

მარინა სეხნიაშვილი

ბიოლოგია

XII კლასი

მოსწავლის წიგნი

(მეორე ნაწილი)



2025

მარინა სეხნიაშვილი

ბიოლოგია

XII კლასი, მოსწავლის წიგნი, მეორე ნაწილი

კომპიუტერული უზრუნველყოფა
მანანა კვერნაძე

© გამომცემლობა „კლიო“, 2025

© მარინა სეხნიაშვილი, 2025

ყველა უფლება დაცულია

ISBN 978-9941-496-72-1

პირველი გამოცემა (2025)



შპს „გამომცემლობა კლიო“
აღმაშენებლის გამზ., №181-2,
თბილისი, 0112

ტელ.: (+995 32) 234 04 30

E-mail: book@klio.ge; www.klio.ge

ს ა რ ჩ ე ვ ი

თემა 2. ვირუსიდან აღამიანამდე

2.1 სხვადასხვა სისტემატიკური ჯგუფი

2.1.7. ცხოველთა სამეფო. უხერხემლოები	6
2.1.7.1. ნაწლავლრუიანები	8
2.1.7.2. ბრტყელი ჭიები	11
2.1.7.3. მრგვალი ჭიები	15
2.1.7.4. რგოლოვანი ჭიები	17
2.1.7.5. მოლუსკები	19
2.1.7.6. ფეხსახსრიანები	21
2.1.7.6.1. მწერები	22
2.1.7.6.2. ობობასნაირები	25
2.1.7.6.3. კიბოსნაირები	27
2.1.8. ხერხემლიანები	30
2.1.8.1. თევზები	32
2.1.8.2. ამფიბიები	37
2.1.8.3. ქვეწარმავლები	43
2.1.8.4. ფრინველები	46
2.1.8.5. ძუძუმწოვრები	50

2.2. ორგანიზმთა სასიცოცხლო თვისებები

55

2.2.1. ჰომეოსტაზი. მარეგულირებელი სისტემები	56
2.2.2. გაღიზიანებადობა. ნერვული სისტემა	61
2.2.2.1. ნერვული სისტემის მოქმედების მექანიზმი	67
2.2.2.2. ცენტრალური ნერვული სისტემა	70
2.2.2.3. პერიფერიული ნერვული სისტემა	75
2.2.3. შეგრძნების ორგანოები	79

2.2.4. ენდოკრინული სისტემა	87
2.2.5. მცენარეული ჰორმონები და პასუხი გამლიზიანებელზე	94
2.2.6. ორგანიზმების მოძრაობა.....	99
2.2.6.1. მოძრაობა მცენარეებში	100
2.2.6.2. მოძრაობა ცხოველებში.....	102
2.2.7. ნივთიერებათა მიმოცვლა ორგანიზმსა და გარემოს შორის. ნივთიერებათა ტრანსპორტი ორგანიზმში.	110
2.2.7.1. სატრანსპორტო სისტემა მცენარეებში	110
2.2.7.2. ცხოველების სატრანსპორტო სისტემა.....	112
2.2.8. მეტაბოლიზმი	121
2.2.8.1. სუნთქვა.....	122
2.2.8.2. კვება.....	132
2.2.8.3. ექსკრეცია და ოსმორეგულაცია	140
2.2.9. მემკვიდრეობითობა და ცვალებადობა. ადაპტაცია	149
2.2.10. გამრავლება	155
2.2.11. ზრდა და განვითარება.....	161
თემა 2-ის შეჯამება	165
დანართი – ელექტრონული სასწავლო რესურსები.....	184

მოსწავლის წიგნში გამოყენებული პირობითი ნიშნები



გაიხსენე, იმსჯელე – ბიოლოგიაში ან სხვა საგნებში მიღებული ცოდნის გახსენება; ცნობილი ექსპერიმენტების ანალიზი; პრობლემურ კითხვაზე/თემაზე დისკუსია.



პრაქტიკული დავალებები – კვლევითი სამუშაო: დაკვირვება, კვლევის ჩატარება და ანგარიშის მომზადება, სიმულაცია, ცნობილი კვლევის მონაცემების ანალიზი, კვლევის დაგეგმვა; მოდელის შექმნა და გამოყენება; სამეცნიერო რეფერატის მომზადება; საინფორმაციო ბუკლეტის მომზადება.



დავალებები – კითხვებზე პასუხების გაცემა, მუშაობა სავარჯიშოებსა და სიტუაციურ ამოცანებზე; სურათებზე, გრაფიკებსა და ცხრილებში მოცემული მონაცემების ანალიზი, მონაცემების ორგანიზება სქემებში.



მეცნიერება პრაქტიკაში – მეცნიერული თეორიის კავშირი რეალურ ცხოვრებასთან და მისი გამოყენება პრაქტიკაში, მნიშვნელოვანი მეცნიერული აღმოჩენები და მათი შეფასება, გავლენა ტექნოლოგიების განვითარებაზე, საზოგადოებასა და გარემოზე.

თემა 2. ვირუსიდან ადამიანამდე

2.1 სხვადასხვა სისტემატიკური ჯგუფი

2.1.7. ცხოველთა სამეფო



- რა არსებითი განსხვავებაა ცხოველებსა და მცენარეებს შორის?
- რა საერთო ნიშნებია დამახასიათებელი ცხოველებისთვის?
- რა ნიშნის მიხედვით ყოფენ ცხოველთა სამეფოს ორ მსხვილ ჯგუფად?
- პროტოზოებს მეცნიერები დიდხანს განიხილავდნენ ცხოველთა სამეფოს შემადგენლობაში, როგორც ერთუჯრედიან ცხოველებს. ახსენი, რა ნიშნების მიხედვით მიაკუთვნებდნენ პროტოზოებს ცხოველთა სამეფოს?
- დღეს რატომ მიაკუთვნებენ პროტოზოებს პროტისტების სამეფოს?

ცხოველთა სამეფოს საერთო ნიშნები

ცხოველთა სამეფო სახეობრივად დიდი მრავალფეროვნებითაა წარმოდგენილი. დღემდე 1,5 მილიონზე მეტი ცხოველთა სახეობაა აღწერილი. მეცნიერები ფიქრობენ, რომ მილიონობით სახეობა ჯერ კიდევ აღმოსაჩენია. ცხოველები გვხვდება ხმელეთზე, წყალში, ჰაერში, ნიადაგში, ზოგიერთი კი სხვა ცოცხალ ორგანიზმში ან ორგანიზმზე სახლობს. ცხოველები ისეთ ადგილებშიც ცხოვრობენ, სადაც მცენარეებსა და სოკოებს არსებობა არ შეუძლიათ. ცხოველები მრავალუჯრედიანი

ორგანიზმებია და ერთმანეთისგან განსხვავდებიან ზომით: არიან გიგანტური ცხოველები (მაგ., 24 მ სიგრძის ლურჯი ვეშაპი) და ძალიან მცირე ზომის ცხოველებიც. მაგრამ მათ ახასიათებთ საერთო ნიშნები: ყველა ცხოველი ჰეტეროტროფია, მათ შორის მცენარეჭამიები, მტაცებლები, ნაირმჭამელები, პარაზიტები. კვების თავისებურებიდან გამომდინარე, ცხოველებს განუვითარდათ საჭმლის მომწელებელი სისტემა. დიდ ნაწილს ახასიათებს ორგანიზმშიდა მონელება, გვხვდება ისეთი

ცხოველებიც, რომელთათვისაც ორგანიზმ-გარე მონელებაა დამახასიათებელი (მაგ., ობობები). ცხოველების მცირე ჯგუფები მი-მაგრებულ ცხოვრებას ეწევიან, ხოლო მათ დიდ უმრავლესობას აქვს გარემოში აქტიურად გადაადგილების უნარი, რაც მათთვის აუცილებელია საკვების მოსაპოვებლად, პარტნიორის მოსაძებნად და თავდაცვისთვის. გარემოში აქტიურად გადაადგილებასთან დაკავშირებით განუვითარდათ საყრდენ-მა-მოძრავებელი სისტემა. ცხოველებს გარემოს აღქმასა და მოძრაობას უადვილებს შეგრძნე-

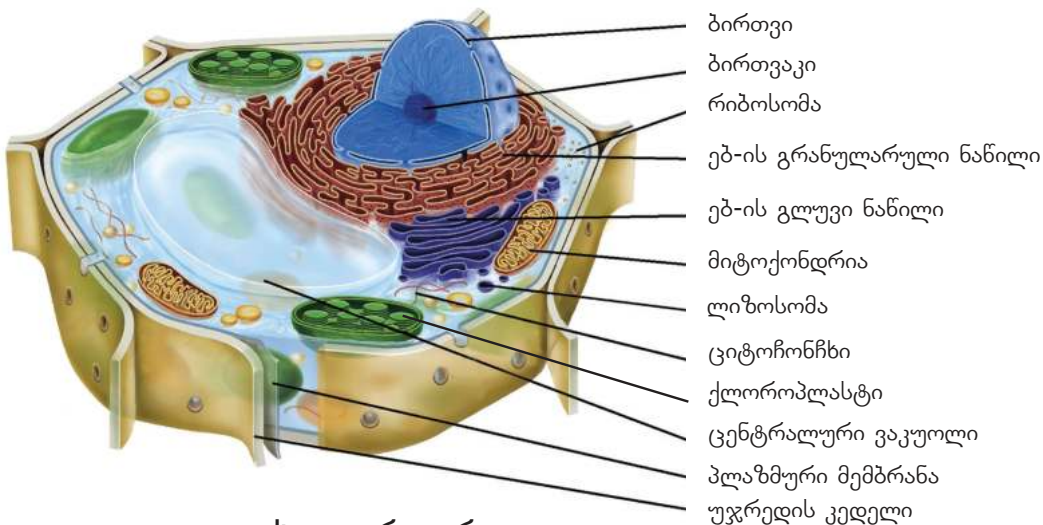
ბის ორგანოები და ნერვული სისტემა. ცხო-ველების უმრავლესობა იზრდება სიცოცხლის გარკვეულ ეტაპამდე. მრავლდებიან სქესობ-რივად, ზოგიერთი კი როგორც სქესობრივად, ისე უსქესოდ.

ცხოველთა სამეფოს ყოფენ ორ დიდ ჯგუფად იმის მიხედვით, მათ აქვთ თუ არა ძვლოვანი, სეგმენტებად დაყოფილი ჩონჩხის ნაწილი – ხერხემალი. ცხოველებს, რომელთაც აქვთ ხერხემალი, **ხერხემალიანებს** უწოდებენ, ხოლო მათ, რომელთაც არ აქვთ ხერხემალი – **უხერხემოებს**.

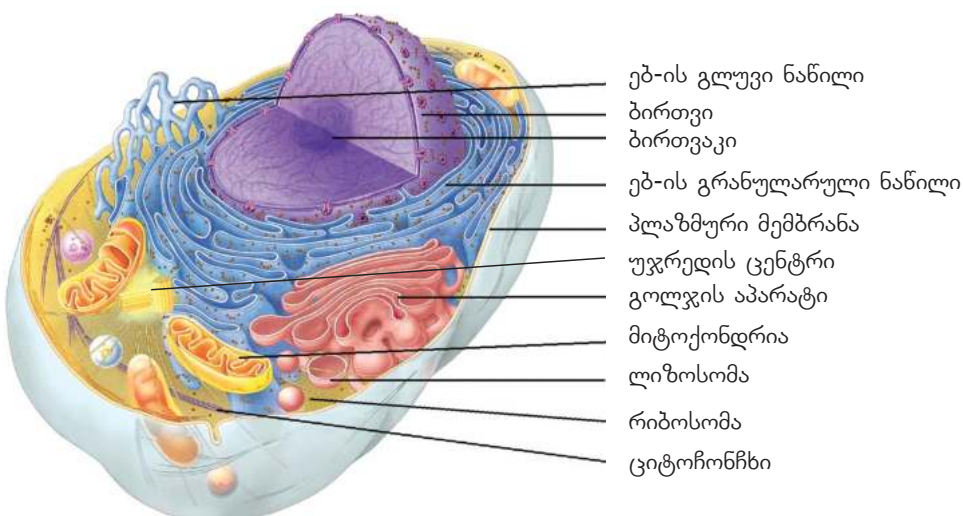


- შეადარე ერთმანეთს მცენარეული და ცხოველური უჯრედების აგებულება. 1) დაადგინე მათ შორის მსგავსება-განსხვავება და მონაცემები წარმოადგინე ვენის დიაგრამის საშუალებით; 2) მათი უჯრედების აგებულების თავისებურება როგორაა დაკავშირებული ცხოველებისა და მცენარეების კვების ტიპთან?

მცენარეული უჯრედი



ცხოველური უჯრედი



უხერხემლოები

დედამიწის ცხოველთა საერთო რაოდენობის, დაახლოებით, 95%-ს უხერხემლოები შეადგენენ. ისინი ყველგან ცხოვრობენ – ზღვებში, ოკეანეებში, მტკნარ წყლებში, ხმელეთზე.

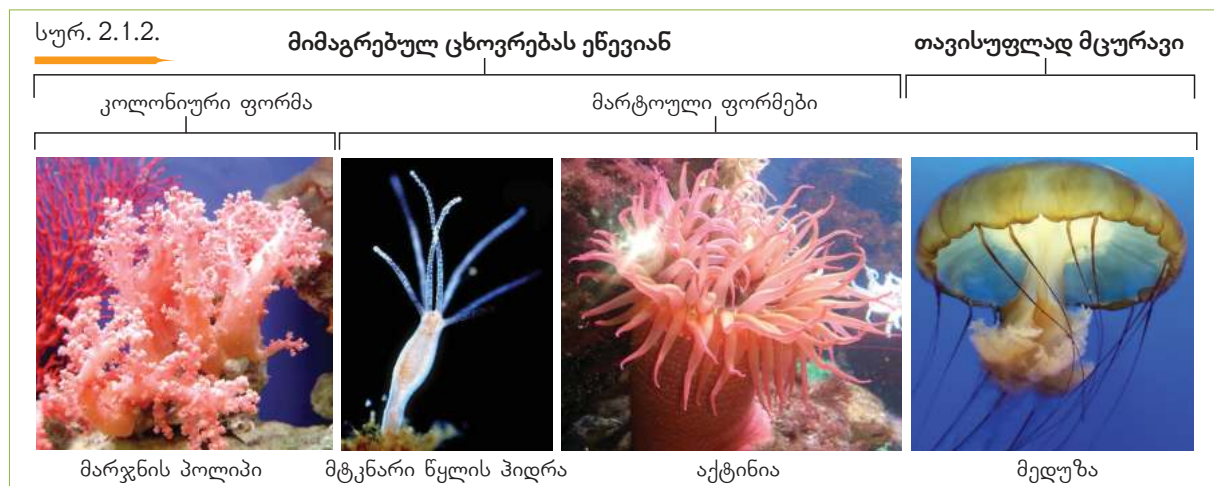
უხერხემლოებს მიეკუთვნება ცხოველური ორგანიზმების მრავალფეროვანი ფორმა. უხერხემლოებიდან განვიხილავთ მხოლოდ ზოგიერთი ტიპის წარმომადგენელს (სურ. 2.1.1).



2.1.7.1. ნაწლავღრუიანები

ნაწლავღრუიანები მარტივი აგებულების ცხოველები არიან. ნაწლავღრუიანებს მიეკუთვნება ჰიდროიდები, პოლიპები და მედუზები. ისინი ცხოვრობენ მტკნარ წყლებსა (მაგ., მტკნარი წყლის ჰიდრა) და ზღვებში

(აქტინიები, მარჯნის პოლიპები, მედუზები). ზოგი მიმაგრებულ ცხოვრებას ეწევა, ზოგიც თავისუფლად დაცურავს, არის მარტოული და კოლონიური ფორმები (სურ. 2.1.2).

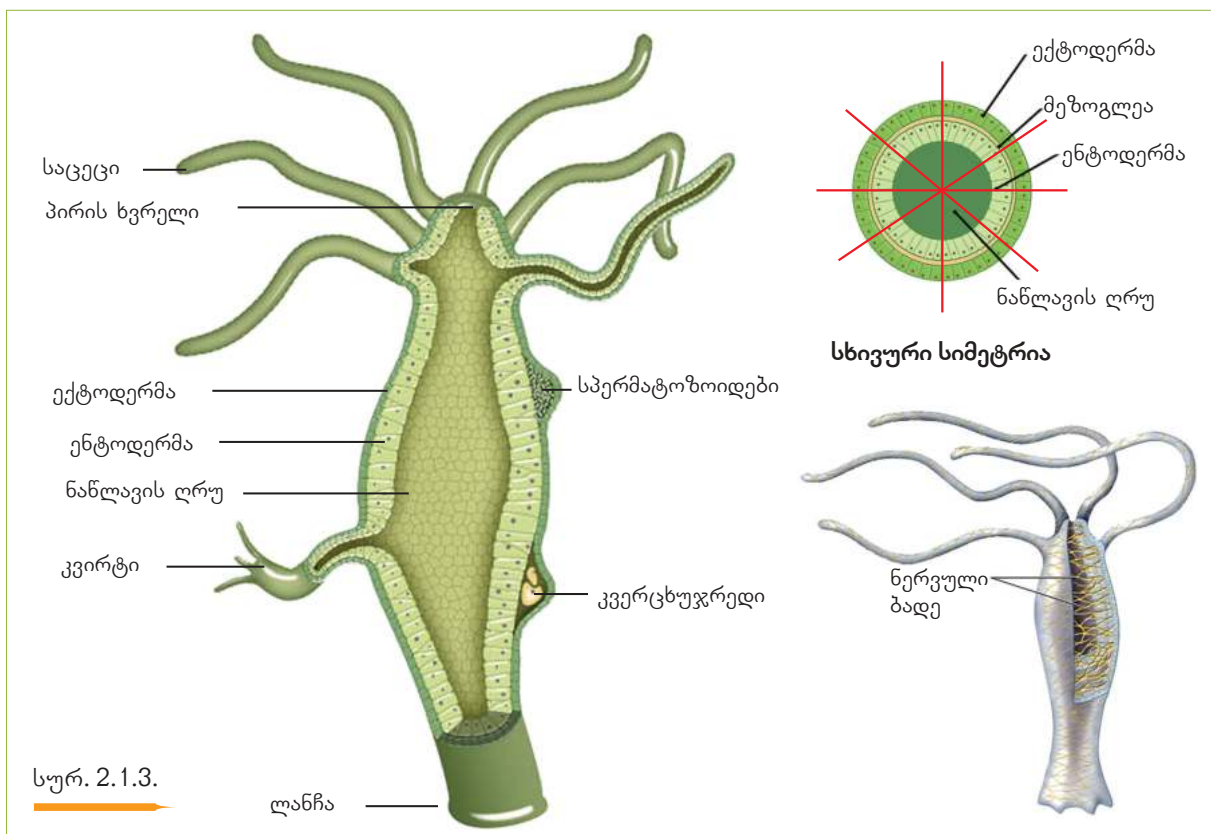


ნაწლავღრუიანებისთვის დამახასიათებელი ნიშნები განვიხილოთ **მტკნარი წყლის ჰიდრას** მაგალითზე (სურ. 2.1.3). იგი 1 სმ-მდე სიგრძის წაგრძელებული, ტომრისებური ფორმის ორგანიზმია. მისი **სხეული შედგება**

ორი შრისგან – გარე შრე ანუ **ექტოდერმა** და შიდა შრე ანუ **ენტოდერმა**, ექტოდერმასა და ენტოდერმას შორის მოთავსებულია ლაზისებრი თხელი ფირფიტა – მეზოგლეა. ენტოდერმა შემოსაზღვრავს **ნაწლავის ღრუს**,

რომელიც გარემოსთან ერთი ხერელით – **პირის ხერელით** არის დაკავშირებული. პირის ირგვლივ საცეცებია განლაგებული. ჰიდრას სხეულის მეორე ბოლოს ლანჩა ეწოდება.

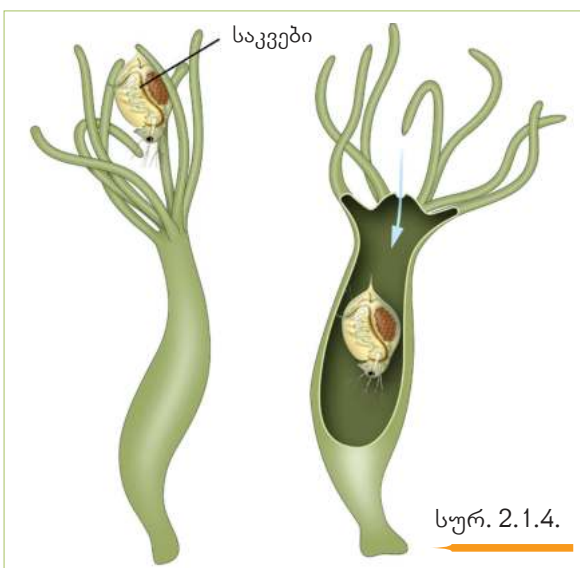
ლანჩის საშუალებით იგი ემაგრება წყალ-მცენარეებს, წყლის მცენარეებს ან სხვა საგნებს. დამახასიათებელია **სხეულის სხივური სიმეტრია**.



ექტოდერმა და ენტოდერმა განსხვავებული აგებულებისა და ფუნქციის უჯრედებისგან შედგება. ექტოდერმაში უჯრედები ერთმანეთთან მჭიდროდაა მიჯრილი და სხეულის საფარველის როლს ასრულებს. მასში არის

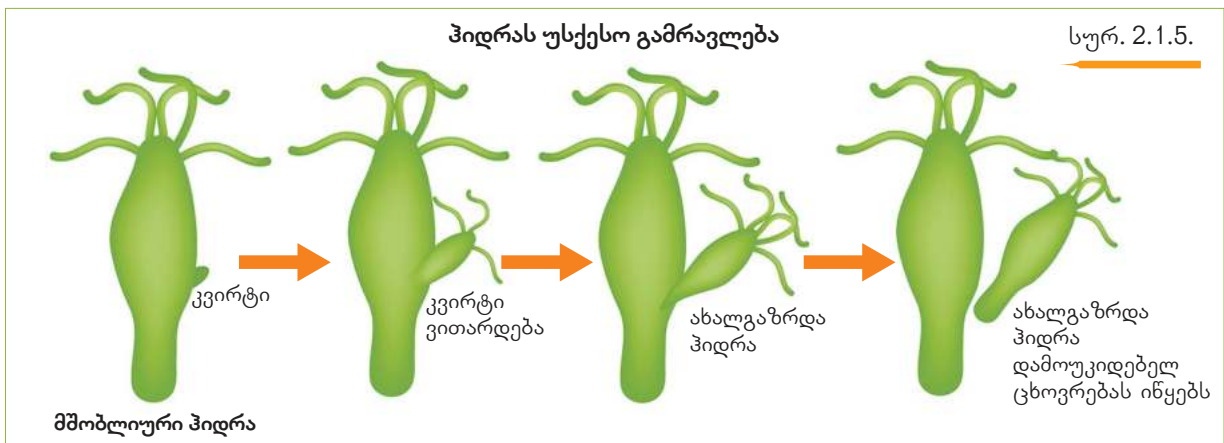
კანკუნთოვანი უჯრედები, მსუსხავი და ნერვული უჯრედები. მსუსხავი უჯრედები დიდი რაოდენობითაა საცეცებში, რომლის საშუალებით ჰიდრა თავს იცავს ან საკვებს მოიპოვებს. ნერვული უჯრედები ვარსკვლავის ფორმისაა და ერთმანეთთან დაკავშირებულია. ნაწლარუიანებისთვის დამახასიათებელია **ბადისებრი/დიფუზური ნერვული სისტემა** (დიფუზური, რადგან ერთ ნერვულ უჯრედში წარმოქმნილი ნერვული იმპულსი ყველა მიმართულებით ვრცელდება). შეხებით ნერვულ უჯრედში წარმოქმნილი ნერვული იმპულსი გადაეცემა კუნთოვან უჯრედებს და სხეული იხრება რომელიმე მხარეს, მოძრაობს საცეცები – ჰიდრა რეაგირებს გამღიზიანებელზე.

ჰიდრა მტაცებელია, იგი იკვებება წვრილი ცხოველებით, მაგალითად, დაფნიებით (სურ. 2.1.4). მისთვის დამახასიათებელია ორგანიზმიდან მონელება. საჭმლის მონელებაში მონაწილეობს ენტოდერმის უჯრედები. ენტოდერმაში ორგვარი უჯრედებია – შოლტიანი



და უშოლტო უჯრედები. უშოლტო უჯრედები ნაწლავის ღრუში საჭმლის მომნელებელ ფერმენტებს გამოყოფს, შოლტიანი უჯრედები თანაბრად ანაწილებენ ნაწლავის ღრუში მოხვედრილ საკვებს, გარდა ამისა, ცრუ ფეხებს გამოყოფენ, რომელთა საშუალებით საკვებს

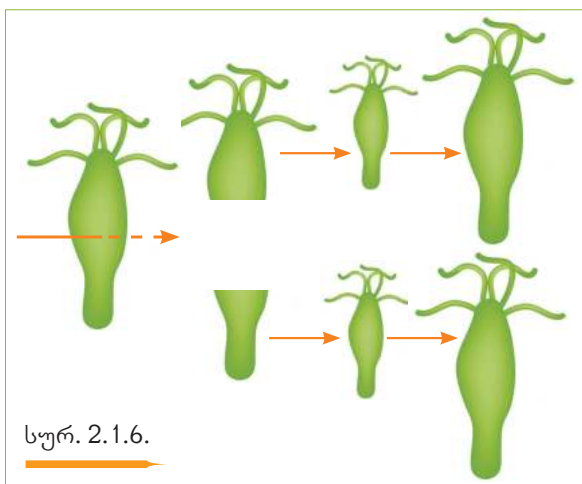
ციტოპლაზმაში მოიქცევენ და მოინელებენ. ამრიგად, ჰიდრას ორგანიზმში მიმდინარეობს **საჭმლის ორგვარი მონელება – უჯრედგარე და უჯრედშიდა მონელება**. მოუწელებელი საკვების ნარჩენები გარეთ პირის ხვრელით გამოიყოფა.



სუნთქვის სპეციალური ორგანო ჰიდრას არ აქვს. ის სუნთქავს სხეულის გარე ზედაპირით და ნაწლავის ღრუს კედლით: ამ გზით ის ითვისებს წყალში გახსნილ ჟანგბადს, ხოლო გარეთ გამოყოფს ნახშირორჟანგს.

ჰიდრა **მრავლდება** როგორც უსქესოდ, ისე სქესობრივად. ზაფხულში ხელსაყრელ პირობებში **მრავლდება უსქესოდ დაკვირვებით** (სურ. 2.1.5), ხოლო შემოდგომაზე არახელსაყრე-

ლი პირობების დადგომამდე – სქესობრივად. **ჰიდრა ორსქესიანი/ჰერმაფროდიტი ცხოველია**. ზოგიერთი ნაწლავლურიანი კი ცალსქესიანია. ჰიდრას სხეულის ექტოდერმაში მნიშვნელოვანი სპერმატოზოიდები და კვერცხუჯრედი. ერთი ჰიდრას სპერმატოზოიდი ანაყოფიერებს მეორე ჰიდრას – განაყოფიერება ჰიდრას სხეულში ხდება. განაყოფიერებული კვერცხუჯრედი იფარება მკვრივი გარსით და წყლის ფსკერზე ეშვება, ჰიდრა კი კვდება. გაზაფხულზე ზიგოტიდან განვითარებული ჩანასახი ერთხანს დაცურავს, შემდეგ კი ხელსაყრელ ადგილას მიემგრება და ახალი ჰიდრა ვითარდება. ამრიგად, ჰიდრას მეტამორფოზული განვითარება ახასიათებს. ჰიდრას კარგად აქვს განვითარებული **რეგენერაციის უნარი**: იგი სწრაფად აღიდგენს სხეულის დაკარგულ ნაწილს (სურ. 2.1.6). ჰიდრის სხეულის თითოეული ნაწილისგან ჰიდრის მთლიანი დამოუკიდებელი სხეული აღდგება. ამიტომ ჰიდრა და სხვა ნაწლავლურიანი მეცნიერებისთვის არის რეგენერაციის მექანიზმის შესწავლის მნიშვნელოვანი მოდელური სისტემა.



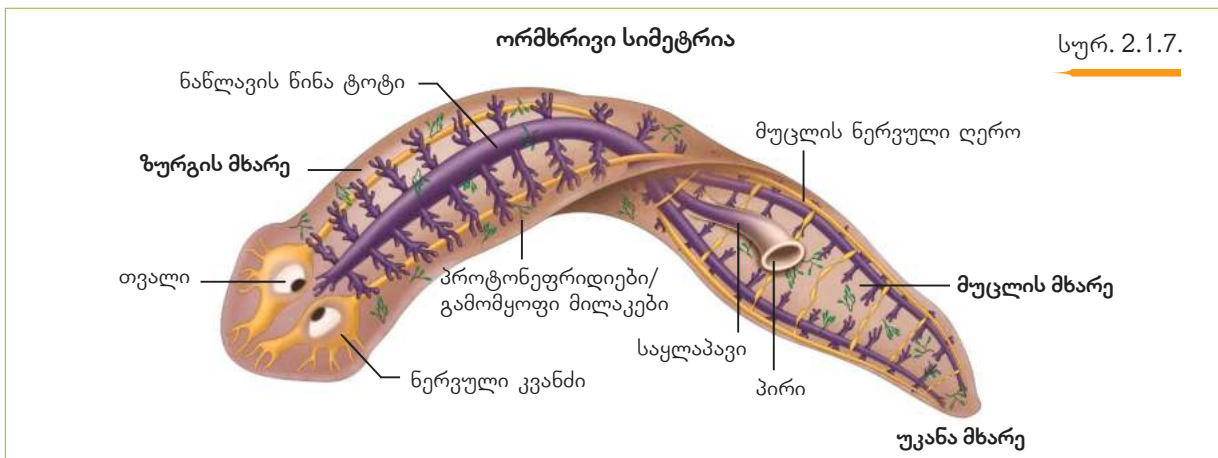
1. რა ნიშნებია დამახასიათებელი ნაწლავლურიანებისთვის?
2. რა ფუნქციებს ასრულებს ექტოდერმის უჯრედები?
3. რა ფუნქციებს ასრულებს ენტოდერმის უჯრედები?
4. რატომ მრავლდება ჰიდრა ხელსაყრელ პირობებში უსქესოდ და არახელსაყრელი პირობების დადგომის წინ კი სქესობრივად?

2.1.7.2. ბრტყელი ჭიები

ბრტყელი ჭიები ფოთლის ფირფიტის ან თასმისებური ფორმის მკვერივი სხეულის მქონე უხერხემლო ცხოველები არიან. ისინი ბინადრობენ მტკნარ წყლებსა და ზღვებში. არიან თავისუფლად მცხოვრებნი ან პარაზიტი ჭიები. პარაზიტობენ ცხოველებსა და ადამიანში. ბრტყელი ჭიების ტიპში შედის სამი კლასი: წამწამოვანი, მწოველები და თასმა ჭიები. მწოველებსა და თასმა ჭიებში მხოლოდ პარაზიტი ჭიებია.

ბრტყელი ჭიების თავისებურებანი განვიხილოთ ამ ტიპის ტიპური წარმომადგენლის – **რძისფერი პლანარიის** – მაგალითზე. რძისფერი პლანარია არის წამწამოვანი ჭიების წარმომადგენელი. იგი მტკნარ წყალში თავისუფლად მცხოვრები ორგანიზმია. თავიანთი ორგანიზაციით ბრტყელი ჭიები ნაწლავ-ლრუიანებზე მალლა დგას. ბრტყელ ჭიებში

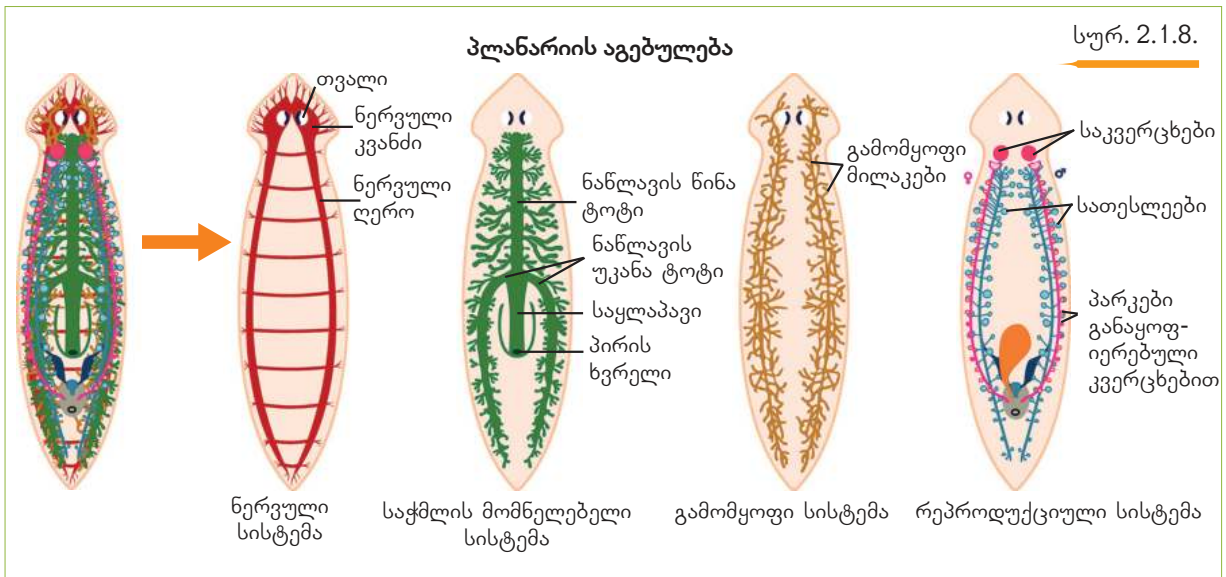
ჩნდება მესამე ჩანასახოვანი ფურცელი – **მეზოდერმა** (ექტოდერმისა და ენტოდერმის გარდა). მეზოდერმის გაჩენასთან ერთად მათ განუვითარდათ **კუნთოვანი სისტემა**. კუნთები მჭიდროდაა დაკავშირებული კანთან და წარმოიქმნება **კან-კუნთოვანი პარკი**, რომელიც ფორმას უნარჩუნებს სხეულს და აქტიურ მოძრაობაში ეხმარება ცხოველს. კუნთოვანი პარკის შიგნით არის ფაშარი ქსოვილი – **პარენქიმა**, რომელიც ავსებს შინაგან ორგანოებს შორის სივრცეს. პარენქიმის უჯრედებს შორის არის სითხე. პარენქიმა საყრდენ ფუნქციას ასრულებს, მასში გამოიყოფა ნაწლავებიდან მონელებული საკვები ნივთიერებები, ხოლო უჯრედებიდან – ცვლის პროდუქტები, ასევე, პარენქიმაში გროვდება სამარაგო ნივთიერებები, მაგალითად გლიოკოგენი.



ბრტყელი ჭიების სხეული **ორმხრივ სიმეტრიულია**, ე.ი. მათში განიჩევა სხეულის მარცხენა და მარჯვენა, ზურგისა და მუცლის მხარე (სურ. 2.1.7). ევოლუციის პროცესში მუცლის მხარეს ცხოველებს განუვითარდათ მამოძრავებელი ორგანოები. პლანარიას მუცლის მხარეს სხეულის ზედაპირი დაფარულია მოციმციმე წამწამებით, რომელსაც იგი წყალში მოძრაობისთვის იყენებს. სხეულის წინა მხარეს თავი მოიყარა ნერვულმა უჯრედებმა და შეგრძნების ორგანოებმა, რამაც გააუმჯობესა ცხოველების ორიენტაცია გარემოში. ამრიგად, მეზოდერმის გაჩენამ და სხეულის ორმხრივ სიმეტრიულობამ შესაძლებელი გახადა ევოლუციის პროცესში ცხოვე-

ლების ხმელეთზე ცხოვრებასთან შეგუება.

ნაწლავლრუიანებთან შედარებით, მნიშვნელოვნად შეიცვალა **ნერვული სისტემა** (სურ. 2.1.8). ბრტყელ ჭიებს სხეულის წინა ნაწილში აქვს **ორი ნერვული კვანძი**. მათგან გამოდის **ორი ნერვული ღერო**, ასევე, მათთან ნერვებით დაკავშირებულია **შეგრძნების** ორგანო ორი თვალის სახით. თვლებით განათებასა და სიბნელეს არჩევს. ამრიგად, ბრტყელ ჭიებში ჩნდება **კვანძოვანი ნერვული სისტემა**, ნერვული კვანძები ცენტრალური ნერვული სისტემის ფუნქციას ასრულებს. ნერვული სისტემა აკონტროლებს კუნთების მოქმედებას და უზრუნველყოფს ცხოველის კავშირს გარემოსთან.



საჭმლის მომნელებელი სისტემა შედგება პირის, საყლაპავისა და ნაწლავისგან (პლანარია მტაცებელია, მას მუცლის მხარეს აქვს პირი და საყლაპავი). ნაწლავი სამ ტოტად იყოფა, რომლებიც ბრმად ბოლოვდებიან პარენქიმაში. ნაწლავში მონელებული საკვები ნაწლავის მრავალრიცხოვანი წვრილი განშტოებებიდან გადადის პარენქიმაში და ნაწილდება სხეულის სხვადასხვა ნაწილში. საკვების მოუნელებელი ნარჩენები გარემოში პირის ხვრელით გამოიყოფა.

ბრტყელ ჭიებში პირველად გაჩნდა **გამომყოფი სისტემა** – გამომყოფი მილაკების ანუ პროტონეფრიდიების სახით, რომელიც არეგულირებს ცვლის პროდუქტების გამოყოფასა და ოსმოსურ წნევას (სხეულიდან გა-

მოიყოფა ჭარბი წყალი).

სუნთქვის სპეციალური ორგანო არ აქვთ და სუნთქავენ სხეულის მთელი ზედაპირით.

ბრტყელი ჭიების **სასქესო/რეპროდუქციული ორგანოები** რთულადაა მოწყობილი. იგი შედგება სასქესო ჯირკვლებისა და მათთან დაკავშირებული თესლგამტარებისა და კვერცხგამტარებისგან. ყველა ბრტყელი ჭია **ჰერმაფროდიტია**. კვერცხუჯრედი განაყოფიერდება პლანარიის სხეულში. პლანარია განაყოფიერებული კვერცხუჯრედების პარკებს დებს წყალში და პარკები ემაგრება წყალში მყოფ საგნებს. პარკებში მოთავსებული კვერცხებიდან ვითარდებიან ახალგაზრდა პლანარიები. ბრტყელ ჭიებს კარგად განვითარებული **რეგენერაციის უნარი** აქვთ.

პარაზიტი ბრტყელი ჭიები

ბრტყელი ჭიებიდან ადამიანის პარაზიტებს წარმოადგენს ღვიძლის ორპირა, ლორის სოლიტერი, ექინოკოკი და სხვა. პარაზიტ ჭიას განვითარებული აქვს პირის მისანოვრები, რითაც

მასპინძლის ორგანიზმს ემაგრება; ორგანოთა სისტემებიდან კარგად განვითარებული გამრავლების ორგანოები აქვს და ახასიათებს რთული სასიცოცხლო ციკლი: ხშირად ორი მასპინძე-

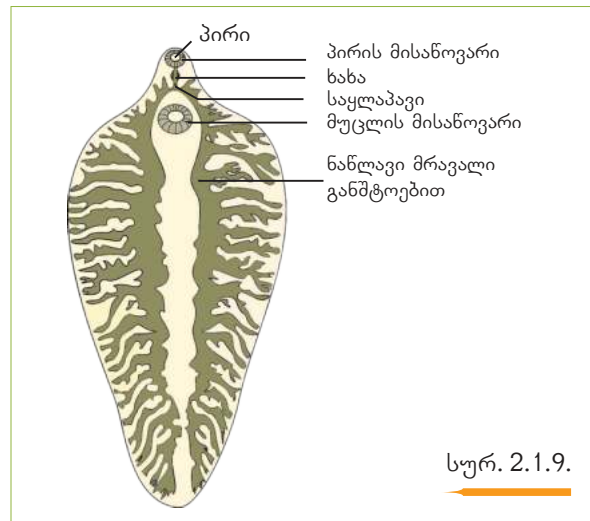


1. რა თავისებურებებით ხასიათდება ბრტყელი ჭიები?
2. რა ევოლუციური მნიშვნელობა ჰქონდა მეზოდერმისა და სხეულის ორმხრივ სიმეტრიულობის გაჩენას?
3. რა ფუნქციებს ასრულებს პარენქიმა?
4. რაში გამოიხატება ბრტყელი ჭიების მაღალ საფეხურზე დგომა ნაწლავლრუიანებთან შედარებით?
5. რა მსგავსებაა ბრტყელი ჭიებისა და ნაწლავლრუიანების აგებულებას შორის?

ლია საჭირო, რომ ზრდასრულ ასაკს მიაღწიოს. მასპინძელ ორგანიზმს, სადაც ზრდასრულ ასაკს აღწევს, **საბოლოო მასპინძელი** ეწოდება, ხოლო ორგანიზმს, სადაც პარაზიტის ჩანასახი განვითარების გარკვეულ სტადიებს გადის – **შუალედი მასპინძელი**).

ლვიძლის ორპირა მწოველების კლასის წარმომადგენელია. მისი სხეული ბრტყელი, ფოთლის ფორმის ფორმისაა (სურ. 2.1.9) და სიგრძით 2-3 სმ. იგი ორი მისაწოვრით ემაგრება პირუტყვის ლვიძლს და იკვებება ლვიძლის სისხლითა და უჯრედებით. ლვიძლში პარაზიტობით იგი არღვევს ამ ორგანოს ფუნქციებს და ხშირად ცხოველი იღუპება. ლვიძლის ორპირამ შეიძლება ადამიანიც დაავადოს. ლვიძლის ორპირას სხეულში დიდი ადგილი უკავია რეპროდუქციულ ორგანოებს – ორ სათესლესა და ერთ საკვერცხეს. სასქესო ჯირკვლებში დიდი რაოდენობით სპერმატოზოიდები და კვერცხუჯრედები მწიფდება. ამას დიდი მნიშვნელობა აქვს ორპირას გადარჩენისთვის, რადგან მისი კვერცხებისა და ჩანასახების მხოლოდ მცირე რაოდენობა აღმოჩნდება ხელსაყრელ პირობებში. ლვიძლის ორპირას რთული სასიცოცხლო ციკლი ახასიათებს (სურ. 2.1.10).

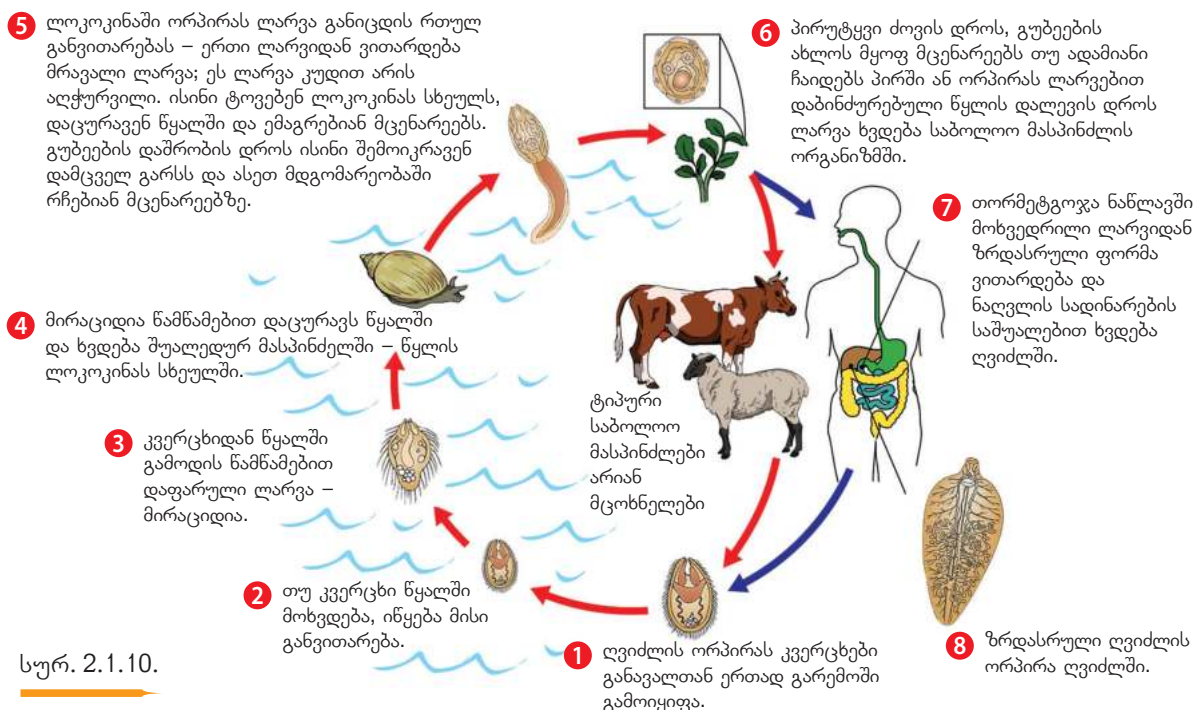
თასმა ქიების წარმომადგენელი პარაზიტი ჭიაა **ლორის სოლიტერი** (სურ. 2.1.11). მისი თას-



სურ. 2.1.9.

მისეზური ფორმის სხეული შედგება თავისა და ნაწევრებისგან. სხეული დაფარულია მკვრივი გარსით, რომელიც იცავს მას ნაწლავის წვენის ზემოქმედებისგან. თავზე აქვს ოთხი მისაწოვარი და ორ რიგად განლაგებული კაუჭებიანი გვირგვინი, რომლითაც მაგრად ემაგრება ნაწლავის კედელს. იგი ადამიანის ნაწლავებიდან მთელი სხეულის ზედაპირით შეიწოვს მონელებულ საკვებ ნივთიერებებს, ამიტომ მას არ აქვს საჭმლის მომნელებელი სისტემა. ნერვული სისტემა მარტივია და არ აქვს შერტყობის ორგანოები. სამაგიეროდ, კარგად აქვს

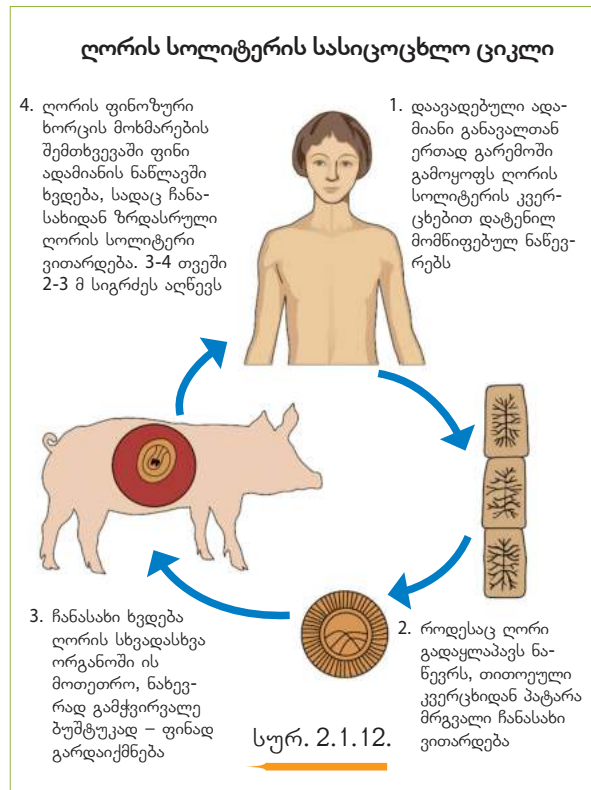
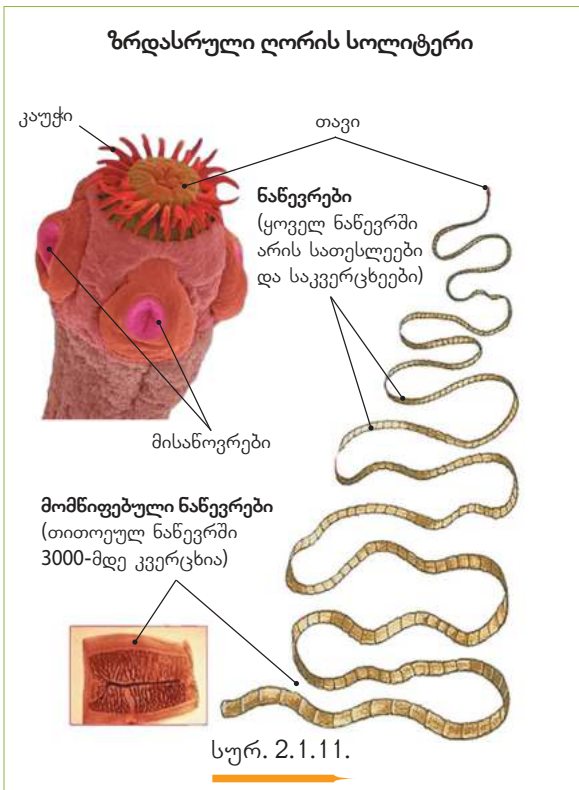
ლვიძლის ორპირას სასიცოცხლო ციკლი



სურ. 2.1.10.

განვითარებული რეპროდუქციული სისტემა – ყოველ ნაწევრში აქვს მდედრობითი და მამრობითი სასქესო ორგანოები. მისთვის დამახასიათებელია რთული სასიცოცხლო ციკლი (სურ. 2.1.12). ღორის სოლიტერი დიდ ზიანს აყენებს ადამიანს, რადგან ართმევს საკვებს და მის ორ-

განიზმში გამოყოფს ტოქსიკურ ცვლის პროდუქტებს. ღორის სოლიტერით დაავადებული ადამიანი გამხდარი და უფერულია; აწუხებს სისუსტე, თავბრუსხვევა, ზედმეტი ნერწყვის დენა და მუცლის ტკივილი.



ძალიან საშიში პარაზიტია ექინოკოკი. მისი ზრდასრული ფორმა ბინადრობს ძაღლის, ტურის, მგლის და სხვ. ნაწლავში. დაავადებული ცხოველიდან გამოყოფილი ექინოკოკის კვერცხები შეიძლება მოხვდეს ბალახზე, ბოსტნეულზე. ბალახიდან კი ექინოკოკის კვერცხი ხვდება პირუტყვის სხეულში, კვერცხიდან ვითარდება ჩანასახი, რომელიც ღვიძლში ან სხვა შინაგან ორგანოებში იბუდებს. თუ ძაღლი ან სხვა მტაცებელი შეჭამს ექინოკო-

კის ფინებიან შინაგან ორგანოებს, მაშინ მის ნაწლავში მოხვედრილი ექინოკოკის ბუშტის ჩანასახებიდან ზრდასრული ექინოკოკები ვითარდება. ექინოკოკი ადამიანსაც უზრუნველყოფს, როდესაც ის ეფერება ექინოკოკით დაავადებულ ძაღლს, რადგან მის ბალახზე შეიძლება მიკრული იყოს ექინოკოკის კვერცხი. ადამიანს ღვიძლში, ფილტვსა და ტვინში უზრუნველყოფს დიდი ბუშტი, რაც იწვევს ადამიანის დაავადებას ექინოკოკოზით და ხშირად ილუპება კიდეც.



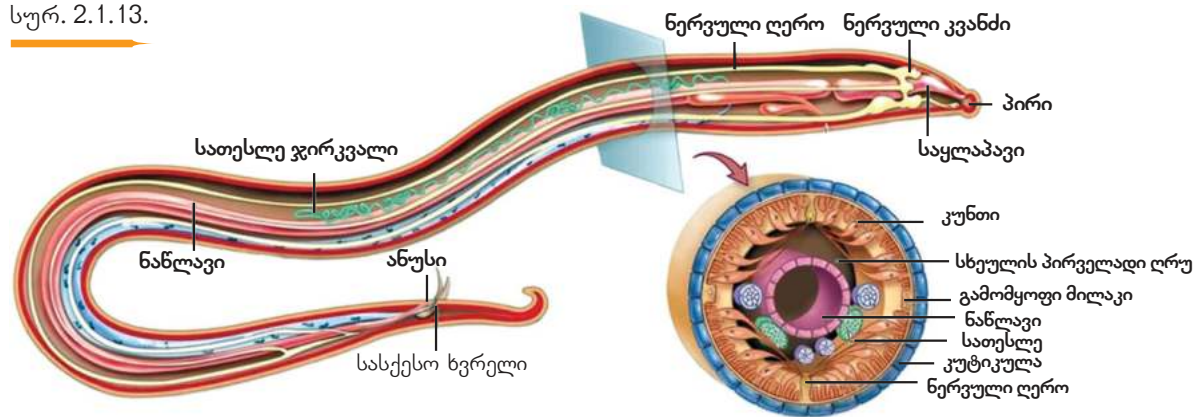
- რა საერთო ნიშნებია დამახასიათებელი პარაზიტი ჭიებისთვის?
- სურათ 2.1.10-ის მიხედვით აღწერე ღვიძლის ორპირას სასიცოცხლო ციკლი. დაასახელე ორპირას შუალედური და საბოლოო მასპინძელი.
- სურათ 2.1.11-ის მიხედვით აღწერე ღორის სოლიტერის სასიცოცხლო ციკლი. დაასახელე ღორის სოლიტერის შუალედური და საბოლოო მასპინძელი..
- ახსენი, რაში გამოიხატება პარაზიტი ჭიების სასიცოცხლო ციკლის სირთულე და როგორ ეხმარება სასიცოცხლო ციკლის სირთულე მათ გადარჩენაში.

2.1.7.3. მრგვალი ჭიები

მრგვალი ჭიები, რომლებსაც, ასევე, **ნემატოდებს** უწოდებენ, გვხვდება დედამიწის თითქმის ყველა ეკოსისტემაში, მათ შორის, მაღალ მთიან მწვერვალებსა და ოკეანეების სიღრმეებში, ნიადაგსა და წყალში. ისინი, ასევე, გვხვდება ექსტრემალურ გარემოში, როგორიცაა ცხელი წყაროები და არქტიკული ყინული. მრგვალი ჭიები, ცხოველთა ერთ-ერთი

ყველაზე მრავალრიცხოვანი ტიპია როგორც რაოდენობის, ისე სახეობების მრავალფეროვნების თვალსაზრისით. 15000-ზე მეტი სახეობის მრგვალი ჭიები სხეულის ზომითაც ძალიან მკვეთრად განსხვავდებიან – სიგრძეში 1 მმ-დან 10 მ-ზე მეტი. არიან თავისუფლად მცხოვრები და მცენარეების, ცხოველებისა და ადამიანის პარაზიტები.

სურ. 2.1.13.



მრგვალი ჭიებისთვის დამახასიათებელია მრგვალი, გრძელი, ორივე ბოლოში წამახვილებული და **დაუნაწევრებელი სხეული** (სურ. 2.1.13). გარედან მათი კანი დაფარულია მკვრივი კუტიკულით, რომელიც ჭიას არახელსაყრელი პირობებისგან იცავს. კანზე შიგნიდან მჭიდროდაა დაკავშირებული კუნთები და წარმოქმნის კან-კუნთოვან პარკს. მრგვალი ჭიებისთვის დამახასიათებელი მნიშვნელოვანი ნიშანია **სხეულის პირველადი ღრუს** არსებობა, რომელიც პარენქიმის ჩაშლის შედეგად წარმოიქმნება. სხეულის პირველადი ღრუ წარმოადგენს კუნთებსა და საჭმლის მომნელებელ არხს შორის სივრცეს, რომელიც სითხითაა ამოვსებული. სხეულის პირველად ღრუში მოთავსებულია ყველა შინაგანი ორგანო. სხეულის ღრუს სითხე ასრულებს **ჰიდროჩონჩის** როლს – სითხის მოძრაობა და მისი ზეწოლა განაპირობებს კუნთების შეკუმშვა-მოდუნებას; ასევე, იგი ასრულებს საკვები ნივთიერებებისა და ცვლის პროდუქტების სატრანსპორტო ფუნქციას და მონაწილეობს აირთა ცვლაში.

მრგვალი ჭიების **ნერვულ სისტემას** ქმნის: **ხახისზედა და ხახისქვედა ნერვული კვანძები**, (რომლებიც ერთმანეთთან არის დაკავშირებული და წარმოქმნის ხახის ირგვლივ ნერვულ რგოლს), ნერვული კვანძებიდან გამომავალი **ნერვული ღეროები** – ზურგის, მუცლის და ორი გერდითი ღერო. **შეგრძნების ორგანოები** მათში ძალიან სუსტადაა განვითარებული: აქვთ შეხების ორგანოები, რომლებიც, ძირითადად, პირის ირგვლივ არის თავმოყრილი. მრგვალი ჭიების **საჭმლის მომნელებელი სისტემა** შედგება პირის, საყლაპავისა და ნანლავისგან, რომელიც **უკანა/ანალური ხვრელით (ანუსით)** ბოლოვდება. უხერხემლოებში პირველად მრგვალ ჭიებში ნანლავი ანალური ხვრელით მთავრდება. არ აქვთ სპეციალური სასუნთქი ორგანოები და **სუნთქავენ** სხეულის მთელი ზედაპირით. **გამომყოფი სისტემა** წარმოდგენილია გამომყოფი მილაკების/პროტონეფრიდიების სახით. მრგვალი ჭიები, ძირითადად, **ცალსქესიანები** არიან, ზოგჯერ შეიმჩნევა მდედრსა და მამრს შორის გარეგნული განსხვავება.

პარაზიტი მრგვალი ჭიები

მცენარეების პარაზიტი ნემატოდები დიდ ზიანს აყენებენ კულტურულ მცენარეებს და მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ზარალს ნახულობენ ფერმერები. მრგვალი ჭიებიდან ადამიანის პარაზიტიკა ასკარიდა და მახვილა. ასკარიდა ადამიანის წვრილ ნაწლავებში პარაზიტობს. მდედრის სხეულის სიგრძე 40 სმ-მდე აღწევს, ხოლო მამრისა – 30 სმ-მდე (სურ. 2.1.14). ასკარიდას პირის ხერხელი გარშემორტყმულია სამი ტუჩით, რომლებითაც ემაგრება ადამიანის ნაწლავის კედელს. მას ნაწლავის წვენის ზემოქმედებისგან იცავს მკვრივი კუტიკულა. იგი დიდი ნაყოფიერებით ხასიათდება: ერთი დღე-ღამის განმავლობაში 200 000-მდე ძალიან წვრილი, მკვრივი გარსით დაფარული კვერცხის დაყრა შეუძლია. ადამიანის ნაწლავიდან კვერცხები გარეთ გამოიყრება. იგი შეიძლება მოხვდეს ბალახზე, ხილ-ბოსტნეულზე, წყალში. ქარმა შეიძლება საოჯახო ნივთებსა და საკვებზე გადაიტანოს, შეიძლება ხელებზე მიგვეწებოს. ასკარიდას კვერცხები ბუზებსაც გადააქვს. ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრილი კვერცხიდან ჯერ ჩანასახი ვითარდება, განვითარების რამდენიმე საფეხურის გავლის შემდეგ კი ნაწლავში ზრდასრული ასკარიდა ვითარდება (ასკარიდას ჩანასახი ნაწლავის კედელს ხერხებს და სისხლძარღვებში ხვდება; სისხლის მიმოქცევის სისტემაში ერთხანს მოგზაურობს, ბოლოს ადამიანის ფილტვებში ხვდება, იქიდან ნახველთან ერთად პირის ღრუში ამოდის და ნერწყვთან ერთად კვლავ ნაწლავში მოხვდება). ასკარიდათი დაავადებულ ადამიანს ახასიათებს: ნერწყვის გაძლიერებული დენა,



კბილების კრაჭუნი, გულისრევა, მუცლის ტკივილი, მადა ეკარგებათ; შეიძლება პირიქითაც – ბევრს ჭამდნენ, მაგრამ არ ერგებათ; ბავშვები უფერულები არიან, სწავლაში ჩამორჩებიან.

მახვილა პარაზიტობს ადამიანის წვრილ ნაწლავების ქვედა განყოფილებასა და მსხვილ ნაწლავში. განსაკუთრებით გავრცელებულია ბავშვებში. ღამით მდედრი მახვილა გამოდის ადამიანის უკანა ხერხელიდან და კანის ნაოჭებში დებს კვერცხებს, რაც ამ ადგილებში კანის ქავილს იწვევს. როდესაც ბავშვი ხელით ეხება ამ ადგილებს, კვერცხები ეკვრის თითებს ფრჩხილების ქვეშ. დაუბანელი ხელით ჭამის შედეგად მახვილას კვერცხები ადამიანის ორგანიზმში ხვდება.

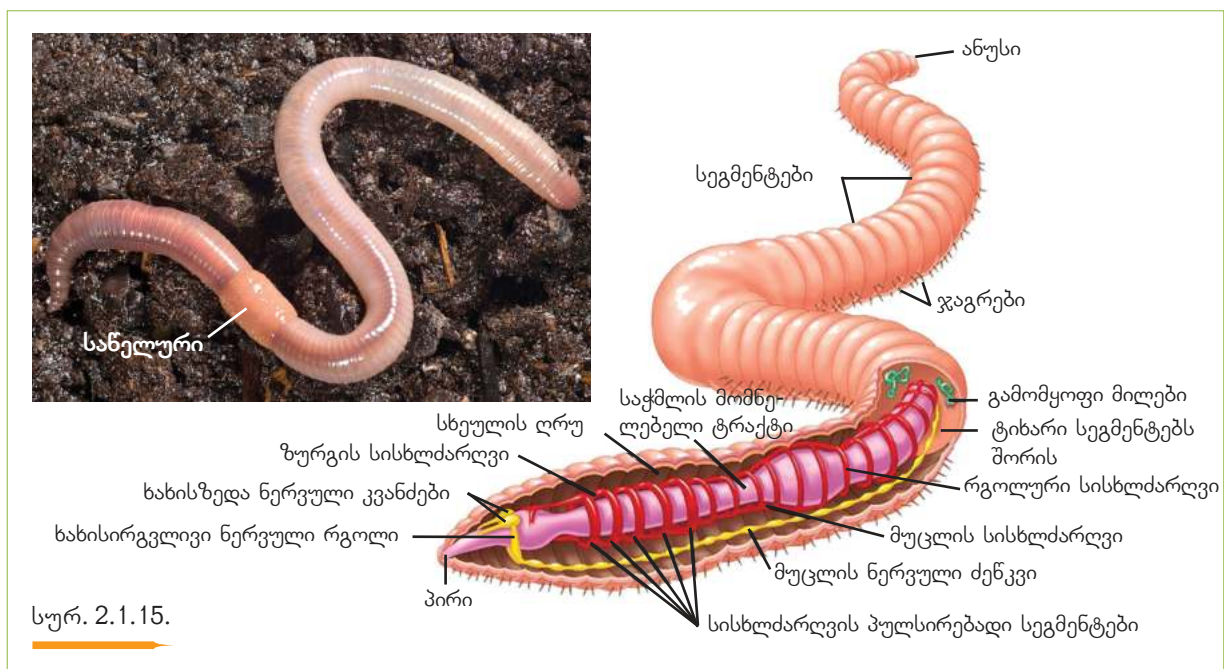


1. რა თავისებურებებით ხასიათდება მრგვალი ჭიები?
2. რა ფუნქციებს ასრულებს სხეულის ღრუს სითხე?
3. რაში გამოიხატება მრგვალი ჭიების მაღალ საფეხურზე დგომა ბრტყელ ჭიებთან შედარებით?
4. რა ნიშნებია დამახასიათებელი პარაზიტი მრგვალი ჭიებისთვის?
5. ასკარიდაში განვითარების რომელ ეტაპებზე მიმდინარეობს აერობული და ანაერობული სუნთქვა?
6. რა სიმპტომებია დამახასიათებელი პარაზიტი ჭიებით დასნეოვნებული ადამიანებისთვის?
7. როგორ ვრცელდება პარაზიტი ჭიების კვერცხები?
8. რატომაა ძნელი პარაზიტ ჭიებთან ბრძოლა?

2.1.7.4. რგოლოვანი ჭიები

რგოლოვან ჭიებს აქვთ წაგრძელებული, გარედან და შიგნიდან **სეგმენტებად/რგოლებად დაყოფილი სხეული**. სხეულის შიგნით სეგმენტები ტიხრებით არის გამოყოფილი. ყოველ სეგმენტში მეორდება წყვილი ჯაგარი, ნერვული სისტემის კვანძები, გამომყოფი სისტემის ორგანოები, საჭმლის მომნელებელი ტრაქტის ნაწილი, ზოგიერთ რგოლოვან ჭიებში სასქესო ჯირკვლებიც. რგოლოვანი ჭია ჯაგრებზე დაყრდნობით გადაადგილდება. ჯაგრების თავისებურების მიხედვით რგოლოვანი ჭიების ტიპი ორ კლასად იყოფა – მცირეჯაგრიანები და მრავალჯაგრიანები.

მცირეჯაგრიანი ჭიების ტიპური წარმომადგენელია ჩვეულებრივი ჭიაყელა და რგოლოვანი ჭიების თავისებურებები მის მაგალითზე განვიხილოთ (სურ. 2.1.15). ჭიაყელა უმეტეს დროს ნიადაგში ატარებს და მის ზედაპირზე მხოლოდ ღამით ან წვიმიან ამინდში ამოდის. რგოლოვანი ჭიების კანი თხელი და ლორწოვანია, მის ქვეშ არის სიგრძივი და რგოლური კუნთები. კუნთები კანთანაა დაკავშირებული და კან-კუნთოვან პარკს წარმოქმნის. თითოეულ რგოლზე აქვს 4 წყვილი ჯაგარი. სხეულის ფორმა, ჯაგრები და ლორწოვანი კანი აადვილებს ჭიაყელას მოძრაობას ნიადაგში.



რგოლოვანი ჭიების **ნერვული სისტემა** უფრო რთულია, ვიდრე – მრგვალი ჭიების. ჭიაყელას ხახის ირგვლივ არის ნერვული რგოლი, რომელიც ხახისზედა და ხახისქვედა ნერვული კვანძებისგან შედგება. ყოველ სეგმენტში მუცლის მხარეს ნერვული კვანძია, რომლებიც ერთმანეთს უკავშირდება და **მუცლის ნერვულ ძეგვს** წარმოქმნის. ჭიაყელა ძალიან მგრძნობიარეა შეხებაზე, რეაგირებს განათების ინტენსივობაზე. რგოლოვანი ჭიების განსაკუთრებული თავისებურებაა **სხეულის მეორეული ღრუს** განვითარება. იგი

სხეულის პირველადი ღრუსგან იმით განსხვავდება, რომ მისი კედელი ამოფენილია განსაკუთრებული ეპითელიუმით, რომელიც ღრუს სითხეს გამოყოფს ყველა ორგანოსგან. ამ შემთხვევაშიც ღრუს სითხე ჰიდროჩონჩხის როლს ასრულებს. **სისხლის მიმოქცევის სისტემა პირველად ჩნდება რგოლოვან ჭიებში**. იგი შედგება მუცლისა და ზურგის მსხვილი სისხლძარღვებისგან, რომლებიც ერთმანეთს თითოეულ სეგმენტში არსებული რგოლური სისხლძარღვებით უკავშირდება. სისხლი მოძრაობს სისხლძარღვის კედლებში არსებული

კუნთების მორიგეობითი შეკუმშვა-მოდუნების გამო. მთავრი სისხლძარღვებიდან გამოსული წვრილი განშტოებები კანსა და შინაგან ორგანოებში წარმოქმნის კაპილარულ ქსელს. რგოლოვანი ჭიებისთვის დამახასიათებელია **დახშული/ჩაკეტილი სისხლის მიმოქცევის სისტემა**, რაც იმას ნიშნავს, რომ სისხლი მხოლოდ სისხლძარღვებში მოძრაობს და არ გადადის სხეულის ღრუში. სუნთქავს სხეულის ზედაპირით – მისი კანი მდიდარია კაპილარებით, მუდამ სველია და ადვილად ატარებს ჟანგბადს.

ჭიაყელა იკვებება ჩამოცვენილი ფოთლებითა და მცენარის სხვა ნაწილებით. მისი **საჭმლის მომნელებელი** არხი შედგება პირის ღრუსგან, ჩიჩახვის, კუნთოვანი კუჭისა და ნაწლავისგან. იგი მცენარის ლპობად ნაწილებს ყლაპავს მიწასთან ერთად, მიწასა და საკვების მოუნელებელ ნარჩენებს პატარა გუნდების სახით უკანა ხვრელით გარემოში გამოყოფს. **გამომყოფი სისტემა** იწყება სხეულის ღრუში ძაბრისებრი გაფართოებით, რომელიც გამომყოფ მილაკებს უკავშირდება, მილაკებიდან კი გარემოში გამოიყოფა ცვლის პროდუქტები.

ჭიაყელა ჰერმაფროდიტი ცხოველია (ზოგიერთი რგოლოვანი ჭია ცალსქესიანია). სათესლეები და საკვერცხეები სხეულის წინა



ნაწილის (სანელურის წინ) სეგმენტებშია მოთავსებული. განაყოფიერება ჯვარედინია – ერთი ჭიაყელას სპერმატოზოიდი ანაყოფიერებს მეორე ჭიაყელას კვერცხუჯრედს (სურ. 2.1.16). გამრავლების პერიოდში სანელურის ნაწევრების კანი გამოყოფს ლორწოს, რომელშიც ჭიაყელა დებს კვერცხებს. ლორწო შრება და წარმოიქმნება პარკი, რომელიც იცავს კვერცხებს. კვერცხებიდან ჭიაყელას ახალი თაობა ვითარდება.

ჭიაყელას კარგად განვითარებული **რეგენერაციის უნარი** აქვს: შემთხვევით დანაწევრებული ჭიაყელას სხეულის თითოეული ნაწილი აღიდგენს სხეულის დაკარგულ ნაწილს.

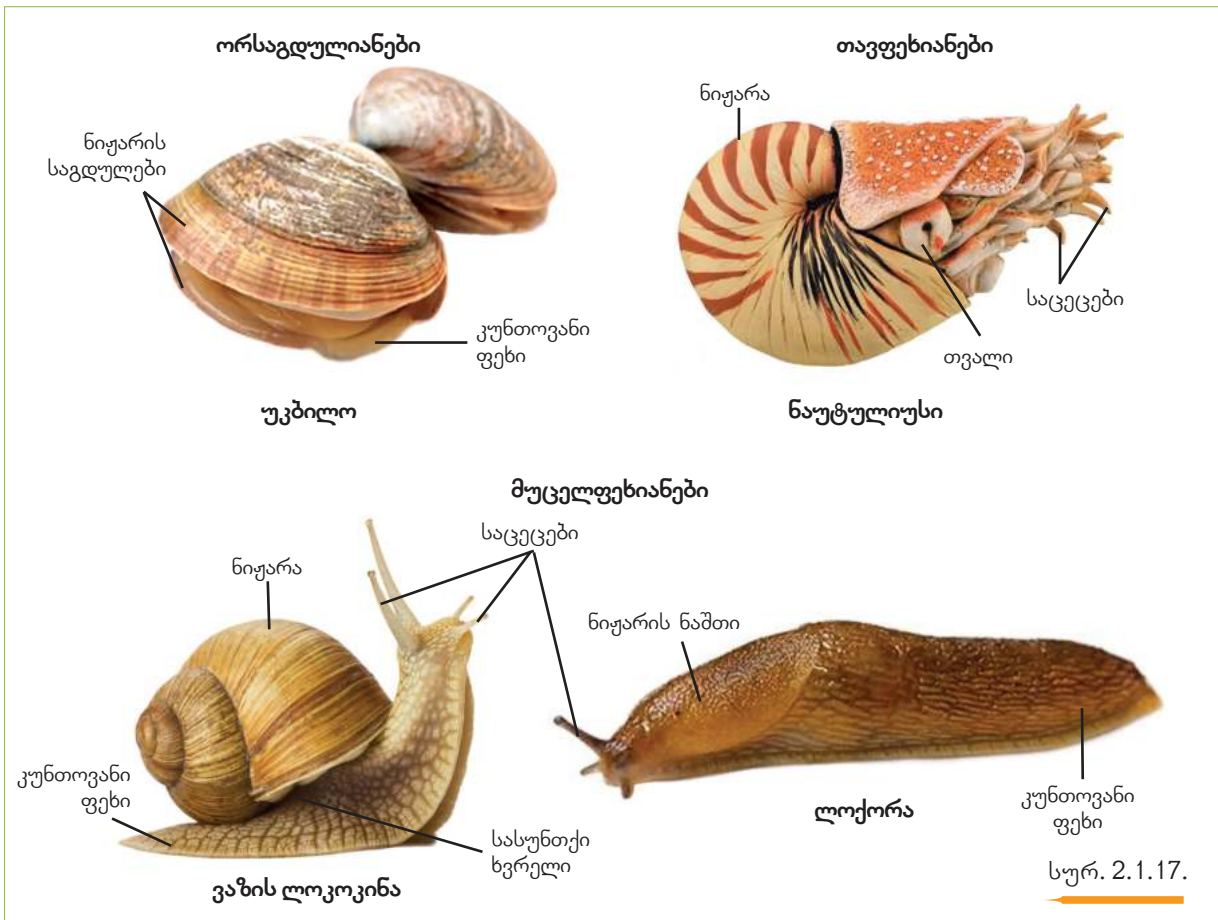


1. აღწერე რგოლოვანი ჭიების თავისებურებანი.
2. რა აროგენეზული ცვლილებები გაჩნდა რგოლოვან ჭიებში?
3. რატომ გვხვდება ჭიაყელა მხოლოდ ტენიან გარემოში?
4. რა შეგუებულობანი აქვს ჭიაყელას ნიადაგში ცხოვრებასთან დაკავშირებით?
5. რას ნიშნავს ჩაკეტილი სისხლის მიმოქცევის სისტემა?
6. რგოლოვანი ჭიები განვითარების დონით უფრო მაღალ საფეხურზე დგანან, თუ მრგვალი ჭიები? დაასაბუთე შენი პასუხი.
7. რა როლს ასრულებენ ჭიაყელები ბუნებაში? კვებითი ჯაჭვის რომელი ფუნქციური რგოლის შემადგენლობაში შედის იგი?

2.1.7.5. მოლუსკები

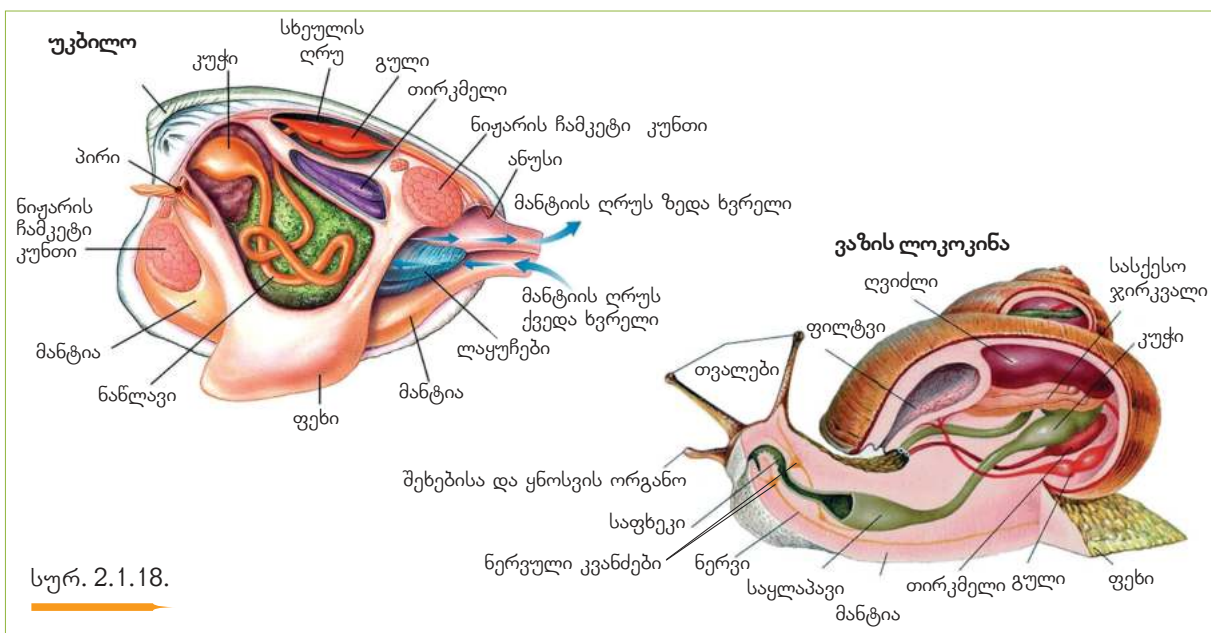
მოლუსკებს რბილი სხეული აქვთ, ამიტომ მათ **რბილტანიანებსაც** უწოდებენ. მათი რბილი სხეული, მცირე გამონაკლისის გარდა (მაგ., ლოქორა), **ნიჟართ** არის დაფარული. სხეული შედგება თავის, ტანისა და ფეხის-

გან. მათი დიდი უმრავლესობა ბინადრობს ზღვებსა და მტკნარ წყლებში, ხოლო ნაწილი – ხმელეთზე. მოლუსკების ტიპს სამ კლასად ყოფენ: ორსაგდულიანები, მუცელფეხიანები და თავფეხიანები (სურ. 2.1.17).



მოლუსკების თავისებურებანი განვიხილოთ უკბილოსა და ვაზის ლოკოკინას მაგალითზე (სურ. 2.1.18). უკბილო მტკნარ წყალში ცხოვრობს, ხოლო ვაზის ლოკოკინა – ხმელეთზე. მოლუსკების სხეულის დიდი ნაწილი დაფარულია კანის დიდი ნაოჭით – **მანტიით**. მანტიასა და მოლუსკის სხეულს შორის არის **მანტიის ღრუ**, რომელშიც მდებარეობს ლაყურები და მასში იხსნება ანუსი, თირკმლისა და სასქესო ჯირკვლების სადინრები. ზურგის მხარეზე აქვთ ნიჟარა, რომელიც მანტიის წარმონაქმნია. ნიჟარა სამი შრისგან შედგება: გარეთა – რქოვანი, შუა – ფაიფურისმაგვარი და შიგნითა – სადაფისებრი. ცხოველის ზრდასთან

ერთად ნიჟარაც იზრდება. **ნერვული სისტემა** უკბილოში წარმოდგენილია ერთმანეთთან დაკავშირებული სამი წყვილი ნერვული კვანძით (ერთი წყვილი არის საცლაპავის ზემოთ, მეორე – სხეულის უკანა ნახევარში და მესამე – კუნთოვან ფეხში), ხოლო ვაზის ლოკოკინაში ხახის ზედა და ქვედა კვანძები ქმნის ხახის ირგვლივ ნერვულ რგოლს. ნერვული კვანძები სხეულის სხვა ნაწილებთან ნერვებით არის დაკავშირებული. **შეგრძნების ორგანოებიდან** მოლუსკების უმრავლესობას აქვს მხედველობის ორგანო, ყნოსვისა და შეხების ორგანოები. მოლუსკებს სპეციალური სუნთქვის ორგანოები აქვთ: უკბილოს **სუნთქვის ორგანო**



ლაყურებია (მანტიის ღრუს ქვედა ხვრელით შედის ჟანგბადითა და საკვებით მდიდარი წყალი, ხოლო მანტიის ღრუს ზედა ხვრელით გამოდის ნახშირორჟანგითა და დაშლის პროდუქტებით მდიდარი წყალი). ვაზის ლოკოკინაში სუნთქვის ორგანოს როლს ასრულებს სისხლძარღვებით მდიდარი მანტიის ღრუს კედელი – **“ფილტვები”** (მანტიის ღრუში ჰაერი მოძრაობს ნიჟარის ქვეშ მოთავსებული სასუნთქი ხვრელის საშუალებით). ლოკოკინების სისხლის მიმოქცევის სისტემა შედგება გულისა და სისხლძარღვებისგან; **გული შედგება პარკუჭისა და ერთი ან ორი წინაგულისგან. სისხლის მიმოქცევის სისტემა ღიაა:** თავისი მოძრაობის გზაზე სისხლი ჩაიღვრება შინაგან ორგანოთა შორის არსებულ ღრუში. საჭმლის მომნელებელი სისტემა შედგება წინა, შუა და უკანა ნაწლავისგან. შუა ნაწლავში იხსნება **საჭმლის მომნელებელი ჯირკვლის – ლვილის** – სადინარი. ვაზის ლოკოკინას პირის ღრუში აქვს საფხეკი – ენაზე რამდენიმე რიგად განლაგებულია რქოვანი კბილები, რომლითაც ლოკოკინა მცენარის უხეშ ქსოვილებს ფხეკს. უკბილოს საფხეკი არ აქვს. გამომყოფი სისტე-

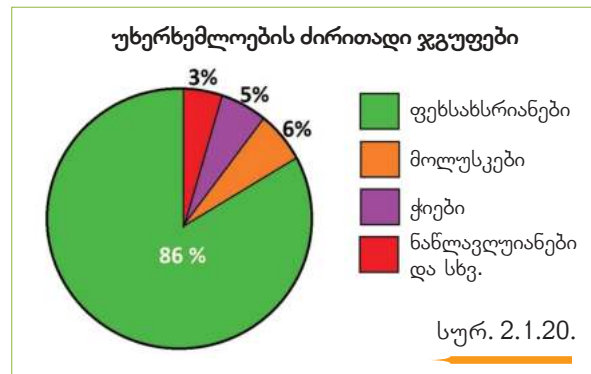
მა წარმოდგენილია **თირკმლების** სახით. მოლუსკების დიდი უმრავლესობა **ცალსქესიანია**. ჰერმაფროდიტ მოლუსკებში განაყოფიერება ჯვარედინია (სურ. 2.1.19). მოლუსკებში განაყოფიერება შინაგანია. უკბილოს კვერცხებიდან ვითარდება ჩანასახი/ლარვა, რომელიც სრულებით არ ჰგავს მშობლებს, იგი ემაგრება თევზის კანს, მასზე ეწევა გარეგანი პარაზიტის ცხოვრებას, განიცდის გარკვეულ განვითარებას, რის შემდეგაც სცილდება თევზს და დამოუკიდებელ ცხოვრებას იწყებს. ამრიგად, უკბილოსთვის მეტამორფოზული განვითარებაა დამახასიათებელი.



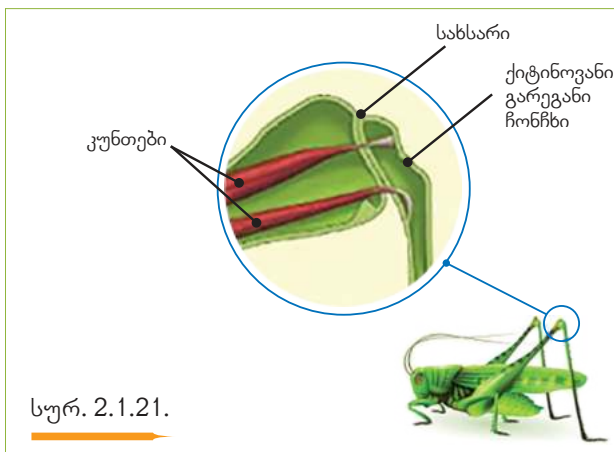
1. რა ნიშნებით გამოირჩევა მოლუსკების ტიპი უხერხემლოების აქამდე განხილული ტიპებისგან?
2. რა აროგენეზული ცვლილებები გაჩნდა მოლუსკებში?
3. რა საერთო და განსხვავებული ნიშნები აქვს უკბილოსა და ვაზის ლოკოკინას?
4. რაში გამოიხატება ვაზის ლოკოკინას შეგუებულობა ხმელეთზე ცხოვრებასთან?
5. რა განსხვავებაა ჩაკეტილ და ღია სისხლის მიმოქცევის სისტემებს შორის?

2.1.7.6. ფეხსახსრიანები

ფეხსახსრიანები უხერხემლოებს შორის ყველაზე მაღალგანვითარებული, მრავალრიცხოვანი, მრავალფეროვანი და დედამიწაზე გავრცელებული ცხოველებია (სურ. 2.1.20). ფეხსახსრიანებისთვის დამახასიათებელი საერთო ნიშნებია: მათი სხეული დანაწევრებულია განსხვავებულ ნაწილებად – **თავი, მკერდი და მუცელი, ან თავმკერდი და მუცელი**; აქვთ **დასახსრული ფეხები**; სხეული გარედან დაფარულია **ქიტინოვანი საფარველით**, რომელიც **გარეგანი ჩონჩხის** როლს ასრულებს – მასზე შიგნიდან მიმაგრებულია კუნთები – და ასრულებს საყრდენ ფუნქციას; გარდა ამისა, ცხოველს იცავს წყლის აორთქლებისა და მექანიკური დაზიანებისგან, მტაცებლებისგან; მათი გარეგანი ჩონჩხი შედგება არა ქსოვილებისგან (როგორც შინაგანი ჩონჩხი), არამედ ნივთიერება ქიტინისგან, რომელიც მტკიცე ჯავშანს ქმნის ორგანიზმისთვის; ორგანიზმის ზრდის პროცესში იგი არ იზრდება, ამიტომ ზრდასრული ასაკის მიღწევამდე მას ცხოველი რამდენჯერმე იცვლის (სურ. 2.1.21); სანამ ცხოველს კვლავ განუვითარდება მყარი გარეგანი ჩონჩხი, იგი იზრდება, მაგრამ ამ პერიოდში იგი არის ძალიან დაუცველი როგორც გარეგანი აბიოტური ფაქტორების ზემოქმედებისგან,



ისე მტაცებლებისგან, ამიტომ განვითარების ამ ეტაპზე იგი იმალება; ქიტინოვანი საფარველი მთელ სხეულზე ერთნაირი სიმკვრივისა და სისქის არ არის – მაგალითად, კიდურების სახსრების მიდამოში ის შედარებით უფრო რბილია, რის გამოც ფეხსახსრიან ცხოველს მოძრაობა უადვილდება. ფეხსახსრიანების უმრავლესობას კარგად აქვს განვითარებული მხედველობის, ყნოსვისა და შეხების შეგრძნების ორგანოები, რომლებითაც რეაგირებს გარემოს გამლიზიანებელზე და ეხმარება მას საკვებისა და საცხოვრებელი ადგილის მიგნებაში, თავდაცვაში. ფეხსახსრიანთა ტიპში სამი კლასია გაერთიანებული: მწერები, ობობასნაირები და კიბოსნაირები.

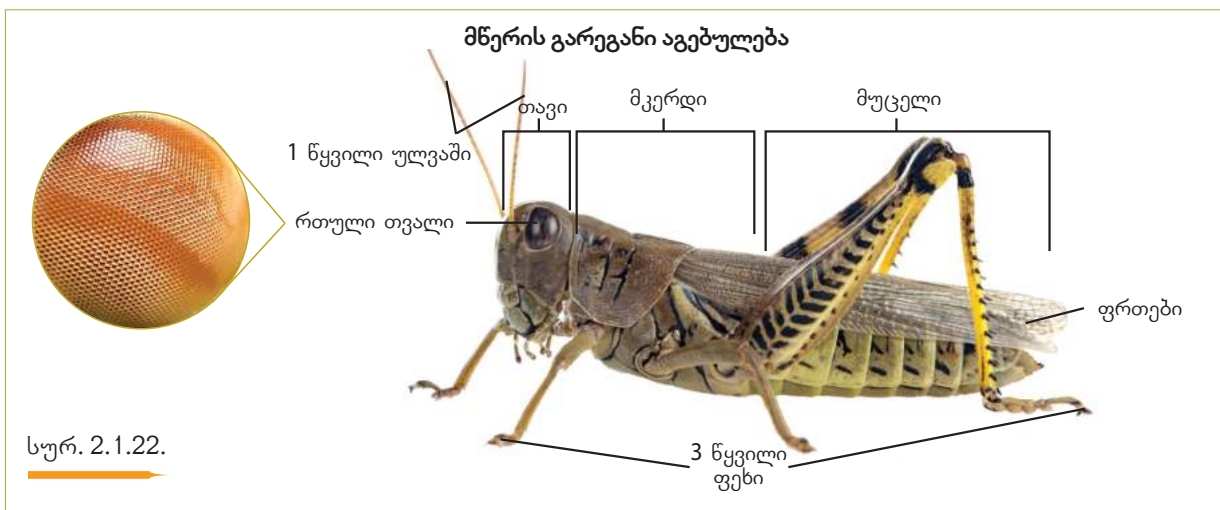


1. რა საერთო ნიშნებია დამახასიათებელი ფეხსახსრიანებისთვის?
2. რა განსხვავებაა გარეგან და შინაგან ჩონჩხს შორის?
3. რა ფუნქციებს ასრულებს გარეგანი ჩონჩხი?
4. რატომაა დამახასიათებელი ქიტინოვანი საფარველის ცვლა ზრდის პროცესში?

2.1.7.6.1. მწერები

მწერები ცხოველთა სამეფოში ყველაზე მრავალრიცხოვანი და სახეობრივად მრავალფეროვანია. ამ კლასში 1 მლნ-ზე მეტი სახეობაა გაერთიანებული. ისინი გავრცელებულია პრაქტიკულად ყველა ეკოსისტემაში – ტყეებში, მინდვრებში, ბაღებსა და ბოსტნებში, ადამიანის საცხოვრებელ სახლებში, შეიძლება შევხვდეთ ტბებსა და მდინარეებში. მეცნიერები ყოველწლიურად აღმოაჩენენ მათ

ახალ სახეობებს. მწერების ზოგიერთი სახეობა კოლონიებად – ოჯახებად – ცხოვრობენ (მაგ., ფუტკრები, ჭიანჭველები) და მათ საზოგადოებრივ მწერებს უწოდებენ. ოჯახებში ასობით და ათასობით ინდივიდია და ოჯახის წევრებს შორის ფუნქციებია განაწილებული. მეცნიერები ვარაუდობენ, რომ საზოგადოებრივი მწერის გენეტიკა განსაზღვრავს, თუ რა როლს შეასრულებს იგი ოჯახში.



მწერები, ობობებთან ერთად, 400 მლ წლის წინ შეეგუვნენ ხმელეთზე ცხოვრებას. მათ წყლის აორთქლებისგან იცავს ქიტინოვანი საფარველი. ყველა მწერის სხეული სამი ნაწილისგან შედგება: **თავი, მკერდი და მუცელი** (სურ. 2.1.22). თავზე აქვთ **ერთი წყვილი ულვაში და რთული თვალი**, პირის აპარატი. ულვაში ყნოსვისა და შეხების შეგრძნების ორგანოების როლს ასრულებს. რთული თვალი მრავალი ასეული მიკროსკოპული თვალაკისგან შედგება. თითოეული თვალაკი საგნის მხოლოდ ნაწილს ხედავს და ასეთ მხედველობას **მოზაიკური მხედველობა** ეწოდება. პირის აპარატი აგებულებით განსხვავებულია იმაზე დამოკიდებულებით, თუ როგორი საკვებით იკვებება მწერი (მწუნწავ-მჩხვლეტი, მწუნწავ-მოლკავი ან მღრღნელი ტიპის პირის აპარატი).

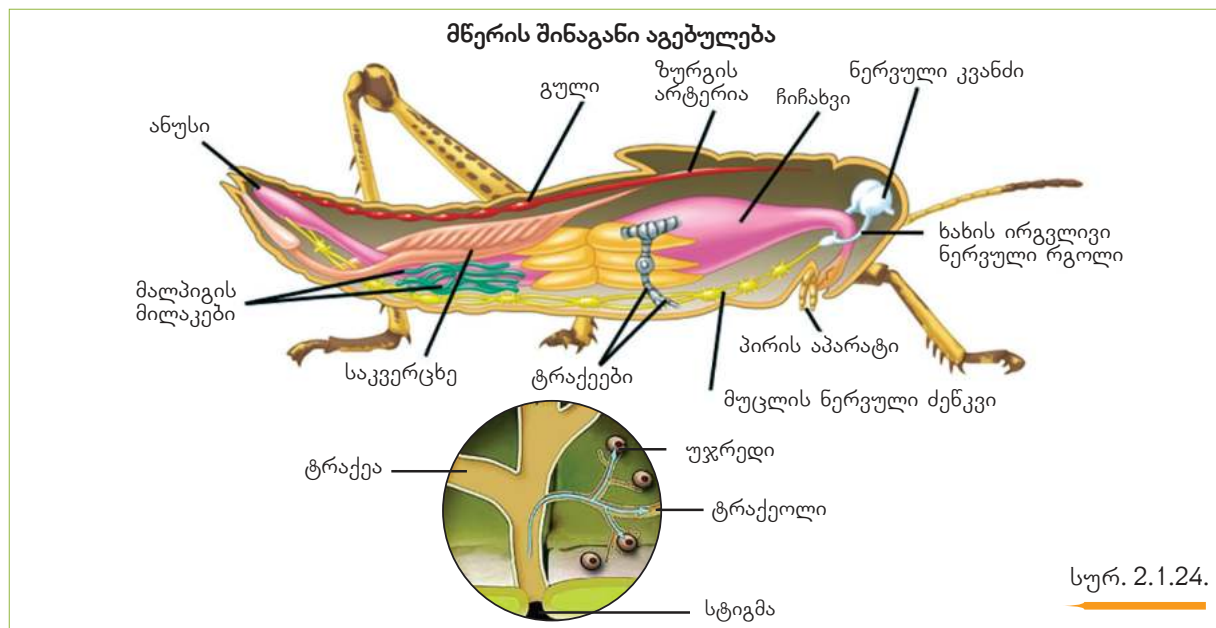
მკერდი სამი სეგმენტისგან შედგება, თითოეულ სეგმენტთან თითო წყვილი ფეხი დაკავშირებული (მწერებს სულ **6 ფეხი აქვთ**), ხოლო მკერდის შუა სეგმენტს უმრავლესო-

ბა მწერში **ორი წყვილი ფრთა** უკავშირდება. ცხოველთა მხოლოდ ოთხი ჯგუფისთვის არის დამახასიათებელი ფრენა: მწერების, გადაშენებული მფრინავი ხვლიკების, ფრინველებისა და ლამურებისთვის. მწერებში ფრთები წარმოადგენს ზურგის მხარეზე გარეგანი ჩონჩხის გამონაზარდს. ყოველი ფრთის დასაწყისში მასზე მიმაგრებულია კუნთები, რომელთა დახმარებით ფრთები მოძრაობს. მაგალითად,



ფუტკარს შეუძლია წთ-ში ფრთების 200-ჯერ აწევ-დანევა (სურ. 2.1.23). მუცელიც დანაწევრებულია და მუცლის დაბოლოებაზე მოთა-

ვსებულია კვერცხსადები, ზოგიერთ მწერ-ში (მაგ., მუშა ფუტკრებში) კვერცხსადები ნესტრადაა გადაქცეული.



სურ. 2.1.24.

მწერები ხმელეთზე ცხოვრებასთან შეგუებულია შინაგანი აგებულების თავისებურებითაც (სურ. 2.1.24). მწერის **სასუნთქი ორგანო ტრაქეები**, რომლებშიც ჰაერი შედის მწერის სხეულის გვერდებზე არსებული სასუნთქი ხვრელებით – **სტიგმებით**. ტრაქეები ისეთ წვრილ მილაკებად – ტრაქეოლებად იყოფა, რომ აირთა ცვლა უშუალოდ მიმდინარეობს უჯრედებსა და ტრაქეოლებში გამავალ ჰაერს შორის. მწერის მუცლის ღრუს გაფართოების დროს ჟანგბადით მდიდარი ჰაერი სტიგმების საშუალებით შედის ტრაქეებში, ხოლო მუცლის ღრუს შეკუმშვისას ნახშირორჟანგით მდიდარი ჰაერი გარეთ გამოდის. სტიგმები არამარტო აირთა ცვლაში მონაწილეობს, არამედ არე-

გულრებს წყლის აორთქლებასაც – ზოგიერთ მწერს ტრაქეების სარქველებიც აქვს.

მწერის სისხლის მიმოქცევის სისტემა შედგება გულისა და სისხლძარღვებისგან. მათში **სისხლის მიმოქცევის სისტემა დახშული არაა**. მწერების სისხლი სასუნთქ პიგმენტს არ შეიცავს და ასრულებს მხოლოდ საკვები ნივთიერებებისა და ცვლის პროდუქტების ტრანსპორტირების ფუნქციას.

მწერების უმრავლესობა **ცალსქესიანია**. განაყოფიერება შინაგანია და კვერცხის დებით მრავლდებიან. მათთვის დამახასიათებელია **მეტამორფოზული განვითარება**. ზოგიერთი მწერი განვითარების პროცესში გაივლის კვერცხის, ჩანასახის, ჭუპრისა და ზრდასრულის

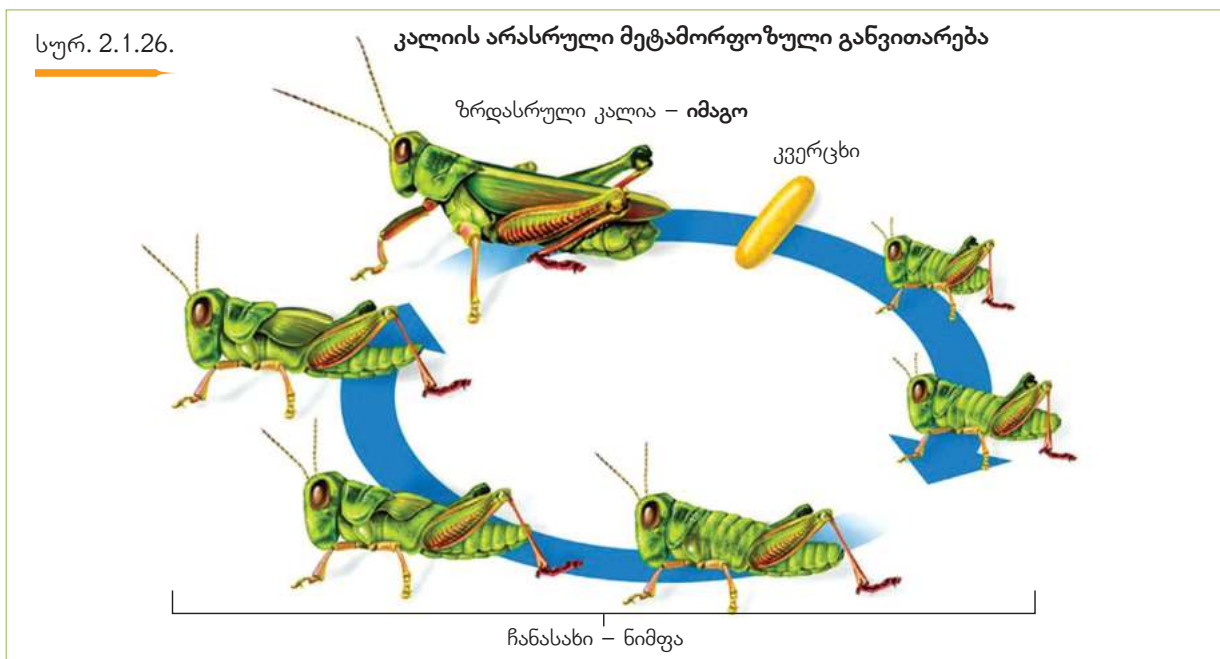


1. რა საერთო ნიშნებია დამახასიათებელი მწერებისთვის?
2. რა ადაპტაციები განუვითარდათ მწერებს ხმელეთზე ცხოვრებასთან დაკავშირებით?
3. რა ეხმარება მწერებს წყლის შენარჩუნებაში?
4. მცენარეების ფოთლის რომელ წარმონაქმნს აქვს სტიგმების მსგავსი ფუნქციები?
5. რა განსხვავება იქნება უდაბნოსა და ტროპიკული ტყის მწერების სტიგმების აგებულებაში?
6. რა უპირატესობა შესძინა ფრენის უნარმა მწერებს?
7. რატომ არ აქვს მწერებში სისხლს აირთა ტრანსპორტირების ფუნქცია?
8. მწერის მუცლის ღრუს გაფართოების დროს რატომ შედის ჰაერი სტიგმების გავლით ტრაქეებში და პირიქით, მუცლის ღრუს შეკუმშვის დროს ტრაქეებიდან რატომ გამოდის გარემოში ჰაერი?
9. რა ეკოლოგიურ როლს ასრულებენ მწერები ეკოსისტემებში?
10. რა ეკოლოგიური მნიშვნელობა აქვს მწერების მრავალფეროვნების დაცვას?



ეტაპებს (სურ. 2.1.25) და ასეთ მწერებს **სრული მეტამორფოზის** მწერებს უწოდებენ (მაგ., პეპლები, ფუტკრები, ბუზები, კოლოები, ხოჭოები), ზოგიერთი კი – კვერცხის, ჩანასახისა და ზრდასრულის ეტაპებს (მაგ., ტარაკნები, კალიები) და მათ **არასრული მეტამორფოზის**

მწერებს უწოდებენ (სურ. 2.1.26). კალიის კვერცხიდან განვითარებული ჩანასახი/ნიმფა გარეგნულად თითქოს ჰგავს ზრდასრულ ორგანიზმს, მაგრამ მისგან განსხვავებით, არ აქვს განვითარებული ფრთები და სასქესო ორგანოები.

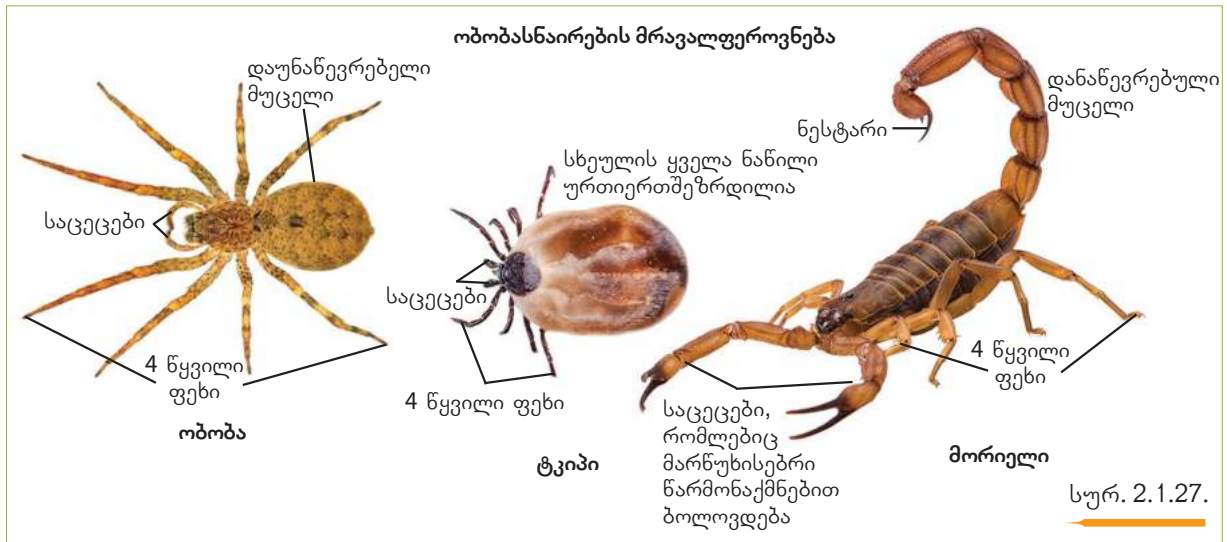


11. რა განსხვავებაა მწერების სრულ და არასრულ მეტამორფოზულ განვითარებას შორის?
12. რა დადებითი მნიშვნელობა აქვს სახეობის გადარჩენისთვის მეტამორფოზულ განვითარებას?
13. სრული მეტამორფოზის მწერი განვითარების რომელ სტადიაზე ყველაზე მეტად დაუცველი და რატომ?
14. სრული მეტამორფოზის მწერი განვითარების რომელ სტადიაზე ჰგავს რგოლოვან ჭიებს და რაზე მიუთითებს ეს მსგავსება?

2.1.7.6.2. ობობასნაირები

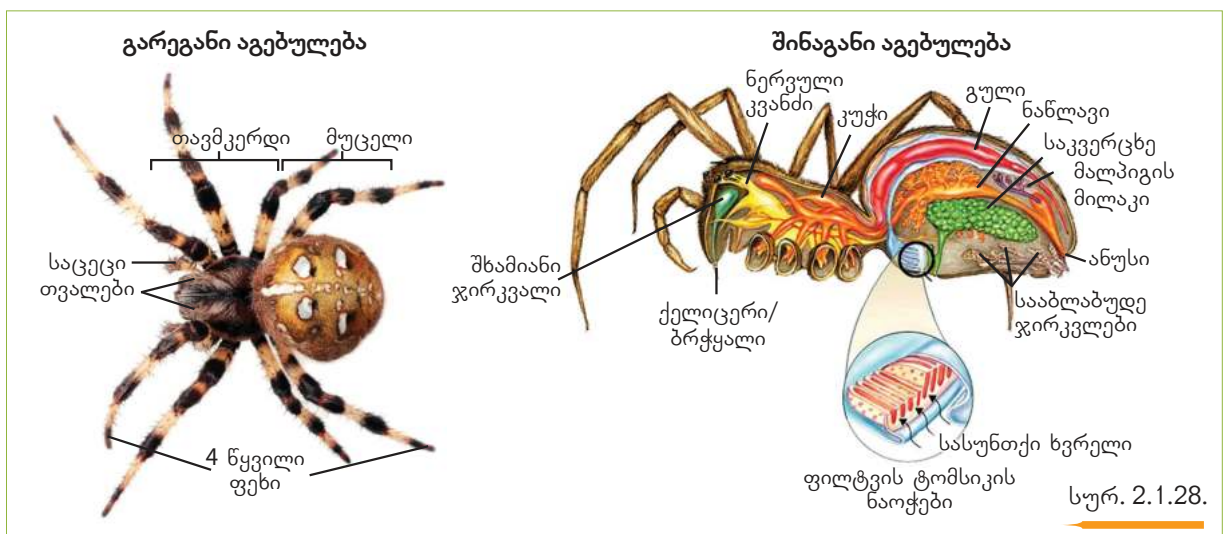
ობობასნაირებს მიეკუთვნებიან ობობები, მორიელები და ტკიპები (სურ. 2.1.27). ობობების სხეული შედგება თავმკერდისა და დაუნაწევრებელი მუცლისგან, ტკიპებში სხეულის ყველა ნაწილი ერთმანეთთან შეზრდილია, ხოლო მორიელებს თავმკერდი და

დანაწევრებული გრძელი მუცელი აქვთ. მათი მუცელი ბოლოვდება ნესტრით, რომელშიც შხამიანი ჯირკვლის სადინარი იხსნება. ძირითადად, ბინადრობენ ხმელეთზე. სუნთქავენ ტრაქეებით ან ფილტვებით, ზოგიერთი კი – ორივეთი.



სურათ 2.1.28–ზე წარმოდგენილია ჯვრიანი ობობას გარეგანი და შინაგანი აგებულება. ობობას, მწერებისგან განსხვავებით, **არ აქვს ულვაშები, აქვს 4 წყვილი სასიარულო ფეხი**. სხეულის წინა ნაწილში მოთავსებული პირი შედგება ზედა და ქვედა ყბებისგან. ზედა ყბები შეიარაღებულია მახვილი **ბრჭყალებით/ქელიცერებით**, რომელშიც შხამიანი ჯირკვლის

სადინარი იხსნება. ქვედა ყბა აღჭურვილია საცეცებით. საცეცები შეხების შეგრძნების ორგანოა. თავმკერდის წინა ნაწილში მცირე ზომის **8 თვალაკია. ობობები ბინადრობენ ხმელეთზე. სუნთქავენ ტრაქეებით და ფილტვებით**. ობობას მუცლის წინა ნაწილში აქვს ერთი წყვილი ფილტვის ტომსიკები, რომელთა კედელი დანაოჭებულია; ეს ნაოჭები მოგვაგონებს



ნიგნის ფურცლებს, იგი მდიდარია სისხლძარღვებით და ზრდის ჰაერთან შეხების ზედაპირის ფართობს; ფილტვის ტომსიკები გარეთ იხსნება სასუნთქი ხერელით. ობობასნაირების სისხლის მიმოქცევის სისტემა ლიაა.

ობობასნაირების საკვები მრავალფეროვანია: ჯვრიანი ობობა მტაცებელია, მისი საკვები ბუზები და კოლოები; ტკიპების ნაწილი მცენარეებით იკვებება, უმრავლესობა კი სისხლის მწოველი პარაზიტია. ობობასნაირების ზოგიერთ სახეობას, მაგალითად, ჯვრიან ობობას აქვს **სააბლაბუდე ჯირკვლები** და **აგებს აბლაბუდის ქსელს** (სურ. 2.1.29), რომელსაც სხვადასხვა მიზნით იყენებს: მსხვერპლის დასაჭერად, თავდასაცავად, როგორც პარაშუტს, ერთი ადგილიდან მეორეზე „გადასაფრენად“, გამრავლების პერიოდში მისგან ახვევს პარკს, რომელშიც კვერცხებს ათავსებს. ობობას თითოეული ფეხი ბოლოვდება სავარცხლისებრი ბრჭყალებით, რომლითაც თავისუფლად მოძრაობს ნებოვან აბლაბუდის ქსელში, რომელშიც ადვილად ებმება მისი მსხვერპლი. ობობა ქსელში გაბმულ მსხვერპლს ქელიცერის საშუალებით უშხაპუნებს შხამიანი ჯირკვალში გამომუშავებულ სეკრეტს. ეს სეკრეტი შეიცავს არამარტო ტოქსიკურ ნივთიერებას, რომელიც მსხვერპლს კლავს, არამედ საჭმლის მომნელებელ ფერმენტებსაც. ფერმენტები

ბი მოინელებენ მსხვერპლს მისი ქიტინოვანი საფარველის გარდა, მონელებულ საკვებ ნივთიერებებს შეინოვს ობობა. ამრიგად, ობობისთვის დამახასიათებელია **საჭმლის ორგანიზმისგარე მონელება**. საჭმლის მონელების ეს თავისებურება იმასთანაც არის დაკავშირებული, რომ ობობას აქვს პატარა პირი და ვიწრო საყლაპავი.

ობობა **ცალსქესიანია**; მდედრი დებს დიდი რაოდენობის კვერცხებს, რომლებიდანაც გაზაფხულზე ობობების ახალი თაობა იჩეკება. ახალგამორჩეილი ობობა ძირითადი ნიშნებით ჰგავს ზრდასრულ ორგანიზმს. ამრიგად, ობობებისთვის **პირდაპირი განვითარებაა** დამახასიათებელი.



სურ. 2.1.29.



1. სურათ 2.1.27-ის მიხედვით აღწერე ობობასნაირების სხვადასხვა წარმომადგენელს შორის მსგავსება-განსხვავება გარეგან აგებულებაში.
2. რა საერთო ნიშნებია დამახასიათებელი ობობებისთვის?
3. რა განსხვავებაა ობობებისა და მწერების გარეგან აგებულებაში?
4. რით განსხვავდება ობობაში სისხლის მიმოქცევის სისტემის ფუნქციები მწერებისგან და რასთან არის დაკავშირებული ეს განსხვავება?
5. რაში იყენებს ჯვრიანი ობობა აბლაბუდის ქსელს?
6. საჭმლის მონელების როგორი ფორმაა დამახასიათებელი ობობასთვის და რასთანაა იგი დაკავშირებული?
7. პოსტემბრიონული განვითარების როგორი ფორმაა დამახასიათებელი ობობასთვის?
8. სურათზე გამოსახულია ეკლიანი ობობა. მისთვის დამახასიათებელია კაშკაშა შეფერილობა, რომლითაც მწერებს იზიდავს – მათ ყვავილი ჰგონიათ და ადვილად ებმებიან ქსელში. გამოიყენე სიტყვები მემკვიდრული ცვალებადობა, არსებობისათვის ბრძოლა, ბუნებრივი გადარჩევა და ასხენი ევოლუციის პროცესში როგორ შეიძლება ასეთი კაშკაშა შეფერილობის ობობის სახეობის წარმოქმნა.



2.1.7.6.3. კიბოსნაირები

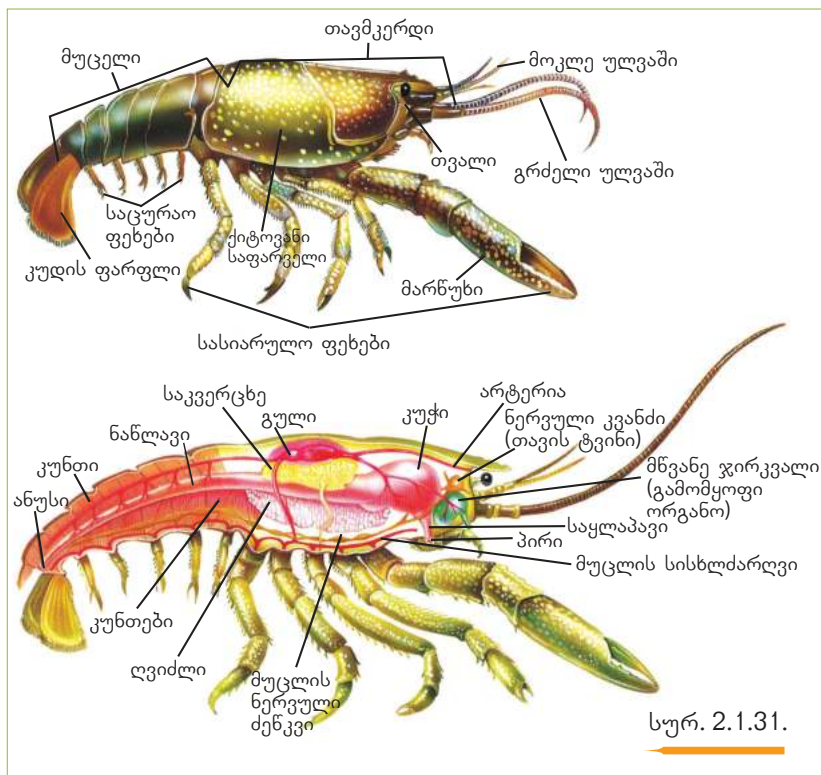
კიბოსნაირებს მიეკუთვნება მდინარის კიბო, კიბორჩხალა, კრევეტები, ლანგუსტები, წვრილი კიბოსნაირები – დაფნია, ციკლოპი და სხვ. მათი ევოლუცია დაიწყო ოკეანეებში და დღეს კიბოსნაირთა უმეტესობა კვლავ ოკეანეებსა და ზღვებში ცხოვრობს, მაგრამ არსებობს მტკნარი წყლის სახეობებიც და ზოგიერთი ხმელეთის ფორმაც. არის მცირე ზო-

მის კიბოსნაირები (მაგ., დაფნია და ციკლოპი, რომლებიც ზოოპლანქტონის შემადგენლობაში შედიან) და ისეთი გიგანტური ზომის კიბოსნაირიც, როგორიცაა ქოქოსის კიბორჩხალა (სურ. 2.1.30). იგი მსოფლიოში ყველაზე დიდი ზომის ფეხსახსრიანია, რომლის ფეხის სიგრძე 1 მეტრამდე შეიძლება იყოს.



კიბოსნაირების აგებულების თავისებურებანი მდინარის კიბოს მაგალითზე განვიხილოთ (სურ. 2.1.31). იგი მტკნარ წყალში, უფრო ხშირად კი მდორე მდინარეებში ცხოვრობს. მისი

სხეული შედგება **თავმკერდისა და დანაწევრებული მუცლისგან**. მისი სხეული კირით გაფლენილი ქიტინოვანი საფარველითაა დაფარული. თავზე **ერთი წყვილი რთული თვალი**



სურ. 2.1.31.

და ორი წყვილი ულვაში აქვს – მოკლე და გრძელი ულვაშები, რომლებიც შეხებისა და ყნოსვის შეგრძნების ორგანოების როლს ასრულებენ. მდინარის კიბოს **მკერდთან 5 წყვილი სასიარულო ფეხია** შენაწევრებული, რომელთაგან პირველი წყვილი მარწუხისებრია და კიბოს საკვების დაჭერაში ეხმარება. **მუცლის თითოეულ ნაწევრთან საცურაო ფეხებია** დაკავშირებული, მუცელი კი **კუდის ფარფლით** ბოლოვდება. წყალში ცხოვრებასთან დაკავშირებით, მდინარის კიბოს **სუნთქვის ორგანო ლაყურებია**. ლაყურები ფურცლისებრია, რომლებიც სისხლძარღვებითაა მდიდარი. ლაყურებში

განუწყვეტლივ მოძრაობს წყალი და აირთა ცვლა მიმდინარეობს ლაყუნში შესულ წყალსა და სისხლს შორის.

მდინარის კიბო **ცალსქესიანია**. მდედრი კიბო ზამთარში დებს 100–200 კვერცხს, რომლებიც მუცლის ქვეშ საცურაო ფეხებზეა

მიმაგრებული. ზაფხულში კვერცხებიდან პატარა კიბოები იჩეკება. ახალგაზრდა კიბოებიც იმავე ადგილას დედასთან რჩებიან მიმაგრებული, ზრდის პროცესში, სხვა ფეხსახსრიანების მსგავსად, რამდენჯერმე იცვლიან ქიტინოვან საფარველს და ზრდასრულ ასაკს აღწევენ.



1. რაში გამოიხატება მდინარის კიბოს შეგუება წყალში ცხოვრებასთან?
2. შეადარე ფეხსახსრიანთა სხვადასხვა ჯგუფი და მონაცემები შეიტანე ქვემოთ მოცემულ ცხრილში.

ნიშან-თვისებები შესადარებლად	მწერები	ობობები	კიბოსნაირები
სხეულის ნაწილები	×	×	×
უღვაშები	×	×	×
თვალები	×	×	×
ფეხები	×	×	×
ფრთები	×	×	×
სუნთქვის ორგანო	×	×	×
სისხლის მიმოქცევის სისტემა – ღია/დახშული	×	×	×
სისხლის ფუნქციები	×	×	×
პოსტემბრიონული განვითარება – მეტამორფოზული/პიდაპირი	×	×	×



საინფორმაციო ბუკლეტის მომზადება

შენი სკოლის უმცროსკლასელთათვის შექმენი საინფორმაციო ბუკლეტი პარაზიტ ქიებზე, რომელშიც ასახავ პარაზიტი ქიებისთვის დამახასიათებელ ნიშნებს, პარაზიტი ქიებით დასნებოვნებული ადამიანისთვის დამახასიათებელ სიმპტომებს, მათი გავრცელების გზებსა და პარაზიტი ქიებისგან დაცვის ჰიგიენურ წესებს.

საინფორმაციო ბუკლეტის პრეზენტაციისას თვალსაჩინოდ წარმოაჩინე:

- რა ძირითად ჯგუფებს გამოყოფენ უხერხემლოებში?
- რა ძირითადი მსგავსება-განსხვავებაა ქიების სხვადასხვა ტიპის აგებულებასა და მათი სტრუქტურული კომპონენტების ფუნქციებს შორის?
- როგორ განსხვავდება ქიების სხვადასხვა წარმომადგენელი კვების ტიპის მიხედვით?
- რა ეკოლოგიური მნიშვნელობა აქვს ქიების მრავალფეროვნების შენარჩუნებას?
- რატომ იწვევენ პარაზიტი ქიები ადამიანის დაავადებას?
- რა მნიშვნელობა აქვს ჰიგიენური წესების დაცვას ჯანმრთელობის შენარჩუნებისთვის?



სამეცნიერო რეფერატის მომზადება

მოამზადე სამეცნიერო რეფერატი თემაზე: „ფეხსახსრიანების როლი ბუნებასა და ადამიანის საქმიანობაში“.

სამეცნიერო რეფერატის პრეზენტაციისას თვალსაჩინოდ წარმოაჩინე:

- რა კლასებს გამოყოფენ ფეხსახსრიანებში?
- რა ძირითადი მსგავსება-განსხვავებაა ფეხსახსრიანების სხვადასხვა კლასის წარმომადგენლების აგებულებასა და მათი სტრუქტურული კომპონენტების ფუნქციებს შორის?
- რა ძირითადი მსგავსება-განსხვავებაა ფეხსახსრიანების სხვადასხვა კლასის წარმომადგენლების სასიცოცხლო თვისებებს შორის?

- რა ეკოლოგიური მნიშვნელობა აქვს ფეხსახსრიანებს?
- რა საფრთხე შეიძლება შეუქმნას ფეხსახსრიანებმა ადამიანის ჯანმრთელობას?
- ფეხსახსრიანებთან ურთიერთობისას რა ტიპის უსაფრთხოების წესების დაცვა აუცილებელია?



სამედიკო კვლევა

პროექტი

თემა – ვირუსიდან ადამიანამდე

საკითხი: ცხოველები

ქვესაკითხი: უხერხემლო ცხოველები

პროექტის სახელწოდება	ლოკალურ გარემოში უხერხემლოების ბიომრავალფეროვნების კვლევა		
პროექტის ეტაპები			
პრობლემის ანალიზი/რატომ გადაწყვიტე ამ საკითხზე პროექტის განხორციელება?	✗		
პროექტის მიზანი	ლოკალური გარემოს წვრილი უხერხემლო ცხოველების ბიომრავალფეროვნების კვლევა		
პროექტის ამოცანები	- ლოკალური გარემოში კვადრატის მეთოდის გამოყენებით წვრილი უხერხემლო ცხოველების ბიომრავალფეროვნების რიცხოვნობის კვლევა; - კვლევის ანგარიშის მომზადება.		
აქტივობები	- კვლევის ჩასატარებლად ლოკალური გარემოში გარკვეული ტერიტორიის შერჩევა (ტყე, პარკი, მინდორი) და მისი ფართობის გამოთვლა; - კვადრატის ჩარჩოს დამზადება; - მონაცემების ცხრილის შექმნა; - კვადრატის ჩარჩოს საშუალებით საკვლევი ტერიტორიიდან ნიმუშების აღება – თითოეულ ნიმუშში უხერხემლო ცხოველების სახეობების რიცხვის დათვლა და მონაცემების ცხრილში ჩანიშვნა; - ფოტოების გადაღება; - ფორმულის – $T = NA$ -ს საშუალებით შერჩეულ მონაკვეთზე უხერხემლო ცხოველების სახეობების საერთო რიცხვის გამოთვლა; - კვლევის ანგარიშის მომზადება; - კვლევის ანგარიშის მასწავლებლისა და კლასის წინაშე წარდგენა (კვლევის ანგარიშის დასკვნაში ლოკალურ გარემოში აღმოჩენილი უხერხემლო ცხოველების სახეობის რაოდენობის აღნიშვნა, აგრეთვე, აღწერა იმისა, თუ რა ნიშნების მიხედვით მოხდა უხერხემლოთა კლასიფიკაცია).		
საჭირო რესურსები	ხე ან რბილი მავთული კვადრატის დასამზადებლად, კომპიუტერი, თაბახის ფურცლები.		
სამოქმედო გეგმა	აქტივობა	აქტივობისათვის საჭირო დრო	პასუხისმგებელი პირი
	✗	✗	✗

2.1.8. ხერხემლიანები



თასმა ჭია – ღორის სოლიტერი



თევზი – ინდონეზიური კარპი

ზრდასრული ღორის სოლიტერის სიგრძემ შეიძლება 2-3 მ-ს მიაღწიოს, ინდონეზიის თევზების ენდემური სახეობის – *Paedocypris progenetica* – ზრდასრული ინდივიდის სიგრძე 7,9-10,3 მმ-ია. რომელი დგას უფრო მაღალ საფეხურზე –

- სხეულის ორგანიზაციის მიხედვით და რაში გამოიხატება ეს?
- სასიცოცხლო თვისებების მიხედვით და რაში გამოიხატება ეს?

ხერხემლიანები ქორდიანთა ტიპის ქვეტიპია. ხერხემლიანებში ჩვენ განვიხილავთ 5 კლასს (სურ. 2.1.32). ხერხემლიანი ცხოველები ხასიათდებიან ყველაზე მაღალი ორგანიზაციით. ეს გამოიხატება როგორც მათი სხეულის აგებულების სირთულეში, ასევე ფიზიოლოგიური პროცესების სრულყოფაში.

ხერხემლიანები აქტიურად გადაადგილდებიან თავიანთ საარსებო გარემოში საკვების ძიებაში, თავდაცვის მიზნით, გამრავლების ადგილისა და საწინააღმდეგო სქესის ინდივიდის მოძებნის დროს. ისინი ავლენენ ინდივიდუალურ და გუნდურ რთულ ქცევებს.

ხერხემლიანები

თევზები



ამფიბიები



ქვეწარმავლები



ფრინველები



ძუძუმწოვრები



სურ. 2.1.32.

ხერხემლიანებში ყველა ორგანოთა სისტემა და ორგანოები უმაღლეს დონეზეა დიფერენცირებული. ცხოველების აქტიური წესი და მკვეთრად განსხვავებულ გარემოსთან მაღალი ადაპტაციები გამოწვეულია ხერხემლიანებში ევოლუციის პროცესში აროგენეზული მიმართულების ცვლილებებით. ხერხემლია-

ნებისთვის საერთო დამახასიათებელი ნიშნებია:

- მათი სხეული დაფარულია კანით, რომლის გარეთა შრეს წარმოადგენს მრავალშრიანი ეპიდერმისი თავისი მრავალფეროვანი წარმონაქმნებით (ქერცლები, ბუმბული, რქები, ფრჩხილები, ბენვი, თმა).

- ხერხემლიანებისთვის დამახასიათებელია **მილოვანი ნერვული სისტემა** – მათ ჩანასახის პერიოდში ზურგის მხარეს უვითარდებათ ცენტრალური ნერვული სისტემის სახით **ნერვული მილი**, რომელიც ემბრიონული განვითარების პროცესში წინა ნაწილში ფართოვდება და წარმოიქმნება **თავის ტვინი**.
- უხერხემლოებისგან განსხვავებით, მათ აქვთ **შინაგანი** ხრტილოვანი, ძვლოვანი ან ძვალ-ხრტილოვანი **ჩონჩხი** – სხეულის ძირითადი საყრდენი ხერხემალი და თავის ქალა, რომელიც თავის ტვინის განვითარებასთან ერთად წარმოიქმნა. ამიტომ ხერხემლიანებს სხვანაირად **თავისქალიანებსაც** უწოდებენ. ქალას ტვინის განყოფილება მექანიკური დაზიანებისგან იცავს თავის ტვინს, ხოლო ხერხემალი – ზურგის ტვინს. მათი ჩონჩხი ცოცხალი უჯრედებისგან შედგება, ამიტომ ორგანიზმის ზრდასთან ერთად ჩონჩხიც იზრდება. ჩონჩხზე გარედან ჩონჩხის კუნთებია მიმაგრებული.
- გარემოში აქტიურ გადაადგილებასა და

სხვადასხვა ტიპის მოძრაობის შესრულებას ხელს უწყობს კარგად განვითარებული კუნთოვანი სისტემა.

- **საჭმლის მომნელებელ** არსში/ტრაქტში ჩნდება მოძრავი **ყბის აპარატი**, რომელიც ცხოველს ეხმარება პირის ღრუში საკვების დაჭერაში/დამაგრებაში და ზოგიერთ ხერხემლიანებში მის დაქუცმაცებაშიც. აქვთ საჭმლის მომნელებელი ჯირკვლები – სანერწყვე ჯირკვლები, ღვიძლი და პანკრეასი.
- **სასუნთქი სისტემა** თევზებში წარმოდგენილია ლაყურების, ხოლო სხვა ხერხემლიანებში ფილტვების სახით.
- **სისხლის მიმოქცევის სისტემა** დახშულია. გული უფრო განვითარებულია, რაც განაპირობებს სისხლძარღვებში სისხლის სწრაფ მოძრაობას. გულის განყოფილებების/კამერებისა და სისხლის მიმოქცევის წრეების რაოდენობა ხერხემლიანის ორგანიზაციის დონეზეა დამოკიდებული.
- უმრავლესობა ცალსქესიანია, განაყოფიერება შეიძლება იყოს გარეგანი ან შინაგანი.

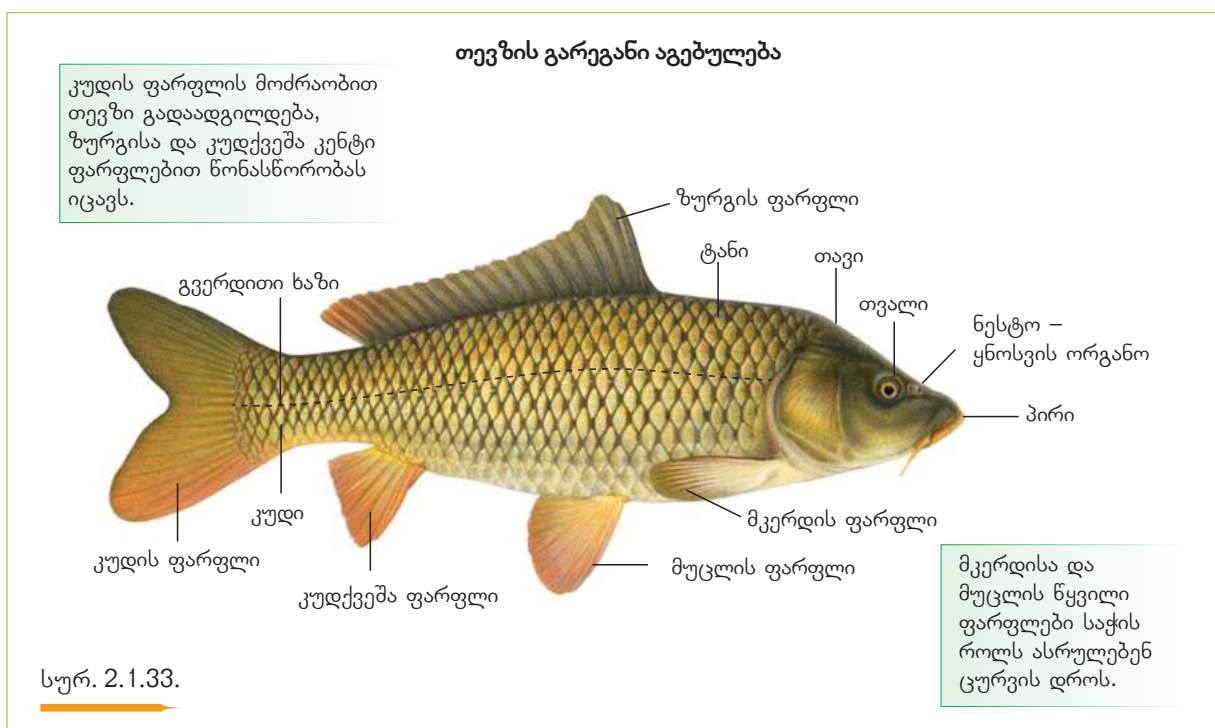


1. რა საერთო ნიშნებია დამახასიათებელი ხერხემლიანებისთვის?
2. ხერხემლიანებს კიდევ რა სახელით მოიხსენიებენ და რა სტრუქტურულ თავისებურებასთანაა ეს სახელი დაკავშირებული?
3. რაში გამოიხატება ხერხემლიანების მაღალი ორგანიზაციის დონე უხერხემლოებთან შედარებით?
4. რა უპირატესობა აქვს შინაგან ჩონჩხს გარეგან ჩონჩხთან შედარებით? რა ნაკლი აქვს შინაგან ჩონჩხს?

2.1.8.1. თევზები

ყველა თევზი წყლის ბინადარია – ზოგიერთი სახეობა ცხოვრობს მლაშე და ზოგიც – მტკნარ წყლებში. ჩვენ თევზების თავისებურებებს განვიხილავთ ძვლოვანი თევზების მაგალითზე. თევზების უმეტესობას გვერდებიდან შებრტყელებული და თითისტარისებური სხეული აქვს. (სურ. 2.1.33). მოქნილი სხეულისა და თითისტარისებრი ფორმის წყალობით თევზები სწრაფად მოძრაობენ

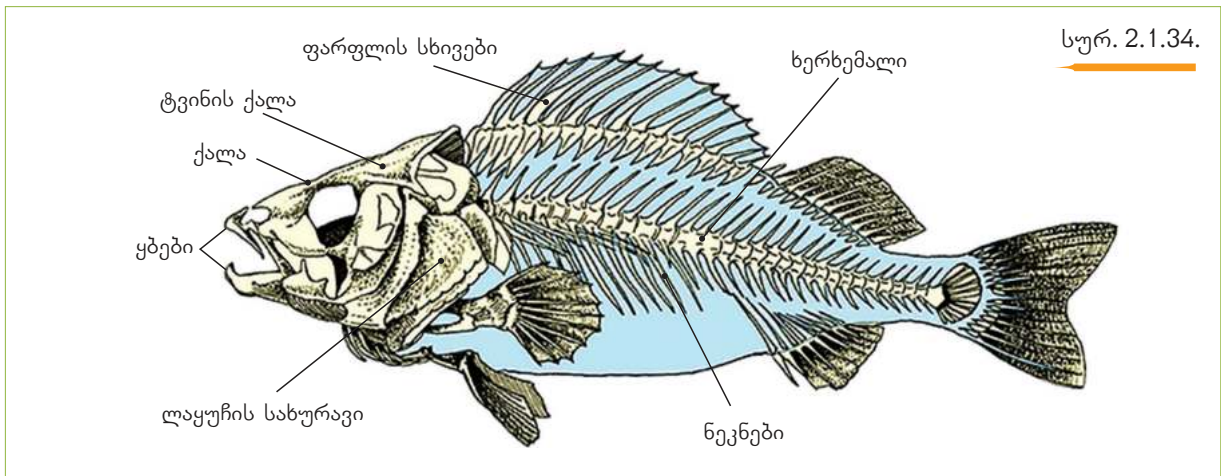
წყალში. თევზების სხეული შედგება თავის, ტანისა და კუდისგან (მათი თავი უძრავად არის შეერთებული ტანთან), კუდი კუდის ფარფლით ბოლოვდება. თევზის მოძრაობის ორგანოები ფარფლებია. ფარფლი შედგება ძვლოვანი სხივებისგან, რომელზეც კანია გადაჭიმული. თავის წინა ნაწილში არის პირი კუნთოვანი ტუჩებით.



თევზის კანი დაფარულია კრამიტისებურად განლაგებული **ძვლოვანი ქერცლით**. კანში არსებული ჯირკვლები გამოყოფს ლორწოს, ამიტომ თევზის სხეული სრიალად, მცირდება წყალთან ხახუნის ძალა და თევზი წყალში ადვილად მოძრაობს. სხვადასხვა სახეობის თევზს ერთმანეთისგან განსხვავებული ზომის, ფორმისა და ფერის ქერცლები აქვს. შესაბამისად, თევზები ძალიან ფერადოვანი არსებები არიან. ჩვეულებრივ, მათი ზურგის მხარე უფრო მუქია, ვიდრე მუცლისა.

შეგრძნების ორგანოები, ძირითადად, თავის წინა ნაწილშია თავმოყრილი. თავის ზედა ნაწილში ყნოსვის ორგანო – წყვილი ნესტო,

თავის გვერდებზე აქვს მხედველობის ორგანო – თვალები, სმენის ორგანო, რომელიც თევზებში წარმოდგენილია მხოლოდ შიგნითა ყურით – წყლის მაღალი სიმკვრივის გამო შიგნითა ყურში მოთავსებულ სმენის რეცეპტორებამდე კარგად აღწევს ბგერითი ტალღები. გემოვნების რეცეპტორები თევზებში არამარტო პირის ღრუში აქვთ, არამედ გაბნეულია მთელი სხეულის ზედაპირზეც. თევზს აქვს გვერდითი ხაზი მუქი ზოლის სახით. აქ არსებული სპეციალური მგრძნობიარე უჯრედებით თევზი აღიქვამს წყლის მარილიანობას, ასევე, დინების მიმართულებას და წყალში დაბრკოლებებს მოხერხებულად უვლის გვერდს.



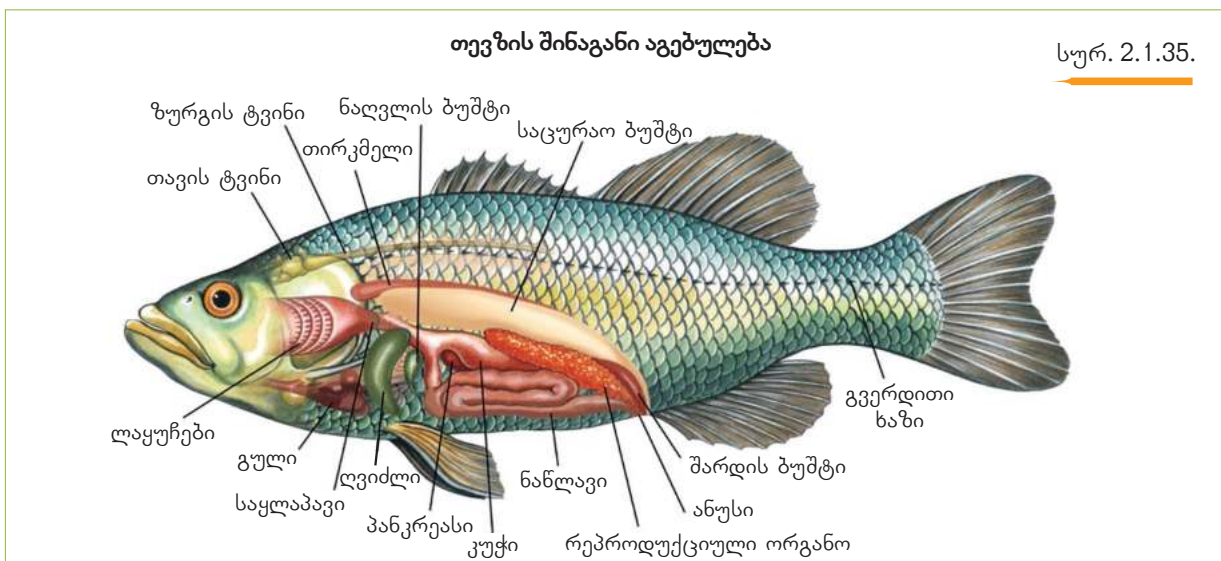
თევზის ჩონჩხი (სურ. 2.1.34) შედგება თავის ქალის, ხერხემალის, ნეკნებისა და ფარფლის სხივებისგან. ქალა ხერხემალთან უძრავადაა დაკავშირებული, რაც ცურვის დროს კარგი საყრდენია. ხერხემალი ერთმანეთთან მოძრავად დაკავშირებული პატარა ძვლების – მალეებისგან შედგება. ხერხემალში ორი განყოფილებაა: ტანი და კუდი. ტანის მალეებიდან გამოდის ნეკნები, რომლებიც სხეულში თავისუფლად ბოლოვდება, რაც ხელს არ უშლის მუცლის ღრუს გაფართოებას. ჩონჩხზე გარედან მიმაგრებულია კუნთები, რომლებიც განაპირობებენ ფარფლების, ლაყურის სახურავის, ტანის მოძრაობას.

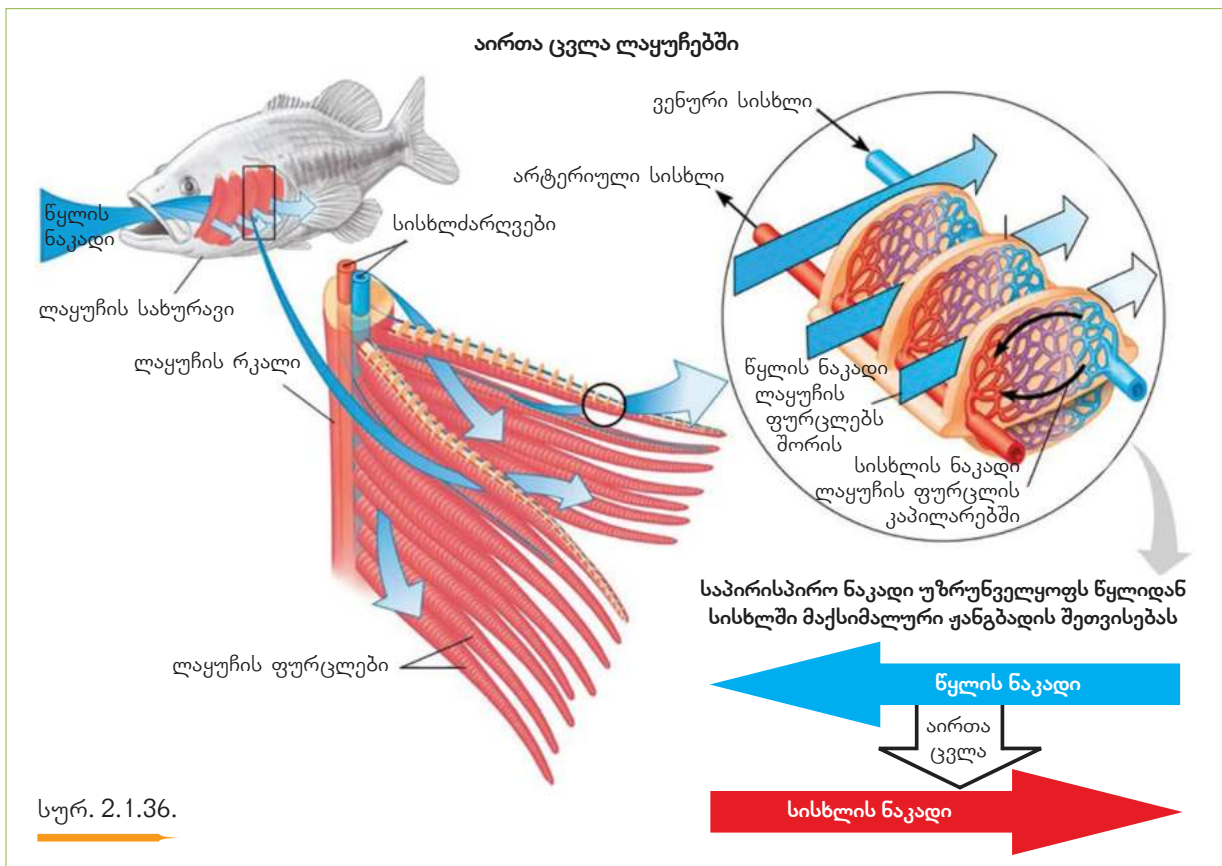
სურათ 2.1.35-ზე წარმოდგენილია თევზის შინაგანი აგებულება. თავისა და ზურგის ტვინი ქმნის ცენტრალურ **ნერვულ სისტემას**, რომელიც აკონტროლებს და არეგულირებს თევზის სასიცოცხლო პროცესებს (ნერვული

სისტემის შესახებ უფრო მეტი იხილე გვ. 61).

საჭმლის მომნელებელი არხი იწყება პირის ღრუთი. ზვიგენებსა და ზოგიერთ სხვა მტაცებელ თევზს ყბებზე ბასრი კბილები აქვთ. თევზების ნაწილი მცენარეებითა და წყლის წვრილი ცხოველებით იკვებება, მათ კბილები არ აქვთ და მშვიდობიან თევზებს უწოდებენ. თევზებს სანერწყვე ჯირკვლები არ აქვთ და საჭმლის მომნელება იწყება კუჭში კუჭის წვენის ფერმენტების მოქმედებით, საკვების მომნელება გრძელდება ნაწლავებში, სადაც იხსნება ნალვლისა და პანკრეასის სადინრები, მომნელებული საკვები ნივთიერებები შეიწოვება ნაწლავის კედლებით, ხოლო მოუნელებელი ნარჩენები ანუსით გამოიყოფა გარემოში.

თევზების უმრავლესობას ნაწლავის ზემოთ აქვთ ჰაერით სავსე **საცურაო ბუშტი**, რომელიც ჩანასახის სტადიაზე წარმოიქმნება





ნაწლავის გამონაზარდისგან. ბუშტის შიგნითა კედელი მდიდარია სისხლის კაპილარებით. როდესაც ბუშტი იკუმშება, ჰაერის ნაწილი შთაინთქმება კაპილარების სისხლის მიერ, ხოლო გაფართოებისას სისხლიდან ბუშტში გადადის ჰაერი. საცურაო ბუშტის მოცულობის ცვლილება თევზებს ეხმარება წყლის სიღრმეებში – წყლის ზედა და ქვედა შრეებში – მოძრაობაში.

თევზების **სუნთქვის ორგანო** – ლაყურები მოთავსებულია თავისა და ტანის საზღვარზე. იგი შედგება მრავალი ლაყურის ფურცლისგან/ფირფიტისგან, რომლებიც სისხლის კაპილარებით არის მდიდარი. ლაყურის ფურცლები ზრდის სასუნთქი ზედაპირის ფართს და უფრო ეფექტურად ხდება აირთა ცვლა წყალსა და ლაყურებში გამავალ სისხლს შორის. ლაყურებში გამავალ სისხლს მხოლოდ წყალში გახსნილი ჟანგბადის შეთვისება შეუძლია (სურ. 2.1.36). ამისათვის ისინი რეგულარლად აღებენ და ხურავენ პირს. პირის გაღების დროს პირის ღრუში წნევა ეცემა და მასში შედის ჟანგბადით მდიდარი წყალი. როდესაც პირს ხურავენ, ლაყურის სახურავები იხსნე-

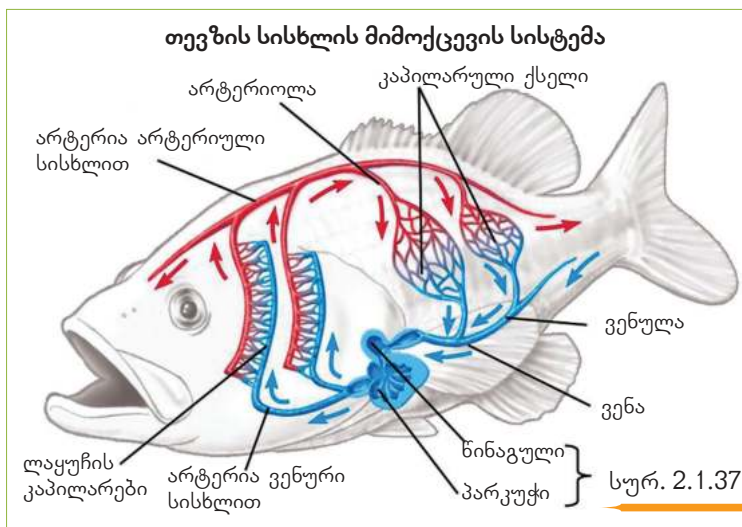
ბა, შესაბამისად, ლაყურებში ეცემა წნევა და ჟანგბადით მდიდარი წყალი პირის ღრუდან ლაყურებში გადადის და გარეთ გამოდის ნახშირორჟანგით მდიდარი წყალი.

როგორც უკვე იცი, ცხოველებს განუვითარდათ სპეციალური სატრანსპორტო სისტემა – **სისხლის მიმოქცევის სისტემა**, რომლის საშუალებითაც ორგანიზმში ნივთიერებები ტრანსპორტირდება. თევზის **გული ორსაკნია** და **სისხლის მიმოქცევის ერთი წრე** აქვს (სურ. 2.1.37). თევზები ციკლისხლიანი ცხოველები არიან. ციკლისხლიანობა ნიშნავს იმას, რომ მათ სხეულის ცვალებადი ტემპერატურა აქვთ და გარემოს ტემპერატურაზეა დამოკიდებული. ეს გამოწვეულია იმით, რომ თევზები სუნთქავენ წყალში გახსნილი ჟანგბადით, წყალში კი, ატმოსფეროსთან შედარებით, ცოტა ჟანგბადია. გარდა ამისა, გულიც ნელა მუშაობს. შესაბამისად, უჯრედებში ენერგეტიკული ცვლა ნელა მიმდინარეობს და სხეული მცირე რაოდენობის სითბოს გამოიმუშავებს; ამავდროულად, უჭირს ამ სითბოს შენარჩუნება, რადგან კანი ძლოვანი ქერცლებითაა

დაფარული და ორგანიზმს სითბოს გაცემისგან ვერ იცავს.

გამომყოფი სისტემა შედგება თირკმლებისგან, მათგან გამომავალი შარდსანვეთებისგან, საშარდე ბუშტისა და შარდსადენისგან, რომელიც გარემოში იხსნება საშარდე ხვრელის საშუალებით.

თევზების უმრავლესობა ცალსქესიანია. ისინი მხოლოდ **სქესობრივად მრავლდებიან**. გამეტები მნიფდება სასქესო ჯირკვლებში – საკვერცხეებსა და სათესლეებში. განაყოფიერება დედის ორგანიზმის გარეთ, წყალში ხდება, ანუ თევზებისთვის დამახასიათებელია **გარეგანი განაყოფიერება**. გარეგანი განაყოფიერება, შინაგანი განაყოფიერებასთან შედარებით ნაკლებ ეფექტურია, თევზების სახეობების დიდი უმრავლესობა შთამომავლობაზე არ ზრუნავს, ამიტომ თევზები უხვად წარმოქმნიან კვირითს, რათა თავი შთამომავლობით უზრუნველყონ. ზიგოტის დაყოფის შედეგად ვითარდება ლიფსიტა, რომელიც ძირითადი ნიშნებით არ განსხვავდება ზრდასრულისგან, იგი მხოლოდ მცირე ზომისაა, განვითარების პროცესში იზრდება (თევზები მთელი სიცოცხლე იზრდებიან) და სქესობრივად მნიფდება. თევზის სახეობების დიდი ნაწილისთვის **პირდაპირი განვითარება** არის დამახასიათებელი. ზოგიერთი თევზი, მაგალითად, ზვი-



გენები და გუბიები, ცოცხალშობები არიან. თევზების ზოგიერთი სახეობა შთამომავლობაზეც ზრუნავს.

მნიშვნელოვანია თევზების **ეკოლოგიური როლი**. კვებით ჯაჭვში ისინი შეიძლება იკავებდნენ როგორც პირველი რიგის კონსუმენტის (მცენარეჭამია თევზები, თევზები, რომლებიც პლანქტონით იკვებებიან), ისე მეორე რიგის კონსუმენტის დონეს (მტაცებელი თევზები). თევზებით იკვებება მრავალი სხვა ცხოველი. ზოგიერთი თევზი იკვებება მოლუსკებით, იმ მწერების კვერცხებითა და მატლებით, რომლებიც წყალში დებენ კვერცხებს, რითაც არეგულირებენ ლოკოკინებისა და მწერების რიცხოვნობას.



1. აღწერე თევზების გარეგანი აგებულების თავისებურებანი, რომელიც მათ ხელს უწყობს წყალში ცხოვრებასთან ადაპტაციას.
2. ახსენი, საცურაო ბუშტის მოცულობის ცვლილება როგორ უნდა ეხმარებოდეს თევზს წყლის სხვადასხვა სიღრმეში გადაადგილებაში?
3. რა მნიშვნელობა აქვს სისხლის კაპილარებით მდიდარი ლაყურის მრავალი ფურცლის არსებობას?
4. რა მნიშვნელობა აქვს ლაყურებში წყლისა და სისხლის ნაკადების ურთიერთსაპირისპირო მიმართულებით მოძრაობას?
5. სურათ 1.2.37-ზე მოცემული ინფორმაციის მიხედვით უპასუხე კითხვებს: 1) რამდენი განყოფილებისგან შედგება გული? 2) სისხლის მიმოქცევის რამდენი წრე აქვთ თევზებს? 3) როგორი სისხლი მოძრაობს გულში? 4) სად გარდაიქმნება ვენური სისხლი არტერიულად? 5) სად გარდაიქმნება არტერიული სისხლი ვენურად?
6. რას ნიშნავს ცივისსხლიანობა და რატომ არიან თევზები ცივისსხლიანები?
7. რა უარყოფითი აქვს გარეგანი განაყოფიერებას შინაგანი განაყოფიერებასთან შედარებით? აქედან გამომდინარე, რა ადაპტაცია გამოუმუშავდათ თევზებს სახეობის გადასარჩენად?



სამეცნიერო კვლევისთვის უაღრესად მოსახერხებელი თევზია აკვარიუმის პანანინა ზოლიანი თევზი – *Brachydanio rerio*. იგი სულ 3 სმ სიგრძისაა და მცირე მოცულობის აკვარიუმში დიდი რაოდენობის ინდივიდი ეტევა. თბილ წყალში მისი ტოფობა სამთვიანი ინტერვალ-ით განუწყვეტლივ გრძელდება და დიდი ნაყოფიერებით ხასიათდება. ემბრიოგენეზს, დაახლოებით, 120 საათში ასრულებს (ნაწლავები, ღვიძლი და თირკმლები პირველ 48-72 სთ-ში ყალიბდება). ასეთი სწრაფი განვითარების გამო, მეცნიერები მას იყენებენ, მოკლე ვადაში წამლის ტოქსიკურობის შესაფასებლად. თუკი წამალი ტოქსიკური აღმოჩნდა ზოლიანი თევზებისთვის, სავარაუდოდ, იგი ადამიანისთვისაც ტოქსიკური იქნება.



ზოლიანი თევზი საუცხოო ობიექტია ემბრიოგენეზზე დაკვირვებისთვისაც. ემბრიონები გამჭვირვალეა, რაც ემბრიოგენეზის პირველივე საათებიდან იძლევა უჯრედების დაყოფაზე მიკროსკოპული დაკვირვების საშუალებას. მოსახერხებელია გენეტიკური კვლევებისთვის, მაგ., თევზის ქვირითი გენების ტრანსპლანტირებისთვის, რადგან 1) განაყოფიერება გარეგანია, 2) ემბრიონის განვითარება წყალში ხდება, 3) შესაძლებელია უშუალო დაკვირვება იმაზე, თუ მათში ჩანერგილი ახალი გენები რა ცვლილებებს იწვევს ემბრიოგენეზის პროცესში ზრდასრულ ასაკამდე.



8. შეაფასე ქვემოთ მოცემული ცხრილი:

თევზების აგებულებისა და სასიცოცხლო თვისებების თავისებურებანი წყალში ცხოვრებასთან დაკავშირებით						
საფარველი	მოძრაობის საშუალებები	შეგრძნების ორგანოები	სუნთქვის ორგანო	სისხლის მიმოქცევის სისტემა	განაყოფიერების ფორმა და ადგილი	ზრდა-განვითარება
×	×	×	×	×	×	×

9. გაეცანი რუბრიკაში – „მეცნიერება პრაქტიკაში“ – მოცემულ ინფორმაციას და უპასუხე კითხვებს:

- რა ტიპის მეცნიერული კვლევებისთვის იყენებენ ზოლიან თევზს?
- რატომ არის ზოლიანი თევზი მეცნიერული კვლევებისთვის მოსახერხებელი ობიექტი?

2.1.8.2. ამფიბიები



ხმელეთის ხერხემლიანების უძველესი წინაპარი



გაეცანი ტექსტის შინაარსს და უპასუხე თანდართულ კითხვებს

დაახლოებით, 400 მლნ წლის წინ გაჩნდნენ მტევანფარფლიანი თევზები. მტევანფარფლის ჩონჩხი ხმელეთის ხერხემლიანთა ხუთთითიანი კიდურის ჩონჩხის ჰომოლოგიურია. ისინი მტევანფარფლებით ცურავდნენ და ფსკერზე ცოცავდნენ კიდეც. გარდა ამისა, მათ ორგვარი სუნთქვა შეეძლოთ – ლაყურებითა და ფილტვებით. ამიტომ მეცნიერები ფიქრობენ, რომ ამ თევზების ნაწილი ხმელეთზე გადმოვიდნენ და იყვნენ პირველი ხმელეთის ხერხემლიანების წინაპრები, ნაწილი კი კვლავ ზღვებში დარჩა. მეცნიერებს ეგონათ, რომ ისინი დინოზავრებთან ერთად გადაშენდნენ, მაგრამ 1938 წელს რამდენიმე ეგზემპლარი იპოვეს ინდოეთის ოკეანეში, აფრიკის სანაპიროებთან. 1997 წელს კიდე აღმოაჩინეს ინდონეზიასთან ახლოს. დღესაც გვხვდება ორგვარი სუნთქვის თევზები, ისინი მტევანფარფლიანები არიან და ცხოვრობენ ავსტრალიის, სამხრეთ ამერიკისა და აფრიკის მეჩხერ წყლებსა და ჭაობებში. ეს იმას ნიშნავს, რომ ცხოვრობენ მდგარ, ჟანგბადით ღარიბ წყალში, სადაც სხვა თევზებს არსებობა არ შეუძლიათ. ფილტვები სიცოცხლეს უზრუნველყოფს იმ შემთხვევაშიც, როდესაც წყალი შრება. ისინი ძვრებიან სოროებში და სუნთქავენ ატმოსფეროს ჟანგბადით ფილტვების საშუალებით, სანამ წვიმები კვლავ არ შეავსებს მათ საცხოვრებელ წყალსატევებს. ურთიერთკავშირი მტევანფარფლიან, ორგვარი სუნთქვის მქონე თევზებსა და ხმელეთის ხერხემლიანებს შორის საკამათოა. მაგრამ მიტოქონდრიალურ დნმ-ზე ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა ორგვარი სუნთქვის თევზებსა და თანამედროვე ხმელეთის ხერხემლიანებს შორის ახლო ნათესაური კავშირი. ამაზე მეტყველებს ანატომიური მონაცემებიც – ორგვარი სუნთქვის თევზები და ხმელეთის ხერხემლიანები ერთადერთი ცხოველები არიან, რომელთაც გამოყოფილი აქვთ სისხლის მიმოქცევის ფილტვის წრე სისტემური წრისგან. ეს იმას არ ნიშნავს, რომ ეს თანამედროვე მტევანფარფლიანი ორგვარი სუნთქვის თევზები არიან ხმელეთის ხერხემლიანების პირდაპირი წინაპრები. ორივე ცხოველები წარმოიშვნენ უძველესი მტევანფარფლიანი ორგვარი სუნთქვის მქონე თევზებისგან.

- რა ფაქტები მეტყველებს, რომ უძველესი მტევანფარფლიანი თევზები იყვნენ თანამედროვე ხმელეთის ხერხემლიანების წინაპრები?
- რომელი ხერხემლიანები შეეგუვნენ პირველად ხმელეთზე არსებობას?
- რა პრობლემები შეხვდებოდათ ცხოველებს, რომლებიც წყლიდან ხმელეთზე გადმოვიდნენ?
- ამ ცხოველების აგებულებისა და სასიცოცხლო თვისებების რა თავისებურება მიუთითებს, რომ მათი წინაპრები წყლის ცხოველები იყვნენ?

ხერხემლიანი ცხოველების კიდევ ერთი კლასია ამფიბიები. „ამფიბია“ ნიშნავს წყალ-ხმელეთა ორგანიზმს. ე.ი. ამფიბიას შეუძლია როგორც ხმელეთზე, ისე წყალში ცხოვრება. ამფიბიები წყლიდან წყალხმელეთა ცხოვრების ნირზე გადასული პირველი ხერხემლიანები

არიან. მათი შინაგანი და გარეგანი აგებულება შეგუებულია ორგვარ გარემოში ცხოვრებას. ამ კლასის, დაახლოებით, 3400 სახეობა გაერთიანებულია სამ რიგში: უკოდო ამფიბიები (ბაყაყები), კუდიანი (სალამანდრები და ტრიტონები) და უფეხო ამფიბიები (სურ. 2.1.38)

სურ. 2.1.38.



უკოდო ამფიბია

კუდიანი ამფიბია

უფეხო ამფიბია

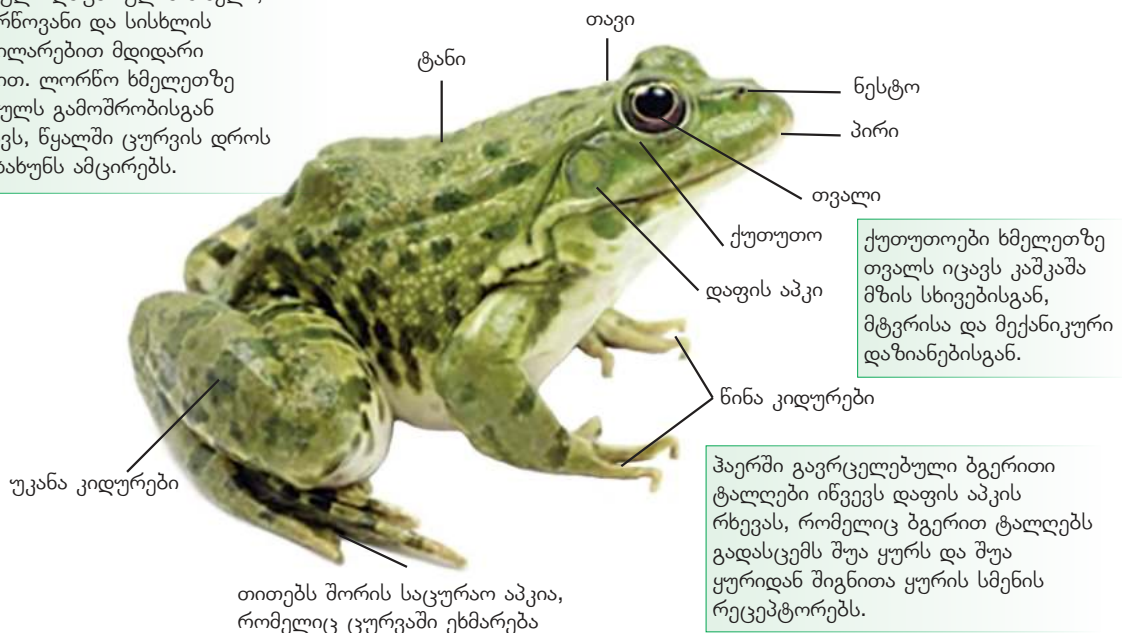
ბაყაყები ამფიბიების ყველაზე დიდი ჯგუფია და 3000-ზე მეტი სახეობითაა წარმოდგენილი. ამფიბიების აგებულებისა და სასიცოცხლო პროცესების თავისებურება

ტბის ბაყაყის მაგალითზე განვიხილოთ (სურ. 2.1.39). ტბის ბაყაყი წყალსატევთან ახლოს, ტენიან და ბალახით მდიდარ გარემოში ცხოვრობს.

ბაყაყის გარეგანი აგებულება

სურ. 2.1.39.

სხეული დაფარულია თხელი, ლირწოვანი და სისხლის კაპილარებით მდიდარი კანით. ლორწო ხმელეთზე სხეულს გამოშრობისგან იცავს, წყალში ცურვის დროს კი ხაზუნს ამცირებს.



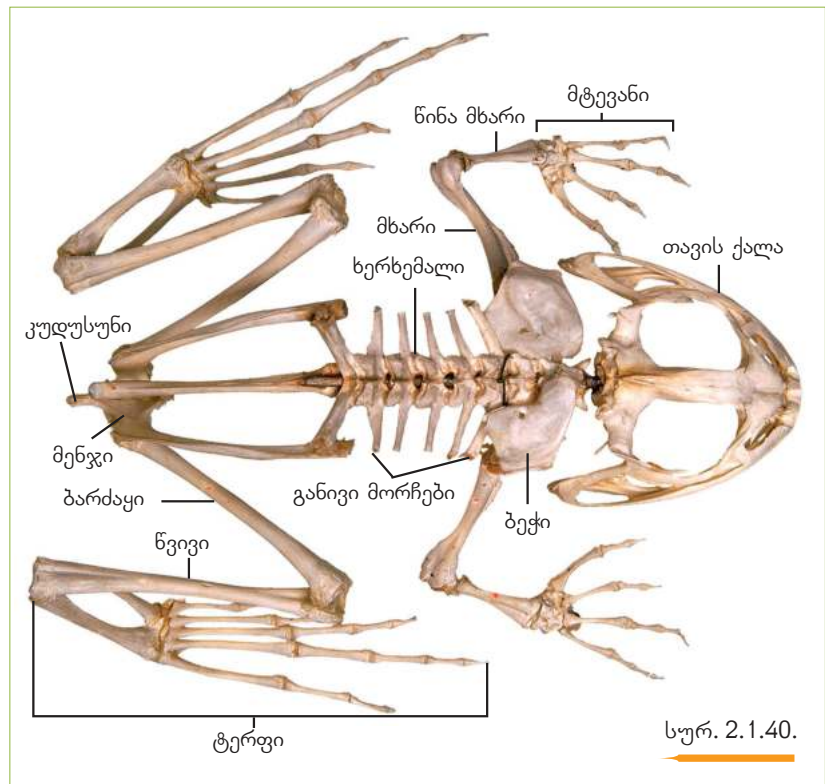
ქუთუთოები ხმელეთზე თვალს იცავს კაშკაშა მზის სხივებისგან, მტვრისა და მექანიკური დაზიანებისგან.

ჰაერში გავრცელებული ბგერითი ტალღები იწვევს დაფის აპკის რხევას, რომელიც ბგერით ტალღებს გადასცემს შუა ყურს და შუა ყურიდან შიგნითა ყურის სმენის რეცეპტორებს.



1. გაეცანი სურათ 2.1.39-ზე მოცემულ ვიზუალურ და ტექსტურ ინფორმაციას და უპასუხე კითხვებს: 1) რა ცვლილებები მოხდა ამფიბიების გარეგან აგებულებაში თევზებთან შედარებით? 2) რატომ განუვითარდათ ქუთუთოები? 3) რასთან არის დაკავშირებული ამფიბიებში შუა ყურისა და დაფის აპკის განვითარება? 4) რა თავისებურებით ხასიათდება კანის აგებულება და რაში ეხმარება იგი ცხოველს?

ბაყაყის ჩონჩხი (სურ. 2.1.40) ძლოვანია. ამფიბიებში პირველად ჩნდება ხერხემალში კისრისა და გავის განყოფილებები თითო მალთ. კისრის მალასთან თავის ქალა მოძრავადაა შეერთებული და ამფიბიას, თევზისგან განსხვავებით, რამდენადმე შეუძლია თავის მოძრაობა. უკუდო ამფიბიებს ნეკნები არა, მაგრამ მალეზე აქვთ განივი მორჩები. უკანა კიდურები გაცილებით გრძელია წინა კიდურებზე. უკანა კიდურებისა და მასზე მიმაგრებული კუნთების დახმარებით ბაყაყი ხმელეთზე სწრაფ და გრძელ ნახტომებს აკეთებს საკვების მოსაპოვებლად ან საფრთხის თავიდან ასაცილებლად.



სურ. 2.1.40.

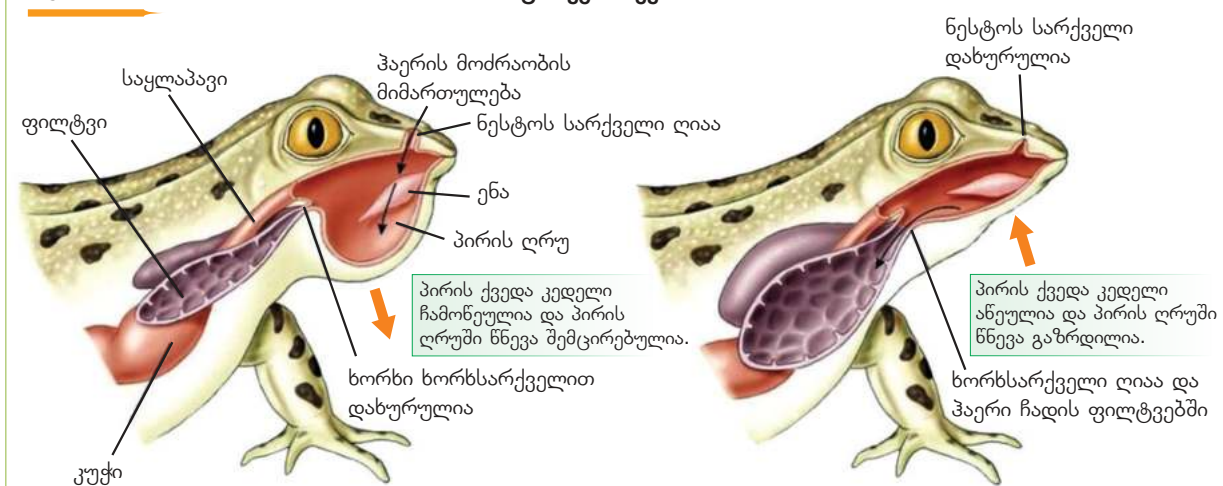
ხმელეთზე ცხოვრების გამო, ზრდასრული ამფიბიები, ძირითადად, **ფილტვებით სუნთქვენ**. ფილტვის კედლები სისხლის კაპილარებით არის მდიდარი. ფილტვის კაპილარების სისხლსა და ფილტვის ჰაერს შორის ხდება აირთა ცვლა. ჩასუნთქვის მექანიზმს სურათი 2.1.41 ასახავს. ბაყაყის ფილტვები ორ მარტივ ტომიკს/პარკს წარმოადგენს, მათთვის არასაკმარისია ფილტვებით შეთვისებული ჟანგბადი და კანი დამატებითი სუნთქვის ორგანოს როლს ასრულებს. ამფიბიების კანი

შიშველია, თხელი, ლორწოვანი და კაპილარებით მდიდარი, ამიტომ კანს ჟანგბადის შეთვისება შეუძლია არა მარტო წყლიდან, არამედ ატმოსფეროს ჰაერიდანაც.

ფილტვების გაჩენასთან ერთად ბაყაყის **გული სამსაკნია** – ორი წინა გული და პარკუჭი, აქვს **სისხლის მიმოქცევის ორი წრე** – ჩნდება სისხლის მიმოქცევის მცირე – **ფილტვის წრე** (სურ. 2.1.42). ამფიბიებიც **ცივის სისხლიანები** არიან, რადგან მათი გული სუსტად მუშაობს, პარკუჭში ხდება არტერიული

სურ. 2.1.41.

ჩასუნთქვის მექანიზმი

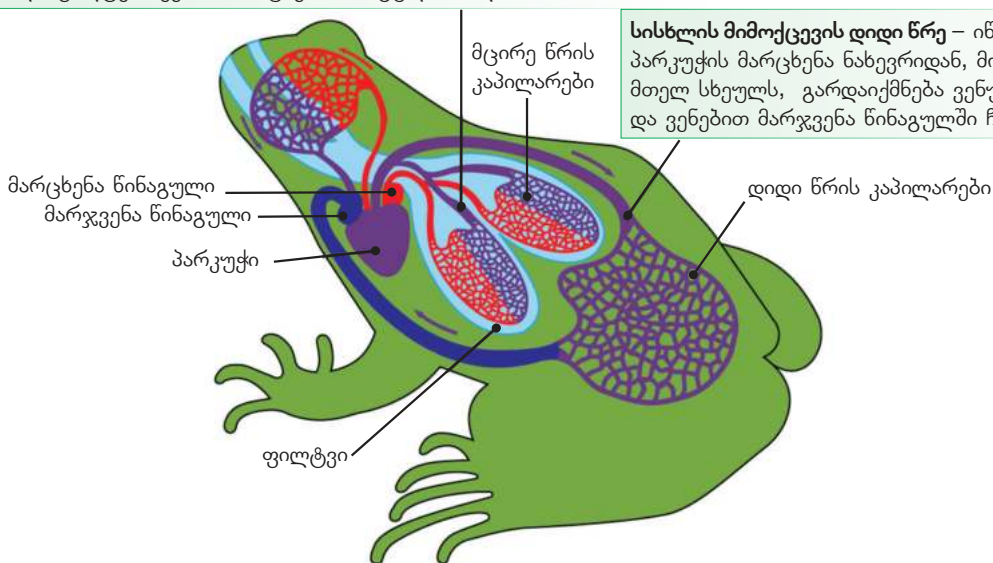


და ვენური სისხლის შერევა და სხეულის ქსოვილები შერეული სისხლით მარაგდება, ფილტვებიც არ აქვთ კარგად განვითარებული და, შესაბამისად, ორგანიზმი ბევრ სითბოს ვერ გამოიმუშავებს, თევზების მსგავსად, სითბოს შენარჩუნებაც უჭირთ. ცივისსილიანობის გამო ამფიბიების გავრცელების არეალი შეზღუდულია.

იხინი არ გვხვდება იან დედამიწის უკიდურეს ჩრდილოეთსა და სამხრეთში, აგრეთვე ცივ მთიან ადგილებში. ზამთარში ამფიბიები ზამთრის ძილს ეძლევიან. მაგალითად, ტბის ბაყაყი ზამთარს წყალსატენის ფსკერზე ატარებს. ამ დროს იგი მხოლოდ კანით სუნთქავს.

სისხლის მიმოქცევის მცირე წრე – იწყება ფილტვის არტერიით პარკუჭის მარჯვენა ნახევრიდან და შედის ფილტვებში, ფილტვის კაპილარებში სისხლი ჟანგბადით მდიდრდება და არტერიული სისხლი ფილტვის ვენით მარცხენა წინაგულში ჩადის.

სისხლის მიმოქცევის დიდი წრე – იწყება პარკუჭის მარცხენა ნახევრიდან, მოივლის მთელ სხეულს, გარდაიქმნება ვენურ სისხლად და ვენებით მარჯვენა წინაგულში ჩადის.



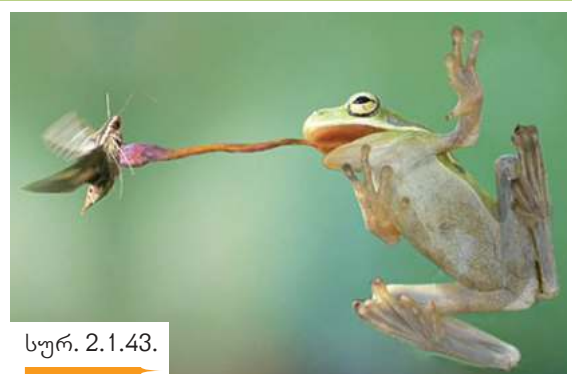
სურ. 2.1.42.

ბაყაყის საკვებს, ძირითადად, მწერები წარმოადგენს. თუ ბაყაყის მხედველობის არეში მოექცა მწერი, იგი სწრაფად გადახტება მისკენ და გადმოისვრის გრძელ **ენას**, რომელიც მხოლოდ წინა ნაწილით არის მიმაგრებული ქვედა ყბაზე. ენის ზედაპირი წებოვანია და ადვილად იჭერს მწერს (სურ. 2.1.43). მწერების გარდა, ბაყაყები იკვებებიან ჭიებით, ობობებითა და ლოკოკინებით. ხერხემლიანებიდან პირველად ამფიბიებში ჩნდება **სანერწყვე ჯირკვლები**, რომელთა სადინრები პირის ღრუში იხსნება.

ამფიბიებისთვის დამახასიათებელია **კლოაკა**, რომელშიც იხსნება სწორი ნაწლავის დაბოლოება, შარდსადენი და თესლგამტარი ან კვერცხგამტარი.

ამფიბიებისთვის **გარეგანი განაყოფიერება** დამახასიათებელი. მდედრობითი და მამრობითი გამეტები ერთდროულად გამოიყოფა წყალში. ეს იმას ნიშნავს, რომ უფრო ცოტა გამეტა იკარგება უნაყოფოდ, ვიდრე თევზებში. ზრდასრული ამფიბია შეიძლება თავისი

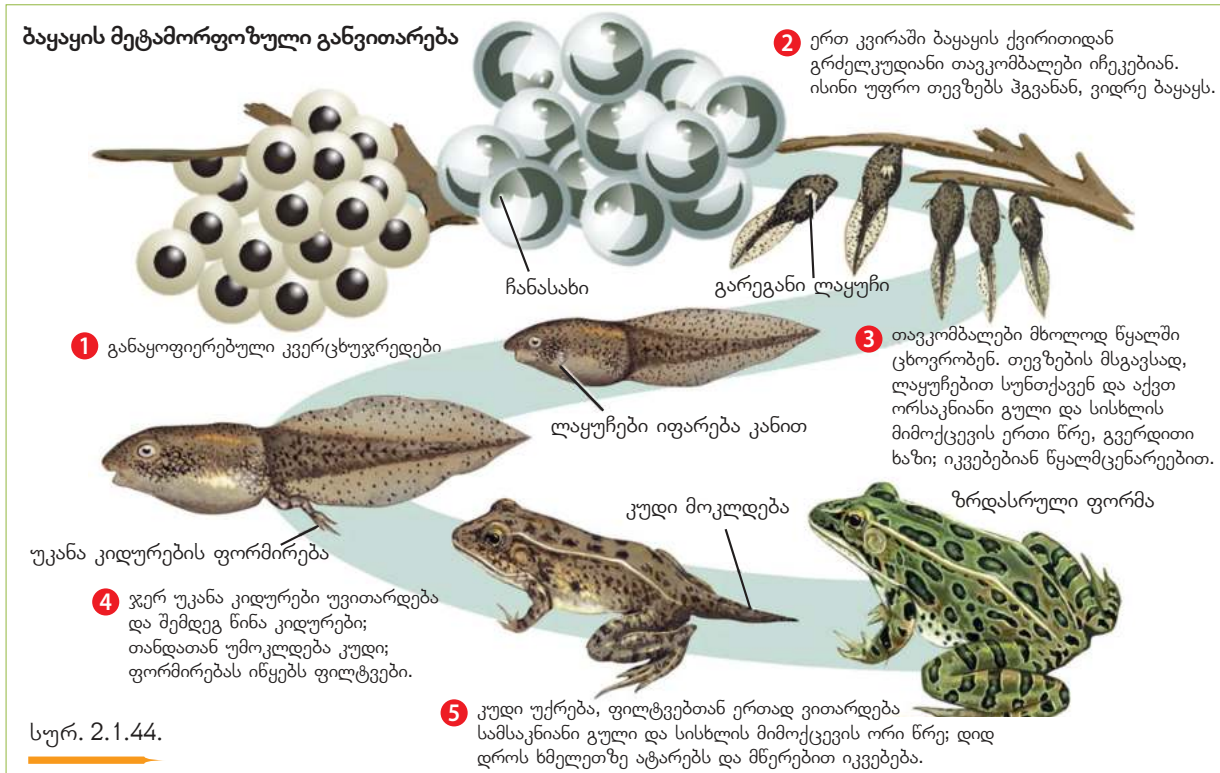
სიცოცხლის დიდ ნაწილს ხმელეთზე ატარებდეს, მაგრამ გამრავლების დროს იხინი აუცილებლად უბრუნდება წყალს. თუმცა ტენიანი ტროპიკული ტყეების ხის ბაყაყებისთვის ფოთლებზე დაგროვებული წყალიც საკმარისია გამრავლებისთვის. ერთი კვირის შემდეგ ბაყაყის ქვირითიდან იჩეკებიან გრძელკუდიანი თავკომბალები, რომლებიც უფრო თევზებს ჰგვანან, ვიდრე ბაყაყს (სურ. 2.1.44). ამრიგად, ამფიბიებისთვის **მეტამორფოზული**



სურ. 2.1.43.

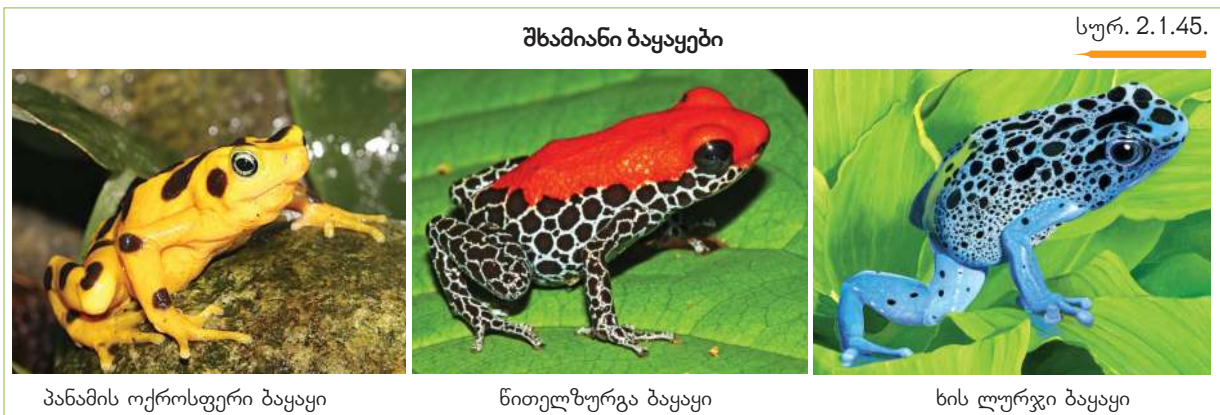
განვითარება არის დამახასიათებელი. ასეთი განვითარება სახეობას გადარჩენის მეტ შესაძლებლობას აძლევს, რადგან ერთმანეთს კონკურენციას არ უწევენ – ბაყაყსა და თავკომბალას განსხვავებული საარსებო გარემო

და საკვები აქვთ: თავკომბალები მხოლოდ წყალში ცხოვრობენ და წყალმცენარეებით იკვებებიან. ამრიგად, ბაყაყი ნაირმჭამელია. ამფიბიების უმრავლესობა შთამომავლობაზე არ ზრუნავს.



დიდი ამფიბიების **ეკოლოგიური როლი**, რადგან კვებით ჯაჭვში მნიშვნელოვანი ადგილი უკავიათ: მათი დიდი უმრავლესობის საკვები არის მწერები და არეგულირებენ მწერების (მათ შორის, მცენარეების მავნებელი და დაავადების გადამტანი მწერების) რიცხვს. ასევე, თვითონ არიან საკვები სხვა ცხოველებისთვის, მაგალითად, წყლის ფრინველებისთვის (ყანჩა, წერო და სხვ.). ჩვენში არა, მაგრამ ტროპიკულ ტყეებში გავრცელებულია

შხამიანი ბაყაყები (სურ. 2.1.45), რომლებიც ადამიანის ჯანმრთელობისთვის საშიშია. მათ ევულუციის პროცესში მტაცებლებისგან თავდაცვის მიზნით კანში განუვითარდათ შხამიანი ჯირკვლები. მაგალითად, პანამის ოქროსფერი ბაყაყი ძალიან შხამიანია და მასთან მხოლოდ ერთი შეხება ძლიერ ალერგიულ რეაქციას იწვევს. ნითელზურგა და ხის ლურჯი ბაყაყების შხამი მომაკვდინებელია მსხვილი მტაცებელი ცხოველებისა და ადამიანისთვის.





2. ამფიბიებისთვის რატომ არ არის საკმარისი ფილტვებით სუნთქვა? თევზებს, ამფიბიებისგან განსხვავებით, არ შეუძლიათ კანით სუნთქვა. ახსენი, რატომ?
3. ამფიბიებში ფილტვების გაჩენამ რა ცვლილება გამოიწვია სისხლის მიმოქცევის სისტემაში?
4. რატომ არიან ამფიბიები ცივისსხლიანები?
5. დაასახელე აროგენიზული მიმართულების ცვლილებები ამფიბიებში.
6. სურათ 2.1.44-ის მიხედვით: 1) აღწერე ბაყაყის სასიცოცხლო ციკლი; 2) როგორი ტიპის პოსტემბრიონული განვითარებაა დამახასიათებელი ბაყაყისთვის და რა ბიოლოგიური მნიშვნელობა აქვს მას? 3) შეავსე ქვემოთ მოცემული ცხრილი:

ნიშნები, რომლებიც თავკომბალას წყალში ცხოვრებაში ეხმარება	ცვლილებები განვითარების პროცესში, რომლებიც ზრდასრულ ფორმას ეხმარება ხმელეთზე ცხოვრებასთან ადაპტაციაში
×	×

7. შეავსე ქვემოთ მოცემული ცხრილი:

ამფიბიების აგებულებისა და სასიცოცხლო თვისებების თავისებურება, რომელიც მათ ეხმარება -	
ხმელეთზე ცხოვრებასთან ადაპტაციაში	წყალში ცხოვრებასთან ადაპტაციაში
×	×

8. რა ეკოლოგიური როლი აქვთ ამფიბიებს და რატომ არის მნიშვნელოვანი მათი ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნება?
9. რატომ აქვთ შხამიან ბაყაყებს კაშკაშა შეფერილობა (სურ. 2.1.45)? ეს როგორი ადაპტაციის მაგალითია?

2.1.8.3. ქვეწარმავლები

ქვეწარმავლების დიდი უმრავლესობა ტიპური ხმელეთის ცხოველები არიან. ისინი დიდი მრავალფეროვნებით გამოირჩევიან. ქვეწარმავლებს მიეკუთვნებიან ხვლიკები, გველები, კუები და ნიანგები (სურ. 2.1.46).

ქვეწარმავლები საქართველოშიც ფართოდაა გავრცელებული. მათგან ზოგიერთი კავკასიის ენდემია. მაგალითად, ამიერკავკასიური მცურავი, ველის გველგესლა, ჩვეულებრივი ანკარა და სხვ.

სურ. 2.1.46.



მარდი ხვლიკი



ველის გველგესლა



ნილოსის ნიანგი



ხმელეთის კუ

ქვეწარმავლების **კანი მშრალია** და გარედან დაფარულია რქოვანი ქერცლებით (ხვლიკები და გველები) ან ძვლოვანი ფარებით (კუები). გარეგანი საფარველი მათ წყლის დაკარგვისა და დაზიანებისგან იცავს. წლის განმავლობაში ცხოველი რქოვან კანს რამდენჯერმე იცვლის (სურ. 2.1.47).

სურათ 2.1.48-ზე ქვეწარმავლების გარეგანი აგებულებისა და ჩონჩხის თავისებურებანი განხილულია ხვლიკის მაგალითზე.

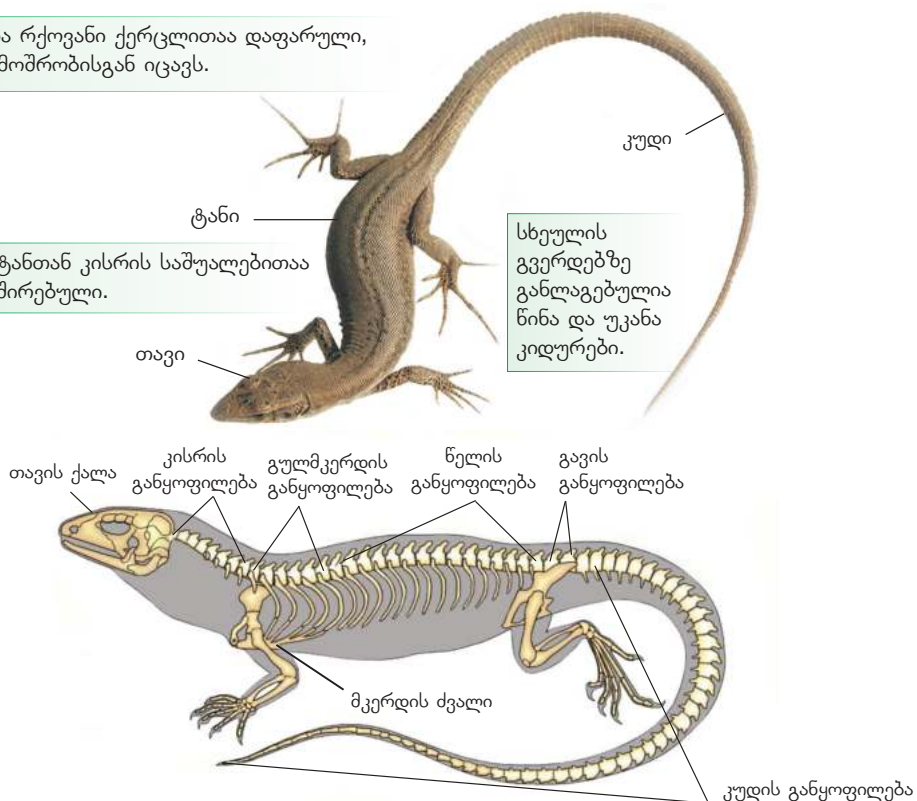
სურ. 2.1.47.



კანი მშრალია და რქოვანი ქერცლითაა დაფარული, რაც სხეულს გამოშრობისგან იცავს.

თავი ტანთან კისრის საშუალებითაა დაკავშირებული.

სხეულის გვერდებზე განლაგებულია წინა და უკანა კიდურები.



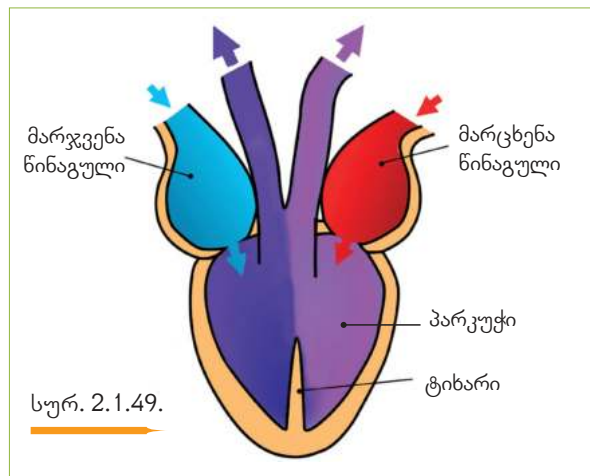
სურ. 2.1.48.

ქვენარმავლების სხეული შედგება თავის, ტანისა და კიდურებისგან (კიდურები არ აქვს გველებსა და ხვლიკის ზოგიერთ სახეობას, მაგ., ბოხმეჭას). ხვლიკის ფეხები სუსტია და სხეულის გვერდებზეა განლაგებული, ამიტომ მოძრაობის დროს იგი მუცელსა და კუდაც ეყრდნობა. ქვენარმავლების ჩონჩხი ძვლოვანია, რომლის ძირითადი ნაწილი ხერხემალია. მას ხერხემალში, ამფიბიებისგან განსხვავებით, **კისრის განყოფილებაში რამდენიმე მალა აქვს**. ქალა ხერხემალთან მოძრავადაა დაკავშირებული. გულმკერდის განყოფილების მალეებთან დაკავშირებული **ნეკნები** მეორე ბოლოთი **მკერდის ძვალს** უკავშირდება. შესაბამისად, წარმოიქმნება გულმკერდის ღრუ, რომელშიც ცხოველის გული და ფილტვებია მოთავსებული და მათ დაზიანებისგან იცავს. ჩონჩხის კუნთები უფრო დიფერენცირებულია, მაგალითად, ვითარდება **კისრის კუნთები**, რაც უზრუნველყოფს თავის მკვეთრად მოძრაობას; **საღეჭი კუნთები**, რომლითაც ყბებს ამოძრავებს.

რადგან ქვენარმავლების კანი მშრალია და დაფარულია რქოვანი ქერცლებით ან ძვლოვანი ფარებით, ამიტომ იგი სუნთქვის დამატებითი ორგანოს როლს ვეღარ ასრულებს. სამაგიეროდ, მათ, ამფიბიებთან შედარებით, **კარგად განვითარებული ფილტვები** აქვთ.

ქვენარმავლების გული სამსაკნიანია, მაგრამ **პარკუჭში ჩნდება ტიხარი** (სურ., 2.1.49), რომელიც არასრულია და პარკუჭში მაინც ხდება არტერიული და ვენური სისხლის შერევა (ზოგიერთ ქვენარმავალში, მაგალითად, ნიანგებში ტიხარი მთლიანია, გულში არა, მაგრამ მათ ზურგის არტერიაში ხდება ვენური და არტერიული სისხლის შერევა). სხეულის ქსოვილების ძირითადი ნაწილი შერეული სისხლით მარაგდება, კანის საფარველიც საკმაოდ ვერ იცავს მათ სითბოს გაცემისგან; ამიტომ **ქვენარმავლებიც ცივსისხლიანები** არიან.

ქვენარმავლებში თავის ტვინი უფრო განვითარებულია – **ფორმირებას იწყებს ნახევარსფეროები და მასზე ქერქი** – და უფრო რთული ქცევებიც ახასიათებთ. თუ დააკვირდებით ხვლიკებს, გველებს, ისინი ხშირად ყოფენ გარეთ ენას (სურ. 2.1.50). გამოიკვავ, რომ ყნოსვის ორგანოს როლს ასრულებს ენა, რომელიც საკვების მოპოვებაში ეხმარება მათ.



ქვენარმავლების გამრავლება და განვითარება ხმელეთზე მიმდინარეობს. გამრავლების პერიოდში (მაისს-ივნისში) მდედრი და მამრი წყვილდება. მათთვის **შინაგანი განაყოფიერებაა** დამახასიათებელი. განაყოფიერებული **კვერცხები იფარება პერგამენტის აპკით და/ან კიროვანი ნაჭუჭით**, რომელიც მათ დაზიანებისა და გამოშრობისგან იცავს (სურ. 2.1.51). კვერცხებს დებენ კლოაკის საშუალებით პირდაპირ მიწაზე ან თავისსავე ამოთხრილ ორმო-

ში და ტოვებენ. სითბოში კვერცხები მნიფდება და მათგან გამოჩეკილი ნაშიერები ზრდასრული ინდივიდების მსგავსნი არიან. ე.ი. ქვენარმავლებს **პირდაპირი განვითარება** ახასიათებთ. ზოგიერთი ქვენარმავალი ცოცხალშობია, მაგალითად, გველგესლა. მისი ჩანასახის განვითარება კვერცხში დედის სხეულშივე იწყება, ნაშიერი კვერცხის გარსებიდან დედის სხეულშივე – კვერცხგამტარში – თავისუფლდება და განვითარებული იბადება. გამრავლების ასეთი ხერხი გველგესლას ეხმარება მთის დაბალ ტემპერატურასთან შეგუებაში.

ქვენარმავლები მნიშვნელოვან **ეკოლოგიურ როლს** ასრულებენ ბუნებაში. გველები მღრღნელებით იკვებებიან; წვრილი ხვლიკები და გველები იკვებებიან მცენარის სხვადასხვა მავნებელი მწერიტა და მათი მატლებით. თვი-

თონ ქვენარმავლები არიან სხვა ორგანიზმის საკვები და მნიშვნელოვანი ადგილი უკავიათ კვებით ჯაჭვში. ზოგიერთი ხვლიკი და გველი, რომლებიც დაავადების გადამტანი სისხლისმწოველი მწერებითა და მათი მატლებით იკვებებიან, მონანილეობენ ადამიანისა და ცხოველების ჯანმრთელობის დაცვაში.

ქვენარმავლების ზოგიერთი სახეობა **საშიშროებას უქმნის ადამიანის ჯანმრთელობასა და სიცოცხლეს**. განსაკუთრებით საშიშია შხამიანი გველები. გველისგან დაკბენილი ადამიანის გადარჩენისთვის საჭიროა გველის შხამის სანინალმდეგო შრატის სასწრაფო გადასხმა. მაგრამ მნიშვნელოვანია პრევენციული ღონისძიებები, კერძოდ, უნდა ვიცოდეთ ბუნებაში ქცევის წესები, რომელიც დაგვიცავს გველების თავდასხმისგან (იხ. მე-7 კლ. გვ. 142).



1. ამფიბიებთან შედარებით, რაში გამოიხატება ქვენარმავლების უკეთესი შეგუებულობა ხმელეთზე ცხოვრებასთან - 1) აგებულების მიხედვით; 2) სასიცოცხლო თვისებების მიხედვით.
2. ქვენარმავლებში კანი რატომ არ ასრულებს სუნთქვის დამატებითი ორგანოს როლს?
3. რატომ არიან ქვენარმავლები ციკსისხლიანები?
4. რა ტიპის აროგენეზული მიმართულების ცვლილებები მოხდა ქვენარმავლებში?
5. ქვემოთ მოცემული ცხრილის საშუალებით შეადარე ერთმანეთს თევზები, ამფიბიები და ქვენარმავლები აგებულებისა და სასიცოცხლო თვისებების მიხედვით:

ნიშან-თვისებები შედარებისთვის	ხერხმლიანები		
	თევზები	ამფიბიები	ქვენარმავლები
საცხოვრებელი ადგილი	×	×	×
სხეულის საფარველი	×	×	×
მოდრაობის საშუალება	×	×	×
სუნთქვის ორგანოები	×	×	×
სისხლის მიმოქცევის სისტემა – გულის აგებულება სისხლის მიმოქცევის წრეები	×	×	×
ცისისხლიანი/თბილსისხლიანი	×	×	×
საჭმლის მომნელებელი სისტემა – ენა სანერწყვე ჯირკვლები ლვიძლი პანკრეასი	×	×	×
კლოაკა	×	×	×
გამრავლების ადგილი	×	×	×
განაყოფიერების ფორმა	×	×	×
პოსტემბრიონული განვითარების ტიპი	×	×	×

6. როგორ ფიქრობ, საჭიროა ქვენარმავლების დაცვა? ახსენი შენი პასუხი.
7. ქვენარმავლებმა რა საშიშროება შეიძლება შეუქმნას ადამიანის ჯანმრთელობასა და სიცოცხლეს?

2.1.8.4. ფრინველები



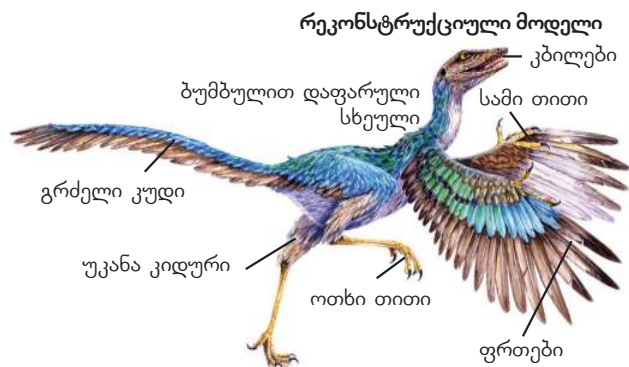
არქეოპტერიქსი

გაეცანი სურათებსა და ტექსტში მოცემულ ინფორმაციას და სა უპასუხე თანდართულ კითხვებს

ნამარხი ფორმა – ქანებზე ანაბეჭდი



არქეოპტერიქსი



დაახლოებით, 150 მილიონი წლის წინ დედამიწაზე ცხოვრობდა მტრედისოდენა ცხოველი. მასში არის როგორც ქვეწარმავლებისათვის, ისე ფრინველებისთვის დამახასიათებელი ნიშნები, ამიტომ მას თვლიან თანამედროვე ფრინველების შორეულ წინაპრად.

- რა ნიშნები აქვს ქვეწარმავლებისთვის დამახასიათებელი?
- რა ნიშნები აქვს ფრინველებისთვის დამახასიათებელი?
- რით განსხვავდება თანამედროვე ფრინველისგან?
- როგორ ფორმას უწოდებენ ასეთ ორგანიზმს?

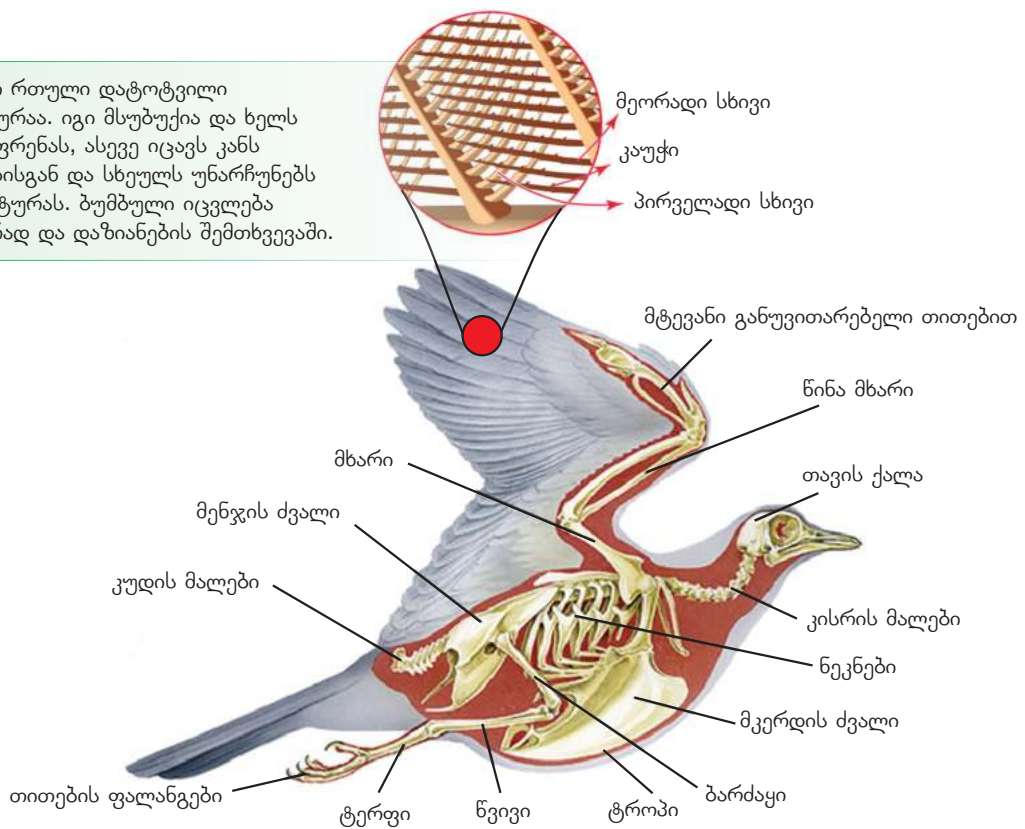
ფრინველები დიდი ბიომრავალფეროვნებით გამოირჩევა – დედამიწაზე არსებობს ფრინველთა, დაახლოებით, 9000 სახეობა. მიუხედავად მრავალფეროვნებისა, შეიძლება იმ ნიშან-თვისებების გამოყოფა, რომელიც საერთოა ყველა ფრინველისთვის. ფრინველების დიდი უმრავლესობა დაფრინავს. ამიტომ მათი სხეული ისეა აგებული, რომ სხეული მსუბუქი იყოს და ფრენა გაუადვილდეს (სურ. 2.1.52). **ფრინველების კანი მშრალია და დაფარულია ბუმბულით.** ბუმბული რქოვანი წარმონაქმნია. იგი აგებულია განსხვავებულია და განსხვავებულ ფუნქციებსაც ასრულებს: ღინღლი და მფარავი ბუმბული ფრინველს ათბობს, ხოლო მოსაქნევი და საჭის ბუმბული ფრენაში ეხმარება. მფარავი ბუმბული სხეულზე კრამიტისებურად არის განლაგებული (ყოველი წინა მომდევნოს ფარავს), ამიტომ ფრენისას არ იშლება და არ იზრდება ჰაერთან ხახუნის ძალა.

ფრინველების სხეულიც შედგება თავის, ტანისა და კიდურებისგან. წინა კიდურები ფრთებად აქვთ გადაქცეული. ქვეწარმავლების მსგავსად, ფეხებზე რქოვანი ქერცლები აქვთ. მათი ჩონჩხიც ძელოვანია, კარგად აქვთ განვითარებული კისრის განყოფილება. ფრინველების ძვლები ღრუიანი და მსუბუქია. აქვთ მცირე ზომის თავის ქალა და ნაწვეტებული რქოვანი ნისკარტი, ყბებზე კბილები არ აქვთ, გულმკერდი მომრგვალებული ფორმისაა, კარგად აქვთ განვითარებული მკერდის კუნთები, რომლებიც ფრთებს ამოძრავებენ; მკერდის კუნთების კარგად განვითარებამ მკერდის ძვალზე ტროპის განვითარება გამოიწვია.

ფრინველებს **კარგად განვითარებული ფილტვები** აქვთ. ფილტვის ბუშტუკების კედლები კაპილარებით მდიდარია. ფრინველების სუნთქვაში, ფრენასთან დაკავშირებით, ფილტვების გარდა მონაწილეობს საჭერო

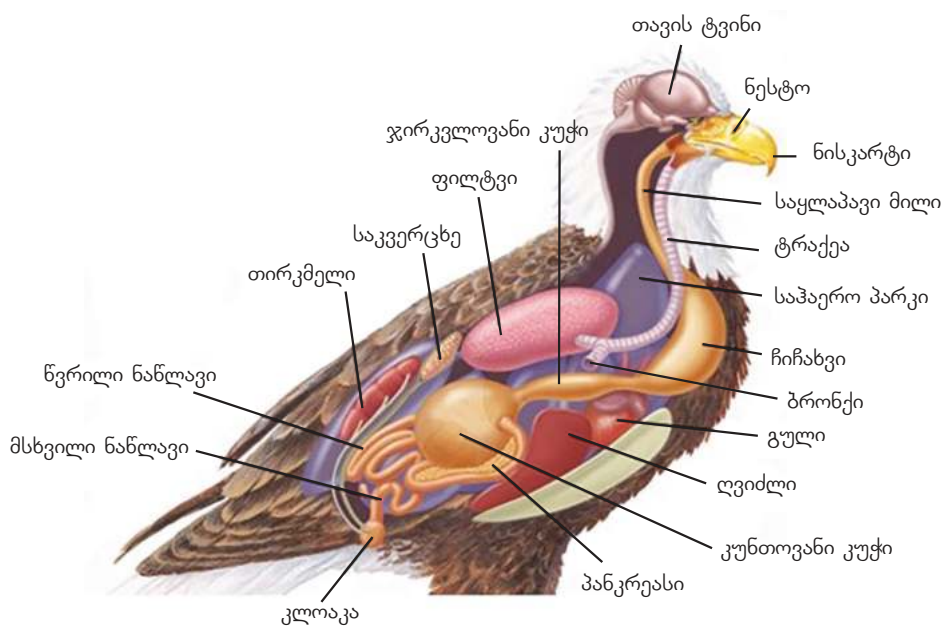
ფრინველის ანატომია

ბუმბული რთული დატოტვილი სტრუქტურაა. იგი მსუბუქია და ხელს უწყობს ფრენას, ასევე იცავს კანს დაზიანებისგან და სხეულს უნარჩუნებს ტემპერატურას. ბუმბული იცვლება სეზონურად და დაზიანების შემთხვევაში.



ფრინველის ძვლები ღრუიანია, ამოვსებულია საჰაერო პარკებით, რომლებიც პირდაპირ დაკავშირებულია სასუნთქ სისტემასთან.

წელისა და გავის განყოფილებები ერთმანეთთან უძრავადაა დაკავშირებული, რაც ფრენის დროს კარგი საყრდენია.



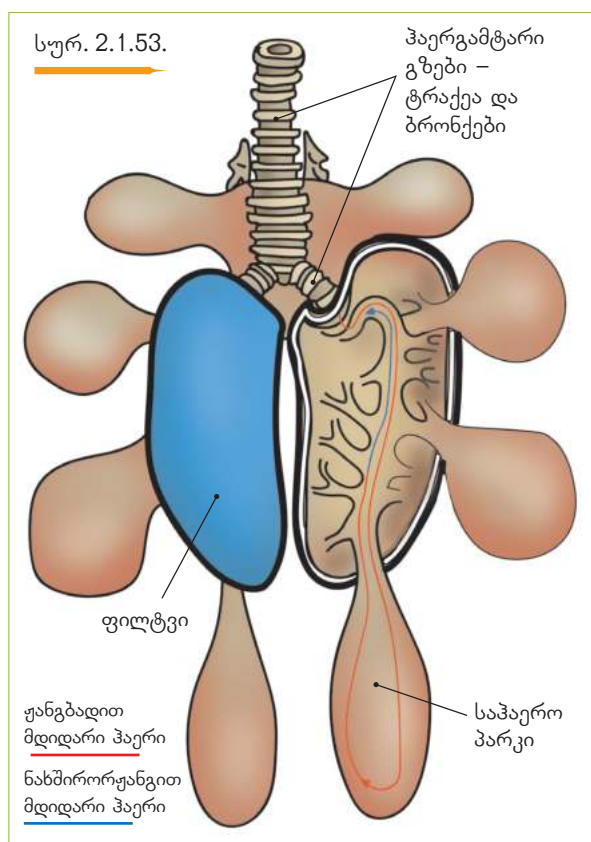
სურ. 2.1.52.

პარკებიც (სურ. 2.1.53). მათში ჩასუნთქვისას ჟანგბადით მდიდარი ჰაერი ფილტვების გავლით ჩადის. საჰაერო პარკებიდან ჰაერი, რომელიც ისევ ჟანგბადით არის მდიდარი, გარემოში კვლავ ფილტვების გავლით გამოიყოფა. ამრიგად, ფრინველი ფილტვებით ჟანგბადს ითვისებს ჩასუნთქვისა და ამოსუნთქვის დროსაც. ასეთ სუნთქვას „**ორმაგ სუნთქვას**“ უწოდებენ. საჰაერო პარკები ფრინველებს აქვთ შინაგან ორგანოებს შორის, კუნთებსა და ძვლებში, რაც მათ კიდევ უფრო ამსუბუქებს.

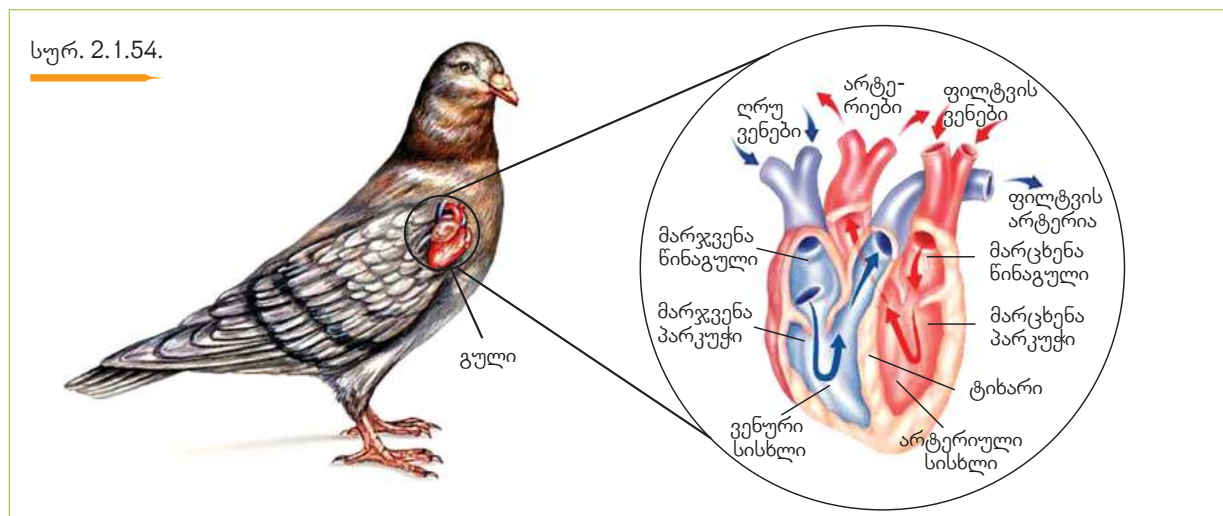
ფრინველების გული ოთხსაკნიანია — პარკუჭში ტიხარი მთლიანია და მას მარცხენა და მარჯვენა პარკუჭად ყოფს (სურ. 2.1.54). შესაბამისად, პარკუჭში აღარ ხდება არტერიული და ვენური სისხლის შერევა.

ფრინველები თბილისხლიანი ორგანიზმები არიან, რაც იმას ნიშნავს, რომ მათი სხეულის ტემპერატურა მუდმივია და არ არის დამოკიდებული გარემოს ტემპერატურაზე. სხეულის ტემპერატურა საშუალოდ $41-42^{\circ}\text{C}$ -ია. ასეთ ტემპერატურაზე სასიცოცხლო პროცესები აქტიურად მიმდინარეობს და ფრინველს ფრენისთვის საჭირო ენერგიით უზრუნველყოფს. სხეულის მუდმივი ტემპერატურის გამო ფრინველები არქტიკიდან ანტარქტიდამდე ყველგან არიან გავრცელებულნი.

ფრინველებს შორის კვების ტიპის მიხედვით არიან მცენარის მჭამელები, მტაცებლები და ლეშისმჭამელები, ზოგიც ნაირმჭამელია. მათ საკვების მიგნებაში ეხმარება **შეგრძნების ორგანოები** — მხედველობისა და სმენის ორგანოები. ფრინველების უმრავლესობაში



ყნოსვის ორგანო სუსტადაა განვითარებული. ფრინველებს კარგად განვითარებული თავის ტვინი აქვს – მისი ნახევარსფეროები მთლიანად ქერქითაა დაფარული. ფრენასთან დაკავშირებით ფრინველებს **მოკლე ნაწლავი** აქვთ და ხშირ-ხშირად გამოყოფენ საკვების მოუნელებელ ნარჩენებს. ეს კი მათ სხეულს ამსუბუქებს. სხეულს ისიც ამსუბუქებს, რომ მათ **შარდის ბუშტიც** არ აქვთ და შარდის დაგროვებაც არ ხდება. ფრინველებისთვისაც დამახასიათებელია კლოაკა, რომელშიც იხსნება

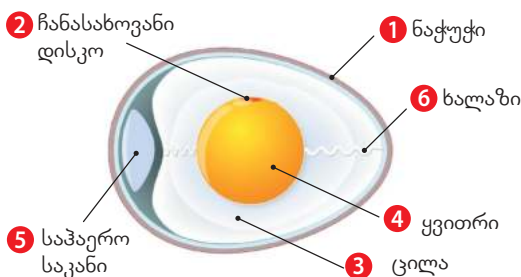


სწორი ნაწლავი, შარდსადენი და სასქესო ჯირკვლების სადინრები.

ფრინველები, როგორც სხვა ხერხემლიანები, ცალსქესიანი ორგანიზმები არიან. მამრებს აქვთ მამრობითი სასქესო ორგანო – სათესლეები და მდედრებს – **ერთი საკვერცხე**. რეპროდუქციული ორგანოები ფრინველებში აქტიურია მხოლოდ გამრავლების სეზონის – 2-3 თვის – განმავლობაში. წლის დანარჩენ პერიოდში სასქესო ჯირკვლები შემცირებულია, რაც ფრინველის მასას ამცირებს. ფრინველები, ქვეწარმავლების მსგავსად, **ხმელეთზე მრავლდებიან, ახასიათებთ შინაგანი განაყოფიერება და ნაჭუჭით დაფარულ კვერცხებს** (სურ. 2.1.55). ქვეწარმავლებისგან განსხვავებით, მათში **კვერცხები სათითაოდ მწიფდება**. კვერცხის დადების წინ ფრინველების უმრავლესობა აშენებს ბუდეს, ზოგიერთი კი პირდაპირ მიწაზე დებს კვერცხებს. მათ ახასიათებთ შთამომავლობაზე ზრუნვა: იცავენ მათ, კვებავენ, ასწავლიან სხვადასხვა ქცევას (ფრენას, საკვების მოპოვებას და ა.შ.). ფრინველებისთვის დამახასიათებელია პირდაპირი განვითარება, რადგან მათი შთამომავალი ძირითადი ნიშნებით ზრდასრულ ორგანიზმს ჰგავს.

ქათმის კვერცხის აგებულება და თითოეული სტრუქტურის ფუნქცია

სურ. 2.1.55.



1. ჩანასახს იცავს მექანიკური დაზიანებისა და გამოშრობისგან;
2. აქ ხდება განაყოფიერება და ჩანასახის განვითარება;
3. ქმნის თხევად გარემოს ჩანასახისთვის;
4. შეიცავს ჩანასახის განვითარებისთვის საჭირო საკვებ ნივთიერებებს;
5. აქედან ჩანასახი იღებს სუნთქვისათვის საჭირო ჟანგბადს;
6. ყვითრს ამაგრებს კვერცხის ცენტრში.

ფრინველების **ეკოლოგიური როლი** ძალიან მნიშვნელოვანია, რადგან მათი რიცხვი დიდია (ვარაუდობენ, რომ დედამიწაზე, დაახლოებით, 100 მლრ-ია). ისინი დიდ როლს ასრულებენ მწერებისა და წვრილი მღრღნელების რიცხვის რეგულირებაში. ფრინველები საკ-

ვებს წარმოადგენენ სხვა ცხოველებისთვის, მონანილეობენ მცენარეთა თესლის გავრცელებასა და ზოგიერთი მცენარის დამტვერვაშიც. ლეშიჭამია ფრინველები ბუნებაში სანიტრის როლს ასრულებენ. ამრიგად, ფრინველები კვებითი ჯაჭვის მნიშვნელოვანი რგოლია.



1. რა თავისებურებით ხასიათდება ფრინველის სისხლის მიმოქცევის სისტემა?
2. რას ნიშნავს ორმაგი სუნთქვა და რატომ განუვითარდა იგი ფრინველებს?
3. რატომ არიან ფრინველები თბილისხლიანები?
4. რა მსგავსებაა ფრინველებსა და ქვეწარმავლებს შორის?
5. პარაგრაფის ტექსტში და სურათ 2.1.52-ზე მოცემული ინფორმაციის გამოყენებით შეავსე ცხრილი:

ფრინველების აგებულებისა და სასიცოცხლო თვისებების თავისებურებანი ფრენასთან დაკავშირებით

სხეულის საფარველი	×
ჩონჩხი	×
სუნთქვა და სასუნთქი სისტემა	×
კვება. საჭმლის მომნელებელი სისტემა	×
ექსკრეცია. გამომყოფი სისტემა	×
გამრავლება. რეპროდუქციული სისტემა	×

2.1.8.5. ძუძუმწოვრები



იხვნისკარტა

გაეცანი სურათსა და ტექსტში მოცემულ ინფორმაციას და უპასუხე თანდართულ კითხვებს

ეს იხვნისკარტაა, რომელიც ავსტრალიისა და ტასმანიის მდორე მდინარეების ნაპირებზე ბინადრობს. მისი სხეული ხშირი ბუნებრივად დაფარულია. მისი თავის წინა ნაწილი რქოვანი, იხვის ნისკარტის ფორმის წარმონაქმნით ბოლოვდება. მას აქვს კლოაკა და იგი კვერცხის დებით მრავლდება. იხვნისკარტა თავის ნაშიერს რძით კვებავს, რადგან კანში განვითარებული აქვს სარძევე ჯირკვლები.

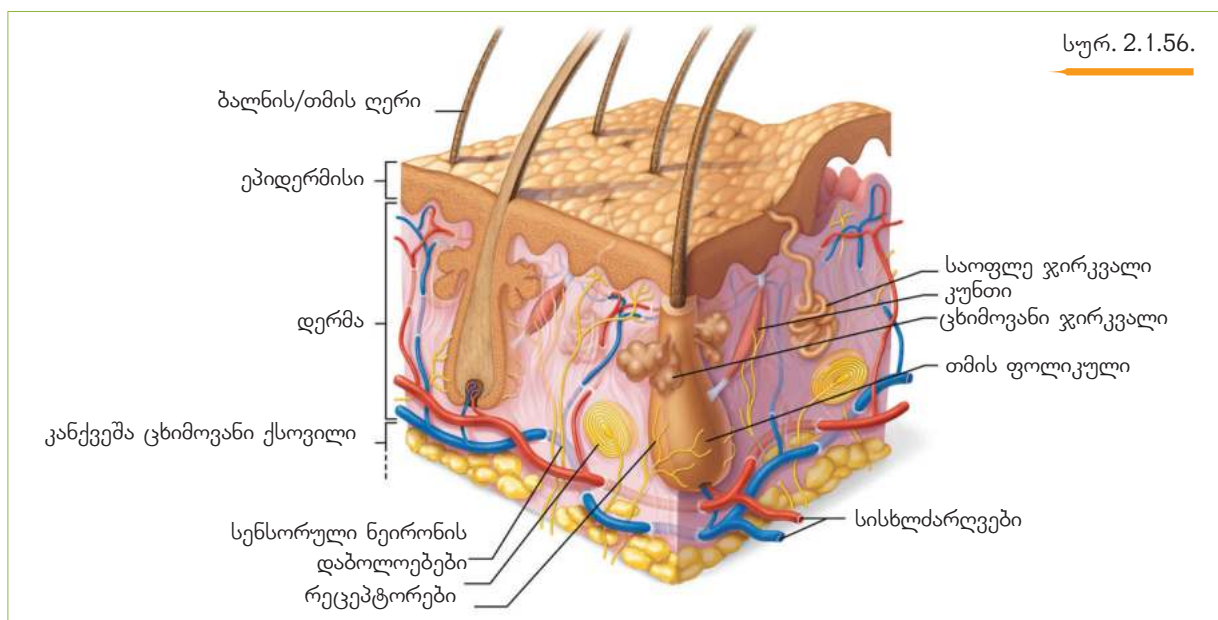


- ხეხმელიანების რომელი ორი სხვადასხვა კლასის ნიშნებია დამახასიათებელი იხვნისკარტასთვის?
- ტექსტსა და სურათზე მოცემული ინფორმაციის საფუძველზე აღწერე თითოეული კლასის რა ნიშნებია დამახასიათებელი ამ ცხოველისთვის?
- ერთ ორგანიზმში გაერთიანებული ორი სხვადასხვა კლასის ნიშან-თვისებების გამო, როგორ ორგანიზმს უწოდებ იხვნისკარტას?
- ახსენი, რამდენად შეიძლება ბუნებაში იხვნისკარტას მსგავსი ორგანიზმების არსებობა.

პირველი ძუძუმწოვრები დედამიწაზე 200 მილიონზე მეტი წლის წინ გამოჩნდნენ. დღეს ცხოველთა სამეფოს წარმომადგენლებს შორის დედამიწაზე დომინანტური მდგომარეობა ხერხემლიანების ამ კლასს უკავია. ეს დაკავშირებულია ძუძუმწოვრების სხეულის მაღალ ორგანიზაციასა და უფრო სრულყოფილ სასიცოცხლო პროცესებთან.

ქვემოთ ყურადღებას გავამახვილებთ იმ ნიშან-თვისებებზე, რომელიც მხოლოდ ძუძუმწოვრებისთვის არის დამახასიათებელი.

განსაკუთრებული აგებულებისაა ძუძუმწოვრების კანი (სურ. 2.1.56.). მათი კანი მშრალია და დაფარულია ბუნებით/ბალანით. ბალანი



სურ. 2.1.56.

ორგანიზმს იცავს დაზიანებისა და სითბოს დაკარგვისგან (ბენვის ღერებს შორის მოთავსებული ჰაერი გამოყოფს სხეულს გარემოსგან, სიცივეში იკუმშება ბალნის ფოლიკულებზე მიმაგრებული კუნთები, ბალნის დახრილობის კუთხე კანთან იზრდება და კიდევ უფრო იზრდება ბალნის ღერებს შორის ჰაერის მოცულობა). ბენვს სხვა ფუნქციებიც აქვს. მაგ., ბენვის ფოლიკულებზე მიმაგრებული კუნთები იკუმშება და ბენვი იშლება თავდაცვის ან აგრესიის გამოხატვის დროსაც; ბენვს შეიძლება ცხოველისთვის ჰქონდეს მფარველობითი ან გამაფრთხილებელი შეფერილობა. ორგანიზ-

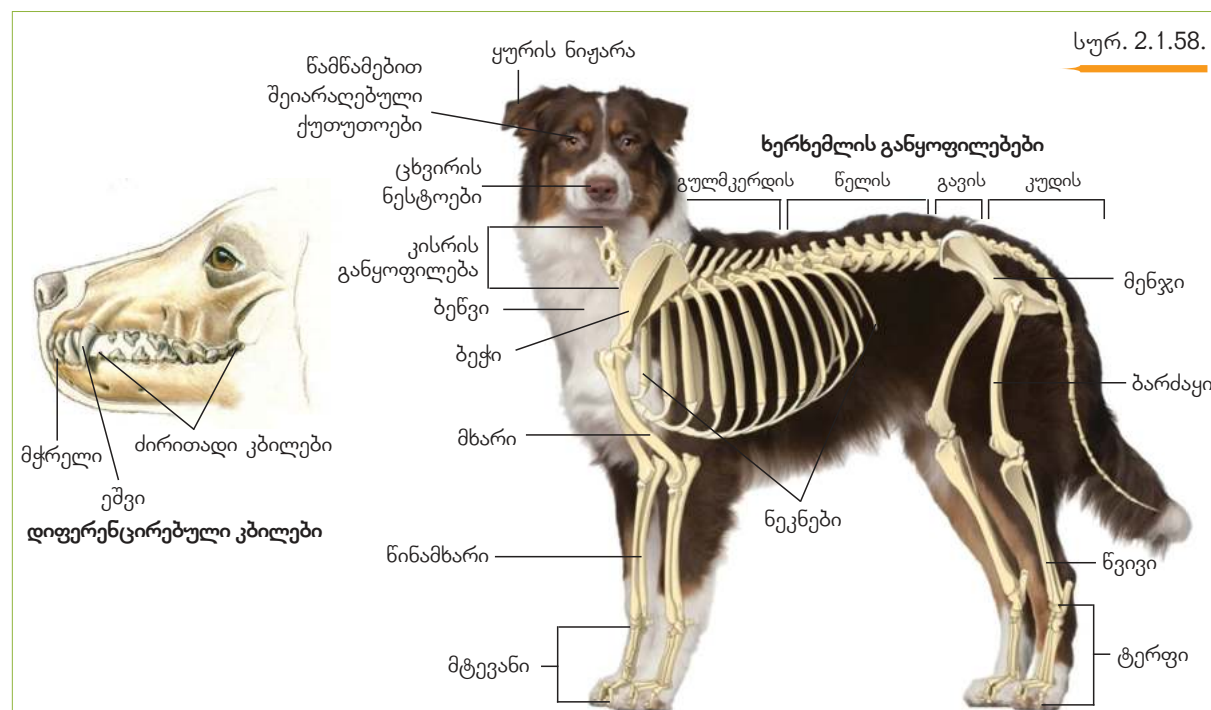
მის თბორეგულაციაში მონაწილეობს საოფლე ჯირკვლები და კანქვეშა ცხიმოვანი შრეც. კანი შეიცავს ცხიმოვან ჯირკვლებსაც, რომელთა სადინარი იხსნება თმის/ბენვის ფოლიკულებთან და მათ აცხიმოვანებს, რაც ბალანს დასველებისგან იცავს. მდებარე ძუძუმწოვრებს კანში უვითარდებათ სარძევე ჯირკვლები, რომლებიც საოფლე ჯირკვლების სახეცვლილებებია. სარძევე ჯირკვლებში გამომუშავებული რძე ძუძუს დვრილებში იხსნება. ზოგიერთ ცხოველს მუცლის მხარეს მთელ სიგრძეზე ძუძუების ორი მწკრივი აქვთ, ზოგს მხოლოდ მუცელზე ან მკერდზე (სურ. 2.1.57).



სურ. 2.1.57.

მათი სხეული შედგება თავის, ტანისა და კიდურებისგან (სურ. 2.1.58). ქვეწარმავლებისგან განსხვავებით, კიდურები ტანის გვერდებზე კი არ აქვს, არამედ განლაგებულია ტანის ქვეშ და სხეულისთვის კარგ საყრდენს

წარმოადგენს. ყველა ძუძუმწოვარა ცხოველს, მიუხედავად კისრის სიგრძისა, ხერხემლის კისრის განყოფილებაში აქვს 7 მალა; გავის განყოფილების მალეები შეზრდილია ერთ მთლიან გავის ძვლად.

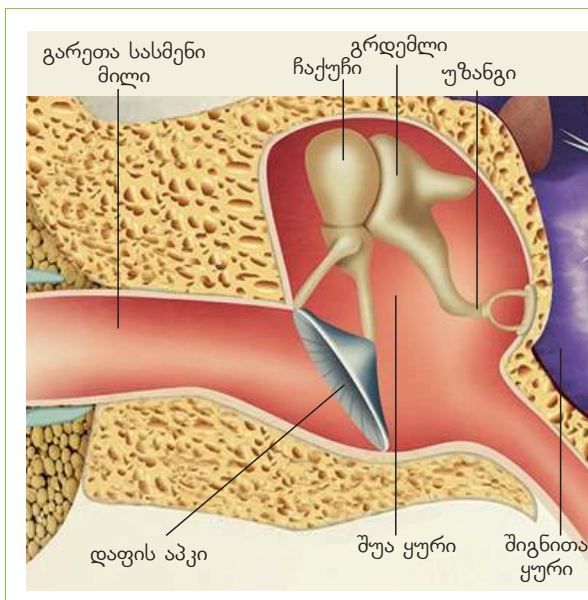


სურ. 2.1.58.

ყებზე განლაგებულია დიფერენცირებული კბილები (მჭრელები, ეშვები და ძირითადი კბილები), რაც მხოლოდ ძუძუმწოვრებისთვის არის დამახასიათებელი. სხვადასხვა ძუძუმწოვარს, მათი საკვების ხასიათზე დამოკიდებულებით, განსხვავებული რაოდენობისა და ფორმის კბილები აქვს.

კუნთოვანი დიაფრაგმა სხეულის ღრუს ჰყოფს გულმკერდისა და მუცლის ღრუდ.

დიაფრაგმა მონაწილეობს სუნთქვით მოძრაობებში და უფრო სრულყოფილს ქმნის მას. ძუძუმწოვრებს კარგად განვითარებული სასუნთქი ორგანოთა სისტემა აქვთ; მათი ფილტვები შედგება სისხლის კაპილარებით მდიდარი მრავალი ალვეოლისგან, რაც ზრდის სასუნთქი ზედაპირის ფართს და უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს ფილტვებში აირთა ცვლა.



სურ. 2.1.59.

როგორც ფრინველის, ისე ძუძუმწოვარის გულიც ოთხსაკნია და გულში არ ხდება არტერიული და ვენური სისხლის შერევა, ეს კი უზრუნველყოფს ქსოვილების ჟანგბადით მდიდარი სისხლით მომარაგებას.

ძუძუმწოვრების თავის ტვინში დიდ ადგილს იკავებს დიდი ნახევარსფეროები, რომლებიც დანაოჭებული ქერქითაა დაფარული. ამიტომ მათთვის უფრო რთული რეფლექსები და ქცევებია დამახასიათებელი. მათ კარგად განვითარებული შეგრძნების ორგანოები (მხედ-

ველობის, სმენის, ყნოსვის, გემოვნებისა და შეხების) აქვთ. ძუძუმწოვრების ქუთუთოები შეიარაღებულია წამწამებით, რომელიც კიდევ უფრო კარგად იცავს თვალს ხმელეთზე არსებული სხვადასხვა ტიპის დამაზიანებელი ფაქტორისგან. პირველად ძუძუმწოვრებში ვითარდება გარეთა ყური (ყურის ნიჟარა და გარეთა სასმენი მილი), შუა ყურში კი – სამი სასმენი ძვალი (სურ. 2.1.59). ფრინველებისგან განსხვავებით, ძუძუმწოვრებს ძალიან კარგად აქვთ განვითარებული ყნოსვის ორგანო, რო-



1. რა აროგენზური მიმართულების ცვლილებები გაჩნდა ძუძუმწოვრებში?
2. რაში გამოიხატება ძუძუმწოვრების კანის აგებულების თავისებურებანი?
3. რა ფუნქციებს ასრულებს ბალანი?
4. ვეშაპების შორეული წინაპრები ხმელეთზე ცხოვრობდნენ, შემდეგ კი ზღვებში ცხოვრებას შეეგუვნენ. ზრდასრულ ვეშაპებს ბალანი არ აქვთ? 1) როგორ უწყობს ხელს ეს ფაქტი წყალში ცხოვრებასთან შეგუებას? 2) ვეშაპებში ბალნის განუვითარებლობა რომელი ევოლუციური მიმართულების მაგალითია?
5. რა განაპირობებს ძუძუმწოვრების თბილისხმიანობას?
6. რატომ უკავიათ ძუძუმწოვრებს დედამიწაზე გაბატონებული მდგომარეობა?

მელიც დიდ როლს თამაშობს ცხოველის სიცოცხლეში: აგნებს საკვებსა და პარტნიორს, იცავს თავს მტრისგან და სხვ. ყნოსვის რეცეპტორები მოთავსებულია ცხვირის ღრუში. შეხების ორგანოები მოთავსებულია კანში, რომლებიც განსაკუთრებით ბევრია ტუჩებზე, დინგზე, ცხვირის წვერზე.

მამრის რეპროდუქციული ორგანოებია ორი სათესლე, ქვეწარმავლებისა და ფრინველ-

ბისგან განსხვავებით, თესლგამტარი შარდსადენს უკავშირდება. მდედრ ძუძუმწოვარ ცხოველს აქვს ორი საკვერცხე, კვერცხგამტარი და საშვილოსნო, სადაც ჩანასახი პლაცენტით იღებს დედისგან საკვებ ნივთიერებებსა და ჟანგბადს; ძუძუმწოვრები ცოცხალმშობიარე ცხოველები არიან. ისინი ზრუნავენ შთამომავალზე – კვებავენ რძით და იცავენ. ახასიათებთ პირდაპირი განვითარება.

ძუძუმწოვრების კლასიფიკაცია

დღეს ძუძუმწოვრებში 4500-ზე მეტი სახეობა შედის. მეცნიერები ფიქრობენ, რომ ძუძუმწოვრები უძველესი ქვეწარმავლებისგან წარმოიშვნენ. ძუძუმწოვრების კლასს სამ ქვეკლასად ყოფენ: კერცხისმდებელნი, ჩანთოსნები და უმაღლესი ძუძუმწოვრები.

კერცხისმდებელნი უძველესი ძუძუმწოვრებია, რომელთაც ახასიათებთ ქვეწარმავლებისა და ძუძუმწოვრების ნიშნები. აღმოჩენილი მათი ნამარხების მიხედვით მეცნიერები ვარაუდობენ, რომ ისინი ოდესღაც გავრცელებულნი იყვნენ დედამიწის მთელ სამხრეთ ნახევარსფეროში. მათგან დღეს მხოლოდ სამი სახეობაა შემორჩენილი – იხვნისკარტა, რომელიც მხოლოდ ავსტრალიასა და ტასმანიაში გვხვდება, ექიდნას (სურ. 2.1.60) ორი სახეობა, რომელიც ბინადრობს ავსტრალიაში, ტასმანიასა და ახალ გვინეაში.

ჩანთოსნების 282 სახეობა ცხოვრობს დღეს დედამიწაზე. მათი წარმომადგენლებია კენგურუ (სურ. 2.1.61), კოალა, ოპოსუმი, ჩანთიანი მგელი, ჩანთიანი თაგვი და სხვ. ეს ცხოველები, ძირითადად, ცხოვრობენ ავსტრალიაში, ცენტრალურ და სამხრეთ ამერიკაში. იმასთან დაკავშირებით, რომ ავსტრალია იზოლირებული კონტინენტია, აქ შემორჩა ჩანთოსნების უფრო დიდი მრავალფეროვნება. თუმცა ამ კონტინენტზე ევროპიდან უმაღლესი ძუძუმწოვრების



სურ. 2.1.60.



სურ. 2.1.61.

შეყვანამ გამოიწვია ჩანთოსნების ზოგიერთი სახეობის გაქრობა ან მათი რიცხოვნობის საგანგაშო შემცირება. ჩანთოსნები შობენ განუვითარებელ ნაშიერს, რადგან საშვილოსნოში ჩანასახის განვითარებისთვის დრო ძალიან მცირეა (კვერცხუჯრედის განაყოფიერებიდან სულ რამდენიმე კვირა) და დაბადების შემდეგ, დაახლოებით, 8 თვის განმავლობაში ვითარდება დედის ჩანთაში. ჩანთა იმ ადგილზე ვი-

თარდება, სადაც სარძევე ჯირკვლებია, მაგრამ იმდენად უსუსურია ახალდაბადებული, რომ დამოუკიდებლად ძუძუს წოვაც კი არ შეუძლია – ძუძუდან მის პირში რძე ისხმება

დედის მუცლის კუნთების შეკუმშვის შედეგად. **უმაღლესი ძუძუმწოვრები** შობენ განვითარებულ ნაშიერს, რომელსაც დაბადებისთანავე ძუძუს წოვა შეუძლია.



- რა ნიშნებით განსხვავდებიან ძუძუმწოვრები ქვეწარმავლებისგან?
- რატომ მიიჩნევენ მეცნიერები უძველეს ქვეწარმავლებს ძუძუმწოვრების წინაპრად?
- როგორ განსხვავდება თანამედროვე ძუძუმწოვრების სამი ქვეკლასი გამრავლების მიხედვით?
- შეადარე ერთმანეთს ხერხემლიანთა კლასები აგებულებისა და სასიცოცხლო თვისებების მიხედვით, მონაცემები შეიტანე ქვემოთ მოცემულ ცხრილში.

ნიშან-თვისებები	თევზები	ამფიბიები	ქვეწარმავლები	ფრინველები	ძუძუმწოვრები
საცხოვრებელი ადგილი	×	×	×	×	×
სხეულის საფარველი	×	×	×	×	×
მოძრაობის საშუალება	×	×	×	×	×
სუნთქვის ორგანოები	×	×	×	×	×
გულის საკნების რაოდენობა	×	×	×	×	×
სისხლის მიმოქცევის წრე – ერთი/ორი	×	×	×	×	×
ცივისსისხლიანი/თბილისსხლიანი	×	×	×	×	×
გამრავლების ადგილი – წყალი/ხმელეთი	×	×	×	×	×
განაყოფიერების ფორმა – გარე-განი/შინაგანი	×	×	×	×	×
გამრავლება – კვერცხისდებით/ცოცხლადმშობიარე	×	×	×	×	×
პოსტემბრიონული განვითარების ტიპი – მეტამორფოზული/პირდაპირი	×	×	×	×	×
სხეულის ზრდის ტიპი – განუსაზღვრელი/განსაზღვრული	×	×	×	×	×



კოგნიტური სქემის შექმნა

შეადარე ერთმანეთს სხვადასხვა სამეფოს ორგანიზმები – სოკოები, მცენარეები, ცხოველები – შემდეგი მახასიათებლების მიხედვით: კვების ტიპი, მოძრაობის (სივრცეში გადაადგილების უნარი), უჯრედების აგებულების თავისებურება (უჯრედის კედლის, ცენტრალური ვაკუოლის, ქლოროპლასტიდების, უჯრედის ცენტრის არსებობა), სამარაგო ნახშირწყალი, უჯრედის კედლის ქიმიური შედგენილობა, ზრდის ტიპი (განუსაზღვრელი, განსაზღვრული), გამრავლების ტიპი (უსქესო გამრავლების კონკრეტული საშუალება); შედარების მონაცემები წარმოადგინე კოგნიტური სქემის – ცხრილის – სახით, რომელიც შეგიძლია წარმოადგინო ფლიპჩარტზე ან ელექტრონული ვერსიის სახით.

სქემის წარმოდგენისას უპასუხე კითხვებს:

- რამდენ სამეფოში არის გაერთიანებული დედამიწაზე არსებული ორგანიზმები?
- დაასახელე მრავალუჯრედიანი ორგანიზმი, რომელიც პროტისტებშია გაერთიანებული;
- აღწერე სოკოების საერთო ნიშნები;
- აღწერე მცენარეების საერთო ნიშნები. დაასახელე მცენარეებში გაერთიანებული ძირითადი ჯგუფები;
- აღწერე ცხოველების საერთო ნიშნები. დაასახელე ცხოველების სამეფოში გაერთიანებული ტიპები;
- რატომ არის მნიშვნელოვანი ორგანიზმთა ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნება?
- რა მნიშვნელობა აქვს მცენარეების ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნებას ადამიანის ჯანმრთელობისთვის?

2.2. ორგანიზმთა სასიცოცხლო თვისებები

ორგანიზმთა ძირითადი სასიცოცხლო თვისებები

- ჰომეოსტაზი;
- გალიზიანებადობა;
- მეტაბოლიზმი
(კვება, სუნთქვა, გამოყოფა);
- ნივთიერებათა მიმოცვლა
გარემოსა და ორგანიზმს შორის;
- მოძრაობა;
- გამრავლება;
- ზრდა-განვითარება;
- მემკვიდრეობითობა;
- ცვალებადობა;
- ადაპტაცია.



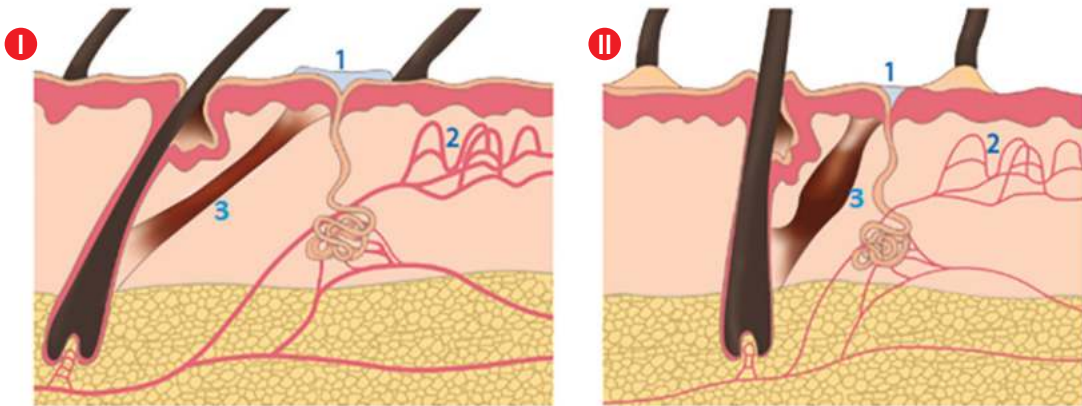
ცოცხალისთვის დამახასიათებელია ნიშან-თვისებების ერთობლიობა, რომელიც მას განასხვავებს არაცოცხალი ბუნებისგან. ამ ნიშან-თვისებებს სასიცოცხლო თვისებები ეწოდება. თუმცა ამ სასიცოცხლო თვისებებიდან ზოგიერთი არაცოცხალი ბუნებისთვისაც არის დამახასიათებელი.

- სურათზე მოცემული ნიშან-თვისებებიდან დაასახელე ნიშან-თვისებები, რომლის მსგავსი არაცოცხალი ბუნებისთვისაცაა დამახასიათებელი. მოიყვანე შესაბამისი მაგალითები.
- თუ არაცოცხალი ბუნებისთვისაცაა დამახასიათებელი ზოგიერთი თვისება, მაშინ რა არსებითი განსხვავებაა ცოცხალსა და არაცოცხალს შორის?
- დაასახელე ჩამონათვალიდან ისეთი ნიშან-თვისება, რომლის გარეშეც ორგანიზმის სიცოცხლეს საფრთხე არ შეექმნება. ახსენი შენი პასუხი.
- თითოეული სასიცოცხლო თვისება დაკავშირებულია სხვა სასიცოცხლო თვისებასთან. მოიყვანე მაგალითები.

2.2.1. ჰომეოსტაზი. მარეგულირებელი სისტემები



კანის მონაწილეობით სხეულის თბორეგულაციის მექანიზმი



I – გარემოში მალაღი ტემპერატურა:

1. ოფლი გამოიყოფა, რომლის აორთქლებაზეც ენერგია იხარჯება;
2. სისხლის კაპილარები ფართოვდება და სხეული სითბოს გასცემს;
3. თმის ფოლიკულთან დაკავშირებული კუნთი მოდუნებულია.

II – გარემოში დაბალი ტემპერატურა:

1. ოფლი არ გამოიყოფა;
2. სისხლის კაპილარები ვიწროვდება და სხეულის მიერ სითბოს გაცემა მცირდება;
3. თმის ფოლიკულთან დაკავშირებული კუნთი შეკუმშულია. თმის ღერის დახრილობის კუთხე კანის ზედაპირთან იზრდება. შესაბამისად, თმის ღერებს შორის მეტი ჰაერი თავსდება, რაც სითბოს უნარჩუნებს სხეულს.

- სურათზე მოცემული ინფორმაციის მიხედვით აღწერე, რა ცვლილებები ხდება კანში გარემოში ტემპერატურის ცვლილების საპასუხოდ.
- რა სტრუქტურით აღიქვამს ორგანიზმი გარემოში ტემპერატურის ცვლილებას?
- რა არეგულირებს კანში მიმდინარე ცვლილებებს?
- რა მნიშვნელობა აქვს ორგანიზმისთვის შინაგანი ტემპერატურის გარკვეულ დონეზე შენარჩუნებას?
- თუ ადამიანის სისხლის მიმოქცევის სისტემა კარგად არ ფუნქციონირებს, როგორ შეიძლება გავლენა იქონიოს სხეულის თერმორეგულაციაზე?
- ორგანიზმის რა სასიცოცხლო თვისების გამოვლენის მაგალითია სხეულის შინაგანი ტემპერატურის გარკვეულ დონეზე შენარჩუნება?
- ტემპერატურის გარდა, კიდევ რა კომპონენტების შენარჩუნებაა მნიშვნელოვანი ორგანიზმისთვის?

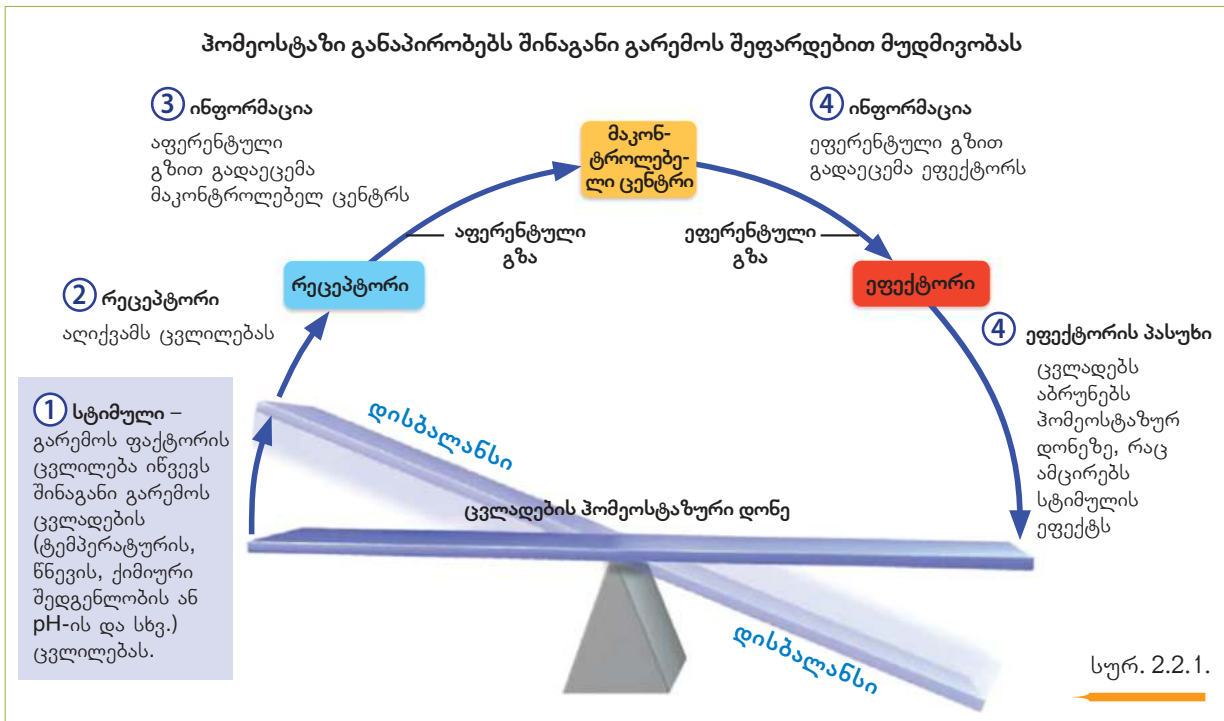
ნებისმიერი ორგანიზმი ცხოვრობს მუდმივად ცვალებად გარემოში. მაგალითად, ორგანიზმებს უნევთ გაუმკლავდნენ გარემოში ტემპერატურისა და ტენიანობის ცვლილებას, გარემოს დამაბინძურებელ ფაქტორებს, ინფექციებს და სხვა ცვლილებებს. ყოველი ცვლილება არის ორგანიზმის გამოწვევა, შეინარჩუნოს უჯრედის, ქსოვილებისა და ორგანიზმის დონეზე ტემპერატურის, ქიმიური შედგენილობის, pH-ის და სხვა ცვლადების სტაბილურობა. თუ ორგანიზმი ვერ შეინარ-

ჩუნებს ზემოთ ჩამოთვლილ პარამეტრებს/ცვლადებს, ეს უარყოფითად იმოქმედებს ორგანიზმზე და მისი სიკვდილიც შეიძლება გამოიწვიოს. მაგალითად, ჩვენი ორგანიზმის უჯრედებში ყოველ წუთს უამრავი ქიმიური რეაქცია მიმდინარეობს. ამ რეაქციების მაკონტროლებელი ფერმენტები ეფექტურად მუშაობენ გარკვეული პირობების ვიწრო დიაპაზონში. ამ პირობებიდან ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესია ტემპერატურა, რომელიც ჩვენს ორგანიზმში $36,7^{\circ}-37,1^{\circ}\text{C}$ -ის ფარგლებში

უნდა იყოს. 41°C -ზე ბევრი ფერმენტი წყვეტს მოქმედებას. თუ ჩვენი ტემპერატურა 27°C -ზე დაბალი იქნება გულმა შეიძლება შეწყვიტოს მოქმედება. ანალოგიურად, თუ ორგანიზმში კალციუმის დონე ძალიან მაღალია, შეიძლება ადამიანი კომაში ჩავარდეს; თუ კალციუმის დონე ძალიან დაბალია, გულის მუშაობა არითმული ხდება და ა.შ.

საბედნიეროდ, ორგანიზმს აქვს კონტროლის სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს ში-

ნაგანი გარემოს სტაბილურობას. ორგანიზმისთვის, გარემოს ცვლად პირობებში არეგულიროს და შეინარჩუნოს შინაგანი გარემოს შეფარდებითი მუდმივობა, **ჰომეოსტაზი** ეწოდება. ჰომეოსტაზის მარეგულირებელი სისტემების მნიშვნელოვანი კომპონენტებია: სენსორები, მარეგულირებელი ცენტრი, საკომუნიკაციო სისტემები და სამიზნეები/ეფექტორები (სურ. 2.2.1).



სენსორები – ორგანიზმს აქვს ათასობით ექტოსენსორი და ენდოსენსორი – **ექტორეცეპტორი და ენდორეცეპტორი**, რომლებიც აღმოაჩენენ ცვლილებებს გარე და შინაგან გარემოში. მაგალითად, კანში არსებული თერმორეცეპტორები აღიქვამენ ჰაერის ტემპერატურის ცვლილებას (რეცეპტორების შესახებ უფრო მეტი იხ. გვ. 76).

მაკონტროლებელი ცენტრი – ცენტრალური მაკონტროლებელი და მარეგულირებელი სისტემა (ხერხემლიანებში ეს არის თავის ტვინი), იღებს ინფორმაციას რეცეპტორებისგან და აანალიზებს მას; თუ აღმოჩნდა, რომ ცვლადი გადახრილია ქვემოთ ან ზემოთ ცვლადების იმ მაჩვენებლისგან, რომელზედაც ორგანიზმი ყველაზე ეფექტურად ფუნქციონირებს, მარეგულირებელი ცენტრი შესაბამის ორგანოებს/

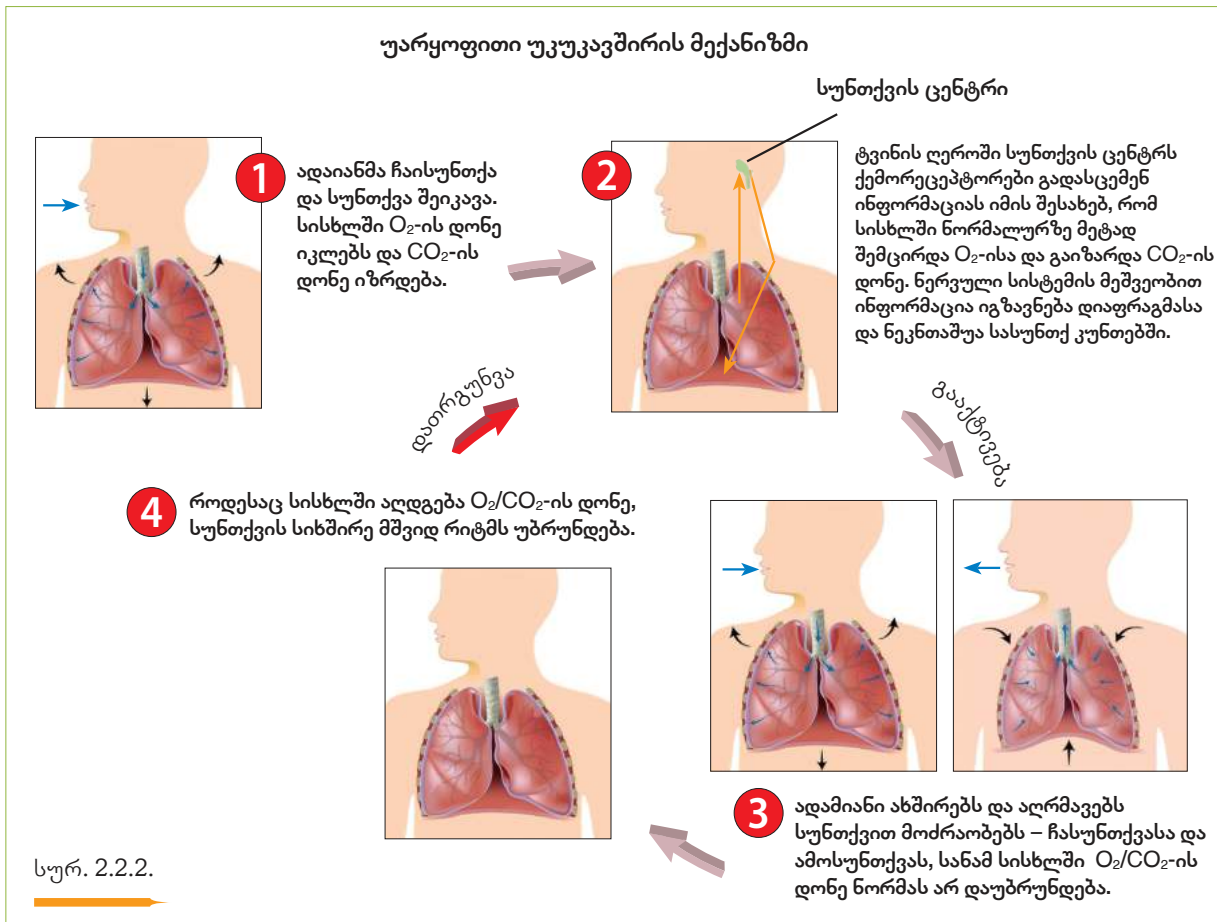
ქსოვილებს/უჯრედებს უგზავნის სათანადო პასუხს საკომუნიკაციო სისტემების მეშვეობით.

საკომუნიკაციო სისტემები – კომუნიკაციას აკონტროლებს ნერვული და ენდოკრინული სისტემები, რომლებიც ნერვული იმპულსების და/ან ჰორმონების სახით შეტყობინებებს უგზავნის ორგანიზმის სამიზნეებს იმის შესახებ, თუ როგორ უნდა უპასუხოთ შინაგანი ან გარეგანი გარემოს ცვლილებებს.

სამიზნეები – სამიზნე/ეფექტორი არის ნებისმიერი ორგანო, ქსოვილი ან უჯრედი, რომელიც ცვლის აქტივობის დონეს შეტყობინების საპასუხოდ. მაგალითად, ცივ გარემოში შეტყობინებამ შეიძლება გამოიწვიოს ჩონჩხის კუნთების კანკალი, რათა გამოიმუშაოს მეტი შინაგანი სითბო.

ჰომეოსტაზი, ძირითადად, რეგულირდება **უარყოფითი უკუკავშირის მექანიზმით** (სურ. 2.2.2). უარყოფითი უკუკავშირის მექანიზმის არსი შემდეგში მდგომარეობს: შინაგანი გარემოს რომელიმე ცვლადის ოპტიმალურიდან

გადახრა აღძრავს მისი გამოსწორებისკენ მიმართულ პროცესებს, პროცესის შედეგი – შინაგანი გარემოს ცვლადის ოპტიმალური დონე – თრგუნავს ამ პროცესების კვლავ გაგრძელებას.



ამრიგად, ჰომეოსტაზს უზრუნველყოფს ორგანიზმში მიმდინარე რთული პროცესების ერთობლიობა, რომლებსაც არეგულირებს ნერვული და ენდოკრინული სისტემები.

ნერვული რეგულაცია ხდება ელექტრული ბუნების ნერვული იმპულსების საშუალებით. ნერვული რეგულაცია იძლევა გარემოში მომხდარ ცვლილებაზე – გამღიზიანებელზე – სწრაფი რეაგირების საშუალებას. გამღიზიანებლის ზემოქმედების ადგილიდან ინფორმაცია ძალიან სწრაფად გადაეცემა სხეულის იმ უბანში, სადაც ხდება ინფორმაციის გაანალიზება, აღქმა და შესაბამისი პასუხის გაცემა. ნერვულ რეგულაციას ნერვული სისტემა ახორციელებს. ენდოკრინული რეგულაცია ხორციელდება ჰორმონების საშუალებით.

ჰორმონების დიდი უმრავლესობა წარმოიქმნება სპეციალურ ჯირკვლებში, რომელთაც შინაგანი სეკრეციის – ენდოკრინული ჯირკვლები ეწოდება და ისინი ენდოკრინულ სისტემას ქმნიან. ენდოკრინულ ჯირკვლებს სადინრები არ აქვთ და ჰორმონს სისხლში გამოყოფენ. ჰორმონები სისხლით მთელ ორგანიზმში ვრცელდება, ამიტომ ფიზიოლოგიური პროცესების რეგულაციის ასეთ მექანიზმს **ჰუმორული რეგულაცია**საც უწოდებენ („ჰუმორ“ ლათინური სიტყვაა და სითხეს ნიშნავს). ჰუმორული რეგულაცია სხვადასხვა უჯრედისა და ორგანოების ურთიერთკავშირის ძველი ფორმაა. მას განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვს განვითარების დაბალ საფეხურზე მყოფი ორგანიზმებისთვის. ცხოველთა ევო-

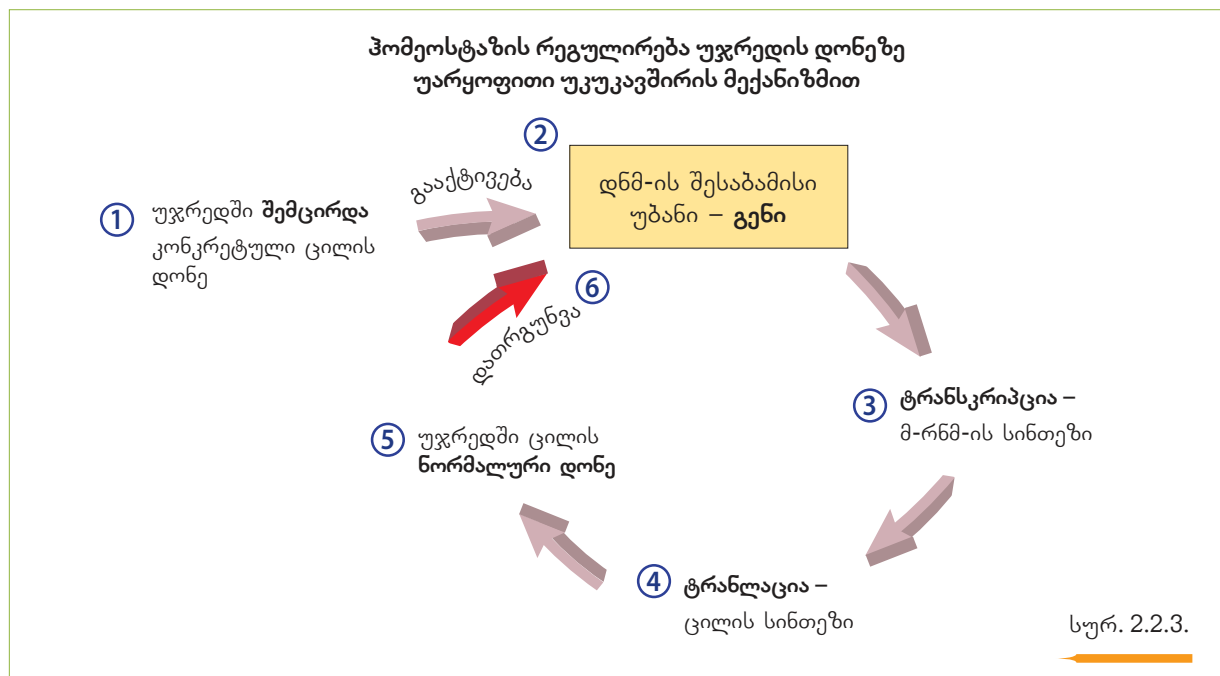
ლუციის პროცესში ჰუმორულ რეგულაციას თანდათან უფრო სრულყოფილი ნერვული რეგულაცია დაემატა. ნერვული და ენდოკრინული რეგულაციების შედარება იხილე ცხრილ 2.2.1-ში. ნერვული და ენდოკრინული რეგულაციები ერთმანეთთან მჭიდროდაა დაკავშირებული. ერთი მხრივ, ნერვული სისტე-

მის მოქმედებაზე გავლენას ახდენს სისხლით მოტანილი ჰორმონი, მეორეს მხრივ, ჰორმონების წარმოქმნასა და სისხლში გამოყოფას აკონტროლებს ნერვული სისტემა. ამიტომ ორგანიზმში ფიზიოლოგიური პროცესების რეგულაცია ყოველთვის ერთიან ნერვულ-ენდოკრინულ რეგულაციას წარმოადგენს.

ცხრილი 2.2.1. ნერვული და ენდოკრინული რეგულაციის შედარება	
ნერვული რეგულაცია	ენდოკრინული რეგულაცია
ირთვება სწრაფად და მისი მოქმედება ხანმოკლეა (შემდეგი ნერვული იმპულსის გადაცემამდე) შემსრულებელ ორგანოზე	ირთვება ნელა და მისი მოქმედება სამიზნე ორგანოზე ხანგრძლივია (სანამ სამიზნე ორგანოს ქსოვილში არ შემცირდება ჰორმონის კონცენტრაცია)
სიგნალი – ნერვული იმპულსი	სიგნალი – ჰორმონი
სიგნალის გადაცემა – ნეირონებში წარმოქმნილი ელექტრონული ბუნების ნერვული იმპულსი	სიგნალის გადაცემა – ქიმიურია (ენდოკრინულ ჯირკვალში გამოთქმავებული ჰორმონი, რომელიც ვრცელდება ორგანიზმის თხევადი გარემოს მეშვეობით)
სიგნალის გავრცელება რეფლექსურ რკალში ნერვული სტრუქტურების საშუალებით	სიგნალის გავრცელება სისხლძარღვებში სისხლის ნაკადის საშუალებით
პასუხი მკვეთრად ლოკალიზებულია (პასუხობს კონკრეტული ორგანო)	პასუხი, როგორც წესი, გენერალიზებულია (პასუხობს მთელი ორგანიზმი ან რამდენიმე სამიზნე ორგანო)
სწრაფად მჟღავნდება მისი მოქმედების შედეგი	დაყოვნებით, გარკვეული ხნის შემდეგ მჟღავნდება მისი მოქმედების შედეგი.

ჰომეოსტაზი ახასიათებს იმ ცოცხალ ორგანიზმებსაც, რომლებსაც არ აქვთ ნერვული და ენდოკრინული სისტემები. მაგალითად, როგორც უკვე იცი, მტკნარ წყალში მცხოვრები ერთუჯრედიანები მფეთქავი ვაკუოლის საშუალებით გამოყოფენ გარემოში

ჭარბ წყალს და ინარჩუნებს შინაგანი გარემოს მუდმივობას (იხ. გვ. 143). როგორც ერთუჯრედიანების, ისე მრავალუჯრედიანების უჯრედის შინაგანი გარემოც რეგულირდება უარყოფითი უკუკავშირის მექანიზმით (სურ. 2.2.3).



შინაგანი გარემოს – ჰომეოსტაზის – დროებითი ცვლილება სიცოცხლისათვის სრულიად აუცილებელი და ნორმალურია. მაგალითად, კვების დროს სისხლში მატულობს საკვები ნივთიერების კონცენტრაცია, თუმცა სისხლში საკვები ნივთიერებების კონცენტრაციის ცვლილება არ არის დროში გახანგრძლივებული მოვლენა, რადგან სისხლი ამ ნივთიერებებს უჯრედებს სწრაფად გადასცემს. პათოლოგია იქ იწყება, როდესაც ორგანიზმს

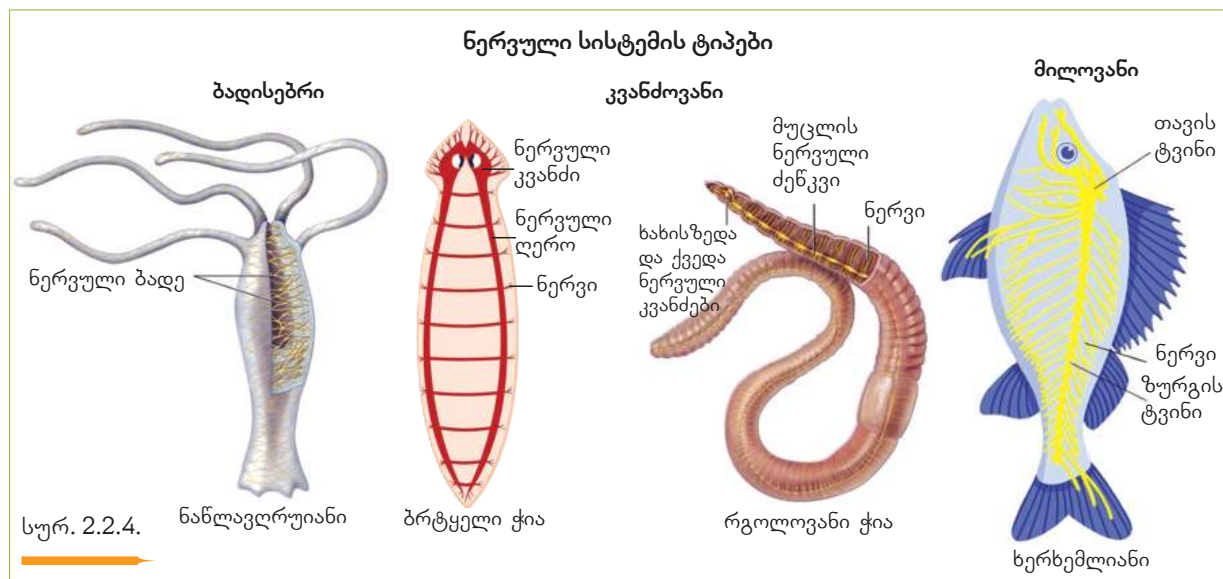
ეკარგება სისხლიდან უჯრედებში ნივთიერებათა ტრანსპორტის უნარი. როდესაც ჰომეოსტაზის დარღვევა იწვევს შინაგანი გარემოს გახანგრძლივებულ ან შეუქცევად ცვლილებას, ვითარდება პათოლოგია – დაავადება. ამ შემთხვევაში ადამიანი საჭიროებს სამედიცინო დახმარებას, რომ დაარეგულიროს საკუთარი შინაგანი გარემო მედიკამენტების, ან სხვა თერაპიული საშუალებების დახმარებით.



1. განმარტე, რას ნიშნავს გარემო პირობების ცვალებადობა, მოიყვანე რამდენიმე მაგალითი.
2. განმარტე, რას ნიშნავს ორგანიზმის შინაგანი გარემოს ცვალებადობა.
3. რას ეწოდება ჰომეოსტაზი?
4. რატომ არის მნიშვნელოვანი ჰომეოსტაზი ორგანიზმისთვის, როგორც ერთ-ერთი სასიცოცხლო თვისება?
5. სისტემა, რომელიც ჰომეოსტაზს არეგულირებს, მინიმუმ ერთად მომუშავე ოთხი კომპონენტისგან შედგება. დაასახელე ეს კომპონენტები და აღწერე თითოეული მათგანის ფუნქცია.
6. არის ჰომეოსტაზის გამოხატულება უჯრედული სუნთქვის ჟანგბადიანი ეტაპის გაძლიერება ფიზიკური ვარჯიშის დროს? პასუხი განმარტე.
7. მოწვევა აზიანებს ფილტვებს, რომელთა საშუალებით ჟანგბადი ხვდება ორგანიზმში. დაარღვევს თუ არა მოწვევა ორგანიზმის შინაგანი გარემოს მუდმივობას? პასუხი განმარტე.
8. ქვეწარმავლები თავიანთ სხეულის ტემპერატურას არეგულირებენ გარემოში გადაადგილებით. მაგალითად, ხვლიკი ეფიცხება მზეს, რომ მისი სხეული გათბეს. რაში გამოიხატება ძუძუმწოვრების უპირატესობა ქვეწარმავლებთან შედარებით სხეულის შინაგანი ტემპერატურის რეგულაციაში?
9. გაეცანი ცხრილ 2.1-ში მოცემულ ინფორმაციას. რა განსხვავებაა ნერვულ და ენდოკრინულ რეგულაციას შორის?

2.2.2. გალიზიანებადობა. ნერვული სისტემა

ცოცხალისთვის ერთ-ერთი საერთო სასიცოცხლო თვისებაა გალიზიანებადობა. **გალიზიანებადობა** არის ორგანიზმის თვისება, რეაგირება/შესაბამისი პასუხის გაცემა გარემოში მიმდინარე ცვლილებებზე/გამლიზიანებელზე. შინაგანი გარემოს სტაბილურობისა და სიცოცხლისთვის ყველა ორგანიზმისთვის მნიშვნელოვანია სათანადო რეაგირება სტიმულზე/გამლიზიანებელზე. ერთუჯრედიანებში გამლიზიანებელზე პასუხზე პასუხისმგებელია ერთადერთი უჯრედი, იგი ერთდროულად ფუნქციონირებს, როგორც ინფორმაციის მიმღები და ეფექტორი. მაგალითად, ამება ბლაგვი ნემსის შეხებაზე რეაგირებს და გადაადგილდება გამლიზიანებლის საწინააღმდეგო მხარეს. მეცნიერები ვარაუდობენ, რომ ამების ამ საპასუხო რეაქციაში მონაწილეობს პლაზმური მემბრანა და მარცვლოვანი ენდოპლაზმური ბადე.



ცხოველებში კი გამლიზიანებელზე სათანადო რეაგირებაში ჩართულია ნერვული სისტემა. ნერვულმა სისტემამ ცხოველთა ევოლუციის პროცესში განიცადა განვითარება (სურ. 2.2.4). პირველად პრიმიტიული ნერვული სისტემა **ნერვული ბადის** სახით გაჩნდა ნაწლავლურიანებში. ვარსკვლავისებრი ნერვული უჯრედები ერთმანეთთან მორჩებითაა დაკავშირებული და ერთ ნერვულ უჯრედში წარმოქმნილი ნერვული იმპულსი ყველა მიმართულებით ვრცელდება, ამიტომ ასეთ ნერვულ სისტემას **დიფუზურსაც** უწოდებენ. ნერვული იმპულსის ყველა მიმართულებით გავრცელების გამო იგი თანდათან სუსტდება და ქრება. შესაბამისად, ორგანიზმის პასუხი

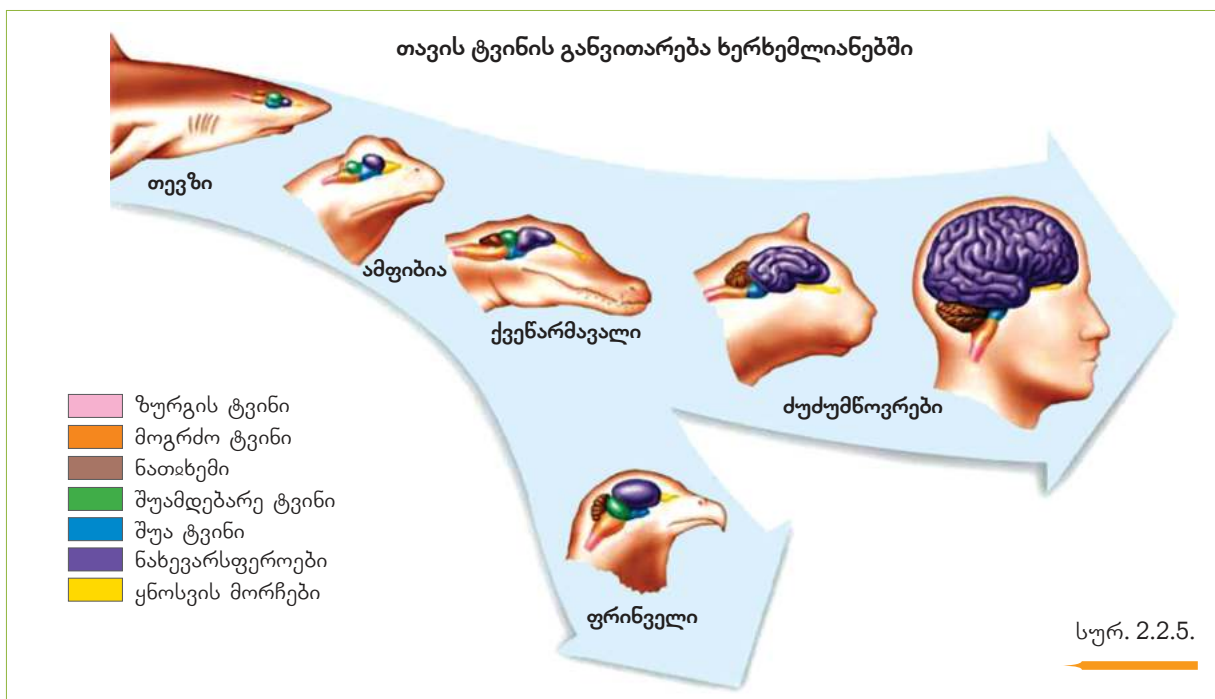
გამლიზიანებელზე ნელია და შეიძლება ზუსტიც არ იყოს. ნაწლავლურიანების ნერვული სისტემა ასრულებს მხოლოდ ორგანიზმსა და გარემოს შორის დამაკავშირებელ როლს. მაღალგანვითარებული ნერვული სისტემა კი მიღებულ ინფორმაციას აანალიზებს, პასუხობს და ინახავს, რომელსაც იყენებს საჭიროების მომენტში. ჭიებში ჩნდება **კვანძოვანი ნერვული სისტემა**. ნერვულ კვანძებს ქმნის ნერვული უჯრედების გროვები, ნერვული კვანძები ცენტრალური ნერვული სისტემის როლს ასრულებს, მათგან გამოდის ნერვები. კვანძოვანი ნერვული სისტემის შემთხვევაში ნერვული იმპულსი ერთი მიმართულებით ვრცელდება და ორგანიზმის პასუხიც არის



1. მოიყვანე ერთუჯრედიანებში გალიზიანებადობის გამოვლენის მაგალითები.
2. რა ტიპის ნერვული სისტემა განვითარდა ევოლუციის პროცესში?
3. რა ნაკლი აქვს ბადისებრი ნერვულ სისტემას?

უფრო სწრაფი და ზუსტი. ხერხემლიანების-
თვის დამახასიათებელია **მილოვანი ნერვული
სისტემა** – მათ ჩანასახში ზურგის მხარეს უვი-
თარდებათ ნერვული მილი, რომელიც ემბრიო-

ნული განვითარების პროცესში წინა ნაწილში
ფართოვდება და თავის ტვინი წარმოიქმნება.
თავის ტვინი განვითარების უმაღლეს დონეს
აღწევს ძუძუმწოვრებში (სურ. 2.2.5).



ნერვული სისტემის სტრუქტურული კომ-
პონენტები, მათი ფუნქციები და როლი ჰო-
მეოსტაზის რეგულაციაში განვიხილავთ
აღამიანის ნერვული სისტემის მაგალითზე.
აღამიანის ნერვული სისტემა შედგება (სურ.
2.2.6) ცენტრალური ნერვული სისტემისა
(ცნს) და პერიფერიული ნერვული სისტემის-
გან (პნს). ცნს-ს ქმნის თავისა და ზურგის
ტვინი. ცნს – ეს არის ადგილი, სადაც გაა-
ნალიზდება შესული ინფორმაცია და მიიღება
გადაწყვეტილება, თუ რა სახის მოქმედებით
უნდა უპასუხოთ ორგანიზმმა მიღებულ ინ-
ფორმაციას. პნს-ს ქმნის ნერვები და ნერვუ-
ლი კვანძები. პნს უზრუნველყოფს ნერვული
იმპულსების საშუალებით ინფორმაციის გა-
ტარებას ცნს-სა და სხეულის დანარჩენ ნაწი-
ლებს შორის ორივე მიმართულებით.

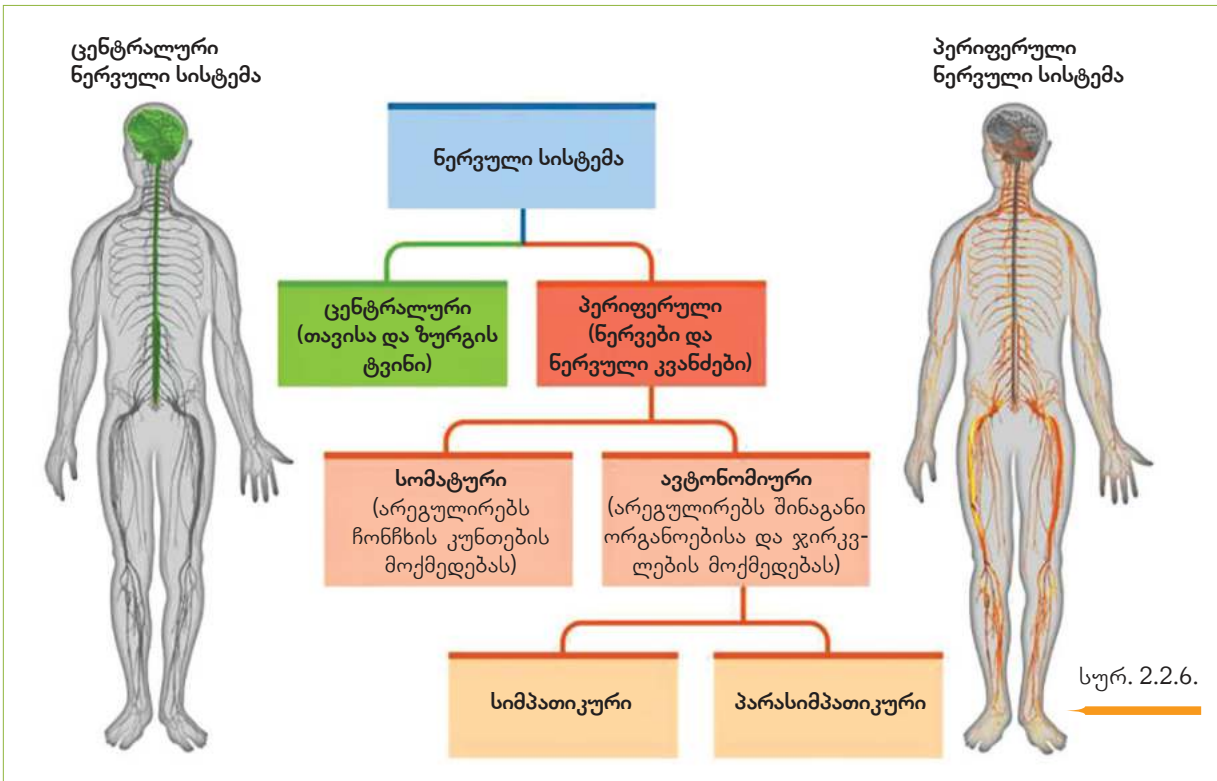
ნერვული სისტემის ფუნქციები:

- არეგულირებს თითოეული ორგანოსა და
ქსოვილის ფუნქციონირებას;
- უზრუნველყოფს სხვადასხვა ქსოვილის,
ორგანოსა და ორგანოთა სისტემის შე-
თანხმებულ მოქმედებას;
- ორგანიზმს აკავშირებს გარემოსთან;

- მისი მოქმედება უდევს საფუძვლად
ძილს, მეხსიერებას, მეტყველებას, აზრო-
ვნებასა და სხვა ფსიქიკურ პროცესებს.

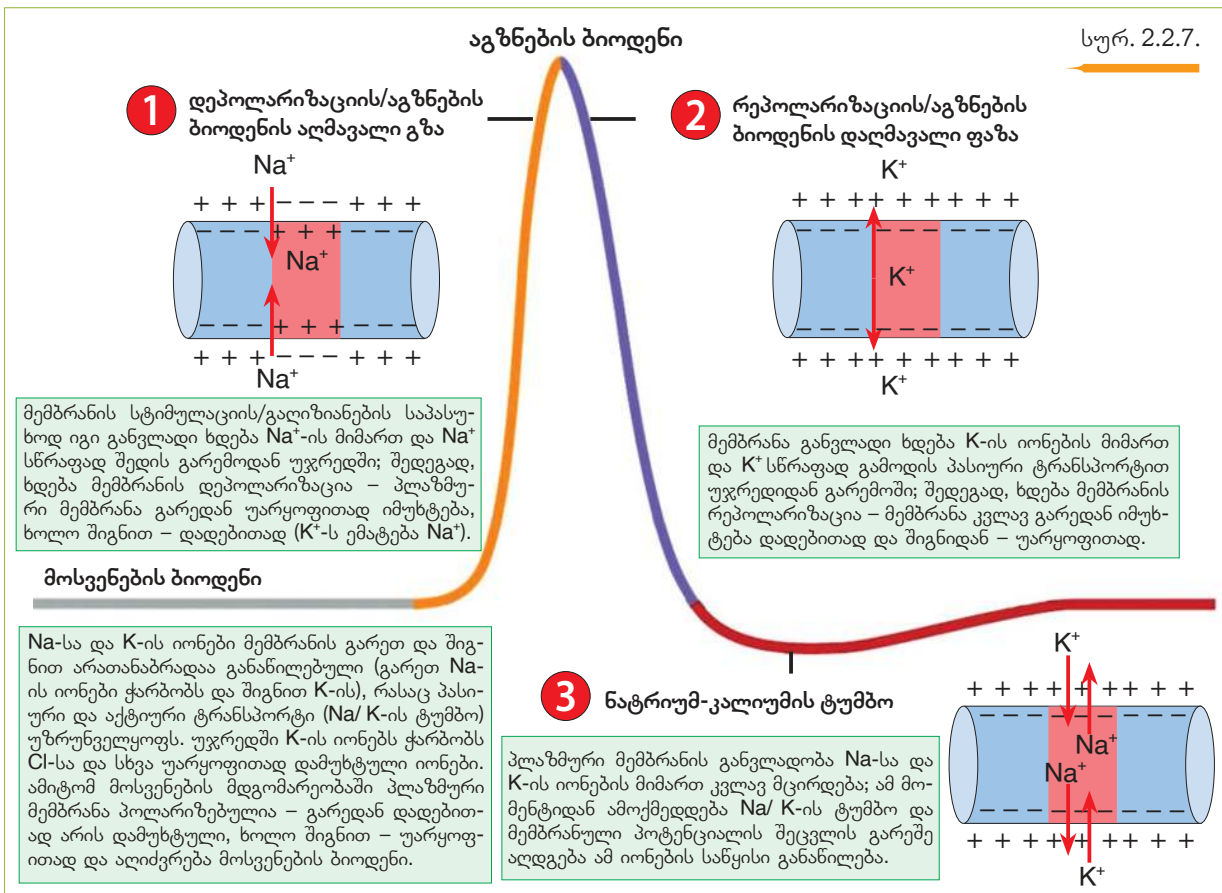
ნერვულ სისტემაში ქსოვილებიდან ჭარ-
ბობს ნერვული ქსოვილი. ნერვულ ქსოვილში
არის ორი ტიპის უჯრედები: ნერვული უჯ-
რედები – **ნეირონები და გლიური უჯრედები
(თანამგზავრი უჯრედები)**. გლიური უჯრედები
ნეირონებზე 10-ჯერ მეტია, ისინი გარს აკრა-
ვს ნეირონებს და მათთვის ასრულებს კვებით,
საყრდენ და დამცველობით ფუნქციებს.

ნერვულ, კუნთოვან და ჯირკვლოვან ეპი-
თელურ უჯრედებში გამლიზიანებლის საპა-
სუხოდ მიმდინარეობს ისეთი ფიზიკურ-ქი-
მიური ცვლილებები, რაც იწვევს ელექტრული
ბუნების იმპულსის წარმოქმნასა და მეზობელ
უბნებზე გავრცელებას. ამ პროცესს **აგზ-
ნება** ეწოდება, ხოლო უჯრედის თვისებას,
გამლიზიანებელის ზემოქმედებას უპასუხოს
აგზნებით – **აგზნებადობა**. ამიტომ ნერვულ,
კუნთოვან და ჯირკვლოვან ქსოვილებს **აგზ-
ნებად სისტემებს** უწოდებენ. აგზნების დროს
წარმოქმნილ ელექტრული ბუნების იმპულსს
აგზნების პოტენციალი/ბიოდეინი ეწოდება. იმ-

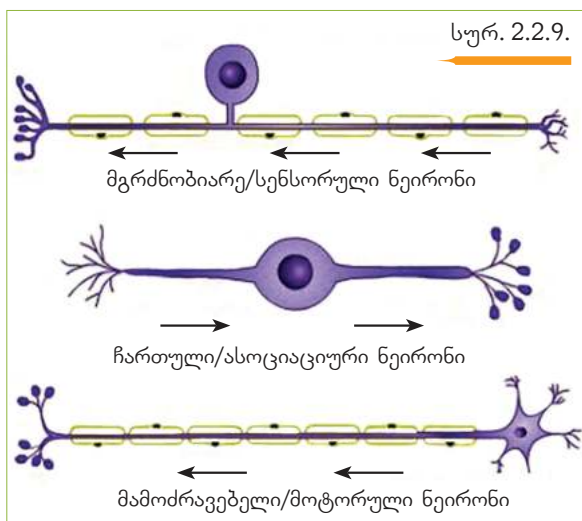
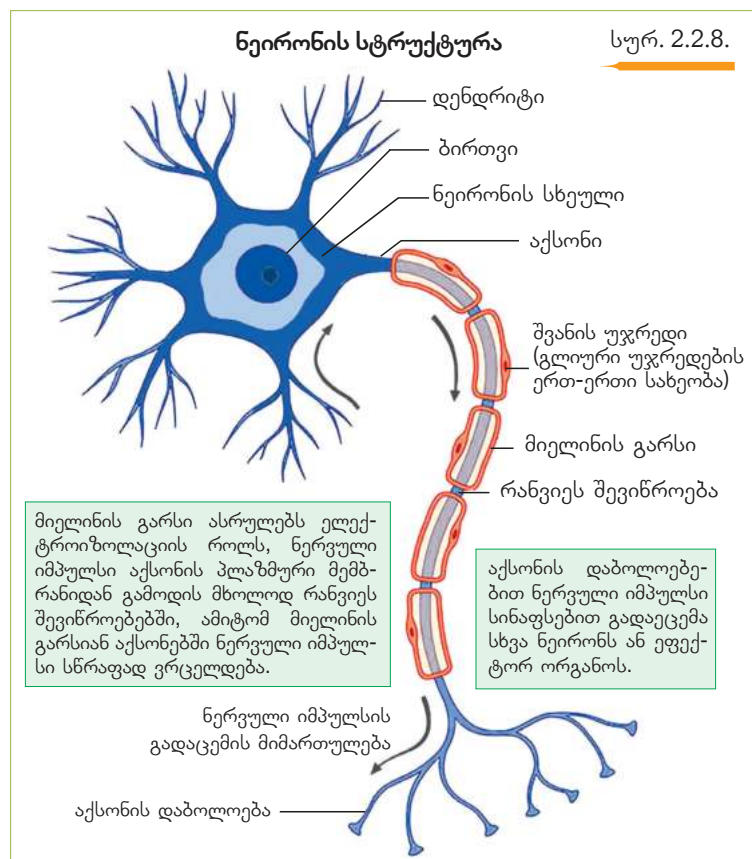


პულისის წარმოქმნა და გავრცელება აგზნებად სისტემაში დაკავშირებულია პლაზმური მემბ-

რანის შიგნით და გარეთ Na^+ -სა და K^+ -ის არა-თანაბარ განაწილებასთან (სურ. 2.2.7).



ნერვული სისტემის ფუნქციები დაკავშირებულია უაღრესად სპეციალიზებული უჯრედების – ნეირონების სტრუქტურასა და თვისებებთან. ნეირონებში გამლიზიანების საპასუხოდ წარმოქმნილი ნერვული იმპულსი ვრცელდება და გადაეცემა სხვა ნეირონს ან ეფექტორი ორგანოს უჯრედს. ამრიგად, ნეირონი ნერვული სისტემის ძირითადი სტრუქტურული და ფუნქციური ერთეულია – მისთვის დამახასიათებელია აგზნებადობა და აგზნების გატარება. ნერვული სისტემის მოქმედების საფუძველია აგზნებისა და შეკავების პროცესები, ეს პროცესები მკაცრადაა ერთმანეთთან შეთანხმებული. რაც არ უნდა ძლიერი იყოს აგზნება, მას ყოველთვის მოსდევს შეკავება. შეკავების პროცესში ნერვული უჯრედები აღიდგენენ შრომისუნარიანობას.

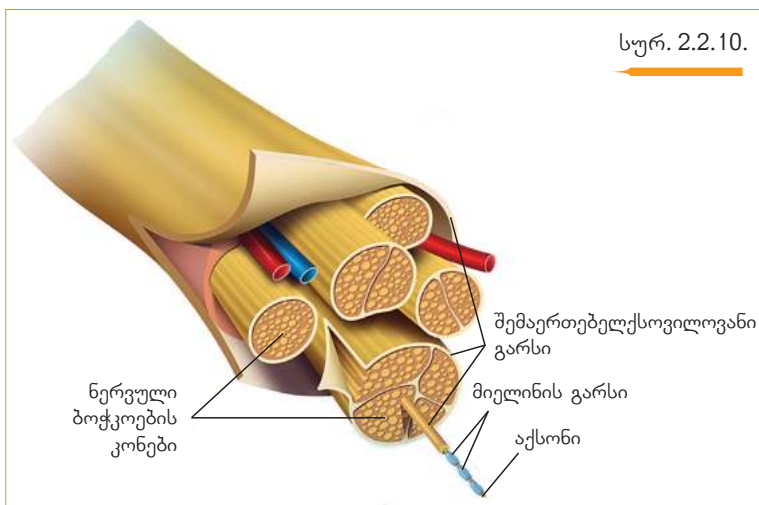


მიუხედავად იმისა, რომ ნეირონები ფორმითა და ზომით მრავალფეროვანია, შეიძლება საერთო სტრუქტურების გამოყოფა (სურ. 2.2.8). ნეირონს ხშირად აქვს ათეულობით მოკლე მორჩი – დენდრიტი, მაგრამ გრძელი მორჩი – აქსონი, უმეტეს წილად, ერთი აქვს. ნეირონის სტრუქტურების ფუნქციები მოცემულია ცხრილში (ცხრ. 2. 2.2). ნეირონების კლასიფიკაცია შეიძლება სამ ტიპად იმის მიხედვით, თუ რა მიმართულებით გადასცემენ ინფორმაციას ნერვული იმპულსის სახით: მგრძნობიარე/სენსორული, მამოძრავებელი/მოტორული და ჩართული/ასოციაციური ნეირონები (სურ.2.2.9).



- რა განსხვავებაა გალიზიანებადობასა და აგზნებადობას შორის?
- რომელი ქსოვილებისთვის არის დამახასიათებელი აგზნებადობა?
- ჰიპონატრიემია ნიშნავს ორგანიზმში ნატრიუმის ძალიან დაბალ დონეს. ადამიანის ასეთმა მდგომარეობამ როგორ შეიძლება იმოქმედოს ნერვულ სისტემაზე?
- სურათ 2.2.7-ის მიხედვით – 1) აღწერე აგზნების ბიოდეინის წარმოქმნის მექანიზმი; 2) უჯრედში რომელი იონის შესვლა განაპირობებს ბიოდეინის აღმავალ ფაზას? 3) უჯრედიდან რომელი იონის გამოსვლა განაპირობებს აგზნების ბიოდეინის დაღმავალ ფაზას?
- თუ მემბრანის განვლადობა ნატრიუმისა და კალიუმის იონებისადმი ერთდროულად გაიზრდება, ეს როგორ იმოქმედებს აგზნების პოტენციალზე?

ცხრილი 2.2.2. ნეირონის სტრუქტურები და მათი ფუნქციები		
ნეირონის სტრუქტურა	აგებულების თავისებურება	ფუნქციები
ნეირონის სხეული	ნეირონის ყველაზე დიდი ნაწილი, რომელშიც არის ბირთვი და ციტოპლაზმის დიდი მოცულობა; მას არ აქვს მიელების გარსი. სხეულების გროვები ცნს-ში წარმოქმნის რუხ ნივთიერებას ან ბირთვებს, ხოლო ცენტრალური ნერვული სისტემის გარეთ – ნერვულ კვანძებს.	აკონტროლებს ნეირონის ფუნქციონირებას, მისი დაზიანებით ნეირონი კვდება.
დენდრიტები	ნეირონის დატოტვილი მორჩეობა, რომლებიც შეიძლება ერთ ნეირონს რამდენიმე ჰქონდეს, მათ არ აქვთ მიელების გარსი. ნეირონის სხეულებთან ერთად ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში რუხ ნივთიერებას წარმოქმნიან.	მათი მეშვეობით ნერვული იმპულსები გადაეცემა ნეირონის სხეულს.
აქსონი	გრძელი, მცირედ დატოტვილი მორჩეობა. აქსონებს ხშირად გარს აკრავს თეთრი ფერის მიელების გარსი; აქსონების ერთობლიობა ცნს-ში თეთრ ნივთიერებას წარმოქმნის, ცნს-ის გარეთ კი – ნერვებს.	მათი მეშვეობით ნერვული იმპულსები ნეირონის სხეულიდან გამოდის.



ნეირონების გრძელი ბოჭკოების – აქსონების – ერთობლიობა **ნერვებს** ქმნის, რომელიც კონებადაა შეკრული და დაფარულია შემაერთებელქსოვილოვანი გარსით (სურ.2.2.10). ნერვები სამი სახისაა: მგრძნობიარე/სენსორული, მამოძრავებელი/მოტორული და შერეული. ნეირონებისა და ნერვების სხვადასხვა ტიპის მახასიათებლები წარმოდგენილია ცხრილში (ცხრ. 2.2.3).

ცხრილი 2.2.3. ნეირონებისა და ნერვების სახეები	
ნეირონის სახეები	მათი მახასიათებლები
მგრძნობიარე/სენსორული	პერიფერიიდან (მაგ., შეგრძნების ორგანოებიდან) თავისა და ზურგის ტვინს გადასცემენ ნერვულ იმპულსებს. მათი ნეირონების სხეულები ცენტრალური ნერვული სისტემისაკენ მიმავალ გზაზეა განლაგებული ნერვულ კვანძებში.
მამოძრავებელი/მოტორული	ნერვულ იმპულსებს თავისა და ზურგის ტვინიდან პერიფერიისკენ ატარებენ და გადასცემენ ეფექტორ ორგანოს.
ჩართული/ასოციაციური	ესენი ცენტრალურ ნერვულ სისტემას არ ტოვებენ და ქმნიან თავისა და ზურგის ტვინის ძირითად მასას. მათი საშუალებით ნერვული იმპულსები მგრძნობიარე ნეირონებიდან გადაეცემა მამოძრავებელ ნეირონებს.
ნერვის სახეები	მათი მახასიათებლები და მაგალითები
მგრძნობიარე ანუ სენსორული	შედგება მგრძნობიარე ნეირონების აქსონებისგან და ნერვულ იმპულსებს გადასცემენ პერიფერიიდან ცენტრალურ ნერვულ სისტემას. მაგალითად, ყნოსვის, მხედველობის, სმენის ნერვები.
მამოძრავებელი ანუ მოტორული	შედგება მამოძრავებელი ნეირონების აქსონებისგან და ნერვულ იმპულსებს გადასცემენ ცენტრალური ნერვული სისტემიდან პერიფერიისკენ. მაგალითად, თვალის მამოძრავებელი, დამატებითი, ენისქვეშა ნერვები.
შერეული	შედგება როგორც მგრძნობიარე ნეირონების, ისე მამოძრავებელი ნეირონების აქსონებისგან, ამიტომ ისინი ნერვულ იმპულსებს ატარებენ ორივე მიმართულებით – პერიფერიიდან ცენტრისკენ და ცენტრიდან პერიფერიისკენ. მაგალითად, სამწვერა, სახის, ენა-ხახის, ცთომილი ნერვები, ზურგის ტვინის ნერვები



9. სურათზე წარმოდგენილია მიელინის აქსონის 3 სეგმენტი: დეპოლარიზებული, პოლარიზებული და რეპოლარიზებული. ამოიცანი ეს უბნები – დეპოლარიზებული, პოლარიზებული და რეპოლარიზებული – შეუსაბამე სეგმენტებზე მითითებული ციფრები.

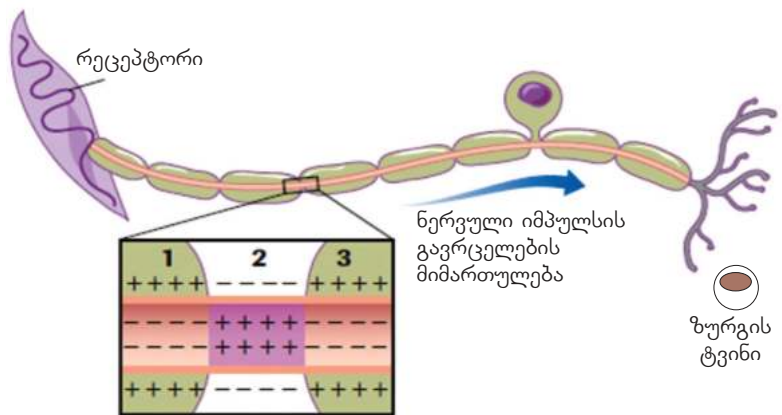
10. როგორ შეესაბამება ნეირონის სტრუქტურა მის ფუნქციებს?

11. განიხილე ცხრილ 2.-ში

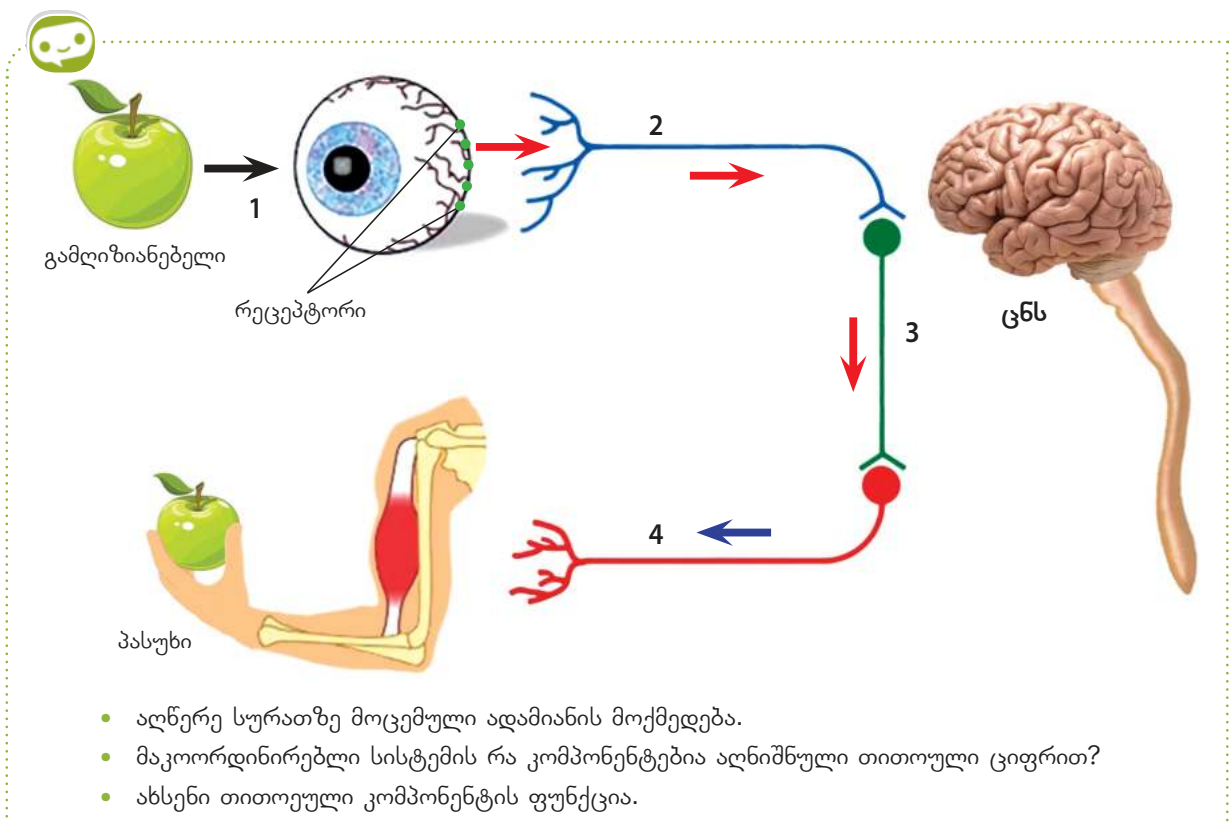
მოცემული ინფორმაცია და უპასუხე კითხვებს: 1) აღწერე ნეირონის თითოეული სტრუქტურის ფუნქციები; 2) ცნს-ში რა წარმოქმნის რუხ ნივთიერებას? რატომ უწოდებენ რუხ ნივთიერებას? 3) ცნს-ში რა წარმოქმნის თეთრ ნივთიერებას და რატომ უწოდებენ თეთრ ნივთიერებას?

12. რა განსხვავებაა ცნს-სა და პნს-ის სტრუქტურასა და ფუნქციებს შორის?

13. გაეცანი ცხრილ 2.2.3 -ში მოცემულ ინფორმაციას და უპასუხე კითხვებს: 1) აღწერე სხვადასხვა ტიპი ნეირონის მახასიათებლები; 2) ნეირონის რომელი ტიპი არ ტოვებს ცნს-ს? 3) აღწერე სხვადასხვა ტიპი ნერვის მახასიათებლები; 4) ნერვის რომელი ტიპი ატარებს ნერვულ იმპულსს ორივე მიმართულებით და რატომ? 5) რა განსხვავებაა ნერვსა და ნერვულ ბოჭკოს შორის?

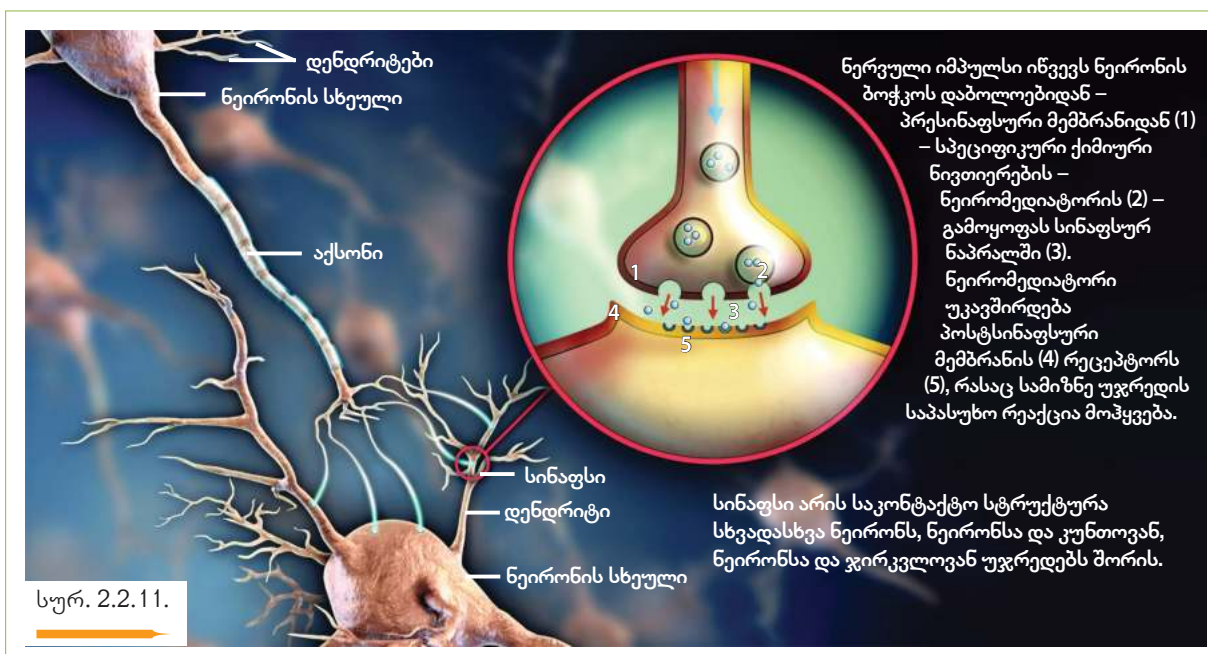


2.2.2.1. ნერვული სისტემის მოქმედების მექანიზმი



გამლიზიანებლის საპასუხოდ ორგანიზმის მიერ განხორციელებულ მოქმედებაში (რეაქციაში) მრავალი ნეირონი და ნერვული სისტემის სხვადასხვა სტრუქტურაა ჩართული. ნეირონები, რომლებიც ნერვული სისტემის

სტრუქტურული და ფუნქციური ერთეულია, ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად არ მოქმედებენ, ისინი ერთიანდებათ და რთულ საკომუნიკაციო ქსელს წარმოქმნიან ერთმანეთთან, ასევე, ეფექტორის უჯრედებთან (სურ. 2.2.11).

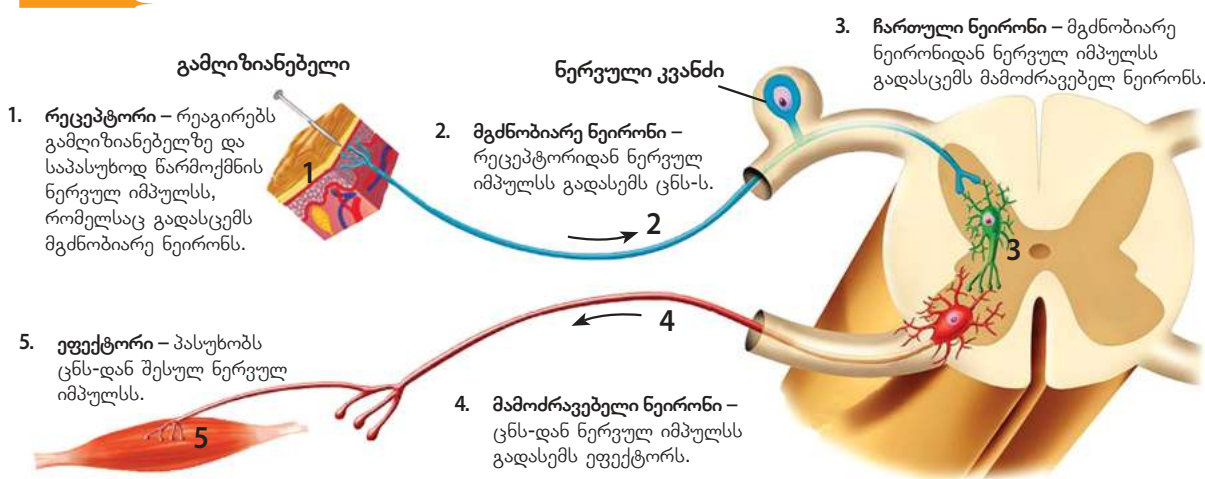


შემსრულებელი ორგანო შეიძლება იყოს კუნთი ან ჯირკვალი. კუნთი, მასში შესული ნერვული იმპულსის გავლენით, იკუმშება, რაც გარკვეული ტიპის მოძრაობას იწვევს, ხოლო ჯირკვალი გამოყოფს სეკრეტს. ნერვული სისტემის მოქმედების ერთ-ერთი გამოვლინებაა რეფლექსი. ორგანიზმის პასუხს გამლიზიანებელზე, რომელსაც ცენტრალური ნერვული სისტემა აკონტროლებს და ახორციელებს, რეფლექსი ეწოდება. გზას, რომელსაც ნერვული იმპულსი გაივლის რეცეპტორიდან შემსრულებელ ორგანომდე (ეფექტორამდე), რეფლექსური რკალი ეწოდება. რეფლექსური რკალი ნეირონების ფუნქციონალური გაერთიანების ტიპური მაგალითია.

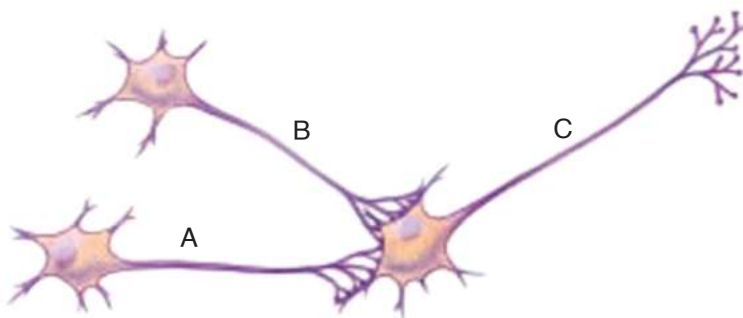
სურათზე 2.2.12-ზე გამოსახულია რეფლექსური რკალი, რომელიც შედგება შემდეგი სტრუქტურებისგან: რეცეპტორი, სენსორული ნეირონი, ცნს-ის უბანი, მოტორული ნეირონი და ეფექტორი (ამ შემთხვევაში კუნთი). როგორც უკვე იცით, რეცეპტორი არის სტრუქტურა, რომელიც პირველი რეაგირებს გამლიზიანებელზე და გარდაქმნის ნერვულ იმპულსად. რეცეპტორის როლი შეიძლება შეასრულოს სპეციალიზებულმა უჯრედმა ან მგრძნობიარე ნეირონის აქსონის დაბოლოებამ. რეცეპტორები განთავსებულია შეგრძნების ორგანოებში, კანში, კუნთებსა და მყესებში, შინაგანი ღრუიანი ორგანოების კედლებში და სხვ.

სურ. 2.2.12.

რეფლექსური რკალის კომპონენტები და მათი ფუნქციები

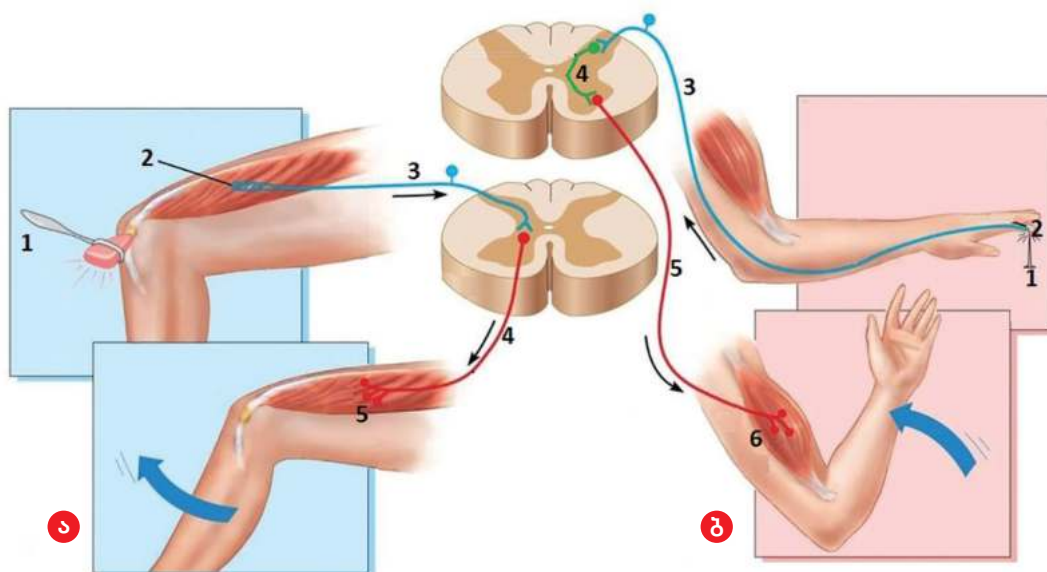


1. A ნეირონიდან გამოყოფილი ნეირომედიატორის გავლენით C ნეირონის პოსტსინაფსური მემბრანა განვლადი ხდება ნატრიუმის იონების მიმართ. B ნეირონის ნეირომედიატორის გავლენით C ნეირონის პოსტსინაფსური მემბრანა ნაკლებად განვლადი ხდება ნატრიუმის იონების მიმართ, ხოლო მისი განვლადობა კალიუმის იონების მიმართ იზრდება. ახსენი, A ნეირონის სტიმულაცია რატომ იწვევს C ნეირონში აგზნების ბიოდენის წარმოქმნას, ხოლო B ნეირონის სტიმულაცია არ იწვევს C ნეირონში აგზნების ბიოდენის წარმოქმნას.

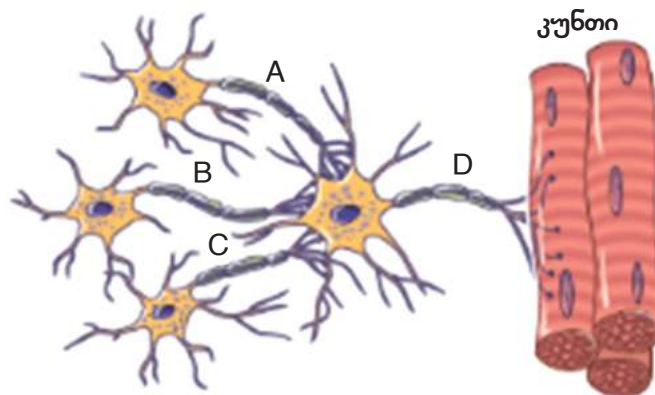




2. გაანალიზე სურათზე მოცემული ინფორმაცია და უპასუხე კითხვებს: 1) თითოეული რეფლექსისთვის (ა და ბ) ჩამოწერე ციფრები და მიუწერე, თუ რას აღნიშნავს თითოეული ციფრი; 2) რა საერთო სტრუქტურებისგან შედგება ამ რეფლექსების რეფლექსური რკალი? 3) რით განსხვავდება ეს რეფლექსები? 4) რამდენი ნეირონისგან შედგება ა რეფლექსის რეფლექსური რკალი? 5) რამდენი ნეირონისგან შედგება ბ რეფლექსის რეფლექსური რკალი? 6) რა მოხდება, თუ სურათებზე ციფრი 4-ითა და 5-ით აღნიშნული სტრუქტურა დაზიანდა? 7) ახსენი, რა მოხდება, თუ ციფრი 3-ით აღნიშნული სტრუქტურა დაზიანდა?



3. ერთ ნეირონზე, რომელიც უკავშირდება კუნთს, სამი სხვადასხვა ნეირონი წარმოქმნის სინაფსურ დაბოლოებას. მათზე ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგები მოცემულია მონაცემების ცხრილში.



მონაცემების ცხრილი: კუნთზე A, B და C ნეირონების სტიმულაციის ეფექტები	
ნეირონის სტიმულირება	კუნთზე ეფექტი
A	იკუმშება
A და B	არ იკუმშება
B	არ იკუმშება
A და C	იკუმშება
C	იკუმშება
B და C	არ იკუმშება

გაანალიზე ექსპერიმენტის შედეგები და დაადგინე, რომელი ნეირონი გამოათავისუფლებს შემაკავებელ ნეირომედიატორს?

2.2.2.2. ცენტრალური ნერვული სისტემა

ზურგის ტვინი



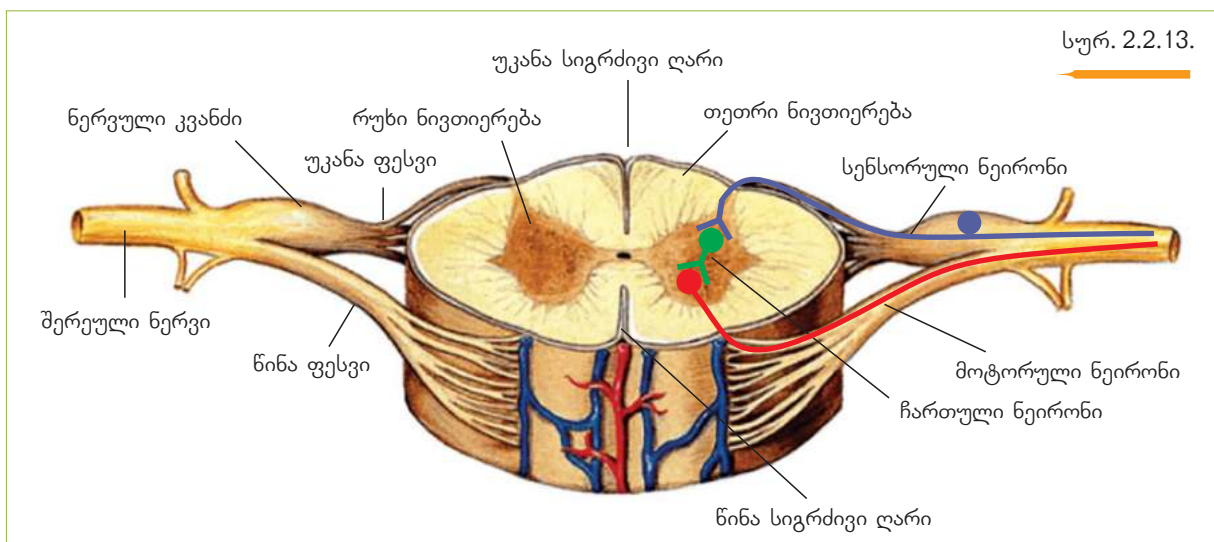
მაგალითი ექიმ გალენის პრაქტიკიდან

რომელმაც ექიმმა გალენმა, რომელიც ქირურგად მუშაობდა გლადიატორებთან, აღმოაჩინა, რომ ზურგის ყოველი ნერვი გამოდის ორი განშტოებით: წინა და უკანა; მან, ასევე, შეამჩნია, რომ ზურგში დაჭრილი გლადიატორების ერთი ნაწილი კარგავდა კიდურებში შეგრძნების უნარს, მაგრამ შეეძლოთ მოძრაობა, ხოლო დაჭრილების მეორე ნაწილს არ შეეძლოთ მოძრაობა, თუმცა ტკივილს გრძნობდნენ.

- ახსენი, რა უნდა ჰქონოდათ დაზიანებული იმ გლადიატორებს, რომლებიც კარგავდნენ კიდურებში შეგრძნების უნარს, მაგრამ მოძრაობა შეეძლოთ?
- ახსენი, რა უნდა ჰქონოდათ დაზიანებული იმ გლადიატორებს, რომლებიც კარგავდნენ მოძრაობის უნარს, მაგრამ კიდურებში ტკივილს გრძნობდნენ?
- როგორ ფიქრობ, გალენი თავისი აღმოჩენისა და დაჭრილ გლადიატორებზე დაკვირვებების საფუძველზე რა დასკვნას გააკეთებდა ზურგის ტვინის ნერვის „წინა და უკანა განშტოებების“ სტრუქტურის შესახებ?

ზურგის ტვინი დაკავშირებულია თავის ტვინთან. ზურგის ტვინის განივ განაკვეთზე ჩანს (სურ. 2.2.13), რომ მას წინა და უკანა ღარი მარჯვენა და მარცხენა ნახევრად ყოფს. ზურგის ტვინის ცენტრალურ ნაწილში რუხი ნივთიერებაა, რომელსაც ჩართული და მამოძრავებელი ნეირონების სხეულები და დენდრიტები ქმნის. რუხი ნივთიერების ირგვლივ კი თეთრი ნივთიერებაა. მას ნეირონების აქსონები წარმოქმნის. ზურგის ტვინის თეთრ ნივთიერებაში გადის აღმავალი და დაღმავალი გზები, რომლითაც მყარდება ნერვული კავ-

შირი ზურგის ტვინის სხვადასხვა სეგმენტსა და თავისა და ზურგის ტვინს შორის. ზურგის ტვინიდან გამოდის 31 წყვილი შერეული ნერვი, რომლებიც უკანა და წინა ფესვით იწყება. უკანა ფესვს ქმნის მგრძნობიარე ნეირონების აქსონები, ამ ნეირონთა სხეულების გროვები ნერვულ კვანძებს წარმოქმნის. წინა ფესვს ქმნის მამოძრავებელი ნეირონების აქსონები. უკანა ფესვი სენსორულ ინფორმაციას გადასცემს ზურგის ტვინს, ხოლო წინა ფესვი მოტორულ ინფორმაციას ზურგის ტვინიდან – ჩონჩხის კუნთებსა და შინაგან ორ-



განოებს. **ზურგის ტვინი ასრულებს რეფლექსურ და გამტარ ფუნქციებს.** ზურგის ტვინის რეფლექსური ფუნქცია გამოიხატება ჩონჩხის კუნთებისა (თავის კუნთების გარდა) და შინაგანი ორგანოების მოქმედების რეგულაციაში.

თავის ტვინი

ცენტრალური ნერვული სისტემა (თავისა და ზურგის ტვინი) აერთიანებს რეცეპტორებისა და შემსრულებელი ორგანოების მუშაობას, რათა ორგანიზმმა განახორციელოს გამლიზიანებელზე შესაბამისი საპასუხო რეაქცია და დაარეგულიროს ჰომეოსტაზთან დაკავშირებული პროცესები. თავის ტვინი ნერვული სისტემისათვის პროცესორის როლს ასრულებს: მას შეუძლია ინფორმაციის ძალიან სწრაფი დამუშავება და შენახვა (მეხსიერება). მასთანაა დაკავშირებული აზროვნება, ემოციები. თავის ტვინი რეფლექსებს აკონტროლებს ზურგის ტვინის გავლით ან უშუალოდ თავის ტვინის ნერვებით. ზრდასრული ადამიანის ტვინი, რომელიც მდებარეობს ქა-

გამტარი ფუნქცია დაკავშირებულია თეთრი ნივთიერების აქსონებთან. ზურგის ტვინის მოქმედებას თავის ტვინი აკონტროლებს. მამოძრავებელი რეფლექსი შეიძლება იყოს უნებლიე ან ნებელობითი.

ლას ღრუში, დაახლოებით, 1,4 კგ მასისაა და 100 მილიარდზე მეტი ნეირონისგან შედგება. იგი მაღალორგანიზებული სტრუქტურაა და რამდენიმე განყოფილებისგან შედგება (სურ. 2.2.14). თავის ტვინის განყოფილებებს ასე აჯგუფებენ: **უკანა ტვინი** (მოგრძო ტვინი, ხიდი და ნათხემი), **შუა ტვინი** (შუა ტვინი) და **წინა ტვინი** (შუამდებარე ტვინი და დიდი ნახევარსფეროები/ჰემისფეროები); შუამდებარე ტვინის მნიშვნელოვანი ნაწილებია თალამუსი და ჰიპოთალამუსი. მოგრძო ტვინის, ხილსა და შუა ტვინის, ასევე, უწოდებენ **ტვინის ღეროს**. თავის ტვინი შედგება როგორც თეთრი, ისე რუხი ნივთიერებისგან. თეთრი ნივთიერება ქმნის გამტარ გზებს, რომლებიც აკავშირებს

თავის ტვინის სტრუქტურა და ფუნქციები

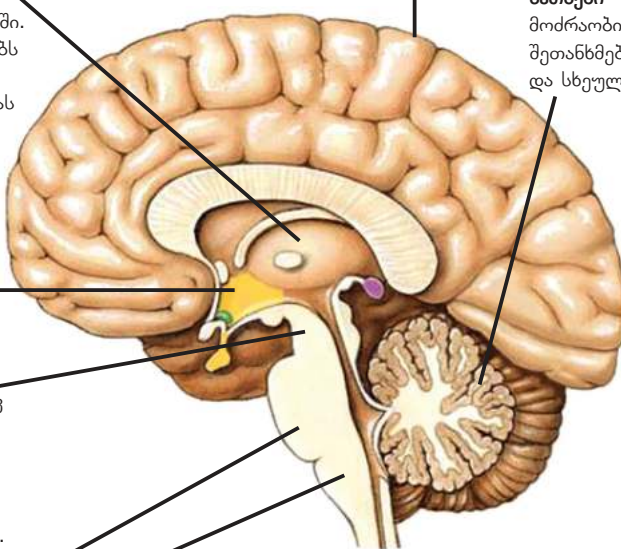
შუამდებარე ტვინი

თალამუსი – სენსორული ინფორმაციის გამანაწილებელი სადგურის როლს ასრულებს: შეგროვების ორგანოებიდან შესულ ინფორმაციას აგზავნის ჰემისფეროების ქერქის შესაბამის უბანში.
ჰიპოთალამუსი – ერთმანეთთან აკავშირებს ნერვულ და ენდოკრინულ სისტემებს: სხვადასხვა შინაგანი ორგანოს მოქმედებას ათანხმებს ერთმანეთთან. არეგულირებს რთულ მამოძრავებელ რეფლექსებს; აქ არის შიმშილის, წყურვილის, სხეულის ტემპერატურის მარეგულირებელი ცენტრები; არეგულირებს ენდოკრინული სისტემის მოქმედებას; მასთან არის დაკავშირებული ემოციები.

შუა ტვინი – შუა ტვინის ბირთვები ჩონჩხის კუნთებისა და განუწყვეტლივ გზავნიან ნერვულ იმპულსებს და მათ ტონუსს უნარჩუნებენ; აქ გადის მხედველობით და ბგერით გამლიზიანებელზე საორიენტაციო რეფლექსების რეფლექსური რკალები.

დიდი ნახევარსფერო – ცნს-ის უმაღლესი და ყველაზე განვითარებული განყოფილებაა, მასთან დაკავშირებულია რეცეპტორებიდან შესული ინფორმაციის ანალიზი.

ნათხემი – არეგულირებს მოძრაობით აქტებს, შეთანხმებულ მოძრაობასა და სხეულის წონასწორობას.



ხიდი და მოგრძო ტვინი – ასრულებს გამტარ და რეფლექსურ ფუნქციებს; მოგრძო ტვინში არის კვების, სუნთქვის, გულ-სისხლძარღვთა ცენტრები და იგი არეგულირებს საჭმლის მონელებას, სუნთქვას, გულის მუშაობას, ღეჭვას, ყლაპვას, წოვას, დამცველობით რეფლექსებს – ღებინებას, ცემინებას, ხველას.

სურ. 2.2.14.

ერთმანეთთან ცენტრალური ნერვული სისტემის სხვადასხვა განყოფილებას. რუხი ნივთიერება განთავსებულია თეთრ ნივთიერებაში ნეირონების სხეულებისა და დენდრიტების გროვების – ბირთვების – სახით. გარდა ამისა, რუხი ნივთიერების თხელი შრე – ქერქი – ფარავს ზემოდან ნათხემსა და ჰემისფეროებს. ტვინის ღეროში განთავსებული ბირთვებიდან

გამოდის თავის ტვინის ნერვები, რომლებიც უკავშირდებიან შეგრძნების ორგანოებს, თავის, კისრის კუნთებს, გულმკერდისა და მუცლის ღრუს ორგანოებს. ზურგის ტვინისა და ტვინის ღეროს დონეზე გადის უპირობო რეფლექსების, ხოლო ჰემისფეროების ქერქის დონეზე პირობითი რეფლექსების რეფლექსური რკალები (ცხრ. 2.2.4).

ცხრილი 2.2.4. უპირობო და პირობითი რეფლექსების შედარება	
უპირობო რეფლექსები	პირობითი რეფლექსები
უპირობო რეფლექსები მემკვიდრეობითია – მას შთამომავლობა მშობლებისგან იღებს.	ცხოვრების განმავლობაში შეძენილი, არამემკვიდრეობითი რეაქციებია.
სახეობრივია, ანუ ერთი სახეობის ყველა ინდივიდს ერთნაირი უპირობო რეფლექსები ახასიათებს.	პირობითი რეფლექსები ინდივიდუალურია, რადგან ერთი სახეობის სხვადასხვა ინდივიდს განსხვავებული ცხოვრებისეული გამოცდილება აქვს.
ისინი შედარებით მუდმივია და შენარჩუნებულია მთელი სიცოცხლის განმავლობაში (თუ არ დაზიანდა ნერვული სისტემის რომელიმე განყოფილება).	არამუდმივია, ცვალებადია – შეიძლება წარმოიქმნას ან ჩაქრეს.
უპირობო რეფლექსის განხორციელებისათვის ჰემისფეროების ქერქი აუცილებელი არ არის.	რეფლექსური რკალი აუცილებლად გადის ჰემისფეროების ქერქში.
უპირობო და პირობითი რეფლექსების წყალობით ორგანიზმი ინარჩუნებს შინაგანი გარემოს მუდმივობას.	

თავის ტვინის ჰემისფეროები



პენფილდის აღმოჩენა

გაეცანო ტექსტსა და სურათზე მოცემულ ინფორმაციას და უპასუხე თანდართულ კითხვებს

XX საუკუნის 40-50-იან წლებში კანადელმა ნეიროქირურგმა ვაილდერ პენფილდმა აღმოაჩინა, რომ ჰემისფეროების ქერქის ზედა მხარეს არის ორი ზონა, რომელთაგან ერთ-ერთი ზონა – **სომატოსენსორული ქერქი** – ამუშავებს სხეულის შესახებ სენსორულ ინფორმაციას. აქ შემოდის იმპულსები კანის, ძვლების, სახსრებისა და ზოგიერთი შინაგანი ორგანოს რეცეპტორებიდან; ეს იმპულსები აღიძვრება შეხებით, სხეულის მდებარეობის ცვლილებით და ა.შ. უშუალოდ ამ ზონის წინ არის მამოძრავებელი ქერქი, რომელიც იმპულსებს აგზავნის სხეულის ყველა იმ ნაწილისკენ, რომელიც ნებელობით მოძრაობას ექვემდებარება. ამ ზონების სხვადასხვა უბნის გალიზიანებით, პენფილდი ინვევდა სპეციფიურ შეგრძნებებს ან მოძრაობებს (უკანასკნელ შემთხვევაში ეს გავდა მარიონეტის მოძრაობას ძაფებზე) და საბოლოოდ შეადგინა კონკრეტული რეაქციების შესაბამისი ზონების რუკა (იხ. სურათი). მიღებული რუკა აღმოჩნდა ძალიან უცნაური, რამდენადაც მასზე წარმოდგენილი სხეულის ნაწილების პროპორციები არ არის ისეთი, როგორსაც მხედველობამ მიგვაჩვენებს.



- სომატოსენსორული ჰომუნკულუსი: ეს მოდელი უჩვენებს, თუ როგორ გამოიყურება ადამიანის სხეული, თუ მისი ყოველი ნაწილი პროპორციული იქნებოდა სომატოსენსორული ქერქის შესაბამისი ზონის ფართობის.
- სომატომოტორული ჰომუნკულუსი: ეს მოდელი უჩვენებს, თუ როგორ გამოიყურება ადამიანის სხეული, თუ მისი ნაწილები პროპორციული იქნებოდა შესაბამისი მოტორული ზონის ფართობის.

- A მოდელის მიხედვით ჰემისფეროების ქერქში რომელი ორგანოების სენსორული ზონის ფართობია დიდი?
- B მოდელის მიხედვით ჰემისფეროების ქერქში რომელი ორგანოების მოტორული ზონის ფართობია დიდი?
- რომელი ორგანოების, როგორც სენსორული, ისე მოტორული ზონის, ფართობია დიდი? ახსენი, რატომ?

ტვინის ქალაში ჰემისფეროები ყველაზე დიდ სივრცეს იკავებს. იგი ღრმა ნაპრალით ორ ნაწილადაა გაყოფილი – მარჯვენა და მარცხენა ჰემისფეროებად (სურ.2.2.15). ჰემისფეროების ზედაპირი დაფარულია ქერქით, რომელიც დანაოჭებულია. ნაოჭები ზრდის ქერქის ზედაპირის ფართობს, რაც განაპირობებს დიდი რაოდენობით, დაახლოებით, 10 მილიარდი ნეირონის შემცველობას. მეცნიერებმა გამოკვლევებით აღმოაჩინეს, რომ სხეულის მარცხენა ნახევარი თავის ინფორმაციას აგზავნის მარჯვენა ჰემისფეროში, ხოლო სხეულის მარჯვენა ნახევარი – მარცხენა ჰემისფეროში. შესაბამისად, მარცხენა ჰემისფერო აკონტროლებს სხეულის მარჯვენა ნახევარს, ხოლო მარჯვენა ნახევარსფერო – სხეულის მარცხენა ნახევარს. მარჯვენა ნახევარსფეროში დაზიანება გავლენას ახდენს სხეულის მარცხენა ნახევარზე და პირიქით. სენსორული ქერქის დაზიანება იწვევს არამართო სხეულის შესაბამისი ნაწილის მგრძნობელობის დაკარგვას, არამედ ზოგჯერ იწვევს სხეულის ამ ნაწილის შესახებ „დავინწყებასაც“, რის გამოც ადამიანი ინვალიდად აღიქვამს თავს მიუხედავად იმისა, რომ მოძრაობა სრულადაა შენარჩუნებული. მაგალითად, ერთი ავტოკატასტროფით დაზარალებული ჩიოდა, რომ მას მიაკერეს სხვისი ხელი; ასე ცდილობდა აეხსნა/

სურ. 2.2.15.



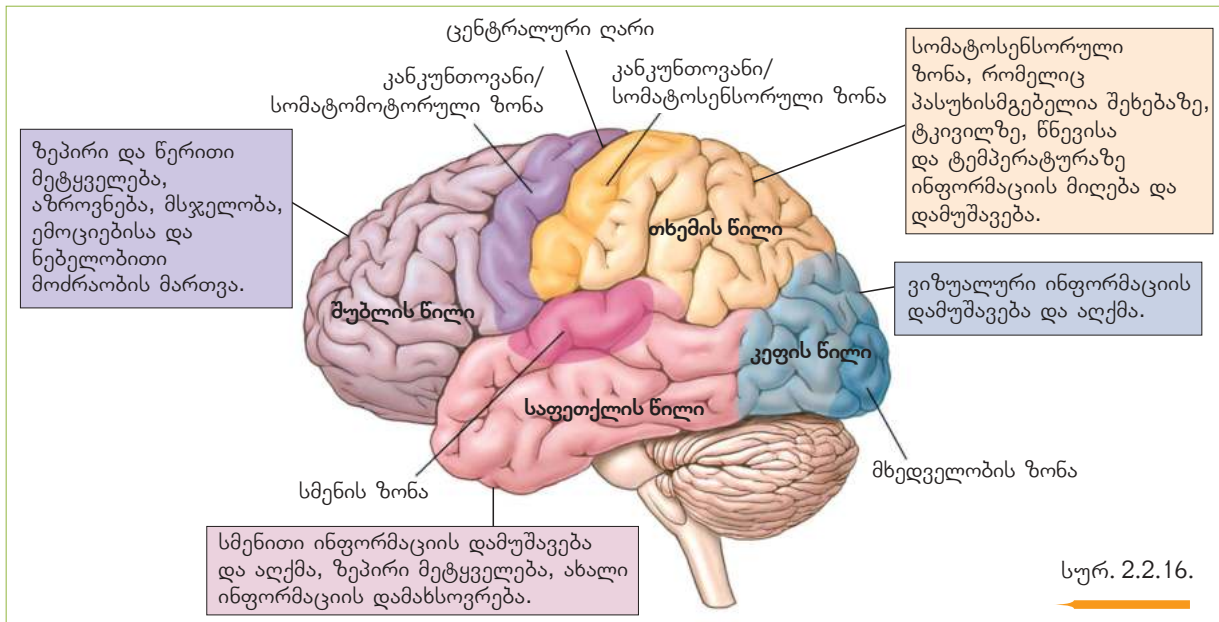
გაეაზრებინა ისეთი კიდურის არსებობა, რომლისგანაც არავითარი სენსორული ინფორმაციები არ მოდიოდა. თუმცა, განსაზღვრულ საზღვრებში, პაციენტმა შეიძლება ისწავლოს უგრძნობი ხელით სარგებლობა, მაგალითად, ჩაცმის დროს, თუ ხელის მოძრაობებს გააკონტროლებს მხედველობით. ასევე, მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ მარჯვენა ნახევარსფეროსთან დაკავშირებული ადამიანის შემოქმედებითი შესაძლებლობები, ხოლო მარცხენა ნახევარსფეროსთან – ანალიტიკური და მათემატიკური უნარები.



1. აღწერე, როგორ მუშაობენ ცნს-ისა და პნს-ის ნეირონები სტიმულებზე საპასუხო რეაგირების მოსახდენად?
2. თავის ტვინის რომელი ნაწილი – წინა ტვინი, ტვინის ღერო თუ ნათხემი განვითარდა ევოლუციის პროცესში პირველად? ახსენი შენი პასუხი.
3. თავის ტვინის რომელი ნაწილის დაზიანება იწვევს ნებისმიერი ხერხემლიანის სიკვდილს? ახსენი, რატომ?
4. მოიყვანე უპირობო და პირობითი რეფლექსების მაგალითები, რომლითაც ახსნი მათ როლს ჰომეოსტაზის რეგულაციაში.
5. რომელი პროფესიის ადამიანები არიან უფრო ხშირად ცაციები? რატომ ფიქრობ ასე?

ყოველ ჰემისფეროში ოთხ წილს არჩევენ: შუბლის, თხემის, საფეთქლისა და კეფის. ჰემისფეროების ქერქის სხვადასხვა უბანი სხვა-

დასხვა ტიპის ინფორმაციას გადაამუშავებს (სურ. 2.2.16).



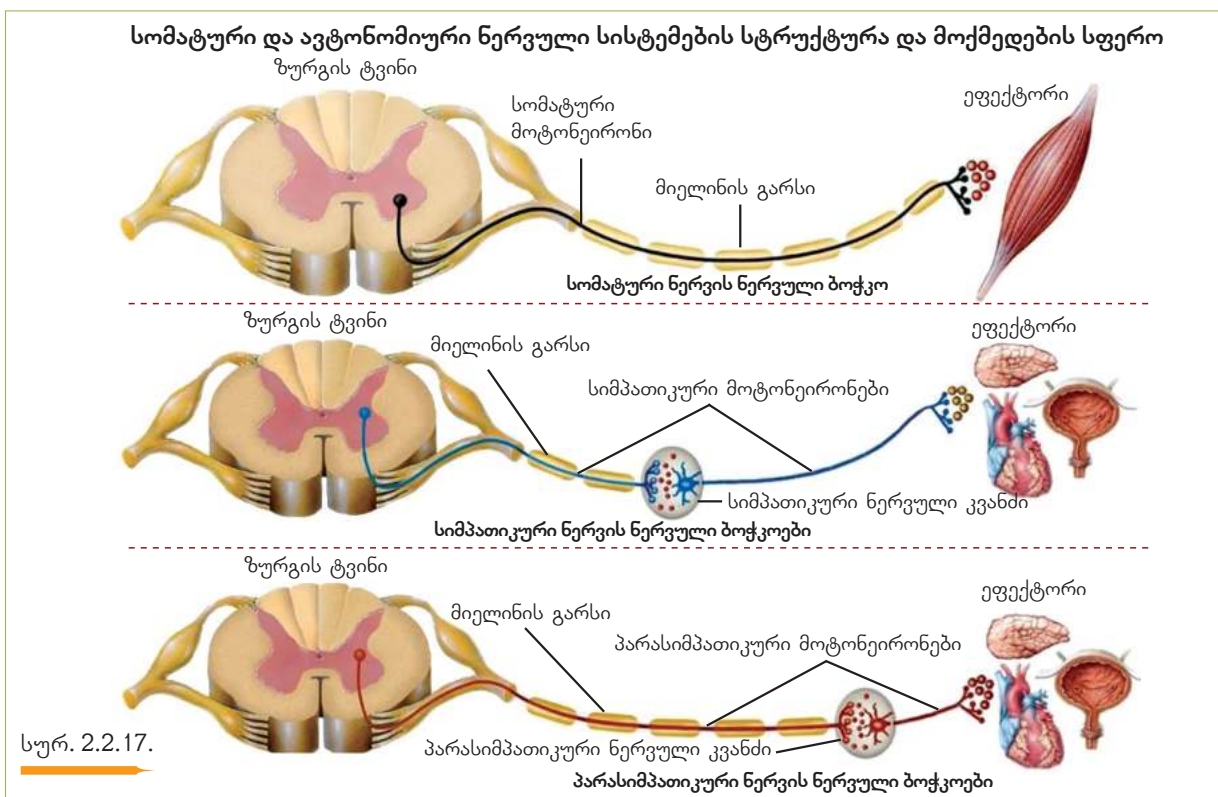
- ჩატარდა კვლევა იმის საჩვენებლად, რომ ზოგიერთი ადამიანის გონებრივი შესაძლებლობა დამოკიდებული იყო ქალას ზომაზე. რამდენად სწორად მიგაჩნია ამ კვლევის მიზანი/იდეა?
- ინსულტმა პაციენტში გამოიწვია მეტყველების უნარის დაკარგვა, მარჯვენა ხელის ხმარებისა და მათემატიკური გამოთვლების გაკეთების გართულება. როგორ ფიქრობ, თავის ტვინის რა ნაწილი აქვს დაზიანებული პაციენტს?
- პაციენტი უჩივის წონასწორობის დარღვევას. როგორ ფიქრობ, ექიმი, პირველ რიგში, თავის ტვინის რომელი განყოფილების კვლევას დაიწყებს პაციენტში გამოვლენილი სიმპტომების მიზეზის დასადგენად?

2.2.2.3. პერიფერიული ნერვული სისტემა

ცნს ამუშავებს შესულ ინფორმაციას, ადარებს სხვა შესულ ინფორმაციასთან და ანალიზებს, ინახავს მას, სხეულის სხვადასხვა ნაწილს გადასცემს ინფორმაციას – მაგალითად, თუ როგორ უნდა უპასუხოს ორგანიზმა გარეგანი ან შინაგანი გარემოს ცვლილებებს ისე, რომ შეინარჩუნოს და/ან აღიდგინოს შინაგანი გარემოს ცვლადები ოპტიმალურ დონეზე. მაგრამ ცნს უშუალო კონტაქტში არ შედის გარემოსთან, სხეულის სხვადასხვა ნაწილთან. ამ სამუშაოს ასრულებს ნერვული სისტემის სხვა მთავარი განყოფილება – პერიფერიული ნერვული სისტემა (პნს). პნს-ში შედის თავის ტვინისა და ზურგის ტვინის ყველა ნერვი და ნერვული კვანძი.

პნს-ს ყოფენ სომატურ და ვეგეტატიურ,

ანუ ავტონომიურ ნერვულ სისტემებად (სურ. 2.2.17). სომატური ნერვული სისტემის ფუნქციაა ჩონჩხის კუნთების მოქმედების რეგულაცია. სომატური ნერვული სისტემის მოქმედება ნებელობითია – ემორჩილება ადამიანის ნება-სურვილს, ანუ ადამიანს შეუძლია თავისი მოძრაობის მართვა. ვეგეტატიური, ანუ ავტონომიური ნერვული სისტემა არეგულირებს შინაგანი ორგანოებისა და ჯირკვლების მოქმედებას. იგი არ ემორჩილება ადამიანის ნებას. მაგალითად, არ შეიძლება შენი ნება-სურვილით გულის მუშაობა გააძლიერო ან შეაწეო, დააჩქარო საჭმლის მონელება, შეამცირო ოფლის გამოყოფა და ა.შ. ნერვული იმპულსი ვეგეტატიურ ნერვულ სისტემაში დაყოვნებით ვრცელდება.



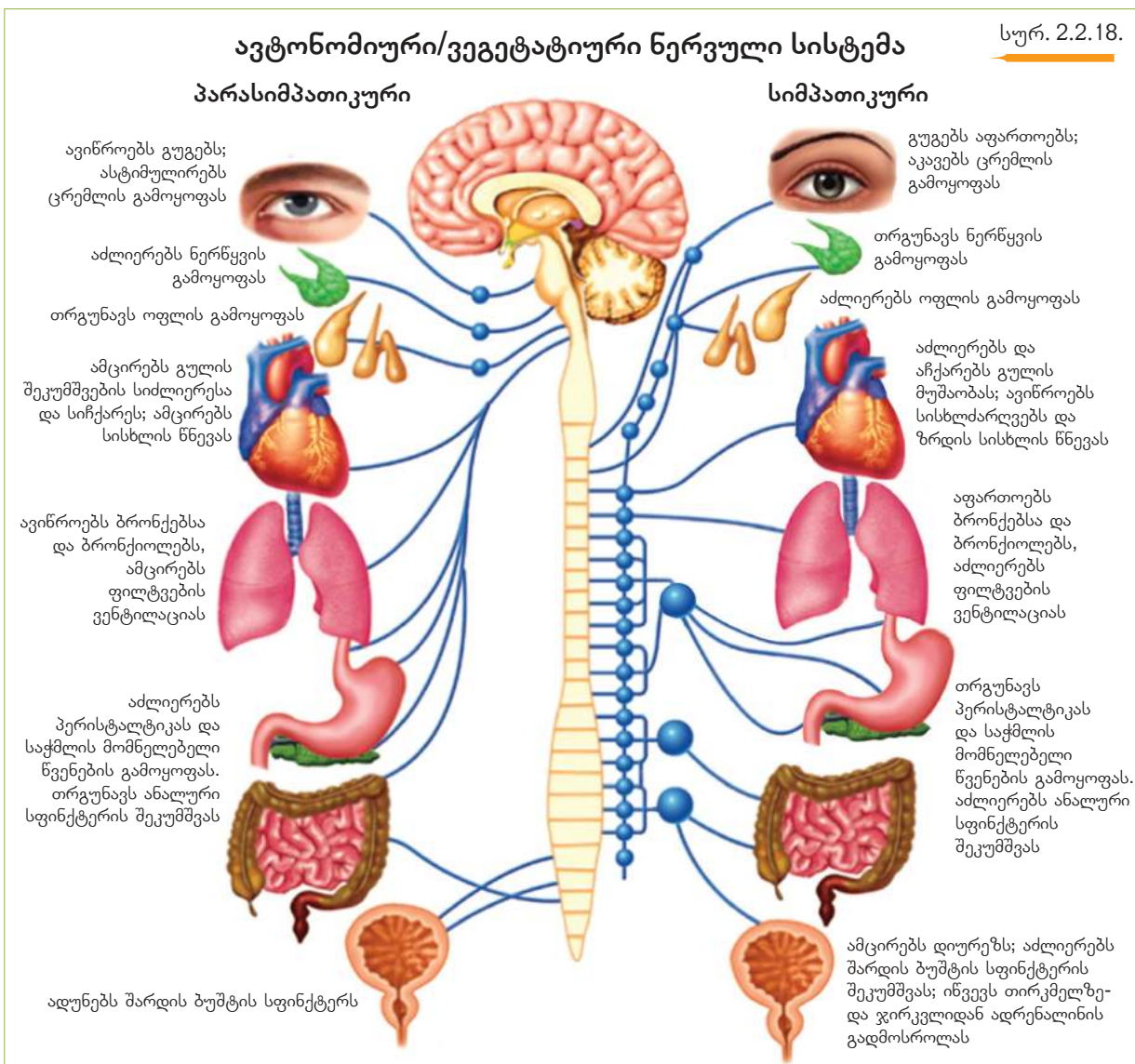
ავტონომიურ ნერვულ სისტემაში განასხვავებენ ორ ნაწილს – **სიმპათიკურსა და პარასიმპათიკურს**. შინაგანი ორგანოების დიდ ნაწილში ორივე ტიპის ნერვები – სიმპათიკური და პარასიმპათიკური – შედის; ხშირ შემთხვევაში ისინი ორგანოზე ურთიერთსაწინააღმდეგოდ მოქმედებენ. სიმპათიკური ნერვული სისტე-

მა ამოქმედდება როგორც ფიზიკური, ისე ემოციური დატვირთვის დროს. მაგალითად, როდესაც ძალიან შფოთავ (ნერვიულობ), შეშინდი ან გაბრაზდი. ამ დროს ორგანიზმს ესაჭიროება მობილიზაცია, რათა ჯეროვანი პასუხი გასცეს ამ ემოციების გამომწვევ მიზეზს. სიმპათიკური და პარასიმპათიკური

ნერვული სისტემების ზოგადი ნიშნებით შედარების მონაცემები მოცემულია ცხრილ 2.2.5-ში, ხოლო სხვადასხვა ორგანოზე პარა-

სიმპათიკური და სიმპათიკური ნერვული სისტემების გავლენის შესახებ ინფორმაცია მოცემულია სურათზე (სურ. 2.2.18).

ცხრილი 2.2.5. სიმპათიკური და პარასიმპათიკური ნერვული სისტემების შედარება		
კრიტერიუმები შედარებისთვის	სიმპათიკური ნერვული სისტემა	პარასიმპათიკური ნერვული სისტემა
ნერვული ბოჭკოების წარმომავლობა	გამოდიან ზურგის ტვინის მკერდისა და წელის განყოფილებიდან.	გამოდიან თავის ტვინიდან და ზურგის ტვინის კaudალური ნაწილიდან.
ნერვული განგლიები/კვანძების მდებარეობა	მდებარეობს ზურგის ტვინის გასწვრივ.	ეფექტორი ორგანოს მახლობლად ან თვით ამ ორგანოში.
ბოჭკოების სიგრძე	მოკლე პრეგანგლიური და გრძელი პოსტგანგლიური ბოჭკოები.	გრძელი პრეგანგლიური და მოკლე პოსტგანგლიური ბოჭკოები.
ზოგადი ეფექტები	ნივთიერებათა ცვლის ინტენსივობას ზრდის.	ნივთიერებათა ცვლის ინტენსივობას ამცირებს ან არ ახდენს გავლენას.
ჯამური ეფექტი	ამაგზნებელი	შემაკავებელი
პირობები, რომელშიც აქტიურდება	საშინაობის, სტრესისა და ფიზიკური აქტიურობის დროს; აკონტროლებს რეაქციებს სტრესზე.	სიმშვიდის დროს; აკონტროლებს ჩვეულებრივ, „ყოველდღიურ“ ფიზიოლოგიურ პროცესებს.





ნეიროდეგენერაციული დაავადებებიდან ფართოდაა გავრცელებული ალცჰაიმერისა და პარკინსონის დაავადებები, რომლებიც თანდათანობით ვითარდება და დროთა განმავლობაში იწვევს თავის ტვინის ფუნქციების პროგრესირებად კარგვას. მაგალითად, პარკინსონის დაავადებას იწვევს ტვინის იმ შრის ნეირონების დაზიანება, რომელიც გამოიმუშავებს ქიმიურ ნივთიერებას – დოფამინს. ეს ნივთიერება ნეირონების ერთმანეთთან ურთიერთობას უზრუნველყოფს. დოფამინის მწარმოებელი ნეირონების დაკარგვა იწვევს ტრემორს, სისუსტეს, წონასწორობის დარღვევას, გაძნელებულ ყლაპვას, მეტყველების პრობლემებს და სხვ.

ძალიან ხშირია ზურგის ტვინის ისეთი ტრავმები, რომელიც იწვევს სხეულის პარალიზებას კისრიდან ქვემოთ ზურგის ტვინის დაზიანებული ადგილის მდებარეობაზე დამოკიდებულებით.

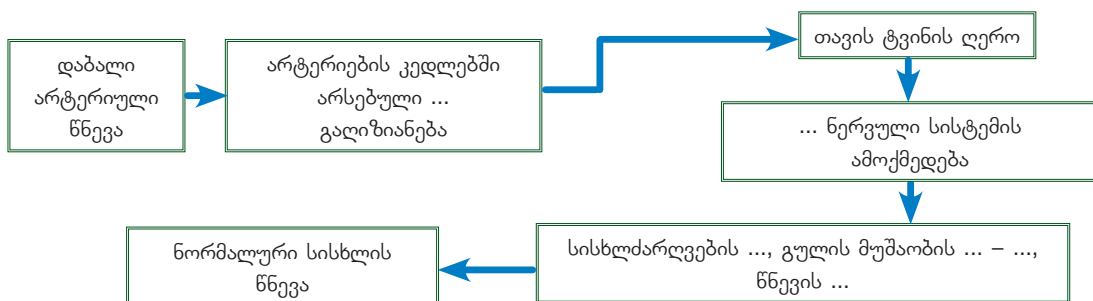
მეცნიერები აქტიურად მუშაობენ იმაზე, რომ ზემოთ აღწერილ ორივე დაავადების სამკურნალოდ გამოიყენონ ცნს-ის დაზიანებულ ადგილებში ემბრიონის ნეირონების ტრანსპლანტაცია (ადამიანის ნაყოფის ქსოვილებს იღებენ შემთხვევით დაღუპული ემბრიონებიდან ან ლეგალურად დაშვებული აბორტის მასალიდან). პრაქტიკამ აჩვენა, რომ ემბრიონის ნეირონების ტრანსპლანტაციის 40%-ზე მეტ შემთხვევაში პარკინსონის სიმპტომებმა იკლო. ემბრიონის ნეირონებს, ზრდასრულის ნეირონებისგან განსხვავებით, აქვთ გამრავლების უნარი და აღადგენენ კავშირს ცნს-ის დაზიანებულ უჯრედებს შორის.



1. პარაგრაფის ტექსტსა და სურათ 2.2.17-ზე მოცემული ინფორმაციის საფუძველზე შეავსე ცხრილი:

სომატური და ვეგეტატიური ნერვული სისტემების შედარებითი დახასიათება		
კრიტერიუმები შედარებისთვის	სომატური ნერვული სისტემა	ვეგეტატიური ნერვული სისტემა
არეგულირებს ჩონჩხის კუნთების მოქმედებას	×	×
არეგულირებს შინაგანი ორგანოების მოქმედებას	×	×
ემორჩილება/არ ემორჩილება ადამიანის ნება-სურვილს	×	×
მამოძრავებელი გზა შედგება ერთი მოტონეირონისგან	×	×
მამოძრავებელი გზა შედგება ორი თანმიმდევრულად განლაგებული მოტონეირონისგან, რომელთაგან მეორე არის ცენტრალური ნერვული სისტემის გარეთ და მისი ნეირონის სხეული წარმოქმნის ნერვულ კვანძს	×	×
აქსონები დაფარულია მიელინის გარსით	×	×
ნერვული იმპულსი სწრაფად ვრცელდება	×	×

2. სქემა გადაიტანე სამუშაო რვეულში – 1) ნერტილების ნაცვლად ჩანერე შესაბამისი სიტყვები, 2) სქემას აკლია ერთი ისარი, რომ იგი ასახავდეს არტერიული წნევის რეგულაციას უარყოფითი უკუკავშირის მექანიზმით, დაამატე ეს ისარი სქემაში საჭირო ადგილას.





3. ხანგრძლივად დაბალი ტენიანობის გარემოში ადამიანებს უვითარდებათ კანის და ლორწოვანი გარსების სიმშრალე. დაბალი ტენიანობის პირობებში ადვილი შესამჩნევია, რომ ადამიანებს ინტენსიურად გამოეყოფათ ცრემლი, რომელიც თვალის დატენიანებას იწვევს, თუმცა თუ ადამიანი ასეთ პირობებში ხანგრძლივად იწვევს თვალის კაკლის სიმშრალეს. შესაბამისად, მცირდება მისი მიკრობული ინფექციებისგან დაცვის საშუალება. 1) მშრალ პირობებში ცრემლის გაძლიერებულ გამოყოფას ვეგეტატიური ნერვული სისტემის რომელი ნაწილის გააქტიურება იწვევს? 2) ცრემლი რატომ იცავს თვალს მიკრობების შეჭრისგან? 3) არის ეს ჰომეოსტაზის რეგულაციის მაგალითი? ახსენი შენი პასუხი.
4. ავტონომიური ნერვული სისტემის სიმპათიკური ნაწილის გააქტიურება გავლენას მოახდენს თუ არა ჩონჩხის კუნთების შეკუმშვაზე? ახსენი შენი პასუხი.
5. გაეცანი რუბრიკაში – „მეცნიერება პრაქტიკაში“ – მოცემულ ინფორმაციას და უპასუხე კითხვებს: 1) რატომაა აუცილებელი ნეირონებს შორის კავშირი? 2) მკურნალობის რა თანამედროვე მეთოდებს იყენებენ ნერვული სისტემის ზოგიერთი დაავადების დროს?
6. ზოგიერთი დაავადების დროს ადამიანში ირღვევა ნერვული იმპულსის გატარება თავის ტვინიდან ზურგის ტვინისკენ. ამ შემთხვევაში – 1) შეინარჩუნებს ადამიანი მუხლის რეფლექსს? 2) შეიგრძნობს თუ არა ფეხზე ნემსის ჩხვლეტას? 3) შესაძლებელია ადამიანმა შეასრულოს ქვემო კიდურებით ნებელობითი მოძრაობები?
7. ზოგიერთი დაავადების დროს ადამიანში ირღვევა ნერვული იმპულსის გატარება ზურგის ტვინიდან თავის ტვინისკენ. ამ შემთხვევაში – 1) შეინარჩუნებს ადამიანი მუხლის რეფლექსს? 2) შეიგრძნობს თუ არა ფეხზე ნემსის ჩხვლეტას? 3) შესაძლებელია ადამიანმა შეასრულოს ქვემო კიდურებით ნებელობითი მოძრაობები?

2.2.3. შეგრძნების ორგანოები



ქირურგიული ჩარევით ცვლიან სენსორული ინფორმაციის გადაცემის მიმართულებას გაეცანი ტექსტში მოცემულ ინფორმაციას და უპასუხე თანდართულ კითხვებს

როგორც უკვე იცის, სენსორული ნეირონები ცენტრალური ნერვული სისტემის შესაბამის განყოფილებას აწვდის ინფორმაციას გარე და შინაგანი გარემოს შესახებ. წარმოიდგინე, რომ ნეირონები, რომლებიც ატარებენ სენსორულ ინფორმაციას ბგერით გამლიზიანებელზე, ქირურგიული ჩარევით ისე შეცვალეს მისი მიმართულება, რომ ინფორმაცია შევიდა კეფის წილის მხედველობის ზონაში. ქვემოთ მოცემულ კითხვებს უპასუხე შენი ამჟამინდელი ცოდნის მიხედვით.

- როგორ ფიქრობ, რა შეგრძნებას გამოიწვევს ორგანიზმში ასეთი ტიპის ქირურგიული ჩარევა?
- ნორმაში ჰემისფეროების რომელი წილი იღებს ბგერით გამლიზიანებელზე ინფორმაციას?
- როგორ ფიქრობ, შენ ხედავ თვალით, გესმის ყურით, სუნს შეიგრძნობ ცხვირით? ახსენი შენი პასუხი.
- რა არის შეგრძნების ორგანოების ფუნქცია?
- რა არის სენსორული ნეირონების ფუნქცია?
- რა არის ჰემისფეროების სენსორული ზონების ფუნქცია?
- რას გამოიწვევს ზემოთ ჩამოთვლილი თითოეული სტრუქტურის დაზიანება?
- როგორ ფიქრობ, შეგრძნების ორგანოები მონაწილეობენ ჰომეოსტაზის შენარჩუნებაში? ახსენი შენი პასუხი.

სხეულში მილიონობით უჯრედია, რომლებიც პირველნი რეაგირებენ გამლიზიანებელზე. ესენი არიან განსაკუთრებული და სპეციფიკური უჯრედები, ე.წ. რეცეპტორები, რომლებიც პირდაპირ რეაგირებენ გარემოს გამლიზიანებელზე/სტიმულზე. სტიმულის მაგალითებია: განათება, ბგერა, ქიმიური ნივთიერება, წნევა ან ტემპერატურის ცვლილება. როგორც კი რეცეპტორები გალიზიანდება გამლიზიანებლის ზემოქმედებით, ისინი საპასუხოდ წარმოქმნიან ნერვულ იმპულსებს და გადასცემენ სენსორული ნეირონების აქსონებს და, საბოლოო ჯამში, ეს იმპულსები აღწევენ ცენტრალურ ნერვულ სისტემამდე.

რეცეპტორების დიდი ნაწილი თავმოყრილია შეგრძნების ორგანოებში. ხუთი შეგრძნებიდან (მხედველობა, სმენა, შეხება, ყნოსვა და გემოვნება) თითოეული დაკავშირებულია განსაზღვრულ შეგრძნების ორგანოსთან. ყოველი შეგრძნების ორგანოს რეცეპტორები რეაგირებენ განსაზღვრულ გამლიზიანებელზე. მაგალითად, ფოტორეცეპტორების სპეციფიკური ბუნებრივი გამლიზიანებელია სინათლე, მექანორეცეპტორებისთვის – მოძრაობა და შეხება, თერმორეცეპტორებისთვის ტემპერატურის ცვლილება, ქემორეცეპტორები წყალ-

ში ხსნად ან აქროლად ქიმიურ ნივთიერებებზე რეაგირებენ. თითოეული სახის რეცეპტორი რეაგირებს არასპეციფიკურ გამლიზიანებელზეც, თუმცა ამ შემთხვევაში საჭიროა ამ გამლიზიანებლის უფრო დიდი ინტენსივობა.

არასწორი იქნება, თუ ვიფიქრებთ, რომ გვესმის ყურით, ვხედავთ თვალით, სუნს შევიგრძნობ ცხვირით და ა.შ. შეგრძნების ორგანოებში არსებული შესაბამისი რეცეპტორები მხოლოდ აგროვებენ ინფორმაციას, გარდაქმნიან ნერვულ იმპულსებად და აგზავნიან მას სენსორული ნეირონებით ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში. ჰემისფეროების ქერქის შესაბამისი უბანი ანალიზებს ამ ინფორმაციას; შეგრძნების ორგანოებისა და თავის ტვინის ერთობლივი მუშაობით ვარჩევთ სხვადასხვა ბგერას, სხეულის ფორმას, სუნს, გემოს და სხვ. ამრიგად, 1) რეცეპტორები, 2) გამტარი გზები, რომლებითაც ნერვული იმპულსები გადაეცემა ცნს-ს და 3) ჰემისფეროების ქერქის შესაბამისი უბნები ქმნიან ერთიან სისტემას – **ანალიზატორს**, რომელიც უზრუნველყოფს გარემოდან მიღებული გამლიზიანებლის გარჩევასა და შეგრძნების წარმოქმნას. სენსორული ინფორმაციის აღქმა დამოკიდებულია იმაზე, თავის ტვინის რომელი უბანი

მიიღებს იმპულსს. მაგალითად, თუ მხედველობითი სენსორული ნეირონით ინფორმაცია გადაეცემა საფეთქლის წილის სმენით ზონას, შეიძლება ადამიანმა ეს ინფორმაცია რაიმე ტიპის ბგერად აღიქვას.

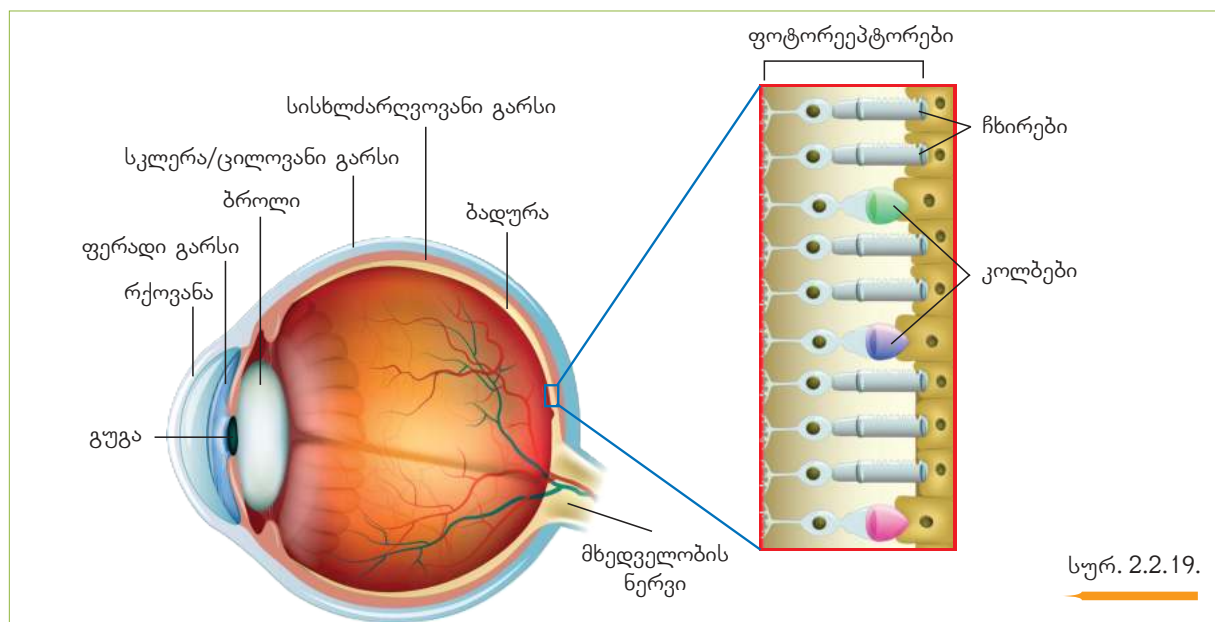
შეგრძნების ორგანოები ორგანიზმს ეხმარება გარე სამყაროს შესახებ ინფორმაციის შეკრებასა და გარემოში ორიენტაციაში. გარდა ამისა, შეგრძნების ორგანოდან მიღებულმა ინფორმაციამ შეიძლება გამოიწვიოს ისეთი საპასუხო რეაქცია, რომელიც ხელს უწყობს ჰომეოსტაზის შენარჩუნებას. მაგალითად, თუ გარემოში ტემპერატურა შემცირდა, კანის თერმორეცეპტორებში წარმოქმნილი ნერვული იმპულსი სენსორული ნეირონებით გადაეცემა ცნს-ს და საპასუხოდ იწყება კანკალი – ჩონჩხის კუნთების უნებური შეკუმშვები, უჯრედებში ძლიერდება ენერგეტიკული ცვლა, რის შედეგადაც გამოყოფილი სითბო ორგანიზმს ეხმარება შინაგანი ტემპერატურის შენარჩუნებაში; საკვების არასასიამოვნო გემოს და/ან სუნის შეგრძნებისას ადამიანი არ მიიღებს მას და ორგანიზმი დაცულია კვებითი მოწამელისგან.

როგორც ნერვულმა სისტემამ, ისე შეგრძნების ორგანოებმაც ევოლუციის პროცესში განიცადა ცვლილებები. ბრტყელი ჭიებიდან დაწყებული, სხეულის ორმხრივი სიმეტრიის განვითარებამ ხელი შეუწყო ორგანიზმის წინა მხარეს შეგრძნების ორგანოებისა და ნერვული უჯრედების თავმოყრას. ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ ორგანიზმის გარემოში გადაადგილების დროს პირველად სწორედ სხეულის წინა ნაწილით შედის კონტაქტში გარემოს ფაქტორებთან. შეგრძნების ორგანოები ყველაზე უფრო სრულყოფილი გახდა ძუძუმწოვრებში, ამიტომ შეგრძნების ორგანოების აგებულება და ფუნქციები ჯერ განვიხილოთ ადამიანის მაგალითზე.

მხედველობის ორგანო

ადამიანისთვის შეგრძნების ორგანოებს შორის უმნიშვნელოვანესია მხედველობა, რადგან თვალში არის მთელ სხეულში არსებული რეცეპტორების, დაახლოებით, 70%. ფოტორეცეპტორების დიდი წილი განთავსებულია თვალის შიდა უკანა კედელზე, რომელსაც ბადურა (სურ. 2.2.19) ეწოდება. სპეციალიზირებული

უჯრედები, ე.წ. ჩხირები და კოლბები, ფოტორეცეპტორებს წარმოადგენენ. კოლბებთან დაკავშირებულია ფერადი მხედველობა, ხოლო ჩხირებთან – შავ-თეთრი. ადამიანი მხოლოდ მაშინ ხედავს ობიექტს, როდესაც მისგან არეკლილი სინათლის სხივი მოხვდება თვალში ფოტორეცეპტორებზე. ჩხირები



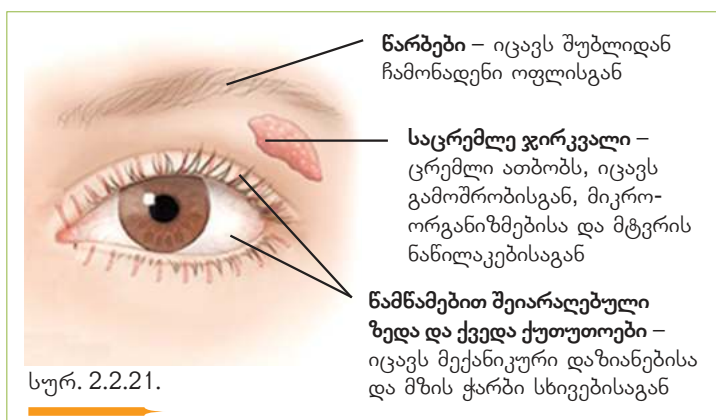
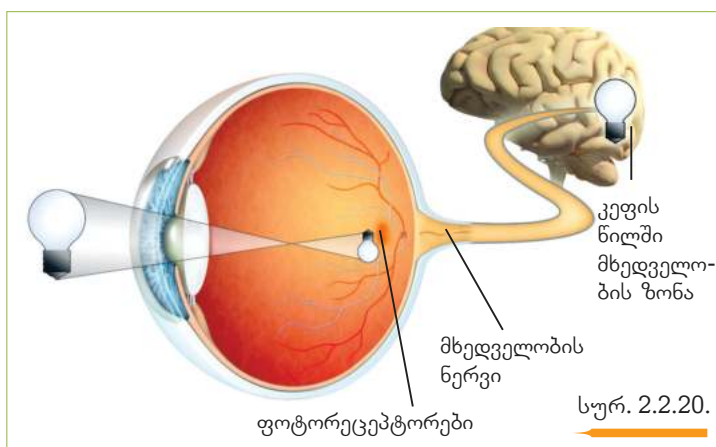
ლიზიანდება სინათლის მცირე ინტენსივობით, ხოლო კოლბების ფუნქციონირებისთვის საჭიროა კაშკაშა სინათლის სხივები. ამიტომაც, რომ სიბნელეში ძნელია ფერების გარჩევა.

რამდენადაც მხედველობა დამოკიდებულია განათების ინტენსივობაზე, თვალს შეუძლია აკონტროლოს სინათლის საჭირო ინტენსივობის გატარება გუგის შევიწროება/გაფართოების საშუალებით. რაც ფართო იქნება გუგა, მით უფრო სინათლის მეტ სხივებს ატარებს.

სანამ მხედველობის რეცეპტორებამდე მიაღწევს საგნიდან არეკლილი სინათლის სხივი, იქამდე მან უნდა გაიაროს თვალის წინა სტრუქტურები. სინათლის სხივი პირველად ხვდება გამჭვირვალე გარსზე – რქოვანაზე – და გაივლის გუგის ხერხელს, შემდეგ ორმხრივ ამოზნექილ ლინზას – ბროლს, რომელიც ახდენს სინათლის სხივის ფოკუსირებას ბადურაზე. სინათლის სხივები აღიზიანებენ ფოტორეცეპტორებს და რეცეპტორებში საპასუხოდ წარმოიქმნება ნერვული იმპულსები, იმპულსები აქსონების კონების – მხედველობის ნერვით – გადაეცემა თავის ტვინს, კერძოდ, ჰემისფეროების კეფის წილს, სადაც ხდება საგნების ფორმის, შეფერილობის, სიდიდის და სხვა მაჩვენებლების გარჩევა და აღქმა (სურ. 2.2.20).

თვალი მოთავსებულია ქალას თვალბუდეში და გარს აკრავს სხვადასხვა დამცველობითი ორგანო (სურ. 2.2.21). თვალის კაკალი ოვალური ფორმისაა, რომლის ნაწილს ფარავს თვალბუდე, ნაწილს კი – ქუთუთოები. მასზე მიმაგრებული კუნთები თვალს ამოძრავებს თვალბუდეში.

მხედველობის ორგანოს ევოლუცია. პირველად თავისუფლად მცხოვრებ ბრტყელ ჭიებში (მაგ., რძისფერ პლანარიაში) ჩნდება სხეულის წინა ნაწილში ორი თვალი, რომლითაც მხოლოდ სინათლეს შეიგრძნობს ცხოველი. საგნებს სუსტად არჩევს მუცელფეხიანი მოლუსკი გრძელი საცეცების ბოლოში



მოთავსებული თვალებით. ფეხსახსრიანებისთვის დამახასიათებელია მარტივი ან რთული თვალები. მაგალითად, ობობას აქვს 8 მარტივი თვალი, რომელიც შედგება მცირე რაოდენობის ფოტორეცეპტორებით დაფარული ერთი ლინზისგან; მარტივი თვალით ცხოველი არჩევს განათების ინტენსივობას, მაგრამ ვერ არჩევს საგნებს. მწერებს აქვთ რთული თვალი, რომელიც ათასობით თვალაკისგან შედგება; თითოეული თვალაკით ცხოველი საგნის მხოლოდ ნაწილს ხედავს და ასეთ მხედველობას მოზაიკური ეწოდება. მხედველობის ორგანო სრულყოფილ განვითარებას აღწევს ხერხემლიანებში. სხვადასხვა ხერხემლიანში, საარსებო გარემოსთან დაკავშირებით, ცვლილება განიცადა თვალის დამცველმა ორგანოებმაც. მაგალითად, ხმელეთზე ცხოვრებასთან დაკავშირებით, ამფიბიებიდან დანეყებული განუვითარდათ ქუთუთოები, ხოლო ძუძუმწოვრებში ქუთუთოები წამწამებითაა შეიარაღებული.

სმენა. სმენითი შეგრძნება – ადამიანის სიცოცხლისთვის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი შეგრძნებაა. საზოგადოებაში ადამიანთა ურთიერთობის ძირითადი საშუალებაა სმენა და მეტყველება ერთად. სმენისა და მხედველობის საშუალებით სამყაროს აღქმა უფრო

სურ. 2.2.22.

ყურის ნაწილი	სტრუქტურა	ფუნქცია
გარეთა ყური	ყურის ნიჟარა	კრებს ჰაერის ბგერით რხევებს და მიმართავს გარეთა სასმენი მილისკენ.
	გარეთა სასმენი მილი	რხევებს გადასცემს დაფის აპკს.
დაფის აპკი – გარეთა ყურს გამოყოფს შუა ყურისგან.		დაფის აპკი მოდის რხევით მოძრაობაში და გადასცემს სასმენ ძვლებს.
შუა ყური	სასმენი ძვლები	აძლიერებენ ბგერით რხევებს და გადასცემენ ოვალურ სარკმელს.
	ეესტაქის მილი	შუა ყურს აკავშირებს ცხვირ-ხახასთან და მნიშვნელოვან როლს ასრულებს დაფის აპკის ორივე მხარეს ჰაერის წნევის გათანაბრებაში.
ოვალური სარკმელი – შუა ყურს გამოყოფს შიგნითა ყურისგან.		რხევებს გადასცემს შიგნითა ყურს.
შიგნითა ყური	ლოკოკინა	შეიცავს მექანორეცეპტორებს -სმენის რეცეპტორებს, რომლებიც რხევით ტალღებს გარდაქმნიან ნერვულ იმპულსად და გადასცემენ სმენის ნერვს.
	მრგვალი და ოვალური პარკები, სამი ნახევარკალოვანი არხი	ეს სტრუქტურები შეიცავენ წონასწორობის რეცეპტორებს, რომლებიც თავისა და მთლიანად სხეულის მდებარეობის შეცვლისას სითხის რხევის გავლით აიგზნებიან.

შიგნითა ყურში არის აგრეთვე **წონასწორობის/კარიბჭის ანუ ვესტიბულარული აპარატი**, რომელიც წარმოდგენილია სითხით სავსე სამი ურთიერთპერპენდიკულარულად განლაგებული ნახევარკალოვანი არხის, მრგვალი და ოვალური პარკების სახით. აქ წარმოქმნილი იმპულსები ვესტიბულარული ნერვით გადაეცემა ნათხემს, რომელიც სხეულის წონასწორობასა და მოძრაობის კოორდი-

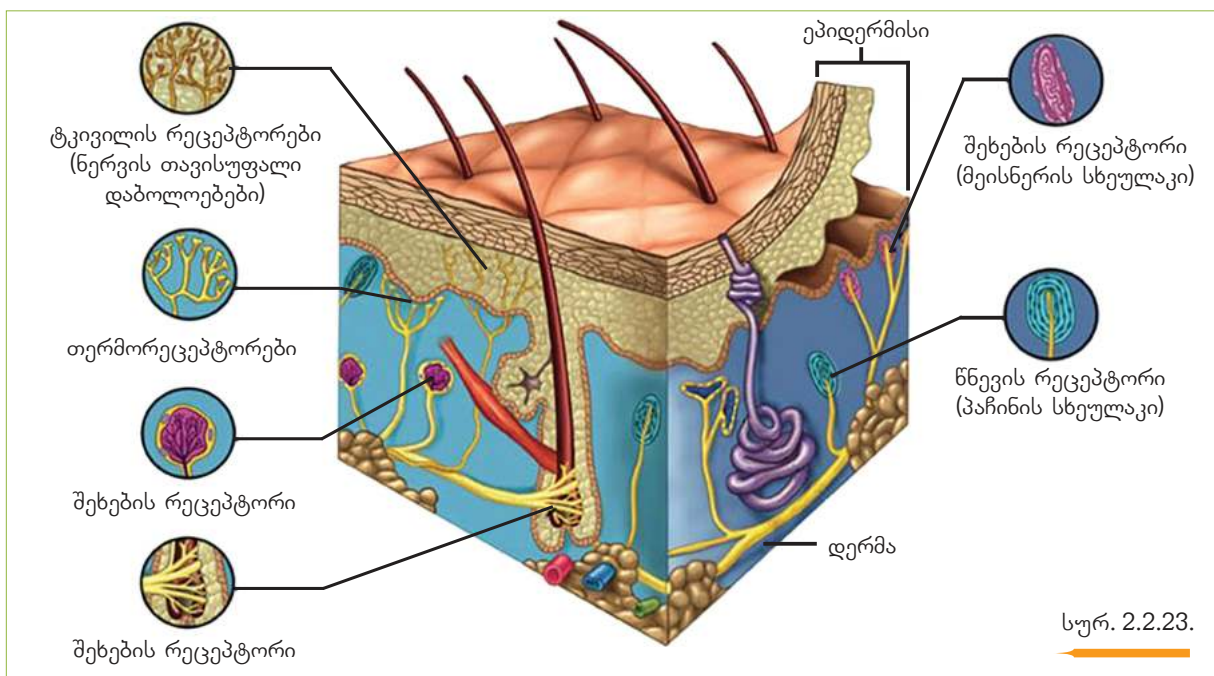
კანი, როგორც შეგრძნების ორგანო

კანი, სხვა ფუნქციებთან ერთად, მნიშვნელოვან როლს ასრულებს, როგორც შეგრძნების ორგანო. კანში არის თერმორეცეპტორები და სხვადასხვა ტიპის მექანორეცეპტორები (სურ. 2.2.23). მექანორეცეპტორები რეაგირებენ შეხებაზე, წნევასა და თმის ღერის მოძრაობაზე. თერმორეცეპტორებიდან ზო-

ნაციას აკონტროლებს.

სმენის ორგანოს ევოლუცია. თევზებში სმენის ორგანო მხოლოდ შიგნითა ყურისგან შედგება, ხოლო ამფიბიებში პირველად ჩნდება შუა ყური, რომელიც გარემოსგან დაფის აპკითაა გამოყოფილი; მაგრამ ძუძუმწოვრებისგან განსხვავებით, მათ შუა ყურში მხოლოდ ერთი სასმენი ძვალია.

გიერთი სიცივეზე და ზოგიერთი სითბოზე რეაგირებს. კანში ბევრია ტკივილის რეცეპტორები. ადამიანის სხეულში სამ მილიონზე მეტი ტკივილის რეცეპტორია. ისინი კანის გარდა გვხვდება კუნთებში, სისხლძარღვებსა და ზოგიერთ ორგანოში.



სურ. 2.2.23.



1. რატომ არ შეგვიძლია საგნების დანახვა აბსოლუტურ სიბნელეში?
2. რა როლს ასრულებს შეგრძნების ორგანოები ადამიანის საქმიანობაში? მოიყვანე კონკრეტული მაგალითები.
3. რა მნიშვნელობა აქვს ქუთუთოების განვითარებას ხმელეთის ხერხემლიანებში?
4. რატომ განვითარდა პირველად ამფიბიებში შუა ყური?
5. რა განსხვავებაა ამფიბიებისა და ძუძუმწოვრების შუა ყურის აგებულებაში?
6. როგორ იმოქმედებს შეგრძნების ორგანოების დაზიანება ჰომეოსტაზზე? მოიყვანე კონკრეტული მაგალითები.
7. რა მნიშვნელობა აქვს ორგანიზმში ტკივილის რეცეპტორების არსებობას?

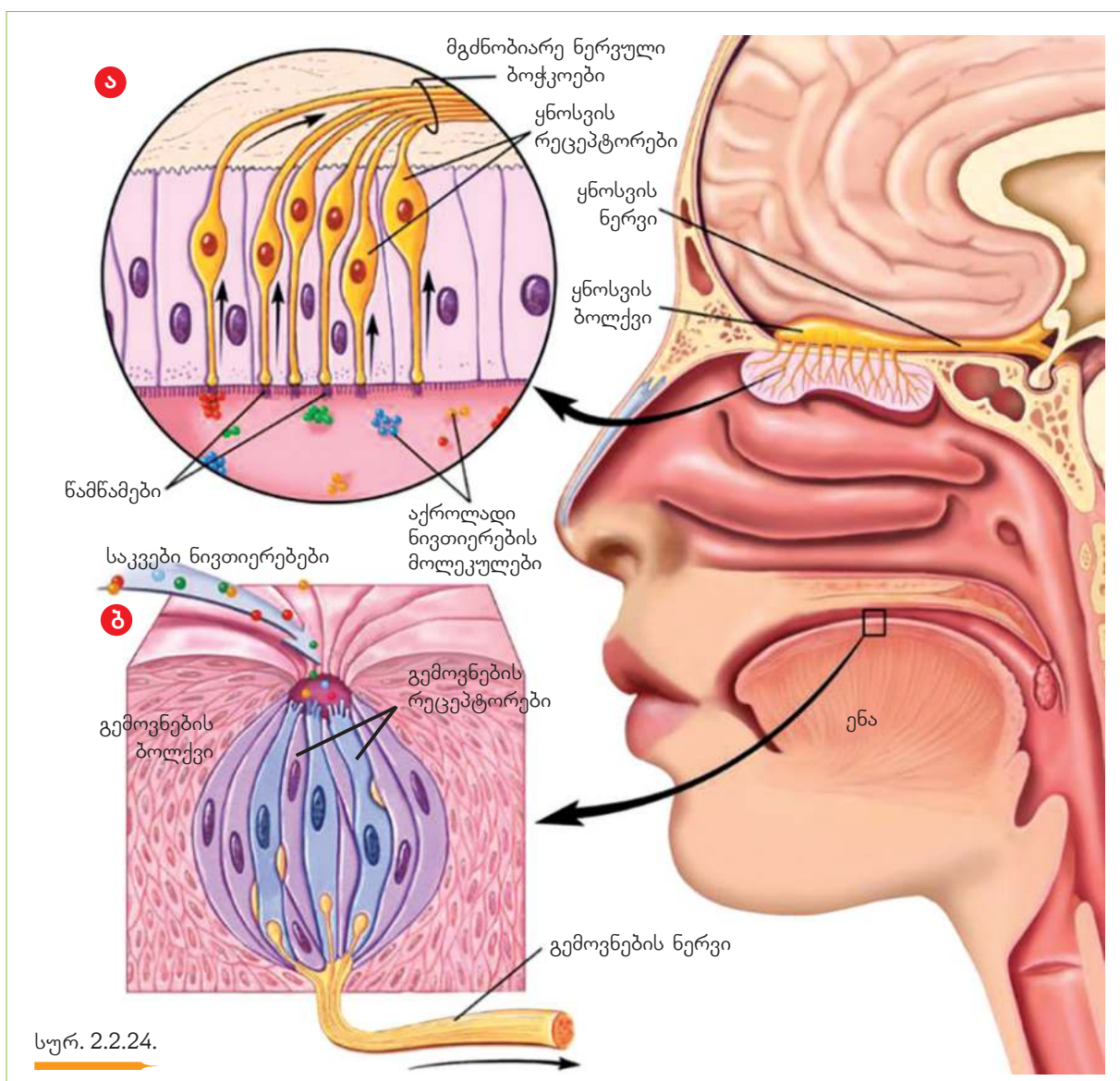
ყნოსვისა და გემოვნების ორგანოები

ცხვირის ღრუს ლორწოვან გარსში განლაგებულია უამრავი ყნოსვის რეცეპტორი (სურ. 2.2.24.ა). მათ აქვთ წამწამები, რომლებითაც ამოფენილია ცხვირის ღრუ. ყნოსვის რეცეპტორების ბუნებრივი გამლიზიანებულია სუნის მქონე აირადი ნივთიერებები. რეცეპტორებიდან ნერვული იმპულსები ყნოსვის ნერვის საშუალებით ცენტრალურ ნერვულ სისტემას გადაეცემა, სადაც ხდება ამ ინფორმაციის ანალიზი და შესაბამისი შეგრძნების ჩამოყალიბება.

გემოვნების რეცეპტორების გროვა მდებარეობს ენასა და პირის ღრუს ლორწოვან

გარსში ე.წ. გემოვნების ბოლქვებში (სურ. 2.2.24.ბ). გემოვნების რეცეპტორები ღიზიანდება ნყლაში ხსნადი ნივთიერებებით. როგორც გემოვნების, ისე ყნოსვის რეცეპტორები ქემორეცეპტორების სახეობებია. არსებობს ოთხი ძირითადი გემო: ტკბილი, მწარე, მჟავე და მარილიანი. საკვების გემრიელი გემოს შეგრძნება აძლიერებს საჭმლის მომნელებელი წვენების გამოყოფას.

პირის ღრუში, გემოვნების რეცეპტორების გარდა, არის შეხებისა და წნევის რეცეპტორები, ასევე, თერმორეცეპტორები. ამ რეცეპტორების გაღიზიანება აძლიერებს გემოს შეგ-



რძნებას. ჩატარებული კვლევები ადასტურებს, რომ გემოს სრულყოფილი შეგრძნების ჩამოყალიბებაში მონაწილეობს პირის ღრუს ყველა რეცეპტორი და ყნოსვის რეცეპტორები. მაგალითად, სურდოს დროს, როდესაც ცხვირის ღრუ დახშულია, საკვები უგემური გვეჩვენება.

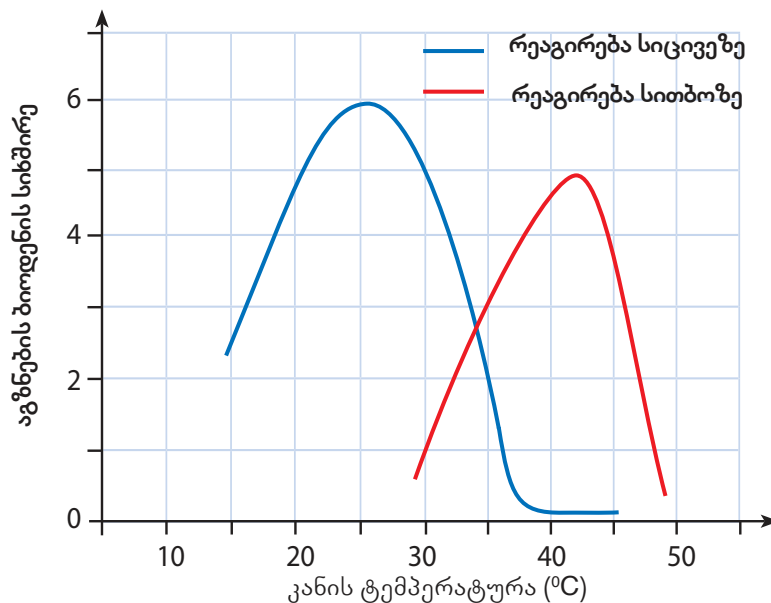
შეხებისა და ყნოსვის ორგანოების ევოლუცია. პლანარიის სხეულის წინა ნაწილში განსაკუთრებულად განვითარებულია ნერვების ქსელი, რომელიც შეხების ფუნქციას ასრულებს. ჭიაყელას არ აქვს სპეციალური შეგრძნების ორგანოები, მაგრამ კანის საშუალებით რეაგირებენ შეხებაზე, განათების

ინტენსივობასა და გარემოს ტენიანობაზე. ვაზის ლოკოკინაში მოკლე საცეცები, ხოლო მწრებში ულვაშები ასრულებენ ყნოსვისა და შეხების ორგანოს როლს. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ყნოსვას მწერებისთვის. მაგალითად, ყნოსვის საშუალებით ისინი აგნებენ ყვავილებს, მამრები მდედრებს ფერომონების საშუალებით. ერთ-ერთ ექსპერიმენტში აბრეშუმხვევიას ერთადერთი მდედრი პეპელა მოათავსეს აბრეშუმის თხელი ქსოვილისგან დამზადებულ გალიაში. მან ფერომონების საშუალებით მოიზიდა 4 კმ-ით დაშორებული მამრების დიდი ზომის პოპულაციის 40%.



კვლევის მონაცემების ანალიზი

ექსპერიმენტის პროცესში კანზე ზემოქმედებდნენ განსხვავებული ტემპერატურით, პარალელურად, თერმორეცეპტორებიდან აღრიცხავდნენ რეცეპტორებში წარმოქმნილი აგზნების ბიოდენის სიხშირეს. ექსპერიმენტების მონაცემები გამოხატეს გრაფიკზე. გრაფიკზე მოცემული მონაცემების გაანალიზების საფუძველზე უპასუხე კითხვებს:



- რომელ ტემპერატურაზეა სიცივის თერმორეცეპტორები ყველაზე ხშირად აქტიური?
- რომელ ტემპერატურაზეა სითბოს თერმორეცეპტორები ყველაზე ხშირად აქტიური?
- ორგანიზმი უფრო მგრძნობიარე თბილი თუ ცივი სტიმულის მიმართაა და რატომ? დაასაბუთე შენი დასკვნა ექსპერიმენტის შედეგების საფუძველზე.



ექსპერიმენტის ჩატარება და კვლევის ანგარიშის მომზადება

თხემის წილის სომატოსენსორული ქერქი იღებს ინფორმაციას შეხების შეგრძნების შესახებ შენი სხეულის სხვადასხვა ნაწილიდან. სხეულის თითოეული ნაწილი აგზავნის ინფორმაციას სომატოსენსორული ქერქის სხვადასხვა ადგილას. ამ ექსპერიმენტით განსაზღვრავ სხეულის სხვადასხვა ნაწილებს შორის ურთიერთობას და იმ სივრცის ფართობს, რომელსაც ტვინი უთმობს სხეულის ამ ნაწილებიდან შეხების ინფორმაციის მიღებას.

საკვლევი კითხვა: თითო თუ წინა მხარს აქვს უფრო მეტი ფართობი თხემის წილის სომატოსენსორულ ქერქში?

მასალა: 3 კბილის სანმენდი ჩხირი, რბილი ქსოვილის ნაჭერი/მარფი თვალების ასახვევად.

კვლევის მონაცემების ცხრილი		
შემონმებული სხეულის ტერიტორია	გამოყენებული კბილის სანმენდი ჩხირების რაოდენობა	რამდენი ჩხველეთა იგრძნო
საჩვენებელი თითი	1	×
	2	×
	3	×
მხარი	1	×
	2	×
	3	×

პროცედურა

1. გამოთქევი ჰიპოთეზა, რომელი ადგილი იქნება უფრო მგრძნობიარე – თითის კანი თუ მხრის?
2. შენს პარტნიორს თვალები აუხვие. ნაზად შეეხე შენი პარტნიორის საჩვენებელი თითის წვერს ჯერ ერთი, შემდეგ ორი და სამი კბილის საჩიჩქნის წვერით ერთდროულად.
3. ჰკითხე შენს პარტნიორს რამდენ ჩხველეთას გრძნობს თითოეულ შემთხვევაში. ჩაწერე რიცხვი, რომელსაც შენი პარტნიორი ამბობს, შენ მიერ გამოყენებული კბილის საჩიჩქნის ჩხირების გვერდით. გაიმეორე კიდეც სამჯერ, შეცვალე გამოყენებული კბილის ჩხირების რაოდენობა.
4. გაიმეორე ნაბიჯი 2 და 3 შენი პარტნიორის წინა მხარზე.

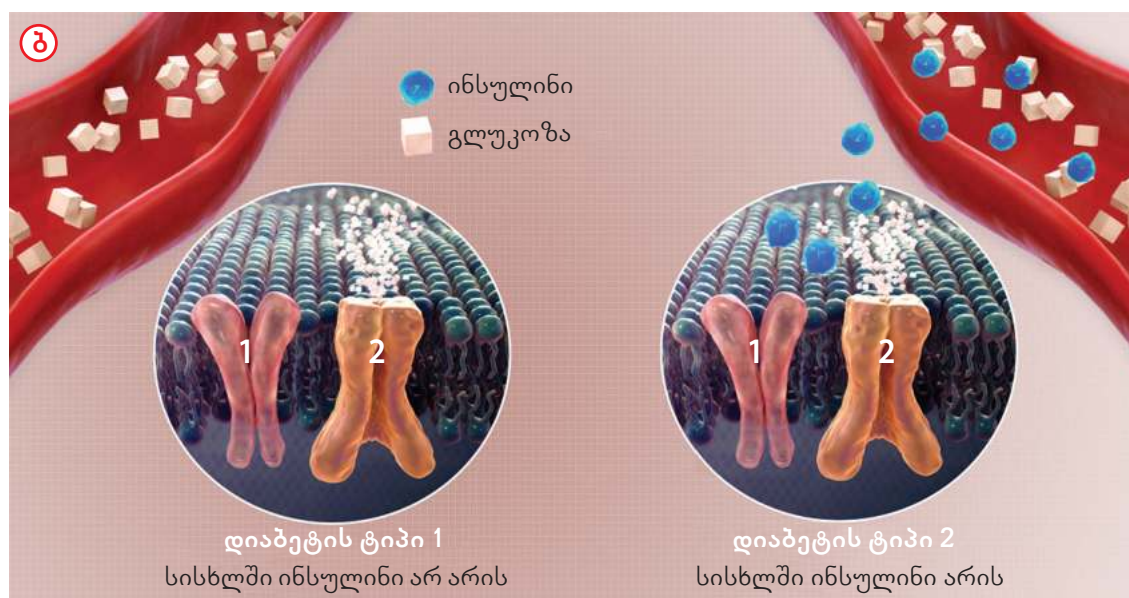
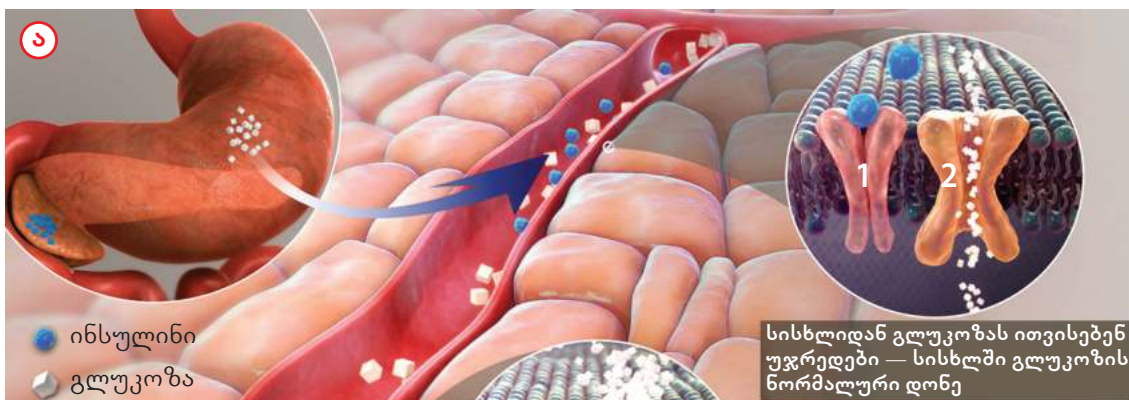
ანალიზი და დასკვნა

1. **ანალიზი** – შენმა პარტნიორმა უფრო მეტი სენსორული ინფორმაცია თითის გალიზიანებისას მიიღო თუ წინა მხრის? ექსპერიმენტის შედეგებმა გაამართლა შენი ჰიპოთეზა? ახსენი, რატომ ან რატომ არა?
2. **დასკვნა** – რომელ უბანს აქვს მეტი სივრცე თხემის წილის სომატოსენსორულ ქერქში? მოამზადე კვლევის ანგარიში ჩატარებულ ექსპერიმენტზე და წარადგინე კლასის წინაშე.

კვლევის ანგარიშის პრეზენტაციისას ხაზგასმით წარმოაჩინე:

- რა განსხვავებაა ცხოველთა სხვადასხვა სისტემატიკური ჯგუფის წარმომადგენლის ნერვული სისტემის აგებულებასა და ფუნქციებს შორის?
- რა როლს ასრულებს ნერვული სისტემა და შეგრძნების ორგანოები ჰომეოსტაზის რეგულაციაში?
- რატომ იწვევს პერიფერიული ნერვული სისტემის დაზიანება დაავადებას?
- რატომ იწვევს ცენტრალური ნერვული სისტემის დაზიანება დაავადებას?
- რა მნიშვნელობა აქვს კანს, როგორც შეგრძნების ორგანოს?
- რა ტიპის რეცეპტორებია კანში?
- რა მნიშვნელობა აქვს კანის თერმორეცეპტორებს ორგანიზმის თბორეგულაციაში?

2.2.4. ენდოკრინული სისტემა



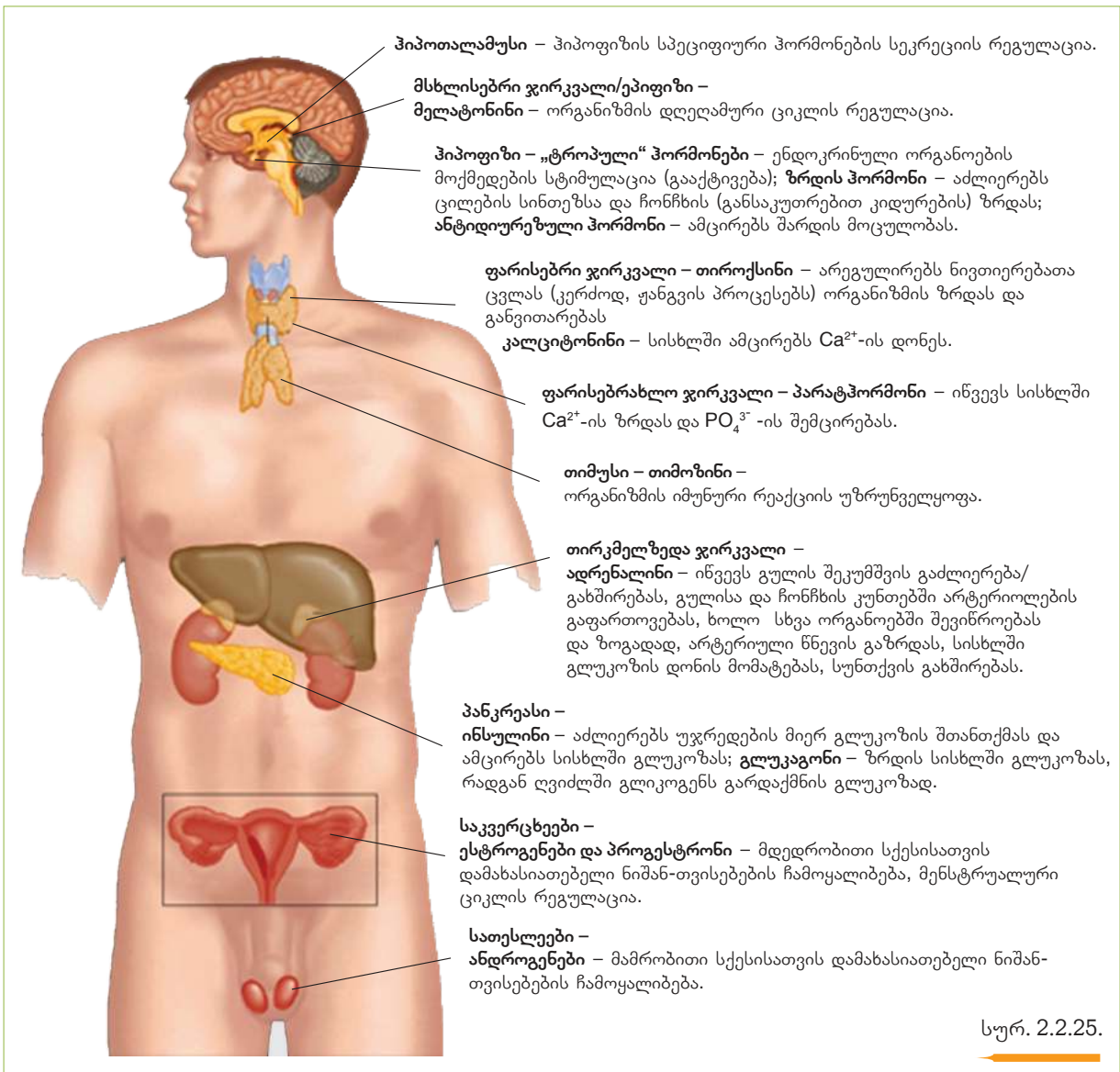
გაეცანი სურათზე მოცემულ ინფორმაციას და უპასუხე კითხვებს

- უჯრედული მემბრანის რა სტრუქტურებია აღნიშნული ციფრებით 1 და 2? სურათის მიხედვით აღწერე თითოეული სტრუქტურის ფუნქცია.
- ა-სურათის მიხედვით აღწერე, ინსულინი როგორ მონაწილეობს სისხლში გლუკოზის ნორმალური დონის რეგულაციაში.
- რა განსხვავებაა დიაბეტის ტიპ 1-ისა და 2-ის გამომწვევ მიზეზებს შორის?
- რა სიმპტომებია დამახასიათებელი დიაბეტისთვის?
- რა გავლენას ახდენს დიაბეტი ადამიანის ჯანმრთელობაზე?
- კიდევ რომელი ჰორმონები არეგულირებენ სისხლში გლუკოზის დონეს?

როგორც უკვე იცი, ნებისმიერ ორგანიზმში მუდმივად რეგულირდება ფიზიოლოგიური პროცესები, რადგან მას მუდმივად ცვალებად პირობებში უხდება ცხოვრება. ამ ცვლილებებთან ორგანიზმი შეგუებას ახერხებს ჰომეოსტაზის საშუალებით, რომელიც რეგულირდება ორი სახის მექანიზმით: ნერვული

და ენდოკრინული რეგულაციებით.

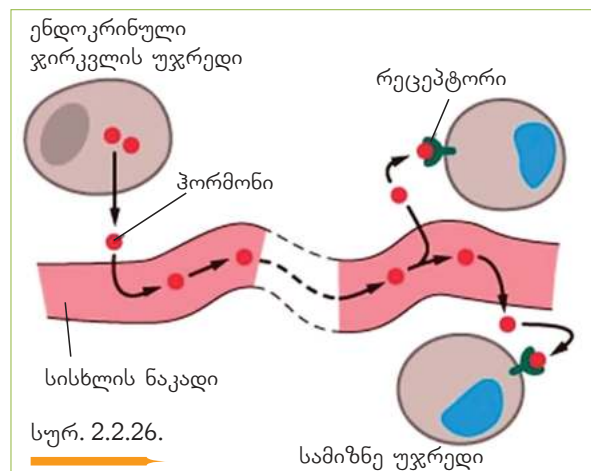
ჩვენს ორგანიზმში ბევრი ფიზიოლოგიური პროცესი ჰორმონებით („ჰორმონო“ ბერძნული სიტყვაა და აგზნებას ნიშნავს) რეგულირდება. სურათ 2.2.25-ზე წარმოდგენილია ზოგიერთი ჰორმონის წარმოქმნის ადგილი და მათი ფუნქციები.

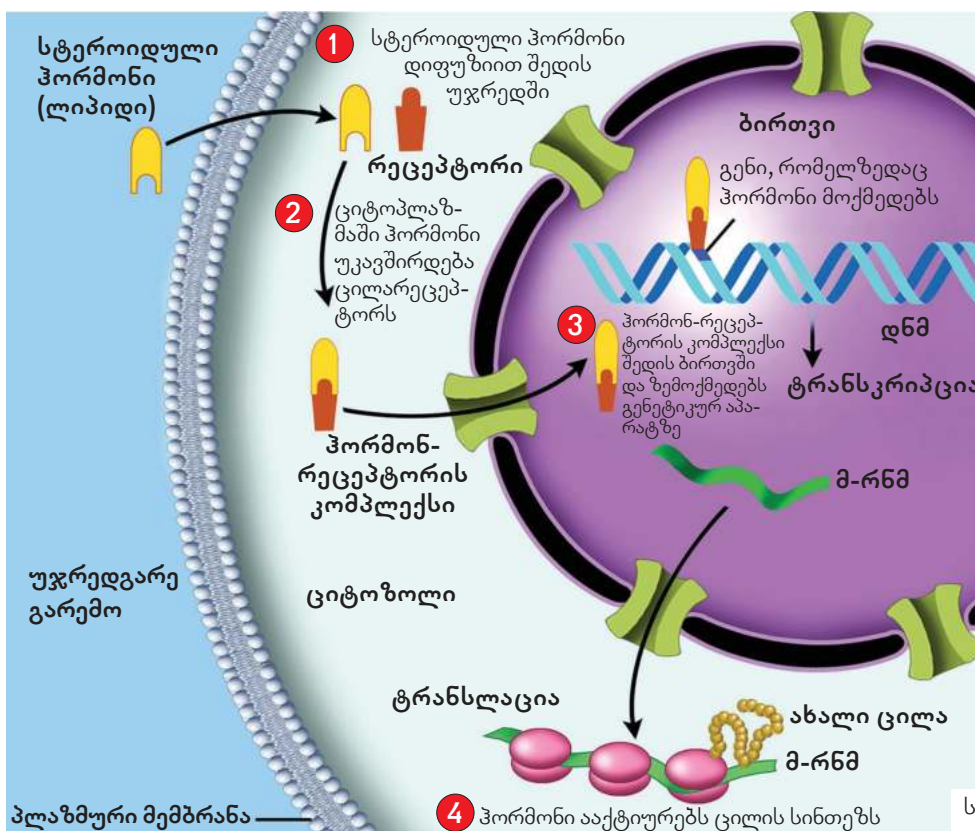
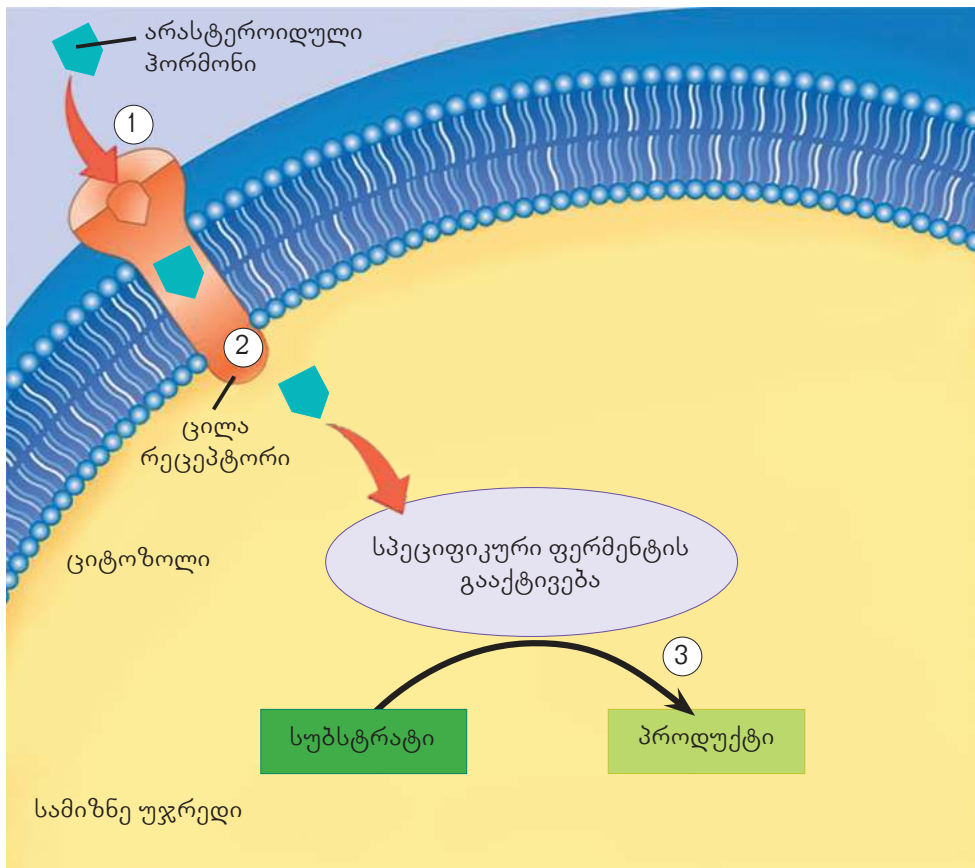


ჰორმონები სისხლით მთელ ორგანიზმში ვრცელდება, მაგრამ კონკრეტული ჰორმონი მხოლოდ გარკვეული ორგანოს ან რამდენიმე ორგანოს უჯრედებსა და ქსოვილებზე მოქმედებს. ამ ორგანოს, უჯრედს სამიზნე ორგანო და უჯრედი ეწოდება (სურ. 2.2.26). მაგალითად, თირკმელზედა ჯირკვლის ჰორმონ ადრენალინს რამდენიმე სამიზნე ორგანო აქვს: გული, სისხლძარღვები, ღვიძლი, სუნთქვის ორგანოები.

ჰორმონები ქიმიური ბუნებით ცილებია, პეპტიდები (ცილის მოლეკულებიდან შედარებით მოკლე ჯაჭვები) ან ლიპიდები, ანუ არასტეროიდული და სტეროიდული ბუნების. სტეროიდული და არასტეროიდული ჰორმო-

ნების სამიზნე უჯრედზე მოქმედების მექანიზმი განსხვავდება (სურ. 2.2.27).

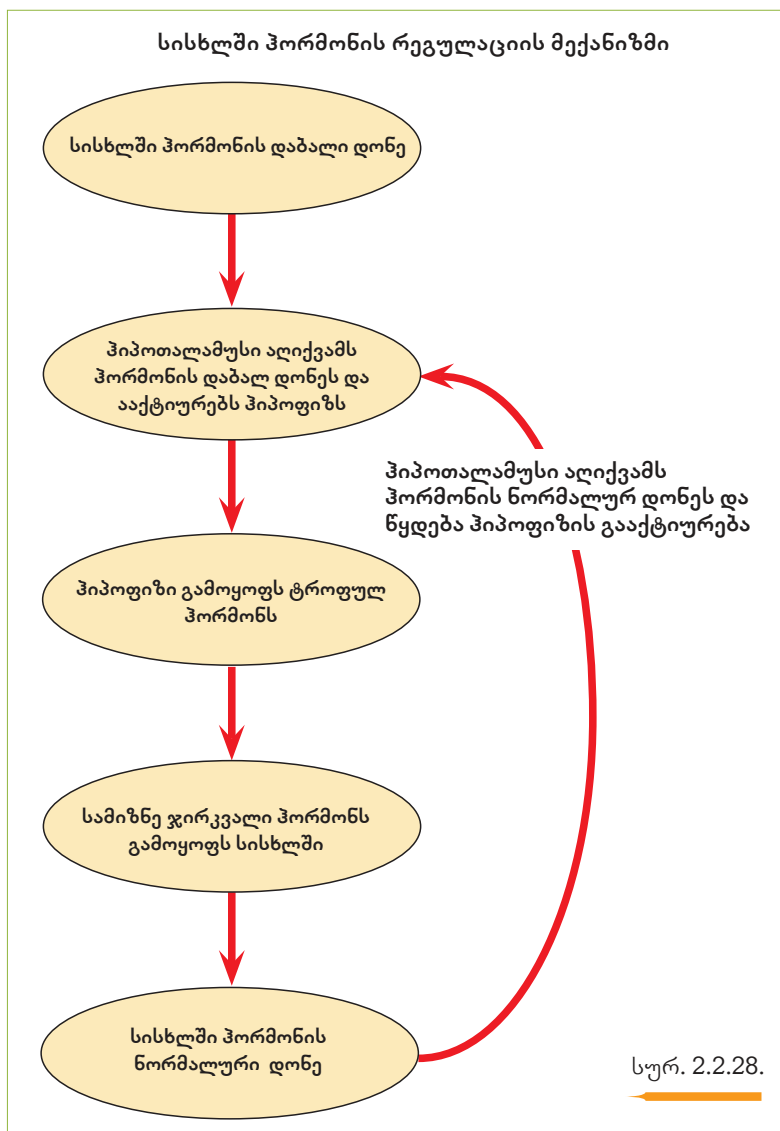




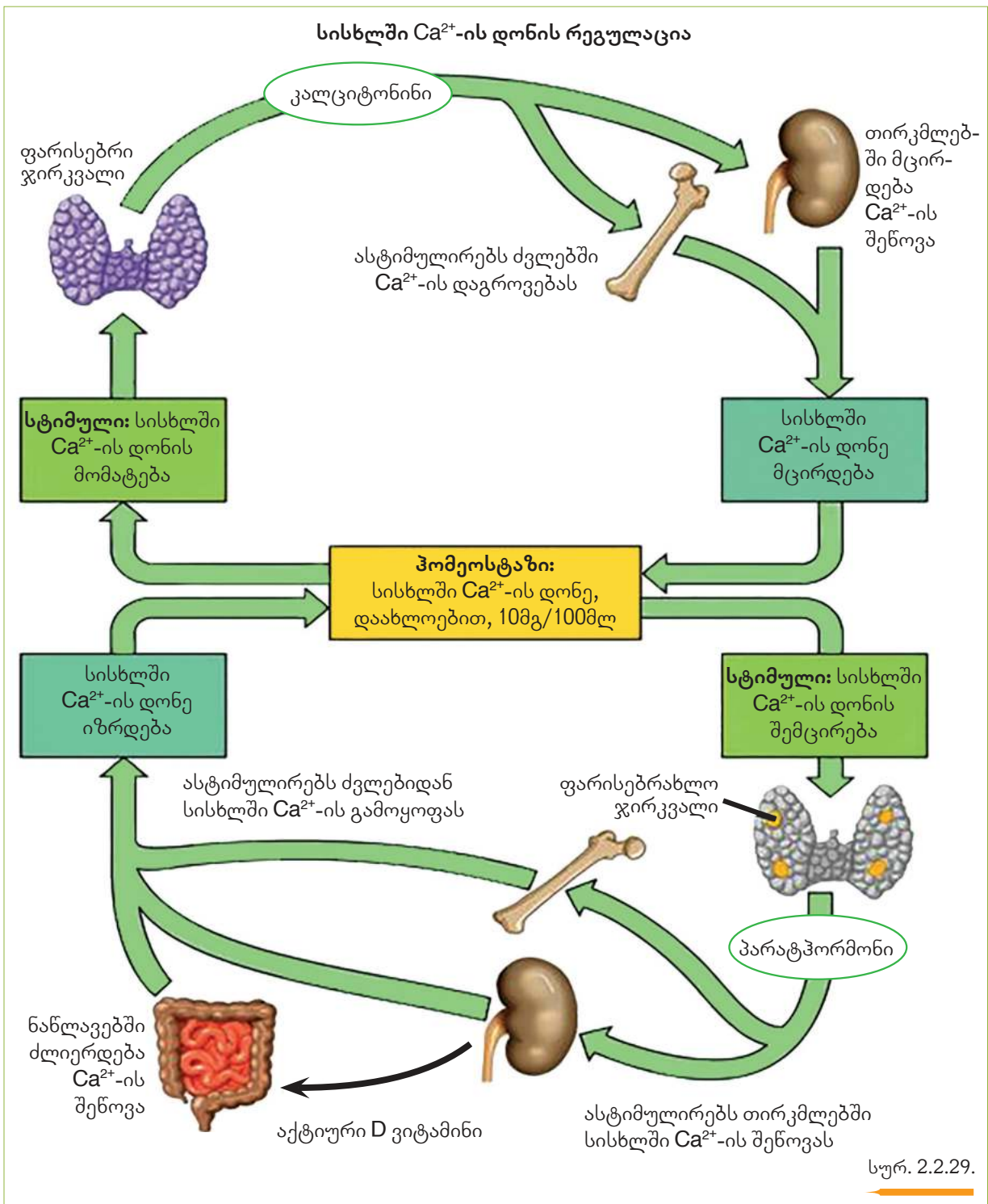
ჰორმონის მოქმედების ხასიათი დამოკიდებულია როგორც მის ქიმიურ ბუნებაზე, ისე სამიზნე ორგანოზე/უჯრედზე. მაგრამ ზოგადად, ჰორმონის სამიზნეზე ზემოქმედება სამგვარია: 1. ჰორმონი ცვლის პლაზმური მემბრანის განვლადობას სხვადასხვა ნივთიერების მიმართ; 2. ააქტიურებს ან თრგუნავს ფერმენტების მოქმედებას; 3. ააქტიურებს უჯრედში იმ ფერმენტების სინთეზს, რომლებიც კონკრეტულ მომენტში საჭიროა გარკვეული ბიოქიმიური რეაქციის წარმართვისთვის.

სისხლში ამა თუ იმ ჰორმონის დონე იცვლება გარემოში მომხდარი ცვლილებების საპასუხოდ, ე.ი. იცვლება შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლების აქტივობა. ჰიპოთალამუსის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფუნქციაა ენდოკრინული ჯირკვლების მოქმედების კონტროლი (ინფორმაცია იხ. სურ. 2.2.26), რასაც, ძირითადად, ახორციელებს ჰიპოფიზზე ზეგავლენის მეშვეობით: ჰიპოთალამუსი იწვევს ჰიპოფიზის ამოქმედებას, რომელიც, თავის მხრივ, არეგულირებს სხვა ენდოკრინული ჯირკვლების მოქმედებას ეგრეთ წოდებული „ტროფული“ ჰორმონების მეშვეობით უარყოფითი უკუკავშირის მექანიზმით (სურ.2.2.28). მაგალითად, თირეოტროფული ჰორმონი (თტჰ) არეგულირებს ფარისებრი ჯირკვლის აქტივობას.

ნერვული სისტემა და ენდოკრინული სისტემა უზრუნველყოფს ორგანოთა სისტემების კომუნიკაციას. ნერვული და ენდოკრინული სისტემები წარმოქმნის, ინტერპრეტირებს და ორგანიზმს აწვდის შეტყობინებებს, რომლებიც ხელს უწყობენ ჰომეოსტაზის შენარჩუნებას (სურ. 2.2.29).



1. ორგანიზმი რომელ ორ სისტემას ეყრდნობა სიგნალების გენერირებისა და ტრანსპორტირებისთვის?
2. ჰორმონები რატომ მოქმედებენ მხოლოდ ზოგიერთ უჯრედზე?
3. რა განსხვავებაა სტეროიდული და არასტეროიდული ჰორმონების სამიზნე უჯრედებზე მოქმედების მექანიზმს შორის?
4. ჰიპოთალამუსი როგორ აკავშირებს ერთმანეთთან ნერვულ და ენდოკრინულ სისტემებს?



5. სურათ 2.2.29 -ზე მოცემული ინფორმაციის გაანალიზების საფუძველზე უპასუხე კითხვებს: 1) აღწერე სისხლში Ca^{2+} -ის დონის რეგულაციის მექანიზმი; 2) რა ბიოლოგიურ როლს ასრულებს Ca^{2+} ორგანიზმში? 3) რომელი ჰორმონები არეგულირებენ Ca^{2+} -ის დონეს? მათ მოქმედების მიხედვით რატომ უწოდებენ ანტაგონისტ ჰორმონებს? 4) მოიყვანე სხვა ანტაგონისტი ჰორმონების წყვილების მაგალითები; 5) რას გამოიწვევს კალციტონინის ჭარბად გამოყოფა? 6) რას გამოიწვევს პარათჰორმონის ჭარბად გამოყოფა?

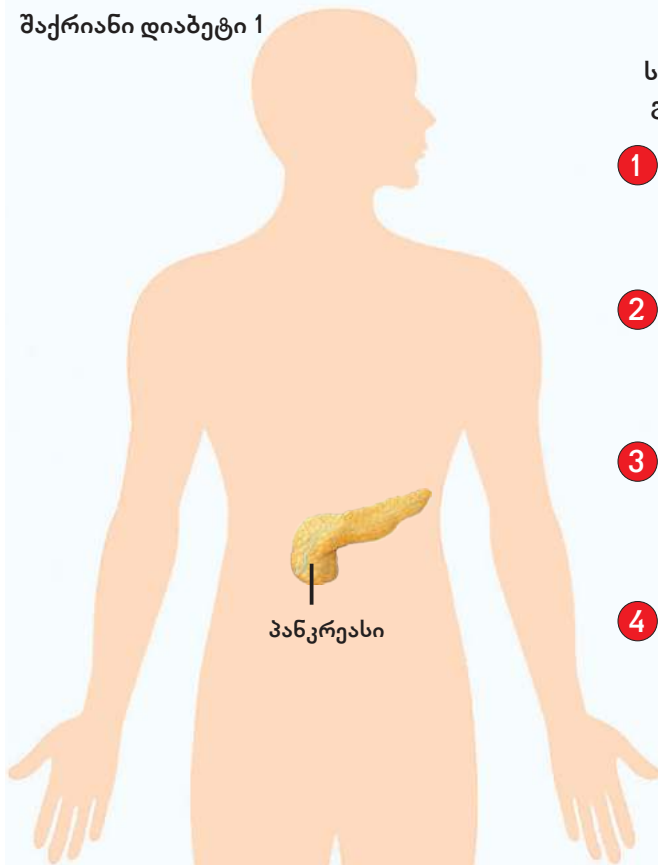
გარემოში ზოგიერთი ფაქტორის ცვლილება შეიძლება იყოს ძალიან მნიშვნელოვანი ან ძალიან სწრაფი იმისთვის, რომ ორგანიზმმა გააკონტროლოს უკუკავშირის მექანიზმების საშუალებით. ჰომეოსტაზის დარღვევის მიზეზი შეიძლება რამდენიმე იყოს:

- რეცეპტორები ვერ აღიქვამენ ცვლილებებს შიდა ან გარე გარემოში;
- შეიძლება გაიგზავნოს არასწორი შეტყობინება ან სწორმა შეტყობინებამ ვერ მიაღწიოს თავის სამიზნეს;

- სერიოზულმა დაზიანებებმა შეიძლება დააზიანოს ჰომეოსტატიკური მექანიზმები;
- ვირუსებს ან ბაქტერიებს შეუძლიათ შეცვალონ სხეულის შინაგანი ქიმიური შედგენილობა.

ჰომეოსტაზის დარღვევა შეიძლება დაიწყოს ერთ ორგანოში ან ორგანოთა სისტემაში და გამოიწვიოს ჯაჭვური რეაქცია, რომელიც გავლენას ახდენს სხვა ორგანოებსა და ორგანოთა სისტემებზე (სურ. 2.2.30).

შაქრიანი დიაბეტი 1



სისხლში გლუკოზის დონის დარღვევა გავლენას ახდენს მთელ ორგანიზმზე

- 1 ინსულინის გამომუშავება მცირდება და უჯრედები ვერ ითვისებენ სისხლიდან გლუკოზას.
- 2 სისხლში გლუკოზის დონე იზრდება. ძლიერდება შარდის გამოყოფა — თირკმლებიდან გამოიყოფა ჭარბი გლუკოზა დიდი რაოდენობით წყალთან ერთად.
- 3 ორგანიზმი იწყებს ქსოვილებში დაგროვებული ცხიმის გამოყენებას ენერგიის წყაროდ. ცხიმის დაშლისას სისხლის მჟავიანობა იმატებს.
- 4 pH-სა და სითხის ბალანსის ცვლილების გამო ირღვევა უჯრედული მეტაბოლიზმი. მთელს ორგანიზმში უჯრედები ცუდად ფუნქციონირებენ ან კვდებიან, რაც აზიანებს ყველა ორგანოთა სისტემას.

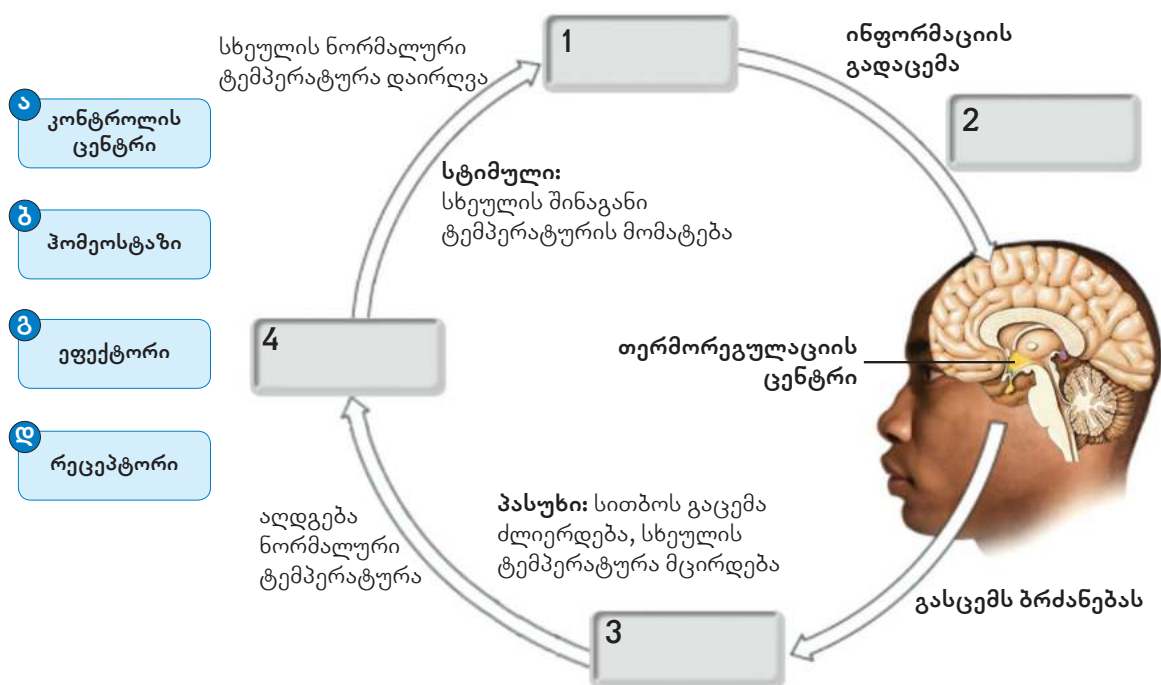
სურ. 2.2.30.



6. გულ-სისხლძარღვთა დაავადებების მქონე ადამიანებს ხშირად რატომ უჭირთ, ზოგადად, ჰომეოსტაზის შენარჩუნება?
7. შენი აზრით, რომელი ორგანოთა სისტემები შეიძლება მონაწილეობდნენ ჰომეოსტაზის შენარჩუნებაში, როდესაც ადამიანი აუდიტორიის წინაშე წარმოთქვამს ძირითად სიტყვას ან აკეთებს პრეზენტაციას. ჩართეთ ის, რაც შეიძლება მოხდეს ადამიანში სიტყვის/პრეზენტაციის წინ, დროს და მის შემდეგ.
8. ჰორმონალური დისბალანსი რატომ მოქმედებს მთელ სხეულზე?
9. სტეროიდული ჰორმონები წარმოიქმნება ქოლესტეროლისგან. გამოიყენე შენი ცოდნა უჯრედული მემბრანის სტრუქტურისა და უჯრედის ქიმიის შესახებ და ახსენი, არასტეროიდული ჰორმონებისგან განსხვავებით, რატომ შეუძლიათ სტეროიდულ ჰორმონებს ადვილად დიფუნდირება გარემოდან უჯრედში?



ორგანიზმის შინაგანი ტემპერატურის რეგულაცია



10. გააანალიზე სურათზე მოცემული ინფორმაცია და შეასრულე შესაბამისი დავალებები: 1) რვეულში გადაწერე სქემაზე მითითებული რიცხვები და შეუსაბამე სურათზე მოცემული სიტყვები; 2) თავის ტვინის რომელ ნაწილშია მოთავსებული თერმორეგულაციის ცენტრი? 3) სხეულის რა სტრუქტურები მონაწილეობენ სითბოს გაცემაში? 4) ვეგეტატიური სისტემის რომელი ნაწილია ამ დროს გააქტიურებული? 5) როგორ იცვლება უჯრედული მეტაბოლიზმი? ამ დროს გაძლიერებულია თიროქსინის გამოყოფა, თუ შენელებული? 6) გულ-სისხლძარღვთა დაავადებების მქონე ადამიანებს ხშირად რატომ უჭირთ სხეულის ტემპერატურის რეგულირება ცხელ ან ცივ გარემოში?
11. რატომ არის მნიშვნელოვანი, რომ ჟანგბადის და ნახშირორჟანგის დონე მკაცრად იყოს რეგულირებული ადამიანის ორგანიზმში?
12. როდესაც მთამსვლელი ადის დიდ სიმაღლეზე, ტემპერატურის გარდა, ატმოსფერული ჰაერის წნევეც ეცემა, შესაბამისად, მცირდება გარემოში ჟანგბადის დონე. ახსენი, თუ როგორ შეუძლია მთამსვლელის ორგანიზმს ასეთ ექსტრემალურ გარემოში (ჟანგბადის დაბალი დონე) შეინარჩუნოს სისხლში ჟანგბადი ჰომეოსტაზურ დონეზე?
13. ჰორმონი გლუკაგონი სისხლში შაქრის დონეს ზრდის, ხოლო ჰორმონი ინსულინი – ამცირებს. როდესაც სისხლში შაქრის დონე ძალიან მაღალია, როგორ იცვლება ინსულინისა და გლუკაგონის დონე ორგანიზმში გლუკოზის ჰომეოსტაზის შესანარჩუნებლად?
14. რატომ შეიძლება იყოს დიაბეტი განსაკუთრებული პრობლემა სპორტსმენისთვის?
15. რატომ არის ორგანიზმისათვის მნიშვნელოვანი ორგანოთა სისტემების მჭიდრო თანამშრომლობა?

2.2.5. მცენარეული ჰორმონები და პასუხი გამლიზიანებელზე



XIX საუკუნეში ქალაქის ქუჩებს ანათებდნენ გაზის ნათურებით. გერმანელმა მეცნიერებმა შენიშნეს, რომ ასეთი ნათურებიდან გამოყოფილი აირი იწვევდა ხეების ფოთოლცვენას.

1900-იან წლებში ბევრი მეზღვე ციტრუსების ნაყოფებს, მათი მომწიფების დაჩქარებისა და შაქრიანობის ამაღლების მიზნით, ათავსებდა ოთახში, სადაც ნავთის ღუმელი ენთო. ფიქრობდნენ, რომ ნაყოფის მომწიფებას ღუმელის მიერ გამოყოფილი სითბო უწყობდა ხელს. მაგრამ როდესაც მეზღვეებმა ნავთის ღუმელი ელექტროგამათბობელით შეცვალეს, იგივე შედეგი ვეღარ მიიღეს.

მეზღვეებს როდესაც მწვანე პომიდორის ნაყოფის სწრაფი დამწიფება უნდოდათ, მათ ათავსებდნენ მწიფე ნაყოფების გვერდით და რამეს აფარებდნენ მჭიდროდ. მეცნიერული კვლევებით დადგინდა, რომ ბუნებრივი გაზისა და ნავთის არასრული წვის პროდუქტია ეთილენი – C_2H_4 .

- რატომ აღარ დამწიფდა ციტრუსი ელექტროღუმელის გვერდით? შენი პასუხი ახსენი ტექსტში მოყვანილ ფაქტებზე დაყრდნობით;
- მკვახე ნაყოფი მწიფე ნაყოფის გვერდით დამწიფდა – რა დასკვნის გაკეთება შეიძლება ამ ფაქტიდან?
- მწიფე ნაყოფიდან გამოყოფილ ამ ქიმიურ ნივთიერებას, თავის მოქმედებიდან გამომდინარე, რას უწოდებდი?

უჯრედებს შორის კომუნიკაცია აუცილებელია ყველა მრავალუჯრედიანი ორგანიზმის განვითარებისა და სიცოცხლისთვის. მცენარეებში ასეთი კომუნიკაცია, ასევე, რეაგირება გარემოს სტიმულებზე, ხდება მხოლოდ სპეციფიკური ქიმიური ნივთიერებებით – ჰორმონებით.



სურ. 2.2.31.

ჰორმონები მცენარეებშიც წარმოიქმნება და მათ **ფიტოჰორმონები** ეწოდება. ისინი არეგულირებენ მცენარის ზრდას, სასიცოცხლო ციკლს, განაპირობებენ ორგანიზმის პასუხს გარეგან გამლიზიანებელზე. ფიტოჰორმონები უჯრედებში უმნიშვნელო რაოდენობით გამოიმუშავდება, მაგრამ მათი გავლენა მცენარის სასიცოცხლო პროცესებზე ძალიან დიდია. ზოგიერთი მცენარეული ჰორმონი უჯრედებში წარმოიქმნება მათი საარსებო გარემო ფაქტორების ცვლილების, ზოგი კი – მცენარის შინაგანი გარემოს ცვლილების საპასუხოდ. ისევე, როგორც ცხოველურ ჰორმონებს, ასევე ფიტოჰორმონებსაც აქვს სამიზნე უჯრედები, რომელთაც ამოიცნობს მემბრანული რეცეპტორების საშუალებით.

ფიტოჰორმონების რამდენიმე ჯგუფს გამოყოფენ მათი ფუნქციებისა და ქიმიური ბუნების მიხედვით. ფიტოჰორმონების ერთ-ერთი ჯგუფია **ჰიბერელინები**. ამ ჰორმონებს თესლები და კვირტები გაზაფხულზე მოსვენების მდგომარეობიდან გამოჰყავს, ისინი იწვევენ ახალგაზრდა ნერგების, განსაკუთრებით, მათი ღეროების სწრაფ ზრდას, გავლენას ახდენენ ნაყოფების ზომაზე. მაგალითად, აგავას საყვავილე ყლორტი ჰიბერელინების გავლენით რამდენიმე კვირაში შეიძლება 12 მ და მეტი სიმაღლის გაიზარდოს (სურ. 2.2.31).

XX საუკუნის შუა წლებში ფიტოჰორმონების ახალი ჯგუფი – **ციტოკინინები** აღმოაჩინეს. აღმოჩნდა, რომ ისინი ფესვის წვეროში წარმოიქმნება, მაგრამ გავლენას ახდენს, ძირითადად, ყლორტების, განსაკუთრებით, გვერდითი ყლორტების განვითარებაზე. ციტოკინინები აჩერებენ მცენარის ზოგიერთი ორგანოს დაბერებას – თუ ნახევარ ფოთოლს დავასხურებთ მას, მაშინ ეს ნახევარი დარჩება ახალგაზრდა და მწვანე მაშინ, როდესაც მეორე ნახევარი გაყვითლდება. ციტოკინინები ზრდის ნაყოფებს, მოსვენების მდგომარეობიდან გამოჰყავს თესლები და კვირტები. ციტოკინინებს იყენებენ მწვანე ბოსტნეულის დიდხანს შესანახად.

ერთ-ერთი ფიტოჰორმონია **ეთილენი**. ალბათ შეგიძნევია, რომ გაზქურასთან ოთახის მცენარეები ცუდად გრძნობენ თავს, სწრაფად ჭკნება ყვავილები. ეს ეთილენის გავლენითაა, რომელიც ბუნებრივი აირის წვის შედეგად მცირე რაოდენობით გამოიყოფა. აღმოჩნდა, რომ ეთილენი მცენარის სხვადასხვა ორგანოშიც წარმოიქმნება, უფრო დიდი რაოდენობით კი მცენარის დაბერებული ნაწილებიდან გამოიყოფა. იგი ფოთოლცვენას, ყვავილების ჭკნობასა და ნაყოფების მომწიფებას იწვევს. ერთი ნაყოფის მიერ გამოყოფილ ეთილენს შეუძლია ახლომდებარე სხვა ნაყოფის დამწიფება და გადამწიფებაც. ამიტომ სოფლის მეურნეობაში მას ხილისა და ბოსტნეულის მომწიფების კონტროლისთვის იყენებენ.

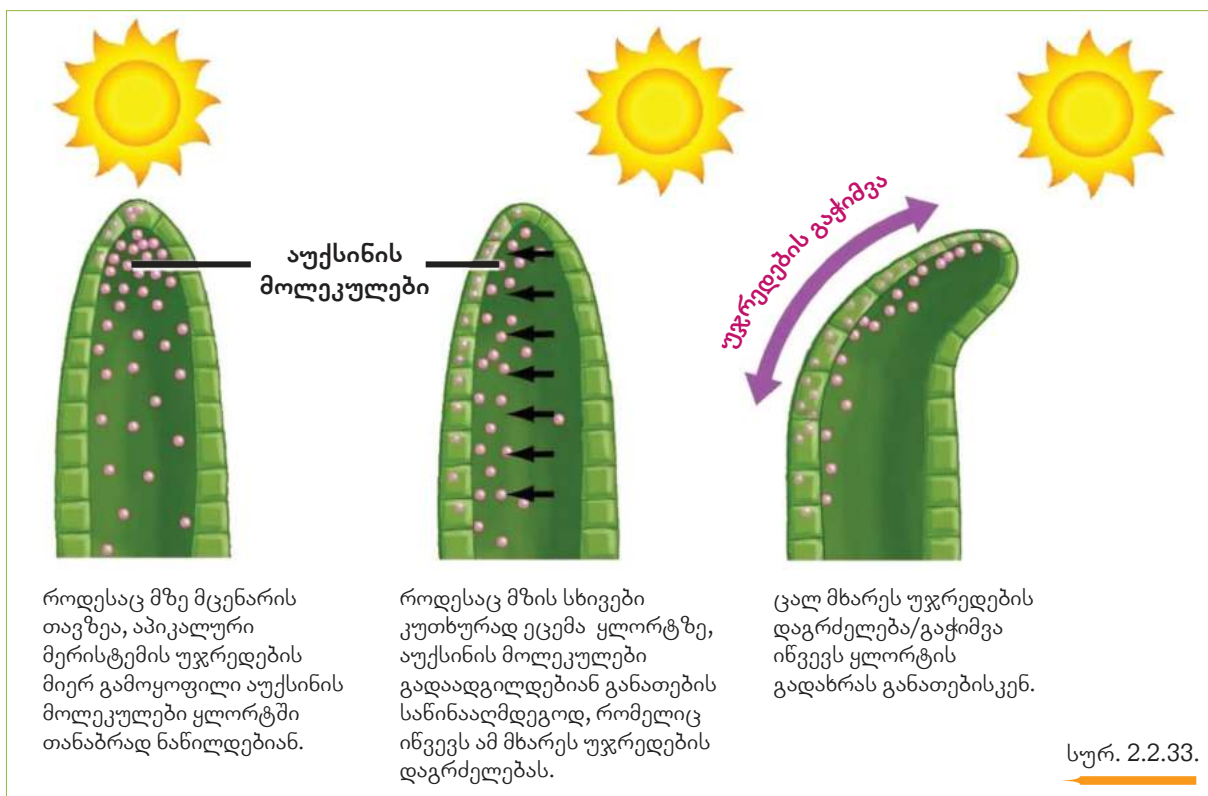
მცენარეებს შეუძლიათ რეაგირება მოახდინონ გარემო ფაქტორებზე, მაგალითად, სინათლეზე. შეგიძნევია ალბათ, ოთახის მცენარეების ფოთლები და ღეროები როგორ არის მიმართული განათებული ფანჯრისკენ (სურ. 2.2.32). მცენარის ორგანოების მოძრაობას სინათლისკენ ეწოდება **ფოტოტროპიზმი** (უფრო მეტი ამ საკითხზე იხ. გვ. 100). მაგრამ დაფიქრებულხარ, რატომ ხდება ასე? ამ მოვლენის შესწავლის მიზნით ესპერიმენტებს ატარებდა XIX საუკუნის ბოლოს ჩარლზ დარვინი თავის შვილიშვილ ფრენსისთან ერთად. ჩარლზ და ფრენსის დარვინებმა ჩაატარეს რამდენიმე



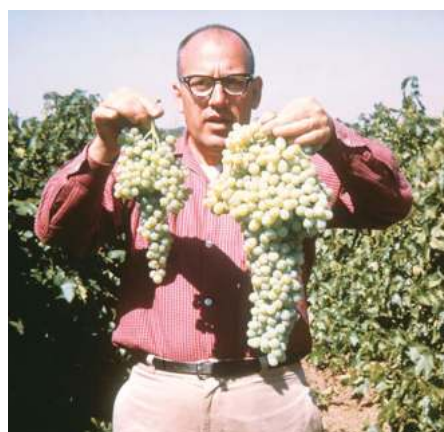
სურ. 2.2.32.

ასეთი მარტივი ცდა: აღმონაცენს ყლორტის წვეროში უკეთებდნენ სინათლეგაუმტარ ჩაჩს, რის შემდეგაც მცენარის ფოთლების გადახრა სინათლისკენ წყდებოდა. ასეთი დასკვნა გაკეთდა: თუ აღმონაცენი გვერდიდან ნათდება, მისი ყლორტის წვეროდან რალაც სტიმული გადაეცემა ყლორტის ქვედა უბნებს, რაც უკანასკნელს სინათლისაკენ გადახრაში უბიძგებს. ამიტომ წვეროს დაბნელებით, სიგნალი ყლორტის წვეროდან აღარ გადაეცემა და იგი სინათლისკენ არ გადაიხარა.

შემდეგ მეცნიერებმა აღმოაჩინეს ჰორმონი **აუქსინი** (ბერძნულად „აუქს“ ზრდას ნიშნავს). აუქსინები მცენარეული ჰორმონებია, რომლებიც წარმოიქმნება კენწრულ მერისტემში (ღეროსა და ფესვის წვეროს კენწრულ წარმომშობ ქსოვილში). აუქსინები აკონტროლებს მცენარის მოძრაობას გარემო სტიმულის საპასუხოდ. მაგალითად, თუ სტიმული, როგორცაა სინათლე, მოხდება ღეროს ერთ მხარეს, აუქსინები დაგროვდება უჯრედებში ღეროს დაჩრდილულ მხარეს (სურ. 2.2.33). ამის გამო უჯრედები ამ მხარეს გრძელდება/იჭიმება, შედეგად, ღერო იხრება სინათლისკენ. აუქსინი ასტიმულირებს პირველადი ღეროს ზრდას, ხელს უშლის გვერდითი ტოტების განვითარებას. წვეროს გარეშე ღეროში ნაკლებია აუქსინი და გვერდითი ტოტების განვითარება სტიმულირდება. ამიტომ ღეროს წვეროს მოჭრით მებაღეები დეკორატიულ მცენარეებს სასურველ ფორმას აძლევენ.



იაპონიაში იკვლევდნენ ბრინჯის დაავადება „ცოფიან ზრდა“-ს, რომელსაც იწვევდა პარაზიტი სოკო ჰიბბერელა. 1926 წელს დაადგინეს, რომ სოკო გამოყოფდა ქიმიურ ნივთიერებას, რომელიც ბრინჯის ღეროს ძალიან სწრაფ ზრდას იწვევს. ბრინჯის ღერო რაც იზრდებოდა სიმალლეში, მით უფრო სუსტდებოდა და ბოლოს დაბლა ერთხმებოდა (ჩანვა). 1956 წელს მცენარეებიდანაც გამოყვეს ეს ნივთიერება, რომელსაც, სოკო ჰიბბერელადან გამომდინარე, ჰორმონი ჰიბბერელა უწოდეს. ამ ჰორმონის აღმოჩენის შემდეგ ადამიანი მას იყენებს პრაქტიკაში. მაგალითად, სოფლის მეურნეობაში ჰიბბერელინებით ამუშავებენ თესლებს, ყლორტებს, ყვავილებს. მაგალითად, ვაზის ყვავილებს, რის შედეგადაც იღებენ დიდი ზომის და უთესლო მარცვლებიან ყურძენს.



ამერიკელმა სკუგმა და მილერმა დაამუშავეს ციტოკინინების გამოყენებით მცენარის უჯრედების კულტურიდან მცენარის მთელი ორგანიზმის მიღების მეთოდები. ამ მეთოდებით ცალკეული უჯრედებიდან იშვიათი მცენარეების კლონებს იღებენ, მაგ., ხრიზანთემებს, ორხიდეებს, სამკურნალო მცენარეებს.

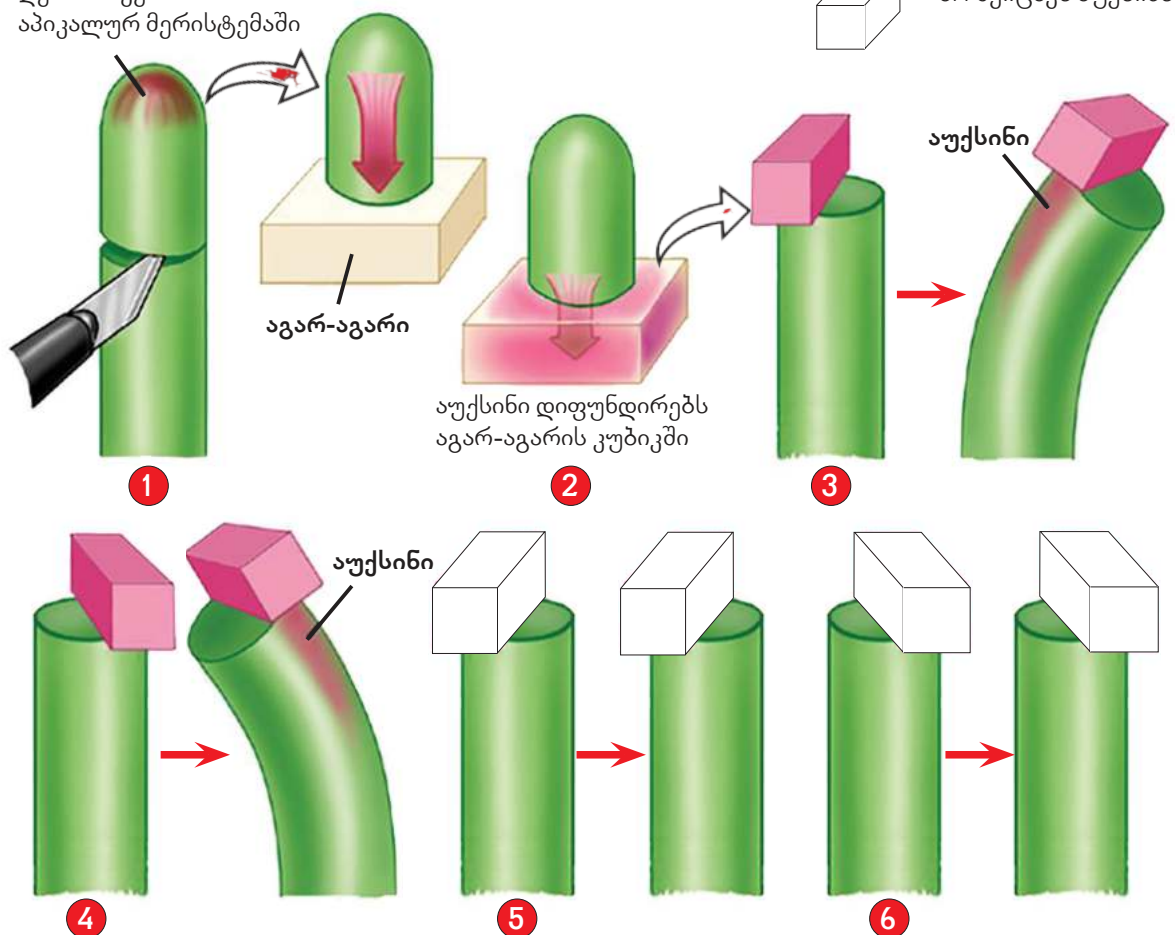
შორ მანძილზე ტრანსპორტირებისა და დიდხანს შესანახად ფერმერები მოუმწიფებელ ნაყოფებს კრეფენ; შემდეგ კი მომწიფების დასაჩქარებლად ეთილენით ამუშავებენ უშუალოდ მოხმარების, გაყიდვის წინ. უფრო ხშირად ეთილენს იყენებენ პომიდვრის, ვაშლის, კაკლისა და ყურძნის მომწიფების დასაჩქარებლად.

აუქსინებს დიდი პრაქტიკული გამოყენება აქვს, მაგ., კალმების დაფესვიანებისათვის – მათ დებენ აუქსინის ხსნარში. მაგრამ საჭიროა იმის გათვალისწინება, რომ ჭარბი ჰორმონი აფერხებს ზრდას და აუცილებელია დოზების დაცვა. აუქსინების მაღალმა კონცენტრაციამ შეიძლება საერთოდ შეაფერხოს მცენარის ზრდა, განსაკუთრებით ფესვებში. ამიტომ აუქსინები არის ჰერბიციდების ერთ-ერთი ინგრედიენტი, ქიმიკატებთან ერთად.



ექსპერიმენტის ეტაპებისა და შედეგების აღწერილობა

აუქსინი წარმოიქმნება
ღეროს წვეროს
აპიკალურ მერისტემაში



გაანალიზე სურათზე მოცემული ექსპერიმენტის ეტაპები და შედეგები, უპასუხე კითხვებს:

- რა არის ექსპერიმენტის საკვლევი კითხვა?
- დაასახელე დამოუკიდებელი, დამოკიდებული და საკონტროლო ცვლადები;
- თანმიმდევრულად აღწერე ექსპერიმენტის ეტაპები და მისი შედეგები;
- რომელი ეტაპები ასრულებს საკონტროლო ექსპერიმენტის როლს?
- ახსენი ექსპერიმენტის შედეგების მიზეზები;
- ჩამოაყალიბე შესაბამისი დასკვნა.



1. რით ჰგავს ფიტოჰორმონის მოქმედება ცხოველური ჰორმონის მოქმედებას?
2. თუ ყვავილების თაიგულის დიდხანს შენახვა უნდათ, მას აცილებენ დამჭკნარ ყვავილებსა და ფოთლებს. ახსენი, რატომ?
3. ერთად ბევრი ნაყოფის მოთავსება და თავზე დახურება გადაამწიფებს ნაყოფს და გაფუჭდება. ახსენი, რატომ?
4. გაეცანი რუბრიკაში – „მეცნიერება პრაქტიკაში“ – მოცემულ ინფორმაციას და მოიყვანე მაგალითები, თუ როგორ იყენებენ პრაქტიკაში ფიტოჰორმონებს.



5. თუ შენ გადაწყვიტე საკუთარი სანერგის მოწყობა, მოიყვანე ორი მაგალითი, თუ როგორ გამოიყენებ ფიტოჰორმონებს ამ მიზნით.
6. ზოგიერთ ფიტოჰორმონს ურთიერთსაინანაღმდეგო მოქმედება აქვს. მოძებნე ასეთი ანტაგონისტი ფიტოჰორმონები და მათი მცენარის სასიცოცხლო ფუნქციებზე მოქმედების თავისებურება წარმოადგინე სქემის სახით.
7. თუ შენს დეკორაციულ მცენარეში აუქსინის წარმოქმნის კონტროლი გადაწყვიტე, მცენარის რა ნაწილს გადაჭრიდი? რატომ?
8. მეთილციკლოპროპენი (MCP) არის აირი, რომელიც მცენარის ქსოვილებში უკავშირდება ეთილენის რეცეპტორებს. მას შეაფრქვევენხოლმე მოკრეფილ ყვავილებსა და ხილს. როგორ ფიქრობ –
 1) რა მიზნით აკეთებს ადამიანი ამას და რატომ ეხმარება ეს ადამიანს თავისი მიზნის მიღწევამი?
 2) უნდა იყოს თუ არა ასეთი ხილის ეტიკეტირება მომხმარებლის გასაფრთხილებლად, რომ გამოყენებულია MCP? ახსენი, რატომ?



კვლევის გეგმის მომზადება

1

დაგეგმე ექსპერიმენტი, რომლითაც დაადგენ რომელიმე კონკრეტული ფიტოჰორმონის მაგალითზე (შენ მიერ შერჩეული), თუ როგორ არეგულირებს იგი მცენარის სასიცოცხლო თვისებებს. წარმოადგინე შესაბამისი კვლევის გეგმა სამეცნიერო მეთოდის ყველა კომპონენტის გათვალისწინებით.

2

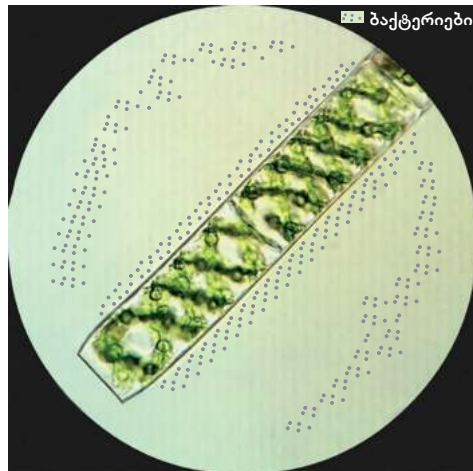
დაგეგმე ექსპერიმენტი, რომლითაც დაადგენ, თუ აუქსინი როგორ მონაწილეობს გარეგან სტიმულზე/გამღიზიანებელზე მცენარის პასუხში. წარმოადგინე შესაბამისი კვლევის გეგმა სამეცნიერო მეთოდის ყველა კომპონენტის გათვალისწინებით.

2.2.6. ორგანიზმების მოძრაობა



სურათზე ნაჩვენებია მოძრავი ბაქტერიების განაწილება მიკროპრეპარატზე საფარი მინის ქვეშ ძაფნაირი მწვანე წყალმცენარის ფრაგმენტის მოთავსებიდან 10 წუთის შემდეგ.

- ჩამოაყალიბე ჰიპოთეზა, რომლითაც ახსნი ბაქტერიების ასეთ განაწილებას;
- დაგეგმე ექსპერიმენტი, რომლითაც შეამოწმებ შენს ჰიპოთეზას;
- რა ბიოლოგიური მნიშვნელობა აქვს მოძრაობას ცოცხალ ორგანიზმებში?
- ორგანიზმთა რომელი ჯგუფებისთვის არის დამახასიათებელი მთელი ორგანიზმის აქტიური გადაადგილება გარემოში და რომლისთვის არა? რა არის ამ განსხვავების მთავარი მიზეზი?



გამლიზიანებელზე ორგანიზმების საპასუხო რეაქცია ხშირად მოძრაობაში გამოიხატება. მოძრაობას ცოცხალ ორგანიზმებში დიდი მნიშვნელობა აქვს. მოძრაობა შეიძლება გამოიხატებოდეს უჯრედის დონეზე (მაგ., ციტოპლაზმის, ერთუჯრედიანი ორგანიზმების, მრავალუჯრედიანების ცალკეული უჯრედების, მაგალითად, გამეტების მოძრაობა), ორგანოს დონეზე (მცენარის ცალკეული ორგანოების მოძრაობა, გულის შეკუმშვები, კიდურების მოძრაობა სხვ.) ანდა მთელი ორგანიზმის დონეზე – მთელი ორგანიზმის გადაადგილება გარემოში ერთი ადგილიდან მეორეზე. ამ მოძრაობების მამოტივირებელიც მრავალფეროვანია. მაგალითად, ორგანიზმი შეიძლება მოძრაობდეს საკვებისა და წყლის მოპოვების, სიცხისგან ან სიცივისგან და წყლის დაკარგვისგან თავდაცვის, მტაცებლისგან გაქცევის, სქესობრივი პარტნიორის მოძებნის მიზნით და სხვ. მოძრაობა, როგორც სასიცოცხლო თვისება, არის ჰომეოსტაზის შენარჩუნების ერთ-ერთი საშუალება. მაგალითად, ხვლიკი სხეულის შინაგანი ტემპერატურის ნორმალურ ფარგლებში შენარ-

ჩუნებისთვის თბილ გარემოში გადაადგილდება მზიან ადგილზე გასათბობად, მაგრამ თუ გარემოში ძალიან მაღალი ტემპერატურაა, იგი იმალება სოროებში.

მოძრაობის სხვადასხვა ფორმას არჩევენ. **ტაქსისი** არის მთელი ორგანიზმის ან უჯრედისა და მისი ორგანოების მოძრაობა გარეგანი გამლიზიანებლის/სტიმულის საპასუხოდ. ტაქსისი ყოველთვის არის მიმართული მოძრაობა სტიმულისკენ ან სტიმულის საწინააღმდეგოდ. ასეთი მოძრაობა მცენარეებისა და სოკოების გარდა ყველა ორგანიზმისთვის არის დამახასიათებელი. თუ ორგანიზმი/უჯრედი მოძრაობს გამლიზიანებლის მიმართულებით, **დადებითი ტაქსისი** ეწოდება, ხოლო თუ გამლიზიანებლის საწინააღმდეგოდ – **უარყოფითი ტაქსისი**. გამლიზიანებლის/სტიმულის ხასიათის მიხედვით (განათება, ქიმიური ნივთიერება, დედამინის მიზიდულობის ძალა, შეხება, ტემპერატურა), შესაბამისად, ტაქსისის ასეთი კლასიფიკაცია შეიძლება: ფოტოტაქსისი, ქემოტაქსისი, გეოტაქსისი, ტიგმოტაქსისი, თერმოტაქსისი.



ექსპერიმენტის დაგეგმვა

ერთუჯრედიანები ქლამიდომონადა და ევგლენა მოძრაობენ შოლტების საშუალებით. მათ ახასიათებთ დადებითი ფოტოტაქსისი. ეს ორივე ორგანიზმისთვის სასარგებლოა, რადგან მათთვის დამახასიათებელია ფოტოსინთეზი. დაგეგმე ექსპერიმენტი, რომლის საშუალებითაც დაადგენ, რომ ევგლენას ან ქლამიდომონადას ახასიათებს დადებითი ფოტოტაქსისი.

2.2.6.1. მოძრაობა მცენარეებში

მცენარე, ცხოველისგან განსხვავებით, მიმაგრებულ ცხოვრებას ეწევა. თუმცა მას შეუძლია ცალკეული ორგანოების მოძრაობა. მცენარის ცალკეული ნაწილების მოძრაობას გარეგანი გამღიზიანებლის (სტიმულის) საპასუხოდ, რომელიც განსაზღვრავს ამ მოძრაობის მიმართულებას, **ტროპიზმი** ეწოდება. როგორც გამოირკვა, **ტროპიზმების უმრავლეს სახეობას განაპირობებს ფიტოჰორმონი აუქსინი**. ტროპიზმი არის დადებითი და უარყოფითი. თუ მოძრაობა სტიმულის მიმართულებით ხდება, **დადებითი ტროპიზმია**, ხოლო თუ სტიმულის საწინააღმდეგო მახარეს, **უარყოფითი ტროპიზმია**. არსებობს ტროპიზმის რამდენიმე ნაირსახეობა: ფოტოტროპიზმი, გეოტროპიზმი, ქემოტროპიზმი, ჰიდროტროპიზმი (რეაქცია წყალზე – ქემოტროპიზმის სახესხვაობა),

ჰაპტოტროპიზმი/ტიგმოტროპიზმი – მოძრაობა შეხებაზე. ტიგმოტროპიზმი ბევრი მცენარისთვის არის დამახასიათებელი. მაგალითად, ეს კარგადაა გამოხატული ლიანებსა და ვაზში – ეს მცენარეები ულვაშებით ეხვევა გარშემო ყველა საგანს, რაც მას შეეხება.

მცენარეები, ცხოველებთან შედარებით, ნელა რეაგირებენ გამღიზიანებელზე, მაგრამ ზოგიერთ მცენარეს აქვს ძალიან სწრაფი რეაგირება სტიმულზე. ეს სწრაფი რეაგირება ხშირად არის ადაპტაცია, რომელიც ხელს უწყობს მცენარეების დაცვას მცენარეჭამია ცხოველებისგან. მაგალითად, მიმოზას ფოთლები შეხებიდან რამდენიმე წამში სწრაფად იკეცება (სურ. 2.2.34). ასევე, მწერიჭამია მცენარეების ფოთლები მწერის შეხებიდან წამზე ნაკლებ დროში იხურება და იჭერს მწერს.



დიდი ხანია, მეცნიერები ცდილობენ ამოხსნან საიდუმლო, თუ მცენარის ფესვები როგორ პოულობენ წყალს და მოძრაობენ მისი მიმართულებით, ანუ მუშაობენ ჰიდროტროპიზმის მექანიზმის შესწავლაზე. მსოფლიოს იმ ქვეყნებში, სადაც წყალი სოფლის მეურნეობისთვის გლობალური პრობლემაა, ამ კვლევებმა შეიძლება ხელი შეუწყოს ისეთი კულტურული მცენარეების ჯიშების გამოყვანას, რომლებიც უკეთესად მიაგნებენ წყალს. ინგლისის ნოტინჰემის უნივერსიტეტისა და იაპონიის ტოჰოკუს უნივერსიტეტის მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ ჰიდროტროპიზმს დიდწილად არეგულირებს ჰორმონი – აბსცისის მჟავა. ასევე, დაადგინეს, რომ ჰიდროტროპიზმი დაკავშირებულია ფესვის გაჭიმვის ზონის უჯრედებთან. მთლიანობაში ექსპერიმენტის მეთოდის და შედეგები გამოქვეყნებულია [Nature Plants](#)-ში.

უცნაური და საინტერესო ექსპერიმენტი ჩაატარეს დასავლეთ ავსტრალიის უნივერსიტეტის მეცნიერებმა: მცენარე ბარდის ქვეშ მიწაში ჩააწყეს ორი მილი, რომლითაც წყლის მიწოდება შეიძლებოდა. ექსპერიმენტის მიზანი იყო იმის შემოწმება, შეიგრძნობდა თუ არა მცენარე წყლის დინებას. როგორც ნაშრომის ავტორები წერენ ჟურნალ [Oecologia](#)-ში, ბარდამ ფესვები განივითარა იმ მილისკენ, რომლითაც წყალი მიედინებოდა.



1. რა ბიოლოგიური მნიშვნელობა აქვს მოძრაობას ორგანიზმებისთვის?
2. რა განსხვავებაა ტაქსისსა და ტროპიზმს შორის?
3. რატომ არის ცხოველებისთვის დამახასიათებელი გარემოში აქტიური გადაადგილება, ხოლო მცენარეებისა და სოკოებისთვის კი არა?
4. რა ბიოლოგიური მნიშვნელობა აქვს მცენარის საპასუხო რეაქციას ამა თუ იმ სტიმულზე?
5. კონკრეტულ მაგალითზე დაყრდნობით ახსენი, მოძრაობას რა მნიშვნელობა აქვს ჰომეოსტაზის შენარჩუნებისთვის.
6. გაეცანი რუბრიკაში – „მეცნიერება პრაქტიკაში“ – მოცემულ ინფორმაციას და უპასუხე კითხვებს: 1) რატომ არის მნიშვნელოვანი ჰიდროტროპიზმის მექანიზმის შესწავლის მიზნით სამეცნიერო კვლევების ჩატარება? 2) რომელი ჰორმონი არეგულირებს ჰიდროტროპიზმს? 3) გაეცანი აღნიშნულ ექსპერიმენტებს ინტერნეტრესურსში და აღწერე ექსპერიმენტის ეტაპები, მათი შედეგები.
7. ქვემოთ ცხრილში მოყვანილი ორგანიზმების მოძრაობის მაგალითები შეუსაბამე მოძრაობის ფორმებს, განსაზღვრე სტიმული.

მოძრაობის მაგალითი	ტაქსისის ფორმა	ტროპიზმის ფორმა	დადებითი/უარყოფითი	სტიმული
ფოთლის სახეცვლილება – ულვაშები ეხვევა – საყრდენს	×	×	×	×
სპერმატოზოიდები მოძრაობენ კვერცხუჯრედის მიერ გამოყოფილი ნივთიერების მიმართულებით	×	×	×	×
წყლით სავსე კონტეინერში მოთავსებული ამება ეშვება ფსკერზე	×	×	×	×
მცენარის ფოთლები და ყლორტები მოძრაობენ მზისკენ	×	×	×	×
ბაქტერიები შოლტებით ან წამწამებით მოძრაობენ საკვებისკენ	×	×	×	×
კოლოები გაურბიან პესტიციდებს	×	×	×	×
შეხებისას ჭიაყელა სწრაფად ძვრება ნიადაგის ხერხელებში	×	×	×	×
ფესვები მოძრაობს ნიადაგისკენ	×	×	×	×
ქალამანა მარილიანი წყლის წვეთიდან გადაადგილდება მტკნარ წყალში	×	×	×	×
აერობული მოძრაობა ბაქტერიები გადაადგილდებიან ჟანგბადის წყაროსკენ	×	×	×	×
მამრი მწერები ადვილად აგნებენ მდედრს მდედრის მიერ გამოყოფილი ფერომონების მიხედვით	×	×	×	×
კოლოები გადაადგილდებიან ძლიერი მჟავა ან ტუტე გარემოს სანინალმდეგოდ	×	×	×	×
ქალამანა გადაადგილდება სუსტი მჟავა გარემოსკენ	×	×	×	×
ქალამანა გადაადგილდება ძლიერი მარილიანი გარემოს სანინალმდეგოდ	×	×	×	×
ადამიანში ნებისმიერი დაზიანებული ქსოვილი გამოყოფს ქიმიურ ნივთიერებას (ქემოკინებს), რომელთა გავლენით ამ ადგილისკენ მოძრაობენ ლეიკოციტები	×	×	×	×
ზოგიერთი ნაწლავლრუიანის ლარვები ეშვება წყალსატევის ფსკერზე	×	×	×	×
ზოგიერთი ნაწლავლრუიანის ლარვები ამოდის წყალსატევის ზედაპირზე	×	×	×	×
ჭიაყელები, ტარაკანები, კოლოები სინათლეს გაურბიან	×	×	×	×
მცენარის ფესვები მოძრაობენ წყლისკენ	×	×	×	×
სამკვრე მილი მოძრაობს ჩანასახოვანი პარკის მიერ გამოყოფილი ქიმიური ნივთიერების მიმართულებით	×	×	×	×
მცენარის ყლორტები მოძრაობს ნიადაგის სანინალმდეგოდ მიმართულებით	×	×	×	×
მწერიჭამია მცენარის ფოთლის ბუსუსებზე შეხება იწვევს ფოთლის დახურვას	×	×	×	×

2.2.6.2. მოძრაობა ცხოველებში

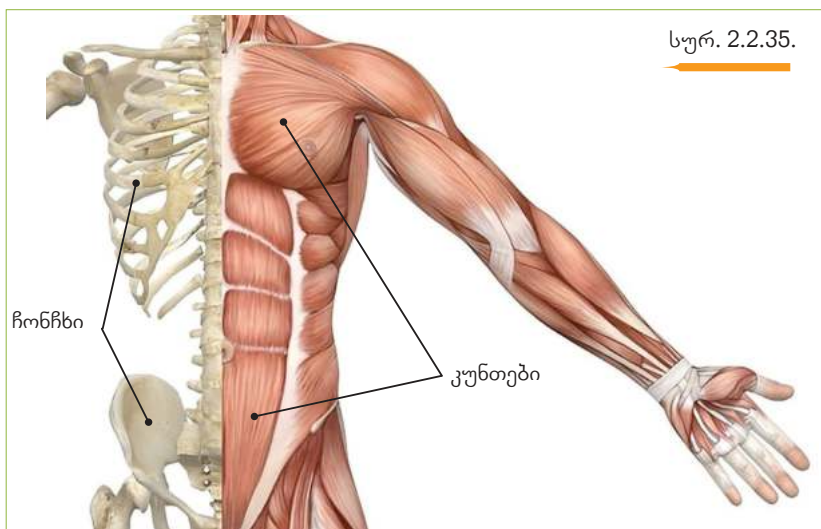
ცხოველების დიდ უმრავლესობას ახასიათებს გარემოში აქტიური გადაადგილების უნარი და ევოლუციის პროცესში გამოუმუშავდათ რთული მამოძრავებელი სისტემები – ჩონჩხი და კუნთები – საყრდენ-მამოძრავებელი სისტემა. მხოლოდ ცხოველების მცირე ნაწილი წარმატებით შეეგუა მჯდომარე/მიმაგრებული ცხოვრების წესს; თუმცა მათშიც სხეულის ცალკეული ნაწილები გამოირჩევა მაღალი მოძრაობის უნარით. ბევრ ცხოველს გარემოში აქტიური გადაადგილება ეხმარება არამართო საკვების პოვნაში, მტაცებლებისგან თავდაცვასა და სქესობრივი პარტნიორის მოძებნაში, არამედ იგი პოპულაციას ხელს უწყობს ხელსაყრელ საარსებო გარემოში განსახლებაში.

მოძრაობის განსახორციელებლად აუცილებელია ჩონჩხის, ნერვული და კუნთური სისტემების კოორდინირებული მუშაობა. ცხოველებში განვითარდა ჩონჩხის სამი ტიპი:

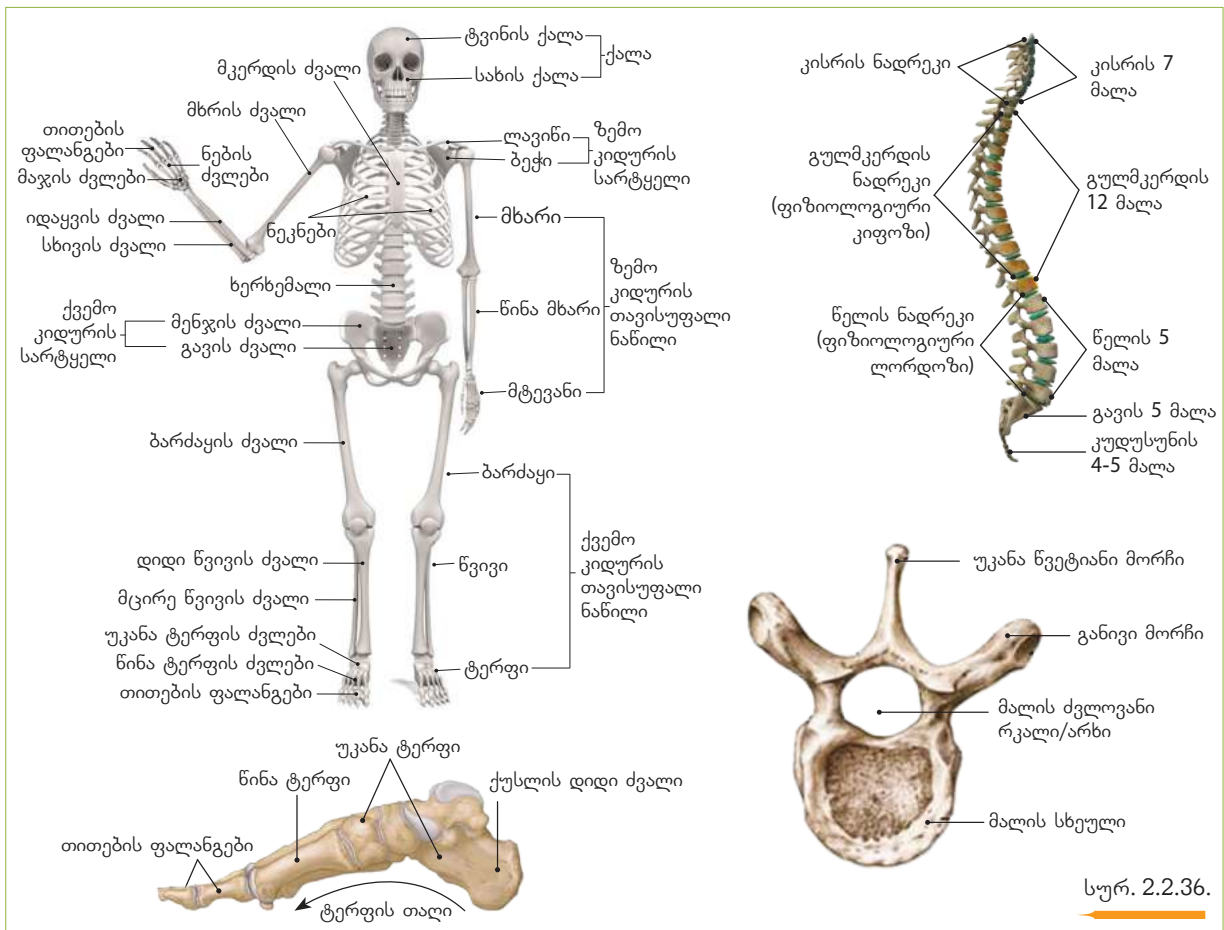
შინაგანი, გარეგანი და ჰიდროჩონჩხი. ხერხემალიანებს აქვთ **შინაგანი ჩონჩხი** – კანის ქვეშ მდებარე კუნთები მიმაგრებულია მის შიგნით მოთავსებულ ძვლებზე. შინაგანი ჩონჩხი შედგება ცოცხალი ქსოვილებისგან – ძვლოვანი და/ან ხრტილოვანი ქსოვილისგან, რომელთა უჯრედები იყოფა ორგანიზმის ზრდასთან ერთად. როგორც უკვე იცო, **გარეგანი ჩონჩხი** დამახასიათებელია ფეხსახსრიანებისთვის (იხ. გვ. 21, სურ. 2.1.21). მათი სხეული გარედან დაფარულია ქიტინოვანი საფარველით, რომელზედაც შიგნიდან მიმაგრებულია კუნთები. ზოგიერთ უხერხემლოში, მაგალითად, ჭიაყელასა და სხვა ჭიებში, სხეულის ღრუში არსებული სითხე ასრულებს **ჰიდროჩონჩხის** როლს. სითხის მოძრაობა და მისი ზეწოლა განაპირობებს ამ ორგანიზმებში კუნთების შეკუმშვა-მოდუნებას. ცხოველებში შინაგანი ჩონჩხი მაღალ განვითარებას აღწევს ძუძუმწოვარებში.

ადამიანის საყრდენ-მამოძრავებელი სისტემა

ადამიანს ევოლუციის პროცესში გამოუმუშავდა რთული საყრდენ-მამოძრავებელი სისტემა და იგი მრავალ ფუნქციებს ასრულებს (იხ. ცხრ. 2.2.7). როგორც ყველა ხერხემალიანს, ადამიანს აქვს შინაგანი ჩონჩხი (სურ. 2.2.35). ადამიანის ჩონჩხს 220-მდე ძვლის ერთობლიობა ქმნის. ჩონჩხის ძირითადი განყოფილებებია: თავის, ტანის, ზემო და ქვემო კიდურების ჩონჩხი (სურ. 2.2.36). ძვლები შედგება შემაერთებული ქსოვილებისგან – ძვლოვანი და ხრტილოვანი ქსოვილებისგან (სურ. 2.2.37). ძვლოვანი ქსოვილი არის მყარი და მტკიცე, რადგან მისი უჯრედშორისი ნივთიერება მდიდარია კალციუმის მარილებით, ხოლო ორგანული ნივთიერებებიდან ცილე-



ბი მას ელასტიკურობას ანიჭებს. ძვალში კალციუმის ნაკლებობისას ძვალი მყიფე ხდება და ვითარდება ოსტეოპოროზი. ამიტომ მნიშვნელოვანია ძვალში კალციუმის შემცველობის რეგულაცია (იხ. სურ. 2.2.29).



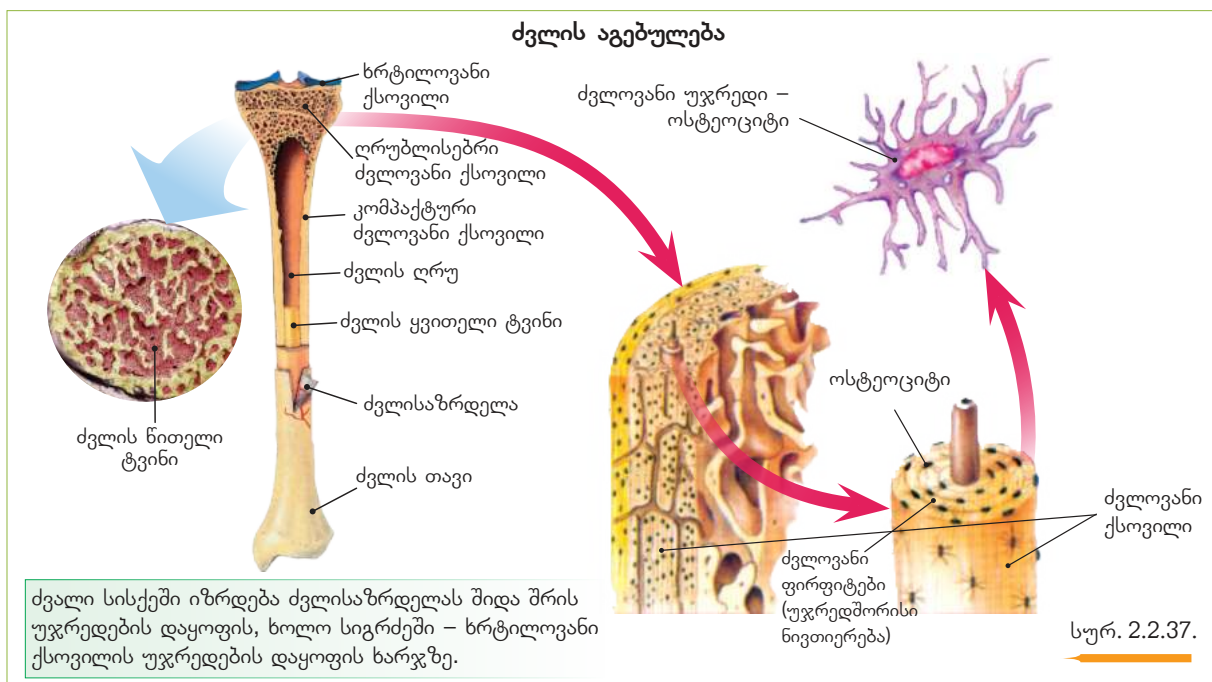
სურ. 2.2.36.

ცხრილი 2.2.7. საყრდენ-მამოძრავებელი სისტემის ფუნქციები

საყრდენ-მამოძრავებელი სისტემის ფუნქციები	მაგალითი
საყრდენი	სხეული ეყრდნობა ხერხემალს და ქვედა კიდურების ძვლებს, მენჯთან ერთად მუცლის კუნთები მუცლის ღრუს ორგანოებისათვის საყრდენ ფუნქციას ასრულებს.
მამოძრავებელი	ჩონჩხის კუნთები მყესებით მიმაგრებულია ძვლებზე. კუნთის შეკუმშვა-მოდუნებისას ჩონჩხის ცალკეული ნაწილები მოქმედებენ, როგორც ბერკეტი და სრულდება სხვადასხვა სახის მოძრაობა.
დამცველობითი	ტვინის ქალა იცავს მასში მოთავსებულ თავის ტვინს, ხერხემლის არხი – ზურგის ტვინს, გულმკერდის ძვლები მკერდისა და ზურგის კუნთებთან ერთად – გულსა და ფილტვებს, მენჯი და მუცლის კუნთები – მუცლის ღრუში მოთავსებულ შინაგან ორგანოებს.
სამარაგო	ძვლების ღრუებში მარაგდება ცხიმი, ძვლებში – მარილები (მაგ. კალციუმის მარილები), რომლებიც გამოიყენება ორგანიზმისთვის აუცილებელი იონების წარმოსაქმნელად.
სისხლმზადი	ძვლის წითელ ტვინში წარმოიქმნება სისხლის ფორმიანი ელემენტები.
თბორეგულაცია	შეკუმშვის დროს კუნთები დიდძალ სითბოს გამოიმუშავენ და ათბობენ ორგანიზმს. ძლიერი სიცხის დროს კუნთები იწყებენ სწრაფ შეკუმშვას – კანკალს და ათბობენ სხეულს.

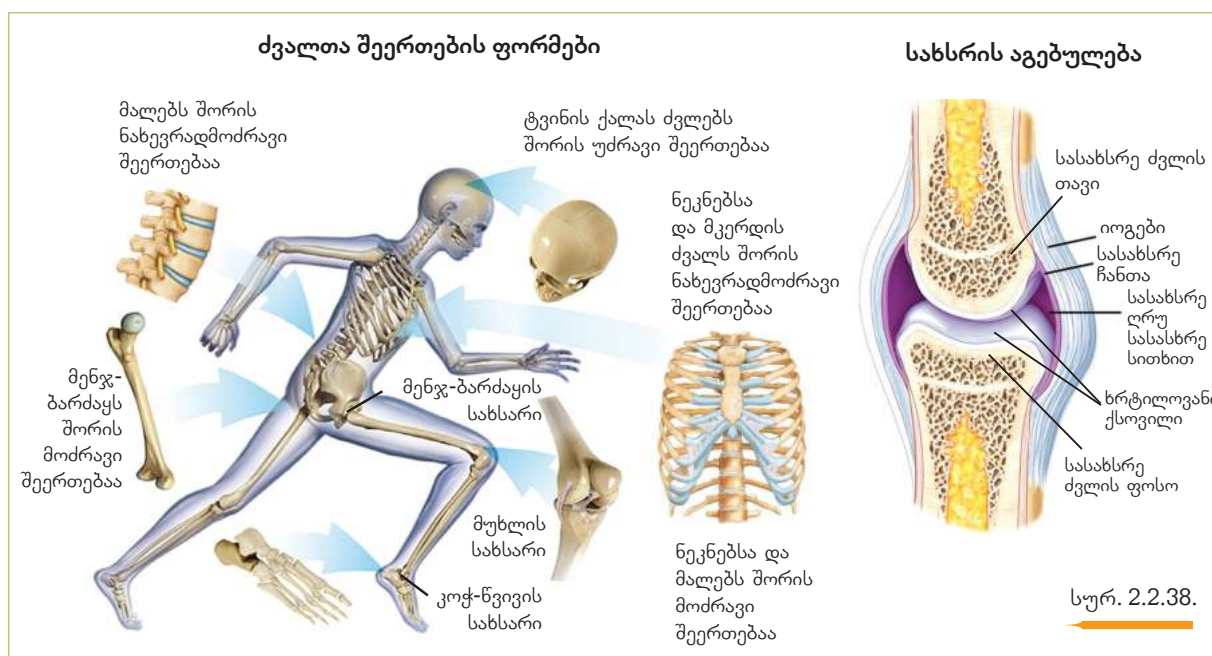


- რატომ განუვითარდათ ცხოველებს საყრდენ-მამოძრავებელი სისტემა?
- ცხოველებში რამდენი ტიპის ჩონჩხი გვხვდება? რა არის გარეგანი ჩონჩხის ნაკლი შინაგან ჩონჩხთან შედარებით?
- გაეცანი ცხრილ 2.2.7-ში მოცემულ ინფორმაციას და დაასახელე ადამიანის საყრდენ-მამოძრავებელი სისტემის ფუნქციები, მოიყვანე შესაბამისი მაგალითები.
- სურათ 2.2.36-ის მიხედვით აღწერე ადამიანის ჩონჩხის აგებულება და თავისებურებანი.



სრტილოვანი ქსოვილი უფრო ელასტიკურია. ახალშობილის ჩონჩხი, ძირითადად, სრტილოვანი ქსოვილისგან შედგება, რომელიც განვითარების პროცესში თანდათან იცვლება ძვლოვანი ქსოვილით, ჩონჩხის ზოგიერთ ნაწილში კი სხვადასხვა ძვლის დაკავშირების ადგილას მთელი სიცოცხლე რჩება. ყოველ ძვალს აქვს ფუნქციის შესაბამისი ფორმა და ზომა. **ძვლები, ფორმის მიხედვით**, არის: გრძელი – ლულისებრი, მოკლე და ბრტყელი (იხ. ცხრ. 2.2.8). სხვადასხვა

ცხრილი 2.2.8 ძვლები ფორმის მიხედვით	
ძვლების ფორმა	მაგალითები
გრძელი, ანუ ლულისებრი	მხრის, წინამხრის, ბარძაყის, წვივისა და წინა ტერფის ძვლები.
მოკლე	მალეები, მავისა და უკანა ტერფის ძვლები (მათ შორის ქუსლის დიდი ძვალი).
ბრტყელი	ტვინის ქალას ძვლები, ბეჭი, ლავინი, მკერდის ძვალი, ნეკნები, მენჯის ძვლები.



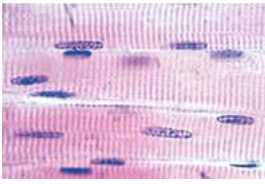
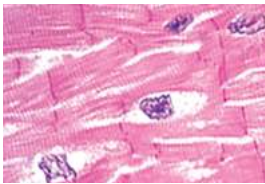
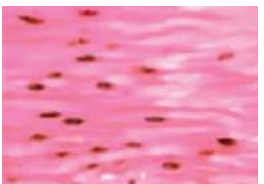
ძვალი ერთმანეთთან კონტაქტში შედის და უკავშირდება ერთმანეთს. ზოგიერთი ძვალი ერთმანეთთან სრულიად უძრავად არის შეერთებული; ზოგი ძვლები ხრტილოვანი ფენითაა დაკავშირებული, რაც ძვლებს სუსტი მოძრაობის საშუალებას აძლევს – **ნახევრადმოძრავი შეერთება**; ზოგიც – **მოძრავად** (სურ.2.2.38). ძვლების მოძრავ შეერთებას

სახსარს უწოდებენ. ძვალთა უძრავი შეერთება განაპირობებს ჩონჩხის სიმტკიცეს, რასთანაც საყრდენი და დამცველობითი ფუნქციაა დაკავშირებული. მაგრამ ჩონჩხს სიმტკიცესთან ერთად მოქნილობაც სჭირდება მამოძრავებელი ფუნქციის შესასრულებლად. ამის საშუალებას იძლევა ძვალთა ნახევრადმოძრავი და მოძრავი შეერთება.

კუნთოვანი სისტემა

ორგანიზმში სხვადასხვა სახის მოძრაობას ახორციელებს კუნთები. არჩევენ ჩონჩხის კუნთებს, გულის კუნთსა და გლუვ კუნთებს (მათი დახასიათება იხ. ცხრ.2.2.9). გლუვი

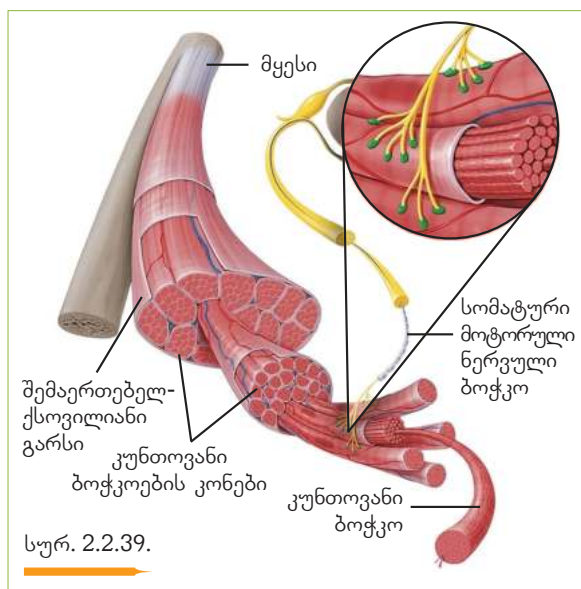
კუნთები გვხვდება ღრუიანი შინაგანი ორგანოების კედლებში (მაგ., სისხლძარღვების, ნაწლავების, შარდის ბუშის, საშვილოსნოს). კუნთოვან ქსოვილში უჯრედებს ეწოდება

ცხრილი 2.2.9 სხვადასხვა ტიპი კუნთების შედარებითი დახასიათება			
კუნთის მახასიათებლები	კუნთის ტიპი		
	ჩონჩხის კუნთი	გულის კუნთი	გლუვი კუნთი
კუნთოვანი ქსოვილი	ჩონჩხის განივზოლიანი 	გულის განივზოლიანი 	გლუვკუნთოვანი 
კუნთოვანი უჯრედის/ბოჭკოს აგებულება და თვისებები	კუნთოვან ბოჭკოს აქვს ცილინდრისებური ფორმა და განივი დახაზულობა, ერთ ბოჭკოში მრავალი ბირთვია; ახასიათებს აგზნებადობა და კუმშვადობა	კუნთოვანი ბოჭკოს აქვს განივი დახაზულობა; ერთ ბოჭკოში ერთი ან ორი ბირთვია, ბოჭკოები ალაგ-ალაგ ერთმანეთს ერწყმის; ახასიათებს აგზნებადობა და კუმშვადობა.	კუნთოვან ბოჭკო თითოისტარისებური ფორმისაა და არ აქვს განივი დახაზულობა, ერთ ბოჭკოში ერთი ბირთვია; ახასიათებს აგზნებადობა და კუმშვადობა.
კუნთის მოქმედების კონტროლი და შეკუმშვის სიჩქარე	აკონტროლებს სომატური ნერვული სისტემა, მოქმედება ნებელობითია; ნერვული იმპულსის შესვლის საპასუხოდ სწრაფად იკუმშება	აკონტროლებს ვეგეტატიური ნერვული სისტემა, მოქმედება უნებლიეა; გულის კუნთში სწრაფად ვრცელდება აგზნება, რადგან კუნთოვანი ბოჭკოები ერთმანეთთან შერწყმულია, ახასიათებს გულის კუნთის ავტომატია (იხ. გვ. 117)	აკონტროლებს ვეგეტატიური ნერვული სისტემა, მოქმედება უნებლიეა; ნერვული იმპულსის შესვლის საპასუხოდ ნელა იკუმშება
ფუნქციები	საყრდენი, მამოძრავებელი და დამცველობითი	მამოძრავებელი – გულის კუნთის შეკუმშები უზრუნველყოფს სისხლის სისხლძარღვებში მოძრაობას	მამოძრავებელი – საჭმლის მომნელებელ არხში საკვების გადაადგილება, სისხლძარღვების სანათურის გაფართოება/შევიწროებით არეგულირებს სისხლის წნევას და ა.შ.

კუნთოვანი ბოჭკოები, რომლებიც შედგებიან კუმშვადი ცილოვანი ძაფებისგან – მიოფიბრილებისგან.

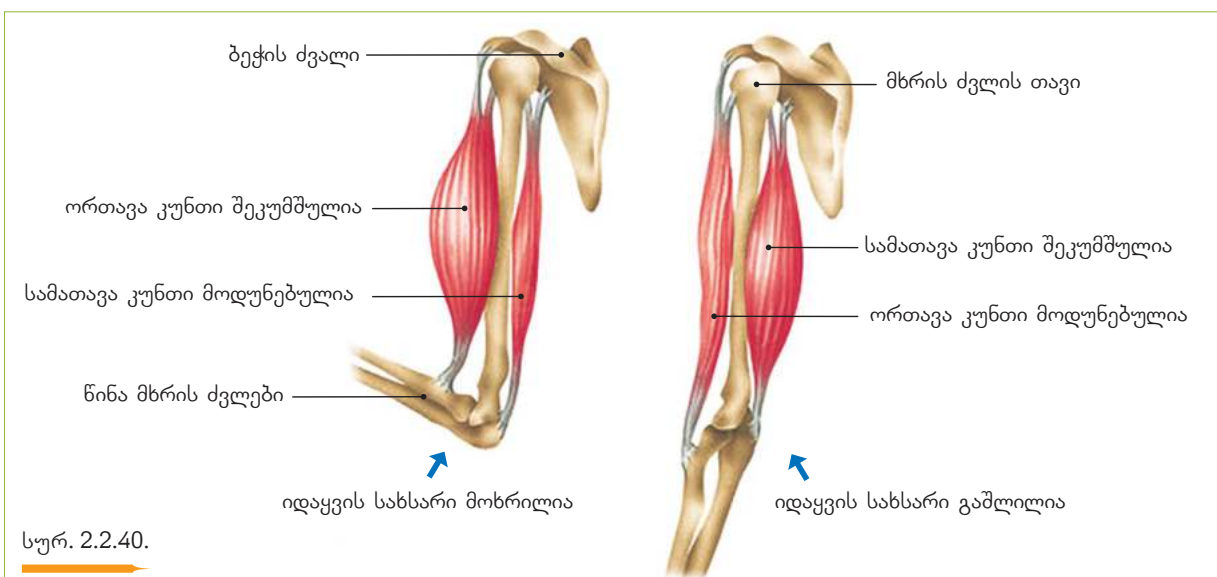
ჩონჩხის კუნთების აგებულება და მოქმედება. ჩონჩხის კუნთები (სურ. 2.2.39) შედგება კუნთოვანი ბოჭკოების კონებისგან, იგი ორივე ბოლოთი მცესებით ძვლებზეა მიმაგრებული. გამონაკლისია მიმიკური კუნთები, რომლებიც მხოლოდ ერთი ბოლოთია მიმაგრებული ძვალზე, ხოლო მეორე ბოლო თავისუფლად ბოლოვდება კანში, თვალისა და ტუჩის ირგვლივ კუნთები კი არცერთი ბოლოთი არ არის მიმაგრებული ძვალზე.

ჩონჩხის კუნთებში შედის ნერვები. ცენტრალური ნერვული სისტემიდან მამოძრავებელი ბოჭკოებით შესული ნერვული იმპულსის საპასუხოდ იგი იკუმშება. თითოეულ კუნთს მხოლოდ ერთი მიმართულებით შეუძლია შეკუმშვა, ამიტომ სხეულის ნაწილთა ასამოძრავებლად ყოველთვის ორი, ხშირად კი რამდენიმე კუნთია საჭირო. ისინი ან ერთად მუშაობენ, ან მონაცვლეობით, ერთმანეთის



სურ. 2.2.39.

საპირისპიროდ. კუნთები ძვლებზე ბერკეტით მოქმედებენ. სურათ 2.2.40-ზე მოცემულია იდაყვის სახსარში მოძრაობაში – მოხრასა და გაშლაში – მომხრელი და გამშლელი კუნთების მოქმედება.



სურ. 2.2.40.



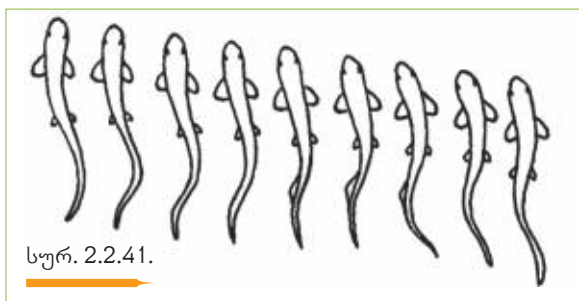
5. თუ ძვალს მუჯავაში მოათავსებენ რამდენიმე საათით, იგი რეზინით ელასტიკური ხდება. ახსენი, რატომ?
6. რატომ არის მნიშვნელოვანი ძვალში კალციუმის მარილების შემცველობის რეგულაცია?
7. გაანალიზე სურათ 2.2.37-ზე მოცემული ინფორმაცია და უპასუხე კითხვებს: 1) ძვალთა შეერთების რამდენი სახეა და რა განსხვავებაა მათ შორის? 2) მოიყვანე ძვალთა შეერთების თითოეული სახის მაგალითი და აღწერე მათი ფუნქციები. 3) როგორია სახსრის აგებულება და რა ფუნქციას ასრულებს სახსრის თითოეული კომპონენტი?
8. ცხრილ 2.2.9-ში მოცემული ინფორმაციის საფუძველზე შეადარე სხვადასხვა ტიპის კუნთები სტრუქტურისა და ფუნქციების მიხედვით.

სხვადასხვა საარსებო გარემოში მოძრაობასთან დაკავშირებული შეგუებულობანი

სხეულის გადაადგილება გულისხმობს რომ, ის სამოძრაო ორგანოს საშუალებით უბიძგებს საყრდენს (წყალს, მიწას, ჰაერს) და საყრდენის უკუქმედების ზეგავლენით გადაადგილება ბიძგის საწინააღმდეგო მიმართულებით. რასაკვირველია, სამოძრაო ორგანოს მიერ ბიძგის შესრულებას მასზე მიმაგრებული კუნთების შეკუმშვა უზრუნველყოფს.

ორგანიზმთა შეგუება წყალში მოძრაობასთან. წყლის სიმკვრივე ძალიან მაღალია და ბევრად აღემატება ჰაერის სიმკვრივეს. მაღალი სიმკვრივის გამო, ორგანიზმებისათვის წყალი არის სხეულისა და ბიძგის გაკეთებისათვის საჭირო საყრდენი. წყალში მცხოვრებ ორგანიზმებს სპეციალური შეგუებულობანი აქვთ წყალში ცურვისთვის. მაგალითად, თევზებს წყალში მოძრაობას ხელს უწყობს სხვადასხვა შეგუებულობანი (იხ. გვ. 32-33). თევზების უმრავლესობა ცურვის დროს წყალს უბიძგებს კუდით და კუდის ფარფლით. ზოგიერთი თევზი მთელს სხეულს ამოძრავებს და ასე უბიძგებს წყალს (სურ. 2.2.41), წყლის სიღრმეებში გადაადგილებაში კი მათ საცურაო ბუშტი ეხმარება. ბაყაყი წყალში მოძრაობის დროს იგი ხრის უკანა გრძელ კიდურებს, შემდეგ კი სწრაფად და ძლიერად შლის, ამით წყალს უბიძგებს, უკუქმედებით წყალი უბიძგებს სხეულს და ეს ბიძგი სხეულს გადაადგილებს წყალში. ბაყაყს უკანა კიდურის თითებს შორის გადაჭიმული საცურაო აპკი ზრდის ტერფის ფართობს და ამიტომ წყალზე განხორციელებული ბიძგი ძლიერია (სურ. 2.2.42). წყლის ძუძუმწოვრები – დელფინები და ვეშაპები წყალს უბიძგებენ კუდითა და განიერი კუდის ფარფლით (სურ. 2.2.43).

ორგანიზმთა შეგუება ჰაერში ფრენასთან. ფრინველების სხეულის აგებულებაში მოხდა მნიშვნელოვანი ცვლილებები, რამაც ხელი შეუწყო მათ ჰაერში ფრენასთან შეგუებას (იხ. გვ. 46-47). ფრენასთან დაკავშირებით ფრინველებისათვის დამახასიათებელია მთელი რიგი შეგუებულობანი (სურ. 2.2.44):



სურ. 2.2.41.



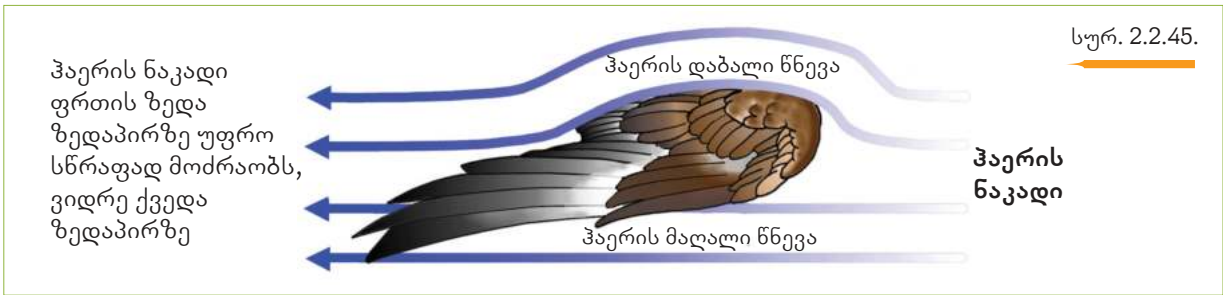
სურ. 2.2.42.



სურ. 2.2.43.



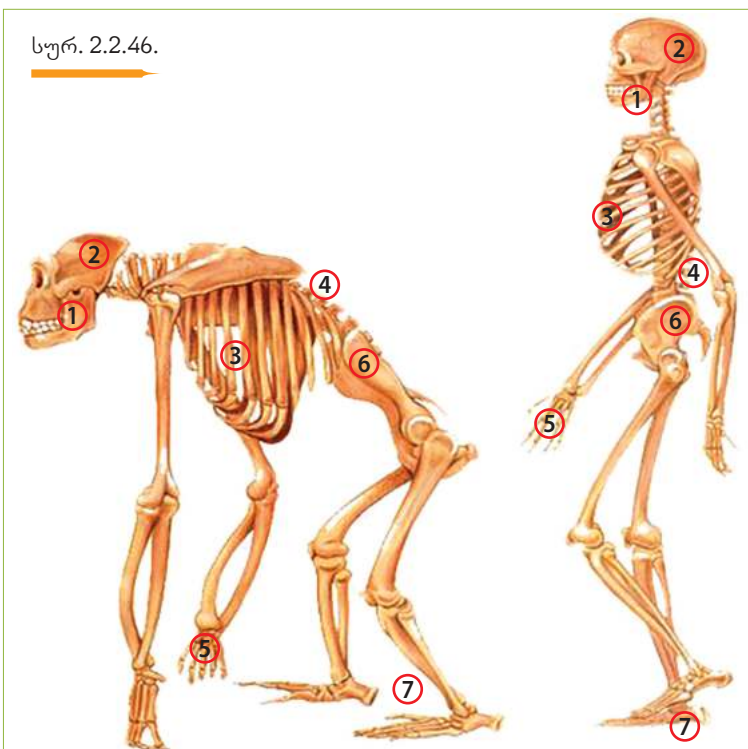
სურ. 2.2.44.



- მხრის სარტყელი (1) კარგად აქვთ განვითარებული და მყარ საყრდენს წარმოადგენს ფრთებისთვის. ფართო მკერდის ძვალსა (2) და ტროპზე (3) მიმაგრებულია მძლავრი მკერდის კუნთები, რომლებიც ფრთებს ამოძრავებენ. წინა კიდურებში შერჩენილი აქვთ მხოლოდ სამი თითი და დაგრძელებულია (4), რაც ზრდის მოსაქმნევი ბუმბულისთვის საყრდენ ფართს. ჩონჩხის ზოგიერთი ნაწილი ერთმანეთთან ძალიან მჭიდროდაა დაკავშირებული. მაგალითად, მენჯი (5) შეზრდილია ხერხემალთან. ეს ფრენის დროს სხეულის სიმტკიცეს განაპირობებს.
- ფრენისას ფრინველი ჰაერის უმნიშვნელო წინააღმდეგობას ხვდება, რადგან ფრინველებს აქვთ სხეულის გარსმდენი ფორმა: მცირე ზომის თავის ქალა (6) და ნაწვეტებული ნისკარტი (7), მომრგვალებული

მკერდი, ბუმბული კრამიტისებურად არის განლაგებული, ფრენისას ფეხები ტანზე მიკრული აქვთ.

- მთელი რიგი შეგუებულობანი ამსუბუქებს ფრინველებს: ღრუიანი ძვლები, ძვლებსა და სხეულის ღრუში არსებული საჰაერო პარკები, ყბებზე არ აქვთ კბილები და შესაბამისად, არ აქვთ ყბის მძიმე საღეჭი კუნთები. მათ მოკლე ნაწლავი აქვთ და ხშირ-ხშირად გამოყეფენ ნარჩენებს. სასქესო ორგანოები ძალიან მცირე ზომისაა და მხოლოდ გამრავლების პერიოდში ვითარდება, კვერცხი სათითაოდ მნიფდება.
- წინა კიდურები ფრთებადაა გადაქცეული. ჰაერის ნაკადი მოძრაობს ფრთის ორივე, გარე და შიდა ზედაპირზე. ფრთის ფორმა (ამოზნექილი), აიძულებს ჰაერის ნაკადს უფრო დიდი სიჩქარით იმოძრაოს ფრთის გარე ზედაპირზე, ვიდრე ფრთის შიდა ზე-



დაპირზე, რომელიც განაპირობებს იმას, რომ ჰაერის წნევა ფრთის ქვეშ უფრო მაღალია (სურ. 2.2.45), ეს კი ხელს უწყობს ჰაერში სხეულის მოძრაობას.

ძუძუმწოვრების კიდურების აგებულება ადაპტირებულია კონკრეტულ საარსებო გარემოში გადაადგილებასთან. მაგალითად, შლამში, ქვიშაში გადაადგილებასთან დაკავშირებით მათ აქვთ ფართე ტერფი, სტეპების გაშლილ სივრცეში მტაცებლებისგან თავდაცვის საშუალებად განუვითარდათ სწრაფი სირბილის უნარი, რომელიც დაკავშირებულია ევოლუციის პროცესში კიდურებში თითების რიცხვის შემცირებასთან (გაიხსენე ცხენის ევოლუცია). თითების შემცირება ამცირებს საყრ-

დენტან/მიწასთან ხახუნის ძალას და ცხოველი უფრო სწრაფად დარბის.

ევოლუციის პროცესში ადამიანსაც მთელი რიგი შეგუებულობანი განუვითარდა საყრდენ-მამოძრავებელ სისტემაში (სურ.2.2.46).

1. ცხოველებთან შედარებით, ადამიანში შემცირებულია ყბების ზომა; 2. ადამიანში გაზრდილია ტვინის ქალას მოცულობა; 3. ცხოველის გულმკერდი კონუსისებრი ფორმისაა,

ხოლო ადამიანის – განზე გაფართოებული და შებრტყელებულია; 4. ადამიანის ხერხემალს აქვს ნადრეკები, რაც მას S-ისებურ ფორმას აძლევს; 5. ადამიანის მტევანში ცერა თითი დაპირისპირებულია დანარჩენ თითებთან; 6. ადამიანის ქვემო კიდურის სარტყელს აქვს თასისებური ფორმა; 7. ადამიანის ტერფი არის თაღოვანი, ხოლო ცხოველის – ბრტყელი.



9. ჩამოთვალე შეგუებულობანი, რომელიც ხელს უწყობს თევზებს წყალში მოძრაობას!
10. ჩამოთვალე შეგუებულობანი, რომელიც ხელს უწყობს ბაყაყს ორგვარ გარემოში გადაადგილებას.
11. ჩამოთვალე შეგუებულობანი, რომელიც ფრინველებს გამოუმუშავდათ ჰაერში ფრენასთან დაკავშირებით.
12. სურათ 2.2.45-ის მიხედვით აღწერე ადამიანის ჩონჩხის თავისებურებანი. ახსენი თითოეული შეგუებულობის ჩამოყალიბების გამომწვევი მიზეზი.
13. სპრინტერები რატომ დარბიან ფეხის წვერებზე?



კვლევის ანგარიშის მომზადება

ექსპერიმენტი – რატომ აქვს აქლემს განიერი ტერფი?

საჭირო მასალა: მუყაოს ყუთი, წვრილი ქვიშა ან ფქვილი, 500 გრამიანი გირი, პლასტმასის ერთნაირი მასალის სხვადასხვა ფართის (5X5 სმ და 15X15 სმ) ფირფიტა, სახაზავი.

კვლევის ეტაპები:

1. მუყაოს ყუთში ჩაყარე ქვიშა/ფქვილი;
2. ფქვილის ზედაპირი მოასწორე;
3. ფქვილის ზედაპირზე ფრთხილად მოათავსე ფირფიტა 5X5 სმ ფართის და მასზე ზუსტად შუაში მოათავსე გირი;
4. დაიცადე 5-10 წამი და ჯერ გირი, შემდეგ კი ფირფიტა ფრთხილად აიღე;
5. სახაზავით გაზომე ფირფიტის მიერ ქვიშის/ფქვილის ზედაპირზე დატოვებული ნაკვალევის სიღრმე და მონაცემი შეიტანე მონაცემთა ცხრილში;
6. გამოთვალე წნევის სიდიდე ($P=F/S$) და მონაცემი შეიტანე მონაცემთა ცხრილში;
7. 2-6 ნაბიჯი გაიმეორე 15X15 სმ ფართის ფირფიტისთვისაც.



ფირფიტის ზედაპირის ფართი	ფირფიტის ნაკვალევის სიღრმე	წნევის სიდიდე
25 სმ²	×	×
225 სმ²	×	×

ანალიზი:

- როგორ განსხვავდება სხვადასხვა ფართის ფირფიტის ნაკვალევის სიღრმე?
- როგორ არის დაკავშირებული ნაკვალევის სიღრმე წნევის სიდიდესთან?

დასკვნა:

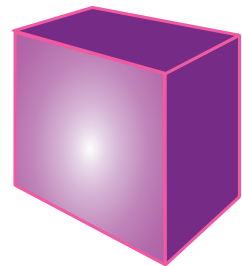
დააკვირდი აქლემის ფლოქვის ილუსტრაციას და ექსპერიმენტის მონაცემების ანალიზიდან გამომდინარე განმარტე, რაში გამოიხატება აქლემის შეგუებულობა ქვიშნარში გადაადგილებასთან?

2.2.7.

ნივთიერებათა მიმოცვლა ორგანიზმსა და გარემოს შორის. ნივთიერებათა ტრანსპორტი ორგანიზმში.



უმი კარტოფილისგან გამოჭრეს სამი კუბი ნიბოებით: 1 სმ, 2 სმ, 4 სმ – სხვადასხვა ზომის უჯრედის მოდელი; 20 წუთის განმავლობაში ისინი მოათავსეს ჭიქაში და მთლიანად დაფარეს იოდის წყალხსნარით; თითოეული მათგანი დანით ფრთხილად გაჭრეს შუაზე, გაჭრილი კუბების შიგნით მოძებნეს „უჯრედის ცენტრი“, გაზომეს ხსნარით შეფერილი და შეუფერადებელი ნაწილები და გამოთვალეს თითოეულისთვის დიფუზიის სიჩქარე.



- როგორ ფიქრობ, რომელ კუბში დაფიქსირდებოდა დიფუზიის მაღალი სიჩქარე? რატომ?
- ნივთიერებათა ტრანსპორტში გარემოდან უჯრედში და პირიქით, დიფუზიის გარდა, მემბრანული ტრანსპორტის რა სახეები მონაწილეობს?
- თვით უჯრედში რა უწყობს ხელს ნივთიერებათა ტრანსპორტირებას?
- მრავალუჯრედიან ორგანიზმებში რატომ განვითარდა სპეციალური სატრანსპორტო სისტემები?
- რატომ არის მნიშვნელოვანი ნივთიერებათა ცვლა ორგანიზმსა და გარემოს შორის?
- რატომ არის მნიშვნელოვანი ორგანიზმში ნივთიერებათა ტრანსპორტი? მოიყვანე შესაბამისი მაგალითები.

ყოველი უჯრედი გამუდმებით საჭიროებს ჟანგბადითა და საკვები ნივთიერებებით მომარაგებას, ერთმანეთთან კავშირს, ასევე, ცვლის პროდუქტებისგან გათავისუფლებას. ამრიგად, ორგანიზმის სიცოცხლე დამოკიდებულია ორგანიზმსა და გარემოს შორის ნივთიერებათა მიმოცვლაზე, ასევე, თვით ორგანიზმში მიმდინარე ნივთიერებათა ტრანსპორტირებაზე. თითოეული უჯრედი ნივთიერებათა ცვლას გარემოსთან აწარმოებს დიფუზიისა და მემბრანული ტრანსპორტის სხვა საშუალებებით. უჯრედის შიგნით ნივთიერებები დიფუზიისა და ციტოპლაზმის მოძრაობის შედეგად გადაადგილდება. ტრანსპორტის ეს საშუალებები მცირე მანძილზე ნივთიერებათა გადასატანად საკმარისია. ამიტომ იგი კარგად და სწრაფად მუშაობს ერთუჯრედიანებში და

ისეთ მრავალუჯრედიანებში, რომელთაც საკმარისად დიდი აქვთ თანაფარდობა სხეულის ზედაპირისა მის მოცულობასთან (მაგ., ნაწლავლურუიანებში). ასეთ შემთხვევაში სპეციალური სატრანსპორტო სისტემები საჭირო არ არის.

როთულ მრავალუჯრედიან ორგანიზმებში განვითარდა სპეციალური სატრანსპორტო სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს საჭირო ნივთიერებათა შორ მანძილზე სწრაფ ტრანსპორტს. ასეთ შემთხვევაში ნივთიერებები გადაადგილდება მასიური, საერთო ნაკადების სახით. **საერთო ნაკადი** – ეს არის ნივთიერებათა მასიური გადატანა ერთი ადგილიდან მეორეზე წნევათა სხვაობის ხარჯზე. სხვადასხვა ნივთიერება ერთად გადაიტანება წყალხსნარების ან სუსპენზიების სახით.

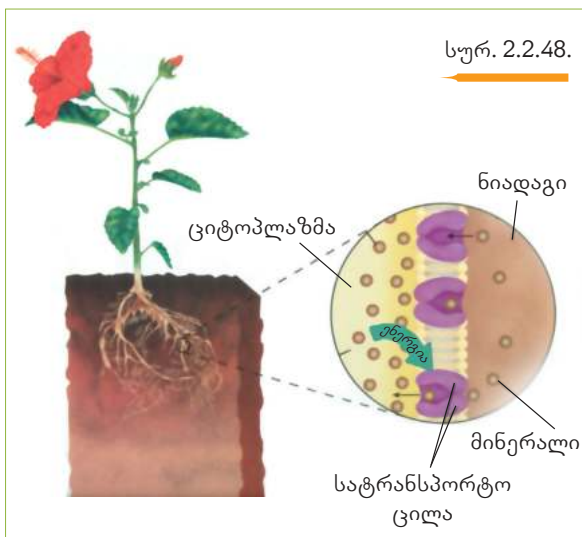
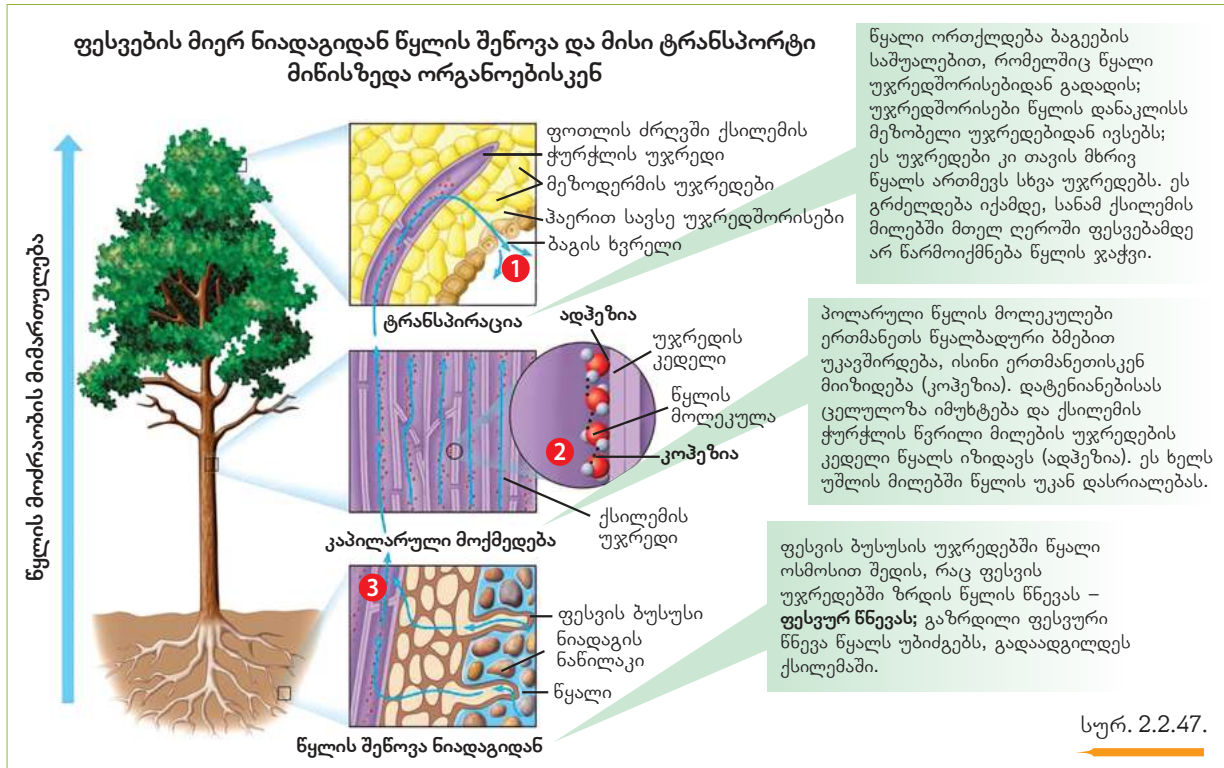
2.2.7.1. სატრანსპორტო სისტემა მცენარეებში

მცენარეებს – გვიმრანაირებიდან დაწყებული – აქვთ სპეციალური სატრანსპორტო სისტემა ქსილემისა და ფლოემის სახით (იხ. პირველი ნაწ. სურ. 2.1.34). **ქსილემა** შედგება ჭურჭლებისგან. ჭურჭლები წარმოადგენს წაგრძელებული ფორმის მკვდარ უჯრედებს, რომელთაც მხოლოდ უჯრედის კედელი და

სიგრძივი ტიხრები აქვს შენარჩუნებული. მასში ფესვის მიერ შეწოვილი წყალი და მინერალური მარილები მოძრაობს ფოთლებისაკენ. ფლოემა საცრისებური მილებისაგან შედგება. საცრისებური მილები ცოცხალი უჯრედებია და განივი ტიხრები აქვს. მასში ორგანული საკვები ნივთიერებები მოძრაობს ორივე მი-

მართულებით: ფოთლებიდან ღეროსა და ფესვისაკენ, მიწისქვეშა სამარაგო ქსოვილებიდან მიწისზედა ორგანოებისაკენ. მცენარის მიერ ნიადაგიდან წყლის შთანთქმასა და ქსილემის ჭურჭლებში გადაადგილებას სამი ძირითადი

პროცესი განაპირობებს (სურ. 2.2.47): ფესვური წნევა, კაპილარული მოქმედება ქსილემის წვრილ ჭურჭლოვან მილებში და ტრანსპირაციით.



მცენარე ნიადაგიდან ითვისებს, აგრეთვე, მინერალურ მარილებს. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მცენარისათვის კალიუმის, ფოსფორის, აზოტის მარილები. მინერალური მარილების შთანთქმა აქტიური ტრანსპორტით ხდება (სურ. 2.2.48). ამაზე მეტყველებს ექსპერიმენტები, რომელთაც აჩვენებს, რომ მინერალური ნივთიერებების შთანთქმაზე ენერგია იხარჯება. მაგალითად, თუ ფესვებს ჟანგბადი არ მიეწოდება და მის უჯრედებში სუნთქვა წყდება, მაშინ მინერალური მარილების შთანთქმა მკვეთრად მცირდება. ასევე, თუ მცენარეს სიბნელეში მოვათავსებთ, მაშინ ნახშირწყლების მარაგის გამოლევის შემდეგ იგი მარილების შთანთქმას წყვეტს და პირიქით, შეიძლება გარემოში გამოყოს.

1. სურათ 2.2.47-ის მიხედვით ახსენი: 1) რა გზას გაივლის წყალი ნიადაგიდან მცენარის ფოთლებამდე; 2) რა პროცესები უწყობს ხელს წყლის შეწოვას და გადაადგილებას მცენარის მიწისზედა ორგანოებისაკენ? 3) ახსენი, წყლის მოლეკულის აგებულების თავისებურება როგორ უწყობს ხელს მის გადაადგილებას ქსილემაში.
2. რატომ გაჩნდა მცენარეებში სპეციალური სატრანსპორტო სისტემა?

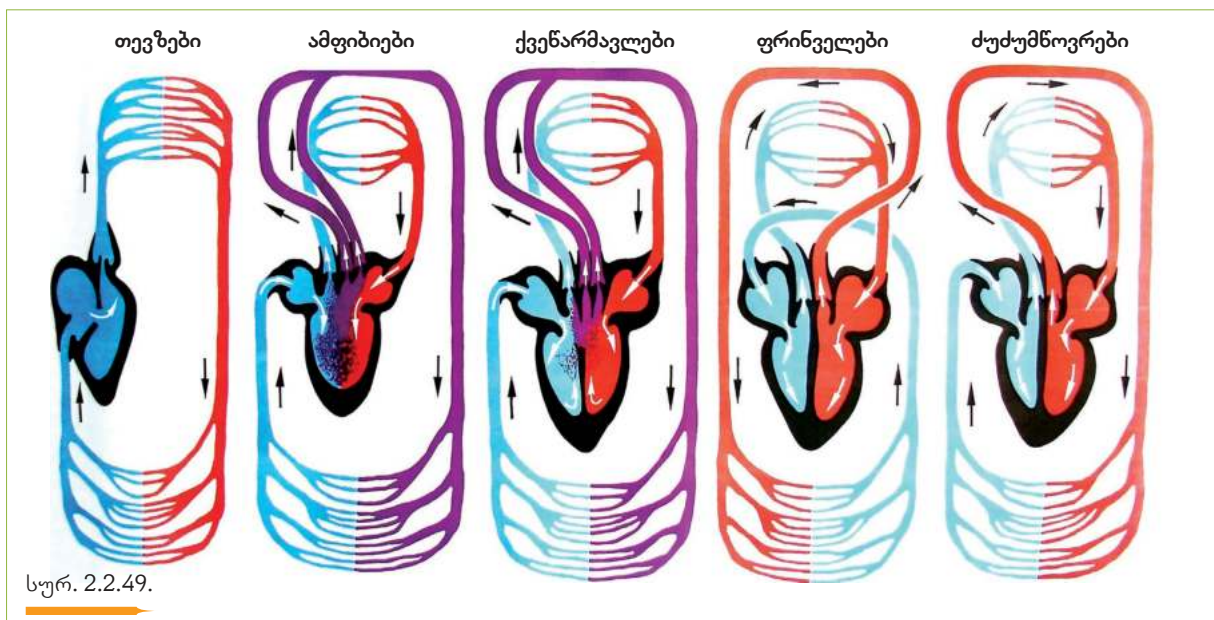
2.2.7.2. ცხოველების სატრანსპორტო სისტემა

როთელ მრავალუჯრედიან ცხოველურ ორგანიზმებში ნივთიერებათა სატრანსპორტო ფუნქციას ასრულებს სისხლის მიმოქცევის სისტემა, რომელიც ევოლუციის პროცესში პირველად რგოლოვან ჭიებში გაჩნდა. სისხლის მიმოქცევის სისტემა სამი კომპონენტისგან შედგება:

- **სისხლი** – ნივთიერებათა შორ მანძილზე და სწრაფ ტრანსპორტს უზრუნველყოფს სისხლის ნაკადი;
- **კუმშვადი ორგანო**, რომელიც მოქმედებს, როგორც ტუმბო და უზრუნველყოფს სისხლის მოძრაობას მთელ სხეულში; ეს შეიძლება იყოს გული ან სახეშეცვლილი სისხლძარღვი;
- **მილები**, ე.წ. სისხლძარღვები, რომელშიც სისხლი მოძრაობს.

სისხლის მიმოქცევის სისტემა არის ღია და დახშული. **ღია სისხლის მიმოქცევის სისტემა** დამახასიათებელია ფეხსახსრიანებისათვის, მოლუსკებისათვის. **დახშული სისხლის მიმოქცევის სისტემაში** სისხლი ჩაკეტილ სისხლძარ-

ღვებში მოძრაობს და უშუალო კონტაქტში ქსოვილებსა და უჯრედებთან არ შედის. ჩაკეტილი სისხლის მიმოქცევის სისტემა დამახასიათებელია ზოგიერთი რგოლოვანი ჭიებისა და მოლუსკებისათვის, ხერხემლიანებისათვის. ხერხემლიანებში სისხლის მიმოქცევის სისტემამ გარკვეული ცვლილება და განვითარება განიცადა ევოლუციის პროცესში (სურ. 2.2.49). ყველა ხერხემლიანს დახშული სისხლის მიმოქცევის სისტემა აქვს, მაგრამ ისინი განსხვავდებიან გულის საკნებისა და სისხლის მიმოქცევის წრეების რიცხვის მიხედვით. ეს განსხვავებები რამდენიმე ასეული მილიონი წლის განმავლობაში განვითარდა, რაც ზოგიერთმა ხერხემლიანმა წყალი დატოვა და ხმელეთზე გამოვიდა. ხმელეთის ხერხემლიანებში სუნთქვის ორგანო ლაყუჩები შეიცვალა ფილტვებით, რომელმაც, თავის მხრივ, ხმელეთის პირველ ხერხემლიანებში ამფიბიების გულში საკნების რიცხვი გაზრდა (სამსაკნიანი გული – ორი წინაგული და ერთი პარკუჭი) და ფილტვის წრის განვითარება გამოიწვია.



3. გაანალიზე სურათ 2.2.49-ზე მოცემული ინფორმაცია და უპასუხე კითხვებს: 1) როგორი სისხლი მოძრაობს თევზების გულში? 2) რა განსხვავებაა თევზებისა და ამფიბიების სისხლის მიმოქცევის სისტემაში და რასთანაა დაკავშირებული ეს განსხვავება? 3) რა განსხვავებაა ქვენარმავლებისა და ფრინველების სისხლის მიმოქცევის სისტემაში?



ხელოვნური სისხლი

გაეცანი ტექსტში მოცემულ ინფორმაციას და უპასუხე თანდართულ კითხვებს

საჭიროების შემთხვევაში დღეს აქტიურად იყენებენ ე.წ. ხელოვნური სისხლის გადასხმას. ხელოვნური სისხლი არის სითხე, რომელიც არ შეიცავს უჯრედებს, მაგრამ მასში ისეთი მოლეკულებია, რომლებიც, შეიკავშირებენ ჟანგბადს და ახდენენ მის ტრანსპორტირებას. ხელოვნური სისხლის მთავარი უპირატესობა ბუნებრივ სისხლთან შედარებით ის არის, რომ იგი არ შეიცავს პათოგენებს (მაგ., აივ-ს, B და C ჰეპატიტის ვირუსებს), მისი წარმოება შეიძლება შეუზღუდავად (მაშინ, როდესაც გადაუდებელ სიტუაციებში ხშირად სისხლის შოვნა პრობლემაა), შენახვა შეიძლება ხანგრძლივი დროით, იგი თავსებადია ნებისმიერი სისხლის ჯგუფის მქონე პაციენტისთვის.

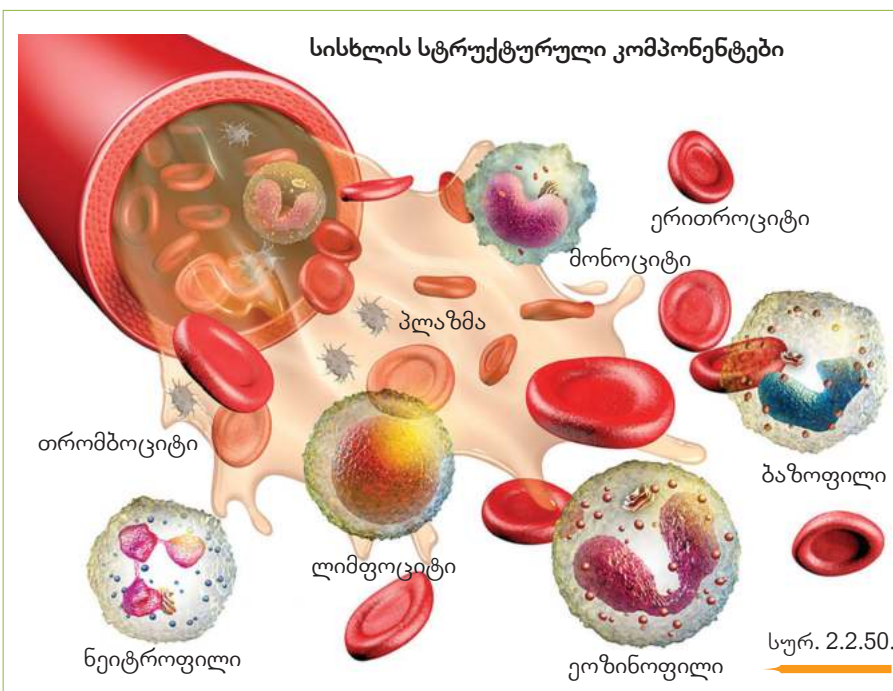
- რას წარმოადგენს ხელოვნური სისხლი?
- რა უპირატესობა აქვს ხელოვნური სისხლის გადასხმას ბუნებრივ სისხლთან შედარებით?
- სისხლის რომელი ფორმირების ელემენტის ფუნქციას ასრულებს ხელოვნური სისხლი?
- ხელოვნურ სისხლში რომელი ცილის შესაბამისი მოლეკულები უნდა იყოს, რომელიც ჟანგბადს იკავშირებს და ახდენს მის ტრანსპორტირებას?
- შენი აზრით, რა ნაკლი აქვს ხელოვნურ სისხლს?

ადამიანისთვის დამახასიათებელია დახშული სისხლის მიმოქცევის სისტემა. ყოველ უჯრედს გარს აკრავს უჯრედშორისი სითხე, რასაც **ქსოვილური სითხე** ეწოდება. ქსოვილური სითხიდან უჯრედებში შედის საკვები ნივთიერებები და ჟანგბადი, ხოლო უჯრედიდან მასში გადმოდის ნახშირორჟანგი და სხვა ცვლის პროდუქტები. ქსოვილური სითხე სისხლიდან განუწყვეტლივ ივსება წყლით, ჟანგბადით, საკვები ორგანული ნივთიერებებითა და სხვა ქიმიური ნაერთებით. ქარბი ქსოვილური სითხე გადადის ქსოვილებში ბრმად დაბოლოებულ ლიმფურ კაპილარებში და წარმოქმნის **ლიმფას** (მსხვილი ლიმფური სადინარები უერთდება ვენებს და სითხე კვლავ სისხლში ბრუნდება). **სისხლი, ქსოვილური სითხე და ლიმფა ორგანიზმის შინაგან თხევად გარემოს ქმნის.**

ზრდასრული ადამიანის ორგანიზმში არის 5 ლ-მდე სისხლი. მოსვენებულ მდგომარეობაში

როგორც სისხლის მოცულობის 45-50% გროვდება **სისხლის დეპოზებში** – ელენთაში, ღვიძლში, კანისა და ფილტვების სისხლძარღვებში.

სისხლი შედგება ფორმირებული ელემენტებისა და სისხლის პლაზმისგან (სურ. 2.2.50). სისხლი თხევადი შემადგენელი ქსოვილია, რადგან სისხლის მოცულობის 55-60% შეადგენს უჯრედშორისი ნივთიერება – მოყვითალო, ბლანტი, თხევადი შემადგენელი ნაწილი – **სისხლის პლაზმა**.



პლაზმაში არის 90% წყალი, ცილები 7%, ცხიმები 0.8%, გლუკოზა 0.12%, მინერალური მარილები 0.9%, უჯრედის ცხოველმომედების პროდუქტები, ფერმენტები, ჰორმონები, ვიტამინები. მიუხედავად იმისა, რომ უჯრედებში განუწყვეტილად მიმდინარეობს მეტაბოლური პროცესები, რის გამოც შინაგანი გარემოდან უჯრედებში შედის გარკვეული ნივთიერებები, ხოლო გამოიყოფა ცვლის პროდუქტები, ასევე, ორგანიზმი მუდმივად განიცდის გარემოს ზემოქმედებას, იგი მაინც თვითრეგულაციის გზით ინარჩუნებს შინაგანი გარემოს შედარებით მუდმივ შედგენილობას – ჰომეოსტაზს. სისხლის ფორმირება ელემენტების ფუნქციები და აგებულების თავისებურებანი იხილე ცხრილში – 2.2.10-ში.

ადამიანში სისხლის ფუნქციები:

I. **სატრანსპორტო:** გადააქვს — 1) ჟანგბადი

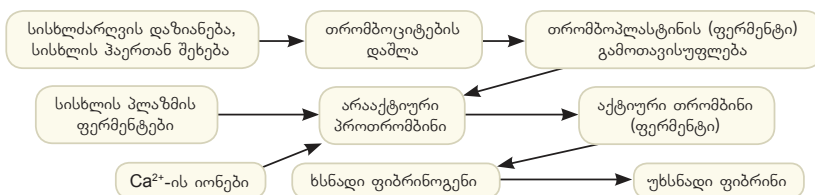
სუნთქვის ორგანოებიდან სხეულის ყველა ქსოვილში; 2) საკვები ნივთიერებები წვრილი ნაწლავებიდან სხვადასხვა ორგანოებსა და ქსოვილებში; 3) ცვლის პროდუქტები (მათ შორის ნაზშირორჟანგი) ქსოვილებიდან გამომყოფ ორგანოებში; 4) ჰორმონები მისი წამოქმენის ადგილიდან ყველა ორგანოსა და ქსოვილში ანდა სამიზნე ორგანოსა და ქსოვილში; 5) სითბოს ტრანსპორტირება შინაგანი ორგანოებიდან პერიფერიისკენ.

II. **დამცველობითი:** 1) სისხლის შედედება, რაც იცავს ორგანიზმს დიდი რაოდენობით სისხლის დაკარგვისა და დაავადების გამომწვევი მიკრობების შეჭრისგან; 2) ფაგოციტოზი – სისხლის თეთრი უჯრედების ერთ-ერთი სახეობა შთანთქავს და მოინელებს სისხლში შეჭრილ მიკრობებს; 3) ლიმფოციტების მიერ განხორციელებული იმუნური დაცვა.

ცხრილი 2.2.10 სისხლის ფორმირება ელემენტების სტრუქტურა და ფუნქციები		
სისხლის ფორმირება ელემენტი	ფუნქცია	სტრუქტურისა და სხვა თავისებურებების შესაბამისობა ფუნქციებთან
ერიტროციტი	ფილტვებიდან ქსოვილებში ჟანგბადის ტრანსპორტირება და ქსოვილებიდან ნაზშირორჟანგის გადატანა ფილტვებში	- არ აქვს ბირთვი და მის ადგილსაც ციტოპლაზმაში იკავებს ჰემოგლობინი; ჰემოგლობინი ცილაა, რომელსაც აქვს ჟანგბადთან დაკავშირების უნარი; - იგი მხოლოდ 120 დღე ცოცხლობს და იშლება ლვიძლსა და ელენთაში. ახალი ერიტროციტები წარმოიქმნება ძვლის წითელ ტვინში; - ერიტროციტს აქვს ორმხრივ ჩაზნექილი დისკოს ფორმა, რაც ზრდის ჟანგბადთან შეხების ზედაპირს. ერიტროციტის ფორმა და მცირე ზომა აადვილებს მის მოძრაობას კაპილარებში.
ლეიკოციტები – ფაგოციტები (ნეიტროფილები და მონოციტები)	ორგანიზმის დაცვა დაავადების გამომწვევი მიკროორგანიზმებისგან, უცხო სხეულებისა და ნივთიერებებისგან	- ერიტროციტებზე დიდი ზომისაა და გააჩნია დანაკეთული ბირთვი; - შეუძლია ფორმის შეცვლა და ამების მსგავსად ცრუფეხებით გადაადგილება, მათ შორის, კაპილარის კედელში გაძრომა; - ფაგოციტს შეუძლია ორგანიზმში შეჭრილი მიკროორგანიზმების შთანთქმა და მონელება უჯრედის შიგნით – ფაგოციტოზი.
ლეიკოციტები – ლიმფოციტები	ორგანიზმის დაცვა დაავადების გამომწვევი მიკროორგანიზმებისგან, უცხო სხეულებისა და ნივთიერებებისგან	- გააჩნია დიდი ზომის სფერული ბირთვი; - მისი მგრძნობიარე პლაზმური მემბრანა ადვილად აღმოაჩენს მიკროორგანიზმს და მათ წინააღმდეგ გამოყოფს ცილოვანი ბუნების ანტისხეულს; - სიცოცხლის ხანგრძლივობა ზოგჯერ რამდენიმე წელია (იმუნიტეტი იხ. ნაწილი 1, გვ. 108).
თრომბოციტი	მონაწილეობა სისხლის შედედებაში (სურ. 2.2.51)	უჯრედის უბირთვო ფრაგმენტია, იგი ძვლის წითელ ტვინში წარმოიქმნება. მისი დაშლისას გამოთავისუფლებული ფერმენტი მონაწილეობს სისხლის შედედებაში.

სისხლის შედედება ორგანიზმს იცავს სისხლის დაკარგვისა და ჭრილობაში პათოგენური მიკროორგანიზმის შეჭრისგან

სისხლის შედედების პროცესი



შედედებაში მონაწილე სისხლის ცილების მემკვიდრული დეფექტები იწვევს ძლიერ სისხლდენას (მაგ., ჰემოფილია).



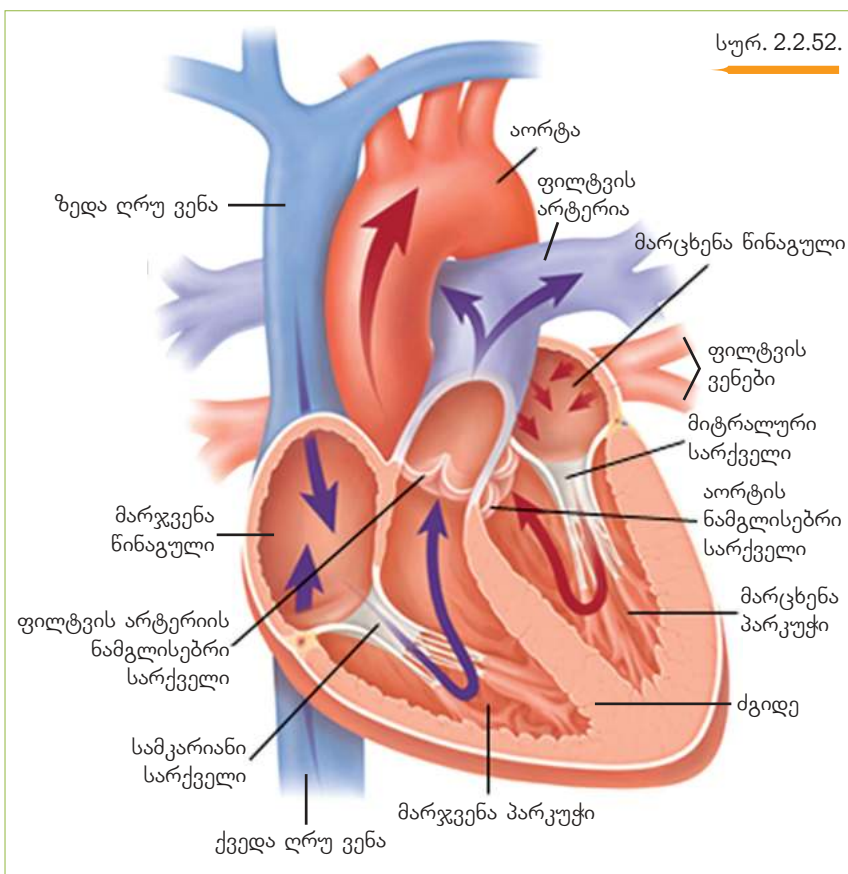
სისხლის კოლტი

სურ. 2.2.51.

გულისა და სისხლძარღვების აგებულება და ფუნქციები

გული უზრუნველყოფს სისხლის მოძრაობას სისხლძარღვებში. ზრდასრული ადამიანის გულის მასა 250-300 გრამია. იგი მდებარეობს გულმკერდის ღრუში, შუა ხაზიდან უკან და ოდნავ მარცხნივ. გული კუნთოვანი

ღრუიანი ორგანოა. გარედან შემაერთებელ ქსოვილოვანი გულის პერანგით არის დაფარული. გულის კუნთი შედგება გულის განივზოლიანი კუნთოვანი ქსოვილისგან (იხ. გვ. 105). გულის სტრუქტურული კომპონენტები

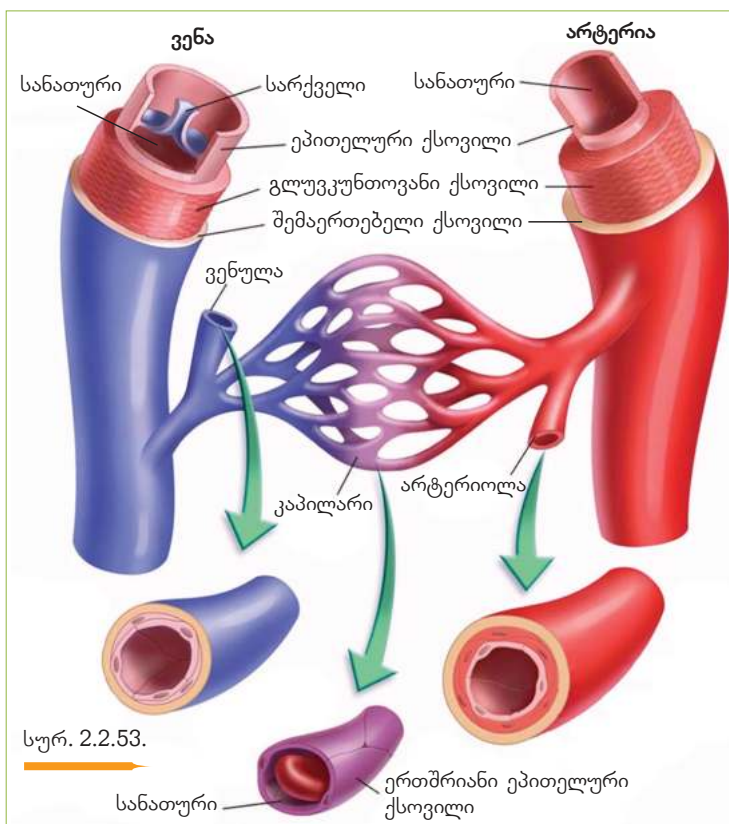


სურ. 2.2.52.

წარმოდგენილია სურათ 2.2.52-ზე. ძგიდით გული ორ – მარცხენა და მარჯვენა ნახევრადგამიჯნული. გულის მარცხენა ნახევარში ყოველთვის მოძრაობს ჟანგბადით მდიდარი – **არტერიული სისხლი**, ხოლო მარჯვენა ნახევარში – ჟანგბადით ღარიბი – **ვენური სისხლი**. წინაგულებსა და პარკუჭებს, ასევე პარკუჭებსა და არტერიებს შორის მოთავსებულია სარქველები, რომლებიც უზრუნველყოფენ გულში სისხლის ერთი მიმართულებით მოძრაობას – წინაგულებიდან პარკუჭებისკენ და პარკუჭებიდან არტერიებისკენ.

არჩევენ სამი ტიპის სისხლძარღვს: **არტერიებს** – გულიდან გამოაქვთ

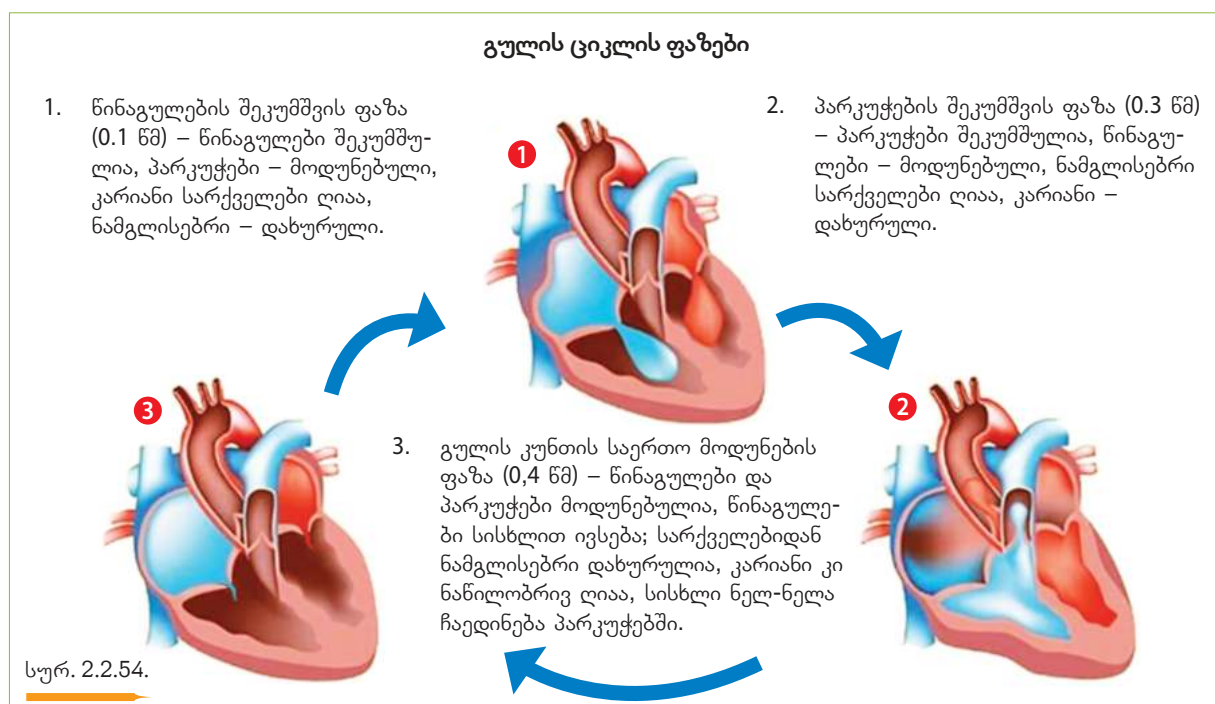
სისხლი, **ვენებს** – გულში ჩააქვთ სისხლი და **კაპილარები** – ქსოვილებს ამარაგებს სისხლით და არტერიებსა და ვენებს ერთმანეთთან აკავშირებს. პარკუჭების შეკუმშვის ძალა იწვევს სისხლის გადაადგილებას არტერიებში. სისხლი გარკვეული ძალით აწევა სისხლძარღვის კედელს და ამ ძალას **არტერიული წნევა** ეწოდება. იგი სხვადასხვა სისხლძარღვში განსხვავებულია. ყველაზე მაღალი წნევით სისხლი აორტაში და შემდეგ კი არტერიებში მოძრაობს, ხოლო ყველაზე დაბალი წნევით – ზედა და ქვედა ღრუ ვენებში. სისხლი სისხლძარღვებში მოძრაობს მაღალი წნევიდან დაბალი წნევისკენ. სისხლი ყველაზე მაღალი სიჩქარით მოძრაობს აორტაში (0,5მ/წმ), ყველაზე დაბალი სიჩქარით კი კაპილარებში (0,5,-1,2 მმ/წმ). სისხლძარღვების აგებულება მათ ფუნქციებს შეესაბამება (სურ. 2.2.53).



გულის მუშაობა და გულის მუშაობის რეგულაცია

გული ციკლურად მუშაობს (სურ. 2.2.54). თითოეული ციკლი სამი ფაზისგან შედგება:

წინაგულების შეკუმშვა (წინაგულების სისტოლა), პარკუჭების შეკუმშვა (პარკუჭების

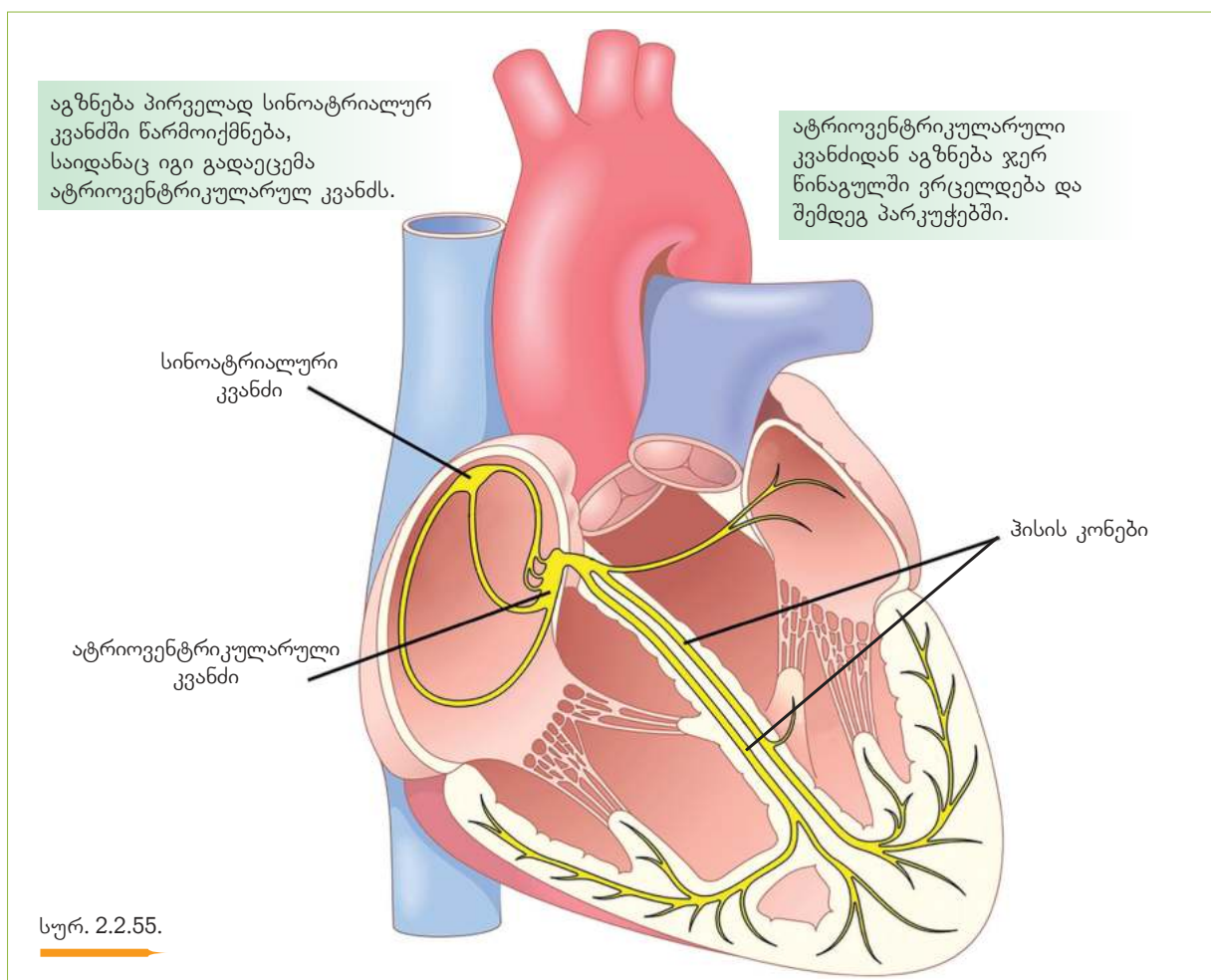


სისტოლა), გულის კუნთის საერთო მოდუნება (დიასტოლა).

გულის შეკუმშვათა სიხშირე და ძალა დამოკიდებულია ორგანიზმის შინაგანი გარემოს მდგომარეობასა და გარეგან პირობებზე. მაგალითად, ფიზიკური დატვირთვის დროს ჩონჩხის კუნთების საკვებ ნივთიერებებსა და ჟანგბადზე გაძლიერებული მოთხოვნის გამო, გულის შეკუმშვათა სიხშირე და ძალა იზრდება. შედეგად, სისხლძარღვებში, დროის გარკვეულ მონაკვეთში გული მეტ სისხლს გადაისვრის. გულის შეკუმშვების სიხშირე იცვლება სიცხესა და სიცივეშიც. გულის მუშაობა რეგულირდება ნერვული და ჰუმორული მექანიზმებით. ისინი იწვევენ გულის მოქმედების აჩქარებას ან შენელებას, გაძლიერებას ან შესუსტებას. გულის მუშაობას არეგულირებს ავტონომიური ნერვული სისტემა. სიმპათიკური ნერვები იწვევენ გულის შეკუმშვათა სიხშირისა და სიძლიერის გაზრდას, პარასიმპათიკური კი – შეკუმშვათა სიხშირისა და

სიძლიერის შემცირებას. ჰუმორული რეგულაცია ხორციელდება ენდოკრინული სისტემითაც (მაგალითად, თირკმელზედა ჯირკვლის ჰორმონი ადრენალინი ახშირებს გულის შეკუმშვებს და აძლიერებს) და სხვა ქიმიური ნივთიერებებითაც (მაგალითად, Ca-ის მარილები აძლიერებენ და აჩქარებენ გულის შეკუმშვებს).

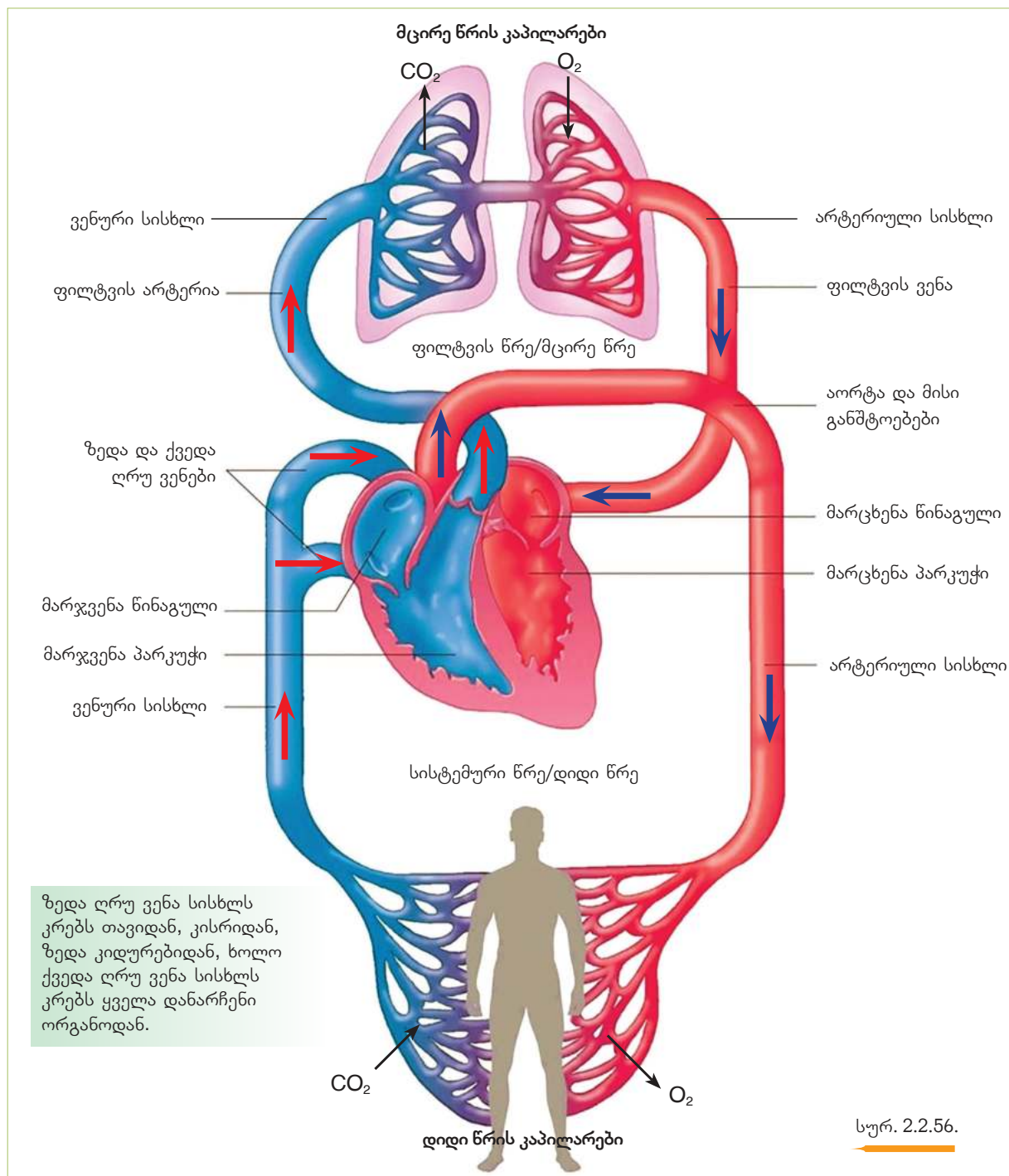
გულის რითმულ შეკუმშვას კი განაპირობებს თვით გულის კუნთში მიმდინარე პროცესები. როდესაც ცხოველებიდან ამოღებულ გულს მოათავსებენ ჟანგბადით გაჯერებულ საკვებ ხსნარში, იგი გარკვეული ხნის განმავლობაში განაგრძობს რითმულ შეკუმშვას მიუხედავად იმისა, რომ მასზე გავლენას არ ახდენს არც ნერვული და არც ჰუმორული სტიმული. **გულის კუნთის უნარს, შეიკუმშოს თვით გულის კუნთში წარმოშობილი ნერვული იმპულსის გავლენით, გულის კუნთის ავტომატია ეწოდება (სურ. 2.2.55).**



სისხლის ცირკულირება ორგანიზმში

ადამიანის ორგანიზმში არის სისხლის მიმოქცევის ორი წრე, რომლებშიც სისხლი მოძრაობს გულიდან ქსოვილებისაკენ/ორგანოებისკენ და ორგანოებიდან გულისაკენ. ეს არის: **ფილტვის წრე, ანუ მცირე წრე** – გულის მარჯვენა პარკუჭიდან სისხლი გადაიტუმბება ფილტვებში; **სისტემური, ანუ დიდი წრე**

– გულის მარცხენა პარკუჭიდან სისხლი გადაიტუმბება სხეულის ყველა ნაწილში (სურ. 2.2.56). მცირე წრის კაპილარებში ვენური სისხლი არტერიულ სისხლად გარდაიქმნება, ხოლო დიდი წრის კაპილარებში – არტერიული სისხლი ვენურ სისხლად.



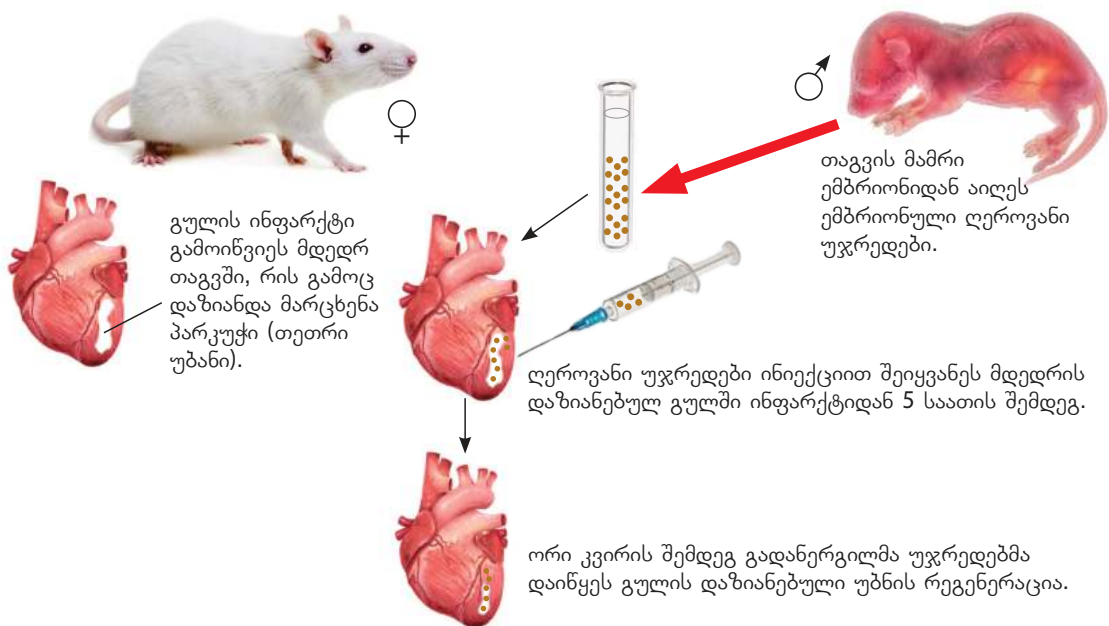


სამედიცინო ბიოტექნოლოგია

მეცნიერები ინტენსიურად მუშაობენ ღეროვანი უჯრედების ზოგიერთი დაავადების მკურნალობის საშუალებად გამოყენების ტექნოლოგიების დამუშავებაზე. სურათზე წარმოდგენილია გულის ინფარქტის ღეროვანი უჯრედებით მკურნალობის მაგალითი.

მაგრამ მკურნალობის ამ მეთოდთან ბევრი პრობლემაა დაკავშირებული. მაგალითად, ღეროვანი უჯრედების სხეულში შეყვანის შემდეგ მეცნიერები ვერ აკონტროლებენ უჯრედების დიფერენციაციას, მათ გავრცელებას სხეულის სხვა ნაწილზე; ადგილი აქვს ქრომოსომულ მუტაციებს ღეროვანი უჯრედების დიფერენცირებისას (მაგ., ტრისომია 12 და ტრისომია 17 გავრცელებული პრობლემაა).

დაზიანებული გულის კუნთის აღდგენა ემბრიონული ღეროვანი უჯრედებით

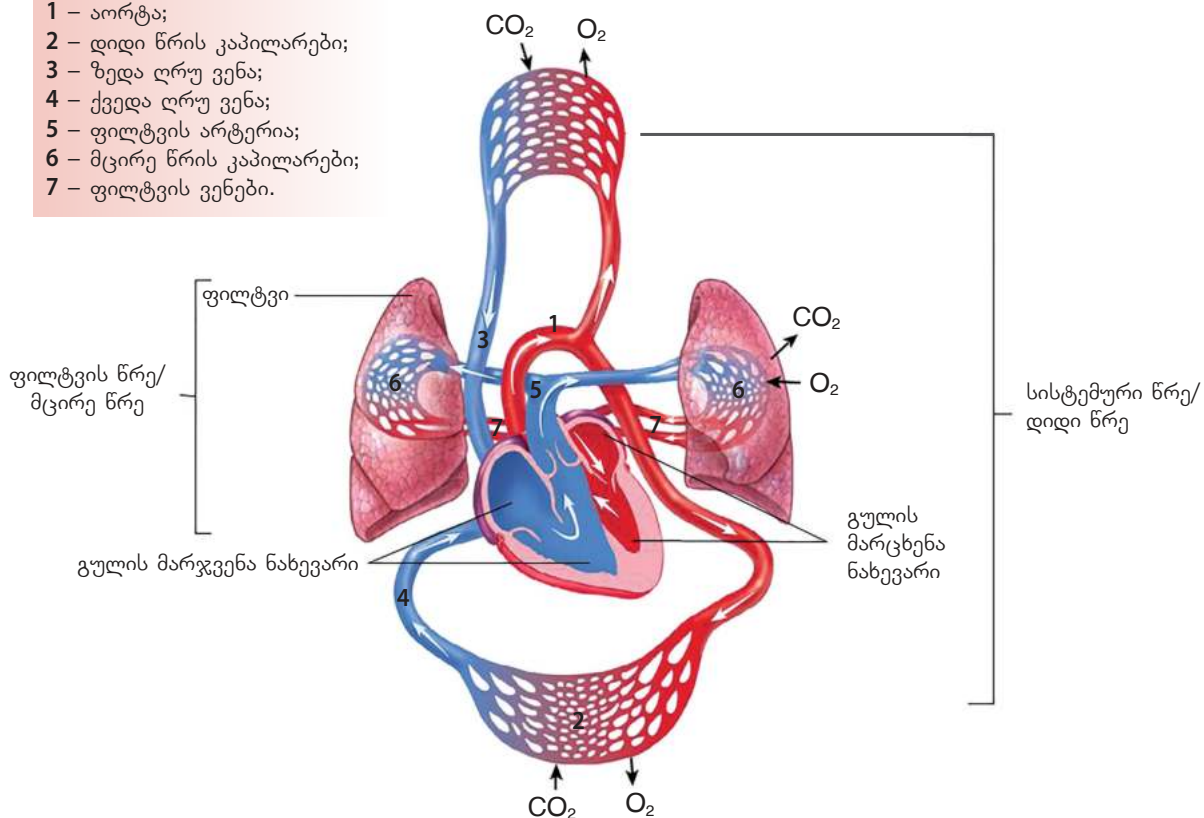


- გაეცანი ცხრილ 2.2.10-ში მოცემულ ინფორმაციას და აღწერე სისხლის ფორმიანი ელემენტების სტრუქტურული აგებულების შესაბამისობა მათ ფუნქციებთან.
- რა ფუნქციას ასრულებენ წინაგულები? პარკუჭები?
- რაში გამოიხატება სისხლძარღვების აგებულებისა და ფუნქციის შესაბამისობა?
- რატომ არის კაპილარებში სისხლის მოძრაობის სიჩქარე ყველაზე დაბალი და რა ბიოლოგიური მნიშვნელობა აქვს ამ ფაქტს?
- რას ნიშნავს გულის კუნთის ავტომატია?
- როგორ რეგულირდება გულის მუშაობა?
- გაეცანი რუბრიკაში – „მეცნიერება პრაქტიკაში“ – ტექსტსა და სურათზე მოცემულ ინფორმაციას და უპასუხე კითხვებს: 1) სამკურნალო მიზნით ღეროვანი უჯრედების გადანერგვა რა პრობლემების წინაშე აყენებს მეცნიერებს? 2) თავგვი ინფარქტის სამკურნალოდ რატომ გამოიყენეს ემბრიონული ღეროვანი უჯრედები და არა ზრდასრული ღეროვანი უჯრედები, მაგალითად, ძვლის წითელი ტვინის უჯრედები? 3) მდებარი თავგვის სამკურნალოდ მამრი ემბრიონის ემბრიონული უჯრედების გამოყენება როგორ დაეხმარებოდა მეცნიერებს იმის დადგენაში, რომ დაზიანებული გულის კუნთის აღდგენა დაკავშირებული იყო გადანერგილ ღეროვან უჯრედებთან და არა თვითაღდგენასთან?
- სისხლში აირების შემცველობა ერთნაირია – 1) ფილტვის ვენებსა და სისტემური წრის კაპილარების დასაწყისში, 2) ღრუ ვენებსა და ფილტვის არტერიაში. ახსენი, რატომ?



12. სურათზე მითითებული რიცხვების გამოყენებით დაწერე: 1) რა გზას გაივლის ფილტვებში მოხვედრილი ჟანგბადი, მაგალითად, ფეხის კუნთების უჯრედებამდე; 2) რა გზას გაივლის თავის ტვინში წარმოქმნილი ნახშირორჟანგი ფილტვებამდე.

- 1 – აორტა;
- 2 – დიდი წრის კაპილარები;
- 3 – ზედა ღრუ ვენა;
- 4 – ქვედა ღრუ ვენა;
- 5 – ფილტვის არტერია;
- 6 – მცირე წრის კაპილარები;
- 7 – ფილტვის ვენები.



2.2.8. მეტაბოლიზმი

ნივთიერებათა და ენერგიის განუწყვეტლივი ცვლა ორგანიზმსა და გარემოს შორის გულისხმობს გარემოდან ორგანიზმში სხვადასხვა ნივთიერებათა შესვლას, ორგანიზმის მიერ ამ ნივთიერებების ათვისებას, უჯრედებში მათ ჩართვას სხვადასხვა ტიპის ბიოქიმიურ რეაქციებში და ცვლის პროდუქტების გარემოში გამოყოფას. ამ პროცესებს ორგანიზმებში უზრუნველყოფს ისეთი სასიცოცხლო თვისებები, როგორიცაა კვება, სუნთქვა და გამოყოფა.

უჯრედში მიმდინარეობს უამრავი სახის ბიოქიმიური რეაქცია, რომელზედაც დამოკიდებულია უჯრედის ფუნქციონირება. უჯრედში მიმდინარე მრავალფეროვანი ბიოქიმიური რეაქციებს ორ ჯგუფში აერთიანებენ: ბიოსინთეზის რეაქციები – **ასიმილაცია**, ანუ **ანაბოლიზმი** ანუ **პლასტიკური ცვლა** და **დისიმილაცია**, ანუ **კატაბოლიზმი**, ანუ **ენერგეტიკული ცვლა**. ანაბოლიზმის ანუ პლასტიკური ცვლის დროს მარტივი ნივთიერებებისგან სინთეზირდება რთული ორგანული ნივთიერებები, ხოლო კატაბოლიზმის ანუ ენერგეტიკული ცვლის დროს რთული ორგანული ნივთიერებები მარტივ ნივთიერებებად იშლება. ანაბოლიზმისა და კატაბოლიზმის პროცესების ერთობლიობას **მეტაბოლიზმი** ეწოდება.

ნივთიერებათა ცვლილებების ყველა ამ პროცესის დროს განუწყვეტელივ ხდება ენერგიის გარდაქმნაც. ანაბოლიზმი და კატაბოლიზმი ურთიერთსაწინააღმდეგო პროცესებია, მაგრამ ერთმანეთთან დაკავშირებულია და ერთმანეთს განაპირობებს. ატფ – ენერგიის უნივერსალური წყარო – წარმოადგენს

შუალედურ რგოლს ენერგეტიკულ და პლასტიკურ ცვლას შორის. ენერგეტიკული ცვლის დროს გამოთავისუფლებული ენერგიის ხარჯზე ატფ სინთეზირდება, რომელიც პლასტიკურ ცვლაზე იხარჯება. ატფ-ში დაგროვებული ენერგია უჯრედში გარდაიქმნება სითბურ, მექანიკურ, ელექტრულ და სინათლის ენერგიად (მანათობელ ორგანიზმებში, მაგ., ციცი-ნათელაში). ამრიგად, ცოცხალ ორგანიზმებშიც მოქმედებს თერმოდინამიკის კანონები: ენერგია არც იქმნება და არც ქრება. იგი მხოლოდ ერთი ფორმიდან მეორეში გარდაიქმნება, ან ერთი ობიექტიდან მეორეს გადაეცემა. ენერგიის ერთი ფორმიდან მეორეში გარდაქმნის დროს ადგილი აქვს ენერგიის ნაწილის უსარგებლო ფორმის (ძირითადად, სითბოს) სახით დაკარგვას.

მეტაბოლიზმის რეგულაცია. მეტაბოლიზმის რეგულაციაში განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ფარისებრი ჯირკვლის ჰორმონ თიროქსინს. თავის მხრივ, სისხლში თიროქსინის რაოდენობას ჰიპოფიზი არეგულირებს უარყოფითი უკუკავშირის მექანიზმით. თიროქსინი უჯრედებში აძლიერებს გლუკოზის დაჟანგვას/აერობულ სუნთქვას, რაც იმას ნიშნავს, რომ უჯრედებში უფრო მეტი ენერგია გამოიშვავდება და უფრო აქტიურდებიან. თუ ფარისებრი ჯირკვლი ჭარბად გამოიშვავებს თიროქსინს, ვითარდება მდგომარეობა, რომელსაც **ჰიპერთიროიდიზმი** ეწოდება. იგი იწვევს უჯრედებში ჟანგვითი პროცესების გაძლიერებას, პულსის გახშირებას, სხეულის ტემპერატურის, არტერიული წნევისა და ნერვული აგზნებადობის მომატებას, წონაში



1. რა არის მეტაბოლიზმი?
2. რა კავშირია ანაბოლიზმსა და კატაბოლიზმს შორის?
3. რა ნივთიერება ასრულებს ენერგიის ძირითადი წყაროს როლს?
4. რა ნივთიერება ასრულებს უნივერსალური ენერგიის წყაროს როლს?
5. რა როლი აქვს მეტაბოლიზმის რეგულაციაში ფარისებრ ჯირკვალს?
6. წარმოიდგინე, რომ ორგანიზმი ფიზიკურად დატვირთულია, ივარაუდე, როგორ შეიცვლება ჰიპოფიზისა და ფარისებრი ჯირკვლების ენდოკრინული ფუნქცია; შეადგინე შესაბამისი კოგნიტური სქემა.
7. ახალგაზრდა ცხოველებს (ბაჭიებში, ლეკვებში) ფარისებრი ჯირკვლის ამოკვეთა აფერხებდა მათში ჩონჩხის ზრდას, ორგანიზმის განვითარებას, მაგ., სქესობრივ მომწიფებას. ექსპერიმენტის შედეგებიდან გამომდინარე, თიროქსინი, ენერგეტიკული ცვლის გარდა, კიდევ რა პროცესებს არეგულირებს ორგანიზმში?

კლებას, თვალის კაკლის წინ წამოწევას. ვითარდება **ბაზედოვის** დაავადება. თუ ფარისებრი ჯირკვალის ვერ გამოიმუშავებს საკმარისი რაოდენობის თიროქსინს, ვითარდება მდგომარეობა, რომელსაც **ჰიპოთირეოიდიზმი** ეწოდება. იგი იწვევს უჯრედებში ჟანგვითი პროცესების შენელებას, პულსის გაიშვიათებას,

სხეულის ტემპერატურის, არტერიული წნევისა და ნერვული აგზნებადობის შემცირებას, წონაში მომატებას, ფრჩხილები და თმები მსხვრევადია. ზრდასრულ ადამიანში ვითარდება დაავადება **მიქსედემა**, ბავშვებში – **კრეტინიზმი** და **მიქსედემა**.

2.2.8.1. სუნთქვა



ლაპლასისა და ლავუაზიეს ერთობლივი ექსპერიმენტები

გაეცანი ტექსტის შინაარსს და უპასუხე თანდართულ კითხვებს

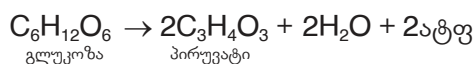
1777-1783 წლებში სამეცნიერო თანამშრომლობა შედგა ფიზიკოსს, მათემატიკოსსა და ასტრონომ ლაპლასსა და ქიმიკოსსა და ბიოლოგ ლავუაზიეს შორის. მათ ჩატარებული ექსპერიმენტების საფუძველზე განსაზღვრეს სითბოს ის რაოდენობა, რომელსაც გასცემდა ზღვის გოჭის ორგანიზმი ყინულის კალორიმეტრში. პარალელურად შეისწავლებოდა ცხოველის მიერ გამოყოფილი ნახშირორჟანგის რაოდენობა და ამით ადგენდნენ ორგანიზმში დაჟანგული ნახშირბადის რაოდენობასაც. შემდეგ ლავუაზიემ და ლაპლასმა განსაზღვრეს იმ სითბური ენერგიის რაოდენობა, რომელიც გამოთავისუფლდა ცხოველის ორგანიზმში დაჟანგული ნახშირბადის რაოდენობის შესაბამისი ნახშირბადის კალორიმეტრში დანვის შედეგად. კალორიმეტრული ხერხით ენერგიის განსაზღვრის ორივე შედეგი მსგავსი აღმოჩნდა. ექსპერიმენტების შედეგების ანალიზის საფუძველზე მეცნიერებმა შესაბამისი დასკვნა გააკეთეს.

- ექსპერიმენტების შედეგების ანალიზის საფუძველზე რა დასკვნას გააკეთებდნენ მეცნიერები?
- ცხოველის ორგანიზმში მიმდინარე მეტაბოლიზმის რა პროცესის შედეგად გამოთავისუფლდებოდა სითბო? ეუკარიოტული უჯრედის რომელ სტრუქტურაში მიმდინარეობს ეს პროცესი?
- რა საერთოა ცხოველის ორგანიზმში მიმდინარე ნახშირბადის დაჟანგვასა და კალორიმეტრში ნახშირბადის დანვას შორის?

სუნთქვა არის პროცესი, რომლის საშუალებითაც ორგანიზმი იღებს სიცოცხლისათვის აუცილებელ ენერგიას საკვები ორგანული ნივთიერებების დაშლის შედეგად. სუნთქვა მოიცავს – 1) აირთა ცვლას ორგანიზმსა და გარემოს შორის; 2) უჯრედულ სუნთქვას. **უჯრედული სუნთქვა** არის უჯრედში მიმდინარე მრავალსაფეხურიანი ბიოქიმიური პროცესების ერთობლიობა, რომლის დროსაც ორგანული ნივთიერებების (ძირითადად, ნახშირწყლების) დაშლის შედეგად გამოთავისუფლებული ენერგიის ხარჯზე ხდება ენერგიით მდიდარი ატფ-ის – ენერგიის უნივერსალური წყაროს – სინთეზი. ატფ-ს ენერგიის უნივერსალურ წყაროს უწოდებენ, რადგან ყველა ორგანიზმში სასიცოცხლო პროცესებზე ატფ-ის ენერგია იხარჯება. უჯრედებში ატფ-ის მრავალი დიდი არ არის, ამიტომ მის აღსადგენად განუწყვეტ-

ლივ მიმდინარეობს ორგანული ნივთიერებების ბიოლოგიური დაჟანგვა ენერგეტიკული ცვლის პროცესში. ენერგეტიკული ცვლა უჯრედის დონეზე, ანუ უჯრედული სუნთქვა ორ ეტაპად მიმდინარეობს: უჟანგბადო და ჟანგბადიანი ეტაპი.

უჯრედული სუნთქვა განვიხილოთ გლუკოზის დაჟანგვის მაგალითზე, რადგან გლუკოზა არის ენერგიის ძირითადი წყარო. გლუკოზის უჟანგბადო დაშლის ეტაპს გლიკოლიზი ეწოდება. ამ დროს გამოთავისუფლებული ენერგიის 40% ატფ-ში გროვდება, ხოლო 60% სითბოს სახით იფანტება.



ენერგეტიკული ცვლის ჟანგბადიან ეტაპზე წარმოქმნილი პიროყურძნის მჟავა (პირუვატი) გადადის მიტოქონდრიებში, ჩაერთვება კრებ-

სის ციკლში და განიცდის რთულ გარდაქმნებს, რომელთა საბოლოო პროდუქტია ნახშირორჟანგი, წყალი, 36 მოლეკულა ატფ. ამ დროს გამოთავისუფლებული ენერგიის 55% ატფ-ში გროვდება, ხოლო 45% სითბოს სახით იფანტება. გლიკოლიზისა და აერობული სუნთქვის პროცესების შემავსებელი ქიმიური რეაქციის ფორმულაა:



ზოგიერთ ორგანიზმში უჯრედული სუნთქვა მხოლოდ უფანგბადო ეტაპით მიმდინარეობს და ასეთ ორგანიზმებს ანაერობული

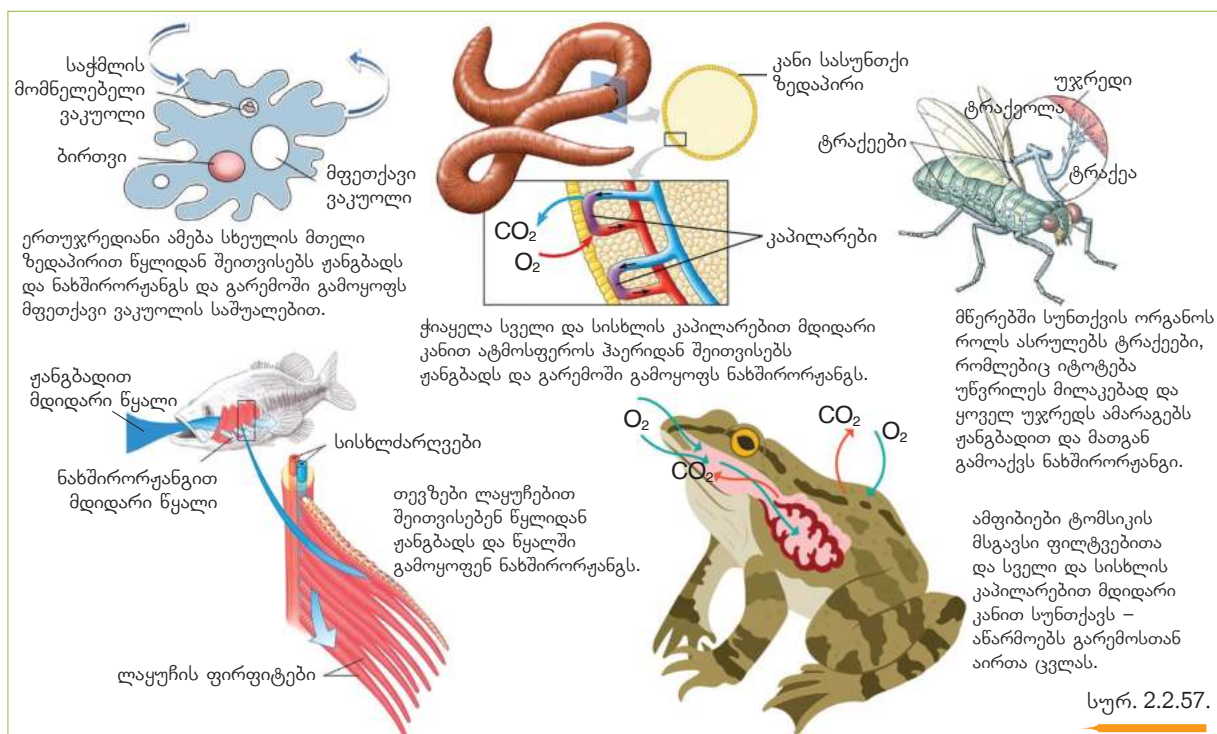
ორგანიზმები, ხოლო თვით პროცესს ანაერობული სუნთქვა ეწოდება. მაგალითად, ზოგიერთ ანაერობულ ბაქტერიაში მიმდინარეობს ანაერობული სუნთქვა – რძემჟავა დუღილის პროცესი: უფანგბადო ეტაპზე წარმოქმნილი პირუვატიდან ($\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$) წარმოიქმნება რძემჟავა ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$). რძემჟავა დუღილის პროცესი ფანგბადის ნაკლებობისას კუნთოვან უჯრედებშიც მიმდინარეობს.

მცენარეულ უჯრედებსა და ზოგიერთ საფუარა სოკოებში მიმდინარეობს სპირტული დუღილი: პირუვატიდან მიიღება ეთილის სპირტი ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) და გამოიყოფა CO_2 .

სასუნთქი სისტემის ევოლუცია აერობულ ორგანიზმებში

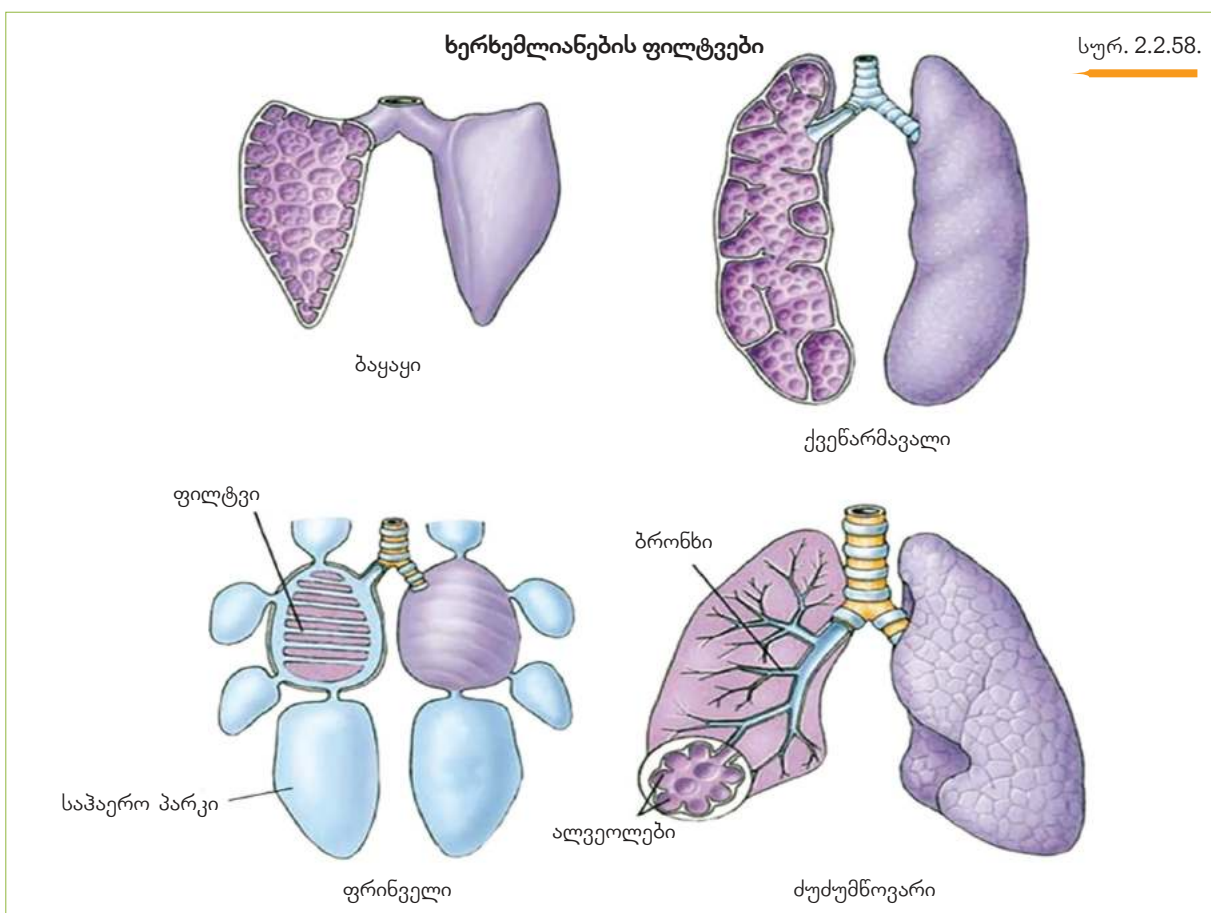
აერობული სუნთქვისთვის უჯრედები საჭიროებენ მუდმივად მომარაგებას ფანგბადით და ორგანიზმიდან დაჟანგვის პროდუქტების (ნახშირორჟანგისა და წყლის) გამოყოფას. ჰაერიდან ფანგბადის შეთვისება და ორგანიზმიდან ნახშირორჟანგის გამოდევნა სხვადასხვა გზით ხდება. მაგალითად, მცენარეებში ჰაერიდან ფანგბადი ბაგეების გავლით შეაღწევს ფოთლის უჯრედებში და ნახშირორჟანგიც ბაგეების საშუალებით გამოიყოფა ფო-

თლიდან. მცენარეთა სხვა ორგანოები, მაგ. ფესვი, რომლებსაც ბაგეები არ აქვს, სუნთქვენ სპეციალური ფორების საშუალებით, ხოლო მერქნიანი ღერო მასზე არსებული კოჟრების საშუალებით. აერობული ერთუჯრედიანები უჯრედის მთელი ზედაპირით შთანთქავენ ფანგბადს და, ასევე, გამოყოფენ ცვლის საბოლოო პროდუქტებს; ცხოველურ ორგანიზმებს კი სპეციალური სუნთქვის სისტემა განუვითარდათ (სურ. 2.2.57).



აირთა ცვლის ეფექტიანობა დამოკიდებულია ძირითადად ორ ფაქტორზე: 1. გარემოში ჟანგბადის რაოდენობაზე; 2. სასუნთქი სისტემის განვითარებაზე. რაც უფრო მაღალორგანიზებულია ორგანიზმი, მით უფრო აქტიურია მეტაბოლიზმი მის უჯრედში და მეტია ორგანიზმის მოთხოვნილება ჟანგბადზე. ამიტომ ძუძუმწოვრები განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით ჟანგბადს საჭიროებენ. შესაბამისად, მათი სასუნთქი სისტემა განსაკუთრებით კარგად არის განვითარებული (სურ. 2.2.58). ალვეოლების ერთობლიობა ძლიერ ზრდის ფილტვებში სასუნთქი ზედა-

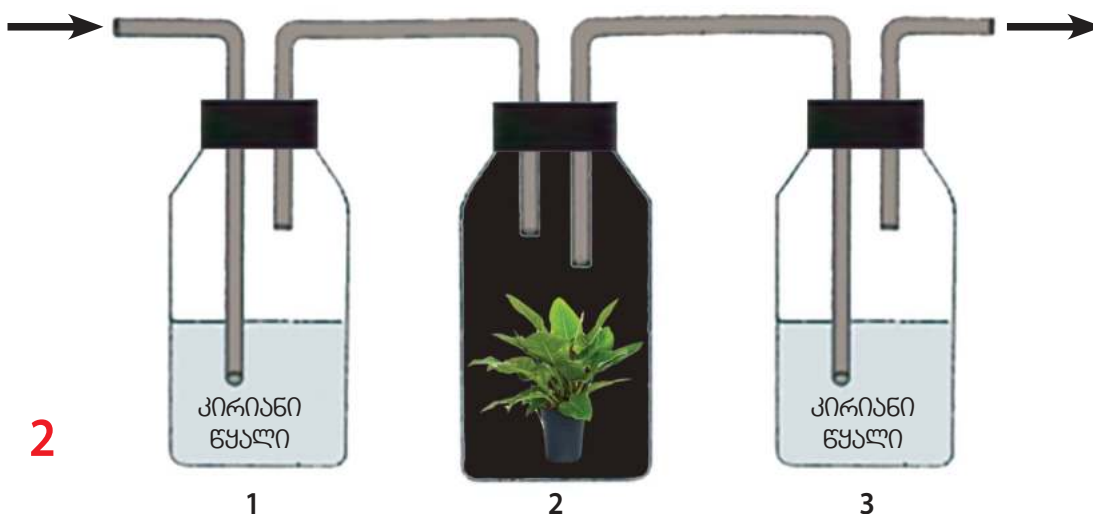
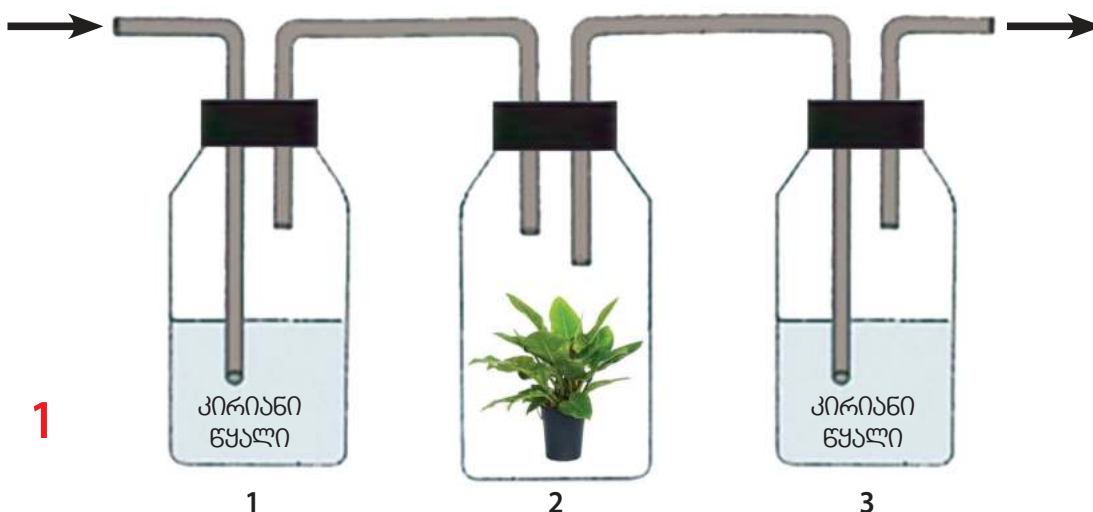
პირის ფართს და, ამგვარად, ჩასუნთქული ჰაერის რაოდენობას, ხოლო სასუნთქი მემბრანა (რომლის საშუალებითაც ხდება აირთა ცვლა) უზრუნველყოფს აირთა ინტენსიურ მიმოცვლას სისხლსა და ჰაერს შორის. სასუნთქი მემბრანა უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს: უნდა იყოს თხელი, რათა ეფექტური იყოს დიფუზია; იგი უნდა იყოს ნოტიო, რადგან O_2 და CO_2 აირების სახით მემბრანაში ვერ დიფუნდირებს; დიდი ფართობის უნდა იყოს, რათა ორგანიზმის მოთხოვნილება O_2 -ზე დაკმაყოფილდეს.



1. როგორია ენერგეტიკული ცვლის უჟანგბადო და ჟანგბადიანი ეტაპების ენერგეტიკული ღირებულება?
2. მოიყვანე ანაერობული სუნთქვის მაგალითები? ანაერობული სუნთქვის ეს ფორმები რომელი ორგანიზმებისთვის არის დამახასიათებელი?
3. ენერგეტიკული ცვლის რომელი ეტაპის განხორციელება იქნება შესაძლებელი ხელოვნურად შექმნილ პირობებში/უჯრედის გარეშე? ახსენი შენი პასუხი.
4. სურ. 2.2.57-ის მიხედვით აღწერე, თუ რა საშუალებებს იყენებს სხვადასხვა ორგანიზმი ორგანიზმსა და გარემოს შორის აირთა ცვლისთვის?
5. რატომ განუვითარდა რთულ ცხოველურ ორგანიზმებს სპეციალური სასუნთქი სისტემა?



6. რა თავისებურებით ხასიათდება სხვადასხვა ხერხემლიანის სასუნთქი სისტემა და რასთანაა ეს დაკავშირებული?
7. ენერგეტიკული ცვლის პროცესში მონაწილეობს 5 მოლეკულა გლუკოზა. განსაზღვრე ატფ-ის მოლეკულების რიცხვი: 1) გლიკოლიზის შემდეგ; 2) აერობული ეტაპის შემდეგ და 3) ენერგეტიკული ცვლის ჯამური შედეგის გათვალისწინებით. დაწერე ამოცანის ამონახსენი.
8. სურათებზე წარმოდგენილია 2 ექსპერიმენტი. თითოეულ ექსპერიმენტში ჰერმეტიკულად დახშული სამი გამჭვირვალე პლასტმასის ქილა ერთმანეთთან მილებით არის დაკავშირებული. 1 და მე-3 ქილაში კირიანი წყალი ასხია. მე-2 ქილაში ჩადეს ოთახის მცენარე. მილში განუწყვეტლივ მიედინება ჰაერის ნაკადი (მიმართულება მინიშნებულია ისრით), რომელიც გაივლის კირიან წყალს. მცენარის მოთავსებიდან 30 წუთის შემდეგ ერთ-ერთ ქილაში კირიანი წყალი აიძვრა,

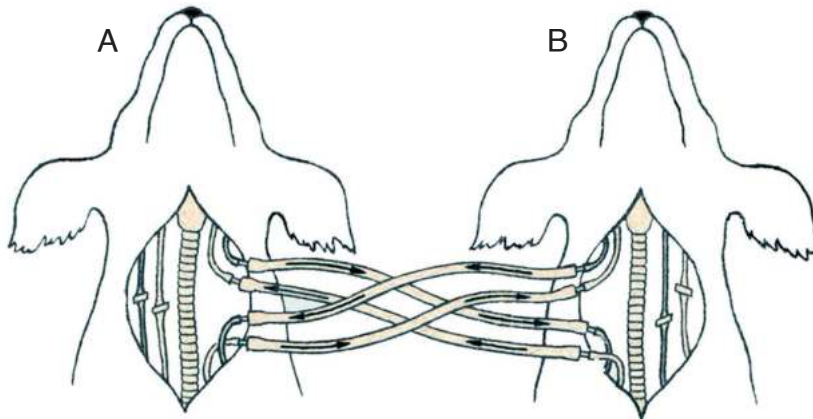


- 1) რომელ სურათზე წარმოდგენილი ექსპერიმენტის დროს აიძვრევა კირიანი წყალი და რომელ ქილაში? ახსენი, რატომ?
- 2) რომელ სურათზე წარმოდგენილი ექსპერიმენტის დროს არ აიძვრევა კირიანი წყალი არცერთ ქილაში? ახსენი, რატომ?
- 3) რომელ ქილას აკისრია საკონტროლო ცდის ფუნქცია და რატომ?



ექსპერიმენტის შედეგების ანალიზი

გაეცანი სურათსა და ტექსტში მოცემულ ინფორმაციას და უპასუხე თანდართულ კითხვებს
კვლევა 1



ჯვარედინი სისხლის მიმოქცევის სისტემა არის ორი ორგანიზმის სისხლძარღვების ქირურგიული კავშირი, რაც უზრუნველყოფს მათ საერთო სისხლის მიმოქცევის სისტემას. ჯვარედინი სისხლის მიმოქცევის სისტემის მეთოდი გამოიყენება დონორსა და რეციპიენტს შორის ზოგიერთი სახის ქირურგიული ჩარევის დროს. 1890 წელს ლ. ფრედერიკმა პირველმა გამოიყენა ჯვარედინი სისხლის მიმოქცევის სისტემის მეთოდი ორი ცხოველის საძილე არტერიების მილებით ერთმანეთთან დაკავშირებით, როგორც ეს სურათზეა ნაჩვენები. მან ნარკოზით დაძინებულ ორ (A და B) ძალს კისერზე გადაუჭრა საძილე არტერიები (ისინი თავის ტვინის სისხლით ამარაგებენ) და ვენები. სისხლძარღვები შეაერთეს მილებით ჯვარედინად. A ცხოველის სხეულიდან სისხლი B-ს თავისკენ მიემართებოდა, ხოლო B ცხოველიდან A-ში.

ექსპერიმენტის I ვარიანტი: A ძალს დაუხშვეს ტრაქეა და ფილტვებში ჰაერი ვეღარ ჩადიოდა.

- როგორ შეიცვლება სუნთქვა A ცხოველში? ახსენი შენი პასუხი.
- როგორ შეიცვლება სუნთქვა B ცხოველში? ახსენი შენი პასუხი.

ექსპერიმენტის II ვარიანტი: B ძალში 5 წუთის განმავლობაში ჟანგბადის მაღალი შემცველობის ჰაერით ასუნთქეს.

- რა დამართება მოცემულ შემთხვევაში A ცხოველს? ახსენი, შენი პასუხი.
- რა დამართება მოცემულ შემთხვევაში B ცხოველს? ახსენი, შენი პასუხი.
- რა კავშირია სისხლის მიმოქცევისა და სუნთქვის სისტემებს შორის?
- რა მიზანს ისახავდა მეცნიერი ამ ექსპერიმენტების ჩატარებისას?

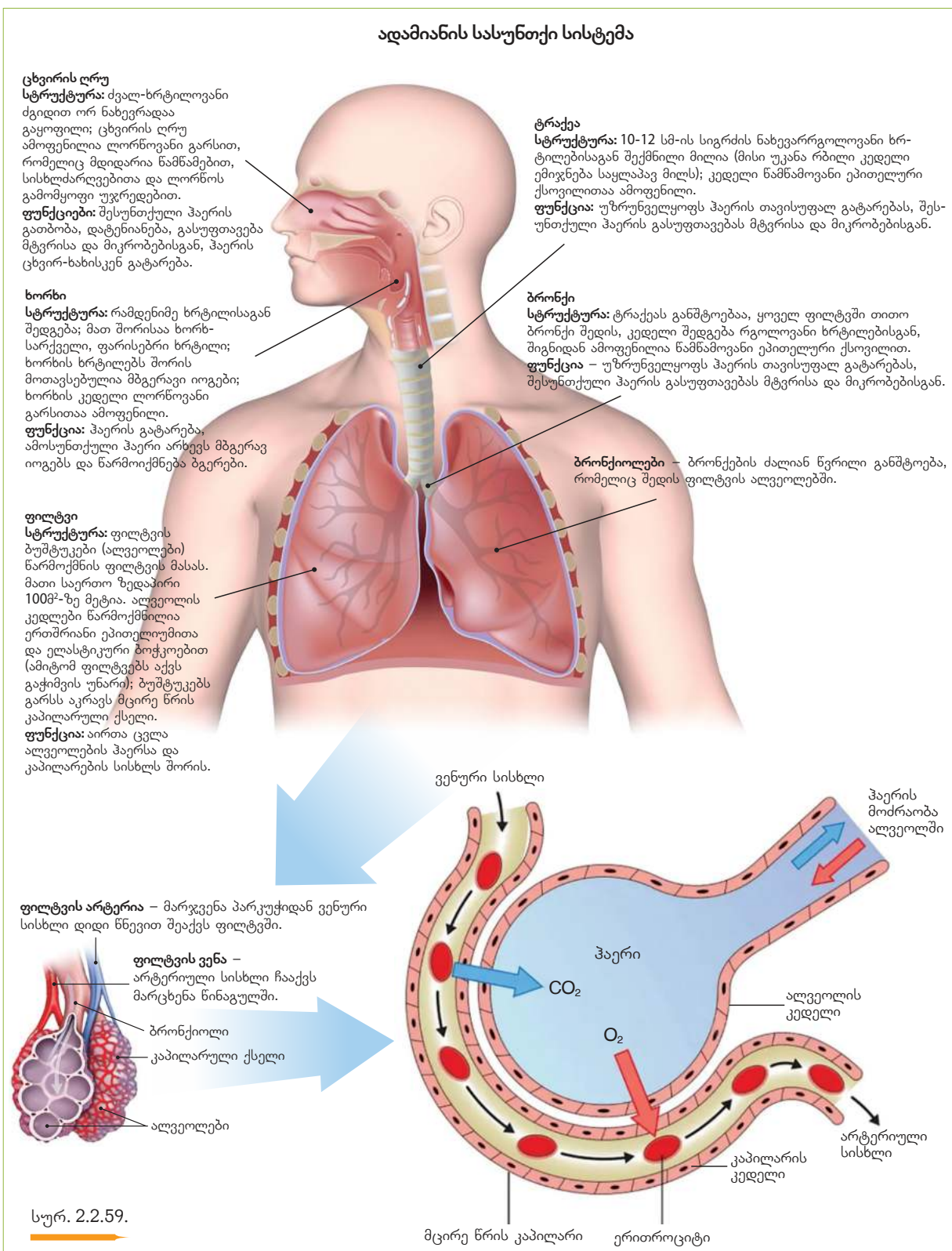
კვლევა 2

ადამიანს, რომელიც იმყოფებოდა ზღვის დონეზე, გადაუღეს რენტგენოგრაფია და განსაზღვრეს მისი ღვიძლისა და ელენთის ზომები. რამდენიმე წუთის შემდეგ ეს ადამიანი ვერტმფრენით აიყვანეს მთაში და რამდენიმე საათის შემდეგ კვლავ გადაუღეს რენტგენოგრაფია ღვიძლისა და ელენთის ზომების დასადგენად.

- როგორ ფიქრობ, მთაში ასვლის შემდეგ ღვიძლისა და ელენთის ზომები როგორ შეიცვლებოდა? რატომ?
- როგორ შეიცვლება ამ ადამიანის სისხლის შედგენილობა, თუ იგი ერთი კვირის განმავლობაში მთაში დარჩება? ახსენი, რატომ?
- ამ ადამიანში აღწერილი ცვლილებები როგორ უწყობს ხელს ჰომეოსტაზის შენარჩუნებას?

ადამიანს კარგად განვითარებული სუნთქვის სისტემა აქვს. იგი შედგება სასუნთქი გზებისა და ფილტვებისგან. სასუნთქი სისტემის თითოეული ორგანოს აგებულება და ფუნქციები წარმოდგენილია სურათ 2.2.59-ზე.

ჰაერის შედგენილობა და სუნთქვაში მონაწილე აირების შემცველობა ჩასუნთქულ და ამოსუნთქულ ჰაერში წარმოდგენილია ცხრილში 2.2.11.



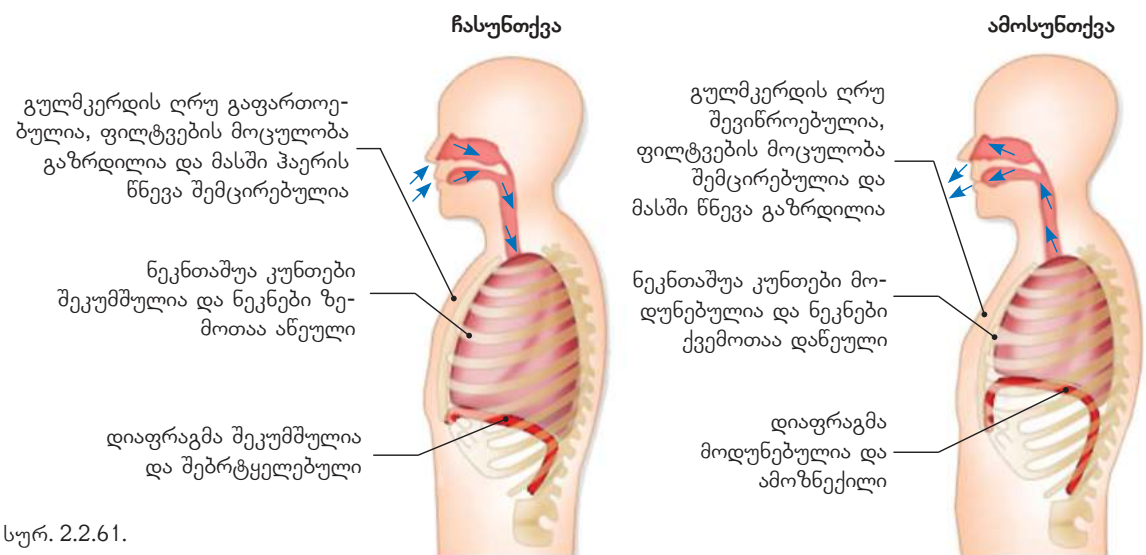
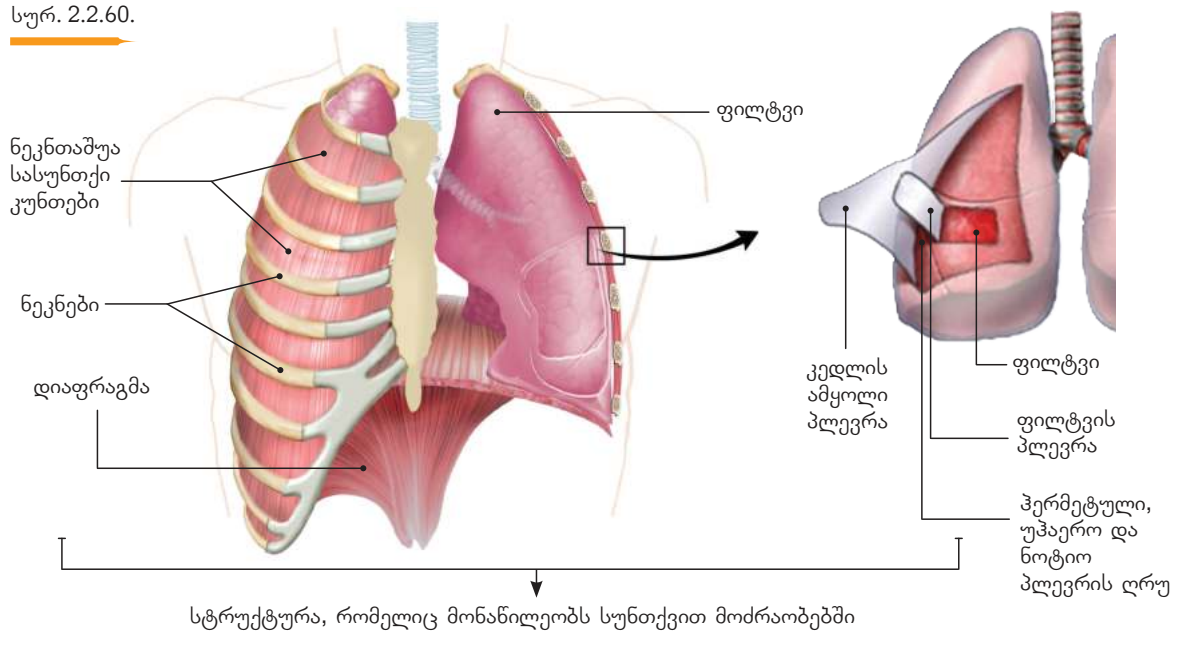
ცხრილი 2.2.11 ჰაერის შედგენილობა		
ჰაერის კომპონენტი აირი	ჩასუნთქული ჰაერის შემადგენლობა (%)	ამოსუნთქული ჰაერის შემადგენლობა (%)
ჟანგბადი	21	16
ნახშირორჟანგი	0,03-0,04	4
აზოტი	78	78
ინერტული აირები	დაახლოებით 1	დაახლოებით 1
წყლის ორთქლი	უმნიშვნელო	უფრო მეტი

სუნთქვა არის ფიზიოლოგიური პროცესების ერთობლიობა, რომელიც რამდენიმე

ეტაპს მოიცავს (იხ. ცხრ.2.2.12).

ცხრილი 2.2.12 სუნთქვის პროცესი			
სუნთქვის ეტაპები		სტრუქტურები, რომელიც უზრუნველყოფს სუნთქვის პროცესს	მექანიზმი
გარეგანი სუნთქვა	ფილტვების ვენტილაცია	სასუნთქი გზები და ფილტვები, ნეკნთაშუა სასუნთქი კუნთები, დიაფრაგმა	ნეკნთაშუა სასუნთქი კუნთებისა და დიაფრაგმის შეკუმშვის შედეგად გულმკერდის ღრუ ფართოვდება, ფილტვები იჭიმება, მასში წნევა ეცემა და ხდება ჩასუნთქვა ; ნეკნთაშუა სასუნთქი კუნთებისა და დიაფრაგმის მოდუნების შედეგად გულმკერდის ღრუ ვიწროვდება, ფილტვები იკუმშება, მასში ჰაერის წნევა იზრდება და ხდება ამოსუნთქვა (სურ. 2.2.60 და 2.2.61)
	აირთა ცვლა ფილტვებში	ფილტვის ალვეოლები და სისხლის მიმოქცევის მცირე წრის კაპილარებში მოძრავი სისხლი	ალვეოლის კედლებში არსებულ მცირე წრის კაპილარების ვენურ სისხლში CO_2 -ის კონცენტრაცია უფრო მაღალია, ხოლო O_2 -ის კონცენტრაცია – დაბალი, ვიდრე ალვეოლების ჰაერში. ამიტომ სისხლიდან ალვეოლების ჰაერში დიფუზიით გადადის CO_2 , ხოლო ჰაერიდან სისხლში – O_2 ; ამრიგად, ფილტვებში ვენური სისხლი გარდაიქმნება არტერიულ სისხლად.
აირების ტრანსპორტი		სისხლის კომპონენტები	ფილტვის კაპილარების სისხლში ერითროციტებში ჰემოგლობინი იერთებს O_2 -ს და წარმოიქმნება არამდგრადი ნაერთი – ოქსიჰემოგლობინი; CO_2 -ის ტრანსპორტირება კი ხდება როგორც ჰემოგლობინით, ისე პლაზმის მარილების სახით.
შინაგანი სუნთქვა	აირთა ცვლა ქსოვილებში	სისხლის მიმოქცევის დიდი წრის კაპილარებში მოძრავი სისხლი და სხეულის უჯრედები	ქსოვილებში ყოველთვის ნაკლებია O_2 -ის კონცენტრაცია, ვიდრე დიდი წრის კაპილარებში გამავალ არტერიულ სისხლში; ამიტომ ადვილად იშლება ოქსიჰემოგლობინი და დიფუზიით ჟანგბადი სისხლიდან გადადის ქსოვილურ სითხეში, იქიდან კი – უჯრედებში. შესაბამისად, ქსოვილებში მაღალია CO_2 -ის კონცენტრაცია, ვიდრე სისხლში; ამიტომ CO_2 დიფუზიით ქსოვილებიდან გადადის სისხლში და იგი ვენურ სისხლად გარდაიქმნება.
	უჯრედული სუნთქვა	სხეულის უჯრედები და უჯრედის სტრუქტურები – მიტოქონდრიები	ჟანგბადი ერთვება მიტოქონდრიებში მიმდინარე უჯრედული სუნთქვის ჟანგბადიან – აერობულ ეტაპში, რომლის დროსაც ორგანული ნივთიერება ნახშირორჟანგად და წყლად იშლება, რომლის დროსაც ენერგია გამოთავისუფლდება

სურ. 2.2.60.



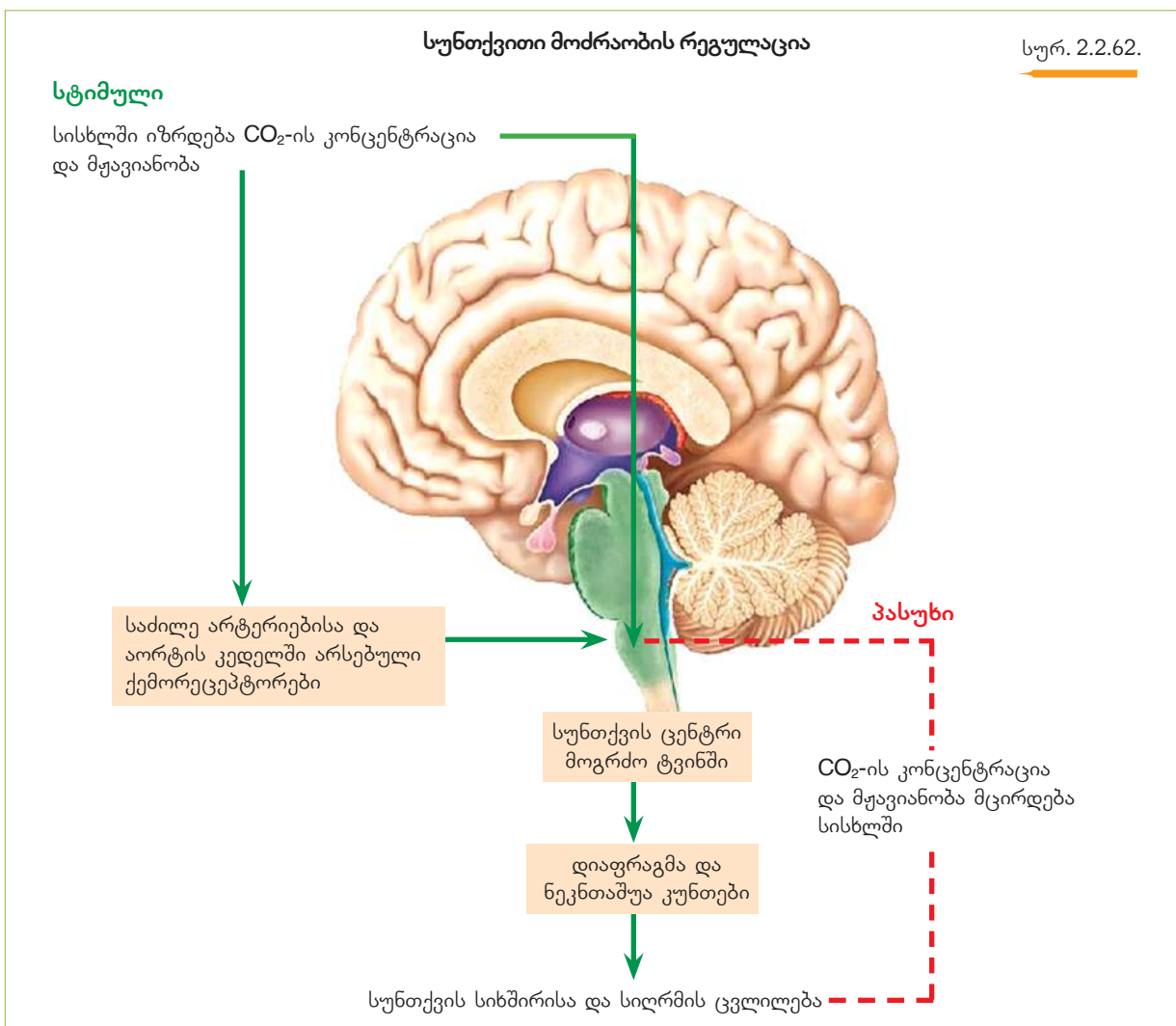
სუნთქვითი მოძრაობის რეგულაცია. სუნთქვის სიხშირე და სიღრმე დამოკიდებულია ორგანიზმის მდგომარეობასა და გარეგან პირობებზე. ჩასუნთქვა-ამოსუნთქვის სიხშირე და სიღრმე რეგულირდება მოგრძო ტვინში მოთავსებული სუნთქვის ცენტრიდან (სურ. 2.2.62). მაგალითად, ფიზიკური დატვირთვის დროს სუნთქვის სიხშირე და სიღრმე იზრდება. ასევე, სუნთქვის სიხშირესა და სიღრმეზე მოქმედებს სისხლში ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგის კონცენტრაცია, რომელიც აღიქმება საძილე არტერიებისა და აორტის კედ-

ლებში არსებული ქემორეცეპტორებით.

სუნთქვა დაბალი ატმოსფერული წნევის პირობებში. მოსახლეობის დიდი ნაწილი ცხოვრობს ზღვის დონიდან ისეთ სიმაღლეზე, სადაც ატმოსფეროში ჟანგბადის დონე ნორმალურია. როდესაც ეს ადამიანები ძალიან სწრაფად ადიან დიდ სიმაღლეზე (მაგ., 4000-6000 მ სიმაღლეზე, სადაც ატმოსფერული წნევა დაბალია), უფრედებთან ჟანგბადის ტრანსპორტი მკვეთრად ეცემა. შედეგად, მათში ვითარდება **ჰიპოქსია** – ჟანგბადის უფრედული დეფიციტი. ამის საპასუხოდ ადამიან-

ნები ჩვეულებრივზე უფრო ჩქარა და ღრმად სუნთქავენ – ფილტვებში მიმდინარეობს ჰიპერვენტილაცია. ვითარდება ე.წ. **მთის ანუ სიმაღლის დაავადება**, რომლისთვისაც დამახასიათებელი სიმპტომებია ქოშინი, პულსის გახშირება, თავბრუსხვევა, ღებინება. თუ ადამიანი ატარებს ნიღაბს შეერთებულს ბალონთან, რომელშიც ჟანგბადის მაღალი შემცველობის აირთა ნარევი, მთის დაავადება არ განვითარდება 11000-12000 მ სიმაღლეზეც კი. ადამიანებს, რომლებიც მაღალ მთიან ადგილებში ცხოვრობენ, ფილტვებში ალვეოლებისა და სისხლის კაპილარების დიდი რაოდენობა აქვს. ბარში მცხოვრები ადამიანების მთაში აკლიმატიზაციისას ძლიერდება სისხლწარმოქმნის პროცესი და სისხლში იზრდება ერითროციტების რიცხვი, სისხლის დეპოზიტიდან სისხლის საერთო ცირკულაციაში სისხლის გადასვლა, ფილტვების ვენტილაცია.

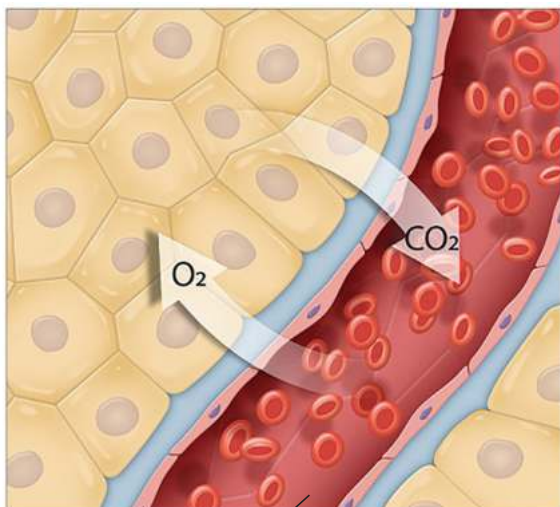
სუნთქვა მაღალი ატმოსფერული წნევის პირობებში. ზოგიერთი პროფესიის ადამიანს მუშაობა უხდება მაღალი წნევის პირობებში, მაგალითად, მყვინთავებს. მაღალი წნევის პირობებში აირების ხსნადობა სისხლში იზრდება, მათ შორის, აზოტის. როდესაც მყვინთავი დიდი სიღრმიდან ძალიან სწრაფად ამოდის, აირები ვერ ასწრებენ ორგანიზმიდან გამოყოფას, რადგან დაბალ ატმოსფერულ წნევაზე მათი ხსნადობა სისხლში მცირდება. ამიტომ სისხლძარღვთა სანათურებში ჩნდება აირების, ძირითადად, აზოტის ბუშტუკები და ახშობენ მათ. ამ ადამიანში ვითარდება **კესონის დაავადება** (კესონი არის წყლის სიღრმეებში სამუშაო სპეციალური მონყობილობა), რომლის დამახასიათებელი სიმპტომებია სახსრების ტკივილი, თავბრუსხვევა, ღებინება, ცნობიერების დაკარგვა.





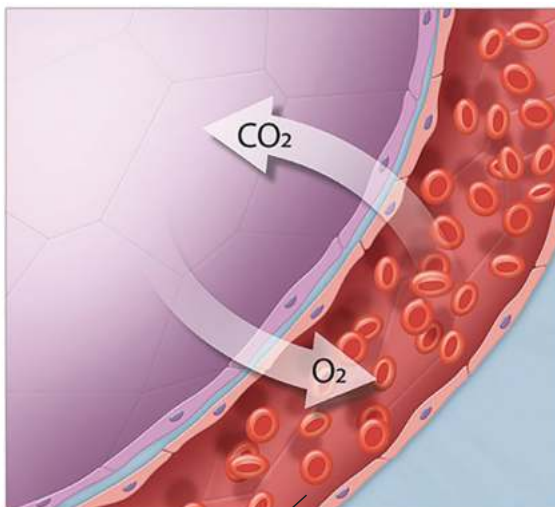
9. ჩამოთვალე სასუნთქი სისტემის ძირითადი ნაწილები და ფუნქციები.
10. გაანალიზე სურათზე მოცემული ინფორმაცია და უპასუხე კითხვებს: 1) რომელი სურათი ასახავს აირთა ცვლას ფილტვებში და რომელი – ქსოვილებში? 2) ამოიცანი, წერტილების ნაცვლად რა სიტყვები უნდა ეწეროს? 3) რა განაპირობებს აირების ცვლას თითოეულ შემთხვევაში? 4) როგორ შეესაბამება ალვეოლებისა და სისხლის კაპილარების სტრუქტურა მათ ფუნქციებს? 5) როგორ შეიძლება ალვეოლების დაზიანებამ იმოქმედოს სისხლში ჟანგბადის დონეზე?

ა



... წრის კაპილარი

ბ



... წრის კაპილარი

11. როგორ უწყობს ხელს სუნთქვისა და სისხლის მიმოქცევის სისტემები ორგანიზმში ჰომეოსტაზის შენარჩუნებას?
12. რომელია აქტიური პროცესი – ჩასუნთქვა თუ ამოსუნთქვა? ახსენი შენი პასუხი.
13. რესპირატორულმა დაავადებებმა როგორ შეიძლება შეამცირონ სისხლში O_2 -ის დონე?
14. როდესაც პოლიცია ტბაში ან მდინარეში აღმოაჩენს ცხედარს, უნდა დაადგინოს, ადამიანი დაიბრჩო, თუ იგი მოკლეს და შემდეგ ჩააგდეს წყალში. როგორ დაეხმარება გამოძიებას ცხედრის ფილტვების გამოკვლევა?
15. რა პირობებში ვითარდება მთის ანუ სიმაღლის დაავადება და რატომ?
16. რაში გამოიხატება აკლიმატაზიცია მთაში ცხოვრებასთან?
17. რა პირობებში ვითარდება კესონის დაავადება და რატომ?
18. ახალშობილის პირველი ჩასუნთქვისთვის აუცილებელია, რომ ემბრიონული სუნთქვა შეწყდეს უეცრად ჭიპლარის სწრაფი გადაჭრით. წინააღმდეგ შემთხვევაში ახალშობილი იღუპება. ახსენი, რატომ?
19. სპორტსმენში სტარტის წინ ახშირებს და აღრმავებს სუნთქვას. 1) ახსენი ამ ფაქტის მნიშვნელობა სპორტსმენისთვის; 2) ეს სუნთქვის რეგულაციის უპირობო რეფლექსის მაგალითია, თუ პირობითის? ახსენი შენი პასუხი.

2.2.8.2. კვება



კვლევის მონაცემების ანალიზი

ლუნიის ექსპერიმენტი

რუსმა პედიატრმა ნიკოლოზ ლუნიმა 1880 წელს ჩაატარა ექსპერიმენტები თეთრ თავგებზე. მან სპეციალურად შერჩეული ჯანმრთელი თავგები სამ ჯგუფად დაყო. პირველი ჯგუფის თავგებს კვებად საკვები ნარევით, რომელიც შეიცავდა ბუნებრივი რძისგან გამოყოფილ ცხიმებს, ცილებსა და ნახშირწყლებს; მეორე ჯგუფის თავგებს კვებად ზუსტად იგივე საკვები ნარევით, მაგრამ მას დამატებული ჰქონდა სხვადასხვა მინერალები; ხოლო მესამე ჯგუფს კვებად ბუნებრივი რძით. ექსპერიმენტის შედეგები ასეთი იყო: პირველი და მეორე ჯგუფის თავგები დაიღუპნენ,

- როგორ ფიქრობ, რა დასკვნებს გააკეთებდა ლუნი ექსპერიმენტების ანალიზის საფუძველზე?
- შენი აზრით, რა ნივთიერებას შეიცავდა ბუნებრივი რძე, რომელსაც არ შეიცავდა საკვების ის ნარევები, რომლებითაც პირველი და მეორე ჯგუფის თავგებს კვებავდნენ?

ეიკმანისა და ფუნკის ექსპერიმენტები

1896 წელს ჰოლანდიელმა ექიმმა კრისტიან ეიკმანმა, რომელიც მსახურობდა ინდონეზიაში, აღმოაჩინა, რომ აღმოსავლეთის ქვეყნების მაცხოვრებლებს ანუხებდა საშინელი დაავადება. ამ დაავადებისთვის შემდეგი სიმპტომები იყო დამახასიათებელი: ნერვული სისტემის მოქმედების დარღვევა, კუნთების კრუნჩხვა, დამბლა. ეიკმანმა, ქათმებზე ჩატარებული ექსპერიმენტებით ახსნა ამ დაავადების საიდუმლო. იგი ქათმების ერთ ჯგუფს კვებავდა ჩენჩოგაცლილი ბრინჯით, ხოლო მეორე ჯგუფს – ბრინჯის ქატოთი. მან აღმოაჩინა, რომ ბრინჯის ქატო შეიცავს რალაც ნივთიერებას, რომელიც ხელს უშლის ამ დაავადების განვითარებას და კურნავს ავადმყოფებს.

1911 წელს პოლონელმა ბიოქიმიკოსმა კაზიმირ ფუნკმა გაიმეორა ეიკმანის ექსპერიმენტი მტრედებზე და იგივე შედეგი მიიღო. შემდეგ მანვე მოახერხა ბრინჯის ქატოსგან ნივთიერების გამოყოფა, რომელიც კურნავდა მტრედებს დაავადებისგან. 1912 წელს ფუნკმა ამ ნივთიერებას უწოდა სახელი, რომლის ერთი ნაწილი ქართულად სიცოცხლეს ნიშნავს.

- რა დაავადება არის აღწერილი ეიკმანის ექსპერიმენტში?
- როგორ ფიქრობ, რა ნივთიერება გამოყოფა ფუნკმა ბრინჯის ქატოსგან და რა უწოდა ამ ნივთიერებას?

ზემოთ აღწერილი ექსპერიმენტების გაანალიზებისა და წინა წლებში მიღებული გამოცდილების საფუძველზე უპასუხე კითხვებს:

- რა არის კვება?
- კვების მიხედვით, ორგანიზმები რა ორ დიდ ჯგუფად იყოფა? რა არსებითი განსხვავებაა მათ შორის?
- რა საკვებ ნივთიერებებს უნდა შეიცავდეს საკვები?
- რა ორ მნიშვნელოვან როლს ასრულებს საკვები ორგანიზმში?
- მოკლედ აღწერე თითოეული საკვები ნივთიერების ბიოლოგიური მნიშვნელობა.

კვება არის ბიოქიმიური და ფიზიოლოგიური პროცესების ერთობლიობა, რომლის საშუალებითაც ორგანიზმი იღებს სიცოცხლისათვის აუცილებელ საკვებ ნივთიერებებს – ნახშირწყლებს, ცილებს, ცხიმებს, ვიტამინებს, მინერალურ მარილებსა და წყალს. ეს ნივთიერებები ერთდება უჯრედულ მეტაბოლიზმში, რომელიც უჯრედს უზრუნველყოფს **საშენი მასალითა** (პლასტიკური ცვლა) და **ენერგიით** (ენერგეტიკული ცვლა). როგორც უკვე იცი, კვების ხასიათის მიხედვით ორგა-

ნიზმები ორ ჯგუფად იყოფა – ავტოტროფებად და ჰეტეროტროფებად. ავტოტროფები არაორგანულიდან ორგანული ნივთიერებების სინთეზისთვის საჭირო ენერგიის მოპოვების, ასევე, ჰეტეროტროფი ორგანიზმები მზა ორგანული ნივთიერებების მიღების გზების მიხედვით კიდევ განსხვავდებიან (იხ. მე-12-ს პირველი ნაწილი, ცხრ.1.2.).

ავტოტროფი ორგანიზმები თვითონ წარმოქმნიან არაორგანულიდან ორგანულ ნივთიერებებს, რომლებსაც იყენებენ როგორც

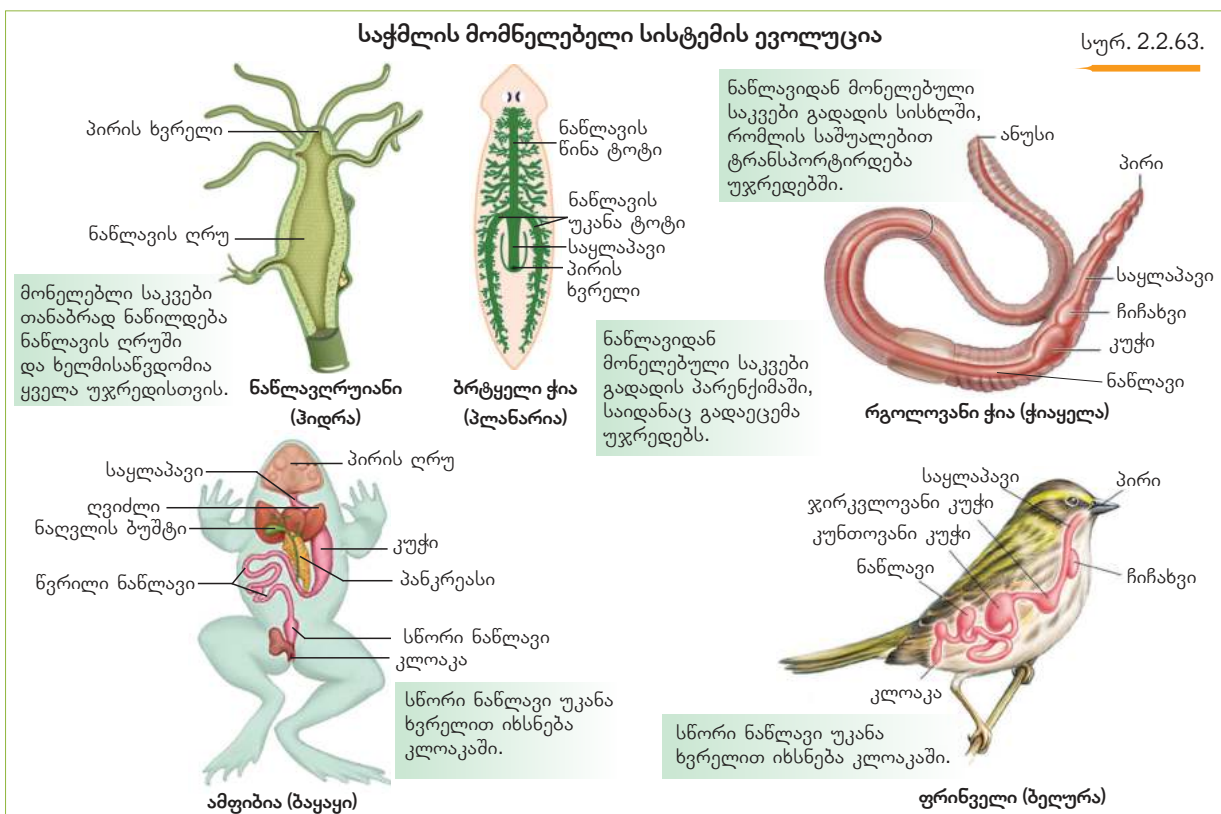
საშენ მასალად, ისე ენერგიის წყაროდ. მცენარეები ვეგეტატიურ ორგანოებში იგროვებენ ორგანულ ნივთიერებებს, მათ ურედებში არის ფერმენტები, რომლებიც საჭიროების შემთხვევაში რთულ ორგანულ ნივთიერებებს გარდაქმნიან მარტივ ორგანულ ნივთიერებად, მაგალითად სახამებელს გლუკოზად, რომელიც ჩაერთვება ენერგეტიკულ ცვლაში.

ყველა ცხოველური ორგანიზმი არის ჰეტეროტროფი, ანუ გარემოდან შთანთქავს მზა ორგანულ ნივთიერებებს. საკვები პროდუქტებიდან ორგანიზმი საკვები ნივთიერების დიდ ნაწილს წინასწარი გადამუშავების გარეშე ვერ შეითვისებს. ორგანიზმი უცვლელი სახით შეითვისებს წყალს, მინერალურ მარილებსა და ვიტამინებს. გადამუშავება გამოიხატება საკვების როგორც მექანიკურ დაქუცმაცებაში, ისე ქიმიურ გარდაქმნაში – საკვები ნივთიერებების (ცილების, ნახშირწყლების, ცხიმების) დაშლა უფრო მარტივ

ნივთიერებებად, რომლებიც ორგანიზმისთვის ადვილად შესათვისებელია. საკვების მექანიკურ და ქიმიურ გადამუშავებას **საჭმლის მონელება** ეწოდება.

ცხოველებს განუვითარდა **საჭმლის მომნელებელი სისტემა**. საჭმლის მომნელებელი სისტემა წარმოადგენს სხეულის ღრუს ან მილს, რომელშიც მიმდინარეობს საჭმლის მონელება, მონელებული საკვები ნივთიერებების შეწოვა და მოუნელებელი საკვების ნარჩენების გარეთ გამოყოფა. ამრიგად, საჭმლის მომნელებელი სისტემა, სხვა ორგანოთა სისტემებთან ერთად, მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ჰომეოსტაზის შენარჩუნებაში.

ზოგიერთ უხერხემლო ცხოველს ახასიათებს არასრულყოფილი საჭმლის მომნელებელი სისტემა. ასეთ ცხოველებში საკვები გარემოდან ხვდება პირის ხვრელით ნაწლავში და პირისხვრელითვე გამოიყოფა გარემოში საკვების მოუნელებელი ნარჩენები (სურ. 2.2.63).



- გაანალიზე სურათ 2.2.63-ზე მოცემული ინფორმაცია და უპასუხე კითხვებს: 1) რა მსგავსება-განსხვავებაა ნაწლავლურუიანებისა და ბრტყელი ჭიების საჭმლის მომნელებელ სისტემას შორის? 2) რა განსხვავებაა ბრტყელი ჭიებისა და რგოლოვანი ჭიების საჭმლის მომნელებელ სისტემას შორის? 3) ევოლუციის პროცესში რა ცვლილებები განუვითარდათ ფრინველებს და რატომ?

უხერხემლოების უმრავლესობას და ყველა ხერხემლიანს აქვს სრულყოფილი საჭმლის მომნელებელი სისტემა: იგი შედგება საჭმლის მომნელებელი არხისა და მსხვილი საჭმლის მომნელებელი ჯირკვლებისგან. საჭმლის მომნელებელი არხი იწყება პირის ხერელით და მთავრდება ანალური ხერელით. საჭმლის მომნელებელი არხი დაყოფილია სხვადასხვა განყოფილებად და თითოეული განყოფილება საჭმლის მონელების სპეციფიკურ ფუნქციას ასრულებს. ცხოველების ორგანიზმში საჭმლის მონელება მიმდინარეობს როგორც საჭმლის მომნელებელ არხში – უჯრედგარე მონელება, ისე ლიზოსომებში – უჯრედშიდა მონელება.

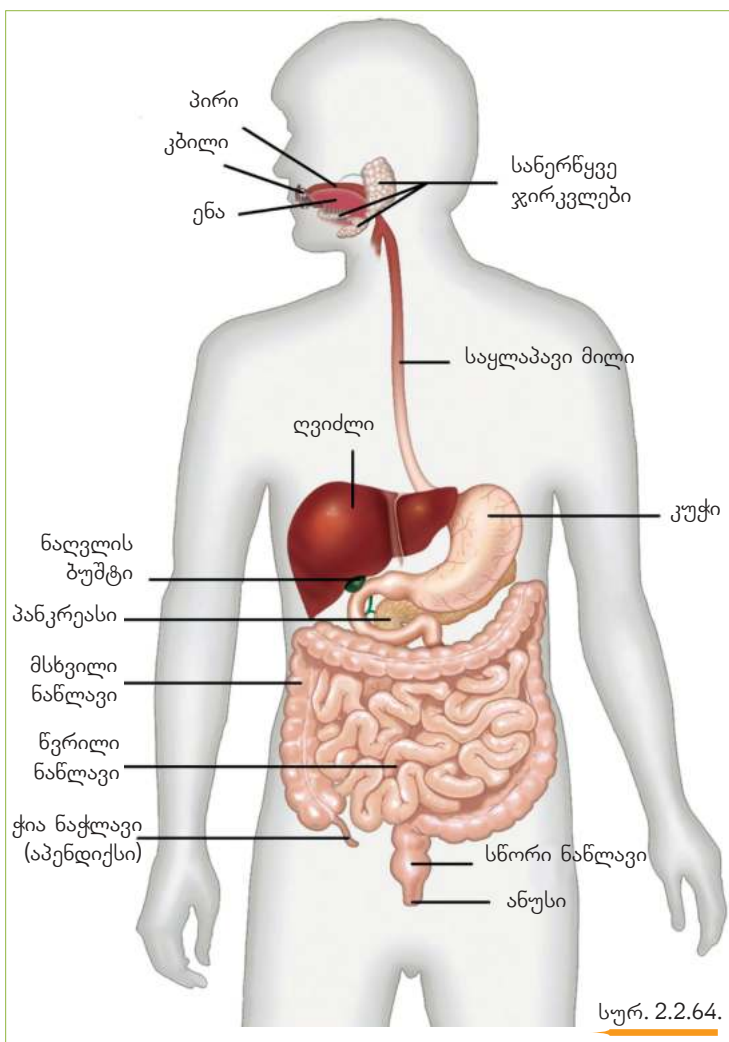
საჭმლის მომნელებელი სისტემის ძირითადი ფუნქციებია: **მექანიკური** – საკვების მექა-

ნიკური დაქუცმაცება, შერევა საჭმლის მომნელებელ წვენებთან, გადაადგილება საჭმლის მომნელებელი არხის შემდეგ განყოფილებაში; **სეკრეტორული** – საჭმლის მომნელებელი ჯირკვლების მიერ საჭმლის მომნელებელი ფერმენტების სინთეზი და გამოყოფა საჭმლის მომნელებელ არხში; **ქიმიური** – ფერმენტის მოქმედებით საკვები ნივთიერებების ქიმიური გადამუშავება (რთული ნახშირწყლები, მაგ., სახამებელი, იშლება გლუკოზად, ცილები – ამინომჟავებად, ცხიმები – ცხიმოვან მჟავებად და გლიცერინად); **შემწოვი** ფუნქცია უზრუნველყოფს მონელებული საკვები ნივთიერებების ნაწლავის კედლების მიერ შეწოვასა და სატრანსპორტო სისტემაში მოხვედრას; **ექსკრეტორული** – მოუნელებელი საკვების ნარჩენების გამოყოფა (დეფეკაცია).

ადამიანის საჭმლის მომნელებელი სისტემა

ადამიანის საჭმლის მომნელებელი არხი ცალკეული განყოფილებებისგან შედგება: პირის ღრუ, საყლაპავი, კუჭი, წვრილი და მსხვილი ნაწლავი, რომელიც სწორი ნაწლავითა და ანუსით მთავრდება (სურ. 2.2.64). თითოეული განყოფილების ფუნქციები იხილე ცხრილში (ცხრ. 2.2.13). საჭმლის მომნელებელი არხის კედელი სამშრიანია და შედგება შემაერთებელქსოვილოვანი, გლუვკუნთოვანი და ლორწოვანი გარსებისგან. ლორწოვან გარსს ქმნის ჯირკვლოვანი ეპითელიუმი, რომელიც შეიცავს საჭმლის მომნელებელ წვრილ ჯირკვლებს. არხის კედლების გლუვი კუნთების შეკუმშვა უზრუნველყოფს საკვების მექანიკურ დაქუცმაცებას, საკვების საჭმლის მომნელებელ წვენებთან შერევასა და გადაადგილებას საჭმლის მომნელებელ არხში.

საჭმლის მომნელებელ ორგანოთა სისტემაში შედის მსხვილი ჯირკვლებიც: სამი წყვილი მსხვილი სანერწყვე ჯირკვალი, ღვიძლი და პანკრეასი. ამ ჯირკვლების სადინრები საჭმლის მომნელებელ არხში იხსნება.



სურ. 2.2.64.

ცხრილი 2.2.13 საჭმლის მომნელებელი სისტემის სხვადასხვა განყოფილების ფუნქციები			
საჭმლის მომნელებელი არხის განყოფილება	საჭმლის მომნელებელი წვენი და მისი შედგენილობა	pH	თითოეული განყოფილების ფუნქცია
პირის ღრუ	ნერწყვი, შედგენილობა — წყალი, ლორწო, მუცინი, ფერმენტები — ლიზოციმი, ამილაზა	7,5	კბილებით საკვების მექანიკური დაქუცმაცება, მუცინი ანებებს საკვების ნამცეცებს და მონაწილეობს ლუკმის ფორმირებაში, ლორწო ადვილებს საკვების გადაადგილებას საჭმლის მომნელებელ არხში; ლიზოციმს აქვს ანტიბაქტერიული მოქმედება, ამილაზით იწყება ნახშირწყლების მონელება.
კუჭი	კუჭის წვენი, შედგენილობა — წყალი, ლორწო, მარილმჟავა, ფერმენტები — პეპსინი, ლიპაზა	2,0	კუჭის გლუვი კუნთების შეკუმშვით საკვების დაქუცმაცება, პეპსინით იწყება ცილების მონელება, ლიპაზა შლის რძის ცხიმს, მარილმჟავა ააქტიურებს კუჭის წვენის ფერმენტებს და აქვს ანტიმიკრობული მოქმედება; ლორწოთი ამოფენილია კუჭის კედელი, მას აქვს ტუტე რეაქცია და იცავს კუჭის კედელს პეპსინის ზემოქმედებისგან.
წვრილი ნაწლავის პირელი განყოფილება — თორმეტგოჯა ნაწლავი	ღვიძლში გამოშვებული ნაღვლის წვენი, პანკრეასის წვენი და მისი ფერმენტები — ამილაზა, ლიპაზა, ტრიპსინი	7,5	გრძელდება ნახშირწყლებისა და ცილების მონელება, ძირითადად, აქ იწყება ცხიმების მონელება; ნაღველი ცხიმებს შლის მექანიკურ პატარა წვეთებად, ქმნის ტუტე გარემოს, რაც ააქტიურებს პანკრეასის ფერმენტებს, აქვს ანტიბაქტერიული მოქმედება, ხელს უწყობს ცხიმოვანი მჟავების შეწოვას წვრილ ნაწლავში.
წვრილი ნაწლავი	წვრილი ნაწლავის წვენი, ფერმენტები — ამილაზა, მალტაზა, ლაქტაზა, ლიპაზა, ერეპსინი	8,5	მთავრდება საკვები ნივთიერებების მონელება: ნახშირწყლები იშლება გლუკოზამდე, ცილები — ამინომჟავებამდე, ცხიმები კი გლიცერინად და ცხიმოვან მჟავებამდე; მონელებული საკვები ნივთიერებები შეიწოვება წვრილი ნაწლავის კედლების მიერ; წვრილი ნაწლავის კედელი შიგნიდან ამოფენილია სისხლისა და ლიმფური კაპილარებით მდიდარი მრავალრიცხოვანი ხაოებით, რომელიც ზრდის შემწოვი ზედაპირის ფართობს; წყალში ხსნადი საკვები ნივთიერებები ხაოებიდან სისხლის კაპილარებში გადადის, ხოლო ცხიმოვანი მჟავისა და გლიცერინისგან ხაოების ეპითელურ უჯრედებში წარმოიქმნება ადამიანისთვის დამახასიათებელი ცხიმები და იგი გადადის ლიმფურ კაპილარებში.
მსხვილი ნაწლავი	მსხვილი ნაწლავის ეპითელური უჯრედები გამოყოფენ ლორწოს; აქ სახლობენ სიმბიოზი ბაქტერიები		ხდება წყლისა და ელექტროლიტების ძირითადი მასის შეწოვა; სიმბიოტი ბაქტერიები ასინთეზირებენ ზოგიერთ ამინომჟავასა და ვიტამინს (მაგ. K ვიტამინს); ხდება მოუნელებელი ნარჩენების გამოსაყოფ მასებად ჩამოყალიბება და დეფეკაცია.

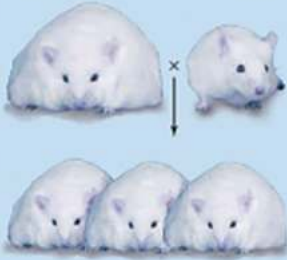


2. ახსენი, რატომ არის ნახშირწყლების მიღება მნიშვნელოვანი უჯრედული მეტაბოლიზმის ნორმალური წარმართვისთვის?
3. რატომ გაუჭირდებათ ვეგეტერიანელებს კვების რაციონიდან აუცილებელი ყველა ამინომჟავის მიღება?
4. რა ძირითადი ფუნქციები აქვს საჭმლის მომნელებელ სისტემას?
5. რა მოხდებოდა, თუ საჭმლის მომნელებელი არხის სხვადასხვა განყოფილება ერთმანეთისგან სპეციალური სფინქტერებით არ იქნებოდა გამოყოფილი?
6. გაეცანი ცხრილ 2.2.13-ში მოცემულ ინფორმაციას და აღწერე საჭმლის მომნელებელი სისტემის თითოეული განყოფილების ფუნქციები.
7. რა იცავს კუჭის კედლებს პეპსინის ზემოქმედებისგან?



კვლევის ანალიზი

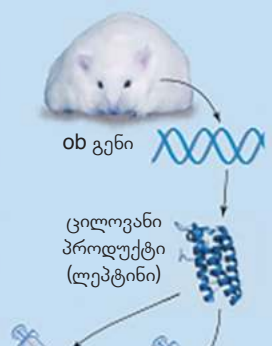
გაანალიზე სურათზე მოცემული ექსპერიმენტები და უპასუხე კითხვებს



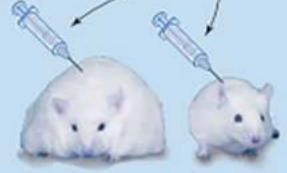
ა. 1950 წელი. ჯექსონის ლაბორატორიის მკვლევარებმა შეამჩნიეს, რომ მათი ერთ-ერთი ლაბორატორიული თაგვი ძალიან მსუქანი იყო და უკონტროლო მადა ჰქონდა. ამ მუტანტი ინდივიდის ნორმალურ თაგვთან შეჯვარების შედეგად მათ მიიღეს მსუქანი თაგვების შტამი.



ბ. 1960-იანი წლების ბოლო. ჯექსონის ლაბორატორიაში დუგლას კოულმანმა ქირურგიული გზით მსუქანი და ნორმალური თაგვების სისხლძარღვები შეაერთა. ამის შემდეგ მსუქანმა თაგვმა წონაში დაიკლო. კოულმანმა ივარაუდა, რომ რაღაც ფაქტორმა, რომელიც სისხლში ცირკულირებდა, შეიძლება გავლენა მოახდინა მსუქანი თაგვის მადაზე, მაგრამ მან ვერ შეძლო ამ ნივთიერების გამოყოფა.



გ. 1994 წლის ბოლოს როკფელერის უნივერსიტეტიდან ჯეფრი ფრიდმანმა აღმოაჩინა გენის მუტაციური ფორმა, რომელსაც დღეს მსუქანი თაგვის **ob** გენს უწოდებენ. დნმ-ის რეპლიკაციისა და გენების სექვენირების მეთოდების გამოყენებით მან განსაზღვრა ცილა, რომელსაც აკოდირებს მუტაციური გენი. ცილა, რომელსაც დღეს ლექტინს უწოდებენ, არის ჰორმონი, რომელიც გავლენას ახდენს თაგვის ტვინზე – იწვევს მადის დაქვეითებასა და მეტაბოლიზმის სიჩქარის გაზრდას. აღმოჩნდა, რომ მუტანტ თაგვში ლექტინი არ წარმოიქმნებოდა.



დ. 1994 წელს მეცნიერთა სამმა სხვადასხვა ჯგუფმა გამოიყვანა გენმოდიფიცირებული ბაქტერიების შტამი, რომელიც გამოიყვანა ლექტინის წარმოებისთვის. ლექტინის ინიექციებს უკეთებდნენ მსუქან თაგვებს, რაც მათში იწვევდა წონის მნიშვნელოვან კლებას გვერდითი ეფექტების გარეშე.



- აღწერე თითოეული ექსპერიმენტი და მისი შედეგი;
- შენი ცოდნის საფუძველზე ახსენი, რამდენად მართებულად მიგაჩნია ექსპერიმენტების შედეგების მიხედვით მეცნიერების მიერ გამოტანილი დასკვნები;
- თაგვებში ლექტინის შეყვანა რატომ იწვევდა მათში წონის მნიშვნელოვან კლებას?
- როგორ ფიქრობ, ლექტინი რომელ ცენტრზე მოქმედებს და ცნს-ის რომელ ნაწილშია ეს ცენტრი განთავსებული?

საჭმლის მომწოდებელი სისტემის მოქმედების რეგულაციას დიდი მნიშვნელობა აქვს ორგანიზმში შინაგანი გარემოს ჰომეოსტაზის შენარჩუნებისთვის. მაგალითად, მნიშვნელოვანია საჭმლის მომწოდებელი წვენების გამოყოფის რეგულაცია.

ნერწყვის გამოყოფის რეგულაცია. სანერწყვე ჯირკვლებიდან ნერწყვი გამოიყოფა მხოლოდ რეფლექსურად – როგორც უპირობო

(როდესაც საკვები აღიზიანებს პირის ღრუს რეცეპტორებს, სურ. 2.2.65-ის 1), ისე პირობით რეფლექსურად (ნერწყვი გამოიყოფა საკვების დანახვაზე, სუნზე, ჭურჭლის ხმაზე და სხვ. სურ. 2.2.65-ის 2). სანერწყვე ჯირკვლების მოქმედებას არეგულირებს ტვინის ღეროში, კერძოდ, მოგრძო ტვინში მოთავსებული კვების ცენტრი.



კუჭის წვენის გამოყოფის რეგულაცია ხდება როგორც რეფლექსურად (უპირობო და პირობით რეფლექსურად), ისე ჰუმორული რეგულაციით. კუჭის წვენის გამოყოფა სამ ფაზად ხდება. I ფაზა იწყება მაშინ, როდესაც პირის ღრუს რეცეპტორები ღიზიანდება საკვებით, ე.ი. ჯერ კიდევ იქამდე, სანამ საკვები კუჭში მოხვდება, II ფაზა კი – კუჭში საკვების მოხვედრის შემდეგ. კუჭის წვენის გამოყოფა რეფლექსურად 2 საათი გრძელდება, შემდეგ კი იწყება III ფაზა – კუჭის წვენის გამოყოფა ჰუმორული რეგულაციით. რეფლექსურად გამოყოფილი კუჭის წვენის ზემოქმედებით მოიწოდება კუჭში ჩასული საკვების ნაწილი, მოწოდებული საკვების მცირე ნაწილი შეიწოვება კუჭის კედლების მიერ. კუჭის სპეციალურ ქსოვილში, ამ ნივთიერების გავლენით გამოიყოფა კუჭის ჰორმონი – გასტრინი, იგი სისხლით მიიტანება კუჭის ჯირკვლებში, საპასუხოდ გამოიყოფა კუჭის წვენი. ამიტომ სანამ საკვები არის კუჭში, კუჭის წვენი გაუმუშავებით გამოიყოფა,

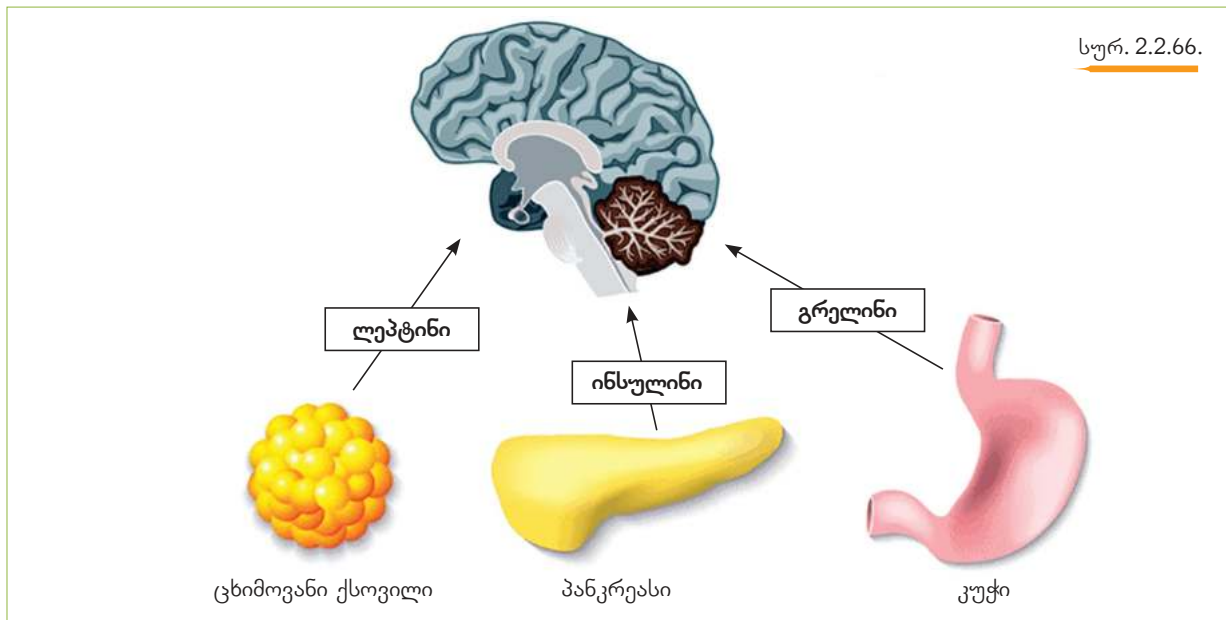
მაგრამ, საჭმლის მომწოდებელი წვენების გამოყოფის რეგულაციის გარდა, ძალიან მნიშვნელოვანია საკვების მიღებაზე მოთხოვ-

ნილების/მადის რეგულაცია. როგორც იცი, შიმშილის ცენტრი მოთავსებულია შუამდებარე ტვინში, კერძოდ, ჰიპოთალამუსში. მასში აგზნება-შეკავების წარმოქმნა რეგულირდება როგორც კუჭის კედლებში არსებული მექანორეპტორებიდან წამოსული ნერვული იმპულსებით, ისე სხვადასხვა ჰორმონით. როგორც დიეტოლოგები ამბობენ, შეუძლებელია საკუთარი წონის რეგულაცია, თუ არ იცი, რომ შიმშილის ცენტრს არეგულირებს სიმამლის ჰორმონი ლეპტინი და შიმშილის ჰორმონი გრელინი, რომ ჭარბი ინსულინი ხელს უწყობს ცხიმის დაგროვებას (სურ. 2.2.66), ხოლო სტრესის მდგომარეობაში ჰორმონი კორტიზოლი ზრდის ტკბილი საკვების მიღების მოთხოვნილებას.

ლეპტინის გამოიმუშავებს ცხიმოვანი ქსოვილი. სისხლში ლეპტინის მაღალი დონე შიმშილის ცენტრში იწვევს შეკავების წარმოქმნას და მცირდება მადი, ასევე, ძლიერდება უჯრედებში მეტაბოლიზმი. ჰორმონი **გრელინი** შიმშილის ცენტრს ააგზნებს. გრელინი აქტიურად გამოიმუშავდება კუჭში, როდესაც იგი ცარიელია. დღის განმავლობაში რაც უფრო დიდი შუალედია საკვების მიღების

პერიოდებს შორის, მით უფრო ინტენსიურად გამოიმუშავდება გრელინი და ძლიერია შიმშილის გრძნობა. საკვების დიდი პორციებით მიღება ზრდის კუჭის მოცულობას და მით

უფრო მეტ გრელინს გამოიმუშავებს ორგანიზმი. მისი კონცენტრაცია სისხლში იზრდება ასაკის მატებასთან ერთად, რამაც შეიძლება ჭარბწონიანობა გამოიწვიოს.



8. ახსენი განსხვავება მომწელებასა და შეწოვას შორის. რა როლს თამაშობს თითოეული პროცესი ჰომეოსტაზის შენარჩუნებაში?
9. რა მექანიზმებით ხდება საჭმლის მომწელებელი წვენების გამოყოფის რეგულაცია?
10. რატომ არ რეგულირდება ნერწყვის გამოყოფა ჰუმორალური რეგულაციით?
11. შექმენი ნერწყვის უპირობო რეფლექსურად გამოყოფის სქემა.
12. შექმენი ნერწყვის პირობით რეფლექსურად გამოყოფის სქემა.
13. რა კავშირია საჭმლის მომწელებელ და სისხლის მიმოქცევის სისტემებს შორის?
14. სისხლში ჭარბი ინსულინი რატომ უწყობს ხელს ცხიმის დაგროვებას?
15. როდესაც ადამიანი იცავს დაბალკალორიულ დიეტას, ორგანიზმი შეცდომით აღიქვამს მას კვების ნაკლებობად და ცხიმოვანი უჯრედები ანელებენ ლეპტინის წარმოებას. 1) ახსენი, რატომ? 2) როგორ იმოქმედებს ეს გრელინის წარმოქმნის ინტენსივობაზე?
16. ჰარვარდის უნივერსიტეტის კვლევებმა 268 მედიცინის მუშაკების მონაწილეობით აჩვენა, რომ ადამიანებში, რომლებიც რეგულარულად ვარჯიშობენ, მგრძნობიარობა ლეპტინის მიმართ უფრო მაღალია, ვიდრე პასიური ცხოვრების წესის მიმდევრებში. ახსენი, რატომ?
17. დიეტოლოგები გვირჩევენ, რომ გადავიდეთ დანაწილებულ კვებაზე, სასურველია ყოველ 2-3 საათში ერთხელ და საკვების მცირე პორციებით კვება. ახსენი, რატომ?
18. რომ განსაზღვრო, როგორ მოქმედებს საკვების შედგენილობა და გენოტიპური განწყობა ორგანიზმის ჯანმრთელობაზე, გამოიყენე სიმულაცია – რა გავლენას ახდენს საკვები უდაბნოს ვირთაგვას ჯანმრთელობაზე – <https://concord.org/sepa/modeling-diabetes-risk/>



საკვები პროდუქტების ეტიკეტებზე მოცემული ინფორმაციის დამუშავება.

პროცედურა:

შეარჩიე 10-მდე სხვადასხვა საკვები პროდუქტი და შეისწავლე მათ ეტიკეტებზე მოცემული ინფორმაცია და სამუშაო რვეულში თითოეული საკვები პროდუქტის ეტიკეტის მიხედვით ჩამოწერე შემდეგი:

- პროდუქტის მწარმოებელი ქვეყანა;
- გენმოდირებულია თუ არა;
- ენერგეტიკული ღირებულება;
- საკვები ნივთიერებების (ნახშირწყლების, ცხიმების, ცილების) შემცველობა; (განსაზღვრე ძირითადი საკვები ნივთიერება);
- გამოყენებული საკვები დანამატები თავისი კოდებით (ჩანერე საკვები დანამატის კოდი საიტზე – <https://www.yell.ge/info/emulgators.php> – და დაადგინე, საკვებ პროდუქტში გამოყენებული საკვები დანამატი ადამიანის ჯანმრთელობისთვის უსაფრთხოა, საეჭვოა თუ აკრძალული);
- შენახვის პირობები;
- გამოყენების ვადები.

უპასუხე კითხვებს:

- რა ბიოლოგიური მნიშვნელობა აქვს კვებას ორგანიზმისთვის?
- კვების რა ტიპები ახასიათებს სხვადასხვა ორგანიზმს?
- რა არის საჭმლის მონელება?
- აღწერე, რა ცვლილებები განიცადა საჭმლის მომნელებელმა სისტემამ ცხოველთა ევოლუციის პროცესში?
- რას ნიშნავს დაბალანსებული კვება?
- რამდენად უზრუნველყოფს დღის განმავლობაში ერთი რომელიმე პროდუქტის გამოყენება დაბალანსებულ კვებას? ახსენი შენი პასუხი.
- რატომ გამოიყენება საკვები პროდუქტების წარმოებისას საკვები დანამატები?
- რატომ გაურბის ზოგიერთი ადამიანი ისეთი პროდუქტებით სარგებლობას, რომელიც საკვებ დანამატებს შეიცავს?
- რატომ გაურბის ზოგიერთი ადამიანი ისეთი პროდუქტებით სარგებლობას, რომელიც გენმოდირებული ორგანიზმებიდან არის წარმოებული?
- რატომაა მნიშვნელოვანი ეტიკეტზე ყურადღების გამახვილება პროდუქტის შენახვის პირობებსა და ვადაზე?
- რა სახის კვებით დარღვევებს იწვევს არადაბალანსებული კვება?
- დაასახელე კვებითი დავადებების მაგალითები და მათი პრევენციის გზები.

2.2.8.3. ექსკრეცია და ოსმორეგულაცია



ნილსენ-შმიდტის ექსპერიმენტის ანალიზი

გაეცანი ტექსტისა და ექსპერიმენტის შედეგებს და უპასუხე თანდართულ კითხვებს

კენგურუსებრ ვირთგვას (*Dipodomys*, იხ.სურ.-ზე) აქვს საოცარი შეგუებულობანი, რომელიც ეხმარება მას ჩრდილოეთ ამერიკის უდაბნოსთვის დამახასიათებელი გვაღვიანი პერიოდის გადატანაში. იგი ასეთ პირობებში ძალიან კარგად გრძნობს თავს მორფოლოგიური, ფიზიოლოგიური და ქცევითი ადაპტაციების გამო. ამოსუნთქვის დროს წყლის ორთქლი კონდენსირდება ცხვირის ღრუს ლორწოვან გარსზე და ამ გზით წყალი შეკავდება. კენგურუსებრი ვირთგვა იკვებება მშრალი თესვებითა და მცენარის სხვა მშრალი ნაწილებით, იგი წყალს საერთოდ არ სვამს. მისთვის წყლის ერთადერთი წყარო არის უჯრედული სუნთქვის დროს გამოყოფილი წყალი და წყლის ის ძალიან მცირე რაოდენობა, რომელსაც საკვები შეიცავს. გვაღვიანი პერიოდში დღის დიდ პერიოდს ატარებს შედარებით ნოტიო ქვიშის სოროებში და თავს იცავს წყლის აორთქლებისგან.



ნილსენ-შმიდტის კლასიკური ექსპერიმენტებით განსაზღვრეს კენგურუსებრ ვირთგვაში წყლის ბალანსის შენარჩუნების მექანიზმი. ეს ვირთგვა იწონის 35 გ-ს და ექსპერიმენტის პირობებში (20°C და 20% შეფარდებითი ტენიანობა) დღის განმავლობაში ჭამდა 100 გ ქერის მარცვალს. მთელი ექსპერიმენტის განმავლობაში მისთვის გარემოდან მიღებული წყლის ერთადერთი წყარო იყო ქერის მარცვლები. ექსპერიმენტის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში.

წყლის წყარო	წყლის რაოდენობა (მლ)	წყლის დაკარგვა	წყლის რაოდენობა (მლ)
უჯრედული სუნთქვა	54,0	შარდით	13,5
საკვები	6,0	ფეკალიებით	2,6
		აორთქლებით	43,9
სულ	60,0	სულ	60,0

- დააჯგუფე ტექსტში აღწერილი კენგურუსებრი ვირთგვას მშრალი კლიმატისადმი შეგუებულობანი ფიზიოლოგიურ და ქცევით ადაპტაციებად.
- აღწერე ექსპერიმენტის შინაარსი.
- ექსპერიმენტების განმავლობაში რა იყო ცხოველისთვის წყლის წყარო?
- რა გზით კარგავს ვირთგვა წყალს?
- როგორია მოხმარებული და დაკარგული წყლის მოცულობის თანაფარდობა?
- რატომ არის მნიშვნელოვანი წყლის ბალანსის დაცვა ნებისმიერი ორგანიზმისთვის?
- ნივთიერებათა მემბრანული ტრანსპორტის რომელი საშუალებით ხდება წყლის ტრანსპორტი გარემოდან უჯრედში და უჯრედიდან გარემოში?
- რას ნიშნავს ჰიპერტონული, ჰიპოტონური და იზოტონური გარემო?
- რა შემთხვევაში შედის გარემოდან უჯრედში წყალი და რა შემთხვევაში გამოიყოფა უჯრედიდან გარემოში?
- რა ადაპტაციები უწყობს ხელს ხმელეთის მცენარეებს წყლის მოპოვებასა და შენარჩუნებაში?
- რა ადაპტაციები უწყობს ხელს ხმელეთის ცხოველებს წყლის მოპოვებასა და შენარჩუნებაში?

ექსკრეცია და ოსმორეგულაცია ცოცხალი ორგანიზმებისთვის დამახასიათებელი მნიშვნელოვანი ჰომეოსტატიკური პროცესებია, რომლებიც განაპირობებენ გარემოს ცვლად პირობებში ორგანიზმის შინაგანი გარემოს მუდმივობის შენარჩუნებას. ჰომეოსტაზი – ორგანიზმში მიმდინარე პროცესების დინამიური წონასწორობის შენარჩუნება – ძალიან მნიშვნელოვანია სიცოცხლისთვის. შინაგანი გარემოს მუდმივობის შენარჩუნება ისევეა დამოკიდებული გამომყოფი სისტემის მოქმედებაზე, როგორც საჭმლის მომნელებელი, სუნთქვისა და სატრანსპორტო სისტემების ფუნქციონირებაზე.

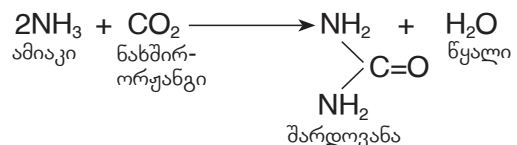
ექსკრეცია არის ორგანიზმიდან გარემოში ნივთიერებათა ცვლის საბოლოო პროდუქტების გამოყოფა, რომელთა დაგროვება დაარღვევდა შინაგანი გარემოს შედგენილობას. ეს ნივთიერებები თვით ორგანიზმში წარმოიქმნება. ამით განსხვავდება ექსკრეცია დეფეკაციისგან. **დეფეკაცია** არის საკვების მოუნელებელი ნარჩენების გამოყოფა გარემოში. ექსკრეცია შეიძლება განვმარტოთ, როგორც მეტაბოლიზმის მავნე პროდუქტების, ისე ჭარბი ნივთიერებების გამოყოფა ორგანიზმის შინაგანი გარემოდან.

ასევე, ექსკრეცია გულისხმობს სეკრეცია-საც. **სეკრეცია** არის უჯრედებიდან უჯრედგარე გარემოში (ქსოვილურ სითხეში, სისხლში, საჭმლის მომნელებელ არხში) ან გარე გარემოში მოლეკულებისა და იონების პასიური ან აქტიური გამოყოფა. ეს ნივთიერებები თვით ორგანიზმში წარმოიქმნება, როგორცაა, მაგალითად, ჰორმონები და ფერმენტები, ტოქსინები, ანტიბიოტიკები და ა.შ.

ოსმორეგულაცია აუცილებელია ორგანიზმში (ციტოპლაზმაში, ქსოვილურ სითხეში, სისხლის პლაზმასა და ლიმფაში) ოსმოსური წნევის შენარჩუნებისთვის. ოსმორეგულაცია გულისხმობს წყლისა და ელექტროლიტების (პირველ რიგში ისეთი იონების, როგორიცაა Na^+ , K^+ და Cl^-) ბალანსის დაცვას ბიოლოგიურ ხსნარებში. გახსნილი ნივთიერებებისა და წყლის შეფარდებითი კონცენტრაციის რეგულაციას **ოსმორეგულაცია** ეწოდება.

მეტაბოლიზმის ძირითადი პროდუქტები, რომლებიც ექვემდებარება ექსკრეციას, არის შემდეგი:

1. **აზოტშემცველი პროდუქტები:** ამიაკი, შარდოვანა და შარდის მჟავა. ისინი წარმოიქმნება ცილების, ნუკლეინის მჟავების, ჭარბი ამინომჟავების დაშლის შედეგად.
2. მცენარეებში, წყალმცენარეებსა და ციანობაქტერიებში ფოტოსინთეზის პროცესში წარმოქმნილი **ჟანგბადი**.
3. უჯრედული სუნთქვის პროცესში წარმოქმნილი **ნახშირორჟანგი**.
4. **ნალვლის პიგმენტები**, რომლებიც წარმოიქმნება ღვიძლში ჰემის ჯგუფის დაშლისას. ცხოველურ ორგანიზმს არ შეუძლია საკვებიდან მიღებული ჭარბი ამინომჟავების დაგროვება. ამინომჟავების ნაწილი, რომელიც არ გამოიყენება ცილების ან სხვა აზოტშემცველი ნივთიერების სინთეზისთვის, საჭიროა მისი ორგანიზმიდან გამოყოფა. ეს ხდება ღვიძლში ორი პროცესის დახმარებით:
 - 1) **დეზამინირება** – ამინოჯგუფის მოწყვეტა და შედეგად ამიაკის წარმოქმნა;
 - 2) **დეტოქსიკაცია** – ტოქსიკური ამიაკის გარდაქმნა შარდოვანად, რომელიც თირკმლებში ტრანსპორტირდება.



ერთუჯრედიანების უჯრედები უშუალო კონტაქტშია გარემოსთან და მათი ცვლის პროდუქტები გარემოში გამოიყოფა დიფუზიითა და ეგზოციტოზით.

ცხოველების გამომყოფი სტრუქტურები. ცხოველური ორგანიზმების ორგანიზაციის გართულებასთან ერთად ვითარდება გამომყოფი ორგანოები.

ნაწლავლურიანებს არ აქვთ სპეციალური გამომყოფი ორგანოები ან ორგანოები, რადგან მათი უჯრედები უშუალო კონტაქტშია გარემოსთან. მეტაბოლიზმის ძირითადი ტოქსიკური ნივთიერებებია ნახშირორჟანგი და ამიაკი, რომლებიც დიფუზიით უჯრედებიდან პირდაპირ გარემოს წყალში გამოიყოფა, მოუნელებელი საკვების ნარჩენები კი – პირის ხვრელით.

ბრტყელ ჭიებში მეტაბოლიზმის პროდუქტების ძირითადი მასა გადადის დატოტვილ ნაწლავებში და პირის ხვრელით საკვების მოუნელებელ ნარჩენებთან ერთად გამოიყოფა

გარემოში. თუმცა მეტაბოლიზმის პროდუქტების ნაწილი გადადის პროტონეფრიდიზის მილაკებში, რომლებიც ექსკრეციისა და ოსმორეგულაციის ფუნქციებს ასრულებენ. პროტონეფრიდიები გარემოში იხსნება მრავალრიცხოვანი ფორებით. მოუწელებელი საკვების ნარჩენები პირის ხერელით გამოიყოფა.

რგოლოვან ჭიებში ექსკრეციისა და ოსმორეგულაციის ფუნქციებს ასრულებენ მეტანეფრიდიები, რომლებიც იწყება ცელომში და გარემოში ფორებით იხსნება; რგოლოვანი ჭიებიდან დაწყებული მოუწელებელი საკვების ნარჩენები ანუსით გამოიყოფა.

მწერებში მალპიგის მილაკები და ტრაქეები; მწერების სახეობების დიდი უმრავლესობა ბინადრობს ხმელეთზე და ამიტომ მათთვის წყლის დაკარგვის თავიდან აცილების პრობლემა ძალიან მნიშვნელოვანია. ამასთან დაკავშირებით მათ განუვითარდათ შემდეგი სახის ადაპტაციები: 1) მათი გარეგანი ჩონჩხი დაფარულია წყალგაუმტარი ცვილისებრი შრით, რაც ამცირებს სხეულის ზედაპირიდან წყლის აორთქლებას; 2) აირთა ცვლისთვის იყენებს მხოლოდ სასუნთქი ხერელის –

სტიგმის – რამდენიმე წყვილს. 3) სტიგმებში არსებული სარქველის მსგავსი სტრუქტურა, რომელიც ამცირებს ტრაქეებიდან წყლის დაკარგვას; 4) ექსკრემენტები არის არა თხევადი, არამედ ნახევრადმყარი პროდუქტები (აზოტ-შემცველი ცვლის პროდუქტები, ძირითადად, წყალში მცირედ ხსნადი შარდის მჟავის სახით).

თევზების გამომყოფი ორგანოებია თირკმლები, ღვიძლი, ლაყურები, ნაწლავები და კანი; **ამფიბიებში** – თირკმლები, ღვიძლი, ფილტვები, ლაყურები (თაკომბალაში) ნაწლავი და კანი; ამფიბიებში ოსმორეგულაციის მთავარი ორგანო კანია – მარილების ნაწილი უცილობლად იკარგება კანიდან დიფუზიით გარემოში გამოყოფის შედეგად. მაგრამ დანაკლისს იგი ივსებს საკვებიდან და აქტიური ტრანსპორტით წყლიდან მარილების შთანთქმის შედეგად.

ხმელეთის ხერხემლიანებში გამომყოფი ორგანოების როლს ასრულებენ თირკმლები, ღვიძლი, ფილტვები, ნაწლავები და კანი. ქვეწარმავლებსა და ფრინველებში კლოაკაში შარდიდან და ფეკალიებიდან წყლის ნაწილის რეაბსორბცია ხდება.

ექსკრეცია და ოსმორეგულაცია მცენარეებში

მცენარეებს სპეციალური გამომყოფი ორგანოები არ აქვთ. მცენარეები ფოტოავტოტროფი ორგანიზმებია და ორგანულ ნივთიერებებს იმდენს ასინთეზირებენ, რამდენიც მათთვის საჭიროა. მაგალითად, იმდენ ცილას ასინთეზირებს, რამდენიც იმ მომენტისთვის ესაჭიროება. ამიტომ მათ ცვლის საბოლოო პროდუქტებში, ცხოველებისგან განსხვავებით, პრაქტიკულად არ არის აზოტშემცველი ნივთიერებები. მათში ნივთიერებათა ცვლის სხვადასხვა პროცესის საბოლოო პროდუქტებია – ჟანგბადი, ნახშირორჟანგი და წყალი. ხმელეთის მცენარეებში ნახშირორჟანგი და ჟანგბადი გარემოში დიფუზიით გამოიყოფა, ძირითადად, ფოთლების ბაგეების საშუალებით. მრავალწლოვანი მცენარეები, ძირითადად, მკვდარი ქსოვილებისგან შედგება. სინთეზირებული ორგანული ნივთიერებების ჭარბი ნაწილი გროვდება მკვდარ ქსოვილებში და ველარ ახდენენ მავნე გავლენას ცოცხა-



სურ. 2.2.67.

ლი ქსოვილების აქტივობაზე. ანალოგიურად გროვდება ამ ქსოვილებში მინერალური მარილებიც. ნივთიერებები, რომელიც გამოყოფას ექვემდებარება, გროვდება ფოთლების

ცენტრალურ ვაკუოლებში და ფოთოლცვენის დროს ეს ნივთიერებები მცენარეს სცილდება. მაგალითად, ზოგიერთი მცენარე, რომელიც ცხოვრობს კალციუმის მარილებით მდიდარ ნიადაგში, ქარბი კალციუმი უხსნადი მარილების კრისტალების სახით გროვდება ფოთლებში და ფოთოლცვენის შედეგად მცენარეს სცილდება. ასეთი ნივთიერებები გარემოში გამოიყოფა არამარტო ფოთოლცვენის დროს,

არამედ ყვავილის გვირგვინის ფურცლების, ნაყოფებისა და თესლების საშუალებით. ჭარბი წყალი, რომელიც ვერ გამოიყოფა აორთქლების შედეგად, გამოიყოფა ფოთლის კიდეებზე განვითარებული სპეციალური წარმონაქმნებით (სურ. 2.2.67). წყლის მცენარეების დიდ ნაწილში მეტაბოლიზმის საბოლოო პროდუქტების მნიშვნელოვანი მასა დიფუზიით პირდაპირ წყალში გამოიყოფა.

გარემოს გავლენა ოსმორეგულაციაზე

წყლის ცვლა უჯრედებსა და ქსოვილურ სითხეს, უჯრედებსა და ლიმფას, უჯრედებსა და სისხლს, უჯრედებსა და გარე გარემოს შორის პრობლემას წარმოადგენს როგორც ხმელეთის, ისე წყლის ორგანიზმებისთვის. წყლის ფორმები კარგავენ ან იღებენ წყალს ოსმოსით სხეულის მთელი წყალგამტარი ზედაპირით და ეს დამოკიდებულია იმაზე, როგორია გარემო – ჰიპოტონური თუ ჰიპერტონური. ხმელეთის ორგანიზმებს აქვთ წყლის დაკარგვის პრობლემა და მუდმივი წყლის ბალანსის შესანარჩუნებლად იყენებენ სხვადასხვა ხერხს.

ოსმორეგულაცია პროტოზოებში. პროტოზოები არის ერთუჯრედიანი ორგანიზმები, რომლებიც შედიან პროტისტების სამეფოში. ისინი ბინადრობენ როგორც ზღვაში, ისე მტკნარ წყალში. **მტკნარი წყლის პროტოზოებში** გარემოდან უჯრედში ოსმოსით შედის წყალი. მტკნარი წყლის ყველა პროტოზოას აქვს ოსმომარეგულირებელი ორგანო – მფეთქავი ვაკუოლი. მათი საშუალებით ოსმოსით შესული ჭარბი წყალი გამოიყოფა გარემოში. მფეთქავი ვაკუოლების ფუნქციონირება ყველა სახეობაში ერთნაირია: ციტოპლაზმიდან

სითხე წერილი ბუშტუკების სახით ან არხების საშუალებით შედის მფეთქავ ვაკუოლში. დასაწყისში მისი შედგენილობა და წყლის პოტენციალი ისეთივეა, როგორც ციტოპლაზმის. შემდეგ იონების ძირითადი ნაწილი ვაკუოლებიდან ციტოპლაზმაში გამოდის აქტიური ტრანსპორტით. ამიტომ მფეთქავი ვაკუოლების გარშემო ბევრი მიტოქონდრიაა. როდესაც ვაკუოლი განსაზღვრულ მოცულობას იღებს, იგი შეერწყება პლაზმურ მემბრანას, მკვეთრად იკუმშება და წყალი გარემოში გამოიყოფა. **ზღვის პროტოზოების** ბევრ სახეობას მფეთქავი ვაკუოლი არ აქვს, რადგან მათი უჯრედის წყლის პოტენციალი თითქმის ისეთივეა, როგორც გარემოში.

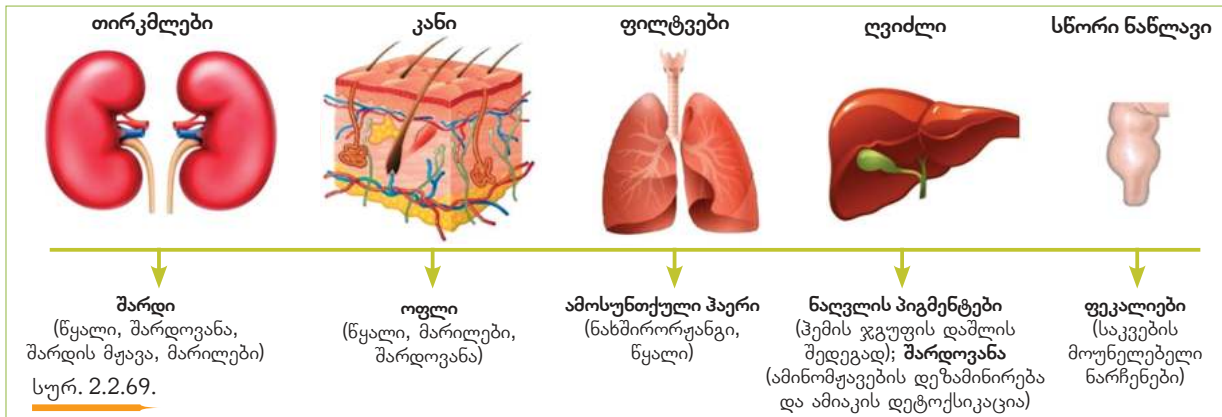
თევზებში ოსმორეგულაციის როლს ასრულებს ლაყურები და თირკმლები. ლაყურები კონტაქტშია გარე გარემოსთან და განვლავს წყლის, აზოტშემცველი ცვლის პროდუქტებისა და მარილების მიმართ. ლაყურებს აქვს დიდი ზედაპირის ფართობი, რომელიც აადვილებს ეფექტურ აირთა ცვლას, მაგრამ, ასევე, ქმნის გარკვეულ პრობლემას ოსმორეგულაციისთვის როგორც მტკნარი, ისე ზღვის თევზებში (სურ. 2.2.68).



გამოყოფა და ოსმორეგულაცია ადამიანში

გამოყოფა და ოსმორეგულაცია უმაღლეს დონეზე განვითარებულია ძუძუმწოვრებში და ძუძუმწოვრებიდან კი ადამიანში. ადა-

მიანის გამომყოფი ორგანოებია თირკმლები, ფილტვები, კანი, ღვიძლი, სწორი ნაწილი (სურ. 2.2.69).



ადამიანის შარდგამომყოფი სისტემა



გაეცანი სურათსა და ტექსტში მოცემულ ინფორმაციას და უპასუხე თანდართულ კითხვებს

ამ სურათზე XVII საუკუნის ექიმი და ექთანი ათვალიერებენ შარდის ნიმუშს. შარდის კონსტიტუციის, ფერისა და სუნის მიხედვით მსჯელობენ პაციენტის ჯანმრთელობის მდგომარეობის შესახებ. შარდის კვლევა და კვლევის დროს ასეთი კითხვების დასმა – შარდი ღია ფერისაა თუ მუქი? გამჭვირვალეა თუ შემღვრეული? მისი მოცულობა მცირეა თუ დიდი? – მედიცინის უძველესი ხელოვნებაა. ინდოეთში, დაახლოებით, 3000 წლის წინ მკურნალმა სუშრუტმა აღმოაჩინა, რომ ზოგიერთი პაციენტის შარდს ტკბილი გემო ჰქონდა, რაც მწერებს იზიდავდა. მედიცინისა და დაავადების დიაგნოსტიკის მეთოდების განვითარების კვალდაკვალ შარდის ფიზიკური ნიშნებით კვლევა შეიცვალა ქიმიური ანალიზით.



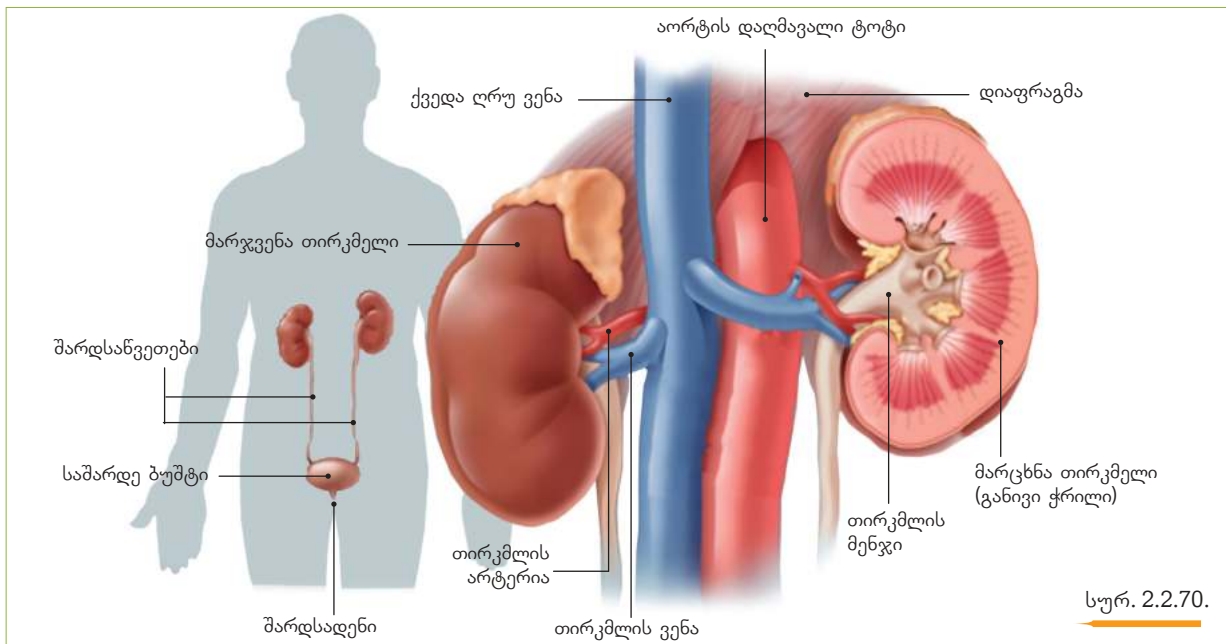
- შარდის კვლევის თანამედროვე მეთოდების გამოყენებით რა ინფორმაცია შეიძლება მიიღოს ექიმმა პაციენტის ჯანმრთელობის შესახებ?
- ინდოელი მკურნალის პაციენტის, რომლის შარდსაც ჰქონდა ტკბილი გემო, რა დაავადებაზე მეტყველებს?
- თუ შარდში ცილები აღმოჩნდება, ეს ფაქტი რაზე შეიძლება მეტყველებდეს?
- სისტემატიურად მარილიანი საკვებით კვება როგორ იმოქმედებს გამოყოფილი შარდის მოცულობაზე? რა გავლენას მოახდენს არტერიულ წნევაზე? ასევე შენი პასუხი.



1. რა არის ექსკრეცია?
2. რას ნიშნავს ოსმორეგულაცია?
3. რა ბიოლოგიური მნიშვნელობა აქვს ექსკრეციასა და ოსმორეგულაციას?
4. მეტაბოლიზმის რა პროდუქტები ექვემდებარება ექსკრეციას?
5. რა განსხვავებაა ცხოველებისა და მცენარეების ნივთიერებათა ცვლის საბოლოო პროდუქტებს შორის? როგორ აიხსნება ეს განსხვავება?
6. ევოლუციის პროცესში რა ცვლილებები განიცადა ცხოველებში გამომყოფმა ორგანოებმა ცხოველებში?

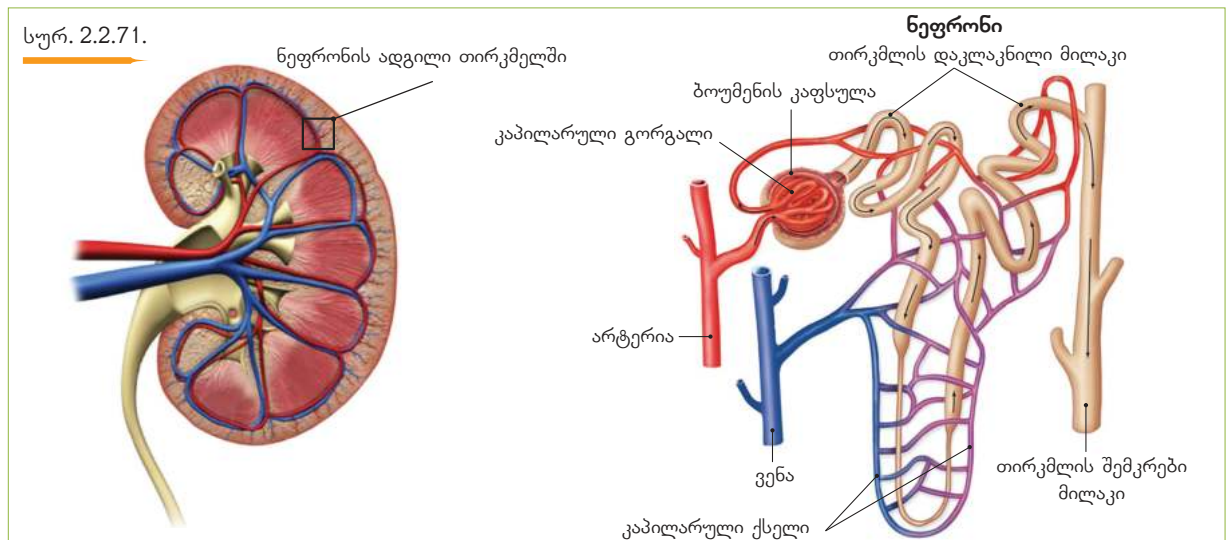
თირკმელი შარდგამომყოფი სისტემის ძირითადი ორგანოა. შარდგამომყოფ ორგანოთა სისტემას ქმნის ორი თირკმელი, შარდსანვეთი, საშარდე ბუშტი და შარდსადენი. წყვილი თირკმელი მოთავსებულია მუცლის ღრუს

უკანა კედელზე ხერხემლის ორივე მხარეს (სურ. 2.2.70). თირკმლებს ორგანიზმიდან გამოაქვს ცვლის პროდუქტები, ჭარბი ნივთიერებები და არეგულირებენ სისხლში წყლის შემცველობას.



თირკმლები თავიანთი სტრუქტურით კარგადაა შეგუებული თავის ფუნქციებთან. თირკმლის ფუნქციურ ერთეულს წარმოადგენს **ნეფრონი** (სურ. 2.2.71). ნეფრონი მილიონობით არის ყოველ თირკმელში.

თითოეული ნეფრონი შედგება ბოუმენის კაფსულისა და თირკმლის უწვრილესი მილაკებისგან. ბოუმენის კაფსულისა და მილაკების კედელი, კაპილარების მსგავსად, ერთშირანი ეპითელიუმისგან შედგება.



7. რაში გამოხატება მცენარეებში ექსკრეციისა და ოსმორეგულაციის თავისებურება?
8. რა გავლენას ახდენს ოსმორეგულაციაზე გარემო? მოიყვანე შესაბამისი მაგალითები.
9. სურათი 2.2.68-ზე მოცემული ინფორმაციის მიხედვით შეადარე ერთმანეთს მტკნარი წყლისა და ზღვის თევზების ოსმორეგულაციის მექანიზმები.

თირკმლებს სხვა ორგანოებისგან განსხვავებული სისხლმომარაგება აქვს. წუთში მასში ორგანიზმის სისხლის 20% გაედინება. თირკმელში სისხლი შედის არტერიით, რომელიც წვრილ არტერიოლებად იტოტება. წვრილი არტერიოლები ყოველ ნეფრონში 2-ჯერ წარმოქმნიან კაპილარებს: კაფსულებში კაპილარულ გორგალსა და თირკმლის დაკლანჩილი მილაკების გარშემო კაპილარულ ქსელს. შემდეგ სისხლი ვენულებში იკრიბება, საბოლოოდ კი თირკმლის ვენით გამოდის გაფილტრული სისხლი, რომელიც ქვედა ღრუ ვენას უერთდება. ამრიგად, თირკმლის არტერიას თირკმელში შეაქვს ნივთიერებათა ცვლის პროდუქტებით მდიდარი სისხლი, ხოლო თირკმლის ვენა სხეულს „განმენდილი“ სისხლით ამარაგებს.

შარდის წარმოქმნას განაპირობებს სამი პროცესი: ფილტრაცია, რეაბსორბცია (უკუშენოვა) და სეკრეცია.

ფილტრაცია. შარდის წარმოქმნა იწყება ბოუმენის კაფსულებში. როდესაც სისხლი წნევით მოძრაობს კაპილარულ გორგალში, კაფსულებში სისხლიდან გადადის პლაზმის სითხის 20%, რომელიც შეიცავს ისეთ ნივთიერებებს, როგორიცაა გლუკოზა, ვიტამინები, ამინოჟანგები, შარდოვანა, მარილები და სხვ. გორგლის კაპილარებისა და კაფსულის კედლები ფუნქციონირებს, როგორც ფილტრი: პლაზმის ცილები და სისხლის ფორმიანი ელემენტები, მათი დიდი ზომის გამო, ფილტრში ვერ გადის, ანუ ხდება ფილტრაცია. თირკმლები ბიოლოგიური ფილტრის როლს ასრულებენ.

ორივე თირკმლის გამფილტრავი ზედაპირის ფართობი 5-6 მ²-ია. კაფსულიდან ეს სითხე/ფილტრატი გადადის თირკმლის დაკლანჩილ მილაკებში, ამ ფილტრატს პირველად შარდს უწოდებენ.

რეაბსორბცია. დღეში წარმოიქმნება 180 ლ პირველადი შარდი. იგი შეიცავს სისხლის პლაზმაში გახსნილ, ცილების გარდა, თითქმის ყველა ნივთიერებას. რამდენადაც ჩვენ არასოდეს გამოვყოფთ დღეში 180 ლ შარდს (მაქსიმალურად – 2 ლ-ს), ამიტომ უნდა არსებობდეს მექანიზმი, რომელიც შეამცირებდა პირველადი შარდის მოცულობას. ეს ხდება თირკმლის დაკლანჩილ მილაკებში, რომელსაც შემოხვეული აქვს კაპილარული ქსელი. თირკმლის დაკლანჩილი მილაკების ეპითელიური უჯრედების მიერ აქტიური ტრანსპორტით უკუშეიწოვება ორგანიზმისთვის საჭირო ნივთიერებები (მაგ., გლუკოზა, ვიტამინები, ამინოჟანგები, ნატრიუმისა და ქლორის იონები, ბიკარბონატი და სხვ.) და ბრუნდება სისხლში. ამ ნივთიერებების მოძრაობა განაპირობებს დიდი რაოდენობის წყლის (პირველადი შარდიდან წყლის 99%-ის) ოსმოსით უკუშენოვას.

სეკრეცია. კაპილარებისა და მილაკების კედლის უჯრედების მიერ აქტიური ტრანსპორტით ფილტრატში გადადის ტოქსინები, ჭარბი წყალბადისა და კალიუმის იონები. ჭარბი H⁺-ის სეკრეცია აუცილებელია ორგანიზმში ტუტე-მჟავიანობის ბალანსის დაცვისთვის.

ნეფრონის დაკლანჩილი მილაკებიდან მეორადი შარდი (უბრალოდ, შარდი) გადადის



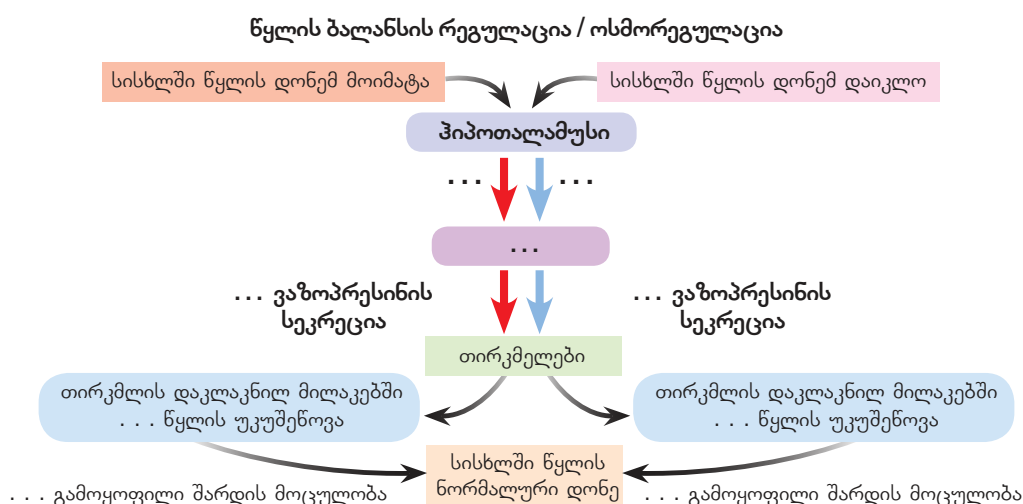
10. რა ორგანოები ასრულებენ ადამიანში ექსკრეციისა და ოსმორეგულაციის როლს?
11. აღწერე, თუ თითოეული ექსკრეციის ორგანოდან ცვლის რა სახის პროდუქტები გამოიყოფა.
12. აღწერე შარდგამომყოფი სისტემის სტრუქტურა.
13. მოკლედ აღწერე ნეფრონის სტრუქტურა და ფუნქციები.
14. რა ფუნქციებს ასრულებს თირკმლები? რატომ არის აუცილებელი თირკმლის ფუნქციების შესრულებისთვის ნეფრონების დიდი რაოდენობით არსებობა?
15. ახსენი, თირკმლები როგორ მონაწილეობენ ჰომეოსტაზის შენარჩუნებაში.
16. ნეფრონში ბოუმენის კაფსულებთან შედარებით რატომ არის მილაკები გაცილებით გრძელი?
17. ახსენი შემდეგი დებულება: „ფილტრაცია შეფარდებით არის არაშერჩევითი, რეაბსორბცია კი – შერჩევითი.“
18. თანმიმდევრობით ჩამოთვალე სისხლძარღვები და ორგანოები, რომელთა საშუალებითაც შარდოვანა გაივლის ღვიძლიდან თირკმლებამდე.
19. როგორ იცვლება წყლის, ნატრიუმის იონებისა და შარდოვანას კონცენტრაცია დაკლანჩილი მილაკის დასაწყისიდან შემკრები მილაკების ბოლომდე?
20. შეადარე ფილტვის ალვეოლების, წვრილი ნაწლავების ხაოებისა და თირკმლის ნეფრონების სტრუქტურა და ფუნქციები, აღწერე მათ შორის მსგავსება-განსხვავება.

შემკრებ მილაკში, რომელიც თირკმლის მენჯში იხსნება, თითოეული თირკმლის მენჯიდან გამოდის თითო შარდსანვეთი, რომლითაც შარდი ჩადის შარდის ბუშტში. აქ შარდი დროებით გროვდება და შემდეგ გარემოში გამოიყოფა შარდსადენით. შარდის გამოყოფას ვეგეტატიური ნერვული სისტემა არეგულირებს.

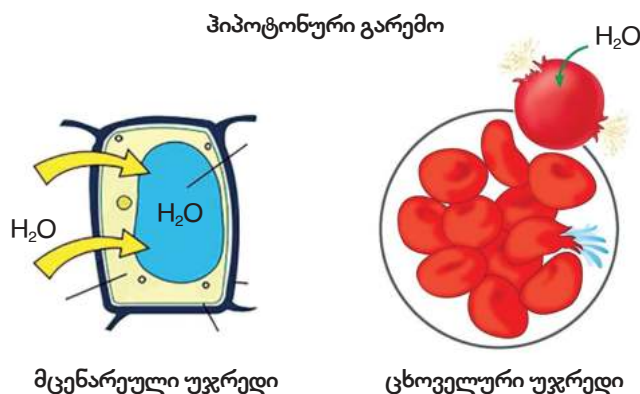
ოსმორეგულაცია. დღე-ღამის განმავლობაში ადამიანი, დაახლოებით, 2500 სმ³ წყალს კარგავს სხვადასხვა გზით (შარდით – 1500 სმ³, ოფლით 500 სმ³, ამოსუნთქული ჰაერით 400 სმ³, განავალით 100 სმ³). ამიტომ ძალიან მნიშვნელოვანია ორგანიზმში წყლის ბალანსის შენარჩუნება და რეგულაცია. წყლის ბალანსის შენარჩუნებაში მნიშვნელოვან როლს ასრუ-

ლებს თირკმლები. თირკმლების მოქმედების რეგულაცია კი ნერვულ-ჰუმორული მექანიზმებით ხდება. სიმპათიკური ნერვული სისტემის აგზნება იწვევს თირკმლის სისხლძარღვების შევიწროებას, სისხლის პლაზმის ფილტრაცია შენელებს და შარდის მოცულობა მცირდება. პარასიმპათიკური ნერვული სისტემის აგზნება კი საპირისპირო ეფექტს იძლევა. წყლის რეაბსორბციას და სისხლში დაბრუნებას არეგულირებს ჰიპოფიზის ანტიდიურეზული ჰორმონი – ვაზოპრესინი, იგი აძლიერებს თირკმლის მილაკებში წყლის უკუშეწოვას. თავად ამ ჰორმონის გამოყოფას ჰიპოთალამუსი არეგულირებს – ჰიპოფიზს ააქტიურებს ან პირიქით, მის მოქმედებას თრგუნვას ორგანიზმის საჭიროების მიხედვით.

21. სურათზე წარმოდგენილი ოსმორეგულაციის სქემა გადაიტანე სამუშაო რვეულში და წერტილები ნაცვლად ჩაწერე შესაბამისი სიტყვები.



22. სურათზე მოცემული ინფორმაციის მიხედვით უპასუხე კითხვებს: 1) აღწერე, რა ცვლილებებს განიცდის მცენარეული და ცხოველური უჯრედები ჰიპოტონურ გარემოში; 2) ახსენი, მცენარეული და ცხოველური უჯრედების აგებულების რა თავისებურებასთან არის დაკავშირებული ეს ცვლილებები.





ექსპერიმენტის დაგეგმვა

გაქვს ექსპერიმენტისათვის საჭირო მასალა: უმი კარტოფილის გათლილი გორგლი, დანა, გამოხდილი წყალი, კონცენტრირებული სუფრის მარილის ხსნარი, სახაზავი.

დაგეგმე ექსპერიმენტი, რომლითაც დაადგენ ოსმოსის მიმართულების დამოკიდებულებას გარემოზე. ექსპერიმენტის გეგმაში უნდა ასახული იყოს ცვლადები, კვლევის ეტაპები, კვლევის მონაცემების შეგროვების ფორმა.

უპასუხე კითხვებს:

- რას ნიშნავს ოსმორეგულაცია?
- აღწერე სხვადასხვა ორგანიზმში (ერთუჯრედიანებიდან დანყებული) ოსმორეგულაციაში მონაწილე სტრუქტურები და ოსმორეგულაციის მექანიზმები;
- რა მნიშვნელობა აქვს ოსმორეგულაციას ჰომეოსტაზის შენარჩუნებისთვის?



კოგნიტური სქემის შექმნა

როგორც იცი, ნივთიერებათა ცვლა ორგანიზმსა და გარემოს შორის არის ნივთიერების ქიმიური გარდაქმნების პროცესების ერთობლიობა ამ ნივთიერების ორგანიზმში მოხვედრის მომენტიდან ცვლის საბოლოო პროდუქტების გარემოში გამოყოფის ჩათვლით, რომელშიც მონაწილეობენ საჭმლის მომნელებელი, სისხლის მიმოქცევის, სუნთქვისა და ექსკრეციის ორგანოთა სისტემები. შექმენი რომელიმე საკვები ნივთიერებისთვის (ნახშირყლის, ცილის ან ცხიმის) ორგანიზმსა და გარემოს შორის ცვლის კოგნიტური სქემა, რომელშიც ასახული იქნება საჭმლის მომნელებელი, სისხლის მიმოქცევის, სუნთქვისა და ექსკრეციის ორგანოთა სისტემების ურთიერთქმედება ნივთიერებათა ცვლის დროს.

კოგნიტური სქემის პრეზენტაციისას უპასუხე კითხვებს:

- რომელი ორგანოთა სისტემები მონაწილეობენ ორგანიზმსა და გარემოს შორის ნივთიერებათა ცვლაში?
- აღწერე თითოეული სისტემის (საჭმლის მომნელებელი, სისხლის მიმოქცევის, სუნთქვისა და ექსკრეტორული სისტემების) როლი ორგანიზმსა და გარემოს შორის ნივთიერებათა ცვლაში.
- რატომაა მნიშვნელოვანი საჭმლის მომნელებელ, სისხლის მიმოქცევის, სუნთქვისა და ექსკრეტორულ სისტემებს შორის შეთანხმებული მოქმედება?

2.2.9. მემკვიდრეობითობა და ცვალებადობა. ადაპტაცია



სიმულაცია: მინდვრის თავგის პოპულაციის ცვლილება – short.concord.org/lm3



ინსტრუქცია:

1. მარჯვენა მხარეს ინსტრუქციის ზემოთ დააჭირე გრაფიკის აღმნიშვნელ ლილასს და განსაზღვრე თავგის პოპულაცია რამდენი ფერის ინდივიდებისგან შედგება და როგორია მათი თანაფარდობა;
2. აირჩიე მინდვრის მუქი შეფერილობა ლილაკზე – **Field** – დაჭერით;
3. დააჭირე ლილასს – **Add** – და დაამატე მტაცებელი ფრინველი;
4. მარჯვენა მხარეს ინსტრუქციის ზემოთ დააჭირე გრაფიკის აღმნიშვნელ ლილასს და დააკვირდი, როგორ იცვლება პოპულაციაში სხვადასხვა შეფერილობის თავგის ინდივიდების თანაფარდობა დროთა განმავლობაში;
5. დააჭირე ლილასს – **Reset** – და გადატვირთე პროგრამა;
6. შეცვალე მინდვრის მუქი შეფერილობა ღია შეფერილობით ლილაკზე – **Field** – დაჭერით;
7. გაიმეორე 3-4 ნაბიჯი.

კითხვები გააზრებისთვის:

- თავგის რამდენი შეფერილობის ინდივიდი არის საწყის პოპულაციაში და როგორია მათი თანაფარდობა?
- რა განაპირობებს საწყის პოპულაციაში ინდივიდთა ფენოტიპურ მრავალფეროვნებას?
- როგორია თითოეული ფენოტიპის გენოტიპი?
- ნიშან-თვისების მემკვიდრეობის რომელი ფორმაა გამოვლენილი ამ შემთხვევაში?
- როგორ იცვლება თავგების ბუნვის შეფერილობა გარემოს მუქ ფონზე პოპულაციაში 2 წლის განმავლობაში მტაცებელი ფრინველების გამოჩენის შემდეგ? რატომ?
- როგორ იცვლება თავგების ბუნვის შეფერილობა პოპულაციაში საარსებო გარემოს ღია ფონზე 2 წლის განმავლობაში მტაცებელი ფრინველების გამოჩენის შემდეგ? რატომ?
- ცხოველებში შეფერილობის როგორი ფორმა – გამაფრთხილებელი თუ მფარველობითი – ყალიბდება?
- არსებობისათვის ბრძოლის რომელ ფორმას აქვს ადგილი ამ მაგალითში?
- ბუნებრივი გადარჩევის რომელი ფორმის მოქმედების მაგალითია?
- გამოიყენე ტერმინები – მუტაცია, არსებობისათვის ბრძოლა, ბუნებრივი გადარჩევა და აღწერე ამ შეგუებულობის წარმოქმნის ევოლუციური პროცესი?

ყველა სახეობის ორგანიზმისთვის, სხვა სასიცოცხლო თვისებებთან ერთად, დამახასიათებელია მემკვიდრეობითობა და ცვალებადობა. **მემკვიდრეობითობა** არის ყველა ცოცხალის თვისება, შეინარჩუნოს მშობლებისგან მიღებული ნიშან-თვისებები და გადასცეს იგი შთამომავლობას. მემკვიდრეობითობის მატერიალური მასალის როლს ასრულებს დნმ. მემკვიდრეობითი ნიშან-თვისებების გადაცემას თაობიდან თაობაზე უზრუნველყოფს ცოცხალისათვის დამახასიათებელი უნიკალური სასიცოცხლო თვისება – გამრავლება. **ცვალებადობა** არის ყველა ორგანიზმისთვის დამახასიათებელი ზოგადი თვისება, ინდივიდუალური განვითარების პროცესში შეიძინოს ახალი ნიშან-თვისებები. ცვალებადობის ორი ფორმაა ცნობილი: მემკვიდრული/გენოტიპური და არამემკვიდრული/მოდულირებადი (მე-11 კლასის მასალიდან გაიხსენე ცვალებადობის ფორმები).

ორგანიზმებისთვის დამახასიათებელი ეს ორი ურთიერთსაპირისპირო თვისება დაკავშირებულია მემკვიდრეობითობის მატერიალურ მასალასთან – დნმ-თან. სიცოცხლის ისტორიული განვითარების პროცესში ხდებოდა დნმ-ის – ცვლილება. ეს ცვლილება ეხება მის – 1) სტრუქტურულ და სივრცობრივ ორგანიზებას უჯრედში; 2) რაოდენობას; 3) ნუკლეოტიდურ შემადგენლობას.

1) პროკარიოტულ უჯრედში დნმ ციტოპლაზმაშია განთავსებული და რგოლური ფორმა აქვს (ერთი ბაქტერიული ქრომოსომა), ხოლო ეუკარიოტებში ჯაჭვის ფორმა აქვს და ქრომატინად არის ორგანიზებული, დნმ-ის ძირითადი მასა განთავსებულია ბირთვში (ბირთვული მემკვიდრეობა), თუმცა რგოლური ფორმის დნმ გვხვდება

მიტოქონდრიებსა და ქლოროპლასტებში (ციტოპლაზმური მემკვიდრეობა).

2) ევოლუციის პროცესში მისი რაოდენობაც იცვლებოდა. ვარაუდობენ, რომ პირველ ორგანიზმებს, რომლებმაც დასაბამი მისცეს დნმ-ის შემცველ ცოცხალ არსებებს, რამდენიმე გენი ჰქონდათ. ბუნებრივია, დნმ-ის რაოდენობა მათში ძალზე მცირე იყო. დღეს არსებული ევოლუციის სხვადასხვა საფეხურზე მდგომი ორგანიზმები დნმ-ის რაოდენობის მიხედვით მკვეთრად განსხვავდებიან. მაგალითად, ბაქტერიების უჯრედში საშუალოდ 4.10^6 ნუკლეოტიდური წყვილია (ნ.წ.). სოკოების უჯრედი, ბაქტერიებთან შედარებით, 10-ჯერ მეტ დნმ-ს შეიცავს – დაახლოებით 4.10^7 ნ.წ. მცენარეთა და ცხოველთა სახეობების უმრავლესობის უჯრედებში საშუალოდ 2.10^9 ნ.წ. ევოლუციის პროცესში, მარტივი პროკარიოტებიდან მოყოლებული უმაღლესი ეუკარიოტების ჩათვლით, გენომში დნმ-ის რაოდენობა თანდათანობით იზრდებოდა. ორგანიზაციის მაღალ საფეხურზე მდგომი ორგანიზმები საჭიროებენ გაცილებით მეტ დნმ-ს.

3) ევოლუციის პროცესში დნმ განიცდიდა ნუკლეოტიდური შემადგენლობის ცვლილებასაც, რომელიც ხელს უწყობდა ახალი გენების წარმოქმნას. ახალი გენები გენეტიკური მასალის ლოკალური ცვლილებით, კერძოდ, გენის დუბლირებით, ასევე, გენების შერწყმით და მათი ნაწილებად დაყოფით წარმოიქმნება. ძველი სტრუქტურული გენების შემადგენელი ნაწილების რეკომბინირებით ახალი გენები ყალიბდება.

მემკვიდრეობითობისა და ცვალებადობის მნიშვნელობა ორგანიზმებში ადაპტაციების ჩამოყალიბებაში

მემკვიდრეობითობის მატერიალური მასალის ზემოთ აღწერილი ცვლილებები სიცოცხლის ორგანიზაციის სხვადასხვა დონეზე იწვევდა ორგანიზაციის დონის ამაღლებას, ორგანიზმების მიერ ახალი საარსებო გარემოს ათვისებას, რომელიც დაკავშირებული

იყო ახალი ტიპის სტრუქტურული და ფიზიოლოგიური შეგუებულობების ჩამოყალიბებასთან.

შეგუებულობა/ადაპტაცია არის ორგანიზმის მორფოლოგიური/სტრუქტურული და ფიზიოლოგიურ ნიშან-თვისებათა ერთობ-



ლიობა, რომელიც ხელს უწყობს კონკრეტულ საარსებო გარემოში ორგანიზმის/სახეობის არსებობას – ზრდის მისი გადარჩენისა და შთამომავლობის დატოვების შესაძლებლობას.

მაგალითად, მცენარეს – ვენერას ბუზიჭერიას, რომელიც ცხოვრობს ისეთ გარემოში, სადაც აზოტის ნაკლებობაა, განუვითარდა ფოთლის ისეთი სახეცვლილება, რომლითაც შეგუებულია მწერებით კვებასთან (ამით იკმაყოფილებენ აზოტზე მოთხოვნილებას). მაგალითად, ფოთლებზე აქვს წვრილი ბუსუსები, რომლებიც აღიქვამენ მწერის შეხებას და საპასუხოდ ფოთოლი სწრაფად იხურება. ფოთოლი გამოყოფს ფერმენტებს, რომლის საშუალებით მცენარე მოინელებს ფოთოლში მოქცეულ მწერს და მონელებულ საკვებ ნივთიერებებს შეიწოვს. ფოთლის ფორმა, წვრილი ბუსუსების წარმოქმნა არის მორფოლოგიური შეგუებულობის მაგალითი, ხოლო საჭმლის მომნელებელი ფერმენტების გამოყოფისა და მონელებული საკვები ნივთიერებების შეწოვის უნარის განვითარება კი ფიზიოლოგიური შეგუებულობის მაგალითია.

ორგანიზმებში საარსებო გარემოსთან სხვადასხვა ტიპის ადაპტაცია ყალიბდება ბუნებრივი გადარჩევის მოქმედების შედეგად. დარვინის ევოლუციური თეორიის მიხედვით, ბუნებრივი გადარჩევა მემკვიდრული ცვალებადობის საფუძველზე წარმოადგენს ცოცხალი სამყაროს ევოლუციის მთავარ მამოძრავებელ ფაქტორს. ბუნებრივი გადარჩევის მოქმედების ერთ-ერთი შედეგია საარსებო გარემოსთან ახალი შეგუებულობების ჩამოყალიბება. **ბუნებრივი გადარჩევა არის კონკ-**

რეტულ საარსებო გარემოსთან უკეთ შეგუებული ინდივიდების გადარჩენა და მათ მიერ შთამომავლობის დატოვება, გარკვეული გენოტიპების შერჩევითი შენარჩუნება და მომდევნო თაობებისთვის გადაცემა.

ბუნებრივი გადარჩევა მოქმედებს პოპულაციაში სხვადასხვა ფენოტიპზე. რაც მრავალფეროვანია პოპულაცია ფენოტიპურად, მით პოპულაციას გადარჩენის მეტი შანსი აქვს შეცვლილ გარემოში. პოპულაციის მრავალფეროვანი ფენოტიპი კი მისი გენეტიკური მრავალფეროვნებითაა გამონეული. ბუნებრივი პოპულაციების გენეტიკური ნაირგვარობა მათში მიმდინარე მუტაციური და რეკომბინაციური/კომბინაციური ცვალებადობის შედეგია. ბუნებრივი გადარჩევისთვის ძირითადი მასალის როლს ასრულებს მუტაციები, რადგან მუტაციების და, კერძოდ, გენური მუტაციების დროს ხდება ახალი ალელების წარმოქმნა. აბსოლუტურად ჰომოზიგოტური ბუნებრივი პოპულაციები არ არსებობს. პოპულაციის გენთა ერთობლიობას გენოფონდი ეწოდება. პოპულაციის გენეტიკურ შესწავლას გენების სიხშირისა და გენოტიპების თანაფარდობის განსაზღვრის გზით ახდენენ. ბუნებრივი პოპულაციები განსხვავდებიან ალელთა შეხვედრის სიხშირითა და ამა თუ იმ გენოტიპის რაოდენობრივი თანაფარდობით.

შეცვლილ გარემო პირობებში, ზოგიერთი მემკვიდრული თვისება სასარგებლო იქნება ორგანიზმისთვის. ბუნებრივი გადარჩევის მოქმედების შედეგად უპირატესად გადარჩებიან სასარგებლო მემკვიდრული ნიშან-თვისებების მქონე ინდივიდები და უპირატესად

ისინი ტოვებენ შთამომავლობას, ვიდრე ის ინდივიდები, რომლებსაც არ გააჩნიათ ასეთი მემკვიდრული ნიშან-თვისება. ინდივიდუალური მემკვიდრეობითი ცვლილებების შეძენა ან დაკარგვა დაუყოვნებლივ არ იწვევს ახალი

შეგუებულობის ჩამოყალიბებას. ახალი შეგუებულობა ყალიბდება თაობების მანძილზე ხანგრძლივი დროის განმავლობაში პოპულაციაზე ბუნებრივი გადარჩევის ასეთი მიმართულებით მოქმედების შედეგად.

ადაპტაციები მცენარეებში ხმელეთზე ცხოვრებასთან დაკავშირებით

მცენარეებში მრავალი მორფოლოგიური და ფიზიოლოგიური შეგუებულობები განუვითარდათ ხმელეთზე ცხოვრებასთან დაკავშირებით. ხმელეთზე ერთ-ერთი, რასაც უნდა გაუმკლავდეს, ორგანიზმი, ეს არის სიმშრალე. ამიტომ მცენარეებს განუვითარდათ წყლის მოპოვებისა და ტენიანობის შენარჩუნებასთან დაკავშირებული მორფოლოგიური შეგუებულობები: ფესვთა სისტემა, ორგანიზმი დაფარულია წყალგაუმტარი კუტიკულით, ფოთლების ეპიდერმისში ბაგეები, რომელიც არეგულირებს წყლის აორთქლებას; განუვითარდათ ნივთიერებათა ტრანსპორტირებისთვის გამტარი სისტემა; თესლოვან მცენარეებში გამეტების შერწყმისთვის ალარ არის

საჭირო წყალი, რადგან შიშველთესლოვან მცენარეებს მდედრობითი და მამრობით გირჩები განუვითარდათ მათ ქერქლებზე სამტვრეებითა და თსლკვირტებით; მტვრის მარცვლებში არსებული მამრობითი გამეტების – სპერმიების გადატანა თესლკვირტზე ანუ დამტვერვა ჰაერის საშუალებით ხდება და არა წყლით. შიშველთესლოვანი მცენარეები მრავლდებიან თესლით. თესლის წარმოქმნა არის ხმელეთზე ცხოვრებასთან მნიშვნელოვანი შეგუებულობა, რადგან იგი სპორისგან განსხვავებით, არის მრავალუჯრედიანი, მასში მოთავსებულია ჩანასახი, რომელსაც გამომშრობისგან იცავს თესლის მკვრივი კანი.



სურ. 2.2.73.



ხმელეთზე ცხოვრებასთან ყველაზე მაღალი შეგუებულობა აქვთ გამომუშავებული ყვავილოვან მცენარეებს. მაგ., მათ განუვითარდათ რეპროდუქციული ორგანო ყვავი-

ლი და დამტვერვა ხდება როგორც ქარით, ასევე, ცხოველების საშუალებით. ცხოველებით დამტვერავ მცენარეებს აქვთ არამარტო კაშკაშა შეფერილობა, სანექტრეები (მორ-



1. ზოგიერთ შხამიან სოკოს აქვს კაშკაშა შეფერილობა, რომელთა ამოცნობა ადვილია სოკოჭამია ცხოველებისთვის. ზოგიერთი შხამიანი სოკოები კი ისეთივე უფერული და შეუმჩნეველია, როგორც საკვები სოკოები, მაგრამ მათ აქვთ უჩვეულოდ მძაფრი სუნი. ზოგიერთი მეცნიერის აზრით, მძაფრი სუნი სოკოს იცავს სოკოს მჭამელი ღამის ცხოველებისგან. 1) შეგუებულობის რა ფორმების მაგალითებია მოყვანილი? 2) აღწერე ასეთი შეგუებულობის წარმოქმნის პროცესი.

ფოლოგიური შეგუებულობა), არამედ მკვეთრი სუნიც (ფიზიოლოგიური შეგუებულობა), რომლითაც იზიდავენ ცხოველებს. ყვავილ-დან ვითარდება ნაყოფი, რომელშიც მოთავსებულია თესლი. ნაყოფი არამართო იცავს თესლს და მასში მოთავსებულ ჩანასახს სხვა-

დასხვა ტიპის, მათ შორის, გამოშრობისგან, დაზიანებისგან, არამედ სხვადასხვა შეგუებულობანი ხელს უწყობს მის გავრცელებას. მაგ., გემრიელი წვნიანი ნაყოფები და მათი კაშკაშა შეფერილობა.



2.

მემკვიდრული და არამემკვიდრული ცვალებადობის შედარება		
თეზისები შედარებისთვის	მემკვიდრული ცვალებადობა	არამემკვიდრული ცვალებადობა
გენოტიპი – იცვლება/არ იცვლება	×	×
წარმოადგენს მხოლოდ გარემო ფაქტორებისა და გენოტიპის ურთიერთქმედების შედეგს	×	×
ერთი კანონზომიერებით მოქმედებს სახეობის ყველა ინდივიდზე/ინდივიდუალურია	×	×
მემკვიდრეობით მომდევნო თაობებს – გადაეცემა/არ გადაეცემა	×	×
უფრო ხშირად – შექცევადია/არ არის შექცევადი	×	×
პოპულაციის გენოფონდს – ცვლის/არ ცვლის	×	×
ევოლუციისთვის მასალას – წარმოადგენს/არ წარმოადგენს	×	×



კვლევის მონაცემების ანალიზი

გაეცანი ექსპერიმენტის შინაარსსა და შედეგებს და უპასუხე კითხვებს

ბაქტერიაზე – *Staphylococcus aureus* – ჩაატარეს ასეთი ექსპერიმენტი: პეტრის ჯამზე, რომელიც შეიცავდა 100 მილიონ ბაქტერიას, დაამატეს პენიცილინის შედარებით მცირე დოზა, გადარჩა 10-ზე მეტი ბაქტერია. ასეთი ბაქტერიები გამრავლდნენ და მათი შთამომავლობა შეეგუა პენიცილინის ასეთი დოზის პირობებში არსებობას. როდესაც ბაქტერიების ამ კულტურისთვის პენიცილინის დოზა გააორმაგეს, ბაქტერიების უმრავლესობა დაიღუპა, მაგრამ რამდენიმე მაინც გადარჩა და მათი შთამომავლობა პენიცილინის ამ დოზასაც შეეგუა. როდესაც ეს ბაქტერიები დაამუშავეს პენიცილინის უფრო დიდი დოზით, ისინი მაინც გადარჩნენ. ეს პროცესი 5-ჯერ გაიმეორეს. ბოლოს მიიღეს ბაქტერიების შტამი, რომელიც უძლებდა 2500-ჯერ უფრო კონცენტრირებულ პენიცილინს, ვიდრე პირველ ეტაპზე გამოიყენეს. ამ ბაქტერიებმა პენიცილინისადმი გამომუშავებული მდგრადობა/ტოლერანტობა გადასცეს თავიანთ შთამომავლობას, როგორც სასარგებლო მემკვიდრული ცვლილება.

- არსებობისათვის ბრძოლის რომელი ფორმაა აღწერილი ექსპერიმენტში?
- რა ტიპის შეგუებულობის მაგალითია ბაქტერიებში პენიცილინისადმი ტოლერანტობის ჩამოყალიბება?
- დაასაბუთე, რამდენად ადასტურებს ექსპერიმენტი ახალი ადაპტაციის ჩამოყალიბებაში მემკვიდრული ცვალებადობისა და ბუნებრივი გადარჩევის როლს;
- გამოიყენე ტერმინები: მუტაცია, ცვალებადობა, მემკვიდრეობითობა, გამრავლება, ადაპტაცია, ბუნებრივი გადარჩევა და აღწერე პენიცილინისადმი ტოლერანტული ბაქტერიის შტამის წარმოქმნის პროცესი.



ცხოველთა სამეფოდან (იხ. გვ. 8-54) შეარჩიე რომელიმე სისტემატიკური ჯგუფის ორგანიზმში საარსებო პირობებთან შეგუებულობის მაგალითი და აღწერე ამ შეგუებულობის ჩამოყალიბების თქვენელი ვერსია ისე, რომ ახსნილი იყოს მემკვიდრეობითობისა და ცვალებადობის როლი ამ შეგუებულობის წარმოქმნის პროცესში. ამის საილუსტრაციოდ წარმოადგინე კოგნიტური სქემა, ან პოსტერი (ფლიპჩარტზე, ელექტრონული ვერსია), კომიქსი ან სიმულაციური თამაში.

შენი ნამუშევრის პრეზენტაციისას თვალსაჩინოდ წარმოაჩინე:

- როგორ არის ადაპტირებული ბიოლოგიური სისტემების სტრუქტურა და მათთან დაკავშირებული ფუნქციები გარემოსთან?
- რა მნიშვნელობა აქვს მემკვიდრეობითობასა და ცვალებადობას შეგუებულობების ჩამოყალიბებაში?
- რა მნიშვნელობა აქვს გარემო პირობებთან შეგუებულობებს პოპულაციის/სახეობის მდგრადობისთვის?

2.2.10. გამრავლება



როგორც უკვე იცით, გრ.მენდელმა საყოველთაოდ აღიარებული ცდები ბარდაზე 1856-63 წლებში ჩაატარა. 1866 წელს ბუნებისმეტყველთა საზოგადოების ჟურნალში დაიბეჭდა გ. მენდელის კვლევა სათაურით: „**ცდები მცენარეთა ჰიბრიდებზე**“. ჟურნალი გაეგზავნა ევროპის 120 ბიბლიოთეკას, დამატებით კი მენდელმა შრომის 40 ამონაბეჭდი დააგზავნა. მენდელს მხოლოდ მიუნხენში მოღვაწე გამოჩენილი ბოტანიკოსი, პროფესორი კარლ ფონ ნეგელი გამოეხმაურა. მენდელის ნაშრომს ნეგელი სკეპტიკურად შეხვდა. მან ვერ შეაფასა მისი ღირსება, მისი დახვეწილი და ორიგინალური ხასიათი. მიღებული შედეგი კერძო, მხოლოდ ბარდისათვის დამახასიათებელ შემთხვევად მიიჩნია. მენდელისადმი გაგზავნილ წერილში ის შენიშნავდა, რომ აღმოჩენას აღიარებდა მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ იმავე ცდებს მცენარე ხარნუყაზე (*Hieracium*) გადაამოწმებდა, რომელზედაც თვითონ მუშაობდა. მენდელმა ამ მცენარეზე ჩაატარა ცდები იგივე მეთოდით – ჰიბრიდოლოგიური მეთოდით, რაც ბარდაზე (გაიხსენე მენდელის შრომები – მე-11 კლ. გვ.10-17, 36-39). მაგრამ იგივე შედეგები ვერ მიიღო – ხარნუყაში ჰიბრიდების მიღება შეუძლებელი აღმოჩნდა. ბოტანიკოსებმა გაცილებით გვიან – XX ს-ში დაადგინეს, რომ ხარნუყას ახასიათებდა სქესობრივი გამრავლების განსაკუთრებული ფორმა. 1867 წლის 18 აპრილს მენდელი ნეგელს წერდა: „ვიცი, რომ შედეგები, რომლებიც ბარდაზე მივიღე, ძნელია მეცნიერების თანამედროვე დონეს შეუთანხმო“. მენდელის თანამედროვენი შენიშნავენ, რომ გულჩათხრობილი მკვლევარი სანუგეშოდ ამბობდა: „ჩემი დროც მოვა...“



მენდელისეული
ნიშნები ბარდაში

- რა თავისებურებით ხასიათდება ბარდა, რომელიც მენდელის წარმატების ერთ-ერთი მიზეზი იყო?
- რაში მდგომარეობს გენეტიკური კვლევის ჰიბრიდოლოგიური მეთოდის არსი?
- რას ეწოდება ჰიბრიდი?
- როგორ შეხვდა მეცნიერთა წრე მენდელის ნაშრომის გამოქვეყნებას? რატომ?
- ვინ გამოეხმაურა მეცნიერს და რა შესთავაზა?
- როგორ ფიქრობ, ხარნუყასთვის სქესობრივი გამრავლების როგორი ფორმა უნდა იყოს დამახასიათებელი, რომ ჰიბრიდების მიღება შეუძლებელი აღმოჩნდა?
- რა ბიოლოგიური მნიშვნელობა აქვს გამრავლებას?
- გამრავლების რა ფორმებია გავრცელებული ბუნებაში და რა არსებითი განსხვავებაა მათ შორის?

ყოველ წამს ცოცხალი ორგანიზმების ასტრონომიული რიცხვი ილუპება სიბერით, ავადმყოფობით, ან მტაცებლების, ერთმანეთთან კონკურენციის მიზეზით და მხოლოდ ყველა ორგანიზმის უნიკალური სასიცოცხლო თვისებების – გამრავლების გამო არ წყდება სიცოცხლე დედამიწაზე. გამრავლება ყველა ცოცხალი ორგანიზმისათვის არის დამახასიათებელი. **იგი ხელს უწყობს ინდივიდთა**

რიცხვის ზრდას, სახეობის მიერ ახალი ტერიტორიის ათვისებას, თაობათა შორის კავშირის დამყარებას, თაობათა მონაცვლეობას, თაობიდან თაობაზე მემკვიდრული ნიშან-თვისებების გადაცემას.

ცოცხალ ორგანიზმებში ორი ტიპის გამრავლებას ვხვდებით: უსქესოს და სქესობრივს. მიუხედავად უსქესო გამრავლების სხვადასხვა ხერხისა (იხ. ცხრ. 2.2.14.), საერთოა ის, რომ

უსქესო გამრავლებაში სასქესო უჯრედები არ მონაწილეობს და მხოლოდ ერთი მშობლიური ინდივიდის სომატური უჯრედის/უჯრედების მიტოზური გაყოფით წარმოიქმნება ახალი ორგანიზმი. **ამიტომ შვილეული ორგანიზმი მემკვიდრეობითი ნიშან-თვისებებით დედისეული ინდივიდის იდენტურია** (თუ ადგილი არ ექნება სომატურ მუტაციებს). უსქესო გამრავლე-

ბის ხერხად მიაჩნიათ სპორებით გამრავლება (სპორებით მრავლდებიან წყალმცენარეები, სოკოები, მცენარეებიდან ხავსები და გვიმრები), თუმცა სპორიდან მშობლიური ორგანიზმის გენეტიკურად იდენტური შთამომავლობა ვერ მიიღება, რადგან სპორები მეიოზური გაყოფით წარმოიქმნებიან (ამ ორგანიზმებში მიტოზური გაყოფით გამეტები მიიღება).

ცხრილი 2.2.14. უსქესო გამრავლება	
უსქესო გამრავლების ხერხი	დახასიათება და მაგალითები
ერთი უჯრედის ორად გაყოფა	უჯრედი იყოფა ორ შვილეულ უჯრედად, რომლებიც დედისეული უჯრედის იდენტურია. პროკარიოტებში (ბაქტერიები) ბინალური გაყოფა (უჯრედის გაყოფამდე ხდება დნმ-ის გაორმაგება და ამიტომ გენეტიკურად იდენტური უჯრედები მიიღება), ხოლო პროტისტების უჯრედები მიტოზურად იყოფა (ერთუჯრედიანი წყალმცენარეები, პროტოზოები, სოკოები).
ერთი უჯრედის მრავალჯერადი გაყოფა – შიზოგონია	ერთი უჯრედი ზედიზედ რამოდენიმეჯერ იყოფა მიტოზურად და მრავალი შვილეული იდენტური უჯრედი წარმოიქმნება (ზოგიერთი პროტისტი, მაგალითად, მალარიის პლაზმოდიაში).
დაკვირტვა	დედის სხეულზე ჩნდება გამონაზარდი (კვირტი), რომელიც შემდეგ სცილდება მას და დამოუკიდებელ ახალ ორგანიზმად გადაიქცევა, იგი მშობლიური ინდივიდის იდენტურია (ნაწლავღრუიანები, საფუარა სოკოები, ზოგიერთი მცენარე, მაგ. ბრიოფილუმი; საფუარები უჯრედის შუაზე გაყოფითაც მრავლდებიან, როდესაც თანაბარი ზომის უჯრედები წარმოიქმნება, დაკვირტვის დროს კი უჯრედი არათანაბრად იყოფა).
სხეულის ფრაგმენტაცია	ინდივიდი ერთ ან მეტ ნაწილად იყოფა, თითოეული ნაწილი იზრდება და ახალი ინდივიდი წარმოიქმნება; გამრავლების ამ ფორმის საფუძველია რეგენერაცია – სხეულის ნაწილისგან მთლიანი ორგანიზმის განვითარება, ან სხეულის დაკარგული ნაწილის აღდგენა (ჰიდრა, ზღვის ვარსკვლავა, პლანარია, ჭიაყელა, ძაფნაირი წყალმცენარე სპიროგირა).
ვეგეტატიური გამრავლება	მცენარეები მრავლდებიან ვეგეტატიური ორგანოებით; ამისათვის მცენარე ივითარებს სპეციალურ ორგანოებს, რომლებშიც საკვები ნივთიერებები მარაგდება: გორგლი, ბოლქვი, ძირხვენა, ფესურა, ფესვგორგალი; გარდა ამ ორგანოებისა, მცენარე ვეგეტატიურად მრავლდება ყლორტით, პწკალით, ფესვის ამონაყარით, ფოთლით (კარტოფილი, ხახვი, ნიორი, ტიტა, ბატატი, სტაფილო, მარწყვი, ტირიფი და სხვა მცენარეები).

უსქესო გამრავლება ევოლუციურად სქესობრივ გამრავლებაზე ადრე გაჩნდა და არ ახლავს მას გენეტიკური მრავალფეროვნების გაზრდა. **ხელსაყრელ პირობებში უსქესო გამრავლება ეფექტური პროცესია, რადგან ამ პირობებში მოხვედრილი პოპულაციის ინდივიდების რიცხვი სწრაფად იზრდება.** იგი ფართოდ გამოიყენება სოფლის მეურნეობაში. უსქესოდ ამრავლებენ იმ ორგანიზმებს, რომელთაც ადამიანისათვის სასარგებლო და საჭირო ნიშან-თვისებები აქვთ.

სქესობრივ გამრავლებაში სასქესო უჯრედები – გამეტები მონაწილეობს. მრავალუჯრედიანი ორგანიზმების უმრავლესობაში უჯრედების ნაწილი დასპეციალიზებულია

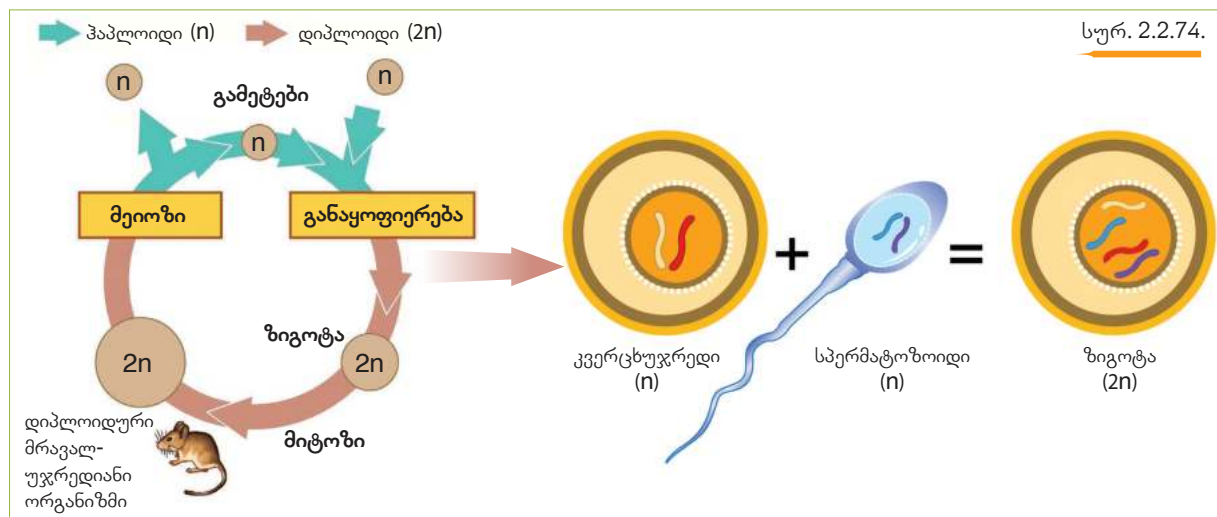
გამრავლების ფუნქციის შესასრულებლად, გაჩნდა გამრავლების – **რეპროდუქციული ორგანოები**. მათში ვითარდება ჰაპლოიდური გამეტები, რომელთა შერწყმის შედეგად დიპლოიდური ზიგოტა წარმოიქმნება. შეგახსენებთ, რომ წყალმცენარეებში, მცენარეებსა და სოკოებში მეიოზური გამრავლებით სპორები წარმოიქმნება, ჰაპლოიდური გამეტები კი მიტოზით ყალიბდება. უმრავლესობა სახეობის ორგანიზმში გამეტები დიფერენცირებულია მორფოლოგიურად (დიდი ზომის კვერცხუჯრედი, მცირე ზომის სპერმატოზოიდი) და ამ მოვლენას **ანიზოგამიას** უწოდებენ. სქესობრივი გამრავლება დამახასიათებელია მარტივი ორგანიზმებისთვისაც, მაგალითად,

ერთუჯრედოვანი და მრავალუჯრედოვანი წყალ-მცენარეებისთვის. თუმცა მათში გამეტები მორფოლოგიურად ერთნაირია და მხოლოდ გენეტიკურად განსხვავდებიან, რასაც **იზოგამია** ეწოდება.

რეპროდუქციული ორგანოების მიხედვით ორგანიზმები არიან ორსქესიანები/ჰერმადროდიტები ან ერთსქესიანები/ცალსქესიანები. ორსქესიანი ორგანიზმების უმრავლესობის სქესობრივ გამრავლებაში ორი მშობლიური ინდივიდი მონაწილეობს (ორსქესიან მცენარეებში ჯვარედინი დამტვერვა, ჰერმადროდიტი ცხოველების ჯვარედინი განაყოფიერება), თუმცა შეიძლება მხოლოდ ერთი მშობლიური ინდივიდიც მონაწილეობდეს, მაგალითად, ორსქესიან მცენარეებში თვითდამტვერვა, ჰერმადროდიტ ცხოველებში თვითგანაყოფიერება (განსაკუთრებით ენდოპარაზიტებში). განაყოფიერება ცხოველებში შეიძლება იყოს შინაგანი ან გარეგანი და შესაბამისი ადაპტაციები განუვითარდათ მათ ამასთან დაკავშირებით. მთელი რიგი ორგანიზმების სასიცოცხლო ციკლში მკეთრად შეიმჩნევა უსქესო

და სქესობრივი გამრავლების მონაცვლეობა (იხ. მცენარეებში, გვ. 137, ცხოველებში, გვ.10).

თუ უსქესო გამრავლება უზრუნველყოფს შთამომავლობაში დედისეული მემკვიდრეობითი ინფორმაციის ზუსტ გადაცემას, სქესობრივი გამრავლება პირიქით – შთამომავლობაში მემკვიდრეობითი ინფორმაციის სხვადასხვა კომბინაციების მრავალფეროვნებას განაპირობებს. ეს დაკავშირებულია მეიოზთან და გამეტების თავისუფალ შერწყმასთან. აგრეთვე იმასთან, რომ უფრო ხშირად სქესობრივ გამრავლებაში ორი მშობლიური ინდივიდი მონაწილეობს. რაც უფრო მრავალფეროვანი ინდივიდებისგან შედგება სახეობა, მით იზრდება არახელსაყრელ გარემო პირობებთან ორგანიზმების შეგუებისა და სახეობის გადარჩენის შანსი. ილუსტრაციაზე (სურ. 2.2.73) კარგად ჩანს, რომ მეიოზი უზრუნველყოფს გენეტიკური მასალის განახევრებას, ხოლო განაყოფიერება – გენეტიკური მასალის გამთლიანებასა და გენეტიკური ინფორმაციის რეკომბინაციას.



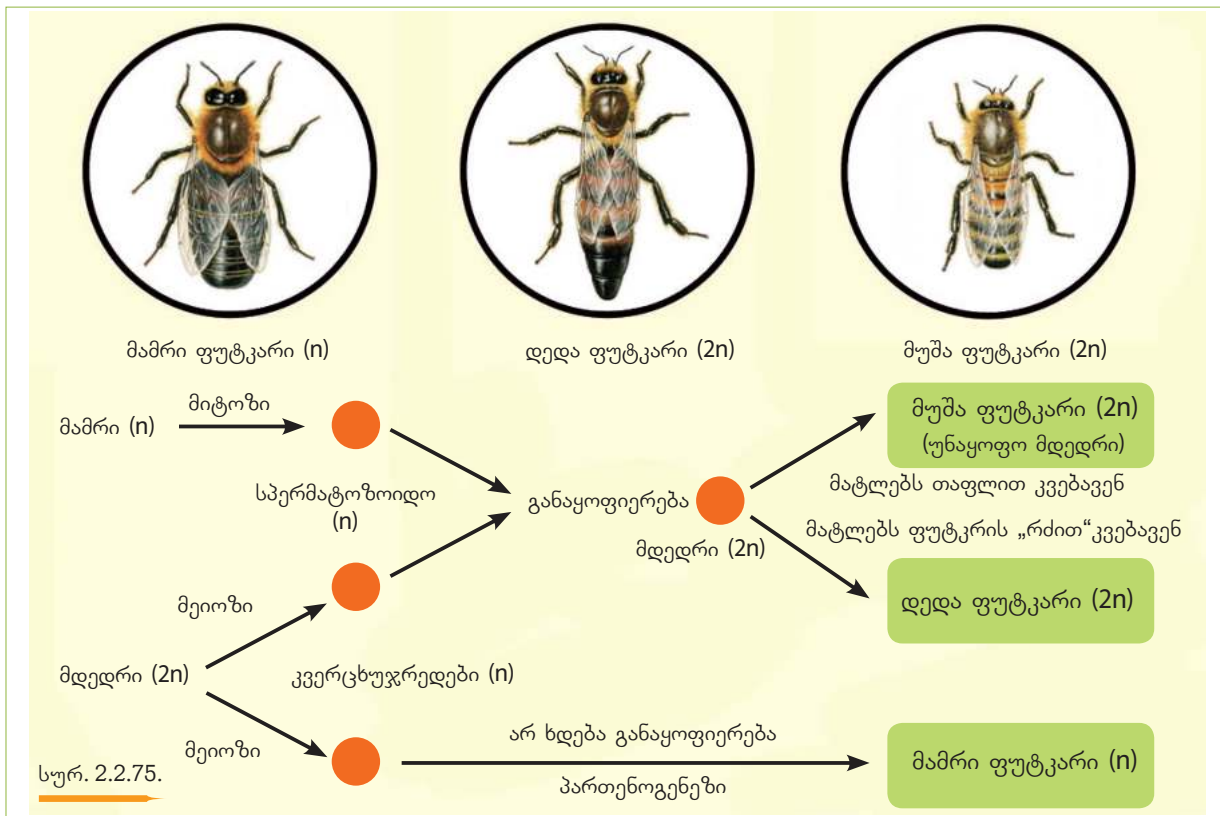
ბაქტერიებისთვის სქესობრივი გამრავლება არ არის დამახასიათებელი, მაგრამ გენეტიკური ინფორმაციის რეკომბინაციას მათში უზრუნველყოფს ტრანსდუქცია, ტრანსფორმაცია და კონიუგაცია (იხ. მე-10 კლ. ნაწ. 2,

გვ. 61-62). ასევე, ინფუზორიებში გენეტიკურ რეკომბინაციას განაპირობებს კონიუგაციის დროს მიკრონუკლეუსების გაცვლა (იხ. მე-12 კლ. პირველი ნაწ. სურ. 2.1.20).

ატიპური სქესობრივი გამრავლება

სქესობრივი გამრავლების სახესხვაობას წარმოადგენს **პარტენოგენეზი**, რომლის დროსაც გაუანაყოფიერებელი კვერცხუჯრედიდან

ვითარდება ახალი ორგანიზმი. არსებობს პარტენოგენეზის ორი სახე: ჰაპლოიდური და დიპლოიდური. **ჰაპლოიდური პარტენოგენეზი**



დამახასიათებელია ჭიანჭველების, ფუტკრებისა და კრაზანებისთვის. მაგალითად, დედა ფუტკარი დებს განაყოფიერებულ დიპლოიდურ კვერცხებს და გაუნაყოფიერებელ ჰაპლოიდურ კვერცხებს. განაყოფიერებული კვერცხებიდან დიპლოიდური მდედრი და მუშა ფუტკრები ვითარდება, ხოლო გაუნაყოფიერებლიდან – ჰაპლოიდური მამრი ფუტკარი (სურ. 2.2.75.). ამ ცხოველებში პარტენოგენეზი ევოლუციის პროცესში ჩამოყალიბებული ადაპტაციაა, რომლის მეშვეობით პოპულაციაში **სქესი რეგულირდება**.

ბუერებისთვის, უმდაბლესი კიბოსნაირებისთვის – დაფნიებისათვის დამახასიათებელია **დიპლოიდური პარტენოგენეზი** (სურ. 2.2.76). ზაფხულის განმავლობაში მდედრი დებს გაუნაყოფიერებელ დიპლოიდურ კვერცხებს, საიდანაც მხოლოდ პარტენოგენეზური მდედრები ვითარდებიან, ისინიც თავისმხრივ პარტენოგენეზურ თაობებს წარმოქმნიან ზაფხულის ხელსაყრელ პირობებში, ზაფხულის ბოლოს დადებული გაუნაყოფიერებელი კვერცხებიდან გარემოს ტემპერატურის გავლენით ვითარდებიან როგორც მდედრები, ისე მამრები, ამიტომ შემოდგომაზე მდედრები კვლავ განაყოფიერე-

ბულ მოზამთრე კვერცხებს დებენ, საიდანაც გაზაფხულზე მხოლოდ მდედრები ვითარდებიან. პარტენოგენეზი ამ ფორმას ციკლურ პარტენოგენეზსაც უწოდებენ. **ამ შემთხვევაში პარტენოგენეზი ხელსაყრელ პირობებში სახეობის ინდივიდების რიცხვის სწრაფი ზრდის საშუალებაა**. ევოლუციის პროცესში ციკლური პარტენოგენეზი ჩამოყალიბდა როგორც მნიშვნელოვანი ადაპტაცია. იგი გვხვდება ისეთ ცხოველებში, რომლებიც მასიურად ილუპებიან (მაგალითად, ბუერები, დაფნიები და სხვ.) ან როდესაც განსხვავებული სქესის ინდივიდების შეხვედრა გაძნელებულია (მაგ., კავკასიური კლდის ხვლიკი, რომელიც მხოლოდ პარტენოგენეზურად მრავლდება და პოპულაცია მდედრი ინდივიდებისგან შედგება).

პარტენოგენეზი აღწერილია უხერხემლო ცხოველთა ყველა ტიპში, ასევე ხერხემლიან ცხოველებში (გამონაკლისია ძუძუმწოვრები). ამ გზით პოპულაციაში ინდივიდთა რიცხვნობის შენარჩუნება ხდება და იგი სახეობის არსებობას განაპირობებს. პარტენოგენეზი გვხვდება მცენარეთა სამეფოშიც. იგი აღწერილია ბაბუანვერაში, ხარნუყაში, თამბაქოში და სხვ.

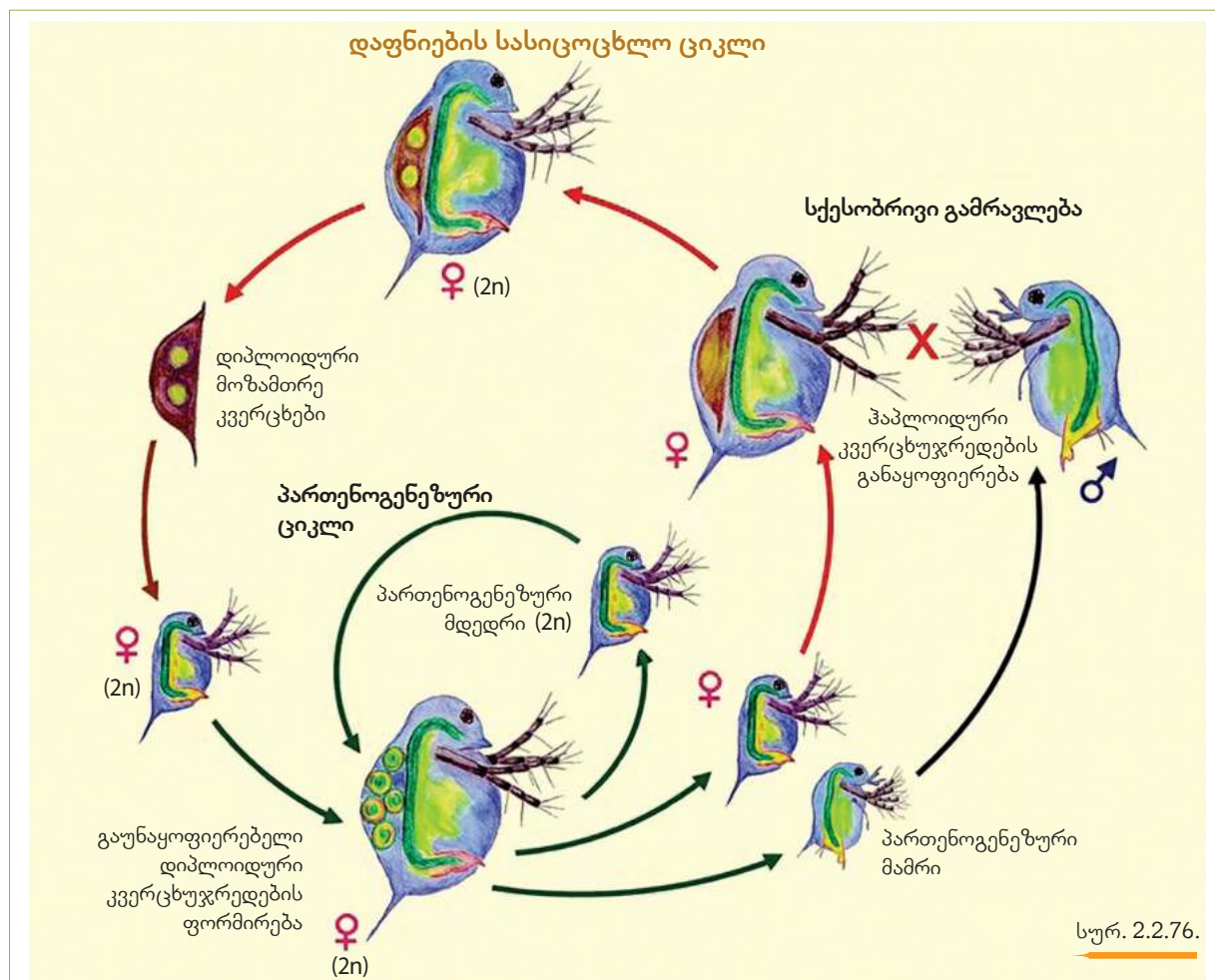
პარტენოგენეზის დროს, უსქესო გამრავ-

ლების მსგავსად, ახალ ორგანიზმს დასაბამს ერთი ინდივიდი აძლევს. იგი სქესობრივი გამრავლებაა, ვინაიდან ორგანიზმი ვითარდება სასქესო უჯრედებიდან – კვერცხუჯრედიდან, ხოლო უსქესო გამრავლების დროს შთამომავლობა სომატური უჯრედებიდან წარმოიქმნება.

სქესობრივი გამრავლების კიდევ ერთი სახესხვაობაა **გინოგენეზი**. პარტენოგენეზისაგან განსხვავებით, გინოგენეზის დროს გამრავლებაში სპერმატოზოიდები მონაწილეობენ. კვერცხუჯრედში შეიჭრება სპერმატოზოიდი, მაგრამ არ ხდება კვერცხუჯრედისა და სპერმატოზოიდების ბირთვის შერწყმა, იგი კვერცხუჯრედზე მასტიმულირებელ გავლენას ახდენს, თვითონ კი კვდება; შესაბამისად, ჩანასახი ფორმირდება მხოლოდ კვერცხუჯრედის ციტოპლაზმისა და მისი ბირთვის ხარჯზე. გინოგენეზი აღწერილია ზოგიერთ ჰერმაფროდიტ მრგვალ ჭიაში, თევზებში (მაგალითად, ვერცხლისფერი კარჩხანა), მცენარეებიდან ბაიაში (*Ranunculus auricomus*),

მდელოს თივაქასრაში (*Poa pratensis*) და სხვ.

ანდროგენეზი გინოგენეზის საპირისპირო მოვლენაა. ანდროგენეზის დროს კვერცხუჯრედის ბირთვი კვდება და ჩანასახი ვითარდება სპერმატოზოიდის ბირთვისა და კვერცხუჯრედის ციტოპლაზმის ხარჯზე. როდესაც კვერცხუჯრედში ერთი სპერმატოზოიდი შეაღწევს (მონოსპერმია), მაშინ ჩანასახს ჰაპლოიდური ქრომოსომული კომპლექტი აქვს. ასეთი ჩანასახი ნაკლებ სიცოცხლისუნარიანია და მეტწილად იღუპება. ჩანასახი ნორმალურად ვითარდება მაშინ, როდესაც კვერცხუჯრედში შეღწეული ორი სპერმატოზოიდის ბირთვი შეერწყმება ერთმანეთს. ანდროგენეზი აღწერილია თუთის აბრეშუმხვევიასა (*Bombix mori*) და პარაზიტ კრაზანაში (*Habrabacon juglands*). ასევე, ანდროგენეზი აღწერილია მცენარეებში. მაგალითად, სიმინდსა და თამბაქოში. ცხოველებსა და მცენარეებში შესაძლებელია პარტენოგენეზის, გინოგენეზისა და ანდროგენეზის ხელოვნურად გამოწვევა.

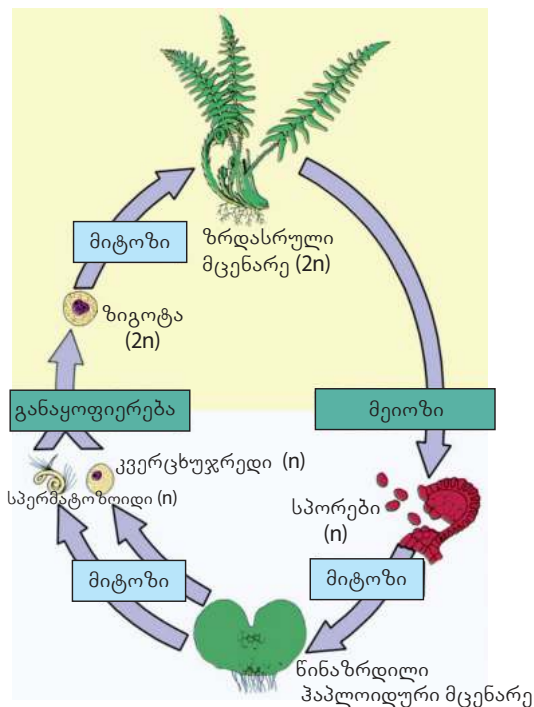
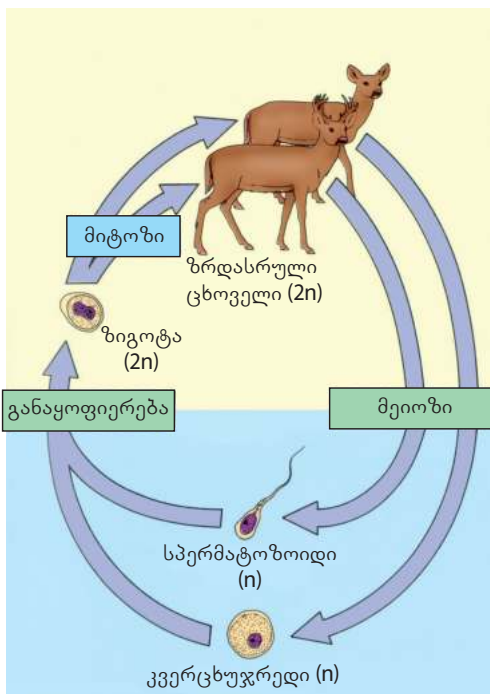




- რა არის გამრავლება და რა ბიოლოგიური მნიშვნელობა აქვს მას?
- შეადარე უსქესო და სქესობრივი გამრავლება ქვემოთ მოცემული ცხრილის მიხედვით:

თვისები შედარებისთვის	უსქესო გამრავლება	სქესობრივი გამრავლება
ახალი ორგანიზმის წარმოქმნაში მონაწილეობს – სომატური უჯრედები/გამეტები	×	×
გამრავლებაში მონაწილეობს – მხოლოდ ერთი მშობლიური ინდივიდი/ერთი მშობლიური ინდივიდი ან ორი	×	×
გამრავლების საფუძველი არის უჯრედების გამრავლება – მიტოზით/მეიოზით	×	×
შთამომავლობაში უზრუნველყოფს – მშობლის იდენტური გენეტიკური ინფორმაციის გადაცემას/გენეტიკურ მრავალფეროვნებას	×	×
უფრო ხშირად მრავლდებიან – ხელსაყრელ გარემო პირობებში/არახელსაყრელი გარემო პირობების დადგომის წინ	×	×
ხელს უწყობს პოპულაციის შეგუებას – სტაბილურ გარემო პირობებთან/ცვალებად გარემო პირობებთან	×	×
უპირატესობა	×	×
ნაკლი	×	×

- უსქესო გამრავლების დროს რატომ იზრდება ინდივიდების რიცხვი სწრაფად?
- რომელ მცენარეებში წარმოიქმნება ბევრი მტვრის მარცვალი – ჯვარედინმტვერია მცენარეებში თუ თვითმტვერია მცენარეებში? რატომ?
- რომელ ცხოველებში წარმოიქმნება ბევრი გამეტები – რომელთაც ახასიათებთ გარეგანი განაყოფიერება თუ, რომელთაც შინაგანი განაყოფიერება ახასიათებთ? რატომ?
- გაანალიზე სურათზე მოცემული ინფორმაცია და უპასუხე კითხვებს: 1) რა როლს ასრულებს მეიოზი თითოეულ ორგანიზმში? 2) რა როლს ასრულებს მიტოზი თითოეულ ორგანიზმში? 3) როდის აღდგება სახეობისთვის დამახასიათებელი ქრომოსომების დიპლოიდური კომპლექტი?



- რაში მდგომარეობს განაყოფიერების ბიოლოგიური როლი?
- რა არის პარტენოგენეზი და რა ბიოლოგიური როლი აქვს მას?
- აღწერე ატიპური სქესობრივი გამრავლების ფორმები და მათ შორის მსგავსება-განსხვავება.

2.2.11. ზრდა და განვითარება

ორგანიზმი, ჩასახვის მომენტიდან გადის ზრდა-განვითარების რთულ სტადიებს. ზრდა ყველა ცოცხალისთვის დამახასიათებელი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი თვისებაა. მრავალუჯრედოვანი ორგანიზმების ზრდას, ძირითადად, განაპირობებს მიტოზური გაყოფით უჯრედების რიცხვის გაზრდა. თუმცა ორგანიზმის ზრდა შეიძლება განპირობებული იყოს არა უჯრედების რიცხვის გაზრდით, არამედ უჯრედების ზომის შეუქცევადი ზრდით. მაგალითად, ფესვი სიგრძეში და ღერო სიმაღლეში იზრდება უჯრედების გაჭიმვის ხარჯზე. ორგანიზმის ზრდა შეიძლება იყოს შეზღუდული – ორგანიზმი იზრდება განსაზღვრულ ასაკამდე და შეუზღუდავი – მთელი სიცოცხლის განმავლობაში ორგანიზმი იზრდება განუსაზღვრელად. შეზღუდული ზრდა მიმდინარეობს, მაგალითად, მწერებში, ფრინველებსა და ძუძუმწოვრებში. შეუზღუდავი ზრდა ახასია-

თებს წყალმცენარეებს, მცენარეებს, სოკოებს, თევზებს, რეპტილიებსა და უხერხემლოთა მრავალ სახეობას. ორგანიზმის განვითარება ჩანასახის პერიოდში გულისხმობს ზრდასა და უჯრედების დიფერენცირებასაც.

ზრდა-განვითარების რეგულაცია. კონკრეტული ინდივიდის ზრდა-განვითარების პროცესს განსაზღვრავს გენეტიკური ინფორმაცია, თუმცა გენების ექსპრესიაზე გავლენას ახდენს გარეგანი და შინაგანი ფაქტორები. მნიშვნელოვანი გარეგანი ფაქტორებია ტემპერატურა, საკვები, განათება, წყალი. შინაგანი ფაქტორებიდან კი მნიშვნელოვანია ჰორმონები (იხ. გვ. 88, 94). გარეგანმა ფაქტორებმა შეიძლება გავლენა მოახდინოს შინაგან ფაქტორებზე. მაგალითად, საკვებ რაციონში იოდის ნაკლებობა აფერხებს თიროქსინის გამოყოფას, რაც მოზარდის ზრდა-განვითარებას აფერხებს.

სასიცოცხლო ციკლი

განვითარების სტადიების თანმიმდევრობას, რომელსაც გადიან კონკრეტული სახეობის წარმომადგენლები ერთი თაობის ზიგოტიდან მეორე თაობის ზიგოტამდე, **სასიცოცხლო ციკლი** ეწოდება. სხვადასხვა ორგანიზმში სასიცოცხლო ციკლის სირთულე განსხვავებულია. ზოგიერთ ორგანიზმში შეიმჩნევა უსქესო და სქესობრივი გამრავლების მონაცვლეობა, რომელიც **თაობათა მონაცვლეობის სახელწოდებითაა** ცნობილი. მაგალითად, მცენარეებში კარგად შეიმჩნევა უსქესო თაობის – სპოროფიტისა და სქესიანი თაობის – გამეტოფიტის მონაცვლეობა

(იხ. ნაწ.1, გვ.137). უსქესო და სქესობრივი გამრავლების მონაცვლეობა გვხვდება ნაწლავლურიანებშიც, მაგრამ ამ შემთხვევაში ორივე თაობა დიპლოიდურია და ჰაპლოიდური სტადია მხოლოდ გამეტების სახით არის წარმოდგენილი (იხ. გვ.10). პარაზიტების სასიცოცხლო ციკლი ხშირად ძალიან რთულია და რამდენიმე თაობას მოიცავს (იხ. გვ.13-16). ყოველი თაობა გარკვეულ სასიცოცხლო სიტუაციასთანაა შეგუებული – ან გარკვეული მასპინძლის ორგანიზმში ცხოვრებასთან, ან ერთი მასპინძლიდან მეორეში გადასვლასთან.

ემბრიოგენეზი. ხერხემლიანების ემბრიოგენეზი

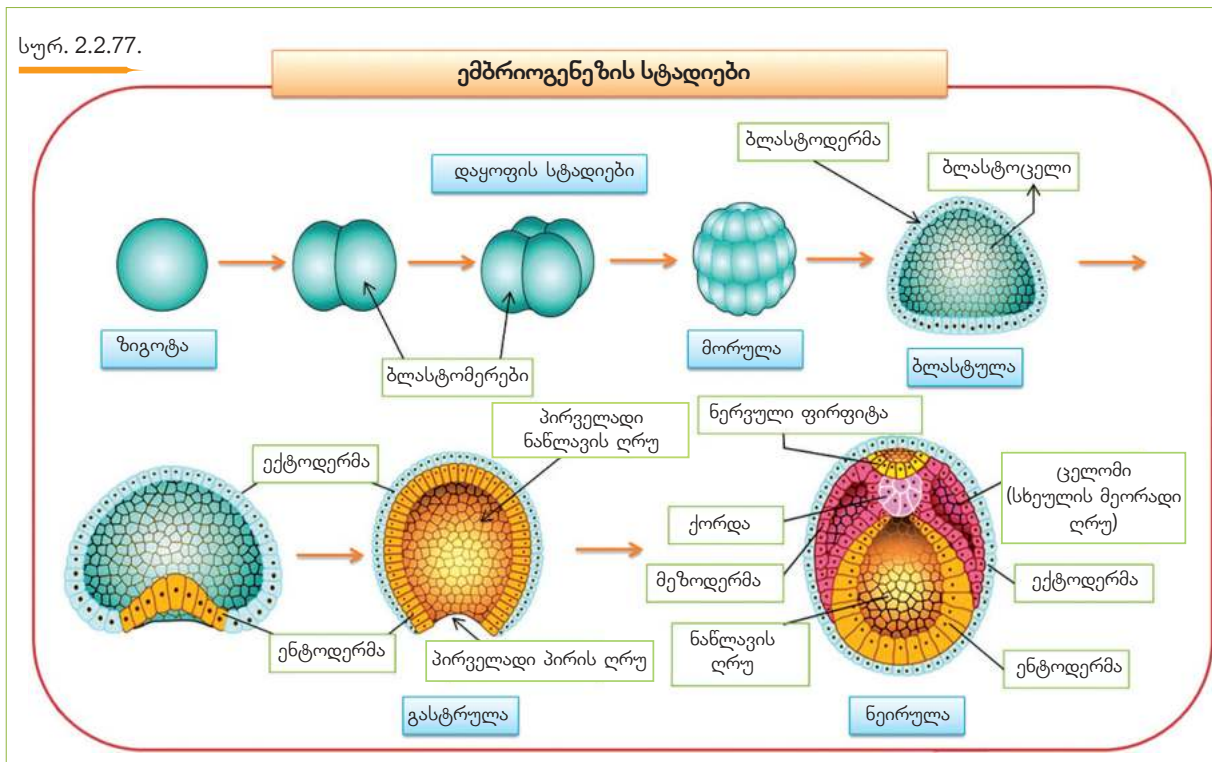
ინდივიდის ინდივიდუალური განვითარების პროცესს ზიგოტის წარმოქმნის მომენტიდან სიცოცხლის ბოლომდე **ონტოგენეზი** ეწოდება. მრავალუჯრედოვანებში ონტოგენეზი ორ ეტაპად იყოფა: **ემბრიონული (ჩანასახოვანი)** და **პოსტემბრიონული (ჩანასახის შემდგომი)** ეტა-

პები. ონტოგენეზი ორგანიზმის დაბერებითა და სიკვდილით მთავრდება.

ემბრიონული პერიოდი გრძელდება ზიგოტის წარმოქმნიდან ორგანიზმის დაბადებამდე ან კვერცხის გარსებიდან გამოსვლამდე. ეს პერიოდი რამდენიმე სტადიისგან შედგება

(სურ. 2.2.77): პირველი არის **დაყოფის სტადია**. განაყოფიერება სტიმულს აძლევს ზიგოტის მიტოზურ დაყოფას. წარმოქმნილ უჯრედებს **ბლასტომერები** ეწოდება. ამ შემთხვევაში მიტოზი, ჩვეულებრივი სომატური უჯრედების მიტოზური გაყოფისაგან განსხვავებით, ძალიან სწრაფად მიმდინარეობს. ამიტომ უჯრედები ვერ ასწრებენ ზრდას და რაც იზრ-

დება ბლასტომერების რიცხვი, მით უფრო ამ უჯრედების ზომა მცირდება. წარმოიქმნება ერთშიანი ჩანასახი — **ბლასტულა**. მას აქვს სფეროსებური ფორმა შიგნით სიღრუე, რომელსაც **ბლასტოცელი** ეწოდება. ქრომოსომების გაორმაგება და ბლასტომერების წარმოქმნა კვერცხუჯრედში დაგროვებული საკვები ნივთიერებების ხარჯზე ხდება.



შემდეგი არის **გასტრულაციის ეტაპი**. გასტრულის წარმოქმნისას უჯრედები ძალიან სწრაფად იყოფა მიტოზურად და მათი რიცხვი მკვეთრად იზრდება. წარმოიქმნება ორშიანი ჩანასახი, რომელსაც აქვს გარეთა შრე — **ექტოდერმა**, შიგნითა შრე — **ენტოდერმა**, რომელიც შემოსაზღვრავს **პირველად ნაწლავის ღრუს**. შემდეგ უჯრედები გადანაწილდება და წარმოიქმნება გასტრულა სამი ჩანასახოვანი ფურცლით: **ექტოდერმა**, **მეზოდერმა** და **ენტოდერმა**.

ჩანასახოვანი ფურცლების ასეთი განლაგება განაპირობებს **ორგანოგენეზის** სტადიაზე გადასვლას. **ექტოდერმიდან** განვითარებას იწყებს **ნერვული ფირფიტა**, **მეზოდერმა** კი დასაბამს აძლევს მომავალი ორგანიზმის ქორდას(მკვრივი დრეკადი ზონარი, რომელიც შინაგანი ჩონჩხის როლს ასრულებს). ამ სტა-

დიაზე ჩანასახს **ნეირულას** უწოდებენ. შემდეგ **ნერვული ფირფიტა** **ნერვულ მილად** გარდაიქმნება, **ნერვული მილიდან** კი ხერხემლიანებში თავისა და ზურგის ტვინი ვითარდება.

ექტოდერმიდან, **ნერვული სისტემის გარდა**, **კანის ეპითელიუმი**, **ჯირკვლები** და **რქოვანი წარმონაქმნები**, ასევე, **შეგრძნების ორგანოები** ვითარდება. **საჭმლის მომნელებელი და სუნთქვის ორგანოები** **ენტოდერმიდან** ვითარდება. **მეზოდერმა** დასაბამს აძლევს **კუნთებს**, **ხრტილოვან და ძვლოვან ჩონჩხს**, **სისხლძარღვოვან**, **შარდგამომყოფ და გამრავლების ორგანოთა სისტემებს**. თუმცა უნდა გვახსოვდეს, რომ ნებისმიერი ორგანო ვითარდება მხოლოდ ჩანასახის სხვადასხვა უბნის უჯრედების ურთიერთქმედებით, მეორეც, თითქმის ყოველი ორგანოს წარმოქმნაში ორი და ზოგჯერ სამი ჩანასახოვანი ფურცელი მონაწილეობს.

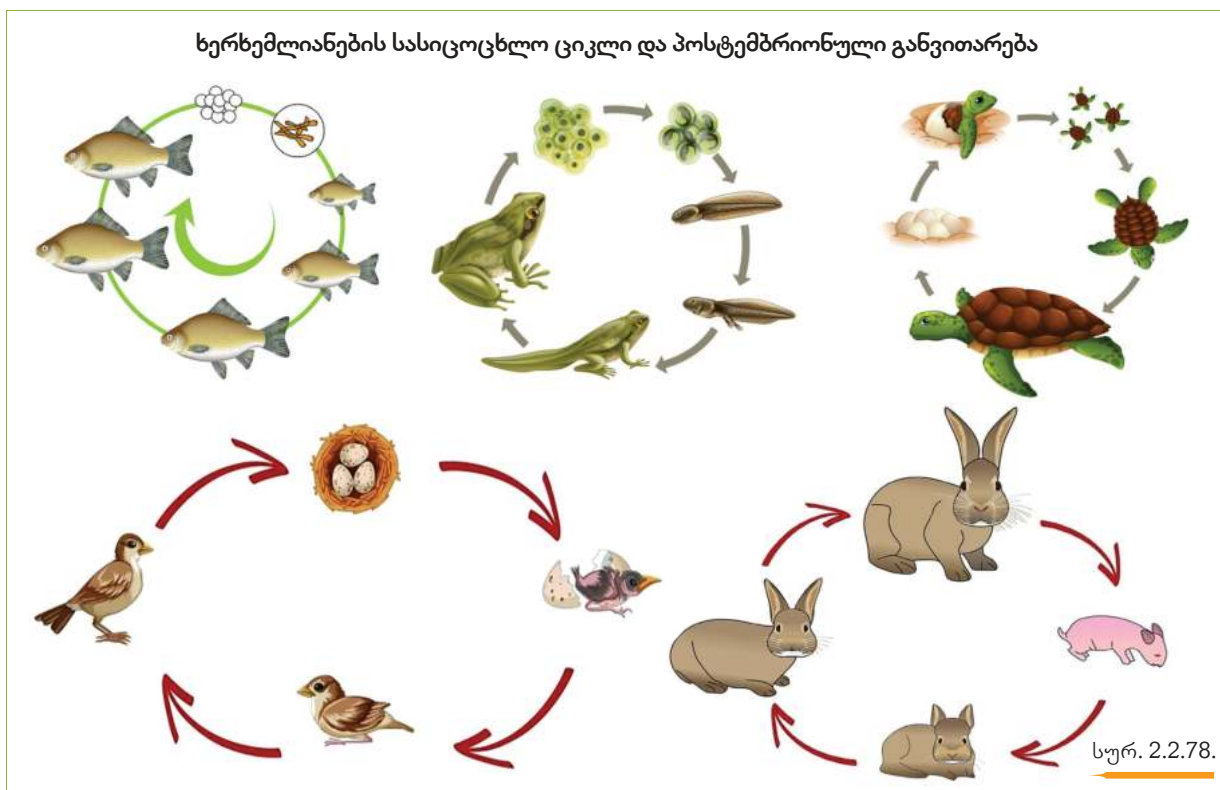
ემბრიონის ჩანასახოვანი ორგანოების უჯრედებში აქტიურად მუშაობს სხვადასხვა გენი, ეს უზრუნველყოფს ჩანასახში უჯრედე-

ბის, ქსოვილების, ორგანოებისა და ორგანოთა სისტემების დიფერენცირებას (იხ.მე-10კლ. ნაწ.2, გვ.34).

პოსტემბრიონული განვითარება ცხოველებში

პოსტემბრიონული განვითარება იწყება ორგანიზმის დაბადების ან კვერცხის გარსებიდან გამოსვლის მომენტიდან და სიკვდილამდე გრძელდება. არჩევენ პოსტემბრიონული განვითარების ორ ტიპს: პირდაპირი განვითარება და არაპირდაპირი ანუ მეტამორფოზული განვითარება (სურ. 2.2.78). **პირდაპირი განვითარებისას** ახლად დაბადებული ან კვერცხის გარსებიდან ახალი გამოსული ორგანიზმი ძირითადი ნიშნებით – აგებულებითა და ცხოვრების ნირით, ზრდასრული ორგანიზმისაგან თითქმის არ განსხვავდება. იგი მხოლოდ მცირე

ზომისაა და სქესობრივად მოუმწიფებელი. **არაპირდაპირი ანუ მეტამორფოზული** განვითარებისას კვერცხის გარსებიდან ახალგამოსული ორგანიზმი – ლარვა, მთელი რიგი ნიშან-თვისებებით არ გავს ზრდასრულ ორგანიზმს: სხეულის აგებულებით, კვების ნირით, მოძრაობით, საარსებო გარემოთი და სხვა. არაპირდაპირი განვითარება ახასიათებს, მაგალითად, მოლუსკებს, მწერებს, პარაზიტ ჭიებს, ზოგიერთ თევზს, ამფიბიებს და სხვ. (იხ. გვ. 23-24,41).

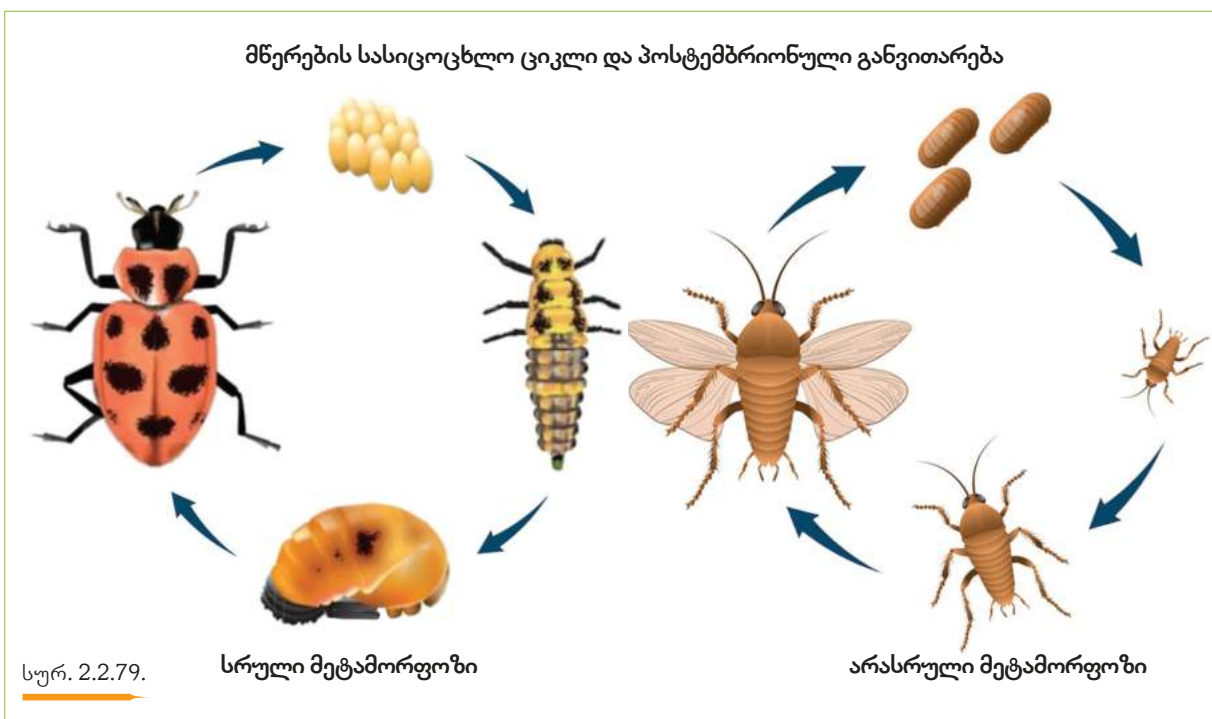


1. რომელი ჰორმონები არეგულირებენ ადამიანის ზრდა-განვითარებას?
2. რომელი ჰორმონები არეგულირებენ მცენარეების ზრდას?
3. რა ეტაპებისგან შედგება ონტოგენეზი?
4. რა ძირითად სტადიებს არჩევენ ემბრიოგენეზის პროცესში?
5. რით განსხვავდება ემბრიონის უჯრედების მიტოზური დაყოფა ჩვეულებრივი სომატური უჯრედების მიტოზური დაყოფისგან?

მწერებისათვის დამახასიათებელია სრული და არასრული მეტამორფოზი (სურ. 2.2.79). **სრული მეტამორფოზის** მწერები გაივლიან კვერცხის, მატლის, ჭუპრისა და ზრდასრული მწერის სტადიებს (მატლი და ჭუპრი ლარვის სტადიებია). **არასრული მეტამორფოზის** მწერებისათვის დამახასიათებელია კვერცხის, ლარვისა და ზრდასრული მწერის სტადიები.

მეტამორფოზით განვითარებას სახეობის შეგუებისა და გადარჩენისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს. მაგალითად, ზრდასრული მარჯნის პოლიპები მიმაგრებულ ცხოვრებას ეწევიან, ხოლო მათ ლარვას მოძრაობის უნა-

რი აქვს, რაც ხელს უწყობს ამ სახეობის განსახლებას ახალ ტერიტორიაზე. ასევე, ზრდასრული ფორმები და ლარვები განსხვავდებიან საკვებით. მაგალითად, პეპელა ყვავილის ნექტრით იკვებება, ხოლო მისი მუხლუბოები – მცენარის ფოთლებით, თავკომბალა – წყალმცენარეებით, ზრდასრული ბაყაყი კი მწერებით, ჭიებით და სხვ. ხშირად ორგანიზმის ზრდასრული ფორმა და ლარვა განსხვავებულ გარემო პირობებში ცხოვრობს. ასეთი ადაპტაციებით **ზრდასრული ფორმა და ლარვა ერთმანეთს კონკურენციას არ უწევს საკვებისა და საარსებო გარემოსთვის.**



6. ტექსტში (გვ. 162) მოცემული ინფორმაციის საფუძველზე შეავსე ქვემოთ მოცემული ცხრილი, თუ რომელი ჩანასახოვანი ფურცლიდან რომელი ორგანოთა სისტემა/ორგანო ვითარდება:

ჩანასახოვანი ფურცელი	ორგანო, ორგანოთა სისტემა
ექტოდერმა	×
მეზოდერმა	×
ენტოდერმა	×

7. ორგანიზმის სიცოცხლის რა პერიოდს მოიცავს პოსტემბრიონული ეტაპი?
 8. რა განსხვავებაა პირდაპირ და მეტამორფოზულ პოსტემბრიონული განვითარების ფორმებს შორის?
 9. რა განსხვავებაა მწერების სრულ და არასრულ მეტამორფოზულ განვითარებას შორის?
 10. რა ბიოლოგიური მნიშვნელობა აქვს მეტამორფოზულ განვითარებას სახეობისთვის?

თემა 2-ის შეჯამება

თემის მიმოხილვა

მთავარი იდეები

- ვირუსები ცოცხალს ჰგავს მემკვიდრული ინფორმაციის არსებობითა და გამრავლების თვისებით; მათ გამრავლება შეუძლიათ მხოლოდ მასპინძელი უჯრედის სტრუქტურებითა და რესურსების გამოყენებით; ვირუსები პარაზიტებია და ინვეს ინფექციურ დაავადებებს; ბაქტერიოფაგები ბაქტერიების ბუნებრივი მტერია;
- დღეს ორგანიზმებს ავგუფებენ ექვს სამეფოში: არქეები, ბაქტერიები, პროტისტები, სოკოები, მცენარეები და ცხოველები;
- ბაქტერიები შედიან დომენში – პროკარიოტები; მათთვის დამახასიათებელია კვების ყველა ტიპი, სუნთქვის მიხედვით არიან აერობები და ანაერობები; მრავლდებიან ბინალური გაყოფით, რომელიც განაპირობებს გენეტიკური ინფორმაციის ზუსტ გადაცემას, თუმცა გენეტიკურ რეკომბინაციას განაპირობებს ისეთი პროცესები, როგორიცაა კონიუგაცია, ტრანსდუქცია და ტრანსფორმაცია;
- პროტისტებში შედის წყალმცენარეები, სოკოს მსგავსი პროტისტები და პროტოზოები; ეს სამეფო შედის დომენში – ეუკარიოტები; პროტისტები გარემოში გადაადგილდებიან შოლტების, წამწამების, ცრუ ფეხების საშუალებით;
- წყალმცენარეები არიან ერთუჯრედიანი და მრავალუჯრედიანი ორგანიზმები; ფოტოავტოტროფი ორგანიზმებია; წყალმცენარეები მრავლდებიან უსქესოდ და სქესობრივად;
- პროტოზოები ერთუჯრედიანი ეუკარიოტი ორგანიზმებია; ისინი ჰეტეროტროფი ორგანიზმები არიან – ზოგიერთი საპროფიტია და ზოგიც პარაზიტი; პროტოზოები მრავლდებიან უსქესოდ მიტოზური გაყოფით;
- მიკრობები – ვირუსები, ბაქტერიები, სოკოები, ზოგიერთი პროტოზოა ინვეს ინფექციურ დაავადებებს;
- იმუნური სისტემას ქმნის ორგანოები, უჯრედები და მოლეკულები, რომლებიც ებრძვიან მიკრობებს, უცხო ნივთიერებებს და სხეულებს;
- სოკოებს ახასიათებს მცენარეებისა და ცხოველებისთვის დამახასიათებელი ნიშნები; სოკოები კვების ხასიათით არიან ჰეტეროტროფები – მათ შორის საპროფიტები და პარაზიტები; სოკოები მრავლდებიან როგორც უსქესოდ, ისე სქესობრივად;
- მცენარეთა სამეფოს ყოფენ სპოროვან და თესლოვან მცენარეებად, უჭურჭლო და ჭურჭლოვან მცენარეებად; ისინი არიან მრავალუჯრედიანი, ფოტოავტოტროფი ორგანიზმები, რომლებიც მიმაგრებულ ცხოვრებას ეწევიან, მრავლდებიან სპორებით ან თესლით, ვეგეტატიური ორგანოებით; მათ სასიცოცხლო ციკლში მკვეთრად გამოიხატება სპოროფიტისა და გამეტოფიტის მონაცვლეობა – მცენარე რაც უფრო განვითარების მაღალ საფეხურზეა, მცირდება გამეტოფიტის და იზრდება სპოროფიტის მოცულობა;
- ცხოველთა სამეფოს ყოფენ უხერხემლოებად და ხერხემლიანებად; ცხოველები ჰეტეროტროფი ორგანიზმები არიან, მათ შორის ფიტოფაგები, მტაცებლები, ნაირმჭამელები, დეტრიტოფაგები და პარაზიტები; ცხოველების დიდი უმრავლესობა აქტიურად გადაადგილდება გარემოში; მრავლდებიან სქესობრივად და უსქესოდ;
- ყველა ცოცხალისთვის დამახასიათებელია სასიცოცხლო თვისებები: ჰომეოსტაზი, გალიზიანებადობა, მოძრაობა, ნივთიერებათა და ენერგიის ცვლა ორგანიზმსა და გარემოს შორის, მეტაბოლიზმი – კვება, სუნთქვა, ექსკრეცია, მემკვიდრეობითობა და ცვალებადობა, ადაპტაცია, გამრავლება.

დავალებები თვითშეფასებისთვის

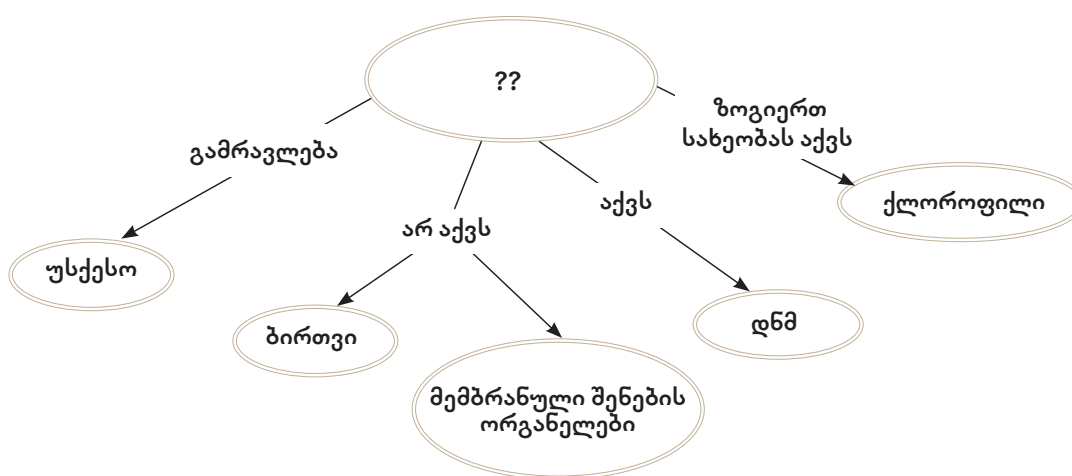
ტესტური დავალებები

1. ცოცხალი სისტემისათვის დამახასიათებელი რომელი ნიშან-თვისება აქვთ ვირუსებს?
1 – გამრავლება, 2 – ნივთიერებათა ცვლა, 3 – მემკვიდრეობითობა.
ა. მხოლოდ 1; ბ. 1 და 2; გ. 1 და 3; დ. 2 და 3.
2. ვირუსებში გენეტიკური ინფორმაცია წარმოდგენილია –
ა. მხოლოდ დნმ-ის სახით; გ. როგორც დნმ-ის, ისე რნმ-ის სახით;
ბ. მხოლოდ რნმ-ის სახით; დ. რნმ-ის ან დნმ-ის სახით.
3. მთავარი მიზეზი იმისა, რომ ვირუსები არ განიხილება ცოცხალ არსებად არის ის, რომ ისინი არ –
ა. შეიცავენ მემკვიდრულ ინფორმაციას;
ბ. მრავლდებიან დამოუკიდებლად;
გ. შეიცავენ ბირთვს.
4. B ჰეპატიტი ვირუსული დაავადებაა, რომელიც ღვიძლს აზიანებს. როდის უნდა გაუკეთდეს ადამიანს ამ დაავადების საწინააღმდეგო ვაქცინა?
ა. B ჰეპატიტის ვირუსთან კონტაქტამდე;
ბ. როგორც კი იწყება ამ დაავადების სიმპტომების გამოვლენა;
გ. დაავადების გამოვლენის შემდეგ;
დ. არასოდეს; ვაქცინების გადაჭარბებული გამოყენება იწვევს ანტიბიოტიკებისადმი მდგრადობას.
5. ბაქტერიისგან განსხვავებით, პროტისტის უჯრედს აქვს:
1. რიბოსომა, 2. გოლჯის კომპლექსი, 3. ლიზოსომა, 4. პლაზმური მემბრანა.
ა. 1 და 2; ბ. 2 და 3; გ. 3 და 4; დ. 1 და 4.
6. მხოლოდ ეუკარიოტი ორგანიზმების უჯრედისთვის არის დამახასიათებელი:
1 – პლაზმური მემბრანა, 2 – მიტოქონდრიები, 3 – მიტოზით გაყოფის უნარი.
ა. მხოლოდ 1 და 2; ბ. მხოლოდ 1 და 3; გ. მხოლოდ 2 და 3; დ. 1, 2 და 3.
7. რომელი სტრუქტურები აქვს პროკარიოტის უჯრედს?
ა) ლიზოსომები და პლაზმური მემბრანა;
ბ) რიბოსომები და ენდოპლაზმური ბადე;
გ) ენდოპლაზმური ბადე და უჯრედის კედელი;
დ) რიბოსომები და პლაზმური მემბრანა.
8. ბაქტერიები კვების მიხედვით არიან:
ა. მხოლოდ საპროფიტები; გ. მხოლოდ პარაზიტები;
ბ. მხოლოდ ავტოტროფები; დ. კვების ყველა ტიპის.
9. წყალმცენარეები მცენარეებისგან განსხვავებით –
ა. არიან როგორც ერთუჯრედიანები, ისე მრავალუჯრედიანები;
ბ. ზოგიერთი სახეობა გარემოში აქტიურად გადაადგილდება;
გ. არ აქვთ დიფერენცირებული ქსოვილები და ორგანოები;
დ. მათი გამრავლების საშუალება არ არის თესლი;
ე. ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი მახასიათებლით.

10. პროტოზოები ცხოველებისგან განსხვავებით –
 - ა. არიან ჰეტეროტროფები;
 - ბ. აქტიურად გადაადგილდებიან გარემოში;
 - გ. არიან მხოლოდ ერთუჯრედიანები;
 - დ. არიან როგორც ერთუჯრედიანები, ისე მრავალუჯრედიანები.
11. ყვითელ ციებ-ცხელებას ინვეს ვირუსი და ვრცელდება კოლოებით. ზოგიერთ ქვეყანაში ვიზიტის ნებართვისთვის ადამიანებს მოეთხოვებათ ყვითელი ციებ-ცხელების საწინააღმდეგო ვაქცინაციის ჩატარება. ვაქცინა შეიცავს ამ ვირუსის მცირე დოზას, რომელიც –
 - ა. კლავს კოლოებს, რომლებიც კბენენ ადამიანს;
 - ბ. ადამიანს ეხმარება ამ ვირუსის საწინააღმდეგო იმუნიტეტის გამომუშავებაში;
 - გ. ადამიანის სისხლის მიმოქცევის სისტემაში მუტირებს;
 - დ. სისხლის მიმოქცევის სისტემაში კლავს ყველა ვირუსს.
12. ადამიანს ხელოვნური აქტიური იმუნიტეტი უყალიბდება –
 1. გრიპის საწინააღმდეგო ვაქცინაციით; 2. წითელას გადატანის შემდეგ; 3. სამკურნალო შრატის შეყვანის შედეგად.
 - ა. მხოლოდ 1; ბ. მხოლოდ 2; გ. მხოლოდ 3; დ. 1, 2 და 3.
13. ორგანიზმში მოხვედრილი პათოგენური მიკრობები შეიძლება გაანადგუროს:
 - ა. ნერწყვის ფერმენტმა ლიზოციმმა, კუჭის წვენში შემავალმა HCl-მა, ნალველმა, ფაგოციტებმა და ლიმფოციტებმა;
 - ბ. მხოლოდ ნერწყვის ფერმენტმა ლიზოციმმა, კუჭის წვენში შემავალმა HCl-მა, ნალველმა;
 - გ. მხოლოდ ნერწყვის ფერმენტმა ლიზოციმმა და კუჭის წვენში შემავალმა HCl-მა;
 - დ. ფაგოციტებმა და ლიმფოციტებმა.
14. რას იყენებენ ინფექციური დაავადებით დაავადებული ადამიანის სამკურნალოდ და რა ტიპის იმუნიტეტი შეიძლება განუვითარდეს ადამიანს?
 - ა. ვაქცინას და ადამიანს გამოუმუშავდება აქტიური ხელოვნური იმუნიტეტი;
 - ბ. ვაქცინას და ადამიანს გამოუმუშავდება პასიური ხელოვნური იმუნიტეტი;
 - გ. სამკურნალო შრატს და ადამიანს გამოუმუშავდება აქტიური ხელოვნური იმუნიტეტი;
 - დ. სამკურნალო შრატს და ადამიანს გამოუმუშავდება პასიური ხელოვნური იმუნიტეტი.
15. მოძებნე არასწორი პასუხი – სოკოს მსგავსება მცენარეებთან გამოიხატება შემდეგში:
 - ა. უჯრედში სამარაგო სახით გროვდება სახამებელი;
 - ბ. ეწევიან მიმაგრებულ ცხოვრებას;
 - გ. საკვებ ნივთიერებებს გარემოდან შეითვისებენ აბსორბციით;
 - დ. უჯრედის აგებულებით – აქვთ უჯრედის კედელი, ცენტრალური ვაკუოლი.
16. მოძებნე არასწორი პასუხი – სოკოს მსგავსება ცხოველებთან გამოიხატება შემდეგში:
 - ა. უჯრედში სამარაგო სახით გროვდება გლიკოგენი;
 - ბ. ეწევიან მიმაგრებულ ცხოვრებას;
 - გ. არიან ჰეტეროტროფები;
 - დ. უჯრედის აგებულებით – არ აქვთ პლასტიდები, აქვთ უჯრედის ცენტრი.

17. ზოგიერთი მეცნიერი თვლის, რომ ეკოსისტემის მდგრადობა ბევრადაა დამოკიდებული იმაზე, თუ მცენარეებისთვის რამდენად მისაწვდომია ნიადაგიდან აზოტის მარილები. ნიადაგში მცენარეებისათვის მისაწვდომი აზოტის არსებობა დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორზე, როგორიცაა:
- ცხოველები, რომლებიც სუნთქვის პროცესში აზოტს აბრუნებენ ნიადაგში;
 - ცხოველები, რომლებიც აზოტს ნიადაგში აბრუნებენ სიკვდილის შემდეგ;
 - ბაქტერიები, რომელთაც ნარჩენებში არსებული აზოტი გადაყავთ მცენარეებისთვის გამოსაყენებელ ფორმაში – ნიტრატებში;
 - მცენარეები, რომლებიც ნიადაგში გამოყოფენ აზოტნაერთებს, როგორც ფოტოსინთეზის გვერდით პროდუქტს.

18. ქვემოთ მოცემული კოგნიტური სქემა ასახავს –



- ცხოველურ უჯრედს;
 - მცენარულ უჯრედს;
 - ბაქტერიის უჯრედს;
 - ვირუსს.
19. მეცნიერების მიერ დღეს აღწერილია ცხოველთა მილიონნახევარზე მეტი სახეობა. ქვემოთ ჩამონათვალიდან ყველაზე მეტად რომელი დებულება ხსნის ცხოველთა სამყაროს ასეთ მრავალფეროვნებას, თუ ითვლება, რომ ყველა ცხოველს საერთო წინაპარი ჰყავდა?
- ცხოველების საერთო წინაპრის დნმ-ს არ ახასიათებდა მუტაციები;
 - ცხოველთა პოპულაციებში განუწყვეტლივ გროვდება ახალი მუტაციები;
 - კოლაგენის არსებობამ ცხოველების პოპულაციას შესძინა სწრაფი მრავალფეროვნების უნარი;
 - ჰეტეროფებში უფრო სწრაფად წარმოიქმნება მრავალფეროვნება, ვიდრე ავტოტროფებში.
- 1 და 2;
 - 2 და 3;
 - 1 და 3;
 - 2 და 4.
20. ცხოველთა რომელ ტიპში გაჩნდა პირველად სისხლის მიმოქცევის სისტემა?
- ბრტყელ ჭიებში;
 - რგოლოვან ჭიებში;
 - მოლუსკებში;
 - ფეხსახსრიანებში.
21. მოძებნე არასწური პასუხი – დახშული სისხლის მიმოქცევის სისტემა დამახასიათებელია:
- რგოლოვანი ჭიებისთვის;
 - მოლუსკებისთვის;
 - ხერხემლიანებისთვის.
22. სპეციალური სუნთქვის ორგანო ცხოველთა სამეფოში პირველად ჩნდება:
- ბრტყელ ჭიებში;
 - რგოლოვან ჭიებში;
 - მოლუსკებში;
 - ფეხსახსრიანებში.
23. თევზის გულში მოძრაობს –
- არტერიული სისხლი;
 - ვენური სისხლი;
 - არტერიული და ვენური სისხლი.

24. სისხლის მიმოქცევის ორი წრის განვითარება ამფიბიებში დაკავშირებულია –
 1. ფილტვების განვითარებასთან; 2. კანით სუნთქვასთან; 3. ხმელეთზე ცხოვრებასთან შეგუებასთან.
 ა. მხოლოდ 1 და 2; ბ. მხოლოდ 2 და 3; გ. მხოლოდ 3. დ. 1 და 3.
25. იპოვე არასწორი პასუხი – ამფიბიები ციკლისხლიანი ცხოველები არიან, რადგან:
 ა. სხეულის უჯრედები მარაგდება შერეული სისხლით;
 ბ. მხოლოდ იმიტომ, რომ ფილტვები სუსტად აქვთ განვითარებული;
 გ. სხეულის საფარველი ვერ იცავს სითბოს დაკარგვისგან.
26. ქვეწარმავლები, ამფიბიებისგან განსხვავებით, ხმელეთის ტიპური ცხოველებია, რადგან –
 ა. კარგად განვითარებული ფილტვები აქვთ;
 ბ. კანი რქოვანი ქერცლებითაა დაფარული, რაც წყლის დაკარგვისგან იცავს;
 გ. ახასიათებთ შინაგანი განაყოფიერება და დებენ კიროვანი ნაჭუჭით დაფარულ კვერცხებს;
 დ. სწორია ყველა პასუხი.
27. რომელი დებულებაა სწორი?
 ა. ჰომეოსტაზის საშუალებით ორგანიზმის შინაგანი გარემო არასოდეს იცვლება და მუდმივად გაწონასწორებულია;
 ბ. ჰომეოსტაზი აღადგენს შინაგანი გარემოს დარღვეულ წონასწორობას;
 გ. ჰომეოსტაზი ირღვევა, როდესაც ორგანიზმი გარემოდან ჟანგბადს ითვისებს.
28. ჰომეოსტაზის მარეგულირებელია –
 ა. მხოლოდ ნერვული სისტემა;
 ბ. მხოლოდ ენდოკრინული სისტემა;
 გ. ნერვული და ენდოკრინული სისტემები.
29. ჰომეოსტაზის მარეგულირებელი სისტემების მნიშვნელოვანი კომპონენტებია –
 ა. სენსორები, მარეგულირებელი ცენტრები, საკომუნიკაციო სისტემები და სამიზნეები;
 ბ. მხოლოდ სენსორები და მარეგულირებელი ცენტრები;
 გ. მხოლოდ საკომუნიკაციო სისტემები და სამიზნეები;
 დ. მხოლოდ სენსორები და საკომუნიკაციო სისტემები.
30. უარყოფითი უკუკავშირის მაგალითია –
 ა. სისხლში ნახშირორჟანგის დონის მომატება იწვევს სუნთქვის გახშირებას, სისხლში ნახშირორჟანგის ნორმალური დონის აღდგენისას კი სუნთქვის სიხშირე კვლავ ნორმას უბრუნდება;
 ბ. სისხლში ნახშირორჟანგის დონის მომატებას იწვევს უჯრედული მეტაბოლიზმის გაზრდა;
 გ. სუნთქვის გახშირება სისხლში ჟანგბადის დონის შემცირების კვალდაკვალ;
 დ. სუნთქვის გაიშვიათება სისხლში ჟანგბადის დონის გაზრდის კვალდაკვალ.
31. ქვემოთ მოცემულია ადამიანის სისხლში ჰორმონების კონცენტრაციის რეგულაციაში მონაწილე კომპონენტებისა და პროცესების ჩამონათვალი. შეარჩიე ამ კომპონენტებისა და პროცესების ის თანმიმდევრობა, რომელიც სწორად ასახავს სისხლში ჰორმონის რეგულაციის უარყოფითი უკუკავშირის მექანიზმს: 1. სამიზნე ჯირკვალის ჰორმონის გამოყოფის სისხლში, 2. სისხლში ჰორმონის დაბალი დონე, 3. ჰიპოთალამუსი თრგუნავს

ჰიპოფიზს, 4. სისხლში ჰორმონის ნორმალური დონე, 5. ჰიპოფიზი გამოყოფს ტროპულ ჰორმონს, 6. ჰიპოთალამუსი ააქტიურებს ჰიპოფიზს.

ა. 1-3-4-2-5-6; ბ. 2-6-5-1-4; გ. 6-5-4-3-2-1; დ. 3-6-5-2-4-1.

32. დაადგინეთ შესაბამისობა ქვემოთ ჩამოთვლილ ჰორმონებსა და მათ ბიოლოგიურ როლს შორის –

ჰორმონები: 1. თიროქსინი, 2. ადრენალინი, 3. ინსულინი, 4. პარატჰორმონი, 5. ვაზოპრესინი, 6. კალციტონინი, 7. გლუკაგონი, 8. სომატოტროფული ჰორმონი.

ბიოლოგიური როლი:

- ა. აძლიერებს ცილების სინთეზსა და ძვლების ზრდას;
- ბ. ამცირებს შარდის მოცულობას;
- გ. აჩქარებს ჟანგვით პროცესებს;
- დ. სისხლში ამცირებს Ca^{2+} -ის დონეს;
- ე. სისხლში ზრდის Ca^{2+} -ის დონეს და ამცირებს PO_4^{3-} -ის დონეს;
- ვ. გულის შეკუმშვებს აძლიერებს და ახშირებს, სისხლში ზრდის გლუკოზის დონეს;
- ზ. აძლიერებს უჯრედების მიერ გლუკოზის შთანთქმას და სისხლში ამცირებს გლუკოზის დონეს;
- თ. ზრდის სისხლში გლუკოზის დონეს.

პასუხი:

	ა	ბ	გ	დ	ე	ვ	ზ	თ
1	×	×	×	×	×	×	×	×
2	×	×	×	×	×	×	×	×
3	×	×	×	×	×	×	×	×
4	×	×	×	×	×	×	×	×
5	×	×	×	×	×	×	×	×
6	×	×	×	×	×	×	×	×
7	×	×	×	×	×	×	×	×
8	×	×	×	×	×	×	×	×

33. ნერვულმა სისტემამ ცხოველთა ევოლუციის პროცესში გაიარა განვითარების ეტაპები შემდეგი თანმიმდევრობით:

- ა. კვანძოვანი, ბადისებრი, მილოვანი; გ. მილოვანი, ბადისებრი, კვანძოვანი;
- ბ. ბადისებრი, მილოვანი, კვანძოვანი; დ. ბადისებრი, კვანძოვანი, მილოვანი.

34. განსაზღვრე სწორია თუ მცდარია შემდეგი დებულება: პროცესების ჰორმონალური რეგულაცია მხოლოდ ცხოველებისთვის არის დამახასიათებელი და არა მცენარეებისთვის.

- ა. სწორია; ბ. მცდარია.

35. ქვემოთ ჩამოთვლილიდან, რომელით აიხსნება ჰიპოთიროიდიზმი პაციენტში, რომლის სისხლშიც იოდის დონე ნორმალურია და ფარისებრი ჯირკვალაც ნორმალურადაა განვითარებული?

- ა. ადრენოკორტიკოტროფული ჰორმონის ჰიპოსეკრეციით;
- ბ. თირეოტროფული ჰორმონის ჰიპერსეკრეციით;
- გ. თირეოტროფული ჰორმონის ჰიპოსეკრეციით;
- დ. კალციტონინის სეკრეციის შემცირებით.

36. ქვემოთ ჩამოთვლილი თავის ტვინის სტრუქტურებიდან რომელია შეცდომით დაწყვილებული თავის ფუნქციასთან?

- ა. თალამუსი – შეგრძნების ორგანოებიდან შესულ ინფორმაციას აგზავნის ჰემისფეროების ქერქის შესაბამისს უბანში;
- ბ. მოგრძო ტვინი – არეგულირებს ენდოკრინული სისტემის მოქმედებას;
- გ. ნათხემი – მოძრაობისა და წონასწორობის კოორდინაცია;
- დ. შუა ტვინი – შუა ტვინის ბირთვები ჩონჩხის კუნთებისაკენ განუწყვეტლივ გზავნიან ნერვულ იმპულსებს და მათ ტონუსს უნარჩუნებენ.
- ე. ჰიპოთალამუსი – ტემპერატურის, შიმშილისა და წყურვილის რეგულაცია.
37. ჯანმრთელი ადამიანის პირველადი შარდი შეიცავს: 1. ცილებს, 2. ამინომჟავებს, 3. გლუკოზას.
ა. მხოლოდ 1; ბ. მხოლოდ 2; გ. 1, 2 და 3; დ. 2 და 3.
38. ქვემოთ მოცემული ორგანოების ჩამონათვალიდან რომელში გვხვდება გლუკუკუნთოვანი ქსოვილი?
1. გული, 2. ნაწლავები, 3. ვენები, 4. არტერიები, 5. ჩონჩხის კუნთი, 6. კუჭი.
ა. 1, 3, 5; ბ. 1, 2, 4, 6; გ. 2, 3, 4, 6; დ. 2, 3, 4, 5.
39. რით განსხვავდება ავტონომიური ნერვული სისტემა სომატური ნერვული სისტემისგან? ავტონომიური ნერვული სისტემა –
ა. არეგულირებს ჩონჩხის კუნთებს და ემორჩილება ჩვენს ნება-სურვილს;
ბ. არეგულირებს ჩონჩხის კუნთებს და არ ემორჩილება ჩვენს ნება-სურვილს;
გ. არეგულირებს შინაგანი ორგანოების მოქმედებას და არ ემორჩილება ჩვენს ნება-სურვილს;
დ. არეგულირებს შინაგანი ორგანოების მოქმედებას და ემორჩილება ჩვენს ნება-სურვილს.
40. რომელი დებულებაა არასწორი? მეტამორფოზული განვითარება პირდაპირ განვითარებასთან შედარებით სახეობას უპირატესობას აძლევს, რადგან –
ა. ხელს უწყობს ახალი ადაპტაციების ჩამოყალიბებას;
ბ. ხელს უწყობს სახეობის განსახლებას;
გ. ამცირებს კონკურენციას ზრდასრულებსა და ლარვებს შორის საარსებო გარემოსთვის;
დ. ამცირებს კონკურენციას ზრდასრულებსა და ლარვებს შორის საკვებისთვის.
41. რა ნივთიერება აკავშირებს ერთმანეთთან ენერგეტიკულ და პლასტიკურ ცვლებს?
ა. ნახშირორჟანგი; ბ. გლუკოზა; გ. ატფ; დ. ჟანგბადი.
42. ქვემოთ მოცემული კომპონენტები დაალაგე ადამიანის ორგანიზმში ჟანგბადისა და საკვები ნივთიერებების გადაადგილების მიმართულების მიხედვით: 1. სისხლი, 2. უჯრედი, 3. ქსოვილური სითხე.
ა. 1-3-2; ბ. 2-1-3; გ. 3-2-1; დ. 3-1-2.
43. სისხლის შედედება ეტაპობრივი პროცესია. პასუხებში იპოვე ამ ეტაპების სწორი თანმიმდევრობა: 1. ფერმენტი თრომბოპლასტინის გამოთავისუფლება, 2. თრომბოციტების დაშლა, 3. ფიბრინოგენის ფიბრინად გარდაქმნა, 4. არააქტიურ პროთრომბინზე თრომბოპლასტინისა და Ca^{2+} -ის ზემოქმედება, 5. ფიბრინის ბოჭკოებში სისხლის უჯრედების გახლართვა და თრომბის წარმოქმნა, 6. სისხლძარღვის დაზიანება ან ჰაერთან შეხება, 7. აქტიური თრომბინის წარმოქმნა.
ა. 2-4-5-1-6-3-7; ბ. 6-2-1-4-7-3-5; გ. 6-4-1-7-3-5; დ. 2-6-4-1-7-3-5.

44. ადამიანის ვენებში სისხლის მხოლოდ გულისკენ მოძრაობას ხელს უწყობს: 1. წინაგულეების შეკუმშვა, 2. პარკუჭების მოდუნება, 3. კარიანი სარქველების ერთი მიმართულებით გაღება, 4. წნევის შემცირება არტერიებიდან ვენებისკენ, 5. ჩონჩხის კუნთების მორიგეობითი შეკუმშვა-მოდუნება, 6. ვენის კედლებში არსებული ჯიბისებრი სარქველები, რომლებიც მხოლოდ გულისკენ იღება.

ა. 1, 2, 3; ბ. 2,4,5; გ. 4,5,6; დ. 1,5,6.

45. სისხლძარღვებიდან სისხლი ყველაზე მაღალი სიჩქარით მოძრაობს:

ა. აორტაში; ბ. ფილტვის არტერიებში; გ. კაპილარებში; დ. ღრუ ვენებში.

46. სისხლძარღვებიდან სისხლი ყველაზე დაბალი სიჩქარით მოძრაობს:

ა. აორტაში; ბ. ფილტვის არტერიებში; გ. კაპილარებში; დ. ღრუ ვენებში.

47. სისხლძარღვებიდან სისხლი ყველაზე დაბალი წნევით მოძრაობს:

ა. აორტაში; ბ. ფილტვის არტერიებში; გ. კაპილარებში; დ. ღრუ ვენებში.

48. მცენარის ფესვების მიერ წყლის შეწოვასა და მის გადაადგილებას მიწისზედა ორგანოებისკენ განაპირობებს: 1. ტრანსპირაცია, 2. ფესვური წნევა, 3. ქურჭლების წვრილი მილები, 4. კოჰეზია, 5. ადჰეზია.

ა. მხოლოდ 1,3,4; ბ. მხოლოდ 2,4,5; გ. მხოლოდ 1,4,5; დ. 1, 2,3,4,5.

49. იპოვე შესაბამისობა საჭმლის მომნელებელი არხის განყოფილებასა და მასში მიმდინარე პროცესებს შორის; ცხრილის შესაბამისი უჯრა მონიშნე „X“-ით.

პროცესები

- ა. ცხიმების ემულგირება/პატარა წვეთებად დაშლა
- ბ. მოქმედებას იწყებენ პროტეაზები
- გ. წარმოიქმნება ზოგიერთი ვიტამინი
- დ. იწყება ნახშირწყლების მონელება
- ე. შეინოვება დიდი რაოდენობით წყალი
- ვ. შეინოვება მონელებული საკვები ნივთიერებები
- ზ. ძირითადად, აქ იწყება ცხიმების მონელება

განყოფილება

- 1. პირის ღრუ
- 2. კუჭი
- 3. თორმეტგოჯა ნაწლავი (წვრილი ნაწლავის პირველი განყოფილება)
- 4. წვრილი ნაწლავი
- 5. მსხვილი ნაწლავი

პასუხი:

	ა	ბ	გ	დ	ე	ვ	ზ
1	X	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X	X	X
3	X	X	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X	X	X
5	X	X	X	X	X	X	X

50. ფრინველებს ფრენასთან დაკავშირებით განუვითარდა შემდეგი ადაპტაციები: 1. საჰაერო პარკები, 2. სხეულის ბუმბულიანი საფარველი, 3. ოთხსაკნიანი გული, 4. ღრუიანი ძვლები, 5. სისხლის მიმოქცევის ორი წრე, 6. კარგად განვითარებული ნათხემი, 7. ორმაგი სუნთქვა, 8. კარგად განვითარებული მკერდის კუნთი და მკერდის ძვალებზე ტროპი, 9. მოკლე ნაწლავი, 10. არ აქვს საშარდე ბუშტი და შარდის ხშირი გამოყოფა, 11. კვერცხის სათითაო მომწიფება, 12. წინა კიდურები ფრთებადაა გადაქცეული.

ზემოთ ჩამოთვლილი ადაპტაციებიდან რომელია არასწორი?

ა. მხოლოდ 1, 3, 6, 7; ბ. მხოლოდ 3; გ. მხოლოდ 5; დ. 3 და 5.

51. ექსკრეციის პროცესებში მონაწილეობენ: 1. თირკმელები, 2. გული, 3. კუჭი, 4. ფილტ-

ვები, 5. კანი, 6. ნაწლავები.

ა. 2, 5, 6; ბ. 1, 3, 5; გ. 1, 4, 5, 6; დ. 1, 2, 5, 6.

52. თირკმლის ფუნქციებია:

- ა. ცვლის საბოლოო პროდუქტების გამოყოფა;
- ბ. ჭარბი ნივთიერებების, მაგალითად, გლუკოზის გამოყოფა;
- გ. წყლის ბალანსის დაცვა;
- დ. ყველა პასუხი სწორია.

53. რა აქვთ ერთნაირი თავკომბალასა და მისგან განვითარებულ ბაყაყს?

- ა. საკვები და საბინადრო გარემო; გ. მხოლოდ გენოტიპი;
- ბ. საკვები და გენოტიპი; დ. საკვები, საბინადრო გარემო და გენოტიპი.

54. ხავსებისა და გვიმრებისგან განსხვავებით, ყვავილოვანი მცენარეების მამრობით გამეტებს შოლტი არ აქვს, რადგან –

- ა. განაყოფიერებისთვის წყალი არ არის საჭირო;
- ბ. იმტვერება მხოლოდ ქარის საშუალებით;
- გ. განაყოფიერებისთვის წყალი არ არის საჭირო, იმტვერება ქარის ან ცხოველების საშუალებით;
- დ. არცერთი პასუხი არ არის სწორი.

55. ხავსებისა და გვიმრებისგან განსხვავებით, შიშველთესლოვანი მცენარეების მამრობით გამეტებს შოლტი არ გააჩნია, რადგან –

- ა. განაყოფიერებისთვის წყალი არ არის საჭირო;
- ბ. იმტვერება მხოლოდ ქარის საშუალებით;
- გ. განაყოფიერებისთვის წყალი არ არის საჭირო, იმტვერება ქარის ან ცხოველების საშუალებით;
- დ. განაყოფიერებისთვის წყალი არ არის საჭირო და იმტვერება ქარის საშუალებით;

56. მოძებნე მცდარი მტკიცებულება – სქესობრივი გამრავლება უზრუნველყოფს გენეტიკურად მრავალფეროვანი შთამომავლობის წარმოქმნას, რადგან ხდება:

- ა. მეიოზის პროცესში არაჰომოლოგიური ქრომოსომების კონიუგაცია;
- ბ. ჰომოლოგიური ქრომოსომებს შორის მონაკვეთების გაცვლა – კროსინგოვერი;
- გ. ჰომოლოგიური ქრომოსომების დაცილება და უჯრედის პოლუსებისკენ შემთხვევითი განაწილება;
- დ. გამეტების შემთხვევითი შერწყმა.

57. მოძებნე მცდარი მტკიცებულება – უსქესო გამრავლების უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ:

- ა. უზრუნველყოფს შთამომავალზე მშობლის ზუსტი გენეტიკური ინფორმაციის გადაცემას;
- ბ. მიიღება შთამომავლობის დიდი რიცხვი;
- გ. უზრუნველყოფს გენეტიკურად მრავალფეროვანი შთამომავლობის მიღებას;
- დ. მიმდინარეობს დროის მცირე მონაკვეთში.

58. პარტენოგენეზი –

- ა. ორგანიზმის განვითარება გაუანაყოფიერებელი კვერცხუჯრედიდან;
- ბ. ახასიათებთ მხოლოდ ჰერმაფროდიტ ორგანიზმებს;
- გ. უსქესო გამრავლების ერთ-ერთი სახეა;
- დ. ახასიათებთ მხოლოდ მცენარეებს.

59. ონტოგენეზი ეწოდება:

- ა. სახეობის წარმოშობის ისტორიას;
- ბ. დედამიწაზე სიცოცხლის წარმოშობის პროცესს;
- გ. ორგანიზმის ინდივიდუალურ განვითარებას ზიგოტიდან სიკვდილამდე;
- დ. ორგანიზმის ინდივიდუალურ განვითარებას ზიგოტიდან დაბადებამდე.

60. ემბრიოგენეზი ეწოდება:

- ა. სახეობის წარმოშობის ისტორიას;
- ბ. დედამიწაზე სიცოცხლის წარმოშობის პროცესს;
- გ. ორგანიზმის ინდივიდუალურ განვითარებას ზიგოტიდან სიკვდილამდე;
- დ. ორგანიზმის ინდივიდუალურ განვითარებას ზიგოტიდან დაბადებამდე.

დავალებები კრიტიკული და შემოქმედებითი აზროვნებისთვის

1. ბევრი სახეობის ბაქტერია იწვევს საკვების გაფუჭებას, რადგან მათი მოთხოვნილება საკვები ნივთიერებებისადმი ადამიანის მსგავსია; თუმცა ზოგიერთი ბაქტერია გარემოდან მოიხმარს ისეთ ნივთიერებებს, როგორიცაა მძიმე მეტალები (მაგ., ვერცხლის წყალი), გოგირდი, ნავთობი და სხვ. როგორ იყენებს პრაქტიკაში ასეთ ბაქტერიებს ადამიანი?
2. ახალი ვირუსები დაინფიცირების შემდეგ სწრაფად კლავს თავის მასპინძელს, მაგრამ დროთა განმავლობაში ვირუსები თანდათან სუსტდება და ნაკლებად იწვევს მასპინძლის სიკვდილს. რატომ შეიძლება იყოს ვირუსისთვის ნაკლი, სწრაფად მოკლას მასპინძელი?
3. **მომზადე ბუკლეტი.** მეცნიერები თანხმდებიან იმაზე, რომ ფრინველის გრიპის ვირუსის ერთ-ერთმა ფორმამ შეიძლება პანდემია გამოიწვიოს. ცნობილა, რომ ეს ვირუსი სწრაფად განიცდის მუტაციას და სწრაფად ადაპტირდება მასპინძლის ცვლილებასთან. წარმოიდგინე, რომ შენ ხარ ჯანდაცვის ორგანიზაციის წევრი დაავადების კონტროლის მიმართულებით და დაწერე ბროშურა, რომ მოქალაქეებს მიაწოდო ინფორმაცია, თუ როგორ იწვევს ვირუსი ინფექციურ დაავადებას. გამოიყენე შენი ცოდნა უჯრედებისა და ვირუსების შესახებ, შექმენი ბუკლეტი ისეთი ენით, რომ გასაგები იყოს ფართო მასებისთვის.
4. აღწერე, ევოლუციის პროცესში როგორ შეიძლება დამყარებულიყო ტროფული მუტუალიზმი ადამიანსა და მის ნაწლავებში მცხოვრებ ბაქტერიებს შორის.
5. აღწერე, როგორ შეიძლებოდა კუტიკულა განვითარებულიყო ხმელეთის მცენარეებში ბუნებრივი გადარჩევის გზით.
6. 1) რა ადაპტაცია უზრუნველყოფს თესლოვან მცენარეებში მამრობითი გამეტების კვერცხუჯრედებამდე მიღწევას? 2) რა მოთხოვნები აქვთ გარემო პირობებისადმი სპოროვან და უჭურჭლო მცენარეებს? 3) რა ევოლუციური უპირატესობა შესძინა მცენარეებს გამტარმა სისტემამ? 4) რა ევოლუციური უპირატესობა აქვს თესლით გამრავლებას?
7. როგორ გარემოში შეიძლება ცხოვრობდნენ ერთ სივრცეში უჭურჭლო მცენარეები, სპოროვანი და თესლოვანი მცენარეები? ახსენი შენი პასუხი.
8. მცენარეების გამრავლებისას მათთვის მნიშვნელოვანია, რომ შთამომავლობა გავრცელდეს გარემოში, რათა კონკურენცია არ გაუწიოს მშობლიურ ინდივიდს. შეადარე სპოროვანი და თესლოვანი მცენარეების სტრუქტურები, რომელიც ხელს უწყობს მათ გარემოში გავრცელებას.
9. მწვანე წყალმცენარეებსა და მცენარეებს ისეთი რა ნიშნები ახასიათებთ (მათ შორის მოლეკულურ დონეზე), რომელიც მიუთითებს მათ შორის მჭიდრო ნათესაურ კავშირზე?

10. ახსენი, ცხოველების კვების თავისებურებამ როგორ განაპირობა მათში საყრდენ-მა-
მოძრავებელი, ნერვული და შეგრძნების ორგანოთა სისტემების განვითარება.
11. აქსონში ნერვული იმპულსის გატარების სიჩქარე სხვადასხვა ფაქტორზე (მაგ., ორგა-
ნიზმის შინაგან ტემპერატურაზე, აქსონის დიამეტრსა და სტრუქტურაზე) არის დამოკ-
იდებული. მაგალითად, ბაყაყის მიელინინი 3,5 მკმ-ის დიამეტრის აქსონები იმპულსებს
ატარებენ 30 მ/წმ სიჩქარით მაშინ, როდესაც კატის ასეთივე დიამეტრის აქსონები კი
90 მ/წმ სიჩქარით. 1) ახსენი, კატის აქსონები რატომ ატარებენ ნერვულ იმპულსებს
უფრო სწრაფად; 2) რომელი აქსონები გაატარებენ ნერვულ იმპულსს უფრო სწრაფად
– მიელინინი თუ უმიელინო? ახსენი შენი პასუხი.
12. თუ ნეირონი დაზიანდა ისე, რომ აქსონმა დაკარგა კავშირი ნეირონის სხეულთან, ახსე-
ნი, რა გავლენას მოახდენს ეს ნერვული იმპულსის გადაცემაზე.
13. შეიძლება ადამიანი იყოს ბრმა მიუხედავად იმისა, რომ მისი თვალი ნორმალურად ფუნ-
ქციონირებს? ახსენი შენი პასუხი.
14. ახსენი, რამ განაპირობა ფუნქციათა რეგულაციის ნერვული მექანიზმის გაჩენა ბი-
ოლოგიური ევოლუციის პროცესში.

მონაცემების განსჯა (ანალიზი და დასკვნა)

1. მეცნიერები ბაქტერიული ინფექციით დაავადებულ 60 თავგზე ამონმებდნენ სამი ან-
ტიბიოტიკს – A, B და C – ეფექტურობას. მათი ექსპერიმენტის შედეგები მოცემულია
ცხრილში. 1) ისინი ასკვნიან, რომ მათ სჭირდებათ მეტი ტესტირება C ანტიბიოტიკზე,
როგორ ფიქრობ, რატომ? 2) შენ რას შეცვლიდი ექსპერიმენტში, შედეგები უფრო სარ-
წმუნო რომ ყოფილიყო?

ანტიბიოტიკებზე ტესტირების დაყენება			
ანტიბიოტიკი	A	B	C
ინფიცირებული თავგების რაოდენობა	30	15	15
ანტიბიოტიკების ეფექტურობის %	83%	25%	100%

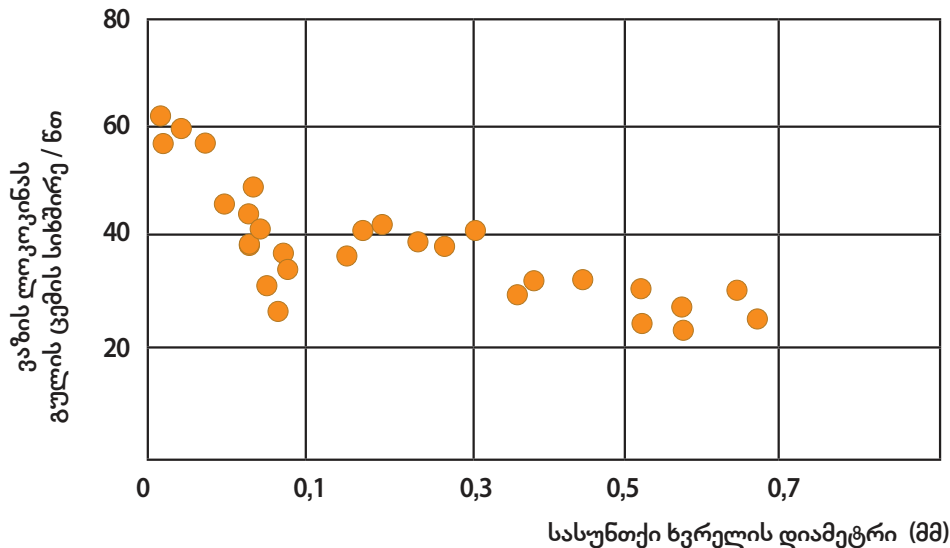
2. ბადურაზე განთავსებულია კოლბების სამი განსხვავებული სახეობა: თითოეული სახ-
ეობა ღიზიანდება სინათლის ძირითადი ფერებით — წითელი, მწვანე და ლურჯი. სამი
ძირითადი ფერის სხივების სხვადასხვა კომბინაციით კოლბების გაღიზიანებით ადამი-
ანი ხედავს სხვადასხვა ფერს.

ცხრილის გამოყენებით ივარაუდე, როგორი ფერის ობიექტს დაინახავ, თუ მისი ყურე-
ბის დროს თქვენი ერთი თვალი დაფარულია მწვანე ფერის ფილტრით (ტალლის საშუა-
ლო სიგრძე 530 ნმ-ია), ხოლო მეორე – წითელი ფილტრით (ტალლის საშუალო სიგრძე
620 ნმ-ია).

ხილული სპექტრის ფერები და მათი შესაბამისი ტალღების სიგრძის დაახლოებითი დიაპაზონი	
ფერი	ტალლის სიგრძე (ნმ)
წითელი	620-ზე მეტი
ნარინჯისფერი	590-620
ყვითელი	570-590
მწვანე	500-570
ლურჯი	440-500
იისფერი	440-ზე ნაკლები

3. მეცნიერებმა გაზომეს ვაზის ლოკოკინების გულის ცემის სიხშირე და სასუნთქი ხერხლის დიამეტრი. ეს მონაცემები წარმოდგენილია ნერტილოვან გრაფიკზე. გააანალიზე გრაფიკზე მოცემული მონაცემები და უპასუხე კითხვებს:

- 1) აღწერე ლოკოკინების ამ სახეობაში დამოკიდებულება გულის ცემის სიხშირესა და სასუნთქი ხერხლის დიამეტრის ზომას შორის.
- 2) ივარაუდე, როგორ შეიცვლება ლოკოკინას გულის ცემის სიხშირე, თუ სასუნთქი ხერხლის დიამეტრი 0,7 მმ და მეტი იქნება?
- 3) ახსენი, რით შეიძლება იყოს განპირობებული გულის ცემის სიხშირის ასეთი დამოკიდებულება სასუნთქი ხერხლის დიამეტრზე.



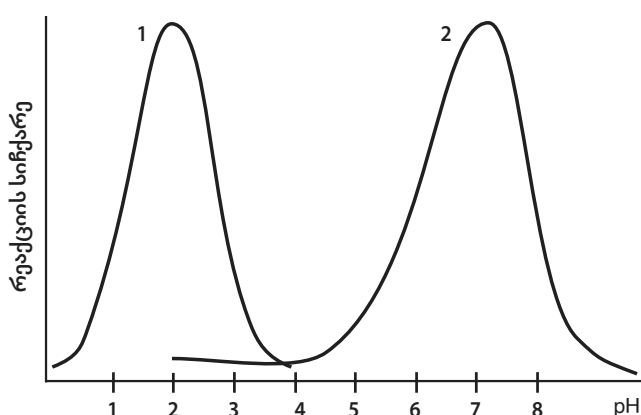
4. ალკოჰოლი ძლიერი და ფართოდ გამოყენებული ნარკოტიკია. ის გავლენას ახდენს ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე, ანელებს რეფლექსურ მოქმედებებს და იწვევს კანის წვრილი სისხლძარღვების გაფართოებას. ალკოჰოლის უმეტესი ნაწილი შეიწოვება წვრილ ნაწლავში, თუმცა მისი სწრაფი ეფექტი ნაწილობრივ აიხსნება იმით, რომ მისი 30%-მდე შეიწოვება კუჭში. ალკოჰოლი ღვიძლში იშლება და მისი დაშლის პროდუქტები, ძირითადად, ნახშირორჟანგი და წყალია. ცდის პირმა დალია ექვსი ერთეული ალკოჰოლი, შემდეგ კი მისგან სისხლის სინჯები აიღეს ალკოჰოლის მიღებიდან ხუთი საათის განმავლობაში. ცხრილი აჩვენებს სისხლში ალკოჰოლის დონეს ექსპერიმენტის განმავლობაში.

- 1) ცხრილში მოცემული მონაცემების მიხედვით ააგე გრაფიკი (გაითვალისწინე დამოუკიდებელი და დამოკიდებული ცვლადები);
- 2) როგორი იქნება სისხლში ალკოჰოლის საგარაუდო დონე 2,5 საათის შემდეგ?
- 3) სატრანსპორტო საშუალების მართვის უფლების დასაშვები ზღვარი არის 80 მგ ალკოჰოლი 100 სმ³ სისხლში. რამდენ ხანს იქნება ეს ადამიანი ამ ზღვარის ზემოთ?
- 4) დაასახელე კანში სისხლძარღვების გაფართოების ერთი თვალსაჩინო ეფექტი;
- 5) ღვიძლში ალკოჰოლის დაშლის პროდუქტები – ნახშირორჟანგი და წყალი – როგორ გამოიყოფა ორგანიზმიდან? დაასახელე ის ორგანოები და სისხლძარღვები, რომელსაც ეს ნივთიერებები გაივლიან გარემოში გამოყოფამდე;
- 6) ივარაუდე ალკოჰოლის ხანგრძლივი მოხმარების ერთი ეფექტი ღვიძლზე;
- 7) ადამიანები, რომლებიც სვამენ დიდი რაოდენობით ალკოჰოლიან სასმელებს დიდი ხნის განმავლობაში, ხშირად არასრულფასოვნად იკვებებიან. კერძოდ, მათ შეიძლება

ჰქონდეთ კალციუმის და C ვიტამინის დეფიციტი. რა სიმპტომები შეიძლება ჰქონდეს ამ ადამიანებს?

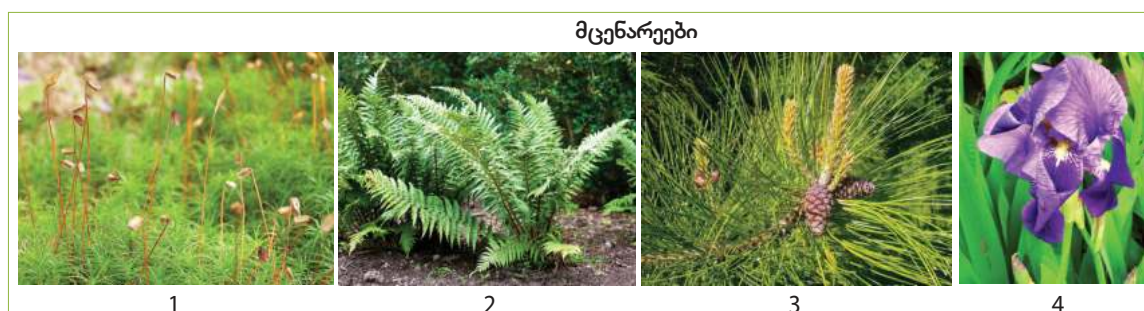
ალკოჰოლური სასმელის დალევადან გასული დრო (საათი)	100 სმ ³ სისხლში ალკოჰოლის დონე (მილიგრამი)
0,0	0,0
0,5	70
1,0	135
1,5	140
2,0	115
3,0	75
4,0	50
5,0	40

5. ფერმენტების აქტივობა დიდადაა დამოკიდებული pH-ზე. გრაფიკზე მოცემულია პეპსინისა და პანკრეასის წვენში შემავალი ლიპაზას აქტივობის დამოკიდებულება pH-ზე. 1) დაადგინე, რომელი გრაფიკი შეესაბამება ლიპაზას აქტივობას და რომელი – პეპსინის. ახსენი შენი პასუხი; 2) კიდევ რა ფაქტორებზეა დამოკიდებული ფერმენტების აქტივობა?



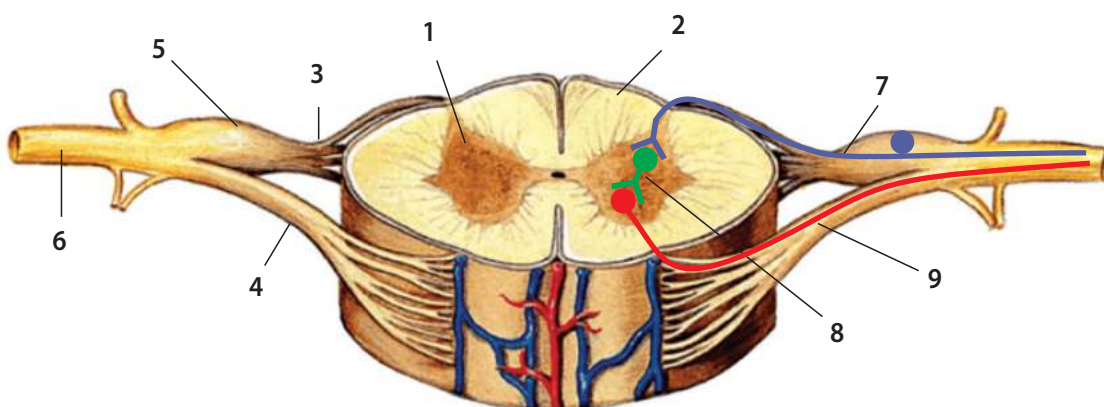
ვიზუალური მასალის განსჯა

1. ილუსტრაციაზე მოცემული მცენარეებიდან – 1) რომელია სპოროვანი მცენარეები? 2) რომელია თესლოვანი მცენარეები? 3) რომელს არ აქვს ჭურჭლები? 4) რომელი მცენარის გამეტების შერწყმისთვის არის აუცილებელი წყალი? 5) რომელი მცენარის მამრობით გამეტებს არ აქვს შოლტი და რატომ? 6) რომელი მცენარე იმტვერება მხოლოდ ქარით? 7) რომელი მცენარის გამეტოფიტს შეუძლია სპოროფიტისგან დამოუკიდებლად არსებობა? 8) რომელი მცენარის სპოროფიტია დამოკიდებული გამეტოფიტზე?

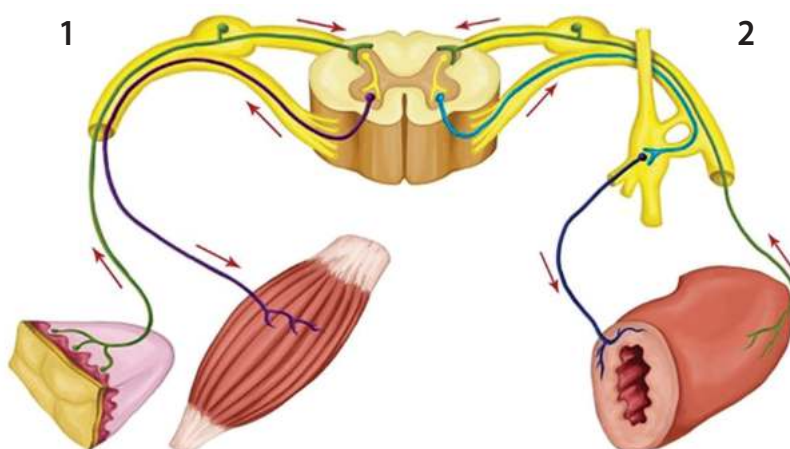


2. 1) სურათზე მოცემულ ნერვული სისტემის სტრუქტურებზე მითითებული ციფრები გადაინერე სამუშაო რვეულში და მიუწერე სტრუქტურის დასახელება; 2) რომელი ციფრით აღნიშნულ ნეირონს შეაქვს ნერვული იმპულსი ზურგის ტვინში? 3) რას გამოი-

წვევს ციფრი 3-ით აღნიშნული სტრუქტურის დაზიანება? 4) რას გამოიწვევს ციფრი 9-ით აღნიშნული სტრუქტურის დაზიანება? 5) რა ქმნის ციფრი 1-ით აღნიშნულ ზურგის ტვინის სტრუქტურას? 6) რა ქმნის ციფრი 2-ით აღნიშნულ ზურგის ტვინის სტრუქტურას და რა ფუნქციას ასრულებს იგი?

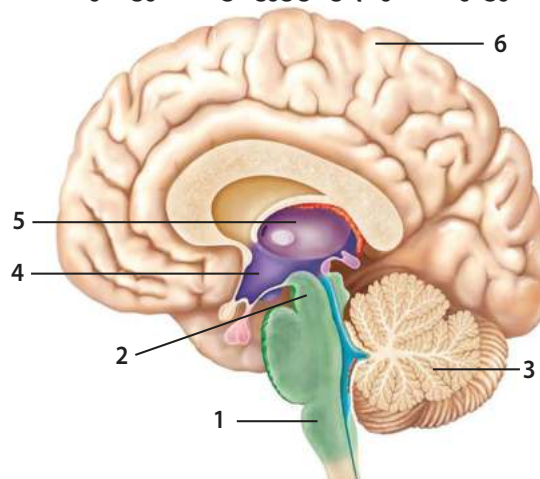


3. სურათზე მოცემულია სომატური და ავტონომიური რეფლექსების რეფლექსური რკალები. 1) რომელი ციფრითაა აღნიშნული ავტონომიური რეფლექსის რეფლექსური რკალი? დაასაბუთეთ შენი პასუხი; 2) რა განსხვავებაა სომატურ და ავტონომიურ მამოძრავებელ გზას შორის? 3) რომელ მამოძრავებელ გზაზე ვრცელდება ნერვული იმპულსი უფრო სწრაფად? რატომ?



4. სურათზე თავის ტვინის ნაწილები აღნიშნულია ციფრებით. 1) ციფრები გადანერე სამუშაო რვეულში და თითოეულს მიუწერე თავის ტვინის ნაწილების დასახელება; 2) რომელი ციფრით აღნიშნული ნაწილის დაზიანება იწვევს ნებისმიერი ხერხემლიანის მყისიერ სიკვდილს? რატომ? 3) რომელი ციფრით აღნიშნულ ნაწილთან არის დაკავშირებული პირობითი რეფლექსები? 4) რომელი ციფრით აღნიშნულ ნაწილთან არის დაკავშირებული შიმშილისა და წყურვილის ცენტრები?

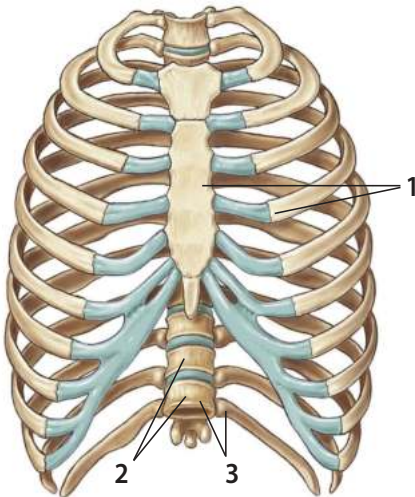
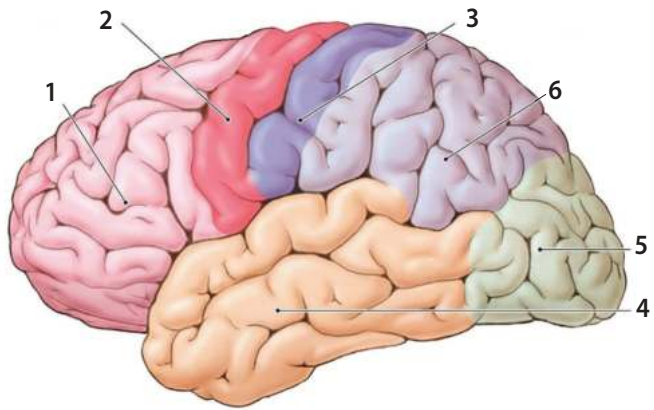
თავის ტვინის სტრუქტურული კომპონენტები



5. სურათზე ციფრებით აღნიშნულია ჰემისფეროების ქერქის უბნები.

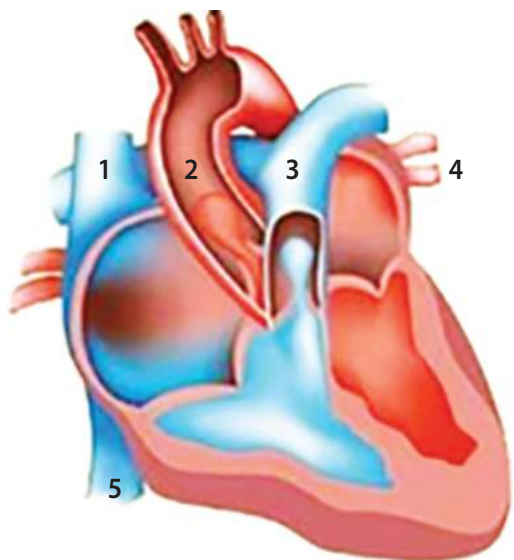
1) ციფრები გადანერე სამუშაო რეულში და თითოეულს მიუწერე ნახევარსფეროების ქერქის უბნის დასახელება; 2) რომელი უბნის დაზიანება გამოიწვევს მხედველობის დაკარგვას? 3) რომელი ციფრით აღნიშნულ უბანთან არის დაკავშირებული ნებულობითი მოძრაობის მართვა?

4) რომელი ციფრით აღნიშნულ უბანთან არის დაკავშირებული სმენის ნერვით შესული ინფორმაციის გაანალიზება? 5) რომელი ციფრით აღნიშნული უბნის დაზიანება გამოიწვევს ემოციების მართვის დარღვევას?

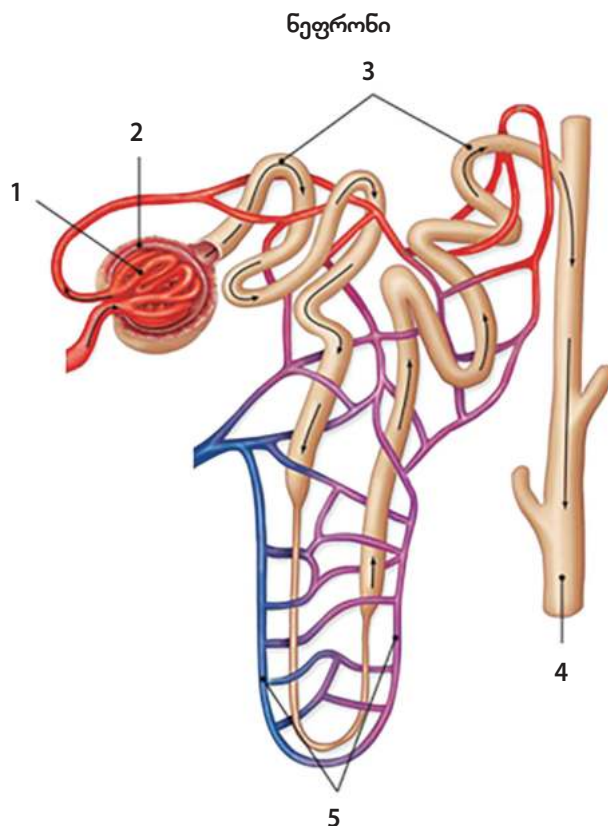


6. 1) რომელი ციფრით/ციფრებით არის აღნიშნული ძვლები, რომელთა შორის ნახევრადმოძრავი შეერთებაა? 2) რომელი ციფრით/ციფრებით არის აღნიშნული ძვლები, რომელთა შორის მოძრავი შეერთებაა? 3) კიდევ რა ტიპის შეერთება არსებობს ძვლებს შორის? მოიყვანე შესაბამისი მაგალითები და ახსენი ძვალთა შეერთების ასეთი ტიპის ძირითადი ფუნქცია? 4) რა ფუნქციებს ასრულებს სურათზე წარმოდგენილი ჩონჩხის ეს ნაწილი?

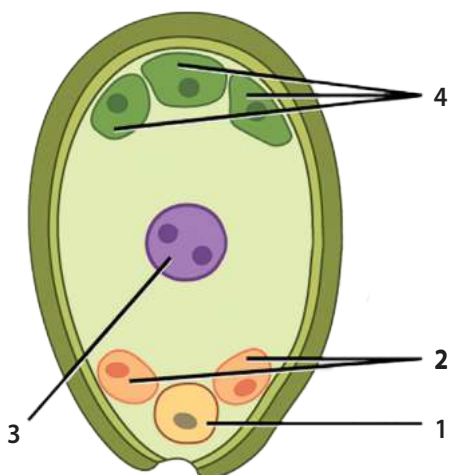
7. 1) სურათი გულის ციკლის რომელ ფაზას ასახავს? ახსენი შენი პასუხი; 2) რა ფუნქციას ასრულებს წინაგულები? 3) რა ფუნქციას ასრულებს პარკუჭები? 4) სისხლძარღვებზე მითითებული ციფრები გადანერე სამუშაო რეულში და მიუწერე სახელწოდებები; 5) რომელი ციფრებით აღნიშნულ სისხლძარღვებს ჩააქვთ სისხლი გულში?



8. სურათზე ციფრებით აღნიშნულია ნეფრონის შემადგენელი სტრუქტურები. 1) ციფრები გადანერე სამუშაო რეულში და მიუწერე ნეფრონის სტრუქტურების დასახელებები; 2) ნეფრონში შესული არტერიოლა რამდენჯერ იტოტება კაპილარებად? 3) რა ციფრით აღნიშნულ სტრუქტურაში მიმდინარეობს ფილტრაცია და რას უწოდებენ ფილტრატს? 4) რა მსგავსება-განსხვავებაა ფილტრატისა და სისხლის პლაზმის ქიმიურ შემადგენილობას შორის? 5) რა ციფრით აღნიშნულ სტრუქტურაში მიმდინარეობს რეაბსორბცია და რა მნიშვნელობა აქვს ამ პროცესს? 6) რომელი ციფრით აღნიშნულ სტრუქტურაშია ყველაზე მაღალი შარდოვანას კონცენტრაცია? რატომ? 7) თუ შარდში ცილები აღმოჩნდა, რომელი ციფრით აღნიშნული სტრუქტურის დაზიანებაზე მეტყველებს ეს? რატომ ფიქრობ ასე?

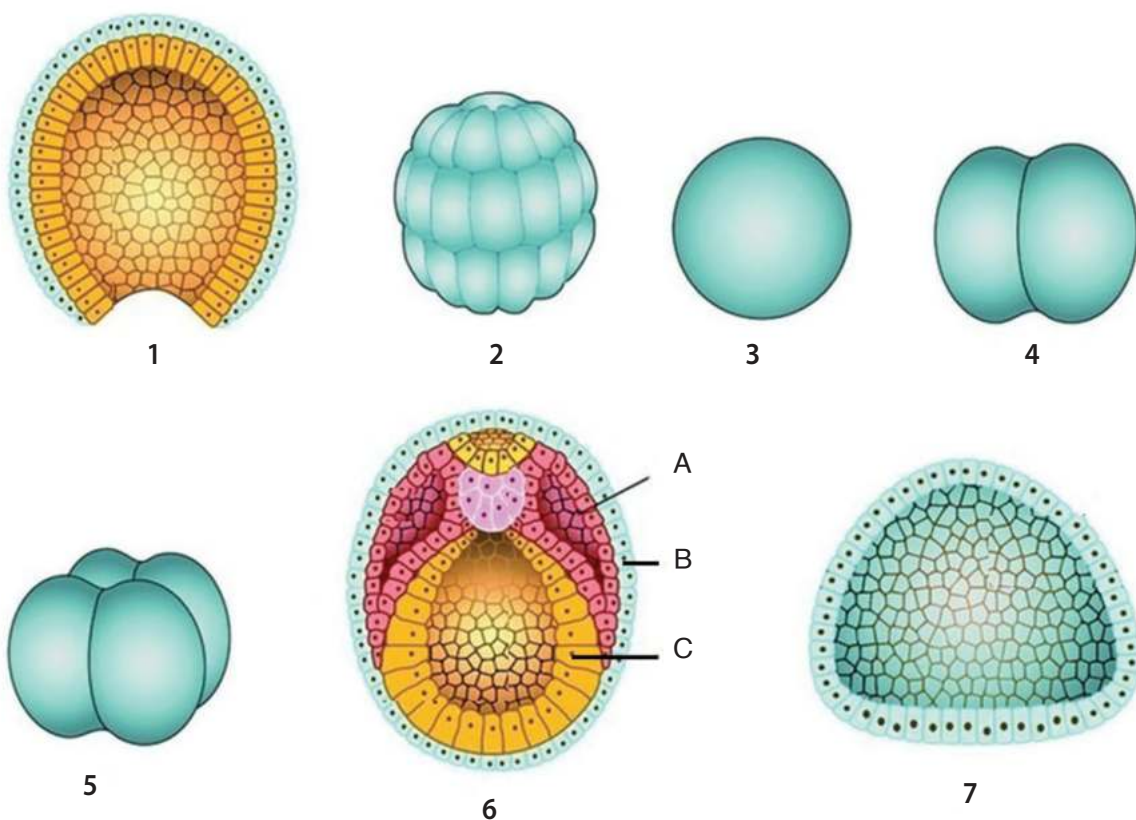


ჩანასახოვანი პარკი



9. სურათზე მოცემულია მომწიფებული ჩანასახოვანი პარკის სქემა. 1) რამდენი უჯრედისგან შედგება ჩანასახოვანი პარკი? ამ უჯრედებს შორის რომელი ციფრით არის აღნიშნული დიპლოიდური უჯრედი და რას უწოდებენ მას? 2) რომელი ციფრით არის აღნიშნული კვერცხუჯრედი? 3) განაყოფიერების შემდეგ რომელი ციფრით აღნიშნული უჯრედი არის ტრიპლოიდური და რა ფორმირდება მისგან? 4) განაყოფიერების შემდეგ რომელი ციფრით აღნიშნული უჯრედისგან ვითარდება ჩანასახი და როგორია მისი ქრომოსომული კომპლექტი? 5) განაყოფიერების შემდეგ რა ფორმირდება ჩანასახოვანი პარკიდან?

10. სურათზე ჩანასახის ადრეული განვითარების სტადიები აღნიშნულია ციფრებით. 1) სამუშაო რეულში ამოწერე ციფრები და თითოეულს მიუწერე ჩანასახის განვითარების სტადიის დასახელება; 2) ციფრები ისეთი თანმიმდევრობით ჩაწერე, რომ სწორად ასახავდეს ჩანასახის განვითარების პროცესს; 3) რომელი ასოთი აღნიშნულ სტადიაზე ჩნდება პირველადი ნაწლავი და პირის ღრუ? 4) რომელი ციფრით აღნიშნული სტადიიდან იწყება ორგანოგენეზი? 5) რეულში ჩაწერე ციფრი ნ-ით აღნიშნულ ჩანასახის სტადიაზე მითითებული ასოები (A,B,C) და თითოეულს მიუწერე, თუ რომელიდან ვითარდება: თავისა და ზურგის ტვინი, ჩონჩხი და კუნთები, შეგრძნების ორგანოები, ნაწლავები და ფილტვები.



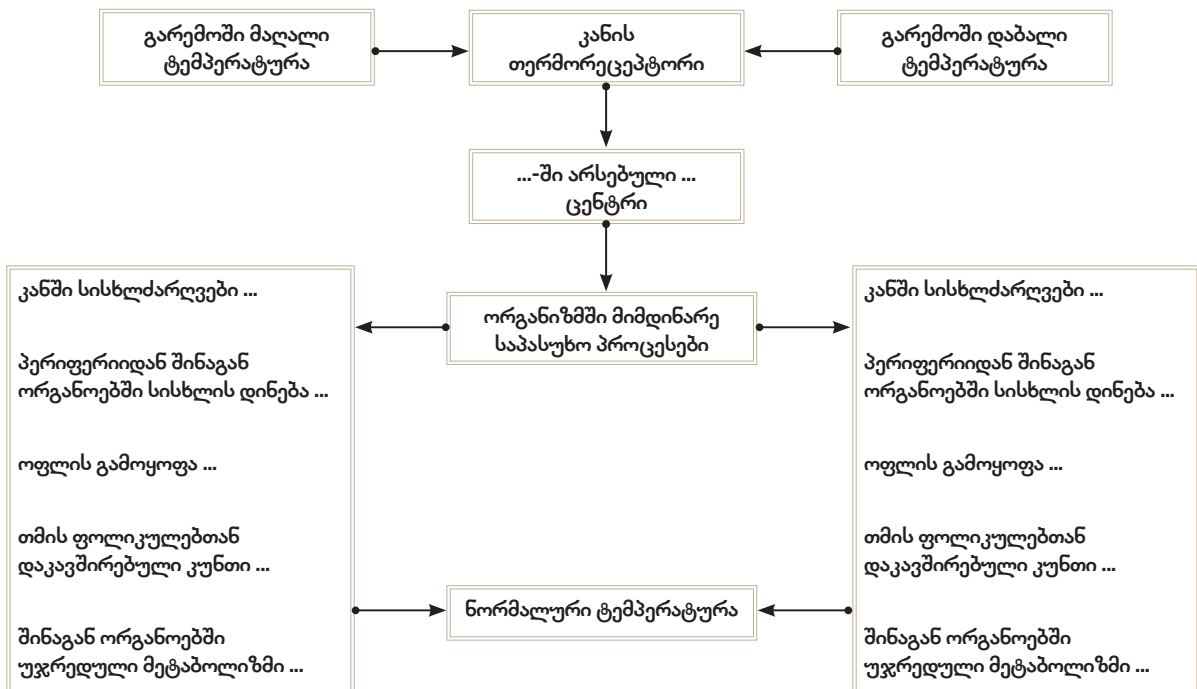
მონაცემების ორგანიზება სქემებში

1. ცხრილი გადაიტანე სამუშაო რვეულში, შეავსე და უპასუხე თანდართულ კითხვებს.

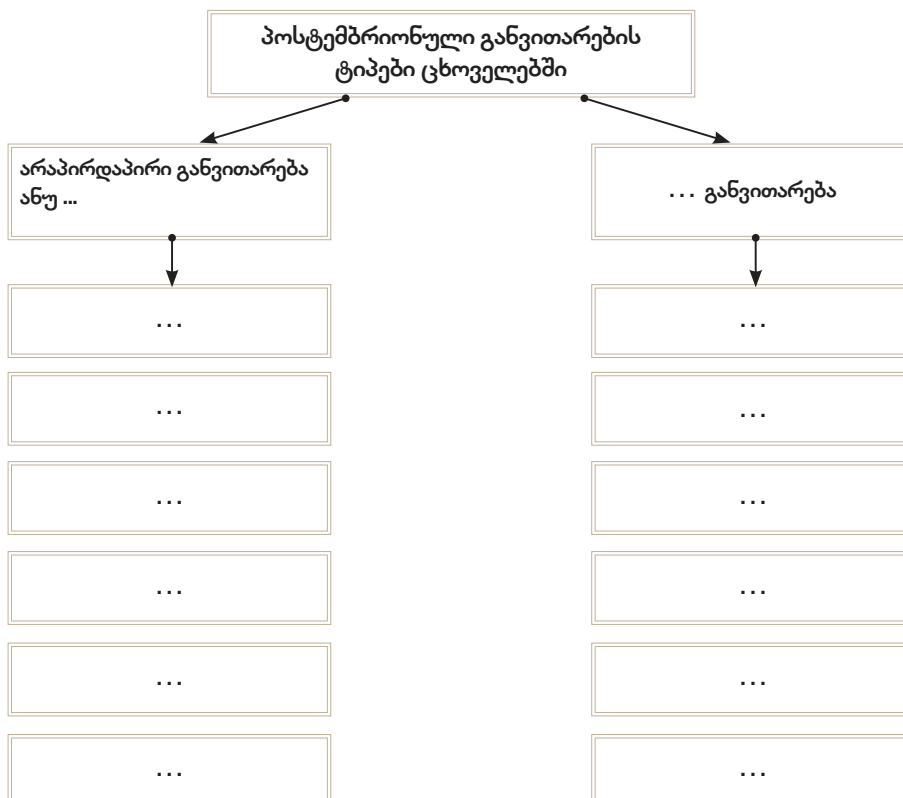
	გულმკერდის ღრუს მდგომარეობა – გა- ფართოებულია/ შევიწროებულია	ფილტვის მოცულო- ბა – გაზრდილია/ შემცირებულია	აირის წნევა ფილტვებში – გაზრ- დილია/შემცირებუ- ლია	სუნთქვითი მოძ- რაობა – ჩასუნთქვა/ ამოსუნთქვა
ნეკნთაშუა სასუნთქი კუნთები და დიაფრაგმა შეკუმშულია	×	×	×	×
ნეკნთაშუა სასუნთქი კუნთები და დიაფრაგმა მოღუნებულია	×	×	×	×

- 1) ახსენი ჩასუნთქვა/ამოსუნთქვის მექანიზმი ფიზიკის კანონებზე დაყრდნობით.
- 2) რა გავლენას მოახდენს სუნთქვით მოძრაობებზე პლევრის ღრუში სითხის დაგროვება?
- 3) გადავსებული კუჭი რატომ აფერხებს სუნთქვით მოძრაობებს?

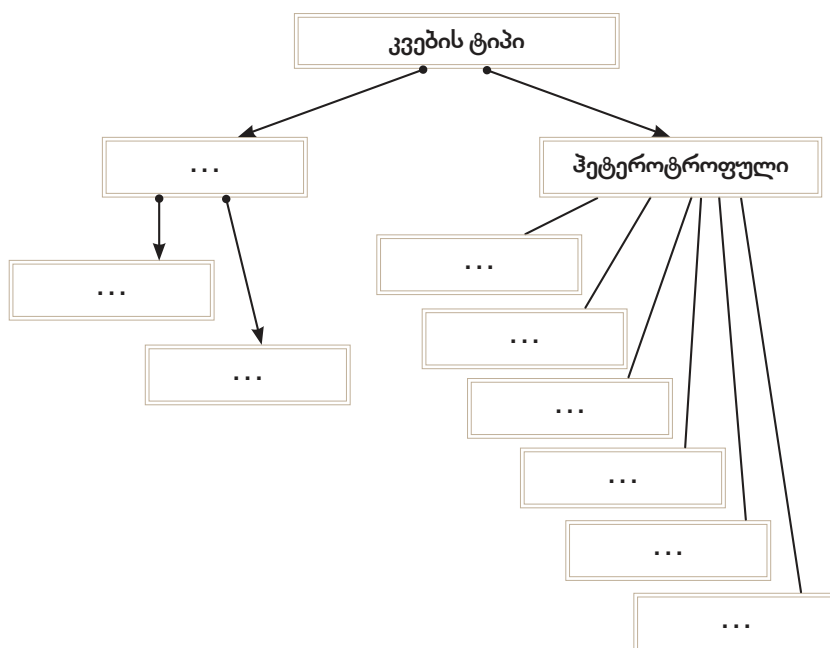
2. ქვემოთ მოცემული სქემა გადაიტანე სამუშაო რვეულში და ნერტილების ნაცვლად ჩასვი სიტყვები, რომელიც სწორად ასახავს თერმორეგულაციის მექანიზმს.



3. ქვემოთ მოცემული სქემა გადაიტანე სამუშაო რვეულში და ნერტილების ნაცვლად ჩანერე შესაბამისი ტერმინები, ცხოველთა ჯგუფები: ნაწლავლრუიანები, ბრტყელი ჭიები, მრგვალი ჭიები, რგოლოვანი ჭიები, მოლუსკები, მწერები, ობობები, კიბოსნაირები, თევზები, ამფიბიები, ქვეწარმავლები, ფრინველები, ძუძუმწოვრები.



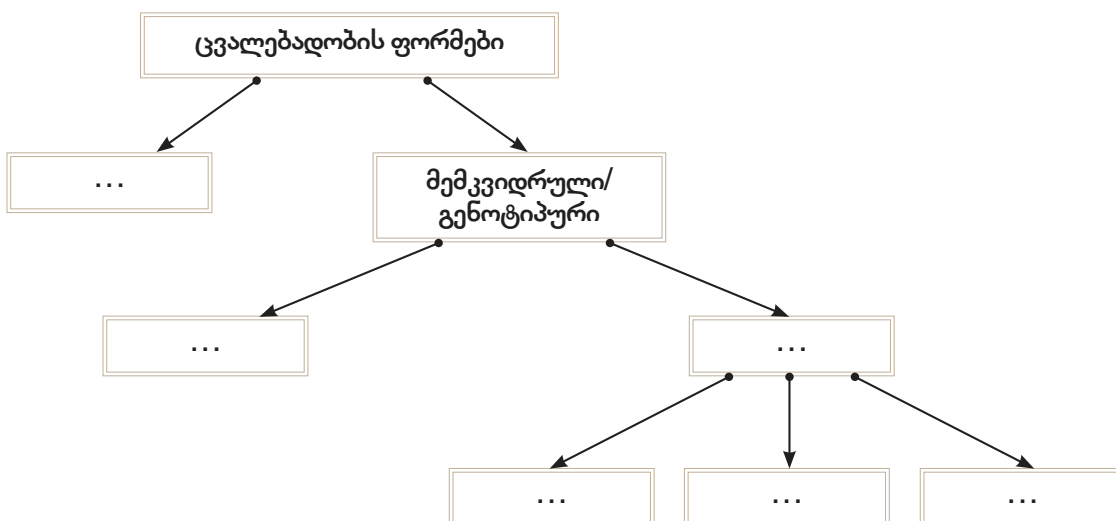
4. ქვემოთ მოცემული სქემა გადაიტანე სამუშაო რვეულში და შეავსე. მოიყვანე თითოეული კვების ტიპის მქონე ორგანიზმის მაგალითი.



5. ცხრილი გადაიტანე სამუშაო რვეულში და შეავსე.

ენერგეტიკული ცვლის ეტაპები	სად მიმდინარეობს	რა სახის ენერგია გამოიყოფა	ატფ-ის რამდენი მოლეკულა წარმოიქმნება	საწყისი ნივთიერება	დაშლის პროდუქტი
მოსამზადებელი ეტაპი	×	×	×	×	×
გლიკოლიზი	×	×	×	×	×
აერობული სუნთქვა	×	×	×	×	×
რძემჟავა დუღილი	×	×	×	×	×
სპირტული დუღილი	×	×	×	×	×

6. სქემა გადაიტანე სამუშაო რვეულში და შეავსე.



დანართი – ელექტრონული სასწავლო რესურსები

სოკო – კორდიცეპსი –



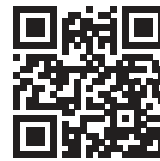
<https://surl.li/fdsmmz>

კვებითი ჯაჭვი –



<https://surl.li/xnnijq>

კვებითი ჯაჭვი და ქსელი –



<https://surl.li/vdlsdf>

წყლის ციკლი –



<https://surl.li/fokcfq>

ჟანგბადის ციკლი –



<https://surl.li/hwrhmq>

ნახშირბადის ციკლი –



<https://surl.li/duvqfw>

ვაქცინაციის ისტორია: ყვავილის ვაქცინა –



<https://surl.li/axwnwg>

ვაქცინაციის ქართული ისტორია –



<https://surl.li/doorsbm>

რატომ აღარ გვეხმარებიან ანტიბიოტიკები? –



<https://surl.li/agakxt>

ნელის პოტენციალი და ოსმოსი –



<https://surl.li/qdimev>

ადამიანის საჭმლის მომნელებელი სისტემა –



<https://surl.li/jkmskr>

ადამიანის საჭმლის მომნელებელი სისტემა –



<https://surl.li/cciehz>

სიმულაცია – საკვების შედგენილობის გავლენა ჯანმრთელობაზე –



<https://shorturl.at/zFOgn>

საკვები დანამატების საიტი –



<https://shorturl.at/bv4dt>

სიმულაცია: მინდვრის თავის პოპულაციის ცვლილება –



surl.li/ynehma