როდესაც მაღალი სიცხე გვაქვს?



თირკმელში, პირობითად, ორ შრეს გამოყოფენ. გარეთა შრეს ქერქს უწოდებენ. ის ძირითადად ბოუმენის კაფსულებს შეიცავს. ტვინოვან შრეში ჰენლეს მარყუჟები და შემკრები მილაკებია მოთავსებული. ამოიცანი ამ თირკმელებს შორის წყლის ცხოველის – წავისა და უდაბნოს ბინადრის – მიწის კურდღლის თირკმელი. დაასაბუთე შენი მოსაზრება.



1. ნეფრონის მილაკის ერთ-ერთი განყოფილების უჯრედებს ნაწლავის ეპითელის მსგავსი ჯაგრისებრი გამონაზარდები — ხაოები აქვს და განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით შეიცავს მიტოქონდრიებს. დაასახელე ეს განყოფილება და ახსენი, რატომ ფიქრობ ასე.
2. ბოუმენის კაფსულაში მოხვედრილ ფილტრატში კაპილარების გორგლიდან ხანდახან დაბალმოლეკულური ცილებიც „იპარება“. ისინი პირველი რიგის კლაკნილი მილაკების უჯრედებში ხვდება. ახსენი, რა გზით შეიძლება მათ ამ უჯრედებში შეაღწიონ და რა ბედი ელით იქ?
3. როგორ ფიქრობ, შესაძლოა თუ არა, სისხლის მიმოქცევის რომელიმე პათოლოგიამ სისხლში აზოტოვანი ნარჩენების რაოდენობის ზრდა გამოიწვიოს?

4. თირკმლის არტერიოლებს სიმპათიკური ნერვები უკავშირდება. მტკივნეული გაღიზიანებისას გორგალში ფილტრაციის პროცესი და შესაბამისად, შარდის წარმოქმნა და მისი გამოყოფა წყდება. ახსენი ამ მოვლენის მექანიზმი.
5. ჰარნუპის დაავადება მძიმე გენეტიკური დაავადებაა, რომელიც მრავალი ფუნქციის დარღვევით, მათ შორის გონებრივი ჩამორჩენილობითა და ფსიქიკური მოშლილობით მიმდინარეობს. დაავადების მიზეზი ორგანიზმში ამინომჟავა ტრიფტოფანის ნაკლებობაა, თუმცა, მისი რაოდენობა შარდში მკვეთრად მომატებულია. როგორ ფიქრობ, რა უნდა იყოს ამის მიზეზი?



1. ალკოჰოლს დიურეზული ზემოქმედება აქვს. მისი დიდი რაოდენობით მიღებისას ორგანიზმი წყალს კარგავს. ნაბახუსევზე თავის ტკივილი და სხვა ცუდი შეგრძნებების მიზეზი ისაა, რომ თავის ტვინს ძალიან კონცენტრირებული სისხლი მიეწოდება. დიდი რაოდენობით სითხის მიღებისას ეს შეგრძნებები ქრება.
2. შარდ-კენჭოვანი დაავადება თირკმლის ერთ-ერთი გავრცელებული პათოლოგიაა. ამ დროს თირკმელში ჩნდება შარდის მჟავისა და კალციუმის ფოსფატის კენჭები. მოზრდილმა კენჭებმა შესაძლოა შარდსანვეთის სანათურიც დაახშოს. კენჭის გადაადგილება აუტანელ ტკივილს იწვევს.



ოსმორეგულაცია — osmoregulation
თირკმელი — kidney

<http://bcs.whfreeman.com/thelifewire/content/chp51/5101s.swf>

IX კოორდინაცია და რეგულაცია

§28



ნერვული და ენდოკრინული სისტემა. მათი მოქმედების თავისებურებები
 ნერვული სისტემის ტიპები
 ნერვული იმპულსის გუნება
 რეგლაცური რკალი

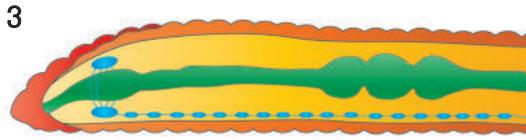
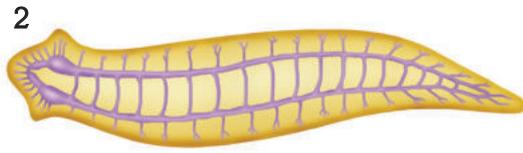
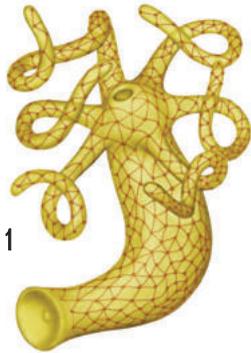
მრავალუჯრედიანი ორგანიზმები მილიარდობით უჯრედებს შეიცავენ, რომელიც ერთმანეთისგან საკმაოდ დიდი მანძილით არის დაცილებული, თუმცა, ისინი ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად არ მოქმედებს. ყველა მრავალუჯრედიან ორგანიზმს გააჩნია მექანიზმები, რომლებიც ერთმანეთთან ათანხმებს მათი უჯრედების, ქსოვილებისა და ორგანოთა სისტემების მოქმედებას. ამ მექანიზმების წყალობით, ორგანიზმი მთლიანობას ინარჩუნებს და გარემოს ზემოქმედებას ადეკვატურად პასუხობს, როგორც ერთიანი სისტემა.

მრავალუჯრედიან ორგანიზმებში უჯრედების კოორდინირებული მოქმედება ნერვული და ენდოკრინული სისტემების მეშვეობით მიიღწევა. ამ ორ სისტემას მოქმედების განსხვავებული მექანიზმები აქვს, თუმცა, საერთო მათ შორის ის არის, რომ ორივე მათგანი, უჯრედებს შორის კავშირის დასამყარებლად, ქიმიურ ნივთიერებებს იყენებს. ნერვული სისტემის საკომუნიკაციო საშუალება მედიატორია, ხოლო ენდოკრინულის — ჰორმონი.

1 გაეცანი ტაბულას და შეადარე ერთმანეთს ნერვული და ენდოკრინული სისტემების მუშაობა.

მოქმედების თავისებურებები	ნერვული სისტემა	ენდოკრინული სისტემა
მოქმედების სიჩქარე	ძალიან სწრაფი	შედარებით ნელი
ინფორმაციის გადამცემი	ნერვული იმპულსი და მედიატორი	ჰორმონი
ორგანიზმის პასუხი გამლიზიანებელზე	მყისიერი	ხანგრძლივი
მაგალითები	ცემინება, ხველა	ზრდა, განვითარება

განარჩევნ ოთხი სახის ნერვულ სისტემას: დიფუზურს, ლერძულს, კვანძოვანსა და მილისებურს.



ნერვული სისტემის ტიპები

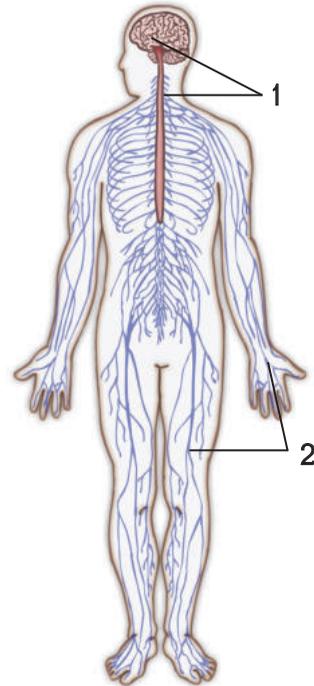
- 1. ჰიდრას დიფუზური ნერვული სისტემა; 2. პლანარიას ლერძული ნერვული სისტემა;
- 3. ჭიაყელას კვანძოვანი ნერვული სისტემა.

ჰიდრას **დიფუზური** ნერვული სისტემა აქვს. მისი ნერვული უჯრედები ექტოდერმაში არის გაფანტული და ერთმანეთს მორჩებით უკავშირდებიან. საკმარისია ჰიდრას ნებისმიერ ადგილას შეეხო, რომ ის მთელი სხეულით უპასუხებს ასეთ გაღიზიანებას — გადაიხრება და მოსცილდება გამღიზიანებელს.

პლანარიას ნერვული უჯრედებისგან შემდგარი **ორი ნერვული ღერძი** აქვს, რომელიც სხეულის წინა ნაწილში ერთდება. მარჯვენა და მარცხენა სიმეტრიული ღერძი ერთმანეთს განივი ნერვებით უკავშირდება და კიბისებრ სტრუქტურას წარმოქმნის. როდესაც პლანარიას თვალაკებს სინათლე ხვდება, ისინი ინფორმაციას თავის უბანში მოთავსებულ ნერვულ უჯრედებს გადასცემს, საიდანაც ის მთელ ნერვულ კიბეში ვრცელდება, პლანარია ბნელ ადგილს პოულობს და იმალება.

ჭიაყელას ნერვული სისტემა **კვანძური** ტიპისაა. მას მუცლის მხარეზე გრძელი ნერვული ძეგწკვი აქვს, რომელიც თითოეულ სეგმენტში არსებული კვანძების გაერთიანებით წარმოიქმნება. განსაკუთრებით მსხვილი კვანძები ჭიაყელას ხახის ზემოთ და ხახის ქვემოთ აქვს განლაგებული. მიუხედავად იმისა, რომ ჭიაყელას თვალები არა აქვს, ის სინათლეს ძალიან კარგად გრძნობს. დაანათე მას ღამით ფანარი და შენ ამაში დარწმუნდები. ჭიაყელას მსგავსი კვანძოვანი ნერვული სისტემა ფეხსახსრიანებსაც გააჩნიათ.

ყველა ხერხემლიანი ცხოველის ე.წ. **მილისებრი** ნერვული სისტემა ორი მთავარი ნაწილის — ცენტრალური და პერიფერიული ნერვული სისტემისგან შედგება. ცენტრალურ ნერვულ სისტემას თავის ტვინი და ზურგის ტვინი შეადგენს, ხოლო პერიფერიულს — მათგან გამომავალი ნერვები, რომელიც თავისა და ზურგის ტვინს სხეულის სხვადასხვა ორგანოებთან აკავშირებს.



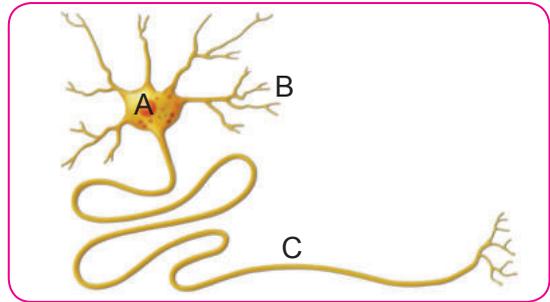
ადამიანის მილისებრი ნერვული სისტემა

- 1. ცენტრალური ნერვული სისტემა;
- 2. პერიფერიული ნერვული სისტემა.

ნერვული სისტემა ორი სახის — ნერვულ და გლიურ უჯრედებს შეიცავს.

ნერვული უჯრედები — **ნეირონები** ნერვული სისტემის მთავარი უჯრედებია. სწორედ ისინი არიან პასუხისმგებელი ინფორმაციის მიღებასა და გადაცემაზე.

2 დაასახელე ნეირონის მთავარი ნაწილები და აღნიშნე მათი ფუნქციები.

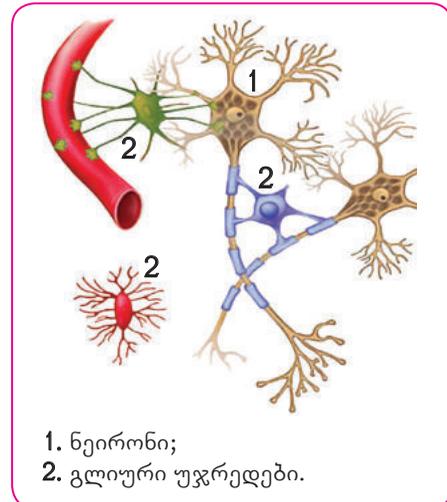


გლიური უჯრედები ნეირონებთან შედარებით პატარაა, თუმცა, რიცხობრივად ბევრად სჭარბობს მას. მისი რაოდენობა 10-ჯერ აღემატება ნეირონების რაოდენობას. გლიურ უჯრედებს ნეირონების თანამგზავრ უჯრედებსაც უწოდებენ. ის ყველა პირობას უქმნის ნეირონებს ნორმალური მუშაობისთვის — წარმოადგენს მის ფიზიკურ საყრდენს, უზრუნველყოფს ქსოვილური სითხის მოძრაობას ნეირონის გარშემო, აწვდის მათ საკვებსა და ჟანგბადს, ეხმარება ჰომეოსტაზის შენარჩუნებაში, ინელებს მკვდარ ნეირონებს, შთანთქმავს მიკრობებს, წარმოქმნის მიელინის გარსს.

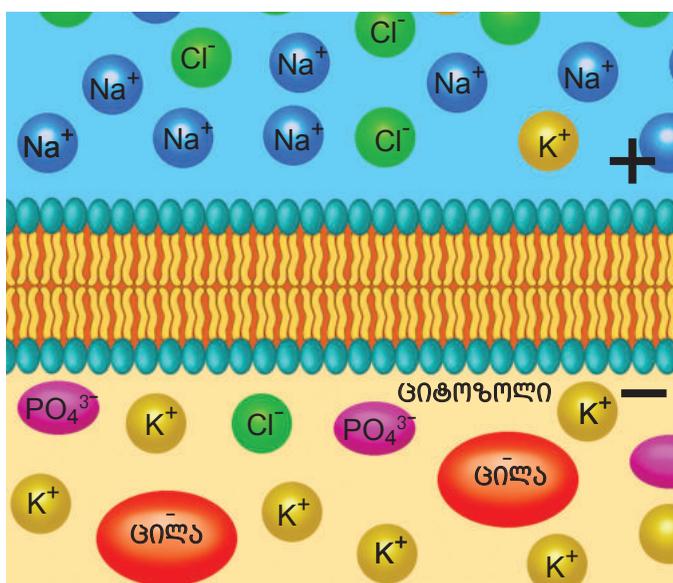
ახლა ვნახოთ, რა არის ნერვული იმპულსი და როგორ მუშაობენ ნეირონები.

მოსვენებულ მდგომარეობაში, როდესაც ნეირონზე არავითარი გამღიზიანებელი არ მოქმედებს, მისი მემბრანის გარეთ და შიგნით იონები არათანაბრად არიან გადანაწილებული:

მემბრანის გარეთ ბევრად მეტი ნატრიუმის იონია, ვიდრე შიგნით და მემბრანის შიგნით ბევრად მეტი კალიუმის იონია, ვიდრე გარეთ. ამას გარდა, მემბრანის გარეთ



1. ნეირონი;
2. გლიური უჯრედები.



მოსვენების პოტენციალი

ბევრი უარყოფითად დამუხტული ქლორის იონია, ხოლო შიგნით — უარყოფითად დამუხტული ცილები და სხვა ორგანული ანიონებია. იონთა ასეთი არათანაბარი გადანაწილების გამო, მემბრანა გარედან დადებითადაა დამუხტული, შიგნიდან კი უარყოფითად — ის **პოლარიზებულია**. იქმნება პოტენციალთა სხვაობა, რომელიც -60-70 მვ-ის ტოლია. ამ პოტენციალს **მოსვენების პოტენციალი** ჰქვია. ნიშანი „-“ მიუთითებს, რომ მემბრანა შიგნიდან უარყოფითადაა დამუხტული.

ნეირონზე ამა თუ იმ ფაქტორის ზემოქმედებისას, იხსნება მანამდე დახურული ნატრიუმის არხები და ნატრიუმის იონები სწრაფად გადაადგილდება მემბრანის შიგნით. მემბრანა **დეპოლარიზდება**.

3 რატომ შედის ნატრიუმის იონები უჯრედში?

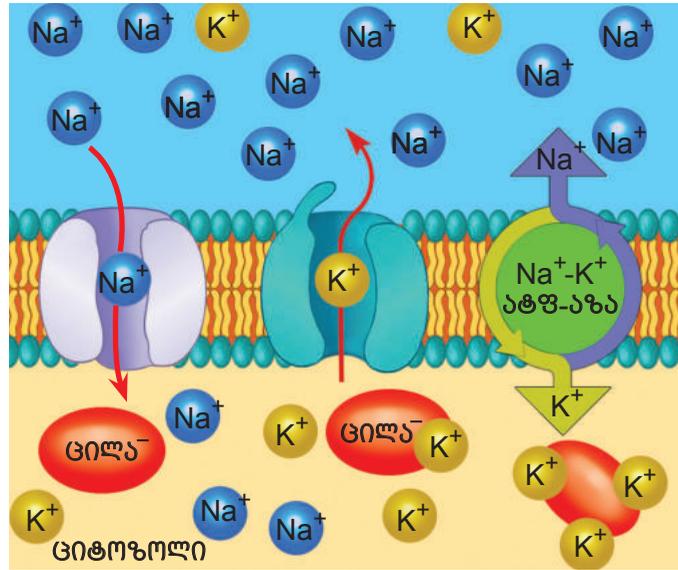
4 როგორი მუხტი იქნება დეპოლარიზებული მემბრანის გარეთ? როგორი მუხტი იქნება მემბრანის შიგნით?

დეპოლარიზაციის შემდეგ იხსნებიან კალიუმის არხები და კალიუმის იონები უჯრედს ტოვებს. მემბრანა **რეპოლარიზდება**. ის

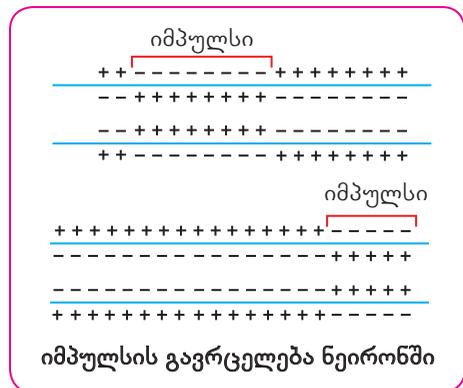
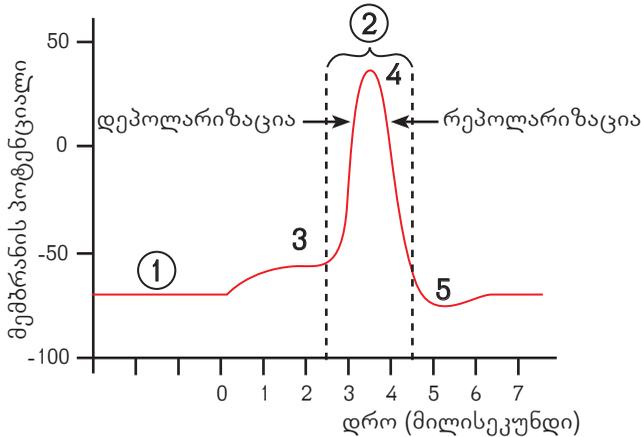
გარედან ისევ დადებითად იმუხტება და შიგნიდან — უარყოფითად. ისევ აღდგება სანყისი პოტენციალი. თუმცა, ასეთ მდგომარეობაში ნეირონი უგრძობია ყოველგვარი გამღიზიანებლის მიმართ, რადგან იონები მისთვის უჩვეულოდ არიან გადანანილებული — ნატრიუმი უჯრედის შიგნითაა, კალიუმი კი გარეთ. ამ მდგომარეობას ფერმენტი $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ -ატფ-აზა ანესრიგებს. ის შლის ატფ-ს და მის ენერგიას ნატრიუმისა და კალიუმის სანყის პოზიციებზე დასაბრუნებლად ხარჯავს. ასე უბრუნდება ნეირონი ნორმალურ — მოსვენებულ მდგომარეობას.

მოსვენების პოტენციალის სწრაფ ცვლილებას გარეგანი ზემოქმედების საპასუხოდ **აგზნების პოტენციალი** ანუ **ნერვული იმპულსი** ჰქვია. ოსცილოგრაფი მას პიკის სახით აღრიცხავს.

აგზნების პოტენციალი ანუ ნერვული იმპულსი აქსონის მეზობელ უბანზე გადაინაცვლებს და თანდათან დეპოლარიზაცია-რეპოლარიზაციის ტალღა აქსონის მთელ სიგრძეზე ვრცელდება. საბოლოოდ, ნერვული იმპულსი აქსონის დაბოლოებაზე მიაღწევს. იმპულსის საპასუხოდ, სინაფსურ ნაპრალში მედიატორი გამოთავისუფლდება, რომელიც პოსტსინაფსურ მემბრანაზე რეცეპტორს უკავშირდება.



აგზნების პოტენციალის წარმოქმნა



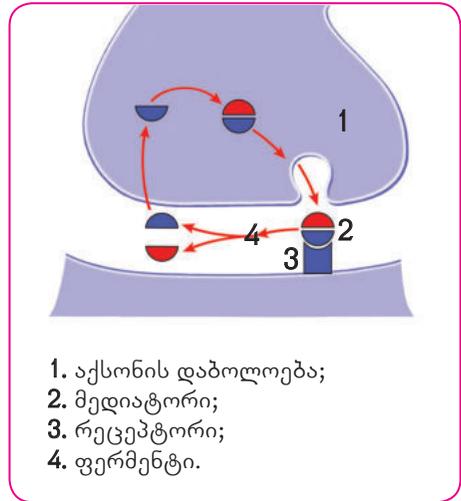
1. მოსვენების პოტენციალი;
2. აგზნების პოტენციალი; 3. Na^+ -ის არხი იხსნება; 4. K^+ -ის არხი იხსნება; 5. K^+ -ის არხი იხურება.

ამის შედეგად იხსნება პოსტსინაფსურ მემბრანაზე არსებული ნატრიუმის არხები და ახლავს მემბრანა დეპოლარიზდება. ასე გადასცემს ინფორმაციას ერთი ნეირონი მის მეზობელ ნეირონს. სინაფსურ ნაპრალში არსებული მედიატორი სწრაფად იშლება სპეციალური ფერმენტის საშუალებით ან ისევე უკან შთაინთქმება პრესინაფსური მემბრანის მიერ.

იმისთვის, რომ ორგანიზმმა გამლიზიანებელს სწორად უპასუხოს, ნეირონები რეფლექსურ რკალში ერთიანდება. რეფლექსური რკალი რეცეპტორსა და ეფექტორს ერთმანეთთან ცენტრალური ნერვული სისტემის გავლით აკავშირებს.

4 გაიხსენე, როგორ აჯგუფებენ ნეირონებს მათი ფუნქციების მიხედვით.

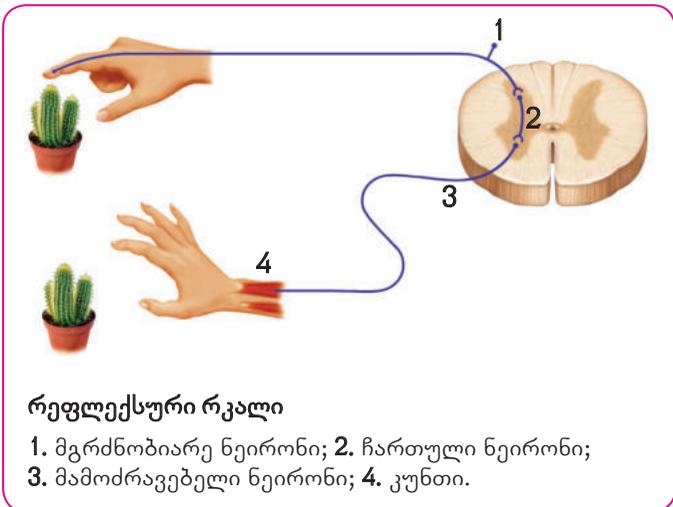
რეცეპტორი აღიქვამს გალიზიანებას, გარდაქმნის მას ელექტრულ იმპულსად და მას მგრძნობიარე ნეირონს გადასცემს. მგრძნობიარე ნეირონიდან იმპულსი ჯერ ჩართულ ნეირონს, შემდეგ მამოძრავებელ ნეირონს გადაეცემა და იქიდან კი ეფექტორულ ორგანომდე აღწევს. იმპულსის საპასუხოდ, ეფექტორული ორგანო მოქმედებაში მოდის — კუნთი იკუმშება, ჯირკვალი სეკრეტს გამოყოფს.



1. აქსონის დაბოლოება;
2. მედიატორი;
3. რეცეპტორი;
4. ფერმენტი.



კაქტუსს ჩვენ ხელს მყისიერად ვაცილებთ. ამ შემთხვევაში რეცეპტორი კანის ტკივილის რეცეპტორია, ცენტრალურ ნერვულ სისტემას ზურგის ტვინი წარმოადგენს, ხოლო ეფექტორული ორგანო ორთავა კუნთია. მასზე მედიატორი — აცეტილქოლინი მოქმედებს. ის კუნთოვანი უჯრედის აგზნებას იწვევს, კუნთი იკუმშება, ხელი იდაყვის სახსარში იხრება და კაქტუსს სცილდება. ეს ზურგის ტვინის დამცველობითი რეფლექსია. ამ დროს ორგანიზმს თითქოს ბევრი განსჯისთვის დრო არ აქვს და მთავარია, ის დროზე მოსცილდეს საშიშ გამლიზიანებელს.



რეფლექსური რკალი
 1. მგრძნობიარე ნეირონი; 2. ჩართული ნეირონი;
 3. მამოძრავებელი ნეირონი; 4. კუნთი.

ერთი შეხედვით, იქმნება შთაბეჭდილება, რომ ამ სქემაში თავის ტვინის ადგილი არ არის და თითქოს ის ამ პროცესში საერთოდ არ მონაწილეობს. სინამდვილეში საქმე ასე მარტივად არაა. თავის ტვინი ყოველთვის საქმის კურსშია, რა ხდება

ზურგის ტვინში. ინფორმაცია ამის შესახებ მას მგრძობიარე ნეირონებიდან მიეწოდება. თავის ტვინი ამუშავებს ამ ინფორმაციას და პასუხს კუნთებს მამოძრავებელი ნეირონებით უბრუნებს.

ცხელი ჩაით სავსე ჩვენთვის ძვირფას ქიქას ხელს არ ვუშვებთ, სანამ არ დავდგამთ, მიუხედავად იმისა, რომ თითებს გვწვავს, რადგან ვიცით, რომ თუ ხელს გაუშვებთ, უარესად დავზარალდებით — ცხელი წყალი არა მარტო თითებს დაგვინწავს, არამედ სხეულზეც გადაგვესხმება და საყვარელი ქიქაც გაგვიტყდება.



მრავალუჯრედიან ორგანიზმებში უჯრედების კოორდინირებული მოქმედება ნერვული და ენდოკრინული სისტემების მეშვეობით მიიღწევა. განარჩევნ დიფუზურ, კვანძოვან და მილისებურ ნერვულ სისტემებს. გლიური უჯრედები უზრუნველყოფს ნეირონების ნორმალურ მუშაობას. მოსვენების პოტენციალის სწრაფ ცვლილებას გარეგანი ზემოქმედების საპასუხოდ აგზნების პოტენციალი, ანუ ნერვული იმპულსი ჰქვია. იმისთვის, რომ ორგანიზმმა გამლიზიანებელს ადეკვატურად უპასუხოს, ნეირონები რეფლექსურ რკალში ერთიანდება.



1. გადაწერე ტექსტი რვეულში და ჩასვი გამოტოვებული სიტყვები: ზურგის ტვინიდან წყვილი ნერვი გამოდის, რომელიც ჩონჩხის კუნთებთან ბოლოვდება. ნერვული სისტემის ამ ნაწილს ნერვული სისტემა ეწოდება. ამ სისტემის მოქმედება ჩვენ ნებას ნერვების ნაწილი შინაგან ორგანოებში ბოლოვდება. მათ ნერვულ სისტემას მიაკუთვნებენ. ამ სისტემის მოქმედება ჩვენ ნებასურვილს
2. გაიხსენე, როგორ ზემოქმედებას ახდენს აუტონომიური ნერვული სისტემა სხვადასხვა ორგანოს მუშაობაზე. გადაიტანე ცხრილი რვეულში და შეავსე.

ორგანო	სივანთიკური ნერვული სისტემა	პარასივანთიკური ნერვული სისტემა
თვალი		
სანერწყვე ჯირკვალი		
გული		
ფილტვები		
კუჭი, ნაწლავები		
შარდის ბუშტი		



რა დანიშნულება აქვს ზურგის ტვინის თეთრ ნივთიერებას?



1. შეადარე ერთმანეთს ჰიდრასა და ჭიაყელას ნერვული სისტემა. როგორ ფიქრობ, რატომ აქვს ჭიაყელას ყველაზე მსხვილი ნერვული კვანძები სხეულის წინა ნაწილში და რატომ არ გააჩნია ის ჰიდრას?
2. ეთნახმები თუ არა გამოთქმას, რომ ნეირონი ნერვული სისტემის ფუნქციური და სტრუქტურული ერთეულია? ახსენი, რატომ ფიქრობ ასე.



1. ფუგუ ტრადიციული იაპონური კერძია, რომელსაც ერთ-ერთი სახეობის თევზისგან ამზადებენ. ამ თევზის ღვიძლი, კანი და ქვირითი შეიცავს უძლიერეს შხამს ტეტრადოქსინს, რომელიც სასიკვდილოა ადამიანისთვის. ერთ თევზში არსებულმა შხამმა შესაძლოა ათი ადამიანი მოკლას. ეს თევზი დელიკატესად ითვლება და გამოცდილი მზარეულები ისე ამზადებენ კერძს, რომ მასში ძალიან მცირე რაოდენობის შხამი აუცილებლად შენარჩუნდეს, რადგან ის სხეულის უწონადობის უჩვეულო შეგრძნებას იძლევა. ამ შეგრძნების გამო, ზოგი ადამიანი სასიკვდილო რისკზე მიდის. ფუგუს ჭამას „რუსული რულეტის“ თამაშს ადარებენ. იაპონიაში არსებობდა ტრადიცია: თუ კერძში ზომაზე მეტი შხამი აღმოჩნდებოდა და ადამიანი დაიღუპებოდა, მზარეულს რიტუალური თვითმკვლელობა უნდა ჩაედინა — თევზის დარჩენილი ულუფა ეჭამა.



მეცნიერებმა გაარკვიეს, რომ ტეტრადოქსინი ნატრიუმის არხებს ბლოკავს.

ახსენი, რატომ იღუპებიან ადამიანები არასწორად მომზადებული კერძის მიღების შემდეგ სუნთქვის შეჩერების გამო?

2. სამხრეთ ამერიკის ტყეებში იზრდება მხვიარა მცენარე, რომელსაც ამერიკულ ვაზს ეძახიან. მის წვენს ინდიელები ისრის წვერზე უსვამენ და ცხოველებზე ნადირობენ. როგორც გაირკვა, წვენი შეიცავს ძლიერ შხამს — კურარეს, რომელიც აცეტილქოლინის რეცეპტორს ბლოკავს. ახსენი, რატომ იწვევს ეს შხამი ცხოველის დადამბლავებას?



3. ქიმიური იარაღის ერთ-ერთი სახეობა, რომელიც ორგანოფოსფატების სახელით არის ცნობილი, ჯერ კიდევ 1854 წელს დაამზადეს და მას მავნებელი მწერების სანიანალმდეგოდ იყენებდნენ. საომარი მიზნებისთვის ეს ნივთიერებები პირველად გერმანიაში 1936 წელს დამზადდა. მას მერე ამ ქიმიურ იარაღს სხვადასხვა საომარი მოქმედებისა და კონფლიქტის დროს ბევრი ქვეყანა იყენებდა. 1995 წელს ორგანოფოსფატები ტერორისტებმა ტოკიოს მეტროში გამოიყენეს. მათი ზემოქმედებით 12 ადამიანი დაიღუპა და 5000-მდე დაშავდა. ორგანოფოსფატები აცეტილქოლინესთერაზას ინჰიბიტორებს წარმოადგენს. ეს ფერმენტი აცეტილქოლინს შლის. ახსენი ორგანოფოსფატებით გამოწვეული სიმპტომები: კანკალი, კრუნჩხვა, ლებინება, მეტყველებისა და ცნობიერების მოშლა. გაითვალისწინე, რომ აცეტილქოლინი ცენტრალური და პერიფერიული სისტემის მედიატორია. ეს იმას ნიშნავს, რომ ამ მედიატორის საშუალებით მყარდება კავშირი როგორც ნეირონსა და კუნთოვან უჯრედს შორის, ასევე ორ ნეირონს შორისაც.



ერთ-ერთი სახეობის მედუზას „სიკვდილის ყუთს“ უწოდებენ, მისი ძალიან ძლიერი შხამის გამო, რომელსაც კურარეს მსგავსი მოქმედება აქვს. ეს მედუზები ძალიან დიდ საშიშროებას წარმოადგენენ მყვინთავებისთვის, რომლებიც სპეციალური დამცავი კოსტიუმებით ჩადიან წყალში, რათა მედუზასთან შეხებისას თავიდან აიცილონ ძლიერი შხამის ზემოქმედება.



მოსვენების პოტენციალი — rest potential
 აგზნების პოტენციალი — action potential

www.stolaf.edu/people/giannini/flashanimat/transport/atpase.swf

IX კოორდინაცია და რეგულაცია

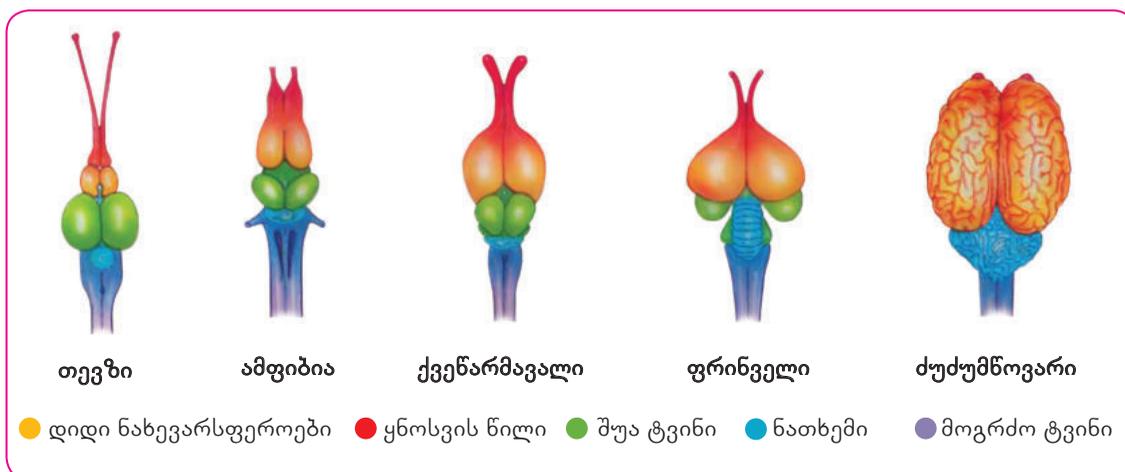
§29



ხერხემლიანი ცხოველების თავის ტვინის აგებულება
 ადამიანის თავის ტვინი
 მხსნიერება. მხსნიერების მიქანიზმი
 ძილი. ძილის ფაზები

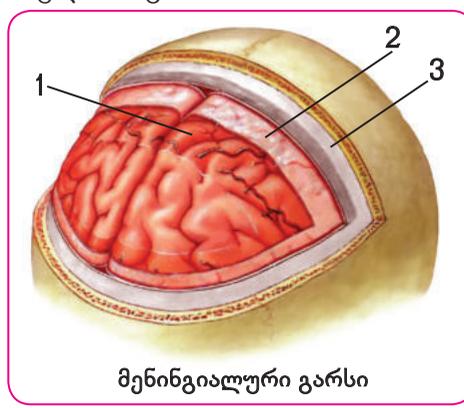
ხერხემლიანი ცხოველების თავის ტვინი ნერვული მილის წინა, გაფართოებული ნაწილია, რომელსაც მთელი ნერვული სისტემის მოქმედების კოორდინაცია და რეგულაცია ევალება.

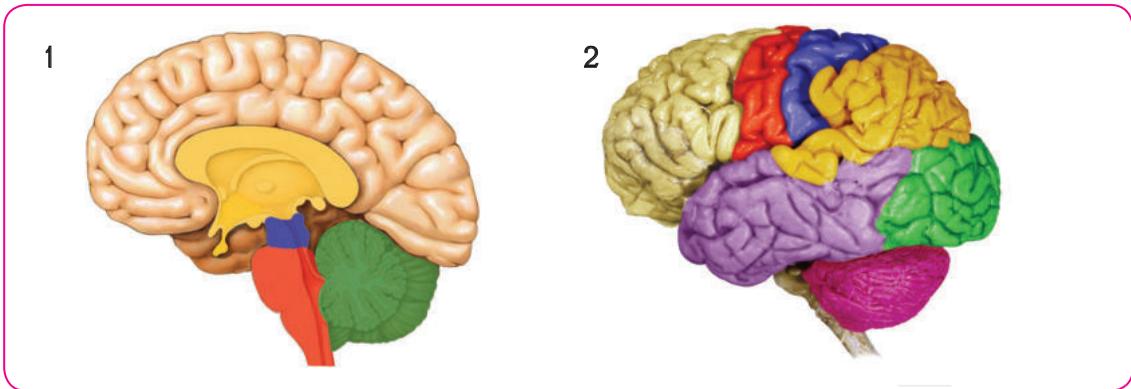
ილუსტრაციაზე ხერხემლიანთა ხუთი სხვადასხვა კლასის ცხოველების თავის ტვინია. დააკვირდი როგორ იცვლება ტვინის ნაწილების პროპორციები ხერხემლიანთა სხვადასხვა წარმომადგენელში.



ადამიანის თავის ტვინი დაახლოებით 1,4 კგ-ს იწონის. ის 25 000 000 000-მდე ნეირონს შეიცავს და თითოეული მათგანი 1 000-მდე სხვადასხვა უჯრედს უკავშირდება. ალბათ, ადვილად წარმოიდგენ, ნეირონებს შორის კავშირების რა რთული ქსელი წარმოიქმნება თავის ტვინში. ის ჩვენი ყველაზე რთული ორგანოა.

გარედან თავის ტვინი ე.წ. **მენინგეალური გარსითაა** დაფარული, რომელიც სამი შრისგან შედგება. შიგნითა, რბილი შრის (1) სისხლძარღვები ტვინს საკვებითა და ჟანგბადით ამარაგებს. შუა შრე (2) ელასტიკურია. ამ ორ შრეს შორის სითხეა. ის ძლიერი რყევებისა და დარტყმების დროს ამორტიზატორივით მოქმედებს და იცავს ტვინს. გარეთა გარსი (3), რომელიც უშუალოდ ეხება ქალას ძვლებს, მაგარი და მტკიცეა. როგორც ხედავ, ჩვენი თავის ტვინი ძალიან საიმედოდ არის დაცული.





● ილუსტრაციაზე თავის ტვინის სიგრძივი ქრილისა (1) და ქერქის (2) სქემატური გამოსახულებებია.

ა. გაიხსენე და დაასახელე ილუსტრაციაზე სხვადასხვა ფერით აღნიშნული სტრუქტურების ფუნქციები.

ბ. ქერქის რომელ უბნებში მდებარეობს მოტორული და მგრძნობიარე ზონები?

მეხსიერება

მეცნიერები ძალიან დიდი ხნის განმავლობაში უშედეგოდ ცდილობდნენ აღმოეჩინათ თავის ტვინში უბანი, რომელიც მეხსიერებაზე იქნებოდა პასუხისმგებელი.

მეხსიერება თავის ტვინის ერთ-ერთი უნიკალური უნარია. ეს არის ტვინის თვისება — დააფიქსიროს, შეინახოს და აღადგინოს მიღებული ინფორმაცია. როგორი იქნებოდა ადამიანი ამ უნარის გარეშე? წარმოიდგინე, რომ შენ დიდხანს, შუალამემდე სწავლობდი გაკვეთილებს, დილით კი აღმოაჩინე, რომ არაფერი გახსოვს.

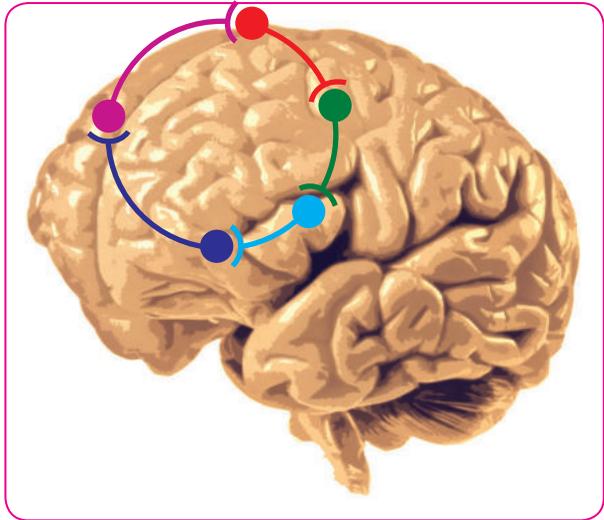
მეხსიერების გარეშე ცოდნას ვერ შეიძენ, ცოდნა კი აზროვნებას უდევს საფუძვლად.

მეცნიერები დღემდე ზუსტად ვერ გარკვეულან მეხსიერების მექანიზმში. თუმცა, არსებობს ჰიპოთეზა, რომ ამ პროცესში გადამწყვეტი როლი ერთ-ერთ მედიატორს — გლუტამინის მჟავას ენიჭება. შენ უკვე იცი, რომ ნერვული სისტემის ფუნქციონირება ნეირომედიატორების მოქმედებას ეფუძნება და ამ მხრივ, გასაკვირი არ უნდა იყოს ერთ-ერთი მედიატორის როლი მეხსიერების რთულ პროცესში. მაგრამ საინტერესოა, რატომ შეჩერდნენ მეცნიერები გლუტამინის მჟავაზე, რით არის ის გამორჩეული, ნერვულ სისტემაში ხომ მრავალი სხვა მედიატორი მოქმედებს?

როგორც ირკვევა, მოვლენების ან საგნების დამახსოვრებისას, გრძნობათა ორგანოებიდან თავის ტვინში ერთდროულად შედის ინფორმაცია მათი მახასიათებლების — ფერის, სუნის, გემოს, ფორმის, ბგერების შესახებ. ეს ინფორმაცია თავის ტვინის სხვადასხვა უბნის გარკვეული ნეირონების ერთდროულ აგზნებას იწვევს. ისინი ერთმანეთს უკავშირდება და ერთგვარ წრედს წარმოქმნიან. კავშირი ამ წრედში გლუტამინის მჟავათი ხორციელდება. სწორედ აქ ვლინდება გლუტამინის მჟავას განსაკუთრებული როლი. ნებისმიერი სხვა მედიატორი რეცეპტორზე ზემოქმედებით მხოლოდ ხანმოკლე დროით აღაგზნებს ნეირონს. სხვა მედიატორებისგან განსხვავებ-

ბით, გლუტამინის მჟავას აქვს უნარი, მის რეცეპტორზე ერთჯერადი ზემოქმედებით, ნეირონი დიდხანს ამყოფოს აგზნებულ მდგომარეობაში. მაგრამ ასეთი ეფექტი მხოლოდ ძლიერი შთაბეჭდილებისას მიიღება. მეცნიერები ვარაუდობენ, რომ აღქმული ინფორმაცია სწორედ გლუტამინის მჟავათი გაერთიანებული ნეირონთა ჯგუფის სახით ფიქსირდება და ინახება.

როგორ ხდება ამ ინფორმაციის აღდგენა, ანუ გახსენება? წრეში ჩართული ნეირონები მუდმივ მზადყოფნაშია. გარემოდან სულ მცირე სიგნალია საკმარისი წრედის რომელიმე ნევრის ასაგზნებად. ის მომენტალურად აიყოლებს წრედის სხვა ნევრებს და საგანი ან მოვლენა ცხადად წარმოგვიდგება. მაგალითად, ტელევიზორში ზღვის დანახვისას ზაფხულის რომელიმე გამორჩეული დღის დეტალები გვახსენდება; დამწვარი ფოთლების სუნმა, შესაძლოა, შემოდგომის ნისლიანი დღე გავახსენოს; ნაცნობი მელოდიის გაგონებისას გვახსენდება ეპიზოდი, როცა ეს მელოდია მოვისმინეთ.



გრძნობათა ორგანოებიდან შესულ ინფორმაციას დიდი მოცულობა აქვს და ტვინში სრულად აღიბეჭდება. ამ ინფორმაციას ტვინი მხოლოდ მცირე ხნით ინარჩუნებს, ხანგრძლივად კი ინფორმაციის ის ნაწილი ინახება, რომელმაც ჩვენზე დიდი შთაბეჭდილება მოახდინა.

ასაკის მატებასთან ერთად, მცირდება ნეირონების აქტივობა, მათი ერთმანეთთან დაკავშირებისა და წრედების წარმოქმნის უნარი. ამიტომ ხანდაზმულ ასაკში მეხსიერება თანდათან ქვეითდება.

ხანდაზმული ადამიანები, რომლებიც ცხოვრების აქტიურ წესს მისდევენ, გონებრივი სამუშაოთი არიან დაკავებული და ინტერესით ეცნობიან ახალ ინფორმაციას, კარგი მეხსიერებით გამოირჩევიან.

ძილი

შენ უკვე დარწმუნდი, ერთდროულად რა რთული, ნატიფი და მრავალფეროვანი ფუნქციის შესრულება უწევს თავის ტვინს. საინტერესოა, არ იღლებიან ნეირონები? როდის ახერხებს ის დასვენებას?

მეცნიერები ვარაუდობდნენ, რომ ტვინის აქტივობა ძილის დროს რადიკალურად უნდა შემცირებულიყო, რადგან ძილში ადამიანის ფიზიოლოგიური პროცესები და მგრძნობელობა გამლიზიანებლებზე შესუსტებულია. ფრთხილად გაუზომე მძინარე ადამიანს პულსი და სუნთქვის სიხშირე ან შეეხმიანე და შენ ამაში დარწმუნდები.

ძილის მექანიზმში გარკვევა მეცნიერებმა **ენცეფალოგრაფის** გამოყენებით შეძლეს. ეს ხელსაწყო ნეირონების აგზნებისას აღმოცენებულ ელექტრულ აქტივობას

აღრიცხავს და გრაფიკულად წარმოადგენს. სხვადასხვა ნეირონს სხვადასხვა სახის ელექტრული აქტივობა გააჩნია.

აღმოჩნდა, რომ ძილის დროს ტვინის მუშაობა უბრალოდ კი არ მცირდება, არამედ თვისობრივად იცვლება — სიფხიზლეში აგზნებული ნეირონები, ძილში შეკავებულ მდგომარეობაში გადადის, სიფხიზლეში პასიური ნეირონები კი ძილში აქტიურდება. ძილი რამდენიმე ფაზად მიმდინარეობს.

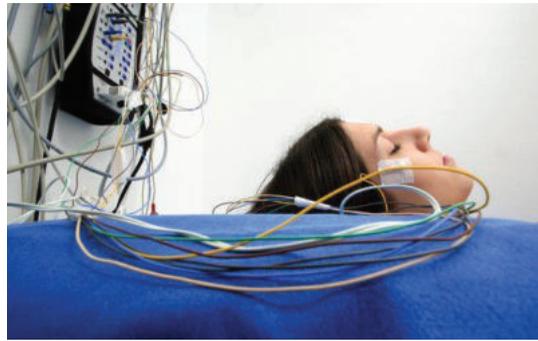
დააკვირდი ილუსტრაციაზე ენცეფალოგრამებს. ფხიზელი ადამიანის ენცეფალოგრამა ხშირი და მცირეამპლიტუდიანი რხევებით ხასიათდება. ენცეფალოგრაფი წამში 15-30 პიკს აღრიცხავს. თვლემისა და ჩაძინების დროს ენცეფალოგრამაზე ჩნდება მაღალი პიკები, რაც ტვინში განლაგებული იმ ნეირონების გააქტიურებას მიანიშნებს, რომელიც ძილს იწვევს. ძილის გაღრმავებისა და აზროვნების გათიშვის პროცესში ენცეფალოგრამა იშვიათი სიხშირის, მაგრამ მაღალი ამპლიტუდის პიკებს აჩვენებს, რაც სხვა ნეირონების გააქტიურების შედეგია. ამ ფაზას **ნელ ძილს** უწოდებენ. ძილის ეს სტადია ყველაზე ღრმაა. ამ დროს ადამიანის გაღვიძება მხოლოდ ძლიერი გამღიზიანებლითაა შესაძლებელი. გამოღვიძებული ადამიანი ძალიან დაბნეულია, გონებას ძნელად იკრებს.

ნელი ძილის ფაზა ე.წ. **სწრაფი ძილის** ფაზით იცვლება. ენცეფალოგრამაზე ჩნდება ფხიზელი ადამიანისთვის დამახასიათებელი პიკები. ამ დროს მძინარე ადამიანს სახეზე ემოციები უჩნდება, დახუჭულ თვალებს სწრაფად ამოძრავებს. თუ მას გააღვიძებ, გეტყვის, რომ სიზმარს ხედავდა და დაწვრილებით მოგიყვება მას. ფიქრობენ, რომ ამ ფაზაში ტვინი დღის განმავლობაში მიღებულ ინფორმაციას ამუშავებს. გრძნობათა ორგანოების უმოქმედობა ტვინის მუშაობას ამ პერიოდში უფრო ეფექტურს ხდის. ზოგიერთი ფიზიოლოგის აზრით, გონებრივი აქტივობა სწრაფი ძილისას, ლვიძილის დროს არსებულსაც კი აჭარბებს. ამიტომ, რომ ადამიანი წინა დღეს წარმოქმნილ პრობლემას ხშირად მეორე დღით უკეთ წყვეტს. ხანდახან პრობლემის გადაწყვეტა ძილშივე ხდება. ცნობილია, რომ მენდელეევა ქიმიურ ელემენტთა პერიოდულობის კანონი ძილში აღმოაჩინა.

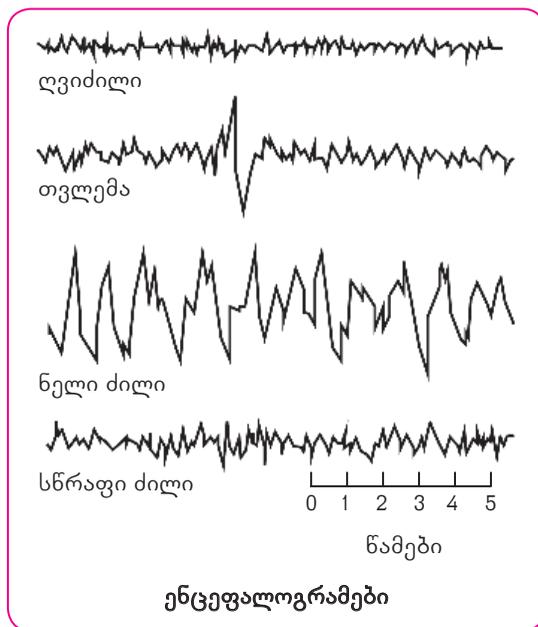
ღამის განმავლობაში სწრაფი და ნელი ძილი რამდენჯერმე ენაცვლება ერთმანეთს.

სხვადასხვა ასაკში საერთო ძილისა და მისი ფაზების ხანგრძლივობა განსხვავებულია.

ახალშობილებს დღე-ღამის განმავლობაში 16 საათი სძინავთ. მოზარდებში ძი-



ენცეფალოგრაფირება



ლის ხანგრძლივობა თანდათან 10 საათამდე მცირდება. ზრდასრული ადამიანები ძილში 8 საათს ატარებენ.

ზრდასრული ადამიანის საერთო ძილის 80%-ს ნელი ძილი, ხოლო 20%-ს — სწრაფი ძილი შეადგენს.

ძილის მნიშვნელობის შესახებ მრავალი ჰიპოთეზა არსებობს. ერთ-ერთი ჰიპოთეზის თანახმად, ძილი ადაპტაციური ქცევაა, რომელიც ადამიანს ენერჯის ხარჯვისგან იცავს და ღვიძილისას დახარჯული ენერჯია ძილის დროს შეივსება.



მეხსიერება არის ტვინის უნარი დააფიქსიროს, შეინახოს და აღადგინოს მიღებული ინფორმაცია. ძილის დროს ტვინის მუშაობა იცვლება — სიფხიზლეში აქტიური ნეირონები პასიურ მდგომარეობაში გადადის, ხოლო პასიურები — იგზნება. მეხსიერებისა და ძილის პროცესში ნეირომედიატორები მონაწილეობს.

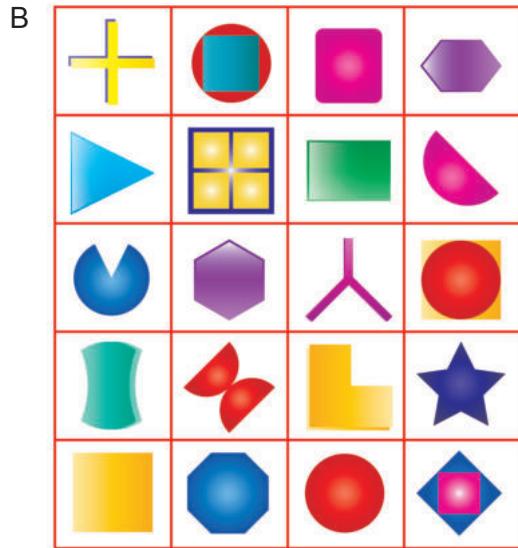
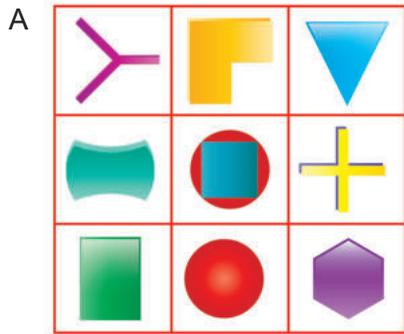


- შეამოწმე შენი მეხსიერების სიზუსტე.
შეეცადე, ერთი წუთის განმავლობაში დაიმახსოვრო ილუსტრაციაზე წარმოდგენილი ფიგურები და შემდეგ დაასახელო ისინი ისეთივე თანმიმდევრობით, როგორც ცხრილშია.
განსაზღვრე სწორად დასახელებული ფიგურების პროცენტი:
სწორად დასახელებული ფიგურების რიცხვი გაყავი ფიგურათა საერთო რაოდენობაზე და მიღებული შედეგი 100-ზე გაამრავლე.



შეფასება:
 90%-100% — საუკეთესო
 70%-90% — ძალიან კარგი
 50%-70% — კარგი
 30%-50% — დამაკმაყოფილებელი
 10%-30% — ცუდი
 0%-10% — ძალიან ცუდი

- შეამოწმე შენი მეხსიერება ფიგურების ამოცნობით:
შეეცადე, ერთი წუთის განმავლობაში დაიმახსოვრო ფიგურები A ტაბულაზე. შემდეგ A ტაბულას დააფარე ხელი და იპოვე ეს ფიგურები B ტაბულაზე.
გამოთვალე სწორად ამოცნობილი ფიგურების პროცენტი. მიღებული რიცხვი გიჩვენებს შენი მეხსიერების ხარისხს.



3. დააკვირდი მძინარე ბავშვს, ზრდასრულ და მოხუც ადამიანს. განსაზღვრე მათი სწრაფი და ნელი ძილის ხანგრძლივობა და შეადარე პარამეტრები ერთმანეთს. ძილის ფაზების განსაზღვრაში ცხრილი დაგეხმარება.

სწრაფი ძილი	ნელი ძილი
კუნთების ტონუსი სრულადაა დათრგუნული	კუნთები ტონუსშია
თვალებს სწრაფად ამოძრავებს	თვალებს ნელა ან საერთოდ არ ამოძრავებს
გალვიძებისას ყველა მრავალფეროვან სიზმრებს	გალვიძებისას სიზმარს ვერ ყველა



1. როგორ ფიქრობ, ძილის რომელ ფაზაში არიან ეს ადამიანები?



2. როცა რაიმეს დასწავლას ან პრობლემის გადაწყვეტას ვცდილობთ, ხშირად თვალებს ვხუჭავთ ან ყურებზე ხელს ვიფარებთ. რატომ ვიქცევით ასე?
3. ზოგჯერ ადამიანს კითხვის დროს თვლემა ერევა და ამ დროს წიგნი ხელიდან უვარდება. რატომ ხდება ასე?
4. ზოგჯერ სინანულით აღნიშნავენ, რომ ძილში ადამიანები სიცოცხლის ერთ მესამედს (8 სთ დღე-ღამეში) უაზროდ კარგავენ. ეთანხმები ამ მოსაზრებას?



1. ავტოკატასტროფაში მოყოლილ იმ ადამიანთა უმრავლესობას, რომელთაც ზურგის ტვინის კისრის მიდამოს დაზიანება აღენიშნებოდათ, ავარიის მომენტში ეძინათ. რა კავშირი აქვს ძილის მდგომარეობას ასეთი ტიპის ტრავმასთან და რაში გამოვლინდება ტრავმის შედეგი?
2. თავის ტვინის ტრავმებისა და სხვადასხვა სახის ნერვული დაავადების ერთ-ერთი გამოვლინებაა **ამნეზია** — მეხსიერების დაკარგვა. არსებობს ამნეზიის სხვადასხვა ფორმა. ერთ-ერთი ფორმისას ადამიანს მეხსიერება შენარჩუნებული აქვს, მაგრამ ვერ იხსენებს მისი ცხოვრებიდან მხოლოდ ერთ-ერთ კონკრეტულ, მნიშვნელოვან ეპიზოდს რომელიც ტრავმამდე ძალიან კარგად ახსოვდა. შეეცადე, ახსნა მოუძებნო ამ ფაქტს.
3. სწრაფი ძილის ფაზას **პარადოქსულს** უწოდებენ. ახსენი, რატომ მოიხსენიებენ სწრაფ ძილს ასეთი ეპითეტით?
4. რატომ გვირჩევენ ექიმები, მსუბუქად ვივახშმოთ და საღამოს 8 საათის შემდეგ თავი შევიკავოთ საკვებისა და სითხის უხვად მიღებისგან?



თავის ტვინის დიაგნოსტიკისთვის თანამედროვე მედიცინაში მაგნიტური რეზონანსის კვლევის მეთოდს იყენებენ. პაციენტს ძლიერ მაგნიტურ ველში ათავსებენ. ველის გავლენით უჯრედის წყალსა და ლიპიდებში არსებული წყალბადის ატომები იგზნება — მათი ელექტრონები მაღალ ელექტრონულ შრეებზე გადადის. ამის შემდეგ მაგნიტურ ველს თიშავენ. ელექტრონები სანყის პოზიციას უბრუნდება და ამ დროს ენერგიას ასხივებს. ენერგიის რეგისტრაცია მონიტორზე ხდება. გამოსახულებაზე მიღებული ლაქების სიმკვეთრით მსჯელობენ ტვინის ამა თუ იმ უბნის დაზიანებაზე, ატროფიაზე ან მის უჩვეულოდ გაზრდილ აქტივობაზე. ამ მეთოდით ტვინის გარკვეული უბნის გამოსახულების ცვლილება შეიძლება დაუკავშირონ ამა თუ იმ ორგანოს ფუნქციის მოშლას.



§30



ნერვულ სისტემაზე მოქმედი ნივთიერებები
სტიმულატორები, დეპრესანტები, ნარკოტიკები, ჰალუცინოგენები

ძილის მექანიზმების შესწავლისას გაირკვა, რომ მასში რამდენიმე მედიატორი მონაწილეობს. ერთ-ერთი მათგანი **სეროტონინია**. ის გავლენას ახდენს აგრეთვე ყურადღების, განწყობისა და ემოციის ფორმირებაზე. სეროტონინს სიხარულის, ბედნიერების მედიატორსაც უწოდებენ. ერთ-ერთ სხვა მედიატორს — **დოფამინს** სეროტონინის საწინააღმდეგო მოქმედება აქვს. ვარაუდობენ, რომ უმძიმესი დაავადება — შიზოფრენია, რომელიც ღრმა დეპრესიით ხასიათდება, შესაძლოა, სეროტონინის ნაკლებობით ან დოფამინის სიჭარბით იყოს გამოწვეული.

როგორც ხედავ, ტვინის მუშაობაში გადამწყვეტი როლი მედიატორებს ენიჭება, ამიტომ მათი მოქმედების დარღვევამ, შესაძლოა, ღრმა ცვლილებები გამოიწვიოს ნერვული სისტემის ფუნქციონირებაში.

ნერვულ სისტემაზე მოქმედი სხვადასხვა ქიმიური ნივთიერებები და მედიკამენტებიც თავის გავლენას უმეტესად ნეირომედიატორებზე ზემოქმედებით ახორციელებენ. ნერვულ სისტემაზე მოქმედ ნივთიერებებს რამდენიმე ძირითად ჯგუფად ყოფენ.

სტიმულატორები ნივთიერებებია, რომლებიც ნერვულ სისტემაში აგზნების პროცესებს აძლიერებს. ზოგი მათგანი აცეტილქოლინის რეცეპტორს უკავშირდება და ასე იწვევს ნეირონის გააქტივებას, ზოგი დოფამინის გამოთავისუფლებას უწყობს ხელს აქსონის დაბოლოებიდან. სტიმულატორების ზემოქმედებით ძლიერდება გულის შეკუმშვა, იზრდება მისი სიხშირე და არტერიული წნევა, ვიწროვდება სისხლძარღვები. ზოგიერთ ნეიროსტიმულატორს ექიმები ჭარბი წონის ადამიანებს უნიშნავენ, მათი ფიზიკური გააქტივების მიზნით. ეს პრეპარატები ამცირებს მადას, იწვევს ენერჯის მომატებას, თავისუფლების შეგრძნებას. სტიმულატორები უძილობასაც იწვევს, ამიტომ მას ადამიანები ხშირად მაშინ ღებულობენ, როდესაც ღამის სამუშაო აქვთ.

„ექსტაზი“, რომელსაც ფართოდ მოიხმარენ სხვადასხვა გასართობ დაწესებულებაში, სეროტონინის გამოყოფას აძლიერებს და ამიტომ ძლიერი მასტიმულირებელი ეფექტი აქვს — ადამიანს შეუძლია მთელი ღამე იცეკვოს და იყოს აქტიური. თუმცა, დადასტურებულია, რომ მისი ხანგრძლივი გამოყენებისას ნეირონებს შორის კავშირების რიცხვი მკვეთრად კლებულობს, რასაც მეხსიერების გაუარესება მოჰყვება.



„ექსტაზის“ გამოყენება საშიშია იმ ადამიანებისთვის, რომელთაც მაღალი არტერიული წნევა და გულის პრობლემები აქვთ.

ნივთიერებათა ამ ჯგუფს მიეკუთვნება **ნიკოტინი**, რომელსაც თამბაქო შეიცავს და **კოფეინი**, რომელიც დიდი რაოდენობითაა ჩაიში, ყავაში, შოკოლადში.



ალბათ, გიცდია ღამით ყავის დალევა, როდესაც სამეცადინო გაქვს და არ გინდა, რომ დაგეძინოს.

ნერვულ სისტემაზე მოქმედ ზოგიერთ სხვა ნივთიერებათა მსგავსად, სტიმულატორებს ერთი ძალიან ცუდი თვისება აქვს; თუ ადამიანი მათ დიდი ხნის მანძილზე ღებულობს, მასზე დამოკიდებული ხდება. ნივთიერებასა და ნამლებისადმი ორგანიზმის დამოკიდებულება არსებობს — ფსიქოლოგიური და ფიზიკური. **ფსიქოლოგიური დამოკიდებულება** ნივთიერებისადმი ემოციური დამოკიდებულებაა. მაგალითად, ადამიანს ახარებს და სიამოვნებს შოკოლადის ჭამა. **ფიზიკური დამოკიდებულება** კი ფიზიოლოგიური დამოკიდებულებაა. ამ დროს ორგანიზმი აუცილებლად „მოითხოვს“ ნივთიერებას და თუ მისი მიწოდება შეწყდა, თავს იჩენს უამრავი სხვადასხვაგვარი უსიამოვნო და ზოგჯერ სერიოზული პრობლემა. მაგალითად, ამა თუ იმ ნივთიერების ან ნამლის გარეშე ადამიანი ვერ იძინებს, აქვს ტაქიკარდია, გულისრევა, ფსიქიკური პრობლემები.

ცნობილია, რომ თუ ადამიანი ხანგრძლივი დროის მანძილზე ყოველდღიურად 5-6 ჭიქა ყავას მოიხმარდა და რაიმე მიზეზის გამო შეწყვიტა ყავის სმა, მას თავის ტკივილი ეწყება. ეს იმიტომ ხდება, რომ კოფეინი თავის ტვინის სისხლძარღვებს ავიწროებს. ყავის სმის შეწყვეტისას, ტვინის სისხლძარღვები ადამიანისთვის უჩვეულოდ ფართოვდება და ტკივილი სწორედ ამითაა გამოწვეული.

დეპრესანტები. ამ ჯგუფის ნივთიერებებს სტიმულატორების საწინააღმდეგო მოქმედება აქვს. ისინი ნერვულ სისტემაში თრგუნავენ აგზნების პროცესებს და აძლიერებენ შეკავებას. ფიქრობენ, რომ ზოგიერთი დეპრესანტი ნატრიუმის არხების ბლოკირებას იწვევს და ამის გამო აგზნების პოტენციალი ვერ წარმოიქმნება. მედიცინაში დეპრესანტები გამოიყენება როგორც საძილე, დამამშვიდებელი და კრუნჩხვების საწინააღმდეგო საშუალება. მაგალითად, დიაზეპამს ხშირად სტომატოლოგები იყენებენ. ის იხმარება აგრეთვე ისეთი სამედიცინო გამოკვლევებისა და მანიპულაციების ჩატარების დროს, რომლისაც პაციენტებს ძალიან ეშინიათ. დეპრესანტების ხშირი მიღებისას ადამიანი მასზე დამოკიდებული ხდება და მისმა შეწყვეტამ, შესაძლოა, კრუნჩხვები გამოიწვიოს.

ალკოჰოლი ყველაზე ცნობილი დეპრესანტია. ალკოჰოლის მიღების შემდეგ პირველად მასზე თავის ტვინის ქერქი რეაგირებს. ის შუბლის წილში ემოციის ცენტრებზე მოქმედებს და ადამიანი არაბუნებრივად მხიარული ან პირიქით, სევდიანი ხდება. როდესაც ალკოჰოლი მხედველობის ან მეტყველების უბნებს აღწევს, ადამიანს მხედველობა ებინდება, ხანდახან კი გაორება აქვს და გაურკვეველად ლულულეებს. ნათხემზე ზემოქმედებისას მოძრაობების კოორდინაცია ირღვევა, ადამიანს თავბრუ ესხმის, ზოგჯერ თავს ვერ იმაგრებს და ფეხზე ვერ დგას. საბოლოოდ ქერქი მთლიანად წყვეტს მოქმედებას. ამ დროს ადამიანი უგონო მდგომარეობაშია. ალკოჰოლის მაღალმა კონცენტრაციამ, შესაძლოა, შეკავების პროცესები მოგრძო ტვინში გამოიწვიოს და ადამიანს სუნთქვა შეუჩერდეს. ალკოჰოლის ძლიერ მომხმარებლებს **ალკოჰოლური ფსიქოზი** ემართებათ. ისინი საკუთარი ოჯახის წევრებს ვერ ცნობენ, ვერ აღიქვამენ საკუთარ თავს ან აქვთ საშინელი ჰალუცინაციები.



ნარკოტიკები. ნარკოტიკებს მედიცინაში ძლიერი ტკივილების საწინააღმდეგოდ იყენებენ. ჩვენს თავის ტვინში აღმოჩენილია მედიატორები, რომლებიც ტკივილის შეგრძნებას გვითრგუნავს. მათ **ენდორფინები** უწოდეს.

1 რის ასოციაციას იწვევს შენში ეს ტერმინი?

ნარკოტიკული ნივთიერებები — ჰეროინი და მორფინი სწორედ ამ „ბუნებრივი ნარკოტიკების“ რეცეპტორებს უკავშირდება. ამის შედეგად ადამიანს უქრება ტკივილის შეგრძნება და სიმშვიდისა და სიამოვნების განცდა ეუფლება. მაგრამ ნარკოტიკის მიღების შემდეგ ორგანიზმი „საკუთარ ტკივილგამაყუჩებელს“ უკვე ნაკლები რაოდენობით გამოყოფს, ამიტომ ნარკომანი იძულებულია, მუდმივად მიიღოს ნარკოტიკი და მასზე დამოკიდებული ხდება — მის გარეშე თავს ძალიან ცუდად გრძნობს, აქვს ტკივილები, ოფლიანობა, კანკალი, გულისრევა, ლებინება. მორფინის მაღალი დოზით მიღება სიკვდილს იწვევს.

კოკაინი კანის მგრძნობელობას აქვეითებს. ექიმები მას ქრილობების დამუშავებისა და გაკერვის დროს გაუტკივარებისთვის ხმარობენ. კოკაინი დოფამინის მოქმედებას იმ მხრივ აძლიერებს, რომ თრგუნავს სინაფსური ნაპრალიდან მის უკუშთანთქმის პროცესს. ამიტომ ნარკომანს, კოკაინის მიღების შემდეგ, მხოლოდ მცირე ხნით ეუფლება ეიფორია, რომელიც შემდეგ ღრმა დეპრესიით, დაღლილობით, გამოფიტვისა და განადგურების შეგრძნებით ეცვლება.

მარიხუანა სეროტონინის რეცეპტორს უკავშირდება და ადამიანი ეიფორიის მდგომარეობაში გადადის — მხიარულია, აქვს კმაყოფილებისა და კეთილდღეობის შეგრძნება, რომელიც ობიექტურ რეალობას არ შეესაბამება, ერღვევა მოძრაობის კოორდინაცია. ამ ნარკოტიკის ხანგრძლივი გამოყენება უშიშრობას, ტვინის დაზიანებასა და მის ავთვისებიან გადაგვარებას იწვევს. მარიხუანას მომხმარებელს გზავარედინზე მყოფ ნარკომანს უწოდებენ, რადგან, როგორც ირკვევა, სხვა ნარკოტიკების მომხმარებელთა უმრავლესობა ადრე მარიხუანას მოიხმარდა.

ჰალუცინოგენები ფსიქიკაზე მოქმედი ნივთიერებებია, რომლებსაც ექიმები ფსიქიკური დაავადებების სამკურნალოდ იყენებენ. ერთ-ერთი ცნობილი ჰალუცინოგენი, რომელიც LSD-ს სახელწოდებითაა ცნობილი, სეროტონინის რეცეპტორს

უკავშირდება და ბლოკავს მის მოქმედებას. ეს ჰალუცინოგენი ცვლის და ამახინჯებს სივრცისა და დროის შეგრძნებას. ადამიანს მისი მიღების შემდეგ მხიარულების განცდა უცბად ძლიერი დეპრესიით ეცვლება, სიცივის შეგრძნება — სიცხის შეგრძნებით, აქვს საშინელი ჰალუცინაციები და პანიკური შიში.



ნერვულ სისტემაზე მოქმედი სხვადასხვა ქიმიური ნივთიერებები და მედიკამენტები თავის გავლენას უმეტესად ნეირომედიატორებზე ზემოქმედებით ახორციელებენ. ნერვულ სისტემაზე მოქმედ ნივთიერებებს ოთხ ძირითად ჯგუფად ყოფენ. ესენია: ნეიროსტიმულატორები, დეპრესანტები, ნარკოტიკები და ჰალუცინოგენები. ამ ნივთიერებების ხანგრძლივად მოხმარების შემდეგ, ადამიანი მასზე ფიზიკურად და ფსიქოლოგიურად დამოკიდებული ხდება.



1. რატომ არის განსაკუთრებით ცუდი სიგარეტის ღამით მოწევა?
2. ზოგჯერ, ბევრი სიგარეტის მოწევის შემდეგ, ადამიანს ხელების კანკალი ეწყება. როგორ ფიქრობ, რა შეიძლება იყოს ამის მიზეზი?



1. ცნობილია, რომ ყავა ძლიერი შარდმდენია. როგორ ფიქრობ, რატომ ძლიერდება შარდის წარმოქმნის პროცესი ყავის დალევის შემდეგ?
2. ვთქვათ, ერთ-ერთი მედიკამენტის ანოტაციაში ამოიკითხე, რომ ის სინაფსური ნაპრალიდან სეროტონინის უკუმიტაცების პროცესს თრგუნავს პრესინაფსური მემბრანისა და გლიური უჯრედების მიერ. რას იფიქრებ, რომელი დაავადების წინააღმდეგ შეიძლება ის იყოს გამოყენებული?



1. ჯიმი ჰენდრიქსი და ჯენის ჯოპლინი ნარკოტიკების დიდი რაოდენობით მიღების შედეგად დაიღუპნენ.



2. ალკოჰოლი, ნერვული სისტემის გარდა, სხვა ორგანოებზეც მოქმედებს. ის:
 - თრგუნავს ძვლის წითელი ტვინის მოქმედებას და ალკოჰოლურ ანემიას იწვევს.
 - აღიზიანებს ნაწლავებს და იწვევს კუჭის წყლულსა და გულისრევას, აზიანებს ღვიძლს.
 - თირკმელებში თრგუნავს წყლის შეწოვის პროცესს და იწვევს ორგანიზმის დეჰიდრატაციას.
 - ხშირად ხდება ენისა და საყლაპავის სიმსივნის წარმოქმნის მიზეზი.

IX კოორდინაცია და რეგულაცია

§31

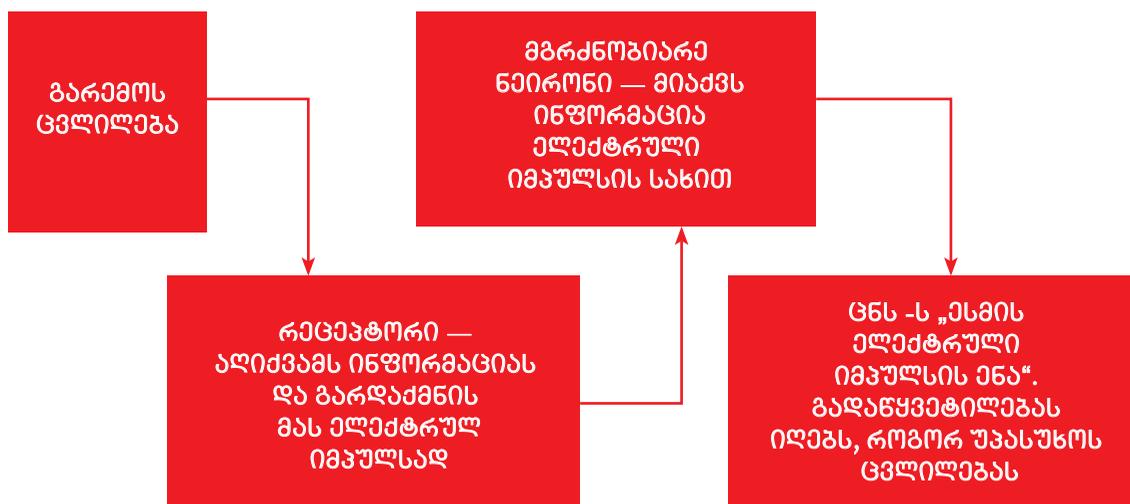


რეცეპტორები
მხედველობის ორგანოს აბაზულება
მხედველობის რეცეპტორების ტიპები
ფერადი მხედველობა

მრავალუჯრედიანი ცხოველების ნერვულ სისტემას ინფორმაციას გარემოდან რეცეპტორები აწვდის. რეცეპტორი იმგვარად არის აგებული, რომ ის მხოლოდ გარკვეული სახის ზემოქმედებას აღიქვამს. მაგალითად, ფოტორეცეპტორები სინათლეზე რეაგირებენ, ქემორეცეპტორები — ქიმიურ ნივთიერებებზე, თერმორეცეპტორები — ტემპერატურის ცვლილებაზე, მექანორეცეპტორები — მექანიკურ ზემოქმედებაზე.

1 რა სახის რეცეპტორებია მოთავსებული ენაზე?

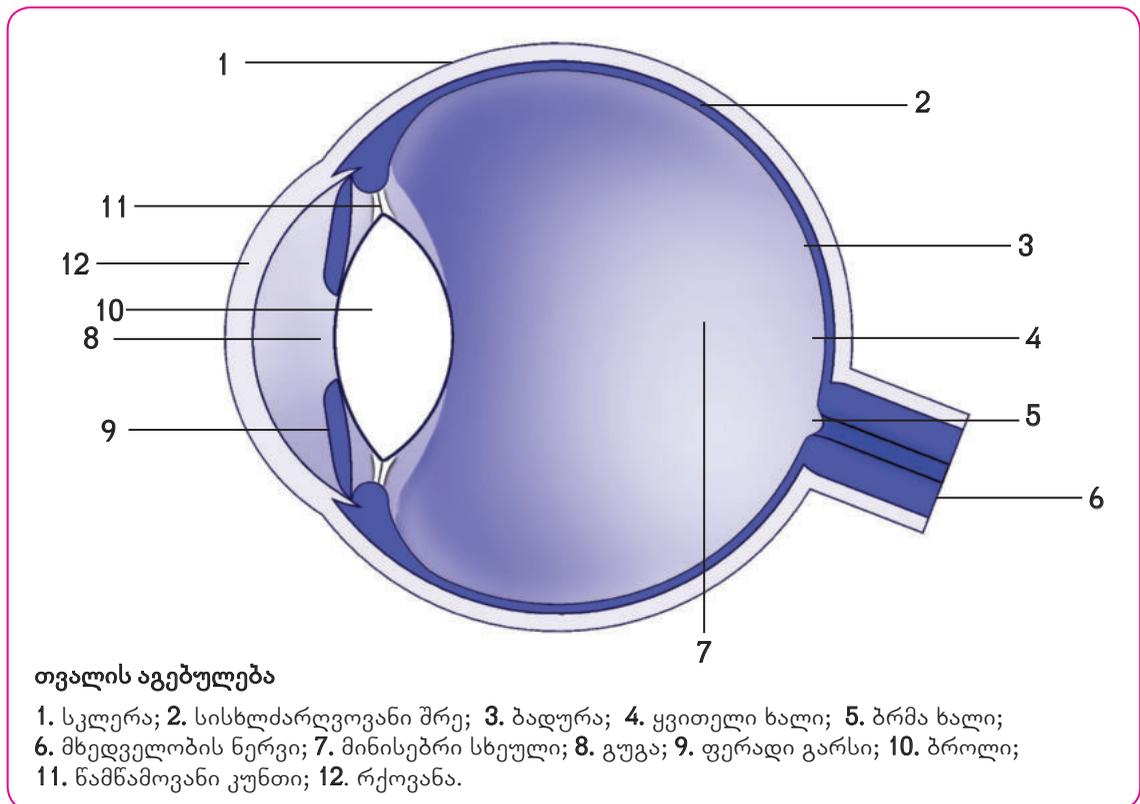
ნებისმიერი რეცეპტორი ერთი სახის ენერგიას მეორე სახის ენერგიად გარდაქმნის. მაგალითად, ფოტორეცეპტორი სინათლის ენერგიას ელექტრული იმპულსის ენერგიად გარდაქმნის, მექანორეცეპტორი კი მექანიკურ ენერგიას ელექტრულ იმპულსად, ე.ი. ყველა რეცეპტორი ნერვულ სისტემას ელექტრული იმპულსების „ენით ელაპარაკება“.



ნერვული სისტემა ინფორმირებულია იმის შესახებაც, თუ რა ხდება სხეულის შიგნით. მაგალითად, ინფორმაციას მას სისხლის pH-ისა და ტემპერატურის შესახებ ე.წ. ინტერორეცეპტორები, ანუ სხეულის შიგნით განლაგებული რეცეპტორები აწვდის.

იმისთვის, რომ რეცეპტორმა შეუფერხებლად იმუშაოს, მას სხვა ქსოვილების დახმარება სჭირდება. ამიტომ გარკვეული რეცეპტორები ერთად იყრის თავს და სხვა ქსოვილებთან ერთად გრძნობის ორგანოებს წარმოქმნის.

ვნახოთ, როგორი აგებულება აქვს მხედველობის ორგანოს — თვალს და როგორ ეხმარება სინათლის რეცეპტორებს სხვადასხვა სტრუქტურა გარემოდან თავის ტვინამდე ინფორმაციის მიტანაში.



სკლერა თვალის გარეთა, თეთრი, მკვრივი და დრეკადი გარსია, რომელიც ძირითადად კოლაგენისა და ელასტინისგან შედგება. სკლერას ექვსი კუნთი ემაგრება, რომელიც თვალს ყველა მიმართულებით აბრუნებს, ამიტომ ადამიანის თვალს თავის ტვინის გარეშე შეუძლია სინათლის სხივის დაჭერა.

სისხლძარღვოვანი შრე თხელი შრეა სკლერასა და ბადურას შორის. შედგება სისხლძარღვებისგან, რომელიც აწვდის საკვებსა და ჟანგბადს ბადურას უჯრედებს. შეიცავს მუქ პიგმენტს და ამით იცავს ბადურას სინათლის ზემოქმედებისგან.

ბადურა თვალის შიგნითა გარსია, რომელიც შეიცავს სინათლისადმი მგრძობიარე უჯრედებს — **ჩხირებსა** და **კოლბებს**, ასევე სხვა ნერვულ უჯრედებსა და საყრდენ უჯრედებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ ჩხირებსა და კოლბებს საკვებით. მგრძობიარე ჩხირები ძალიან სუსტ განათებასაც აღიქვამს, კოლბები კი მხოლოდ ძლიერ სინათლეზე იგზნება და აღიქვამს ფერებს. ისინი სინათლის ენერგიას ელექტრულ იმპულსად გარდაქმნიან და მას ბადურის ნეირონებს გადასცემენ. ბადურა 120 მილიონამდე ჩხირს შეიცავს, რაც 20-ჯერ აღემატება კოლბების რაოდენობას.

ყვითელი ხალი ბადურის მცირე უბანია გუგის პირდაპირ, რომელიც მხოლოდ კოლბებს შეიცავს. ის უზრუნველყოფს მახვილ მხედველობას ძლიერი განათებისას.

ბრმა ხალი ბადურის უბანია, რომელიც არ შეიცავს ჩხირებსა და კოლბებს, ამიტომ აქ მოხვედრილი სინათლის სხივი ვერ აღიქმება. ამ უბნიდან გამოდის მხედველობის ნერვი.

მხედველობის ნერვი ბადურის ნეირონების აქსონების ერთობლიობაა, რომელსაც ინფორმაცია თავის ტვინში მიაქვს.

მინისებრი სხეული ყელესმაგვარი გამჭვირვალე სითხეა, რომლითაც ამოვსებულია თვალის სიღრუე ბროლიდან ბადურამდე. აძლევს თვალს ფორმას და ერთ ადგილზე აფიქსირებს ბროლსა და ბადურას — არ აძლევს მათ მოძრაობის საშუალებას.

გუგა ხვრელია, რომლითაც სინათლე თვალის სიღრუეში აღწევს.

ფერადი გარსი თვალის ფერადი ნაწილია. შეიცავს კუნთებს, რომელთა შეკუმშვა-მოდუნებით ფართოვდება ან ვიწროვდება გუგის ხვრელი. ამით ის აკონტროლებს სინათლის შეღწევას თვალში.

ბროლი მკვრივი, გამჭვირვალე სტრუქტურაა. შედგება ცილებისგან. მასში გავლისას სინათლის სხივები გარდატყდება.

ნამწამოვანი კუნთი უნებლიე მოქმედების კუნთია, რომელიც უცვლის ბროლს სიმრუდეს. ამით ბროლში გამავალი სხივის გარდატეხის კუთხე იცვლება.

რქოვანა გამჭვირვალე ქსოვილია, რომელიც თვალის წინა ნაწილს გარედან ფარავს. კარგად ატარებს და გარდატეხს მზის სხივებს. არ შეიცავს სისხლძარღვებს, შეიცავს ნერვებს.

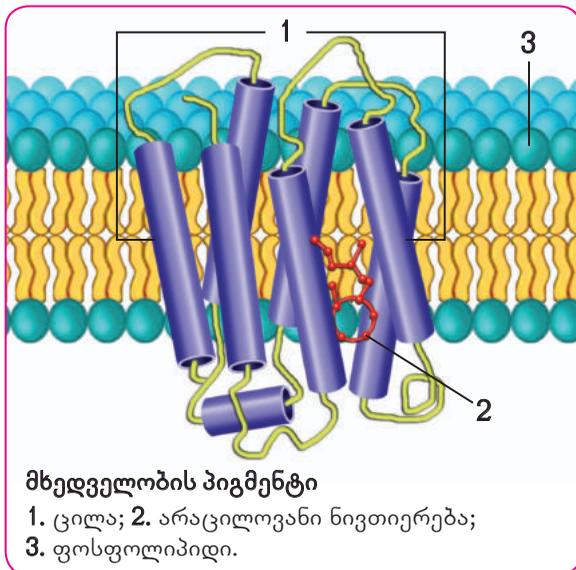
რქოვანასა და ბროლს შორის სივრცე ამოვსებულია სითხით. ის ამარაგებს ბროლს საკვებითა და ჟანგბადით.

ჩვენი თვალი, ხერხემლიანი ცხოველების თვალის მსგავსად, აღიქვამს მზის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მხოლოდ ძალიან მცირე ნაწილს, რომელსაც ხილულ სპექტრს ვუწოდებთ.

ჩხირები და კოლბები სახეცვლილი ნერვული უჯრედებია, რომელთა პლაზმური მემბრანა **მხედველობის პიგმენტს** შეიცავს. მხედველობის პიგმენტი პლაზმურ მემბრანაში ჩაძირული დიდი ცილაა. მასთან პატარა არაცილოვანი ნივთიერებაა დაკავშირებული, რომელიც **A** ვიტამინისგან წარმოიქმნება. სინათლის სხივებს სწორედ ეს ნივთიერება შთანთქავს. ამ დროს ის ფორმას იცვლის და ცილას ააქტივებს. ცილის გააქტივების საბოლოო შედეგი ელექტრული იმპულსის წარმოქმნაა, რომელიც ფოტორეცეპტორებიდან ბადურის სხვა ნეირონებს გადაეცემა. ამ ნეირონების აქსონები მხედველობის ნერვს წარმოქმნის. იმპულსი მხედველობის ნერვით თავის ტვინის ქერქის მხედველობის ზონას გადაეცემა.

მაგრამ თუ ფოტორეცეპტორებს ერთნაირი მხედველობის პიგმენტი აქვს, როგორღა განასხვავებს ის ერთმანეთისგან სინათლის სხივის სხვადასხვა ტალღებს? როგორ ვხედავთ სხვადასხვა ფერს?

მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ ადამიანის ბადურა სამი სახის, ე.წ. **წითელ, მწვანე და ცისფერ** კოლბებს შეიცავს. მათი მხედველობის პიგმენტის მოლეკულებში ამინომჟავები განსხვავებული თანმიმდევრობით ლაგდება. ეს მოქმედებს სხივების

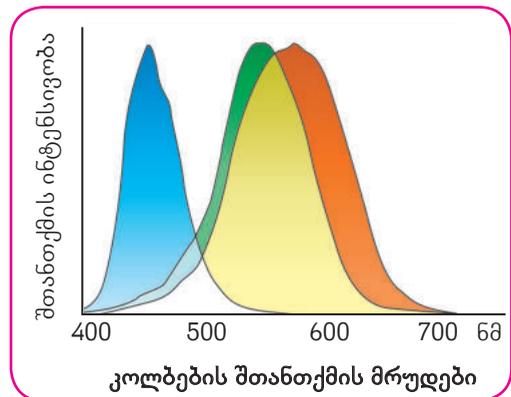


შთანთქმის უნარზე და ამიტომ წითელი ჩხირები ძირითადად გრძელი ტალღის სიგრძის მქონე სხივებს შთანთქავს, მწვანე ჩხირები — საშუალოს, ხოლო ცისფერი — მოკლეს.

დააკვირდი ილუსტრაციას, როგორ გადაფარავს ერთმანეთს სხვადასხვა სახის რეცეპტორების შთანთქმის მრუდები. ეს იმაზე მიუთითებს, რომ კონკრეტული ტალღის სიგრძის მქონე სინათლის სხივის აღქმაში ერთდროულად რამდენიმე სახის კოლბა მონაწილეობს და ადამიანის თვალი სინათლის ხილული სპექტრის ყველა ფერს აღიქვამს.

ბევრ ცხოველს ფერადი მხედველობა არა აქვს — ისინი მხოლოდ შავ-თეთრ ფერებში აღიქვამენ სამყაროს. ეს ცხოველები ძირითადად ღამით არიან აქტიურები.

ძაღლებსა და კატებს მხოლოდ ორი სახის კოლბა აქვთ. ერთი მათგანი გრძელ ტალღებს აღიქვამს, მეორე კი მოკლეს.



ობობას თვალი

განსაკუთრებით კარგი ფერადი მხედველობით ფრინველები გამოირჩევიან. მათ ოთხი სახის რეცეპტორი აქვთ და ადამიანზე უკეთ არჩევენ გარდამავალ ფერებს. ფრინველები ულტრაიისფერ სხივებსაც აღიქვამენ.

კარგი ფერადი მხედველობა აქვთ მწერებსაც. საინტერესოა, რომ მათ შეუძლიათ თვალის სხვადასხვა ნაწილით სხვადასხვა ფერის სხივი აღიქვან. ფრინველების მსგავსად, ისინი ხედავენ ულტრაიისფერ სხივებს.

2 ჩამოთვალე სტრუქტურები, რომლებიც

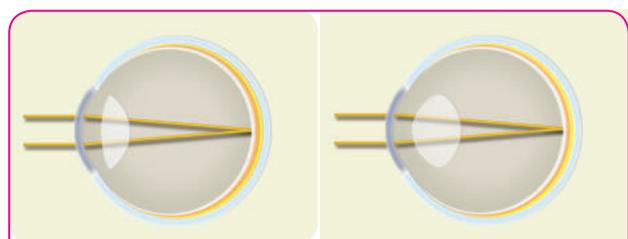
სინათლის სხივმა უნდა გაიაროს, რომ ფოტორეცეპტორებამდე მიაღწიოს.

იმისთვის, რომ საგანი მკვეთრად დავინახოთ, მისი გამოსახულება აუცილებლად ბადურაზე უნდა ფოკუსირდეს.

დაშორებული საგნიდან არეკლილი პარალელური სხივები ნაკლებად უნდა გარდატყდეს, რომ ზუსტად ბადურაზე ფოკუსირდეს. ამას ორმხრივამოზნექილი ბროლი უშლის ხელს. ამიტომ ამ დროს წამწამოვანი კუნთი დუნდება და ბროლს აბრტყელებს.

ახლომყოფი საგნიდან არეკლილ სხივებს ძლიერი გარდატეხა სჭირდება, ამიტომ წამწამოვანი კუნთი იკუმშება და ბროლის სიმრუდე ძლიერ იზრდება — ის მოკლდება და მსხვილდება.

ფოტორეცეპტორები მგრძნობიარეა სინათლის სხივების მიმართ.



A

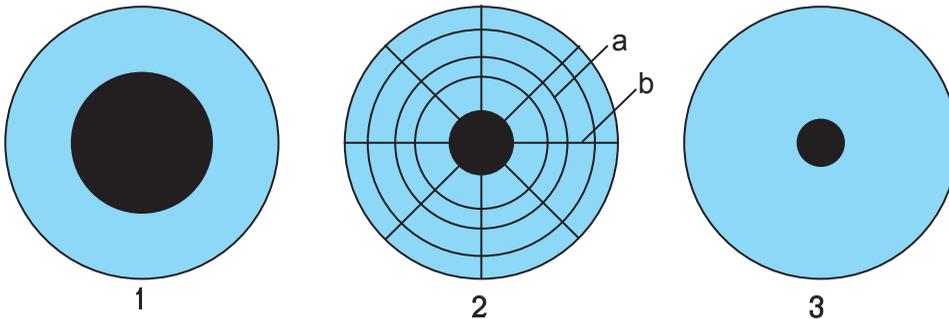
B

ბროლის სიმრუდის ცვლილება

- A. საგანი შორსაა;
- B. საგანი ახლოსაა.

მკვეთრი სინათლის ხანგრძლივმა ზემოქმედებამ ისინი შეიძლება დააზიანოს. მეორე მხრივ, სუსტი განათების პირობებში, ჩვენ საგნებს კარგად ვერ ვხედავთ.

ბადურაზე სინათლის სხივის ოპტიმალურ ინტენსივობას ფერადი გარსი უზრუნველყოფს. სუსტ სინათლეზე ფერადი გარსის განივი კუნთები იკუმშება და გუგის ხვრელი ფართოვდება — ბადურამდე ბევრი სინათლე აღწევს. ძლიერი განათებისას ირგვლივი კუნთები იკუმშება და გუგა ვიწროვდება — ბადურა დაცულია სინათლის დამაზიანებელი ზემოქმედებისგან.



1. თვალი სიბნელეში;
2. ფერადი გარსის კუნთები: a. ირგვლივი; b. განივი.
3. თვალი მკვეთრ სინათლეზე.



ნერვულ სისტემას ინფორმაციას რეცეპტორები აწვდის. არსებობს ფოტორეცეპტორები, ქემორეცეპტორები, მექანორეცეპტორები, თერმორეცეპტორები. ფოტორეცეპტორებს თვალის სხვადასხვა სტრუქტურა ეხმარება გარემოდან თავის ტვინამდე ინფორმაციის მიტანაში. ჩხირები და კოლბები სახეცვლილი ნეირონებია, რომელიც მხედველობის პიგმენტს შეიცავს. მხედველობის პიგმენტი, რომელიც პლაზმურ მემბრანაში მდებარეობს, სინათლის ზემოქმედებით ფორმას იცვლის, რასაც საბოლოოდ ნერვული იმპულსის წარმოქმნა მოჰყვება. იმპულსი მხედველობის ნერვით თავის ტვინის ქერქის მხედველობის ზონამდე აღწევს და ჩვენ საგანს ვხედავთ.



1. ყვითელი ხალი, რომელიც გუგის პირდაპირ მდებარეობს, თითქმის არ შეიცავს ჩხირებს. ისინი გაფანტულია მთელ ბადურაზე. ამიტომ ღამით საგნებს უკეთ ვხედავთ, თუ მათ პირდაპირ არ ვუყურებთ. ამაში ადვილად დარწმუნდები, თუ ღამის ცას შეხედავ. შეხედე ცაზე კაშკაშა ვარსკვლავს. კარგად ხედავ მას, როდესაც პირდაპირ უყურებ? ახლა იპოვე პატარა ვარსკვლავი მის სიახლოვეს და დააკვირდი. ცოტა ხანში ის მხედველობის არიდან გაქრება. გადაიტანე მზერა კაშკაშა ვარსკვლავზე და სუსტი ვარსკვლავი მის სიახლოვეს ისევ გამოჩნდება.

2. დახუჭე მარცხენა თვალი და მარჯვენა თვალით შეხედე წითელ რგოლს. ორივე ფიგურას ხედავ? ახლა ნელ-ნელა მიიტანე წიგნი თვალებთან ახლოს. გარკვეულ მანძილზე ჯვარი გაქრება. ეს იმიტომ ხდება, რომ ამ მომენტში ჯვრის გამოსახულება ბრმა ხალს ემთხვევა. ახლა პირიქით მოიქეცი. დახუჭე მარჯვენა თვალი და მარცხენა თვალთ შეხედე ჯვრის გამოსახულებას. მიიტანე წიგნი თვალებთან ახლოს. რგოლი მხედველობის არიდან გაქრება, რადგან ახლა ის აღმოჩნდება ბრმა ხალის ზონაში.



3. დააკვირდი წითელ რგოლს და უყურე მას დაახლოებით ერთი წუთი ისე, რომ თვალი არ დაახამხამო. ამის შემდეგ სწრაფად გადაიტანე მზერა ფურცლის თეთრ ფონზე. შენ მწვანე რგოლს დაინახავ. ახლა მწვანე რგოლს დააკვირდი ერთი წუთი. გადაიტანე მზერა თეთრ ფონზე. რა დაინახე?



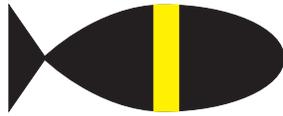
ამ ფაქტს მეცნიერები ასეთ ახსნას უძებნიან:

წითელი რგოლის დიდხანს ყურებისას წითელი კოლბები დიდხანს არის აგზნებულ მდგომარეობაში. სხვა ფერადი რეცეპტორები ამ დროს „დუმს“. თეთრი ფერის აღქმა სამივე ფერის რეცეპტორის მუშაობას მოითხოვს. თეთრ ფონზე მზერის გადატანისას, წითელი რეცეპტორები ვეღარ იგზნება. ამ დროს სხვა რეცეპტორებია აქტიური. ირღვევა ბალანსი ამ რეცეპტორების მუშაობას შორის, რაც ასეთ ეფექტში ვლინდება.

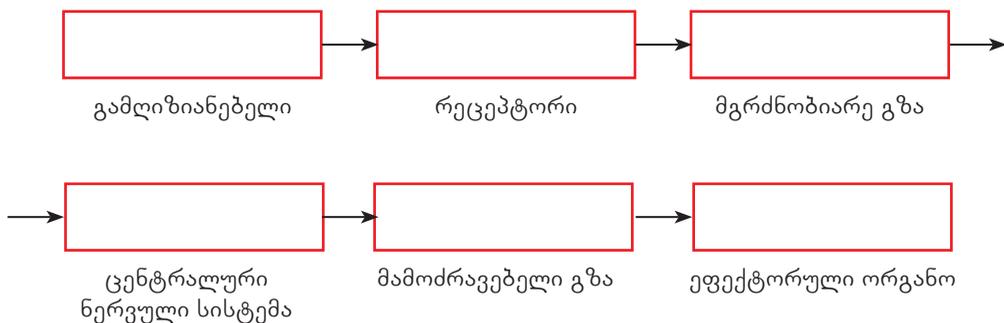
4. ერთი წუთის განმავლობაში უყურე ყვითელ ჯვარს. გადაიტანე მზერა თეთრ ფონზე. რას ხედავ? ახსენი ეს ფაქტი.



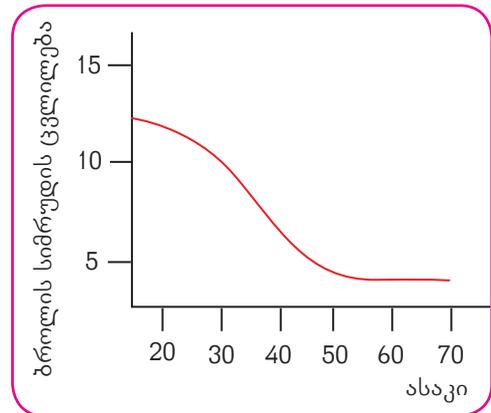
5. შენ შეგიძლია მზერით თევზი აკვარიუმში მოათავსო. ერთი წუთის განმავლობაში უყურე თევზის შუა ყვითელ ზოლს და შემდეგ მზერა აკვარიუმზე გადაიტანე. მოახერხე თევზის ჩასმა წყალში? ახსენი ეს მოვლენა.



6. ხუთ გამჭვირვალე ჭიქაში ჩაასხი ერთნაირი რაოდენობის წყალი. მოამზადე საკონდიტრო საღებავის ან აკვარელის ძლიერ კონცენტრირებული ლურჯი, მწვანე და წითელი ხსნარი. პირველ ჭიქაში ჩაამატე წითელი საღებავის 1 წვეთი, მეორეში — 2 წვეთი, მესამეში — 3 წვეთი, მეოთხეში — 4 წვეთი და მეხუთეში — 5 წვეთი. დანომრე ჭიქებისე, რომ გამოსაცდელი პირები ვერ მიხვდნენ მის მნიშვნელობას. შესთავაზე სათითაოდ შენს ყველა თანაკლასელს, დაალაგოს ჭიქები საღებავის ფერის სიმკვეთრის ზრდის მიხედვით. ექსპერიმენტი ჩაატარე კარგად განათებულ ოთახში.
- ა. ყველა მოსწავლემ შეძლო ამოცანის სწორად შესრულება?
 - ბ. დაადგინე, პროცენტულად რამდენმა ვერ შეძლო ეს.
 - გ. გაიმეორე იგივე ექსპერიმენტი ლურჯი და მწვანე საღებავით.
 - დ. აქეთ თუ არა პრობლემა იგივე პირებს, რომლებმაც წინა სამუშაოს შესრულება ვერ შეძლეს?
 - ე. ჩააბნელე ოთახი და გაიმეორე იგივე ექსპერიმენტი.
 - ვ. დაადგინე პროცენტი მოსწავლეებისა, რომლებმაც ვერ შეძლეს დავალების შესრულება.
 - ზ. რა დასკვნას გააკეთებ?
 - თ. შესთავაზე მსგავს ექსპერიმენტში მონაწილეობა ოჯახის წევრებს. შეაჯერე ექსპერიმენტის შედეგები და გაკეთე დასკვნები.
7. ენაზე მყოფე საკვების მოხვედრისას ნერწყვი უხვად გამოიყოფა. აღწერე გზა, რომელსაც ნერვული იმპულსი გაივლის რეცეპტორიდან ეფექტორამდე. გადაიტანე რვეულში და ჩაწერე უჯრებში შესაბამისი სტრუქტურები.



8. გრაფიკი გიჩვენებს ბროლის სიმრუდის ცვლილების უნარის დამოკიდებულებას ადამიანის ასაკთან.
- რომელი ასაკიდან იწყებს მკვეთრად შემცირებას ბროლის სიმრუდის შეცვლის უნარი?
 - რომელ ასაკშია ეს უნარი მინიმალური?
 - როგორ მოქმედებს ეს ადამიანის მხედველობაზე?
 - გაიხსენე, რომელი ცილა შედის ბროლის შედგენილობაში?
 - რა თვისებები აქვს ამ ცილას?
 - რა ემართება ამ ცილას ხანდაზმულ ასაკში?
 - რა კავშირი აქვს ამ ცვლილებას ბროლის სიმრუდის შეცვლასთან?



მოიძიე ინფორმაცია და დაწერე რეფერატი თვალის ერთ-ერთი დაავადების — კატარაქტის შესახებ შემდეგი სქემის მიხედვით:

- დაავადების გამომწვევი მიზეზები;
- დაავადების ნიშნები;
- ასაკობრივი ჯგუფები;
- მკურნალობის მეთოდები;
- დაავადების პრევენცია.



- ადამიანის თვალი 2,5 სმ-ია და დაახლოებით 7 გრ-ს იწონის.
- ასაკთან ერთად მინისებრი სხეულის სტრუქტურა იცვლება, ის თხევადდება და მასში კოლაგენის ბოჭკოების ნაფლეთები თავისუფლად დაცურავს. ადამიანი მას მოძრავი ლაქების სახით აღიქვამს, რაც საკმაოდ დიდ დისკომფორტს უქმნის.
- გაინტერესებს, რატომ აქვთ ადამიანებს ფოტოზე ზოგჯერ წითელი თვალები? ცუდი განათების პირობებში ფოტოგრაფირებისას, ფოტოაპარატი მყისიერად ძალიან მკვეთრ სინათლეს ასხივებს. გუგა, რომელიც სიბნელეში გაფართოებულია, ვერ ასწრებს რეაგირებას სინათლეზე და ისევ გაფართოებული რჩება. სინათლე აღწევს სისხლძარღვოვან გარსამდე და აირეკლება. სწორედ ეს არეკლილი სხივები ფიქსირდება ფოტოფირზე წითლად.

§32



ენდოკრინული სისტემა

ხერხემლიანი ცხოველების შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლები.

ჰორმონების მოქმედების მექანიზმი

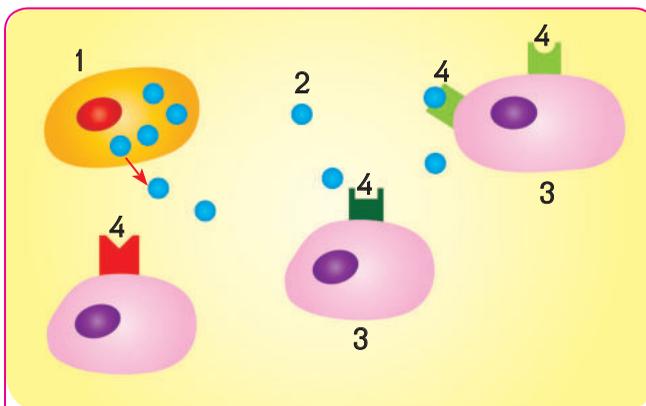
ჰიპოფიზი და ჰიპოთალამუსი — სასიცოცხლო პროცესების მთავარი რეგულატორები

ნერვული სისტემა სხვადასხვა ორგანოებს, მათი მუშაობის ერთმანეთთან შესატანხმებლად, ელექტრულ სიგნალებს უგზავნის. ორგანოთა პასუხი ამ სიგნალებზე მყისიერია. ენდოკრინული სისტემა კი ორგანიზმზე კონტროლს ქიმიური სიგნალების — **ჰორმონების** საშუალებით ამყარებს. ისინი აკონტროლებენ ჩვენს ორგანიზმში მეტაბოლიზმის სიჩქარეს, უჯრედების ზრდასა და გამრავლებას, ორგანიზმის განვითარებასა და სქესობრივ მომწიფებას. ასე რომ, ორგანიზმის პასუხი ენდოკრინული სისტემის სიგნალებზე შესაძლოა, ძალიან ხანგრძლივიც იყოს. ენდოკრინული სისტემა ყველა ცხოველს აქვს, რომელსაც ნერვული და სისხლის მიმოქცევის სისტემა გააჩნია.

ხერხემლიან ცხოველებსა და ადამიანს ენდოკრინული სისტემის აგებულების საერთო გეგმა აქვს. ის რამდენიმე მთავარი შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლისგან შედგება. **შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლები** წარმოადგენს ერთად თავმოყრილი უჯრედების ერთიანობას, რომელიც მის მიერ გამოშვებულ სეკრეტს — ჰორმონს სადინარის გარეშე, პირდაპირ სისხლში ათავისუფლებს. ჰორმონები სისხლის მიმოქცევის სისტემის საშუალებით ყველა ორგანომდე აღწევს და ამ „მოგზაურობის“ დროს საკმაოდ დიდ მანძილსაც გადის. თუმცა, მათ მიერ მიტანილ ინფორმაციას მხოლოდ ის უჯრედები ეხმაურება, რომელთაც ამ ჰორმონის შესაბამისი რეცეპტორი გააჩნიათ. ასეთ ორგანოებს ჰორმონის **სამიზნე ორგანოებს** უწოდებენ. სხვა ორგანოების უჯრედები უგრძნობია ამ ჰორმონის მიმართ — მათ ჯირკვლის მიერ გამოგზავნილი ინფორმაცია არ ეხება. ჰორმონების უმრავლესობას რამდენიმე სამიზნე ორგანო აქვს.

1 შენ უკვე იცი, როგორ მუშაობს პარატჰორმონი და ადრენალინი. გაიხსენე და დაასახელე მათი სამიზნე ორგანოები.

ადამიანის ორგანიზმში 50-მდე ჰორმონია აღმოჩენილი, რომელიც ორგანულ ნაერთთა სხვადასხვა კლასს მიეკუთვნება. ისინი უჯრედებს ბრძანებას ძირითადად ორი გზით ატყობინებენ.



ჰორმონების მოქმედების მექანიზმი

1. შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლის უჯრედი;
2. ჰორმონი;
3. სხვადასხვა ქსოვილის უჯრედები;
4. ჰორმონის რეცეპტორები.

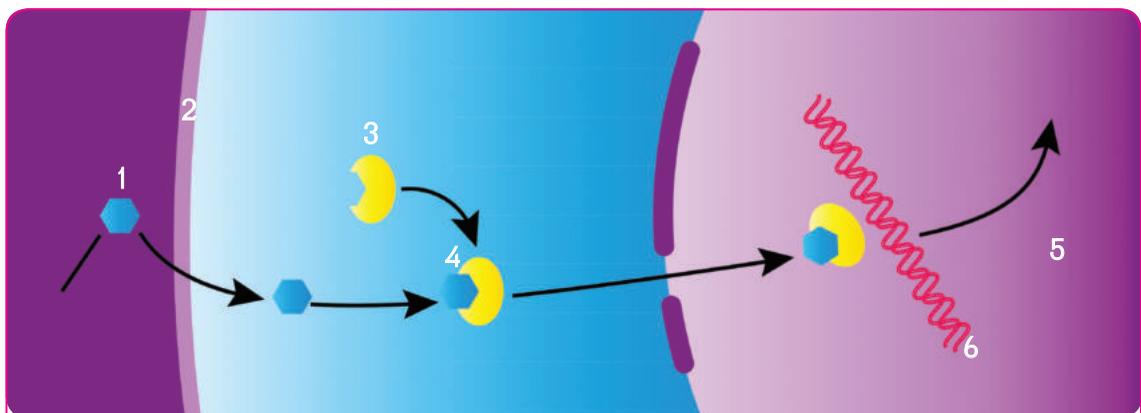
ჰიდროფილური ჰორმონები, რომლებიც უჯრედში პლაზმური მემბრანის გავლით ვერ აღწევს, მემბრანაზე მოთავსებულ რეცეპტორს უკავშირდება. რეცეპტორი აღიქვამს ინფორმაციას, რასაც მეტაბოლიზმის გააქტიურება ან შენელება მოჰყვება. ასე მუშაობს, მაგალითად, კუჭქვეშა ჯირკვლის ჰორმონი ცილა-ინსულინი, რომელიც ღვიძლის უჯრედებში გლიკოგენის, ლიპიდების, ცილების სინთეზსა და გლიკოლიზში მონაწილე ფერმენტების გააქტიურებას იწვევს. ინსულინის მოქმედებით აქტიურდება ასევე პლაზმურ მემბრანაზე მოთავსებული გლუკოზის გადამტანები. ყველაფერ ამას, საბოლოოდ, სისხლში გლუკოზის რაოდენობის შემცირება მოჰყვება.

მოქმედების სხვაგვარი სტრატეგია აქვთ სასქესო ჯირკვლების ჰორმონებს.

2 ნივთიერებათა რომელ კლასს მიეკუთვნება სასქესო ჯირკვლების ჰორმონები?

სასქესო ჰორმონები თავისუფლად გადის მემბრანაში, ამიტომ მას სამიზნე ორგანოებს რეცეპტორები უჯრედის შიგნით აქვს მოთავსებული. ჰორმონებისა და რეცეპტორების დაკავშირებით წარმოიქმნება კომპლექსი, რომელიც ბირთვის შიგნით აღწევს და დნმ-ში გარკვეულ გენებს ააქტივებს. ორგანიზმში ახალი ცილების სინთეზი იწყება და ის ახალ თვისებებს იძენს — თვისობრივად იცვლება.

3 ჩამოთვალე, რომელი ახალი ნიშნები ჩნდება გოგონებისა და ბიჭების ორგანიზმში სქესობრივი მომწიფების დროს.



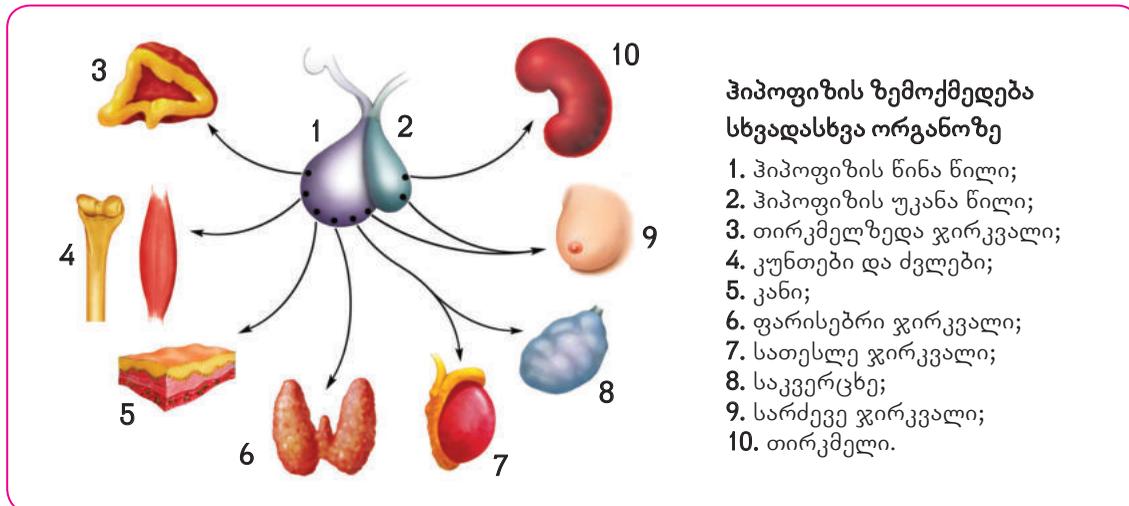
სასქესო ჰორმონების მოქმედების სტრატეგია

1. სასქესო ჰორმონი; 2. პლაზმური მემბრანა; 3. რეცეპტორი;
4. ჰორმონისა და რეცეპტორის კომპლექსი; 5. ბირთვი; 6. დნმ.

როგორც ხედავ, ჰორმონები, რომლებიც ძალიან მცირე რაოდენობით გამოიშვება, უზარმაზარ ცვლილებებს იწვევს ორგანიზმში. ამიტომ ჰორმონების რაოდენობა მკაცრად კონტროლდება.

მაგალითად, ფარისებრი ჯირკვლის ჰორმონის — თიროქსინის რაოდენობას ჰიპოფიზი აკონტროლებს. როგორც კი მისი რაოდენობა სისხლში ოდნავ დაიკლებს, ჰიპოფიზი ამ ჯირკვლის მასტიმულირებელ ჰორმონს გამოყოფს. ის სისხლით ფარისებრ ჯირკვლამდე აღწევს და მისი გავლენით ფარისებრი ჯირკვალი თიროქსინის გამოყოფას აძლიერებს. როდესაც თიროქსინის რაოდენობა ნორმას დაუბრუნდება, ჰიპოფიზი წყვეტს მასტიმულირებელი ჰორმონის გამოყოფას, ამიტომ ფარისებრი ჯირკვალი თიროქსინს აღარ ამზადებს.

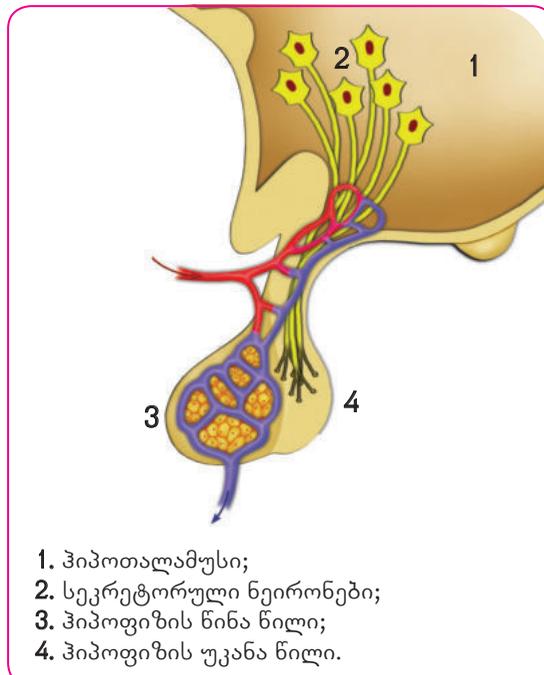
ჰიპოფიზი სტრუქტურულად ერთმანეთისგან განსხვავებული ორი — წინა და უკანა ნაწილისგან შედგება. წინა ნაწილში, ფარისებრი ჯირკვლის მასტიმულირებელი ჰორმონის გარდა, სინთეზდება თირკმელზედა და სასქესო ჯირკვლების მაკონტროლირებელი ჰორმონები. აქვე მზადდება სომატოტროპინი, რომლის გავლენით უჯრედები მრავლდება და იზრდება; პროლაქტინი, რომელიც ფეხმძიმობის ბოლოს იწყებს გამოყოფას და ამზადებს სარძევე ჯირკვალს რძის გამოსამუშავებლად. წინა ნაწილის ჰორმონია ასევე ლიპოტროპინი, რომელიც ასტიმულირებს ცხიმების წვას და მონაწილეობს ენდორფინების წარმოქმნაში.



ძალიან დიდი ხნის განმავლობაში ჰიპოფიზს ყველაზე მთავარ შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლად თვლიდნენ. ფიქრობდნენ, რომ მთლიანად ის განაგებდა ენდოკრინული ჯირკვლების მუშაობას. მაგრამ, როგორც აღმოჩნდა, ჰიპოფიზი **ჰიპოთალამუსის** სრული გავლენის ქვეშ იმყოფება. ჰიპოთალამუსის ჰორმონებს შეუძლია დაბლოკოს ან გაააქტიუროს ჰიპოფიზის მუშაობა. ეს ჰორმონები ჰიპოფიზში ჰიპოთალამუსის ნეირონების აქსონებიდან ხვდება. ამას გარდა, ოქსიტოცინი და ვაზოპრესინი, რომელსაც ჰიპოფიზის უკანა წილი გამოყოფს, ჰიპოთალამუსშია დამზადებული.

ასე რომ, ჰიპოთალამუსს „ჰიპოფიზის გავლით“ ყველა სხვა შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლის კონტროლი შეუძლია.

ჰიპოთალამუსი მთავარი დამაკავშირებელი რგოლია ნერვულ და ენდოკრინულ სისტემას შორის. პერიფერიული ნერვული სისტემიდან ინფორმაცია თავის ტვინში ჰიპოთალამუსის გავლით ხვდე-



ბა. ის ინფორმაციას სხეულის ყველა ნაწილიდან ღებულობს და მას სისხლში ჰორმონების ნორმალური რაოდენობის შესანარჩუნებლად იყენებს. ეს კი ორგანიზმის ნორმალურ ფუნქციონირებას უზრუნველყოფს.

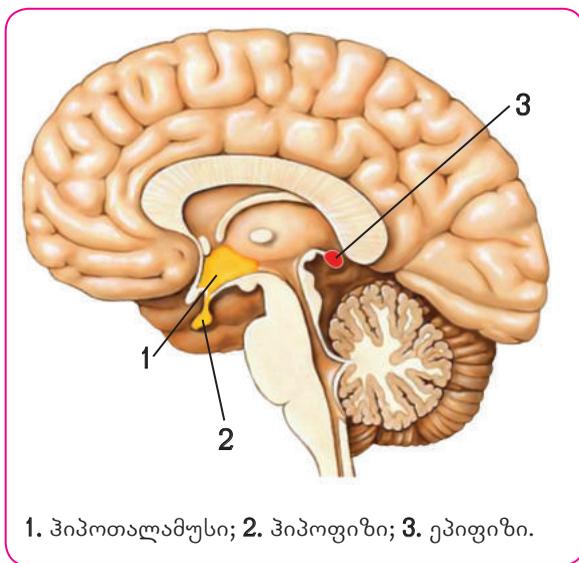
ჰიპოთალამუსი ჩვენი ორგანიზმის ემოციური ცენტრია. ის აკონტროლებს ადამიანის განწყობას, ქცევებს, შემოქმედებითობას, არეგულირებს შიმშილისა და წყურვილის შეგრძნებას, მადას. ჰიპოთალამუსის გავლენით წარმოიქმნება კმაყოფილების — დანაყრების შეგრძნება საკვების მიღების შემდეგ. თუმცა, ამას საკვების მიღებიდან 10 წუთი მაინც სჭირდება. დადგენილია, რომ უმეტეს შემთხვევაში, ჭარბონოანობის მიზეზი სწრაფი და უზომო კვებაა. ადამიანი „არ აცდის“ ჰიპოთალამუსს, შეაფასოს მიღებული საკვების რაოდენობა, არ ელოდება მის პასუხს, ანუ დანაყრების შეგრძნებას და გაცილებით მეტ საკვებს ღებულობს, ვიდრე სჭირდება. ამიტომ ასეთი ადამიანების წონაში დაკლების ეფექტური საშუალება არა მტანჯველი დიეტებია, არამედ ნელი კვება.

სხვათა შორის, ასეთმა დიეტებმა და ხანგრძლივმა შიმშილმა შესაძლოა ჰიპოთალამუსის ფუნქციის დარღვევა გამოიწვიოს. წარმოიდგინე, რა ემართება ამ დროს ადამიანს; ჰიპოთალამუსი არასწორ ბრძანებებს უგზავნის უამრავ ორგანოს და მათი მოქმედება ერთდროულად ირღვევა, სრული ქაოსია ადამიანის ემოციებში.

მეცნიერებმა დადგინეს არაფერი იცოდნენ პანანინა, გირჩის ფორმის სტრუქტურის — **ეპიფიზის** ფუნქციების შესახებ, რომელიც თავის ტვინში ძალიან ღრმად, ნახევარსფეროების ზუსტად ცენტრში მდებარეობს. მას ადამიანები ასწლეულების მანძილზე მისტიკურ თვისებებს მიაწერდნენ. მის შესახებ მრავალი მითი, ცრურწმენა და თეორია არსებობდა. ერთ-ერთი მოსაზრების თანახმად, ეპიფიზში ადამიანის სული ბინადრობს. ეპიფიზს „მესამე თვალსაც“ უწოდებენ. ძველი ინდური ფილოსოფიის მიხედვით, ადამიანს რამდენიმე ჩაკრა, ანუ ენერჯის ცენტრი გააჩნია. ეპიფიზი ყველზე მნიშვნელოვან ჩაკრას უკავშირდება და როდესაც ის აქტიურდება, მაშინ სული ფიზიკურ სხეულს სცილდება. ისინი დარწმუნებულები არიან, რომ ეპიფიზი „მთვლემარე ორგანოა“ და მისი გავარჯიშებით ადამიანი ნათელმხილველი ხდება.

ზოგიერთი ცხოველის, მაგალითად, ზოგიერთი ხვლიკის ეპიფიზი ტვინში ზედაპირულად, კანთან ახლოს მდებარეობს და მისი გააქტიურება პირდაპირი სინათლით ხდება. მათთვის ეპიფიზი ნამდვილად მესამე თვალის როლს ასრულებს. ცხოველებში ეპიფიზი ზამთრის ძილსა და სეზონურ გამრავლებას არეგულირებს.

ადამიანებში ეპიფიზის ფუნქცია ბოლომდე შესწავლილი არ არის, თუმცა, უკვე დანამდვილებითაა ცნობილი, რომ ის ჰორმონ **მელატონინს** გამოიმუშავებს, რომელიც ძილ-ღვიძილის პროცესში მონაწილეობს, ასევე სხვა ჰორმონებზე ზემოქმედებით თრგუნავს სქესობრივ მომწიფებას, ხელს უშლის სიმსივნეების განვითარებას.



1. ჰიპოთალამუსი; 2. ჰიპოფიზი; 3. ეპიფიზი.

ოდესმე თუ დაფიქრებულხარ იმაზე, რატომ გვეძინება მაინცდამაინც ღამით და რატომ გვიჭირს დღისით ძილი? თურმე, ეპიფიზი მელატონინს სიბნელეში დიდი რაოდენობით გამოიმუშავებს, ხოლო სინათლეში მისი სინთეზი კლებულობს.

თუ ადამიანი ძალიან მცირე დროს ატარებს დღის საათებში მზეზე და გვიან ღამემდე იმყოფება განათებულ ოთახში, მას, შესაძლოა, მელატონინის ნორმალური გამოიმუშავება დაერღვეს. მელატონინის ნაკლებობის პირველი ნიშანი უძილობა, მოუსვენრობა, შიშის შეგრძნება და მაღალი არტერიული წნევაა.

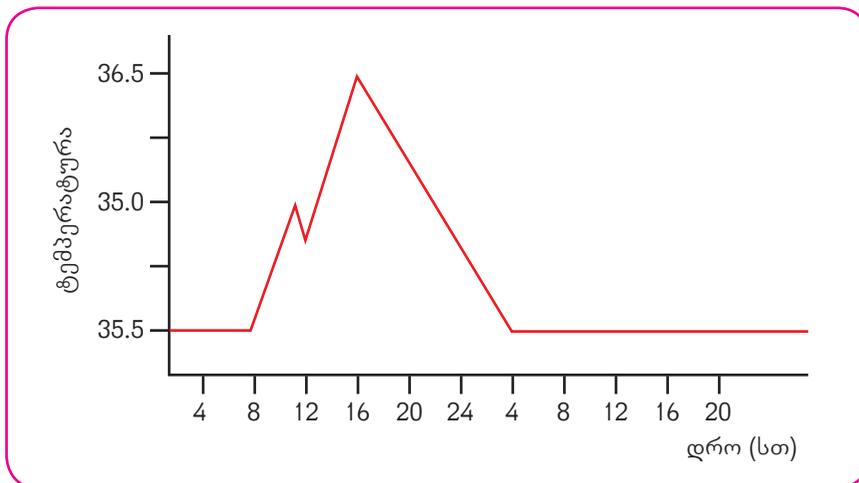
როგორც ხედავ, შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლები ჩვენს ორგანიზმში ერთმანეთთან დაკავშირებულ რთულ იერარქიულ სისტემას ქმნის, რომლის სწორ მოქმედებაზე ჩვენი ჯანმრთელობაა დამოკიდებული.



შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლები ორგანიზმზე კონტროლს ჰორმონების საშუალებით ახორციელებს. ორგანოს, რომელზეც ჰორმონი მოქმედებს, სამიზნე ორგანო ჰქვია. ზოგი ჰორმონის რეცეპტორი პლაზმურ მემბრანაზე მდებარეობს, ზოგი კი უჯრედის შიგნით; ზოგი ჰორმონი ორგანიზმის მეტაბოლიზმს აძლიერებს ან აბრკოლებს, ზოგი კი თვისობრივად ცვლის მას. შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლები ერთმანეთთან დაკავშირებულ რთულ იერარქიულ სისტემას ქმნის, რომლის ყველაზე მაღალ საფეხურზე თავის ტვინის ერთ-ერთი განყოფილება — ჰიპოთალამუსი იმყოფება.

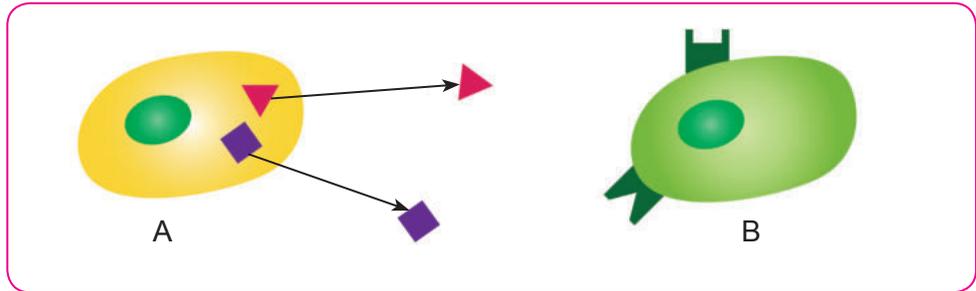


1. გრაფიკი გიჩვენებს ჯანმრთელი ადამიანის ტემპერატურის მერყეობას 24 საათის განმავლობაში.



- ა. რომელ საათზეა ტემპერატურა მაქსიმალური?
- ბ. რომელ საათზეა ტემპერატურა მინიმალური?
- გ. დაასახელე ამის მიზეზები.
- დ. მოიფიქრე, რომელი პროფესიის ადამიანებს შეიძლება ჰქონდეთ განსხვავებული მონაცემები?

- ილუსტრაციაზე ღვიძლის უჯრედია (B). მასზე ერთი შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლიდან (A) გამოყოფილი ორი სხვადასხვა ჰორმონი ერთმანეთის საპირისპიროდ მოქმედებს. დაასახელე ეს ჯირკვალი და მის მიერ გამოყოფილი ჰორმონები.



- როგორ ფიქრობ, ელექტრული სიგნალი უფრო სწრაფად აღწევს დანიშნულების ადგილამდე თუ ქიმიური სიგნალი ჰორმონის სახით?
- რომელი ჰორმონის ნაკლებობაზე შეგეპარება ეჭვი, თუ ადამიანი კალორიებს ნორმალური რაოდენობით ღებულობს და ფიზიკურადაც აქტიურია, მაგრამ მაინც ძალიან ჭარბი წონა აქვს?
- დაასახელე შინაგანი სეკრეციის ჯირკვალი, რომელსაც მხოლოდ ერთი სამიზნე ორგანო აქვს.
- ზოგიერთი მეცნიერი ჰიპოთალამუსს შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლებს არ მიაკუთვნებს. როგორ ფიქრობ, რას უნდა ეფუძნებოდეს მათი ასეთი მოსაზრება? რით განსხვავდება ის სხვა შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლებისგან?
- მეხანძრეები ასეთ ინციდენტს აღწერენ: ორი მოხუცი ქალბატონის ბინაში ხანძარი გაჩნდა. მათ შეძლეს საყვარელი როიალის ალმოდებული ოთახიდან გატანა. ხანძრის ჩაქრობის შემდეგ ხუთმა მეხანძრემ გაჭირვებით დააბრუნა როიალი ოთახში. შეეცადე, ახსნა მოუძებნო ამ ფაქტს.



შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლების გარდა, ჰორმონებს ადამიანის სხვადასხვა ორგანოც გამოიმუშავებს. მაგალითად თირკმელი ჰორმონს — ერთროპოეტინს გამოყოფს. შეეცადე განმარტო ეს ტერმინი და ივარაუდო მისი სამიზნე ორგანო. მოიძიე ინფორმაცია ერთროპოეტინის შესახებ. გამართლდა შენი ვარაუდი?



- მეცნიერები აკვირდებოდნენ უსინათლო გოგონების მომწიფების პროცესს. აღმოჩნდა, რომ ისინი, ჯანმრთელ ბავშვებთან შედარებით, სქესობრივად გვიან მწიფდებიან. როგორ ახსნი ამ ფაქტს?
- პროფესიონალ სპორტსმენებს, რომლებიც ყოველდღე ფიზიკურად ძალიან ინტენსიურად, თითქმის „ტკივილამდე“ ვარჯიშობენ, ვარჯიშის პროცესში და შემდეგაც სასიამოვნო განცდა ეუფლებათ — სასიამოვნოდ იღლებიან.

თუ რაიმე მიზეზის გამო მათ რამდენიმე დღე ვარჯიში ვერ შეძლეს, ისინი საოცრად გაღიზიანებული არიან და უსიამოვნო შეგრძნებები უჩნდებათ.

შენი აზრით, შესაძლოა ამ განცდების მიზეზი რომელიმე ნივთიერება იყოს?



საინტერესოა, რომ ჰორმონების გარდა, მრავალუჯრედიანი ორგანიზმები სხვა სახის საკომუნიკაციო ქიმიურ ნივთიერებებს — **ფერომონებსაც** გამოიმუშავენ. ჰორმონებისგან განსხვავებით, ფერომონები სასიგნალო ნივთიერებებია, რომლებსაც ერთი და იგივე სახეობის ინდივიდები ერთმანეთს უგზავნიან. ზოგჯერ ცხოველები ფერომონებით ერთმანეთს სქესობრივი გამრავლების დროს იზიდავენ. ზოგიერთი ცხოველი მას ტერიტორიის მოსანიშნად იყენებს. ბოლო გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ ადამიანებში მამაკაცის მიერ გამოყოფილი ფერომონი გავლენას ახდენს ქალის მენსტრუალურ ციკლზე. დადგენილია ასევე, რომ მამაკაცის ფერომონის ზემოქმედება ოვულაციის შემდეგ ზრდის ჩანასახის მიმაგრების შანსს საშვილოსნოში.

IX კოორდინაცია და რეგულაცია

§33



მცენარეული ჰორმონები

აუქსინები, გიბერელინი, ეთილენი, აბსციზინი

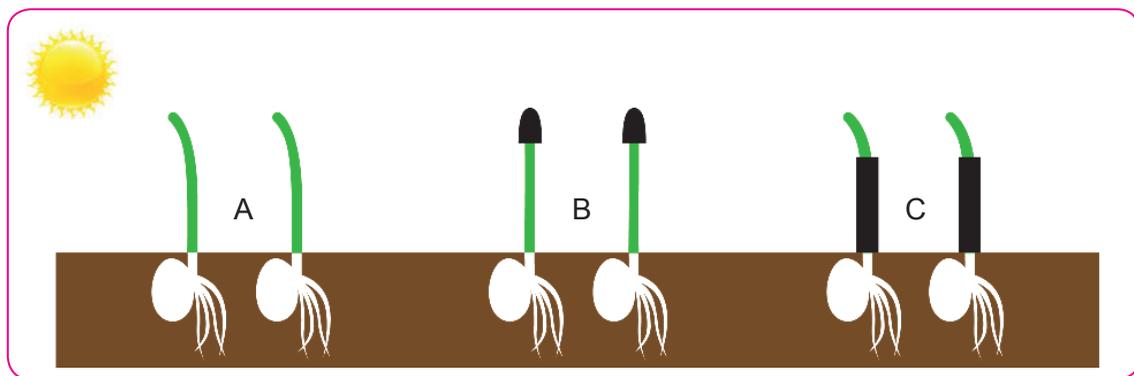
მცენარეებს ნერვული სისტემა არ გააჩნიათ. მუდმივად ცვალებად გარემოს ისინი მხოლოდ ჰორმონების საშუალებით უმკლავდებიან. მცენარეებზე მოქმედი მრავალი ფაქტორიდან, მათთვის სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი ფაქტორები სინათლე, წყალი და დედამიწის მიზიდულობაა. ამიტომ მცენარეები განსაკუთრებით მგრძობიარენი არიან მათ მიმართ და მათზე სხეულის ნაწილების მოძრაობით რეაგირებენ.

გარეგანი ფაქტორით გამოწვეულ მცენარეთა ნაწილების მიმართულ მოძრაობას **ტროპიზმი** ეწოდება. დადებითია ტროპიზმი, თუ მცენარის ნაწილი ფაქტორის მიმართულებით მოძრაობს და უარყოფითია — თუ ფაქტორის სანინაალმდეგოდ.

სინათლით გამოწვეულ ტროპიზმს **ფოტოტროპიზმს** უწოდებენ, დედამიწის მიზიდულობით გამოწვეულს — **გეოტროპიზმს**, ქიმიური ნივთიერებით გამოწვეულს — **ქემოტროპიზმს**.

- 1 რას დაარქმევდი ჰაერითა და წყლით გამოწვეულ ტროპიზმს?
- 2 მცენარის რომელ ნაწილს ახასიათებს დადებითი გეოტროპიზმი? უარყოფითი?
- 3 მცენარის რომელი ორგანოსთვის არის დამახასიათებელი დადებითი ფოტოტროპიზმი?

პირველი ცდები ფოტოტროპიზმის ბუნების გასარკვევად დარვინსა და მის ვაჟიშვილს ეკუთვნით. მათ აინტერესებდათ, მცენარის რომელი ნაწილი აღიქვამდა სინათლეს. ისინი მცენარის აღმონაცენების ერთ ჯგუფს მიწისზედა ნაწილს, წვეროს გარდა, შავი ქალაღლით უფარავდნენ, მეორე ჯგუფს კი მხოლოდ წვეროებს. ამის შემდეგ მცენარეებს ფანჯრის რაფაზე ათავსებდნენ ისე, რომ მათ სინათლე მხოლოდ ერთი მხრიდან ანათებდა.

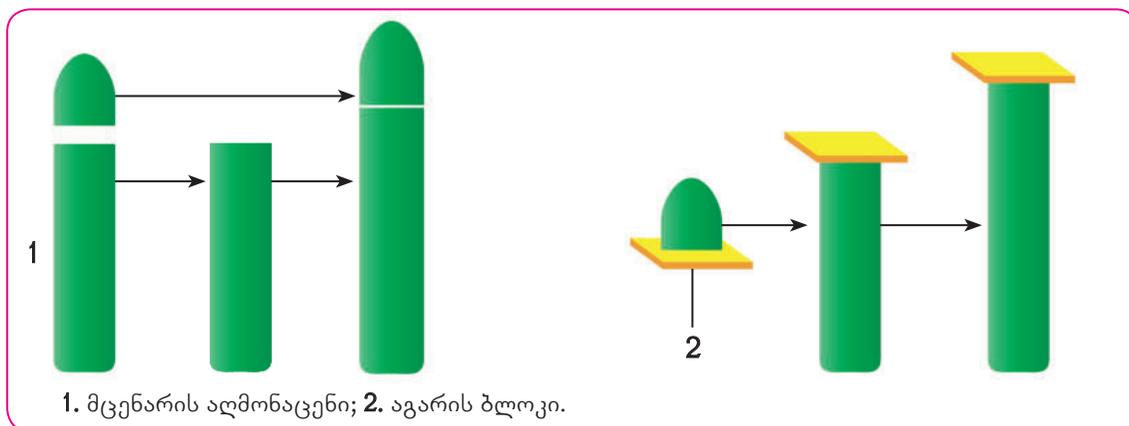


- 4 დააკვირდი ილუსტრაციას. რომელი ჯგუფის მცენარეები წარმოადგენენ ამ ექსპერიმენტში საკონტროლო მცენარეებს?
- 5 რომელი ჯგუფის მცენარეები არ ავლენენ დადებით ფოტოტროპიზმს?

ცდის შედეგებიდან გამომდინარე, მკვლევარებმა დაასკვნეს, რომ სინათლეს აღმონაცენის მხოლოდ წვერი აღიქვამს, შემდეგ ეს ინფორმაცია როგორღაც ქვემოთ ვრცელდება და მცენარე მთელი მიწისზედა ნაწილით რეაგირებს მასზე.

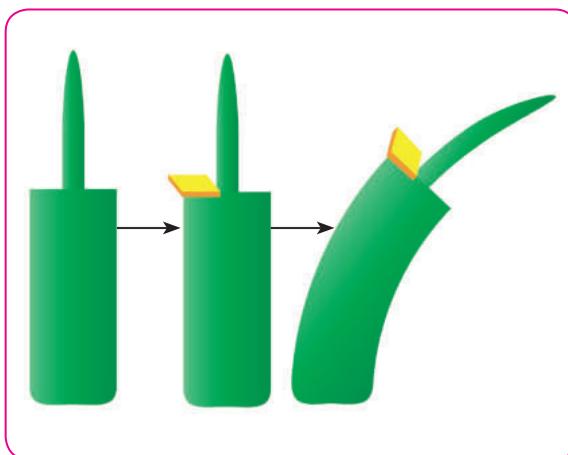
დარვინის შემდეგ ექსპერიმენტულად დადასტურდა, რომ ინფორმაციის გადამტანი ზრდის ჰორმონია. ამ ცდების სერია სქემატურად ილუსტრაციაზეა წარმოდგენილი.

როდესაც მცენარის აღმონაცენს წვეროს აჭრიდნენ, აღმონაცენი ზრდას წყვეტდა. როდესაც მოჭრილი ნაწილი მეორე წვეროგადაჭრილი მცენარის აღმონაცენზე გადაჰქონდათ, ის ზრდას აგრძელებდა. მეცნიერებმა ივარაუდეს, რომ წვერო ღეროს ქვედა ნაწილს რაღაც ზრდის მასტიმულირებელ ნივთიერებას გადასცემდა. ამაში დასარწმუნებლად მათ ნაჭრილი წვერო აგარის ბლოკზე მოათავსეს. აგარი ყელესმაგვარი ნივთიერებაა, რომელშიც სხვა ნივთიერების მოლეკულები ადვილად მოძრაობს. თუ ზრდის ეფექტი მართლაც რაღაც ნივთიერებით იყო გამოწვეული, მაშინ ეს ნივთიერება აუცილებლად აგარზე უნდა გადასულიყო. გარკვეული ხნის შემდეგ აგარის ბლოკი წვერონაჭრილ აღმონაცენზე მოათავსეს. აღმონაცენმა ზრდა განაგრძო. ყველაზე საინტერესო ის იყო, რომ ზრდა სრულ სიბნელეშიც მიმდინარეობდა. მეცნიერების ვარაუდი გამართლდა. ღეროს წვერო ნამდვილად გამოყოფდა რაღაც ნივთიერებას, რომელიც ღეროს სიგრძეში ზრდას უწყობდა ხელს. ეს ცდები მცენარეებზე თანაბარი განათებისა და სიბნელის პირობებში ტარდებოდა. მცენარე არც ერთი მიმართულებით არ იხრებოდა — ის ვერტიკალურად ზემოთ იზრდებოდა.

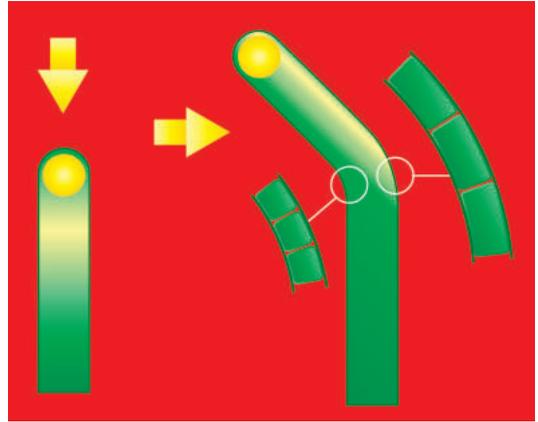


ცდების შემდგომ სერიაში ამ ნივთიერებით გაჯერებული აგარის პატარა ნაჭერი მეცნიერებმა აღმონაცენის ერთ მხარეს — ასიმეტრიულად მოათავსეს. აღმონაცენი აგარის საწინააღმდეგო მხარეს გადაიხარა, თითქოს მას მზე ერთი მხრიდან ანათებდა.

ამ ექსპერიმენტმა საშუალება მისცა მკვლევარებს, გაერკვიათ ფოტოტროპიზმის ქიმიური საფუძველი. ზრდის ამ ფაქტორს მეცნიერებმა **აუქსინი** უწოდეს, რაც ბერძნულად ნიშნავს ვიზრდები, ზომაში ვიმატებ.



როგორც აღმოჩნდა, სინათლე თრგუნავს აუქსინის წარმოქმნას. როდესაც სინათლე აღმონაცენს ყველა მხრიდან თანაბრად ანათებს, წვეროში წარმოქმნილი აუქსინი „გაურბის“ განათებას და დიფუზიით ნელა გადაადგილდება ქვემოთ. აუქსინი ყველა უჯრედზე თანაბრად მოქმედებს და ღერო ვერტიკალურად ზემოთ იზრდება. როდესაც მზე აღმონაცენს ერთი მხრიდან ანათებს, ის უჯრედები, რომლებსაც სინათლე ხვდება, აუქსინის ნაკლებ ზემოქმედებას განიცდის, ისინი კი რომლებსაც მზე არ ანათებს — გაძლიერებულს. გაირკვა, რომ აუქსინი უჯრედის კედლის პლასტიკურობაზე მოქმედებს. ის ააქტივებს H^+ ატფ-აზას, რომელიც ციტოპლაზმიდან უჯრედის კედელში წყალბადის იონებს გადატუმბავს. მომატებული მჟავიანობის გამო ცელულოზა რბილდება, იზრდება კედლის განვლადობა წყლის მიმართ, უჯრედში ბევრი წყალი შედის, ის ზომაში მატულობს და სიგრძეში იჭიმება. ამიტომ მცენარე მზის მიმართულებით გადაიხრება.



აუქსინის ზემოქმედება უჯრედის კედელზე
 1. უჯრედის კედელი; 2. H^+ -ატფ-აზა; 3. ცელულოზის ფიბრილები.

აუქსინის მიმართ მცენარეები განსხვავებულ მგრძობელობას იჩენენ. აღმოჩნდა, რომ აუქსინი, სულ მცირე კონცენტრაციითაც კი, ძლიერ ზემოქმედებას ახდენს ორლებნიან მცენარეებზე. აუქსინების მაღალი კონცენტრაციის ზემოქმედებით იწყება მათი უკონტროლო ზრდა. ისინი არანორმალურად აძლიერებენ მეტაბოლიზმს, რასაც მახინჯი ფორმების წარმოქმნა და მცენარეების თვითგანადგურება მოჰყვება. ორლებნიან მცენარეებზე ასეთი ზემოქმედების გამო, აუქსინებს ორლებნიანი სარეველების გასანადგურებლად ხმარობენ ყანებსა და გაზონებში, სადაც დეკორატიულ მცენარეებზე და ძირითადად ერთლებნიანი მცენარეები გამოიყენება.

აუქსინები აფერხებს ნაყოფების დამნიფებას და მათ ნაადრევ ცვენას, ამიტომ მეზღვრები სინთეზურ აუქსინებს იყენებენ, რათა თავიდან აიცილონ მომნიფებული ნაყოფის ცვენა ხეებიდან. ერთ-ერთი სახის აუქსინის ზემოქმედებით ნაყოფი დამტვერვისა და კვერცხუჯრედის განაყოფიერების გარეშე წარმოიქმნება.

ამ ჰორმონს მეზღვრები უთესლო ნესვის, საზამთროს, კიტრისა და პომიდვრის მისაღებად იყენებენ.

6 გაიხსენე, როგორ წარმოიქმნება თესლი.

ერთ-ერთი სახის ჰორმონი — **გიბერელინი** იაპონიაში აღმოაჩინეს. იქ დიდხანს გამოცანად რჩებოდა, რატომ იზრდებოდა ბრინჯის ნათესები ხანდახან უცნაურად დიდები. გამოკვლევებით დადგინდა, რომ ყველა მათგანი სოკო გიბერელათი იყო დაავადებული და ბრინჯის ზრდის მასტიმულირებელ ნივთიერებას სწორედ ის გამოყოფდა. ამ ნივთიერებას გიბერელინი უწოდეს. გიბერელინებს, სოკოების გარდა, მცენარეების ღეროები და ფოთლებიც გამოიმუშავებენ და ის ასტიმულირებს როგორც უჯრედების სიგრძეში ზრდას, ასევე მათ მიტოზურ დაყოფას. ამიტომ სინთეზურ გიბერელინებს მოსავლიანობისა და მწვანე მასის გასაზრდელად იყენებენ.

თესლებში გიბერელინები იმ ფერმენტების წარმოქმნას უზრუნველყოფს, რომლებიც ენდოსპერმში მომარაგებულ ნახშირწყლებს მარტივ შაქრებად გარდაქმნის, ამიტომ ეს ჰორმონები ჩანასახის აღმოცენებასაც აჩქარებს.

ნაყოფების მომნიფება მცენარეებში **ეთილენზეა** დამოკიდებული. ის ნაყოფში სხვადასხვა ფერმენტის სინთეზს ასტიმულირებს. ზოგი მათგანი ამცირებს ნაყოფში მჟავების რაოდენობას, ზოგი კი უჯრედის კედლების პექტინს შლის. ამიტომ ნაყოფი უფრო რბილდება და სიმჟავეს კარგავს.

სხვა ჰორმონებისგან განსხვავებით, ეთილენი აირია. ის ადვილად ტოვებს უჯრედს და გარემოში თავისუფლდება. ამიტომ ერთი ნაყოფის მომნიფება სხვა ნაყოფების მომნიფებასაც უწყობს ხელს. მანგოსა და ანანასის პლანტაციებში ფერმერები კოცონებს ანთებენ. წვის პროდუქტები ეთილენს შეიცავს, ამიტომ ხილი პლანტაციებში ერთდროულად მნიფდება.

ციტრუსების, ანანასის, ბანანის შორ მანძილზე ტრანსპორტირებისას ფერმერები ხილს სრულ დამნიფებამდე კრეფენ. გზაში მათ ეთილენით ამუშავებენ და ხელოვნურად ამნიფებენ. ამით ისინი თავს არიდებენ ხილის გადამნიფებას.

რაც უფრო მნიფდება ნაყოფი, მით მეტ ეთილენს გამოყოფს გარემოში. ნაყოფის გადამნიფება ფერმერებისთვის არახელსაყრელია. ამიტომაც, რომ ისინი ხილს ნახშირორჟანგით გაჯერებულ საცავებში ინახავენ. ნახშირორჟანგი ეთილენის მოქმედებას თრგუნავს და ასევე ხელს უშლის ნაყოფში მის სინთეზს.

ერთ-ერთი მცენარეული ჰორმონი, რომელსაც **აბსციზინი** უწოდეს, ჩამოცვენილ ფოთლებში აღმოაჩინეს. ის მცენარეში სტრესული სიტუაციების დროს სინთეზდება. მაგალითად, ფესვში აბსციზინი წყლის დეფიციტისას წარმოიქმნება, შემდეგ ის ფოთლებამდე აღწევს და ბაგეების დახურვას იწვევს. სიცივეში აბსციზინი კვირტებში წარმოიქმნება და მათ ზრდას აჩერებს, მონანილეობს ფოთოლცვენაში. აბსციზინი თრგუნავს ნაყოფის მომნიფებას და ფოტოსინთეზში მონანილე ფერმენტებს აინჰიბირებს.

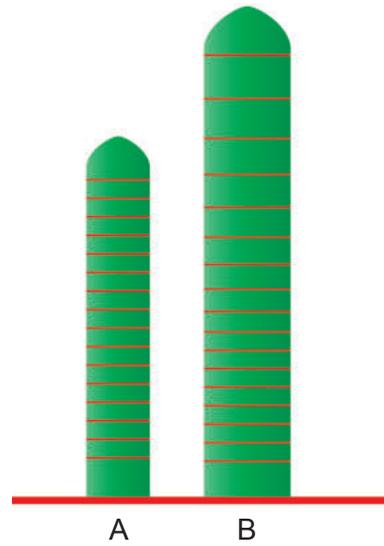
აბსციზინი გროვდება თესლებში და ხელს უშლის ზამთარში უჯრედების დაყოფასა და ზრდას, თესლის აღმოცენებას. გაზაფხულზე, თესლის გაღივებასთან ერთად, მასში აბსციზინის რაოდენობა მცირდება.



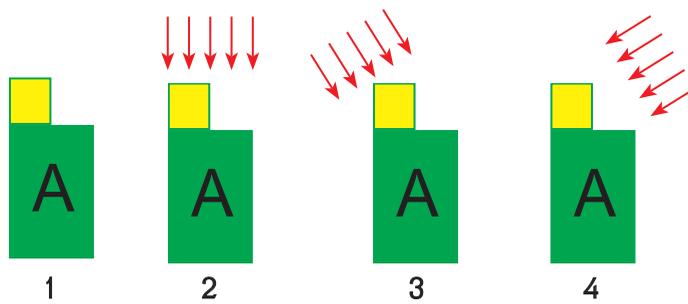
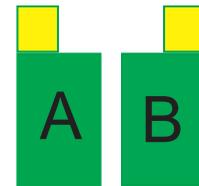
მცენარეული ჰორმონები სასიგნალო მოლეკულებია, რომლებიც მცენარის სხვადასხვა უჯრედებში მცირე კონცენტრაციებით წარმოიქმნება და მოქმედებს უჯრედების ზრდასა და დაყოფაზე, არეგულირებენ ნაყოფის მომწიფებას, თესლების გაღივებას, ფოთლებისა და ღეროების ზრდას, პასუხობს გარემოს ზემოქმედებას. მცენარეთა ჰორმონებს კომერციული გამოყენება აქვს.



1. მოიფიქრე, დაგეგმე და ჩაატარე ექსპერიმენტი, რითაც დაამტკიცებ, რომ სიბნელეში ბევრად მეტი აუქსინი გამოიშვავდება, ვიდრე სინათლეში.
2. სასკოლო ლაბორატორიაში მოსწავლეებმა მცენარის აღმონაცენი თანაბარი ინტერვალებით მონიშნეს (A). ერთი კვირის შემდეგ მათ ასეთი სურათი მიიღეს (B). ილუსტრაცია ცდას სქემატურად წარმოადგენს. როგორ ფიქრობ:
 - ა. რა იყო ექსპერიმენტის მიზანი?
 - ბ. როგორი განათების პირობებში იყო მოთავსებული აღმონაცენი?
 - გ. რაში დარწმუნდნენ მოსწავლეები?

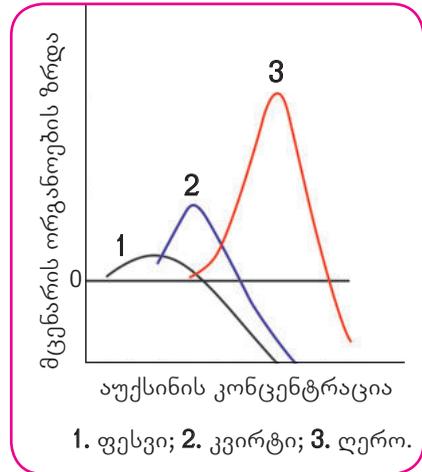


3. A და B მცენარის აღმონაცენებია, რომლებზეც აუქსინით გაჟღენთილი აგარის პატარა ბლოკებია მოთავსებული.
 - ა. რა დაემართება A აღმონაცენს, თუ მას:



1. სიბნელეში მოვათავსებთ?
 2. თანაბრად გავანათებთ?
 3. მარცხნიდან გავანათებთ?
 4. მარჯვნიდან გავანათებთ.
- ბ. რა დაემართება B აღმონაცენს, თუ მას A აღმონაცენის მსგავს პირობებს შევუქმნით?

4. გრაფიკი გამოხატავს მცენარის სხვადასხვა ორგანოს დამოკიდებულებას აუქსინის კონცენტრაციის მიმართ.
 - ა. მცენარის რომელი ნაწილია უფრო მგრძობიარე აუქსინის მიმართ?
 - ბ. რომელი ორგანო იზრდება უფრო ძლიერად აუქსინის ზემოქმედებით?
 - გ. როგორ მოქმედებს აუქსინის მაღალი კონცენტრაციები ორგანოების ზრდაზე?
 - დ. რა პრაქტიკული გამოყენება აქვს მეცნიერების მიერ დადგენილ ამ ფაქტებს?



1. დაასახელე ორგანიზმი, რომელიც სინათლის ზემოქმედებას მისკენ მთელი სხეულის გადაადგილებით პასუხობს.
2. რა მნიშვნელობა აქვს მცენარისთვის იმ ფაქტს, რომ ფესვს დადებითი გეოტროპიზმი ახასიათებს?
3. რა მნიშვნელობა აქვს მცენარისთვის ყლორტის დადებით ფოტოტროპიზმს?
4. ჩამოთვალე ოთხი გზა, რითაც შესაძლოა ერთ უჯრედში სინთეზირებულმა მცენარეულმა ჰორმონმა მისგან დაცილებულ სხვა უჯრედამდე მიაღწიოს.



1. დაასახელე ორი ჰორმონი, რომელსაც თესლის გაღვივებაზე სანინაალმდეგო ზემოქმედება გააჩნია.
2. დაასახელე ორი ჰორმონი, რომლებიც ნაყოფების მომწიფებაზე ერთმანეთის სანინაალმდეგოდ მოქმედებენ.



1. ტროპიზმის ერთ-ერთი საინტერესო ფორმაა **ჰაპტოტროპიზმი**, ანუ მცენარის რეაგირება შეხებაზე. ამ უნარის გამო, ეს მცენარე საყრდენს პოულობს.
 - ა. რა მნიშვნელობა აქვს ამას მცენარისთვის?
 - ბ. დაასახელე მცენარე, რომელსაც ჰაპტოტროპიზმი საკვების მიტაცებაში ეხმარება.
2. გიბერელინების გამოყენებასთან ერთად, ფერმერებს აუცილებლად შეაქვთ ნიადაგში სასუქები. მოიფიქრე, რატომ?



3. სინთეზური აუქსინები ვიეტნამში საომარი მოქმედებების დროს იყო გამოყენებული. ამერიკელები თვითმფრინავებით ამ ჰორმონით უზარმაზარ ტერიტორიებს ამუშავებდნენ. როგორ ფიქრობ, რა მიზნით?
4. აბსციზინი წყლის დეფიციტისას ბაგეების დახურვას იწვევს. ცნობილია, რომ ამას აბსციზინი ნატრიუმის არხებზე ზემოქმედებით და ფოტოსინთეზის ფერმენტების დათრგუნვით აღწევს. აღწერე აბსციზინის მოქმედების მექანიზმი.



აბსციზინს დორმინსაც უწოდებენ. ეს ტერმინები ინგლისური სიტყვებისგან წარმოდგა. მოიძიე ინფორმაცია, განმარტე ტერმინები და დაუკავშირე ისინი ამ ჰორმონის ფუნქციებს.



მეცნიერებმა აღმოაჩინეს, რომ ნატრიუმის სალიცილატი, ჰორმონი, რომელიც მცენარეებში სტრესული მდგომარეობის დროს გამოიშვება, თრგუნავს ზოგიერთი სიმსივნური უჯრედის გამრავლებას.

§34



ჰიდროსტატიკური ჩონჩხი
 ბარაბანი ჩონჩხი
 შინაბანი ჩონჩხი

მოძრაობა უკლებლივ ყველა ცოცხალი არსების დამახასიათებელი თვისებაა. ამ უნარის წყალობით ცოცხალი ორგანიზმები მოიპოვებენ საკვებს, გაურბიან მტერს, თავს ესხმიან მსხვერპლს, პოულობენ პარტნიორს, ტოვებენ არახელსაყრელ საარსებო გარემოს, ეძებენ და სახლდებიან ახალ ტერიტორიებზე.

1 მოძრაობის რა საშუალებები გააჩნიათ ერთუჯრედიან ორგანიზმებს?

მრავალუჯრედიანი ცხოველების მოძრაობას ჩონჩხისა და კუნთების მოქმედება განაპირობებს.

არსებობს ჩონჩხის სამი ძირითადი ტიპი: ჰიდროსტატიკური, გარეგანი და შინაგანი.

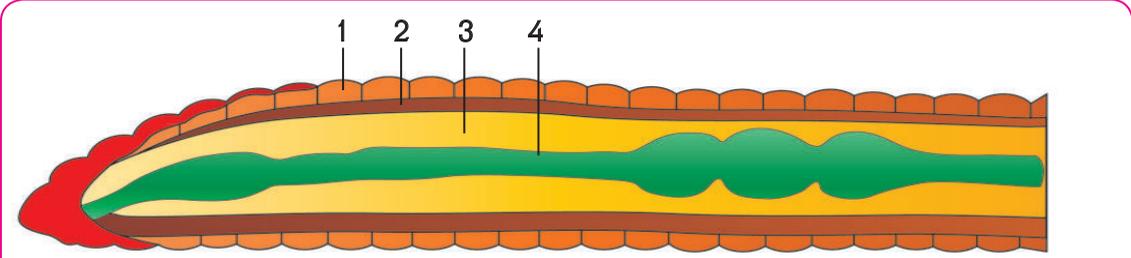
ჰიდროსტატიკური ჩონჩხი ჭიებს აქვთ. მათი სხეულის სილრუე, ანუ სივრცე სხეულის კედელსა და ნაწლავს შორის სითხით არის ამოვსებული. სხეულის კედელს ირგვლივ და გასწვრივ კუნთები წარმოქმნის. ჭიების სხეულის ფორმასა და მოძრაობას ამ სითხისა და კუნთების ურთიერთქმედება განაპირობებს.

ვნახოთ, როგორ მოძრაობს ჭიაყელა.

შეკუმშვას პირველად სხეულის წინა ნაწილის სეგმენტის ირგვლივ კუნთები იწყებს. მას მეზობელი სეგმენტის კუნთები რიგრიგობით აჰყვება და შეკუმშვათა ციკლი ჭიაყელას მთელ სხეულზე გავრცელდება. კუნთები შეკუმშვისას სხეულის სითხეს აწვება, ის კი, თავის მხრივ, ამ დროს მოდუნებულ გასწვრივ კუნთებზე მოქმედებს. სითხის დაწოლის გამო, გასწვრივ კუნთები ფორმას იცვლის — სიგრძეში იჭიმება. ჭიაყელა წვრილდება, გრძელდება და წინ მიიწევს.



ჰიდროსტატიკური ჩონჩხი
 1. ირგვლივი კუნთები;
 2. გასწვრივი კუნთები;
 3. სხეულის სითხე;
 4. ნაწლავი.



ჭიაყელას ჰიდროსტატიკური ჩონჩხი
 1. ირგვლივი კუნთები; 2. გასწვრივი კუნთები; 3. სხეულის სითხე; 4. ნაწლავი.

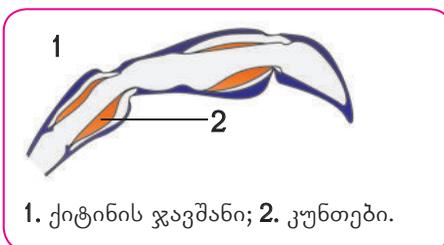
გარეგანი ჩონჩხი ფეხსახსრიანებისა და მოლუსკებისთვის არის დამახასიათებელი. ის არაუფრედული წარმონაქმნია და ძირითადად ქიტინისგან შედგება. ქიტინის ჩონჩხი მტკიცე და მსუბუქია, მაგრამ მასში სხვადასხვა ცილები-სა და მარილების ჩართვასთან ერთად ძალიან მაგრდება. ასეთი ჩონჩხი საიმედოდ იცავს ორგანიზმს, თუმცა, მას ზრდაში უშლის ხელს. მოლუსკებისთვის ჩონჩხის გამაგრება პრობლემას არ წარმოადგენს, რადგან მათი ნიჟარა სხეულის ზრდასთან ერთად ზომაში მატულობს. ფეხსახსრიანებისთვის კი ეს ნამდვილად დიდი პრობლემაა — მათ ჩონჩხის გამოცვლა უნევთ. ზურგის მხარეს ქიტინის დემინერალიზაციის პროცესი იწყება, ქიტინი რბილდება, ჯავშანი იხსნება და ცხოველი ჯავშნიდან ძვრება.



მწერი ჯავშნიდან ძვრება

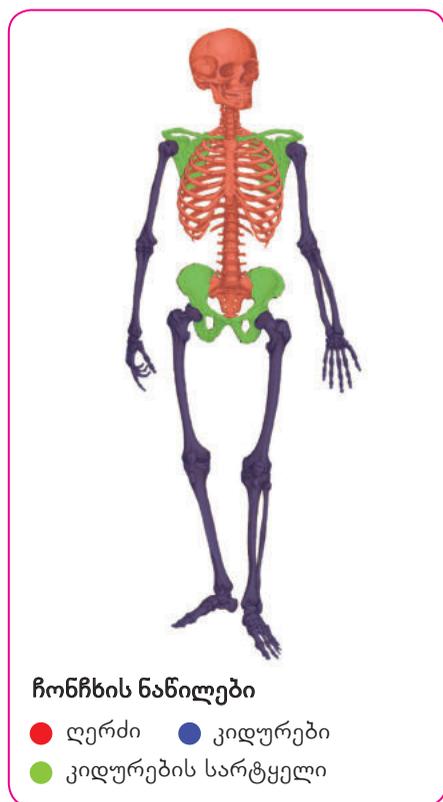
2 დაასახელე ფერმენტი, რომელიც ხელს უწყობს ამ პროცესს.

ამის შემდეგ იწყება ცხოველის სწრაფი ზრდის პერიოდი. სანამ ცხოველი ახალ ჯავშანს წარმოქმნის, ის ვერ მოძრაობს, რადგან მისი დასახსრული კიდური მოძრაობაში კუნთებს მოჰყავთ რომლებიც ქიტინოვან ჩონჩხს შიგნითა მხრიდან უკავშირდება.



1. ქიტინის ჯავშანი; 2. კუნთები.

შინაგანი ჩონჩხი ძირითადად ხერხემლიანი ცხოველებისთვის არის დამახასიათებელი. შინაგანი ჩონჩხი სხეულის შიგნით მდებარეობს და მას კუნთები გარედან ემაგრება. შინაგანი ჩონჩხი ცოცხალი ქსოვილებისგან — ძვლისა და ხრტილისგან შედგება. შინაგანი ჩონჩხი ცხოველის ზრდასთან ერთად იზრდება.



ჩონჩხის ნაწილები

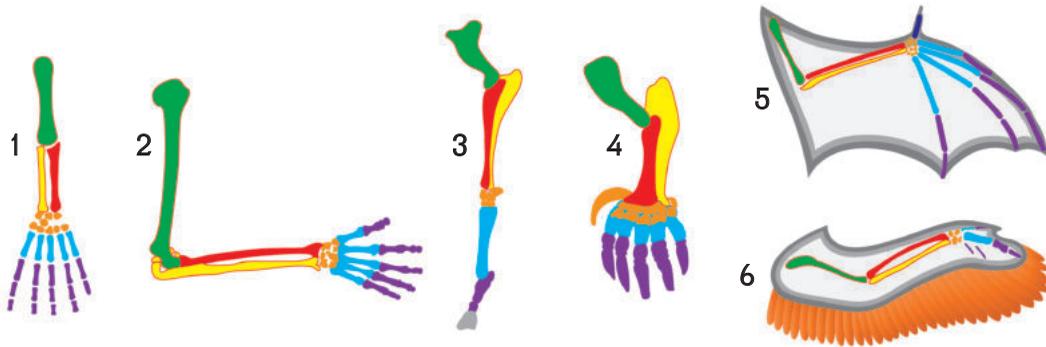
- ლერძი
- კიდურები
- კიდურების სარტყელი

ყველა ხერხემლიან ცხოველის ჩონჩხში სამ ძირითად ნაწილს გამოყოფენ: ლერძს, კიდურებსა და კიდურების სარტყელს.

ლერძს თავის ქალა, ხერხემალი და ნეკნები ქმნის; სარტყელს კი ძვლები, რომლებიც კიდურებს ლერძზე ამაგრებს.

3 დაასახელე ადამიანის ჩონჩხის ძირითადი ფუნქციები.

ჩონჩხის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფუნქცია მოძრაობის უზრუნველყოფაა. ხერხემლიანი ცხოველები კიდურებით გადაადგილდებიან. ყველა ხერხემლიანი ცხოველის კიდურს, გარდა თევზებისა, მიუხედავად მათი გარეგნული განსხვავებისა, აგებულების საერთო გეგმა აქვს. ხერხემლიანების ე.წ. ხუთთითიანი კიდური შედგება მხრის ძვლის, წინამხრის ორი ძვლის (სხივი და იდაყვი), მაჯის ძვლების, ნებისა და თითების ფალანგებისგან.



1. ხუთთითიანი კიდურის ზოგადი სქემა; 2. ადამიანის კიდური; 3. ცხენის კიდური; 4. თხუნელას კიდური; 5. ღამურის ფრთა; 6. ფრინველის ფრთა.

- მხრის ძვალი
- სხივის ძვალი
- ნების ძვლები
- იდაყვის ძვალი
- მავჯის ძვლები
- თითების ფალანგები

4 რა განსხვავებას ხედავ ღამურისა და ფრინველის ფრთის ძვლებს შორის?

5 რა ძირითადი განსხვავებაა ფრინველისა და თხუნელას კიდურების ძვლებს შორის და რითაა ეს გამოწვეული?

6 შეადარე თხუნელასა და ცხენის კიდურები და ახსენი მათ შორის განსხვავების მიზეზი.



მრავალუჯრედიანი ცხოველების მოძრაობას ჩონჩხისა და კუნთების მოქმედება განაპირობებს. განარჩევენ ჰიდროსტატიკურ, შინაგან და გარეგან ჩონჩხს. ჰიდროსტატიკური ჩონჩხი ჭიებს აქვთ. ჭიების კუნთებისა და სხეულის ღრუში არსებული სითხის ურთიერთქმედება მათი სხეულის ფორმის შენარჩუნებასა და მოძრაობას უზრუნველყოფს. ფეხსახსრიანებისა და მოლუსკების გარეგანი ჩონჩხი ქიტინოვანი ნივთიერებისგან შედგება. გარეგან ჩონჩხს კუნთები შიგნიდან უერთდება. შინაგან ჩონჩხს ძვლოვანი და ხრტილოვანი ნივთიერება ქმნის. მას კუნთები გარედან ემაგრება.



1. გადაიტანე ცხრილი რვეულში. დააჯგუფე ცხოველები ჰიდროსტატიკური, გარეგანი და შინაგანი ჩონჩხის მიხედვით. შეავსე ცხრილი.



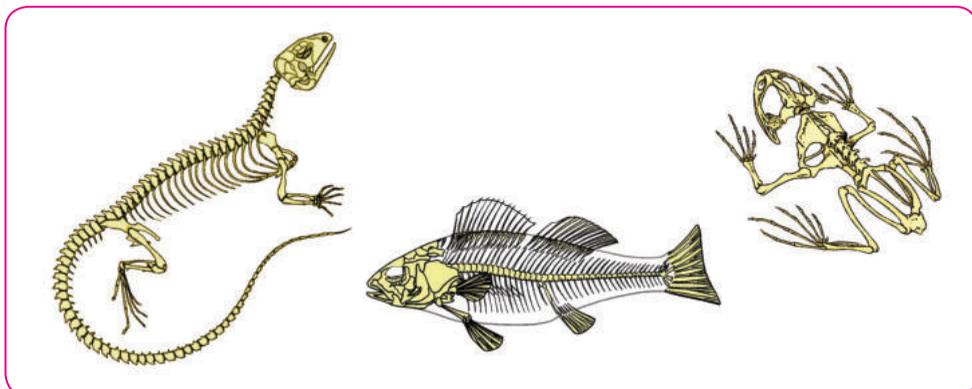
ჰიდროსტატიკური ჩონჩხი

შინაგანი ჩონჩხი

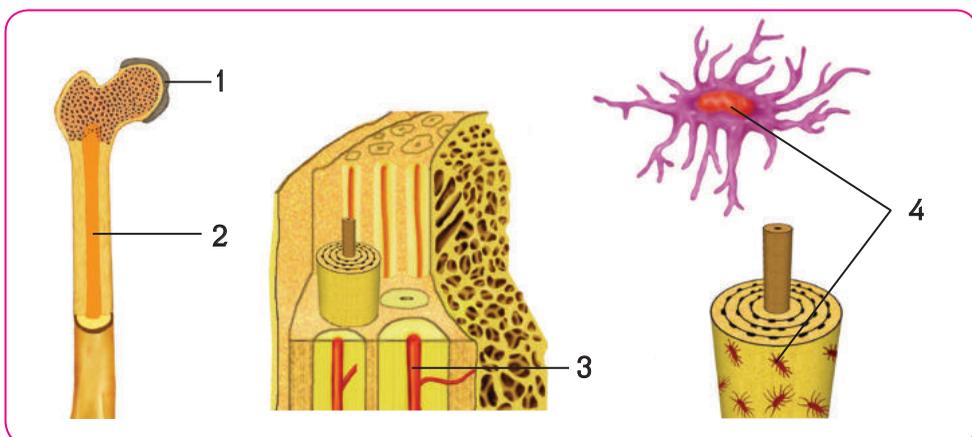
გარეგანი ჩონჩხი



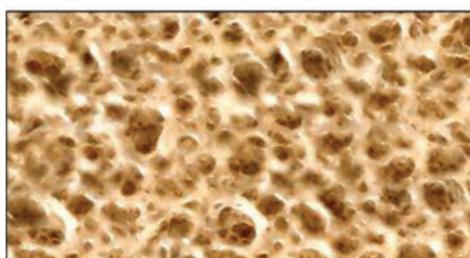
2. შეადარე ერთმანეთს ხვლიკის, თევზისა და ბაყაყის ჩონჩხი. იმსჯელე ამ ცხოველების ჩონჩხის განსხვავების გამომწვევ მიზეზებზე.



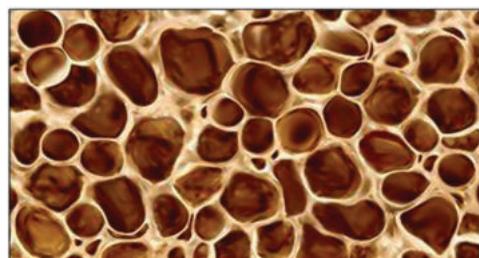
3. ამოიცანი ილუსტრაციაზე მითითებული სტრუქტურები და დაასახელე მათი ფუნქციები.



4. ოსტეოპოროზი სიტყვასიტყვით ფოროვან ძვალს ნიშნავს. ამ დაავადების დროს ძვალი ადვილად მსხვრევადი ხდება. დაავადება ძირითადად ქალებს ემართებათ. დაავადების ერთ-ერთი მიზეზი პარატჰორმონის გაძლიერებული მოქმედებაა. ცნობილია, რომ პარატჰორმონის ანტაგონისტური მოქმედება ქალის სასქესო ჰორმონს — ესტროგენს გააჩნია.



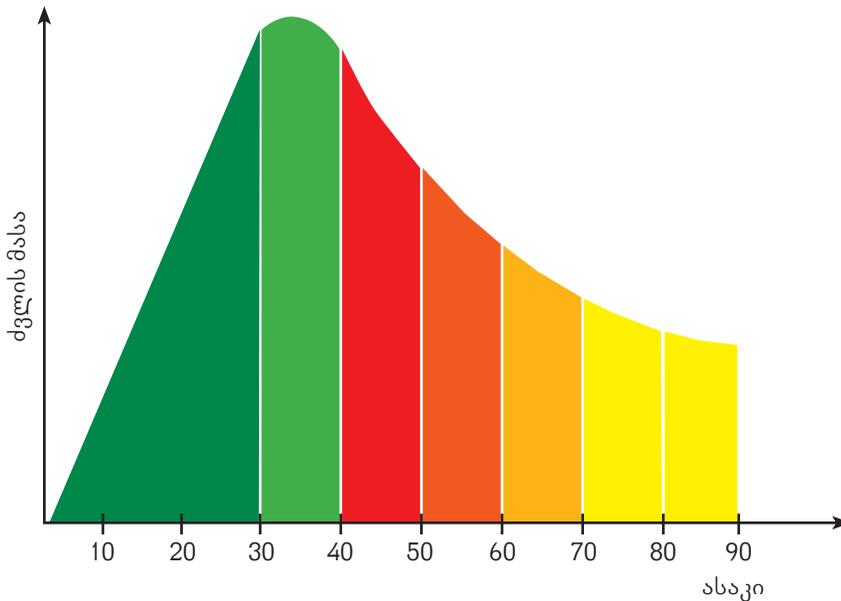
ჯანმრთელი ადამიანის ძვალი



ოსტეოპოროზით დაავადებულის ძვალი

გრაფიკი გიჩვენებს დამოკიდებულებას ადამიანის ასაკსა და ძვლის სიმკვრივეს შორის.

- ა. რომელ ასაკში იზრდება ინტენსიურად ძვლის მასა?
- ბ. რომელი ჰორმონების მოქმედებით არის ეს გამოწვეული?
- გ. როდის იწყება ძვლის მასის ნელი კლება?
- დ. რომელ ასაკში არის გაძლიერებული ძვლის მასის კლება და რატომ?
- ე. ახსენი ფორის გაჩენის მიზეზი.



1. ჭიაყელას „უკანსვლაც“ შეუძლია. აღწერე ეს პროცესი.
2. დაასახელე ერთუჯრედიანი ორგანიზმი, რომელსაც შინაგანი ჩონჩხი აქვს.
3. წარმოიდგინე, რომ ექიმი ხარ. როგორ დიეტას შეურჩევ მოზარდს ჩონჩხის ნორმალური განვითარებისთვის?
4. დაასახელე ცხოველი, რომლის ჩონჩხი მთლიანად ხრტილით არის აგებული.

§35



კუნთის შეკუმშვის მექანიზმი
უჯრედული სუნთქვა ფიზიკური გადატვირთვის დროს

მოძრაობა მხოლოდ იმიტომაა შესაძლებელი, რომ ძვლები ჩონჩხში ერთმანეთს მოძრავად უერთდებიან.

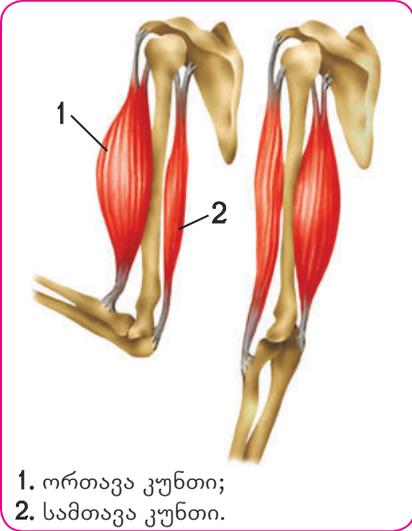
❶ ძვლების შეერთების როგორ სახეებს იცნობ? სახსარში ძვლების მოძრაობას ანტაგონისტი კუნთების მუშაობა განაპირობებს. ეს კუნთები სხვადასხვა ძვლებს უკავშირდება და შეკუმშვისას ამ ძვლებს ამოძრავებს.

❷ ორთავა კუნთი მომხრელი კუნთია. რომელ ძვლებს უკავშირდება ის?

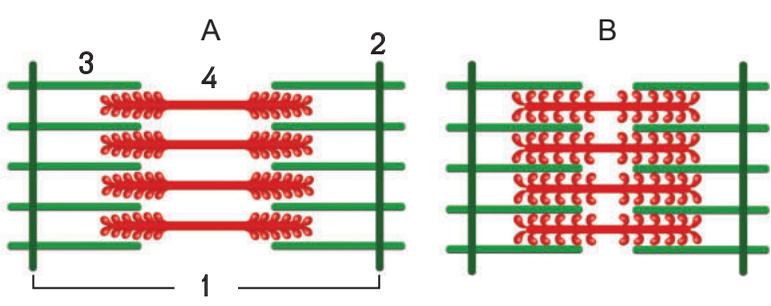
❸ რომელია ორთავა კუნთის ანტაგონისტი კუნთი?

კუნთები ძვლების გადაადგილებისას მუშაობას ასრულებენ. მუშაობას კი ენერგია სჭირდება. ვნახოთ, როგორ მუშაობს ჩონჩხის კუნთი.

კუნთის შეკუმშვას საფუძვლად ორი ცილის — **აქტინისა და მიოზინის** ურთიერთქმედება უდევს. ჩონჩხის კუნთის უჯრედი მიოფიბრილებს შეიცავს, რომლებიც პატარა სეგმენტებისგან — **სარკომერებისგან** შედგება. სარკომერის სიგრძე დაახლოებით 2,5 მკმ-ია. სარკომერები აქტინისა და მიოზინის ძაფებს და ე.წ. Z დისკებს შეიცავს. Z დისკებს აქტინის ძაფები ემაგრება. როდესაც კუნთთან ნერვული იმპულსი მიაღწევს, კუნთის უჯრედის გლუვი ენდოპლაზმური ბადიდან ციტოზოლში კალციუმის იონები გადმოდის და აქტინის მოლეკულებს უკავშირდება. ამის შემდეგ აქტინის მოლეკულებს მიოზინის მოლეკულების ძაფები ემაგრება და მათ თავისკენ იზიდავენ. ამიტომ მსხვილი და წვრილი ძაფები ერთმანეთში შესრიალდება. ძაფების ერთმანეთში შესრიალებას აქტინთან დაკავშირებული Z დისკების სარკომერის ცენტრისკენ გადაადგილება მოჰყვება და სარკომერი სიგრძეში მოკლდება. შესაბამისად, მოკლდება სიგრძეში მთელი მიოფიბრილა ანუ კუნთი იკუმშება.



1. ორთავა კუნთი;
2. სამთავა კუნთი.



კუნთის შეკუმშვის მექანიზმი
1. სარკომერი;
2. Z დისკი;
3. აქტინი;
4. მიოზინი.
A. მოდუნებული კუნთი
B. შეკუმშული კუნთი

მიოზინის მოლეკულა მუშაობისას ატფ-ის ენერგიას ხარჯავს.

აღმოჩნდა, რომ ატფ კუნთს მოდუნებისთვისაც სჭირდება. აქტინისა და მიოზინის ძაფები სანყის პოზიციას რომ დაუბრუნდეს, კალციუმის იონებმა უნდა დატოვონ ციტოზოლი და ისევ ენდოპლაზმურ ბადეში გადავიდეს.

4 რომელი ფერმენტი აბრუნებს კალციუმს თავის „რეზერვუარში“? როგორ მუშაობს ეს ფერმენტი?

როგორც ხედავ, კუნთის შეკუმშვა-მოდუნებაზე დიდი ენერგია იხარჯება. ენერგიით ამ პროცესს უჯრედული სუნთქვა ამარაგებს.

კუნთებს ატფ-ის სინთეზისთვის საჭირო ჟანგბადი და გლუკოზა სისხლით მიეწოდება. ძლიერი ფიზიკური დატვირთვისას, მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენი გული და ფილტვები გაძლიერებულად მუშაობს, ისინი მაინც ვერ აწვდიან კუნთებს იმ რაოდენობით ჟანგბადს, რაც მას მუშაობისთვის საჭირო ატფ-ით უზრუნველყოფდა. ასეთ სიტუაციაში კუნთის უჯრედები ანაერობულ სუნთქვაზე გადადის და კუნთებში **რძემჟავა** გროვდება. რძემჟავა ტოქსიკური ნივთიერებაა. ის დაღლილობის შეგრძნებასა და კუნთების ტკივილს იწვევს. მისი დიდი რაოდენობით დაგროვება სიცოცხლისთვის სახიფათოა. რძემჟავა კუნთებიდან სისხლით გულში, ღვიძლში და თირკმელებში ტრანსპორტირდება. აქ ის პიროყურძნის მჟავად გარდაიქმნება, აერობულ სუნთქვაში ჩაერთვება და ნახშირორჟანგამდე და წყლამდე იშლება. მის დანვას კი ჟანგბადი სჭირდება. სწორედ ამიტომ, რომ მძიმე სამუშაოს შესრულების შემდეგ ჩვენ გაძლიერებულად ვსუნთქავთ, მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენი კუნთები აღარ მუშაობს და მას ჟანგბადი არ სჭირდება.

სიტუაციას ჩვენს ორგანიზმში სამუშაოს დაწყებამდე, ფიზიკური დატვირთვისას და სამუშაოს დასრულების შემდეგ ცხრილი ასახავს.

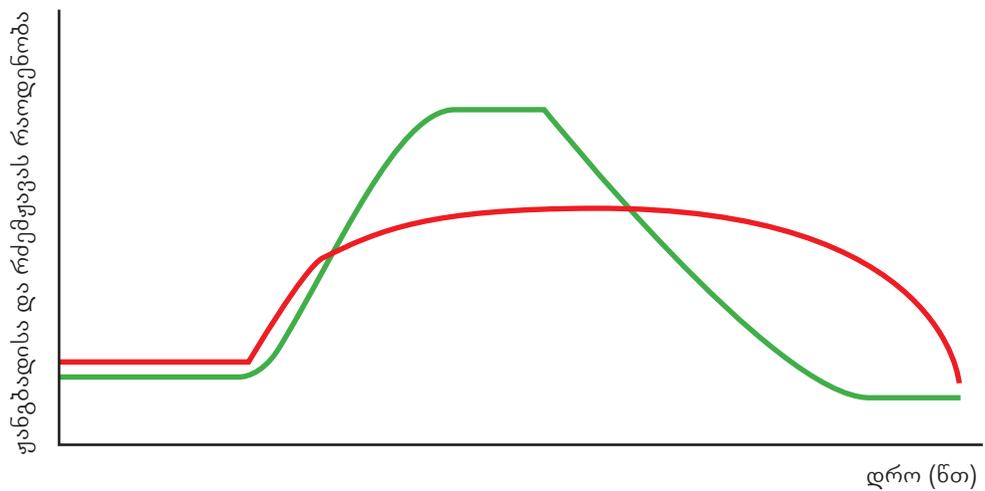
	სამუშაოს დაწყებამდე	ფიზიკური დატვირთვისას	სამუშაოს დამთავრების შემდეგ
უჯრედული სუნთქვა	აერობული $\text{გლუკოზა} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 38 \text{ ატფ}$	ანაერობული $\text{გლუკოზა} = \text{რძემჟავა} + 2 \text{ ატფ}$	აერობული $\text{რძემჟავა} \rightarrow \text{პიროყურძნისმჟავა} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 36 \text{ ატფ}$
პულსი	70	140	140 თანდათან მცირდება
სუნთქვის სიხშირე	15	50	50 თანდათან მცირდება



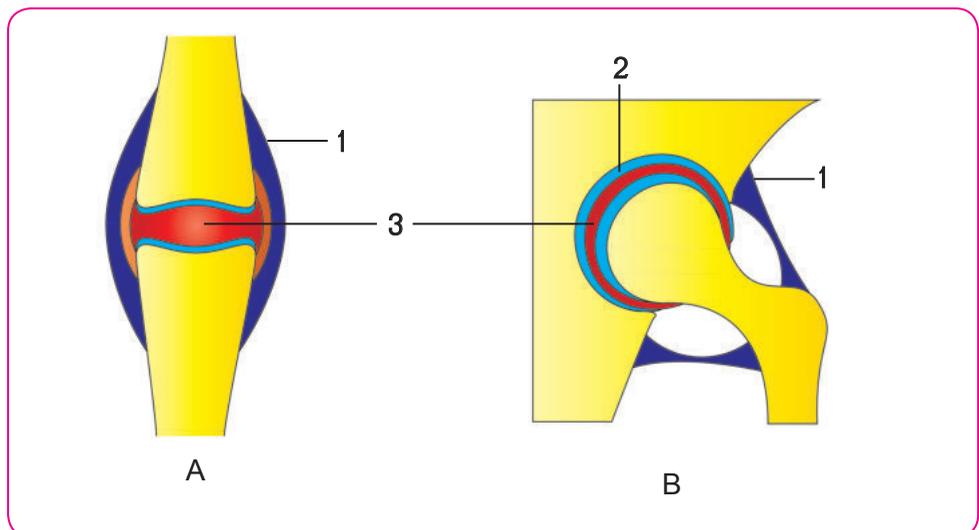
კუნთის შეკუმშვას საფუძვლად ცილების — აქტინისა და მიოზინის ურთიერთქმედება უდევს. კუნთის შეკუმშვისთვის ატფ-ის ენერგია გამოიყენება. ძლიერი ფიზიკური დატვირთვისას კუნთი ჟანგბადით საკმარისად ვერ მარაგდება და კუნთის უჯრედი ანაერობულ სუნთქვაზე გადადის. ამ დროს წარმოქმნილი ტოქსიკური რძემჟავას დასაწვავად ორგანიზმს დიდი რაოდენობით ჟანგბადი სჭირდება, ამიტომ სამუშაოს დამთავრების შემდეგ სუნთქვა გახშირებულია.



1. გრაფიკი გიჩვენებს სისხლში ჟანგბადისა და რძემჟავას რაოდენობრივ ცვლილებებს მოსვენებულ მდგომარეობაში, გადატვირთვისას და სამუშაოს დამთავრების შემდეგ.
- ა. მოძებნე გრაფიკზე უბანი, რომელიც ფიზიკური დატვირთვის მდგომარეობას ასახავს. რომელი პარამეტრების მიხედვით ამოიცანი ეს უბანი?
- ბ. როგორ ამოიცნობ გრაფიკზე სამუშაოს დასრულების ამსახველ უბანს? რომელი ნივთიერების რაოდენობა უნდა იყოს მაღალი ამ დროს? რატომ ფიქრობ ასე?
- გ. რომელი პროცესის წარმართვას ხმარდება ეს ნივთიერება?



2. ილუსტრაციაზე A და B სახსარია წარმოდგენილი. დაასახელე ილუსტრაციაზე მითითებული სტრუქტურები.

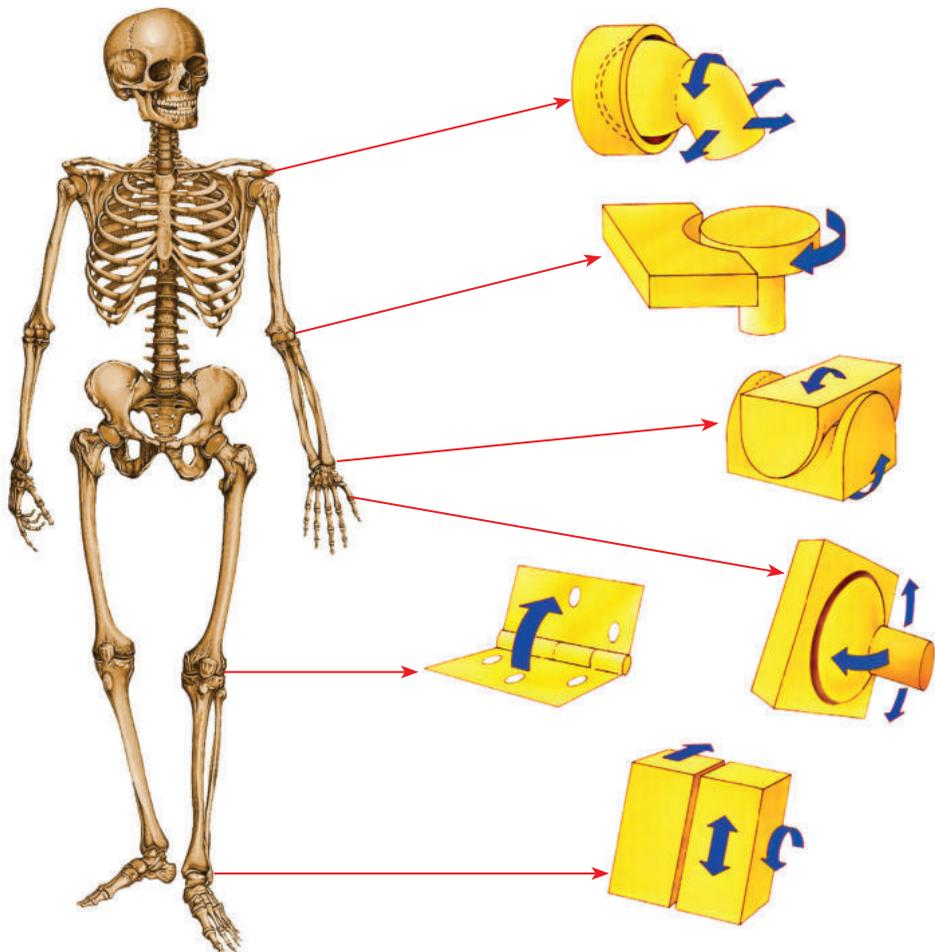




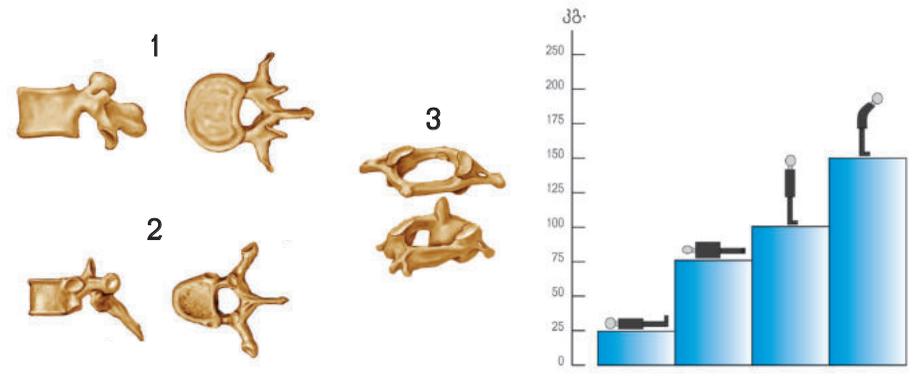
1. დაასახელე სტრუქტურა, რომლითაც კუნთები ძვლებს ემაგრება.
2. შესაძლოა თუ არა, რომ კუნთის ორი ბოლო ერთი და იმავე ძვალზე მიემაგროს? განმარტე პასუხი.



1. ჩონჩხის სახსრები ერთმანეთისგან განსხვავდება: ზოგ სახსარში ყველა ძვალი მოძრაობს, ზოგში ერთი მოძრავია, მეორე კი — უძრავი. ზოგი ძვალი 360° -იან ბრუნვით მოძრაობას ასრულებს, ზოგის ბრუნვის კუთხე კი შეზღუდულია. ზოგ ძვალს ბრუნვა არ შეუძლია და მხოლოდ რომელიმე მიმართულებით მოძრაობს. მოძრავი შეერთების ასეთი სახეები ფართოდ გამოიყენება ტექნიკაში. მრავალ ხელსაწყოში ნაწილები ერთმანეთთან, ჩონჩხის ძვლების მსგავსად, მოძრავად არის შეერთებული გაეცანი ილუსტრაციას. საკუთარ თავზე გამოსცადე, როგორ მოძრაობებს უზრუნველყოფს ესა თუ ის სახსარი. ამის შემდეგ დააკვირდი ავეჯს, საოჯახო და სასკოლო ტექნიკას და მოძებნე ამ ნივთებში სახსრული შეერთების ანალოგები.



2. ილუსტრაციაზე მოცემულია 70 კგ მასის მქონე ადამიანის ხერხემლის წელის განყოფილების მალის დატვირთვა სხეულის სხვადასხვა მდგომარეობაში. გაითვალისწინე დიაგრამის მონაცემები და ილუსტრაციაზე ამოიცანი კისრის, მკერდისა და წელის განყოფილების მალეები. რა ნიშნებით განასხვავებ მათ ერთმანეთისგან? ახსენი, რა მოსაზრებას ეფუძნება შენი ვარაუდი.



3. გიორგი, ირაკლი და ნიკა სპორტით არ არიან დაკავებულები. მთელი კვირის მანძილზე კომპიუტერთან ინტენსიური მუშაობის შემდეგ, გიორგიმ ჰანტელებით დიდხანს ივარჯიშა, ირაკლიმ ჩოგბურთი ითამაშა, ხოლო ნიკა ველოსიპედით ქალაქიდან აგარაკზე წავიდა. ორშაბათს სამივემ ცუდად იგრძნო თავი. აღწერე მათი შეგრძნებები და განმარტე მიზეზი.

4. როგორ იცვლება ფიზიკური გადატვირთვისას კუნთების უჯრედებში გლუკოზის ერთი მოლეკულიდან წარმოქმნილი რძემჟავისა და ნახშირორჟანგის რაოდენობა.

ა; ბ; გ; დ.

	რძემჟავა	ნახშირორჟანგი
ა	იზრდება	იზრდება
ბ	იზრდება	მცირდება
გ	მცირდება	იზრდება
დ	მცირდება	მცირდება

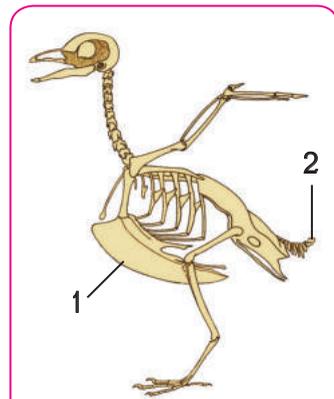


მოძრაობა ჰაერში
ფრინველის ჩონჩხის აგებულება
მოძრაობა წყალში

მოძრაობა ჰაერში

ჰაერში მოძრაობასთან დაკავშირებით ფრინველებს უამრავი შეგუებულობა გამოუმუშავდათ. ფრენა სხეულის სიმსუბუქეს, „საფრენ აპარატს“ და დიდ ენერჯიას მოითხოვს. სხეულის სიმსუბუქეს, უპირველესად, ფრინველის მსუბუქი ღრუიანი ძვლები განაპირობებს. სხეულის მასას საგრძნობლად ამცირებს ქალას თხელი ძვლები და მსუბუქი, უკბილო ნისკარტი, რომელმაც მძიმე, კბილებიანი ზედა და ქვედა ყბა შეცვალა. მნიშვნელოვანია ისიც, რომ ფრინველების ჩონჩხი, ქვენარმავლებისა და ძუძუმწოვრების ჩონჩხთან შედარებით, მცირე რაოდენობით ძვლებს შეიცავს. მაგალითად, მათ არ გააჩნიათ კუდის მრავალი მალა, საგრძნობლად შემცირდა მტევნის ძვლების რაოდენობაც — მხოლოდ სამი თითო შერჩათ. ფრინველების ასეთ მსუბუქ ჩონჩხს სიმტკიცეს ხერხემლის სხვადასხვა განყოფილების მალეების შეზრდა ანიჭებს. ხერხემალთანაა ასევე შეზრდილი მენჯის ძვლებიც. ფრენასთან დაკავშირებით განსაკუთრებული ცვლილებები ფრინველების წინა კიდურმა განიცადა. ის საფრენ აპარატად — ფრთად გადაიქცა.

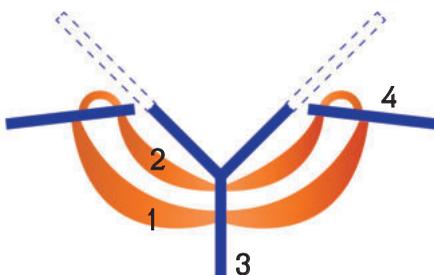
ფრთას მკერდის ორი კუნთი ამოძრავებს, რომელიც სხეულის მასის დაახლოებით 20%-ს შეადგენს. ასეთი მძლავრი კუნთების მისამაგრებლად მკერდის ძვალს უზარმაზარი გამოშვერილობა — ტროპი აქვს. მკერდის დიდი კუნთი შეკუმშვისას ფრთას დაბლა სწევს, მცირე კუნთი კი მაღლა.



ფრინველის ჩონჩხი
1. ტროპი; 2. პიგოსტილი.



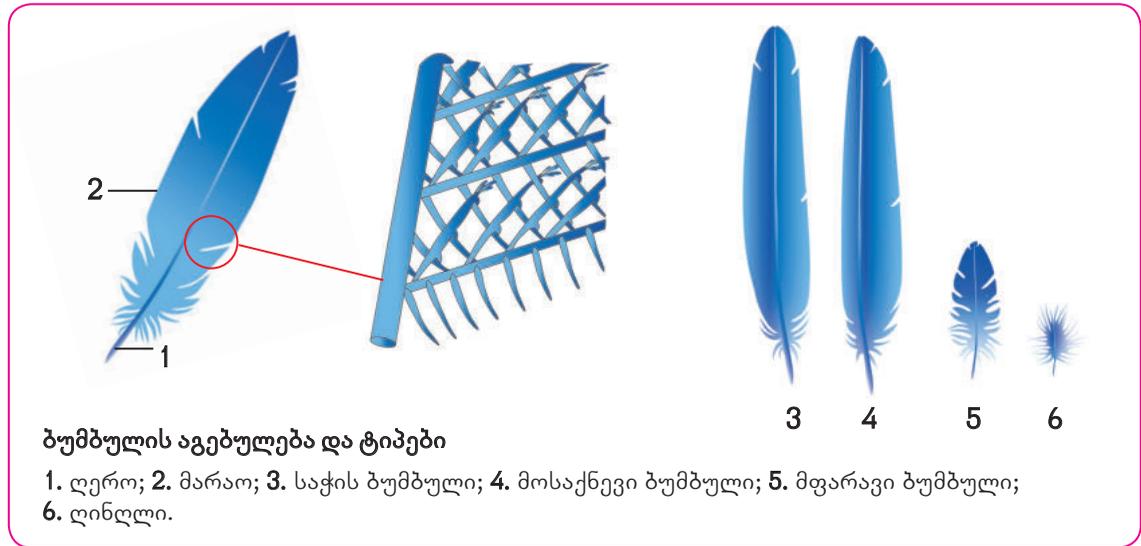
12 კგ-იანი ვარხვის ჩონჩხი მხოლოდ 0,8 კგ-ს იწონის.



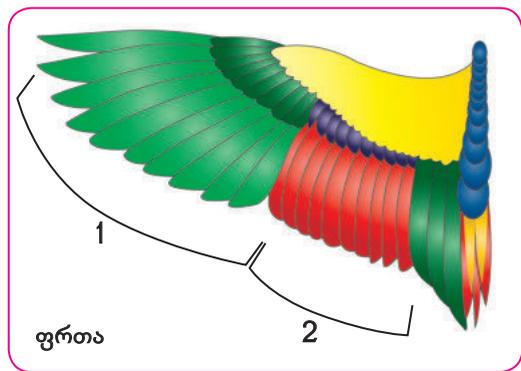
1. მკერდის დიდი კუნთი;
2. მკერდის მცირე კუნთი;
3. ტროპი;
4. მხრის ძვალი.

იმისთვის, რომ ფრთამ ფრინველის სხეული ჰაერში აიტაცოს, მას დიდი ზედაპირი უნდა გააჩნდეს. ფრთის ზედაპირს მასზე მიმაგრებული ბუმბული ზრდის. ბუმბული ღეროსა და მარაოსგან შედგება. მარაო თხელი, მსუბუქი, დრეკადი და მკვრივი ფირფიტაა. მას ღერძიდან გამოსული უწვრილესი დატოტვილი სხივები ქმნის, რომლებიც ერთმანეთს კაუჭებით ემაგრება.

ორნითოლოგების აზრით (ორნითოლოგია მეცნიერებაა ფრინველების შესახებ), ფრინველების ბუმბულს ოცამდე განსხვავებული დანიშნულება აქვს. თუმცა, ამ ფუნქციების შესრულებას, ძირითადად, ბუმბულის ოთხი ფორმა ემსახურება.

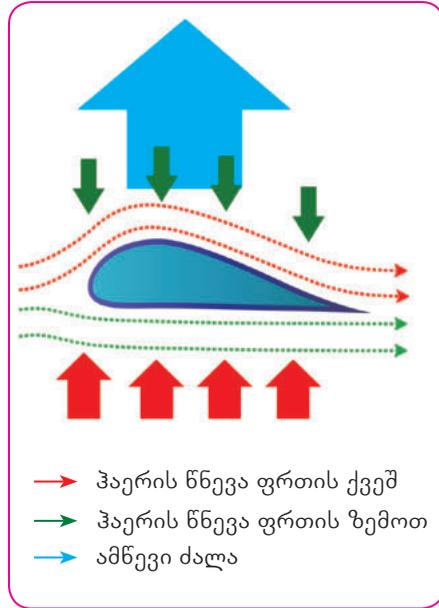


ღინღლი და მფარავი ბუმბული იცავს ფრინველს სიცივის, წყლისა და ქარისგან, მოსაქნევი და საჭის ბუმბული კი მას ფრენაში ეხმარება. ე.წ. პირველი რიგის მოსაქნევი ბუმბული (1) მყესების საშუალებით მტევნის ძვლებს ემაგრება, მეორე რიგისა (2) კი წინამხრის ძვლებს. პასუხს ფრენაზე ძირითადად პირველი რიგის მოსაქნევი ბუმბული აგებს. სხვა ბუმბულების ფრთიდან მოცილება თითქმის არავითარ გავლენას არ ახდენს ფრენის სიჩქარეზე, მაგრამ საკმარისია, პირველი რიგის მოსაქნევი ბუმბული ფრინველს ოდნავ დაუმოკლო, რომ ფრენა შეუძლებელი ხდება. საჭის ბუმბული ჩონჩხის ერთ-ერთ ძვალს — პიგოსტილს ემაგრება. ამ ბუმბულების რაოდენობა და ზომა სხვადასხვა ფრინველში განსხვავებულია. მათ კუნთები ამოძრავებს და ამით ამცირებს ან ზრდის კუდის ზედაპირს; ეს კი ფრენის მიმართულების შეცვლას ან დაჯდომისას დამუხრუჭებას იწვევს.



ერთი შეხედვით, საჭისა და მოსაქნევი ბუმბული ერთმანეთისგან არ განსხვავდება. მაგრამ თუ კარგად დააკვირდები, მათ აგებულებაში მნიშვნელოვან განსხვავებას აღმოაჩენ. საჭის ბუმბული სიმეტრიულია, რაც ძალიან მნიშვნელოვანია ფრენის დროს წონასწორობის დასაცავად. მოსაქნევი ასიმეტრიული ბუმბული კი კარგად ჭრის ჰაერს ფრენისას.

საინტერესოა, რა ძალა იტაცებს ფრინველს ჰაერში? ყველაფერი მკერდის დიდი კუნთის შეკუმშვით იწყება. ამ დროს ფრთა ქვემოთ ოდნავ დახრილ მდგომარეობაში ეშვება. პირველი რიგის ბუმბული უზარმაზარ წინააღმდეგობას უწევს ფრთის ქვეშ მოქცეულ ჰაერს და სხეულის ამნევ ძალას წარმოქმნის. ფრინველი მინას სწყდება და ჰაერში ადის. ფრთის დახრილ პოზიციაში ჰაერს ფრთის ზემოთ უფრო მცირე წინააღმდეგობა ხვდება, ვიდრე ფრთის ქვეშ, ამიტომ უფრო დიდი სისწრაფით მოძრაობს, ეს კი ფრთის ზემოთ ჰაერის წნევას ამცირებს და სხეულის ამნევი ძალა კიდევ უფრო იზრდება. ამის შემდეგ მკერდის მცირე კუნთი იკუმშება და ფრთას ზემოთ სწევს. მტრედის ფრთები 1 წამში ზემოთ და ქვემოთ მოძრაობას ორჯერ ასწრებს. ამნევი ძალის სიდიდე დამოკიდებულია ფრთის მოძრაობის სიხშირეზე, სხეულის მიმართ ფრთის დახრილობა და ფრენის სისწრაფეზე.

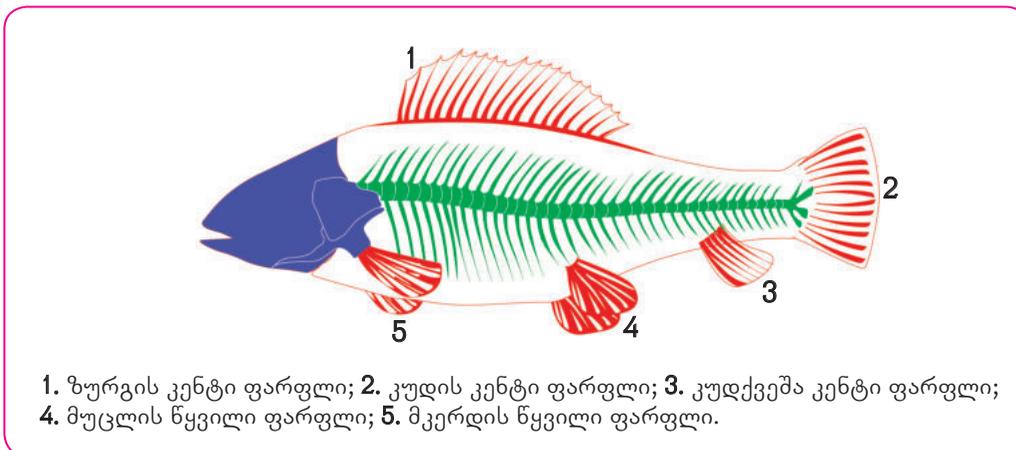


მოძრაობა წყალში

წყლის სიმკვრივე ბევრად სჭარბობს ჰაერის სიმკვრივეს. ცნობილია, რომ ზღვის წყალი 100-ჯერ უფრო მკვრივია ჰაერთან შედარებით. ცხადია, წყალში გადაადგილება რთულია, თუმცა, ის მნიშვნელოვან საყრდენს წარმოადგენს მასში მცხოვრები ორგანიზმებისთვის.

წყლის ბინადრებს მრავალი შეგუებულობა გამოუმუშავდათ, რაც მათ წყლის წინააღმდეგობის გადალახვაში ეხმარება.

თევზების ორივე ბოლოთი წამახვილებული, ლორწოთი დაფარული სხეული თავისუფლად მისრიალებს წყალში.



● დაასახელე თევზის ჩონჩხის ძირითადი ნაწილები.

თევზის მოქნილი ხერხემლის ორივე მხარეს ანტაგონისტური კუნთების ჯგუფებია განლაგებული. მათი მორიგეობით შეკუმშვა სხეულის წინა ნაწილიდან იწყება და თანდათან კუდის მიმართულებით ვრცელდება. ამ დროს ხერხემალი ტალღისებურად მოძრაობს.

ეს განსაკუთრებით კარგად ჩანს გველთევზას მოძრაობის მაგალითზე (1).

თევზები, რომელთაც უფრო მოკლე და კომპაქტური სხეული აქვთ, წყალში წინ ძირითადად სხეულის უკანა ნაწილის, კუდისა და კუდის ფარფლის მოძრაობით მიიწევენ (2). კუდქვეშა და ზურგის კენტი ფარფლები ეხმარება თევზს წონასწორობის დაცვაში, იცავს მას წყალში გადაბრუნებისა და გადაყირავებისგან. მკერდისა და მუცლის წყვილი ფარფლები საჭესავით მოქმედებს. ისინი მოძრაობის მიმართულებას ცვლიან.



ზვიგენის მკერდისა და მუცლის ფარფლები განუწყვეტლივ მუშაობს, რომ მისი უზარმაზარი, მძიმე სხეული წყალში არ ჩაიძიროს (3). ამ ფარფლების გარკვეული კუთხით მობრუნებით, ზვიგენი წყლის სისქეში ვერტიკალურად გადაადგილდება — ხან წყლის ზედაპირზე ამოდის და ხან ფსკერზე ეშვება.

ძვლოვან თევზებს, ზვიგენისგან განსხვავებით, საცურაო ბუშტი აქვთ. ბუშტის წყალობით მათი სხეულის სიმკვრივე წყლის სიმკვრივეს უახლოვდება. ამიტომ ისინი ენერგიას აღარ ხარჯავენ წყალში სხეულის შესაკავებლად. მათი შედარებით მცირე ზომის წყვილი ფარფლი ძირითადად დამუხრუჭებისა და ჰორიზონტალურ სიბრტყეში მოძრაობისას მიმართულების შესაცვლელად გამოიყენება.

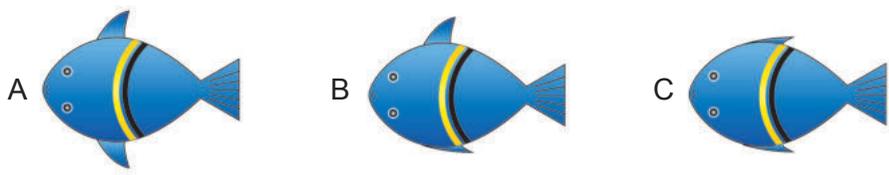


ჰაერში მოძრაობასთან მთავარი შეგუებულობა ფრინველების ჩონჩხის დამსუბუქება და წინა კიდურის ფრთად გადაქცევაა. ფრინველს ფრენაში მოსაქნევი და საჭის ბუმბული ეხმარება.

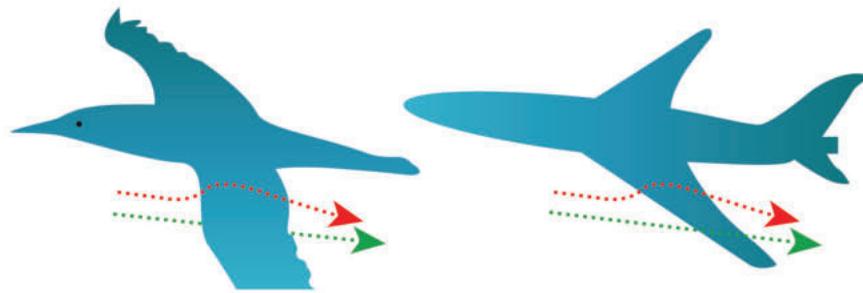
წყლის მაღალი სიმკვრივის გამო, წყალში გადაადგილება რთულია. წყლის წინააღმდეგობის გადალახვაში თევზებს თითისტარისებრი, ლორწოთი დაფარული სხეული და ფარფლები ეხმარება.



1. სქემატურად წარმოდგენილი თევზებიდან ერთი წინ მისრიალებს, მეორე ცურვის მიმართულებას იცვლის, მესამე კი ამუხრუჭებს. ამოიცანი ეს თევზები.



2. როგორ იქმნება ამწევი ძალა ფრინველებსა და თვითმფრინავში?



1. რომელი ნივთიერებისგან არის აგებული ბუმბული?
2. გამომყოფი სისტემის რომელი თავისებურება ამსუბუქებს ფრინველის სხეულს?
3. ფრინველებს, რომლებიც არ ფრენენ, პატარა ტროპი და მცირე ზომის მკერდის კუნთი აქვთ. ამ მხრივ პინგვინი განმანაკლისია. ახსენი, რატომ?
4. შენი აზრით, რომელი სახის ბუმბული არ გააჩნია პინგვინს?
5. წარმოიდგინე ასეთი სიტუაცია: შენი თანაკლასელების ერთმა ჯგუფმა გამოიკვლია ქათმის, პინგვინისა და ღორის ძვლების სიმკვრივე და დაადგინა, რომ პინგვინის ძვლების სიმკვრივე ღორის ძვლების სიმკვრივის ტოლია, ხოლო ქათმის ძვლების სიმკვრივე გაცილებით ნაკლებია მათზე. თანაკლასელები გიმტკიცებენ, რომ მათ რამდენჯერმე გაიმეორეს ეს გამოკვლევა სტანდარტულ პირობებში და ერთნაირი შედეგები მიიღეს. შეგეპარება ეჭვი შენი მეგობრების მონაცემებში? შესაძლოა, პინგვინს ძუძუმწოვრებით მძიმე ძვლები ჰქონდეს?
6. რომელი კლასის წარმომადგენლები არიან ილუსტრაციაზე წარმოდგენილი ცხოველები? რა გარეგნულ მსგავსებას ხედავ მათ შორის და რა არის ამის მიზეზი?





1. გადანერე ტექსტი რვეულში და ჩასვი გამოტოვებული სიტყვები: როდესაც თევზი წყლის ზედაპირზე ამოდის, საცურაო ბუშტიში აირების რაოდენობა, ფსკერისკენ დაშვებისას კი
2. იპოვე არასწორი ფრაზები:
 1. თევზების წყალში მოძრაობას მათი თითისტარისებრი სხეული უწყობს ხელს.
 2. თევზების მკერდის ფარფლებს მკერდის ძვალთან მიერთებული კუნთები ამოძრავებს.
 3. ფრინველების მსგავსად, თევზების ხერხემალს კარგად გამოხატული კისრის განყოფილება აქვს.
 4. კისრის მალეებთან დაკავშირებული კუნთები თევზის თავს ყველა მიმართულებით ამოძრავებს.
 5. თევზის სხეულს საცურაო ბუშტი ამსუბუქებს.
 6. საცურაო ბუშტი ყველა თევზს გააჩნია.
 7. მენჯის ძვალი, სხვა ხერხემლიანების მსგავსად, თევზების სხეულის მნიშვნელოვანი საყრდენია.
3. გადანერე ტექსტი რვეულში, იპოვე შესაბამისი წყვილები და დაუკავშირე ერთმანეთს:

მკერდის ფარფლები	ცურვის მიმართულების შეცვლა
კუდის ფარფლი	წონანორობის დაცვა
ზურგის ფარფლი	დამუხრუჭება
კუდქვეშა ფარფლი	
მუცლის ფარფლები	

ზოგადი განათლების ეროვნული მიზნები

საქართველოში ზოგადი განათლების სისტემა მიზნად ისახავს შექმნას ხელსაყრელი პირობები ეროვნული და ზოგადსაქაცობრიო ღირებულებების მაგარებელი, თავისუფალი პიროვნების ჩამოყალიბებისათვის.

ამასთან ერთად განათლების სისტემა უვითარებს მოზარდს გონებრივ და ფიზიკურ უნარჩვევებს, აძლევს საჭირო ცოდნას, ამკვიდრებს ჯანსაღი ცხოვრების წესს, მოსწავლეებს უყალიბებს ლიბერალურ და დემოკრატიულ ღირებულებებზე დამყარებულ სამოქალაქო ცნობიერებას და ეხმარება მათ ოჯახის, საზოგადოებისა და სახელწმიფოს წინაშე საკუთარი უფლება-მოვალეობების გაცნობიერებაში.

საქართველოს ზოგადი განათლების სისტემაში მიღებული გამოცდილების საფუძველზე მოზარდმა უნდა შეძლოს:

- ა) ქვეყნის ინტერესების, გრადიციებისა და ღირებულებების მიმართ საკუთარი პასუხისმგებლობის გააზრება;
- ბ) ბუნებრივი გარემო პირობების შენარჩუნება და დაცვა;
- გ) ტექნოლოგიური თუ სხვა ინტელექტუალური მიღწევების ეფექტიანად გამოყენება; ინფორმაციის მოპოვება, დამუშავება და ანალიზი;
- დ) დამოუკიდებლად ცხოვრება, გადაწყვეტილების მიღება;
- ე) იყოს შემოქმედი, თავად შექმნას ღირებულებები და არ იცხოვროს მხოლოდ არსებულის ხარჯზე;
- ვ) საკუთარი შესაძლებლობებისა და ინტერესების უწყვეტი განვითარება მთელი ცხოვრების განმავლობაში და მათი მაქსიმალური რეალიზება როგორც ქვეყნის შიგნით, ისე მის საზღვრებს გარეთაც;
- ზ) კომუნიკაცია ინდივიდებთან და ჯგუფებთან;
- თ) იყოს კანონმორჩილი, გოლერანგი მოქალაქე.



ტრიასი
საგანმანათლებლო სახლი
[www. triasi.ge](http://www.triasi.ge)
infotriasi@gmail.com

ISBN 978-9941-9249-5-8



9 789941 924958