

თეიმურაზ ლეჟავა

ადამიანის ქრომოსომათა კვლევის მეთოდები

გამომცემლობა „განათლება“
თბილისი — 1973

ა ვ ტ ო რ ი ს ა ბ ა ნ ე

უკანასკნელ წლებში ადამიანის ციტოგენეტიკის სწრაფი განვითარება განაპირობა გამოყვლეუათა ახალი მეთოდების შემუშავებამ. ამ მეთოდთა გამოყენების შედეგად გიარკვა მემკვიდრეობითი ინფორმაციის ზოგიერთი მხარე და მექანიზმი. დადგინდა ცალკეული აუადმყოფობის ფორმათა ეტიოლოგია და პათოგენეზი.

ახალმა წარმოდგენებმა ადამიანის ქრომოსომათა აღნაგობასა და თვისებებზე ბიოლოგიისა და მედიცინის წინაშე ფართო პერსპექტივები დასახა.

წინამდებარე ნაშრომში განხილულია ადამიანის ციტოგენეტიკაში ხმარებული თითქმის ყველა თანამედროვე ძირითადი მეთოდი, მოცემულია ქრომოსომათა მორფოფუნქციური მახასიათებლები, აღწერილია ქსოვილოვან კულტურებში ქრომოსომების გამოყვლევის ხერხები ემბრიონული და პოსტემბრიონული განვითარების სტადიებზე, მოყვანილია სტანდარტიზაციის, ქრომოსომული აბერაციის აღრიცხვისა და ქსოვილთა კულტივირების შემთხვევებში გამოყენებული ტერმინები.

წიგნი გათვალისწინებულია დამხმარე სახელმძღვანელოდ სამედიცინო ინსტიტუტის სტუდენტებისა და უნივერსიტეტის ბიოლოგურა ფაკულტეტის სტუდენტებისათვის. იგი დახმარებას გაუწევს აგრეთვე ადამიანის ციტოგენეტიკის განხრით მომუშავე ასპირანტებსა და მეცნიერ მუშაკებს.

აღამიანის ქრომოსომათა მოკოლოგიური თავისებურებანი

1. აღამიანის ქრომოსომათა კვლევის ისტორია

ციტოგენეტიკა (ბერძ. Kytos—უჯრელი, genetikos—დაბადებასთან დაკავშირებული) შეისწავლის ცოცხალი ორგანიზმების მემკვიდრეობისა და ცვალებადობის კანონზომიერებებს უჯრედულ დონეზე.

ციტოლოგიისა და გენეტიკის პირველი სინთეზი განხორციელდა 1902 წელს, როდესაც სატენმა (1) მიუთითა პარალელიზმზე ქრომოსომათა ქცევისა (რედუქციული დაყოფისა და განაყოფიერების დროს) და მენდელის ნიშანთა დათქმვის შორის. მნიშვნელოვანი და საკვირველი მოვლენის დადგენამ, შთამომავლობაში გენთა გადაცემასა და ქრომოსომათა გადაცემას შორის კავშირის არსებობის შესახებ, დასაბამი მისცა ციტოგენეტიკის, როგორც მეცნიერების განვითარებას დაწყებას.

აღამიანის უჯრედთა მემკვიდრული სისტემის კვლევის განვითარების აუცილებლობამ საფუძველი ჩაუყარა სამედიცინო ციტოგენეტიკას, რომელიც შეისწავლის ევოლუციურად განმტკიცებული მემკვიდრეობის მატერიალური საფუძველების — ქრომოსომების ორგანიზაციასა და ფუნქციას ნორმისა და პათოლოგიის დროს.

ქრომოსომები ბირთვის მუდმივი კომპონენტებია. მათთვის დამახასიათებელია განსაკუთრებული ორგანიზაცია, ინდივიდუალობა, ფუნქცია და რეპლიკაცია. უჯრედთა გამრავლების ციკლში მათ აქვთ სპირალიზაციისა და დესპირალიზაციის უნარი და უჯრედთა თაობებში ისინი ინარჩუნებენ ავტონომიურ თვისებებს.

აღამიანის ქრომოსომების შესწავლის ისტორია ორ ძირითად პერიოდად იყოფა:

1. აღამიანის ქრომოსომათა დიპლოიდურ რაოდენობაზე მცდარი წარმოდგენების პერიოდი (1879 — 1956). 1879 წელს არნოლდმა (2) პირველმა სცადა ავთვისებიანი სიმსივნეების

მასალაზე ადამიანის ქრომოსომული კომპლექსების შესწავლა. ფლემინგმა (3) თვალის რქოვანას უჯრედებში ქრომოსომათა დათვლის საფუძველზე დაუშვა, რომ ადამიანის დიპლოიდურ უჯრედებში ლოკალიზებულია 24 ქრომოსომა. მოგვიანებით ვინივატერმა (4) გაუმჯობესებული ტექნიკური პროცედურის გამოყენებით დაადგინა მამაკაცის სპერმატოგონიების მეტაფაზებში ქრომოსომათა რაოდენობა — 47. X, იმ დროს, როდესაც ქალთა ემბრიონების ოვონიებში ქრომოსომათა კომპლექსი, მისი აზრით, შეადგენდა — 48, XX-ს. პაინტერმა (5) შეძლო მამაკაცის სასქესო Y-ქრომოსომის დემონსტრირება. მან განსაზღვრა, რომ ორივე სქესის ადამიანების სომატურ უჯრედებში ქრომოსომათა რაოდენობა 48-ს ეთანაბრება — ქალებში სასქესო ქრომოსომული კომპლექსით 48, XX, მამაკაცებში — 48, XY-ით.

იმ თვალსაზრისს, რომ ადამიანის სომატური უჯრედები 48 ქრომოსომას შეიცავს, იზიარებდა მომდევნო თაობის ყველა მკვლევარი, მათ შორის საბჭოთა მეცნიერებიც (6, 7).

ამგვარად, დადგინდა, რომ ადამიანის ქრომოსომების ყველა სარწმუნო დიპლოიდური რიცხვი შეესაბამება 48-ს.

საყურადღებოა ის ფაქტი, რომ იმ დროისათვის, კარიოლოგიური ტექნიკის არასრულყოფილობის მიუხედავად (ძირითადად ქრომოსომებს იკვლევდნენ ანათლებში), მიიღეს ისეთი შედეგები, რომლებიც უახლოვდება თანამედროვე მონაცემებს.

სხვადასხვა ქრომოსომის მორფოლოგიური გამოკვლევის ცდები უფრო წარმატებით დამთავრდა. 1936 წელს ა. ანდრესმა და მ. ნავაშინმა (7) შეძლეს ადამიანის ქრომოსომათა პირველი რვა წყვილის იდენტიფიკაცია. ისინი გამოკვლევის ობიექტებად იყენებდნენ ემბრიონულ ფიბრობლასტებს, ახალშობილთა ტესტიკულებს, კანს, სიმსივნურ უჯრედებს, ამნიონის სითხესა და საშვილოსნოდან აღებული უჯრედებს.

1935 წელს ე. ხრუშჩოვმა და ე. ბერლინმა (8) პერიფერიული სისხლის ლეიკოციტების კულტურებიდან მიიღეს მიტოზები და ქრომოსომათა სტრუქტურის გაუმჯობესებული სახით წარმოსადგენად გამოიყენეს უჯრედის ჰიპოტონიური დამუშავება. სამწუხაროდ, ამ დროისათვის საბჭოთა სწავლულების მუშაობა ადამიანის ციტოგენეტიკის გამოკვლევაში შეწყდა. 1952 წელს სიუმ (9) უჯრედთა გასაჯირკვებლად კვლავ გამოიყენა ჰიპოტონიური დამუშავება.

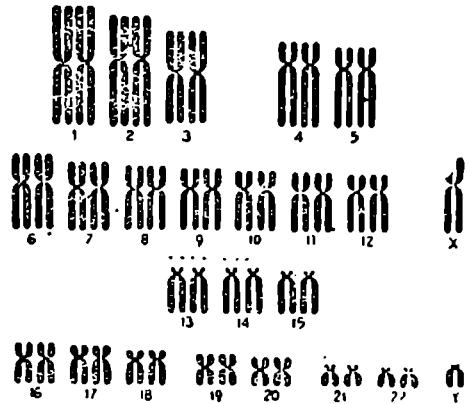
2. ადამიანის სომატურ უჯრედებში ქრომოსომათა რაოდენობის დადგენის პერიოდი 1956 წელს შევდმა მკვლევარებმა ტიომ და ლევანმა (10) ადამიანის ოთხი ემბრიონის ფილტვის ქსოვილის ფიბრობლასტების ჰიპოტონიური ხსნარითა და კოლხიციანით დამუშავებულ

კულტურებში 265 გამოთვლილი მეტაფაზიდან (4 მეტაფაზის გამოკლებით) დადგინეს ქრომოსომათა მუდმივი დიპლოიდური რიცხვი 46. ეს მონაცემები საესებით დადასტურდა ინგლისელი სწავლულების ფორდისა და ჰამერტონის (11) ცნობებში.

ამრიგად, ტომ და ლევანმა პირველებმა მიიღეს ზუსტი მონაცემები ადამიანის ქრომოსომათა რაოდენობის შესახებ, რომელიც 46-ს შეადგენდა. ეს აღმოჩენა უმნიშვნელოვანეს ეტაპად იქცა ადამიანის ციტოგენეტიკის განვითარებაში, ქრომოსომათა შესწავლაში ნორმისა და პათოლოგიის დროს.

ტიოსა და ლევანის აღმოჩენის შემდეგ პირველსავე წლებში ადამიანის ნორმალური კარიოტიპი ძირფესვიანად შეისწავლეს ტიო და ჰაკმა (1958); ქსიუ და გილესმა (1959), ლევანმა და ქსიუმ (1959) (12, 13, 14). მათ ნაშრომებში პირველად აღინიშნა ცალკეულ ქრომოსომათა მორფოლოგიური თავისებურებები (თანამგზავრთა არსებობა, მეორეული ჰიმების ლოკალიზაცია და სხვ.) და აისახა ქრომოსომათა კლასიფიკაციის სისტემის შექმნის ცდები. ამ ავტორთა გამოკვლევებში ქრომოსომათა ჯგუფებად დაყოფა თითქმის თანხედებოდა ერთმანეთს, ჰომოლოგიური ქრომოსომები იდენტიფიცირებული იყო ოდნავი მსგავსებით. ქრომოსომათა გამოკვლევები ჩატარდა უჯრედთა მინიმალურ ოდენობაზე (საშუალოდ 10 მეტაფაზაზე), მაგრამ ქრომოსომათა კლასიფიკაციის უქონლობა იწვევდა ქრომოსომათა ნუმერაციის აღრევას და აზრთა სხვადასხვაობას კარიოტიპში აღმოჩენილ დარღვევათა ბუნების შესახებ.

არსებული ქრომოსომების გამოკვლევათა მეთოდებისა და იდენტიფიკაციის გათვალისწინებით აუცილებელი გახდა ადამიანის ქრომოსომათა სტანდარტული კლასიფიკაციის შექმნა. ციტოლოგებისა და გენეტიკოსების საერთაშორისო კომისიამ ქ. დენვერში (აშშ) 1960 წელს (15) შეიმუშავა ადამიანის ქრომოსომათა სტანდარტული კლასიფიკაციის სისტემა (სურ. 1).



სურ. 1. ქ. დენვერში (აშშ) 1960 წელს შემუშავებული ადამიანის ქრომოსომათა სტანდარტული კლასიფიკაციის სქემატური გამოსახვა.

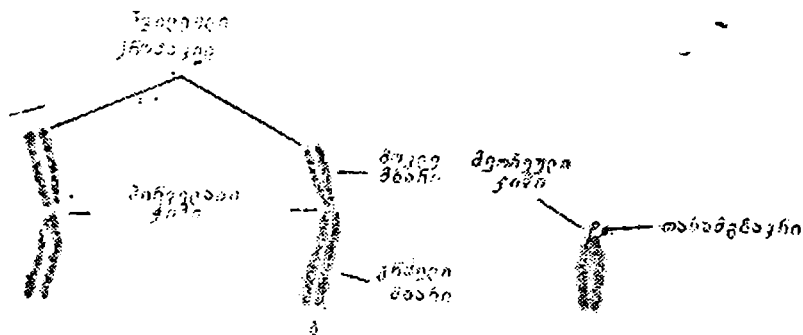
ციტოლოგებისა და გენეტიკოსების საერთაშორისო კომისიამ ქ. დენვერში (აშშ) 1960 წელს (15) შეიმუშავა ადამიანის ქრომოსომათა სტანდარტული კლასიფიკაციის სისტემა (სურ. 1).

ამ კლასიფიკაციას საფუძვლად დაედო ორი პრინციპი:

1. ქრომოსომების დანაწილება 7 ჯგუფად (1—3, 4—5, 6—X—12, 13—15, 16—18, 19—20, 21—22). ჯგუფებში ქრომოსომები განაწილებულია მათი სიდიდისა და ცენტრომერას ლოკალიზაციის მიხედვით. ყველაზე დიდი ქრომოსომა აღნიშნულია $n^{\circ}-1$ ნიშნით, ხოლო ყველაზე პატარა — $n^{\circ}-22$ -ით, ამასთანავე 1-ელი. მე-2, მე-3, მე-13, მე-14, მე-15, მე-16, 21-ე და პირობითად მე-4 და მე-5 ქრომოსომებისათვის დაშვებულია ინდივიდუალური იდენტიფიკაცია.

2. ჯგუფებში ქრომოსომები განლაგებულია შემცირებული თანამიმდევრობით. ქრომოსომათა ორი წყვილი სავესებით შეესატყვისება ერთიმეორეს, ე. ი. პომოლოგიურება. გარდა ჰეტეროლოგიური X და Y სასქესო ქრომოსომებისა, რომლებიც ცალკეა წარმოდგენილი — ნუმერაციის გარეშე.

შესაბამისად, მე-13, მე-14 და 21-ე წყვილი ქრომოსომის მოკლე მხარზე აღნიშნულია ე. წ. „თანამგზავრები“. დენვერის კლასიფიკაციით დადგინდა სხვადასხვა ზომის — მსხვილი, საშუალო და მცირე ქრომოსომათა არსებობა. ფორმის მიხედვით კი გამოიყო ქრომოსომების სამი ძირითადი ტიპი (სურ. 2). მეტა-



სურ. 2. ადამიანის ქრომოსომათა ტიპები:

ა — მეტაცენტრიული, ბ — სუბმეტაცენტრიული, გ — აკროცენტრიული (პერიფერიული სისტემის ლეიოციტების კულტურა) იბ. 100X, ოქ. 6, 3X (ორიგინალი).

ცენტრიული ქრომოსომები, რომელთაც აქვთ თანაბარი ან თითქმის თანაბარი სიგრძის მხრები, სუბმეტაცენტრიული ქრომოსომები — აქვთ არათანაბარი მხრე-



სურ. 3. ა — ქალის ქრომოსომული ნაყრები (კარიოტიპი), ბ — მამაკაცის ქრომოსომული ნაყრები (კარიოტიპი), გ — მეტაფაზა, დ — კარიოგრამა (პერიფერული სისხლის ლეიკოციტების კულტურა) ობ. 100X ოკ. 6, 3X. (ორიგინალი).

ბი, აკროცენტრული ქრომოსომები — აქვთ ერთი გრძელი და მეორე ძალიან მოკლე მხარი.

აგრეთვე დადგინდა ქრომოსომათა კომპლექსების (უჯრედის ყველა ქრომოსომის ერთობლიობა) ორი ტიპი: ერთმაგი ჰაპლოიდური, ანუ გამეტური კომპლექსი, რომელიც აღინიშნება n -ით, და ორმაგი დიპლოიდური, ანუ ზიგოტური კომპლექსი ქრომოსომებისა, რომლებიც ორგანიზმის სომატური უჯრედებისათვის დამახასიათებელ პოპოლოგიურ ქრომოსომებს შეიცავენ და აღინიშნება $2n$ -ით.

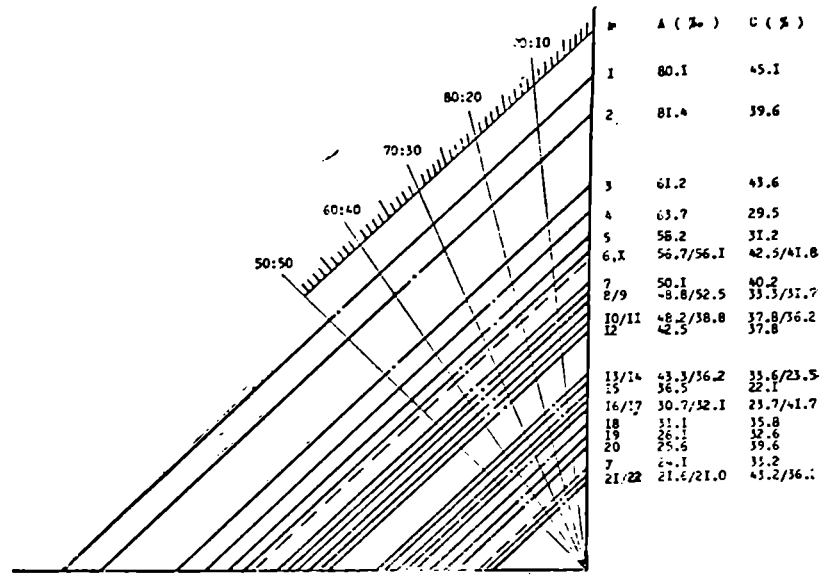
დენვერის კომისიის თანახმად, დასაშვებია, რომ ტერმინი „კარიოტიპი“ ვიხმაროთ ცალკეული უჯრედის ჩამოყალიბებული ქრომოსომული კომპლექსის აღსანიშნავად (სურ. 3), რომელსაც მივიღებთ ნახატით ან მიკროფოტოგრაფიიდან ამოჭრის საშუალებით. ტერმინი „იდიოგრამა“ გამოიყენება კარიოტიპის გამოსახატავად დიაგრამის სახით, რომელიც იქმნება რამდენიმე უჯრედის ქრომოსომული კომპლექსის გაზომვის საფუძველზე.

2. რადიონობრივი მახასიათებლები

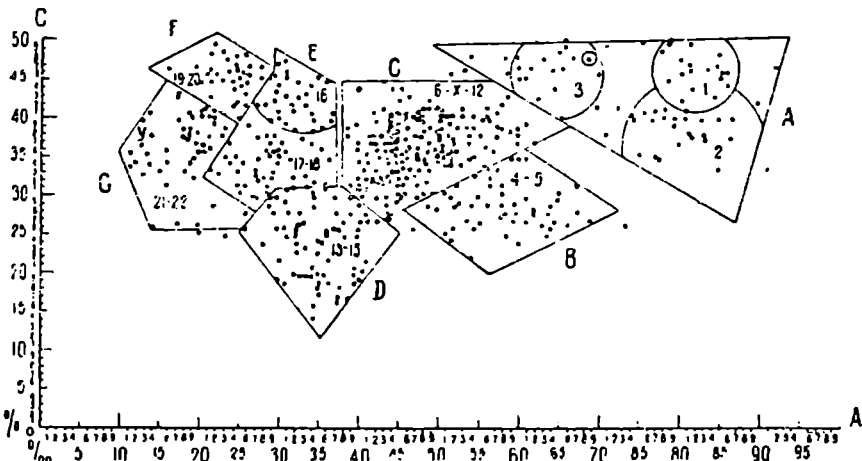
დენვერის კლასიფიკაციის მიხედვით, ქრომოსომების რადიონობრივი დახასიათებისათვის შემუშავებული იყო 3 კრიტერიუმი: შეფარდებითი სიგრძე A , რომელიც განისაზღვრება როგორც ინდივიდუალური ქრომოსომის სიგრძის წილი ქალის ჰაპლოიდური ქრომოსომული კომპლექსის საერთო სიგრძიდან (ე. ი. 22 აუტოსომური და X -ქრომოსომების ჯამიდან), გამოხატული პრომილებით; აბსოლუტური სიგრძე (მხარის ინდექსი) B -ქრომოსომის გრძელი მხარის სიგრძის შეფარდება მოკლე მხართან, გამოხატული მიკრონებით და ცენტრომერული ინდექსი C —მოკლე მხარის სიგრძის შეფარდება ქრომოსომის სიგრძესთან გამოხატული პროცენტობით (სურ. 4).

იმავე წელს პეტაუმ (16) საექვოდ მიიჩნია ინდივიდუალური ქრომოსომების იდენტიფიკაციის სინამდვილე მათი რადიონობითი მაჩვენებლების მიხედვით და ქრომოსომების რადიონობრივი დახასიათების ობიექტური ანალიზისათვის შეიმუშავა კარიოგრამირების მეთოდი (სურ. 5). გარდა ამისა, პეტაუმ (16) ადამიანის ქრომოსომები დაყო A -დან G -მდე ჯგუფებად. იგი უარყოფდა ცალკეული ქრომოსომების ჯგუფებში დიფერენციების შესაძლებლობას ($4-5$, $6-X-12$, $16-18$, $19-20$, $21-22$).

1963 წელს ლონდონის კონფერენციაზე (17), რომელიც მიეძღვნა ადამიანის ნორმალური კარიოტიპის თავისებურებების განსაზღვრას, გამოითქვა მოსაზრება, რომ C ($6-X-12$) ჯგუფი წარმოდგენილიყო 2 ქვეჯგუფად. ერთ ქვეჯგუფში



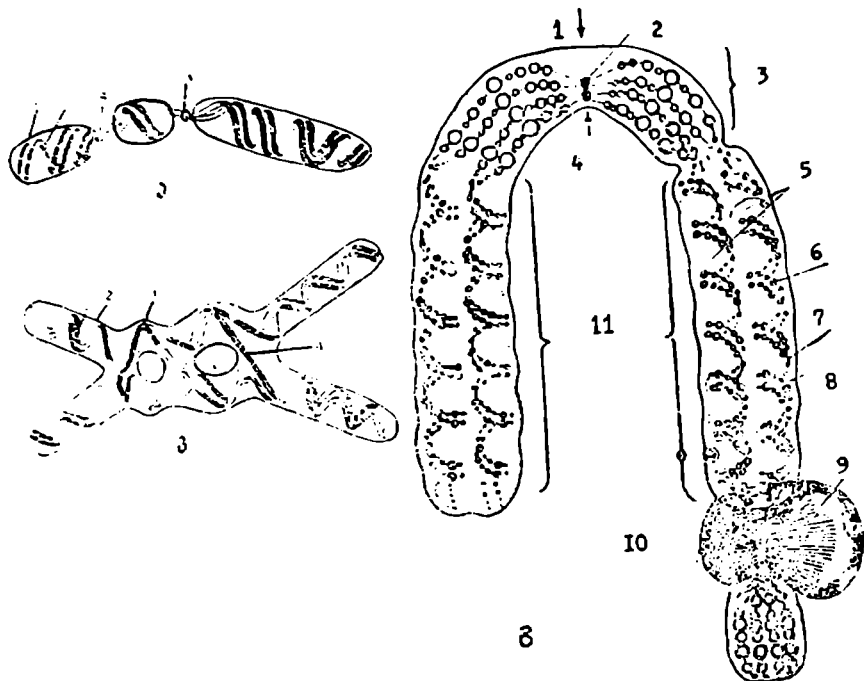
სურ. 4. ადამიანის ქრომოსომათა იდიოგრამა (1 — X—Y—22) (ორიგინალი).



სურ. 5. ადამიანის 28 სხეულისგან შეტანისაგან A(0/00) და C(0/0) პარამეტრებით აგებული კარიოგრამა (პერიფერიული სისხლის ლეიკოციტების კულტურა) (ორიგინალი).

ვანაწილს მე-6, მე-7, მე-8, მე-11 ქრომოსომები—ცენტრომერას უფრო მედი-
ალური ლოკალიზაციით. მეორე ქვეჯგუფში — მე-9, მე-10, მე-12 ქრომოსომები
ცენტრომერას უფრო ტერმინალური ლოკალიზაციით.

აღამიანას ქრომოსომების მორფოლოგიურ ნიშან-თვისებათა ამოსაცნობად
საჭიროა შემდეგი თავისებურებების: სიდიდის, ცენტრომერას ლოკალიზაციის,
მეორეული კიმების ადვილმდებარეობის, ქრომოსომული ინდექსების ცვალება-
ლობისა და სხვათა გათვალისწინება (სურ. 6).



სურ. 6. ქრომოსომის მორფოლოგიის სქემატური გამოსახულება.

ა — ქრომოსომა მ-ტოზურ ანაფაზაში:

1 — ცენტრომერა, 2 — მატრიქსი, 3 — ქრომონემა, 4 — მეორეული კიმი.

ბ — მეიოზური ქრომოსომა დიაკინეზში:

1 — ცენტრომერა, 2 — მატრიქსი, 3 — ქრომონემა, 4 — ქიაზმა.

გ — მ-ტოზური აკროცენტრული ქრომოსომა ბირთვიათურთ:

1 — თოთხარას მათის მიმაგრების წერტილი, 2 — ცენტრომერა, 3 — პეტროქრომა-
ტული მონაკვეთი, 4 — ცინეტოქორი, 5 — ქრომატიდა, 6 — ქრომომერა, 7 — ქრომონემა,
8 — მატრიქსი, 9 — ბირთვიაი, 10 — მეორეული კიმი, 11 — ქრომოსომის ეუქრომატული
რაიონი (ა, ბ, Bartolos, Baramki, 1967, გ — Bargman, 1962).

3. სპირალიზაცია

მიტოზურ სტადიაში, როდესაც ქრომოსომები ნაკლებად კომპაქტურია, შესაძლებელია სპირალური კონფიგურაციის შემჩნევა. სპირალიზაციის ხარისხი ექვემდებარება ფიზიოლოგიურ ცვლილებებს. მეტაფაზური ქრომოსომების უპროპორციო სპირალიზაციამ, რომელიც, ზოგიერთი ავტორის მოსაზრებით (18), კოლხიციანის ზემოქმედებითაა გამოწვეული, შესაძლებელია მნიშვნელოვანი გავლენა მოახდინოს ქრომოსომთა ინდექსების ცვალებადობაზე — უფრო ძლიერად შეკუმშოს გრძელი, ვიდრე მოკლე ქრომოსომები. მკვლევართა მეორე ნაწილი (16, 19) უარყოფს კოლხიციანის ზემოქმედების კავშირს ქრომოსომული ინდექსების ცვალებადობასთან. ვ. გინდილისი წერდა, — „მიტოზში ქრომოსომთა დიფერენციალური შემოკლების ფენომენი დაკავშირებული უნდა იყოს ქრომოსომების ბუნებრივ თავისებურებებთან, როგორც ფიზიკურ-ქიმიურ სტრუქტურასთან, უფრო სწორად, როგორც ფიზიკურ სხეულთან“. ა. პროკოფიევა-ბელგოვსკაიას და ვ. გინდილისის აზრით (20), ადამიანის მიტოზური ქრომოსომების ინდექსების ცვალებადობის ხასიათზე შესაძლებელია გარკვეული გავლენა მოახდინოს ცალკეულ ქრომოსომში ჰეტეროქრომატიული რაიონების არაერთნაირმა სიდიდემ და ლოკალიზაციამ (ცნობილია, რომ ქრომოსომები ფუნქციური თვალსაზრისით შეიცავენ სხვადასხვა მსხვილ რაიონს — ეუქრომატულსა და ჰეტეროქრომატულს).

ოპნუიმ (21) სპეციალური ჰიპოტონიური დამუშავების გამოყენებით (4:2:0,8 ეკვიმოლარული — 0.055 M ხსნარებით KCl, NaNO₃ და CH₃COONa) სისხლის კულტურების მაგალითზე უჩვენა, რომ სხვადასხვა უჯრედის მსგავს ქრომოსომებში სპირალურ ხეიათა რაოდენობა მუდმივია, სპირალის დახვევის მიმართულება შემთხვევითია, ხოლო თითოეული ქრომატიდა სპირალდება როგორც ერთი მთლიანობა, ცენტრომერას რაიონი და მეორეული ქიშხები ლოკალური დესპირალიზაციის უბნებია. ქრომოსომის სპირალიზაციის ციკლი, ისე როგორც თვით სპირალიზაციის ხასიათი, განისაზღვრება სპირალის ხეიათა სიდიდით, მათი რიცხვით, დახვევის მიმართულებით და სხვ., რაც ექვემდებარება მემკვიდრეობითობის კონტროლს და რასაც თან სდევს ქრომოსომული ძაფების აქტიურობის ცვლილებები. დესპირალიზებული ქრომოსომები მაქსიმალურ და სპეციფიკურ მონაწილეობას ლებულობენ უჯრედთა მეტაბოლურ პროცესებში (22). ინტერფაზურ ბირთვში ქრომოსომების უბნების სპირალიზაციას თან სდევს მათი გენეტიკური ინაქტივაცია (ქალებში ერთ-ერთი X-ქრომოსომა ინტერფაზურ ბირთვში სასქესო ქრომატინის წარმოქმნისას სპირალიზებულ მდგომარეობაშია), რომელიც ცნობილია „ჰეტეროქრომატიზაციის“ სახელწოდებით (23, 24).

ციტოლოგიურ და გენეტიკურ გამოკვლევათა მონაცემებით დადგინდა, რომ ქრომოსომებისათვის დამახასიათებელია მნიშვნელოვანი შინაგანი ფუნქციური დიფერენცირება, რაც ცნობილია ჰეტეროქრომატული და ეუქრომატული რაიონების სახელწოდებით (სურ. 6). ასეთი განსაზღვრება, რომელიც პირველად იხმარა ჰეიტცმა (25, 26), წმინდა ციტოლოგიური იყო. ეს ნიშნავს, რომ ჰეტეროქრომატული ეწოდება ისეთ ქრომოსომებს ან ქრომოსომათა რაიონებს, რომლებიც მიტოზური დაყოფის შემდეგ არ განიცდიან დესპირალიზაციას და ინტერფაზურ ბირთვში შედიან სპირალიზებული სახით (ჰეტეროქრომატინის ცალკეული უბნები ხანდახან ერთიანდება და წარმოქმნის ქრომოცენტრებს). ქრომოსომულ რაიონებს, რომლებიც განიცდიან დესპირალიზაციას და ინტერფაზურ ბირთვში წარმოდგენილი არიან სუსტად შეღებილი ძაფისებრი სტრუქტურით, ეწოდება ეუქრომატული. ორივე ქრომოსომული რაიონი იღებება ფელგენის მეთოდით. ეუქრომატული რაიონები შეიცავს ბირთვის გენების მთელ ძირითად კომპლექსს. ეს გენები დიფერენციულად აკონტროლებენ ორგანიზმის ნიშნების განვითარებას. ეუქრომატული რაიონების ქრომოსომული უბნები კონსტიტუირებს ზუსტად, წყვილადობის დაცვით, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ ისინი ბიოქიმიურად მაღალ-დიფერენცირებული არიან; ამ რაიონებიდან უმცირესი ნაწილაკის დაკარგვაც კი დამლუპველია უჯრედისათვის (27).

თანამედროვე ბიოლოგიაში ჰეტეროქრომატინის მნიშვნელობა დაფუძნებულია მაღალგანვითარებულ ორგანიზმებში მის მოკავშირე გენების მოქმედებასთან, განსაკუთრებით განვითარების პერიოდში გენთა მოქმედების ინტეგრაციასთან. ჰეტეროქრომატული რაიონები შედის ქრომოსომათა ცენტრომერასთან ახლომდებარე (ცენტრული ჰეტეროქრომატინი) და დისტალური რაიონების შემადგენლობაში, აგრეთვე ბირთვსაკის ორგანიზატორების რაიონებში (28, 29).

ეუქრომატინი და ჰეტეროქრომატინი მდგომარეობაა და არა ნივთიერება. ამრიგად, ქრომოსომების ყველა რაიონი პოტენციურად ჰეტეროქრომატიზებულად შეიძლება იქცეს (29).

კონსტიტუციური (ძირითადი) ჰეტეროქრომატიზაციისას ორივე ჰომოლოგიური ქრომოსომა (მამისეული და დედისეული) ერთნაირად ვითარდება, ფაკულტეტური ჰეტეროქრომატიზაციისას კი ორივე ჰომოლოგიური ქრომოსომა განსხვავებულია. განვითარების პროცესში ერთი ქრომოსომა ჰეტეროქრომატირდება, ხოლო მეორე ეუქრომატული რჩება. თუ ადამიანს მრავალი X-ქრომოსომა აქვს, მათგან მხოლოდ ერთი X-თაგანია ეუქრომატული, ყველა დანარჩენი კი ჰეტეროქრომატულად იქცევა. ჰეტეროქრომატული რაიონების მნიშვნელოვანი უბნების დაკარგვაც კი არ იწვევს უჯრედის დალუპვას.

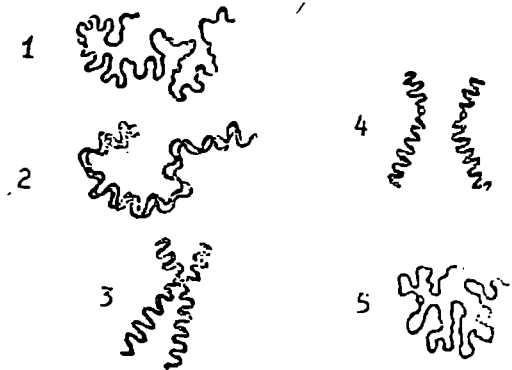
ჰეტეროქრომატულ რაიონებში ქრომონემური ძაფის ბიოქიმიური დიფერენცირება ძალიან დაბალია, რაც გამომდინარეობს ბირთვში მთელი მათი უბნების ერთიმეორესთან კონიუგირების უნარიდან (28). ქრომოსომების ჰეტეროქრომატული რაიონების დიდმნიშვნელოვანი ციტოფიზიოლოგიური როლის შესრულებაზე მეტყველებს მათი მჭიდრო კავშირი ბირთვთან. ჰეტეროქრომატული რაიონები აკონტროლებს რიბოსომული რიბონუკლეინმჟავას (ჩნმ-ის) სინთეზს (30). თუ ეუქრომატულ რაიონებს ნელოვენურად მოვათავსებთ ჰეტეროქრომატული სეგმენტებს გვერდით, მაშინ მათი გენები (ეუქრომატული) დაითრგუნება. თუ ჰეტეროქრომატინის გენს ეუქრომატინში გადავიტანთ, იგი იქაც დაითრგუნება, რადგან გენების აქტივობა იცვლება გადანაცვლების ორივე ტიპის შემთხვევაში. ასეთი ეფექტი გენების თავისთავად გარემოსთან ადაპტაციის ასახვაა (29).

ადამიანის აუტოსომების ალოციკლური სეგმენტები ძირითადად ჰეტეროქრომატიზებულია და შეუძლიათ: 1. წარმოიშვნენ ეუქრომატინისაგან აღრეულ ემბრიონულ სტადიაში; 2. აღრეულ ემბრიონულ მიტოზში ქრომატინების გაყოფის შეფერხებით გამოიწვიონ შესაბამისი ქრომოსომების გაუთიშობა; 3. შეინარჩუნონ ანეუპლოიდია, რაც დამოკიდებულია ჰეტეროქრომატინის შესაბამის გენეტიკურ ინერტულობაზე (31).

5. ქრომოსომათა ნაბიჯი სტრუქტურა

ქრომონემები. ცნობილია, რომ ქრომოსომების მიკროსკოპული აღნაგობის საფუძველია ორი ან ორჯერადი დეზოქსირიბონუკლეოპროტეიდული ძაფების შესატყვისი ქრომონემები, რომლებსაც მიტოზურ ციკლში აქვთ სპირალიზაციისა და დესპირალიზაციის უნარი (სურ. 6, 7).

ყველაზე მინიმალურ სიგრძეს ქრომოსომები აღწევენ გვიანი მეტაფაზის დროს. მაქსიმალურს — ინტერფაზის პერიოდში. ინტერფაზაში ქრომონემები იღებენ ზიგზაგისმაგვარ ფორმას, რასაც სუპერსპირალი ეწოდება. პროფაზის ბოლოს წარმოიშობა ე. წ. სომატური სპირალი. მეტაფაზის პერი-

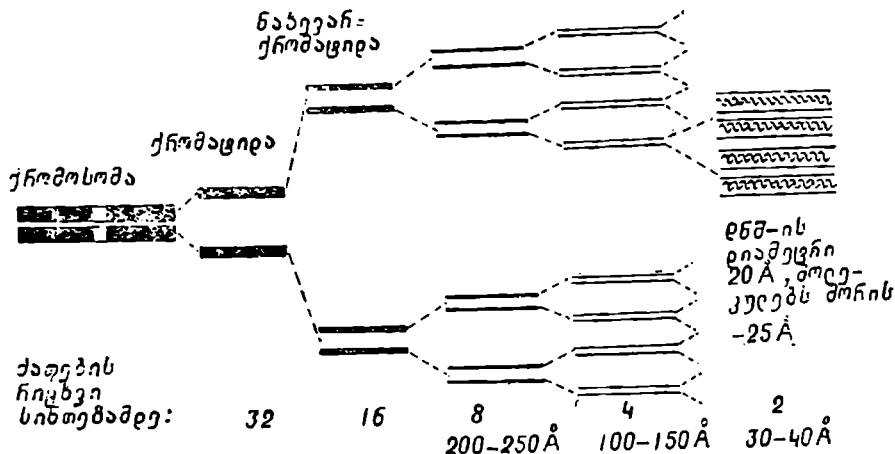


სურ. 7 სომატურ ევრედში ქრომოსომათა სპირალიზაციის ციკლი:

- 1 — ინტერფაზა, 2 — პროფაზა, 3 — მეტაფაზა, 4 — ანაფაზა, 5 — ტელოფაზა (ორიგინალ ი)

ოღმი ხვიათა რიცხვი მკირდება. ხოლო ქრომოსომა იკუმშება და სქელდება. ანაფაზის შემდეგ სომატური სპირალი იშლება და უჯრედის შემდგომ დაყოფამდე ინახება ნარჩენ სპირალად.

ელექტრონულმიკროსკოპული გამოკვლევის თანახმად თითოეული ქრომონემა ფიბრილური აღნაგობისაა და შედგება 8—16 ელემენტარული დეზოქსირიბონუკლეოპროტეიდული ძაფისაგან. რომელთაგან თითოეულს აქვს 100—150 Å დიამეტრი (სურ. 8). ეს ელემენტარული ქრომოსომული ძაფები დეზოქსირი-

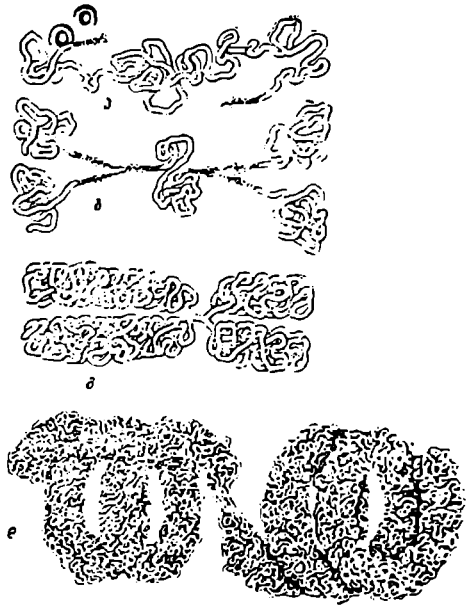


სურ. 8. ქრომოსომის მიკროსკოპული, მოლეკულური და სუბმოლეკულური აღნაგობის სქემატური გამოსახვა (Steffensen, 1959).

ბონუკლეინმეჯავას (დნმ) ერთი (ორი) მოლეკულით უკავშირდებიან ჰისტონურ ცილებს (32). ქრომოსომული ფიბრილების მოლეკულური ორგანიზაციის ხასიათი არ შეიძლება მივიჩნიოთ საბოლოოდ დადგენილად. თუმცა, ქრომოსომის მოდელი, რომელიც ექსპერიმენტულად ადასტურებს მრავალფიბრილურ ბუნებას, ყველა ავტორის მიერ არ არის აღიარებული (33, 34).

შეიძლება ცალკე გამოვეყთ წარმოდგენილი ჰიპოთეზური ქრომოსომის ორი მოდელი. ერთი მოდელი ქრომოსომას განიხილავს ერთძაფოვანი დაკეცილი ბოქკოს ტიპის მიხედვით (35) (სურ. 9), ხოლო მეორე — (36), როგორც მრავალძაფიან სტრუქტურას (სურ. 10).

ქრომომერები. ქრომომერები ეწოდება ქრომოსომათა ქრომატიდულ გამსხვილებებს, რომელთა ზომები იცვლება ქრომოსომული ძაფის გასწვრივ, მათ განლაგებასთან დაკავშირებით. ქრომოსომათა გასწვრივი ფუნქციური დიფერენცირება, ცნობილი გენთა სახელწოდებით, შეესაბამება სტრუქტურულ დიფერენცირებას, რომელიც მიკროსკოპულ დონეზე გამოიხატება ქრომომერული აგებულებით. ქრომომერები ერთიმეორისაგან განსხვავდებიან ზომით, ფორმით, ღნმ-ის შემცველობითა და ქრომოსომაში მდებარეობით: მათ ახასიათებთ მკაფიოდ გამოხატული ინდივიდუალიზმი; ისინი ქრომოსომებსა და მათ ცალკეულ უბნებს ანიჭებენ მუდმივ, განსაზღვრულ სურათს, რომელიც მკვეთრადაა ფიქსირებული მეგკვიდრებაში (27). ქრომომერები შედარებით მკაფიოდ შეიმჩნევა მეიოზის პროფაზაში (პაქინემაში) (სურ. 6, 11).



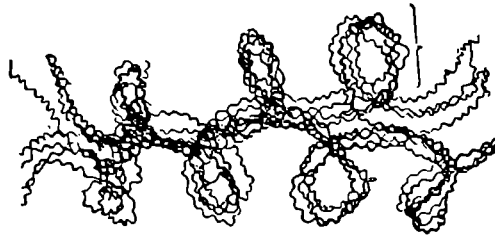
სურ. 9. ქრომოსომის ერთბაფოვანი ჰიპოთეზური მოდელი:

ა — თითოეული ინტერფაზური ქრომატიდული ძაფი შედგება ღნმ-ის მოლეკულისაგან, რომელიც ინარჩუნებს მეორეული სპირალის ფორმას ცილოვანი გარსის შემოხვევის გამო, ბ — ძაფის რეპლიკაცია ხორციელდება თანამდევრობით ორივე ბოლოდან ცენტრისკენ, გ — რეპლიკაციის შემდეგ შეიღეული ძაფები კონდენსირებული ფორმის სახით, დ — ქრომატიდის აგებულების სქემა.

(Du Praw, 1965, 1966).

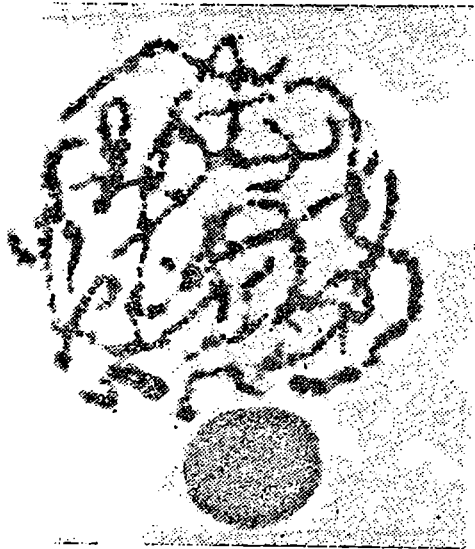
ცენტრომერა. ქრომოსომის იმ არეს, სადაც ერთდება მისი ორი მხარი, პირველადი ჭიმი ეწოდება. ამ უბანზეა ლოკალიზებული ნათელი ზონა—ცენტრომერა (ბერძ. „მეროს“ — ნაწილი). მისი ფუნქცია დაკავშირებულია ქრომოსომების მოძრაობასთან მიტოზისა და მეიოზის დროს. ქრომოსომის

ცენტრომერას მოკლებული უბანი—აცენტრული ფრაგმენტი, პირველივე მიტოზის დროს პასიური რჩება, არ ჩაერთვის შეიღეულ ბირთვებში და რეზორბციას განიცდის ციტოპლაზმაში. ამის შესაბამისად, ამჟამად განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ცენტრომერას აღნაგობისა და მოქმედების შესწავლას. რო-

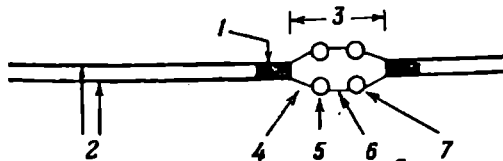


სურ. 10. ქრომოსომის მოდელი მიტოზის ადრეულ პროფაზაში.
 ხაზით გამოყოფილია ქრომატიდა, რომელიც შედგება 4 სუბერთეულისაგან
 (Ris, 1961).

გორც ვარაუდობენ (37), იგი შედგება სამი ორმაგი ზონისაგან (სურ. 12). შუა ზონა უზრუნველყოფს ქრომოსომის კავშირს თითისტარასთან. აგრეთვე დადგენილია, რომ ცენტრომერული უბანი შეიცავს ქრომონემებს 2—3 წყველი ქრომომერიით (38). მსგავსი სურათი შეინიშნება ადამიანის ქრომოსომებზეც (სურ. 13).

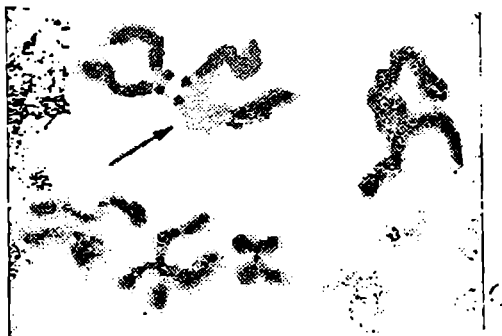


სურ. 11. უკრელი პაქიტენაში (Freccaro et al, 1968).



სურ. 12. ცენტრომერას ორგანიზაციის სქემატური გამოსახულება:
 1 — მხარის რაიონი თავისებური გაყოფის ციკლით; 2 — შეილებული ქრომატიდები; 3 — ცენტრომერა; 4 — გარეთა არე; 5 — შუა არე; 6 — შიდა არე; 7 — ცენტრალური ქრომომერა (Робертс Э. и др., 1962).

ადამიანის ლიმფოციტების ქრომოსომათა გამოკვლევისას, ლაკსმა და ბლიტმანმა (39), (1967) დაასკენეს, რომ „ცენტრომერას უბანი“ — ცენტრომერასთან მდებარე ქრომოსომების რაიონები — ზოგიერთ უჯრედში წარმოდგენილია ნათელი, მკვეთრად შემოსაზღვრული მრგვალი უბნებით. ჯერმანის (40) ცნობებში აღნიშნული იყო, რომ სომატური ქროსინგოვერის დროს ქრომოსომათა შენაცვლების უბნებში ქრომატინი წააგავს ნივთიერებას, რომელიც ცენტრომერას იდენტურია. აგრეთვე ვარაუდობენ (39), რომ ადამიანის ქრომოსომების აკროცენტრულ ასოციაციებში ცენტრომერა განსაკუთრებულ როლს ასრულებს. დღეისათვის ცენტრომერას ზუსტი ფუნქცია და სტრუქტურა ჯერ კიდევ მთლიანად არ არის შესწავლილი.



სურ. 1 . ცენტრომერას მორფოლოგია ადამიანის მეტაფაზურ ქრომოსომაში.
 ისრით ნაჩვენებია ცენტრომერა (მარცხნივ)
 (აპონევროზის ფიბრობლასტების კულტურა) ობ. 100X, ოკ. 6, 3X (ორიგინალი).

მეორეული ჰიპოთეზები. ინდივიდუალური ან ჰომოლოგიური ქრომოსომების იდენტიფიკაციისათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს მეორეული ჰიპოთეზების ლოკალიზაციის გამოჩვენებას — როგორც ქრომოსომული მარკირების გამომსახველს.

ქრომოსომათა მეორეულ ჰიპოთეზად წოდებული სპეციფიკური დესპირალიზებული უბნები, პირველადისაგან (ცენტრომერულისაგან) განსხვავებით, მიუთითებენ ქრომოსომათა (როგორც წესი, მცირე ზომის) იმ უბნებზე, რომლებიც ქრომოსომის ძირითად სხეულთან შედარებით ნაკლებ ინტენსიურად არიან შეღებულნი. მეორეული ჰიპოთეზები მონაწილეობს ბირთვების ფორმირებაში (41). (1961) და მეტაფაზურ ქრომოსომებში გამოყვანდება შერჩევით — 20⁰“-ში (42).

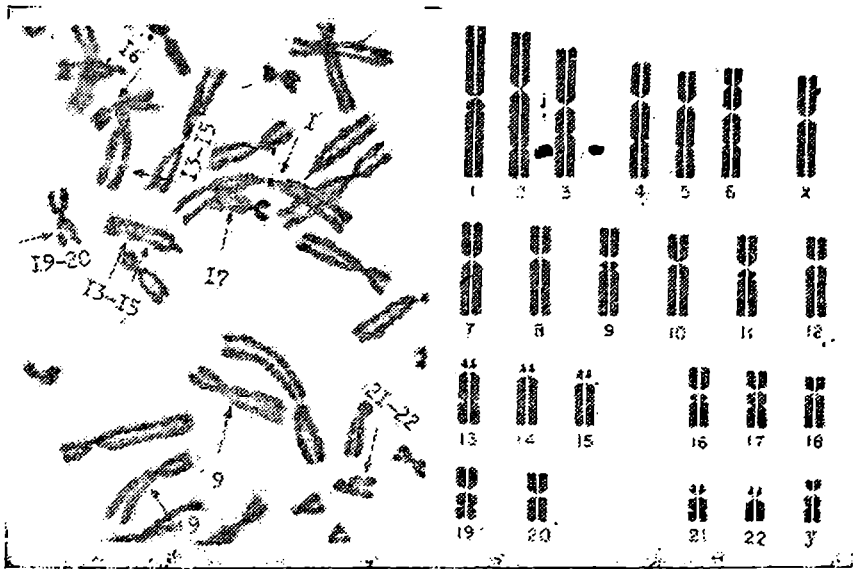
მეორეული ჰიპოთეზის შესასწავლი გამოკვლევები ფართოდ გაიშალა დენვერის კონფერენციის შემდეგ (15). პირველ რიგში ცნობილი გახდა (43), (1961), რომ C (6—X—12) ჯგუფის ქრომოსომათაგან ერთ-ერთის გრძელი მხარის სუბცენტრომერული არე შეიცავს მეორეულ ჰიპოთეზას.

საკესელამ და მერხედამა (44) 1-ელი, მე-9; მე-16 და მე-4—5 ქრომოსომების გრძელი მხარის სუბმედიალურ უბანში, აგრეთვე მე-13—15 და 21-ე, 22-ე თანამგზავრიან ქრომოსომების მოკლე მხარეზე აღნიშნეს „ქეშმარიტი“ მეორეული ჰიპოთეზის ლოკალიზაცია. საკვერცხეების პოლიციტოზური გადაგვარების დროს პერიფერიული სისხლის ლეიკოციტების კულტურებში (45), D ჯგუფის აკროცენტრული ქრომოსომების გრძელ მხარეებზე (გრძელი მხარის პროქსიმალურ, დისტალურ და ერთდროულად ორივე ამ არეში) 29,7% მეტაფაზებში, აღმოაჩინეს მეორეული ჰიპოთეზები.

ცალკეული მეორეული ჰიპოთეზები D და G ჯგუფის აკროცენტრული ქრომოსომების გრძელ მხარეებზე ჯანმრთელი ადამიანების სისხლის კულტურებში აღნიშნული იყო მრავალი მკვლევარის მიერ (42, 44, 45, 46, 47).

მეორეული ჰიპოთეზის ლოკალიზაცია აღინიშნებოდა აგრეთვე 1-ელი, მე-9, მე-11, მე-16 ქრომოსომების გრძელი მხარის სუბცენტრომერულ ზონაში, მე-6, 21-ე, მე-16 ქრომოსომების გრძელი მხარის დისტალურ არეში და მე-17 ქრომოსომების გრძელი მხარის დისტალურ არეში (სურ. 14). პერიფერიული სისხლის ლეიკოციტების კულტურებში მეორეული ჰიპოთეზები უფრო ხშირად ვლინდება ქრომოსომების 1-ელ და მე-9 წყვილებზე, შედარებით იშვიათად — მე-2, მე-4, მე-6, მე-11, მე-13, მე-16 და ძალიან იშვიათად მე-3, მე-5, მე-17, მე-19 და 21-ე ქრომოსომებზე (48). საკესელამ და მაკინომ (49), (1963) დაადგინეს, რომ კანის კულტურებში მეორეული ჰიპოთეზები შერჩევით მკვლევანდება კალციუმისაგან თავისუფალ საკვებ არეში.

ჯანმრთელი ადამიანების სისხლის კულტურაში ქრომოსომათა გვიანრეპლიცირებული უბნების გამოკვლევისას შემდგმა (50) აჩვენა, რომ მრავალ შემთხვე-

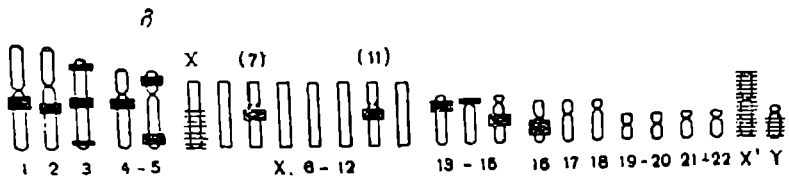
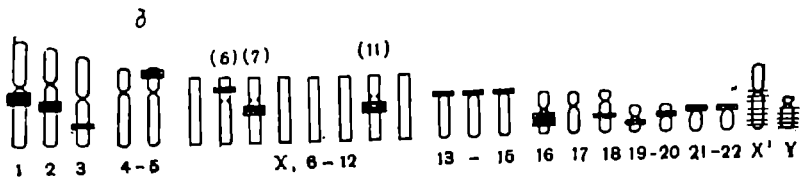
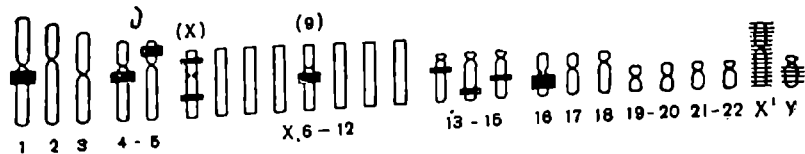


სურ. 14. მეორეული კიმების ლოკალიზაცია:

- ა — ადამიანის სხედასხვა ქრომოსომაზე მეორეული კიმების ლოკალიზაცია (პერიფერიული სისხლის ლეიკოციტების კულტურა). ობ. 100X. ოკ. 6, 3 X (ორიგინალი);
 ბ — ადამიანის ქრომოსომებზე მეორეული კიმების ლოკალიზაციის სქემატური გამოსახულება (Ferguson-Smith. 1962).

ვაში ისინი შეესაბამება მეორეული კიმების რაიონებს. ასეთი რაიონები აღინიშნება 1-ელი ქრომოსომის გრძელი მხარის პროქსიმალურ ნაწილში, მე-2 ქრომოსომის-გრძელი მხარის მედიალურ ნაწილში, მე-4 და მე-5 ქრომოსომის გრძელი მხარის დისტალურ უბნებზე, მე-7 (?) ქრომოსომის გრძელი მხარის პროქსიმალურ ნაწილში მე-13—15 წყვილის ერთ-ერთი ქრომოსომის გრძელი მხარის შუა ნაწილში და მე-16 ქრომოსომის გრძელ მხარში (სურ. 15).

თანამგავარები. კლასიკურ შემთხვევებში ადამიანის თითოეული 10 აკროცენტრული ქრომოსომის (მე-13, მე-14, მე-15. 21-ე, 22-ე წყვილების) მოკლე მხარი წარმოქმნილია სამი უბნისაგან: უშუალოდ ცენტრომერულ რაიონთან მდებარე მოკლე სეგმენტისაგან, ძაფისაგან, რომელიც მოკლე მხარის მეორეული კიმია,



სურ. 15. ადამიანის ქრომოსომებზე მეორეული ჭიმებისა და გვიან რეპლიცირებული რაიონების ლოკალიზაციის სქემატური გამოსახვა:
 ა—მეორეული ჭიმების ლოკალიზაცია მეტაფაზურ ქრომოსომებზე;
 ბ — მეორეული ჭიმების ლოკალიზაცია Ca-ის გარეშე საკვებ არეში მიღებულ მეტაფაზურ ქრომოსომებზე;
 გ—ღმშ-ის რეპლიკაციის ბოლო სტადიაზე H³-თიმიდინით დანიშნული მეტაფაზური ქრომოსომები (Schmid, 1963).

და პატარა კომპაქტური სხეულაკის — თანამგზავრისაგან, რომელიც შეიცავს აკროცენტრული ქრომოსომის მოკლე მხარის ტელომერულ უბანს.

გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ ასეთი აღნაგობა დამახასიათებელია ათივე აკროცენტრული ქრომოსომისათვის (41, 45, 51, 52).

დენვერის კონფერენციის (15) შემდეგ განსაკუთრებით ინტენსიურად წარიმართა მორფოლოგიის, კერძოდ, აკროცენტრული ქრომოსომების მოკლე მხარის მორფოლოგიის შესწავლა. მრავალ სუბიექტში აღმოაჩინეს ე. წ. გიგანტური თანამგზავრები, რომლებიც უთამომავლობაში მენდელის კანონზომიერების შესაბამისად გადადიოდნენ. ადამიანის სომატური უჯრედების მეტაფაზებში ზოგი-

ერთი ავტორი (53) აკროცენტრული ქრომოსომების თანამგზავრებს ყოფდა დიდ (მე-13 წყვილი), საშუალო (მე-14, მე-15 წყვილი) და მცირე სიდიდის (21-ე, 22-ე წყვილები) თანამგზავრებად. ა. პროკოფიევა-ბელგოვსკიას აზრით (1965) თანამგზავრის სიდიდე და მისი ძაფის სიგრძის ვარიაციები დაკავშირებულია ქრომონემების სპირალიზაციის ცვლილებებთან, აქედან გამომდინარე მის მოქმედებასთანაც (54).

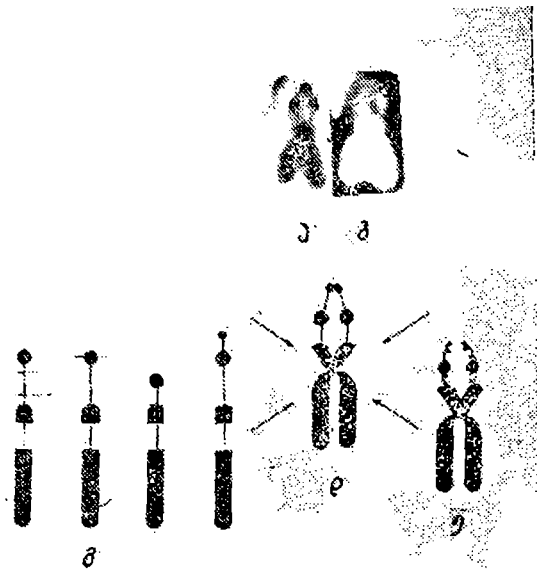
პერიფერიული სისხლის ლეიკოციტების მეტაფაზებში, როგორც პათოლოგიის, ისე ნორმის პირობებში, D და G ჯგუფის აკროცენტრულ ქრომოსომებზე აღმოჩნდა დუბლიცირებული (გაორმაგებული) თანამგზავრები, ე. ი. ყოველ თანამგზავრულ ძაფზე განლაგებული იყო ორ-ორი თანამგზავრი: უფრო მომსხო — პროქსიმალური და მცირე — დისტალური (45, 55, 56, 57, 58).

აკროცენტრულ ქრომოსომებზე ორმაგი თანამგზავრების წარმოქმნა შეიძლება სამნაირად განვმარტოთ (45). ეს ან დისტალურ მხარზე გაგრძელებული „კლასიკური ტიპის“ თანამგზავრული ძაფის გასქელებული ნაწილის ნაწილობრივი დესპირალიზაციის შედეგია ან ასეთი თანამგზავრები წარმოიქმნება რეციპროკული ტრანსლოკაციის გზით (სურ. 16), ანდა, ისინი შეიძლება წარმოიქმნას თანამგზავრული რაიონის დუბლიკაციის შედეგად. როგორც ამას ვარაუდობენ ჰამერთონი და მისი კოლეგები (58).

D და G ჯგუფის თანამგზავრის შემცველი ქრომოსომების მოკლე მხრების მორფოლოგიის ანალიზის დროს, როგორც ნორმის, ისე პათოლოგიის შემთხვევებში, აღმოჩენილია თანამგზავრთა სხვადასხვა სტრუქტურული ვარიანტი (45, 47). კონფიგურაციათა შესაბამისად მათ ეწოდა: „პუფისებრი“, „რგოლისებრი“, „შერწყმული“ და „სფეროსებრი“ (სურ. 17). ჯანმრთელ ადამიანებში ადრე-აღწერილი იყო აკროცენტრული ქრომოსომები „კლასიკური“ და „ულვაშა“ ტიპის თანამგზავრებით (59).

თანამგზავრთა მორფოლოგიის შესაბამისად, აკროცენტრული ქრომოსომები შეიძლება დაიყოს სამ ჯგუფად (45). ამ ჯგუფებში შემავალი ქრომოსომების დახასიათების კრიტერიუმად გამოყენებული იყო ქრომატიდის თანამგზავრებს შორის კავშირის ფორმები (სურ. 17). პირველ ჯგუფში გაერთიანებულია აკროცენტრული ქრომოსომები, ჩამოუყალიბებელი თანამგზავრებით; მეორეში — ისეთი აკროცენტრული ქრომოსომები, რომელთა ქრომატიდულ თანამგზავრებს შორის კავშირი არ არსებობს; მესამე ჯგუფში გაერთიანებულია აკროცენტრული ქრომოსომები, რომელთა ქრომატიდული თანამგზავრები ან დაახლოებულია, ან ერთმანეთს ეხება, ანდა ერთმანეთთანაა შერწყმული.

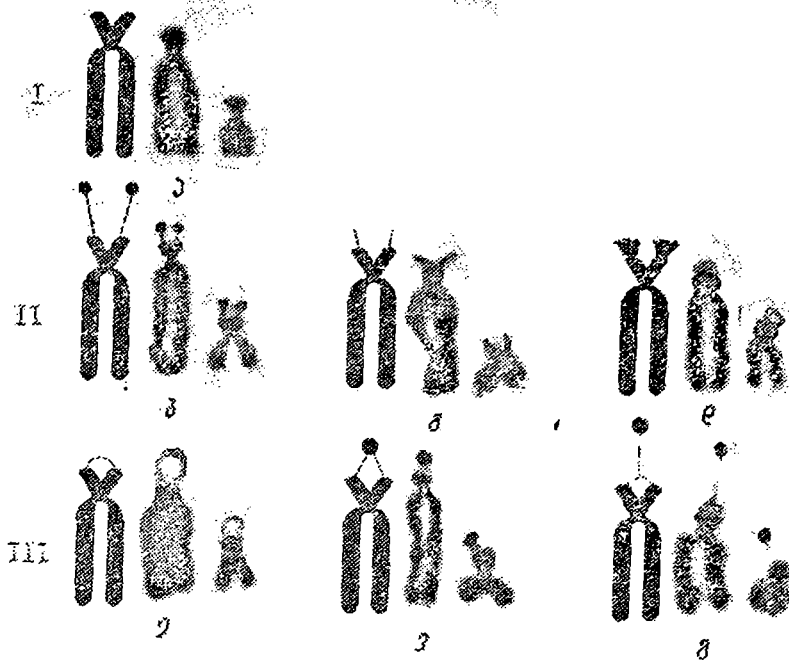
ცნობილია, რომ ინდივიდუუმებს შორის თანამგზავრები რაოდენობისა და სიგრძის მიხედვით განიციდან ვარიაციას (45, 60).



სურ. 16. გაორმაგებული თანამგზავრების ლოკალიზაცია G ჯგუფის აკროცენტრულ ქრომოსომებზე:
 ა — G ჯგუფის აკროცენტრული ქრომოსომის მიკროფტოგრაფია. ბ — ამავე ქრომოსომის მიკროფტოგრაფია ბნელ ველში; გ — გაორმაგებული თანამგზავრების წარმოშობის სქემა რეციპროკული ტრანსლოკაციის შედეგად; დ — გაორმაგებული თანამგზავრების სქემატური გამოსახულება; ე — თანამგზავრების ძაფების დესპირალიზაციის შედეგად გაორმაგებული თანამგზავრების წარმოშობის სქემა (პოლიციტოზურად გადაგვარებული საკვერცხეების მქონე ავადმყოფის პერიფერიული სისხლის ლეიკოციტების კულტურა).
 ობ. 10X, ოკ. 6.3X (Текчава Т. А., 1966).

ფორდმა და ვალენმა (60) ცხადყვეს, რომ D ჯგუფის ქრომოსომების თანამგზავრთა რაოდენობრივი თანათარღობა G ჯგუფის ქრომოსომების თანამგზავრთა რაოდენობის მიმართ თითოეული ინდივიდისათვის მკაცრად სპეციფიკურია.

ერგმანის (61), (1969) გამოკვლევებში ეს მეთოდური ხერხი გამოყენებულია ტყუპ-წყვილების დასადგენად, რადგან მონოზიგოტურ ტყუპებს აღნიშნული თანათარღობა (D და G ჯგუფის თანამგზავრთა შეფარდება) ძირითადად უცვლელი აღმოაჩნდათ, მაშინ, როცა დიზიგოტურ ტყუპებში იგი ცვალებადი მაჩვენებლით გამოიხატა.



სურ. 17. აკროცენტრულ ქრომოსომათა კლასიფიკაცია თანამგზავრების ფორმის მიხედვით: ა — თანამგზავრო; ბ — „კლასიკური“; გ — „ელვაშა“; დ — „ფაშარი“; ე — „ბექლი-აბრი“; ე — „შერწყმული“; ზ — „სფეროსებრი“; (პერიფერიული სისხლის ლეიოციტების კულტურა). ობ. 100X. ოკ. 6.3X (Лижавა Т. А., 1966).

ტელომერა. ქრომოსომების ბოლო უბნები წარმოდგენილია სპეციალური სტრუქტურით — ტელომერით (ბერძ. „ტელო“ — შორს).

თუ ქრომოსომას დავაზიანებთ მაიონიზებელი რადიაციით, მაშინ მისი ცალკეული ფრაგმენტები კვლავ შეერთდებიან, მაგრამ ქრომოსომის თავისუფალი ბოლო ტელომერით კარგავს შეერთების უნარს. შეიძლება ვიფიქროთ (37), რომ ტელომერებს ახასიათებთ გარკვეული პოლარობა, რაც ხელს უშლის მათთან ქრომოსომების სხვა უბნების შეერთებას. რიგი მეცნიერების მიერ ტელომერები წარმოდგენილია რვა მდე ქრომომერით (62).

მატრიქსი. მრავალ ნაშრომში მატრიქსს უწოდებენ აქრომატულ ნივთიერებას, რომელიც გარს ერტყმის ქრომატინს მიტოზში (სურ. 6). მატრიქსი შეიცავს **დნმ**-ს და, როგორც ჩანს, წარმოიქმნება ქრომოსომების აქტიურობის პროდუქტისაგან, რომელიც გროვდება ქრომოსომების ზედაპირზე მათი სპირალიზაციის დროს (27). აგრეთვე ვარაუდობენ, რომ მატრიქსად შესაძლებელია ჩაითვალოს ბირთვაცის ნივთიერებაც, რომელიც ქრომოსომებს შვილელ უჯრედებში გადააქვს, ამასთანავე, ეს ნივთიერება მკიდროდაა მოთავსებული ქრომონემების ძაფებს შორის.

8. პრომოსომების ძირითადი შედგენილობა

ქრომოსომების შედგენილობაში შედის **დნმ**, **რნმ**, ფუძოვანი ცილები (პისტონები ან პროტამინები), ცილები, რომელთაც არა აქვთ ფუძე ხასიათი და ლიპიდები. მინერალური კომპონენტებიდან ყველაზე უფრო დიდი რაოდენობით გვხვდება Ca^{++} -ისა და Mg^{++} -ის იონები (64).

დნმ-ის მოლეკულები შედგება ელემენტარულა ერთეულების—ნუკლეოტიდებისაგან, რომლებიც გაერთიანებულია გრძელ პოლინუკლეოტიდურ ჯაჭვში; ასეთი ჯაჭვი მოლეკულაში ორია. ნუკლეოტიდი შეიცავს ერთ მოლეკულა ხუთნახშირბადიან შაქარს — დეზოქსირიბოზას, ერთ აზოტოვან ფუძეს — პურინს (რომლის შედგენილობაში შედის ადენინი (ა) და გუანინი (გ) ან პირიმიდინს (რომელიც შეიცავს ციტოზინს (ც) და თიმინს(თ), აგრეთვე ფოსფორმეჯავას მოლეკულის ნარჩენებს. დეზოქსირიბოზას კომბინაციას აზოტოვან ფუძესთან ნუკლეოტიდის ფარგლებში ეწოდება ნუკლეოზიდი. **დნმ**-ის თითოეული მოლეკულა, როგორც აღნიშნული იყო, შედგება ორი გრძელი პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვისაგან, წარმოქმნის ცენტრალური ლერძის ირგვლივ დახვეულ ორმაგ სპირალს (65). სპირალები დაკავშირებულია წყალბადოვანი კავშირებით, რომლებიც წარმოიქმნებიან სხვადასხვა ჯაჭვის ფუძეებს შორის. პურინოვან ფუძეებს შეუძლიათ მხოლოდ პირიმიდინოვან ფუძეებთან დაკავშირება; ა და თ წარმოქმნის ორ წყალბადოვან კავშირს, ც და გ კა — სამს. ერთ ჯაჭვში ფუძეების თანმიმდევრობა განაპირობებს მის მიმართ ზუსტად კომპლემენტარულ მათ თანმიმდევრობას მეორეში (სურ. 18).

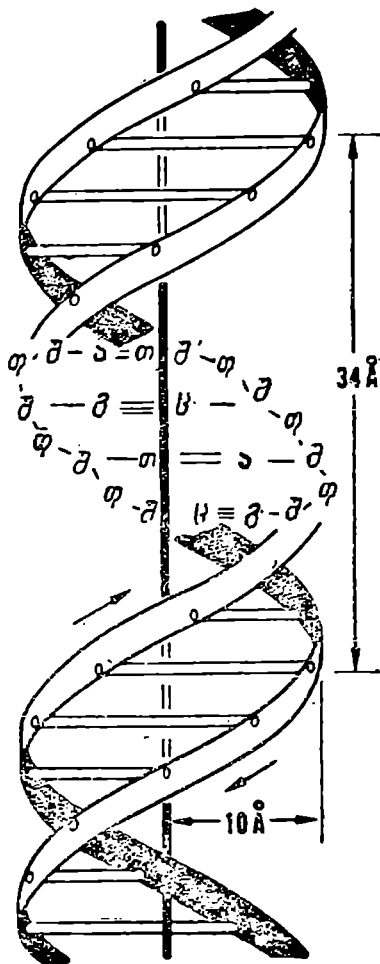
დნმ-ის მოლეკულის მონაკვეთი ნუკლეოტიდების ფიქსირებული თანმიმდევრობით, რომელიც კონტროლს უწევს ერთი სპეციფიკური ცილის სინთეზს, განიხილება როგორც გენი (66, 67).

რნმ-ის პირველადი სტრუქტურა **დნმ**-ის სტრუქტურის მსგავსია და განსხვავდება მისგან ბმით. რომ დეზოქსირიბოზის ნაცვლად შეიცავს რიბოზას, ხოლო

თიმილის ნაცვლად — ურაცილს. რნმ გენეტიკური ინფორმაციის გადამტანია დნმ-იდან ცილაზე. რნმ-ის მოლეკულები ერთსპირალიანი სტრუქტურებია. არსებობს მოლეკულური წონითა და სხვა თვისებებით განსხვავებული რნმ-ის სამი ტიპი: ინფორმაციული, რიბოსომული და სატრანსპორტო. ქრომოსომების შედგენილობაში შედის ინფორმაციული რნმ და ფორმირებადი ბირთვული რიბოსომების რნმ (68).

სომატური უჯრედების ქრომოსომებში ფუძე ცილები წარმოდგენილია ჰისტონებით, ზოგიერთი ცხოველის სპერმაში კაპროტამინებით(69). როგორც წესი, ფუძე ცილების შემცველობა დნმ-ის შემცველობის პროპორციულია, რომელთანაც ისინი მჭიდროდ არიან დაკავშირებული. ჰისტონებს დიდი მნიშვნელობა აქვს ქრომოსომების სტრუქტურული ორგანიზაციისა და ფუნქციონირებისათვის. ქრომოსომაში ჰისტონების რაოდენობის შეცვლა, როგორც ჩანს, გავლენას ახდენს მისი სპირალიზაციის ხასიათზე და, მაშასადამე, ფუნქციონირებაზეც (64). ჰისტონები პირდაპირ მოქმედებს გენების მუშაობის რეგულაციაზე (67). ქრომოსომების რედუქციაციათვისა ჰისტონების სინთეზი თანხვედრა დნმ-ის სინთეზს (70). ჰისტონებს ახასიათებს ამინომჟავების თითქმის სრული კრებული, პროტამინები კა გალარიბებული ამინომჟავური შედგენილობისაა (64).

ჰისტონების გარდა, ქრომოსომები შეიცავს არაჰისტონურ მჟავე ცილას, რომელიც, თავის მხრივ, ტრიფტოფანის შემცველია (71), (1961). საერთოდ, ქრომოსომების ცილოვანი შედგენილობა ჯერ არ არის საკმარისად გარკვეული.



სურ. 18. დნმ-ის მოდელის სქემატური გამოსახვა (Watson Krick, 1953).

ქრომოსომების შემადგენლობაში 3⁰ი ლიპიდებია (72). მათი როლი აერჯობით უცნობია.

აუტოსომური და სასქესო ქრომოსომები

ადამიანის ქრომოსომების ნომენკლატურა, რომელიც შეიმუშავეს დენვერისა (15) და ლონდონის (17) კონფერენციებზე, სადღეისოდ ძირითადი პროგრამაა ქრომოსომების იდენტიფიკაციისა და კარიოგრამირებისათვის. ჩიკაგოს კონფერენციაზე (73). (1966) მიიღეს ნორმალური და პათოლოგიური ქრომოსომული კომპლექსების აღნიშვნის სისტემა. ადამიანის ცალკეული ქრომოსომის ან ქრომოსომათა ჯგუფების ამოსაცნობი კრიტერიუმების გამოყენებისას შესაძლებელია ცალკეული ქრომოსომის შემდეგი სახით წარმოდგენა:

A ჯგუფი (1—3). დიდი ზომის ქრომოსომები, ერთმანეთისაგან განსხვავდება ზომითა და ცენტრომერას მდებარეობით. 1-ელ და მე-3 ქრომოსომებში ცენტრომერები ლოკალიზებულია მედიალურ ზონაში (მეტაცენტრული ქრომოსომები); მე-2 ქრომოსომაში კი—სუბმედიალურ ზონაში (სუბმეტაცენტრული ქრომოსომა). 1-ელი ქრომოსომის ერთ-ერთ მხარეში სუბცენტრომერულ რაიონში ხშირად შეიმჩნევა მეორეული ჰიმი.

B ჯგუფი (4—5). დიდი ზომის ქრომოსომები, სუბმედიალური ცენტრომერების მდებარეობით (სუბმეტაცენტრული ქრომოსომები). ამ წყვილების ქრომოსომათა სარწმუნო იდენტიფიკაცია ზომების ან სხვა მორფოლოგიური ნიშნების მიხედვით შეუძლებელია. ავტორადიოგრაფიის საშუალებით შეიძლება ქრომოსომების მე-4 წყვილის გარჩევა მე-5 წყვილისაგან.

C ჯგუფი (6—X—12). ეს ჯგუფი შეიცავს საშუალო ზომის სუბმეტაცენტრულ ქრომოსომებს. მათგან მე-6, X, მე-7, მე-8 და მე-11 შედარებით მეტაცენტრულია, ხოლო მე-9, მე-10, და მე-12 — სუბმეტაცენტრული. ამ ჯგუფის ქრომოსომების იდენტიფიკაცია ძნელად ხერხდება. ხშირად მე-9 და მე-11 ქრომოსომებს გრძელ მხარეში ცენტრომერას მახლობლად და მე-6 ქრომოსომას მოკლე მხარის მედიალურ უბანში აქვს მეორეული ჰიმები.

D ჯგუფი (13—15). საშუალო ზომის აკროცენტრული ქრომოსომები ცენტრომერას ტერმინალური მდებარეობით. ამ ჯგუფის ყველა ქრომოსომას ახასიათებს თანამგზავრების არსებობა. ეს ქრომოსომები მორფოლოგიურად ერთმანეთისაგან არ განსხვავდება. გრძელ მხარეზე შეიმჩნევა მეორეული ჰიმები. ქრომოსომების ეს სამი წყვილი ნიშანდებული ატომების ჩართვის მიხედვით შეიძლება ერთმანეთისაგან განვასხვაოთ.

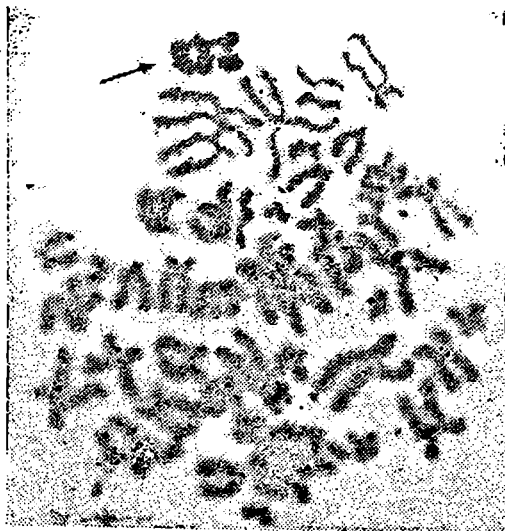
E ჯგუფი (16, 17—18). პატარა ზომის ქრომოსომები, მე-16 ქრომოსომაში ცენტრომერა შედარებით მედიალურად მდებარეობს, მე-17 და მე-18 ქრომოსო-

მეშვი კ — სუბმედიალურად. მე-16 და მე-17 ქრომოსომები გრძელ მხარში ხშირად შეიცავს მეორეულ ჰიმს.

F ჯგუფი (19 — 20). პატარა ზომის მეტაცენტრული ქრომოსომებია, მათი სარწმუნო იდენტიფიკაცია შეუძლებელია. ქრომოსომების ერთ-ერთი წყვილი შეიცავს ერთი მხარის მედიალურ ნაწილში მეორეულ ჰიმს.

G ჯგუფი (21—22). მოკლე აკროცენტრული ქრომოსომები თითქმის ტერმინალურად ლოკალიზებული ცენტრომერით. ყველა მათგანს შეიძლება ახლდეს თანამგზავრები. ქრომოსომების ამ წყვილების გარჩევა შეიძლება ავტორადიოგრაფიის გამოყენებით. ერთ-ერთ წყვილს (21-ე?) გრძელი მხარის მედიალურ ზონაში ხშირად ემჩნევა მეორეული ჰიმი.

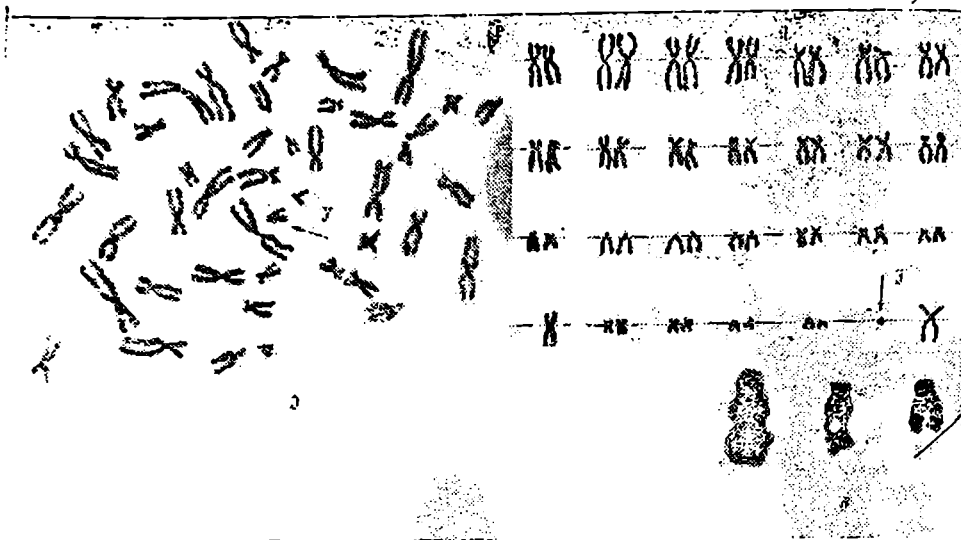
X-ქრომოსომები. X-ქრომოსომების იდენტიფიკაცია გაძნელებულია. რადგან მორფოლოგიურად ისინი ემსგავსებიან C(6—X—12) ჯგუფის აუტოსომებს. ერთ-ერთი X-ქრომოსომა მდებრობით ინტერფაზურ ბირთვებში წარმოქმნის სასქესო ქრომატინს. იგი ალოცკლური ქრომოსომაა და რეპლიტირებს გვიან S-პერიოდში (სურ. 19). ჩვეულებრივ გვიანრეპლიტირებული X-ქრომოსომა მეორე X-ქრომოსომაზე მოკლეა. ასევე განსხვავებულია ამ X-ქრომოსომების



სურ. 19. ფიქსაციაზე 3 საათით აღრე H^3 -თიმიდინით დანიშნული მეტაფაზა. ისრით ნაჩვენებია გვიან რეპლიტირებული X-ქრომოსომა (ქალის პერიფერიული სისხლის ლეიკოციტების კულტურა).
ობ. 100X. ოკ. 6,3X (ორიგინალი).

ფენქციებიც. უკანასკნელი წლების გამოკვლევებში (74) ნაჩვენები იყო, რომ არა ალიციკლური X-ქრომოსომა და მე-6 წყვილის აუტოსომური ქრომოსომები ყველაზე გრძელია 6—X—12 ჭვეფში. ნაჩვენები იყო აგრეთვე, რომ გვიანრეპლიცირებული X-ქრომოსომა ზომით შეიძლება შეესაბამებოდეს მეშვიდედან მეთექვსმეტე ქრომოსომებს. ეს ფაქტი დადასტურდა სხვა გამოკვლევებშიც (75). შემთხვევათა 75%-ში გვიანრეპლიცირებული X-ქრომოსომა თავსდება უჯრედის პერიფერიასზე.

Y-ქრომოსომა. ჩვეულებრივ Y-ქრომოსომა (სურ. 20) ზომით ნაკლებად განსხვავდება პატარა აკროცენტრული ქრომოსომებისაგან. მისი სიგრძე ცვალებად



სურ. 20. სხვადასხვა ზომის მქონე Y-ქრომოსომები:

- ა — ისრით ნაჩვენებია ნორმალური სიდიდის Y-ქრომოსომა (პერიფერიული სისხლის ლეიკოციტების კულტურა). იხ. 102X, რკ. 6,3X (ორჯონალი).
- ბ — შემეტრებული ზომის Y-ქრომოსომა.
- გ — დიდი ზომის Y-ქრომოსომა (Freccar, Lindslen, 1964).

დობს ინდივიდების მიხედვით. ფენოტიპურად ნორმალურ მამაკაცებში, ისევე როგორც თანდაყოლად სხვადასხვა სასქესო დარღვევის მქონე მამაკაცებში, შეიძლება წარმოიქმნას უჩვეულოდ გრძელი Y-ქრომოსომა, რომელიც ზოგჯერ აღწევს

D ჯგუფის (13—15) აუტოსომური ქრომოსომების სიგრძეს (76). ჩვეულებრივ, გრძელ Y-ქრომოსომას აქვს იგივე მორფოლოგია, რაც ნორმალურს, გრძელი მხარის მედიალურ ნაწილში კარგად გამოხატული მეორეული ჭიმით. ნიშანდებული ატომების ჩანაცვლების რაოდენობა გრძელ Y-ქრომოსომაში იგივეა, რაც ნორმალურში (77). ცენოტიპურად ნორმალურ და არანორმალურ მამაკაცებში ზოგჯერ შეინიშნება აგრეთვე უჩვეულოდ პატარა და დელეცირებული Y-ქრომოსომები (78), (სურ. 20).

ზოგიერთ მკვლევარს (78) მიაჩნია, რომ მამაკაცის სტატუსის განმსაზღვრელი გენი ან გენები შეიძლება განლაგებული იყოს Y-ქრომოსომის მოკლე მხარეში, გრძელი მხარის გენები კი არ არის დაკავშირებული მამრობითი ინდივიდის განვითარებასთან.

Y-ქრომოსომას აქვს პეტეროქრომატული ბუნება. გვიან რეპლიცირებს და მეტაფაზებში ძირითადად თავსდება პერიფერიაზე (68%). დამახასიათებელი მორფოლოგიური ნიშნების მიხედვით იგი ადვილად გამოირჩევა პატარა აქროცენტრული ქრომოსომებისაგან. განმასხვავებელი კრიტერიუმები შემდეგია:

1. Y-ქრომოსომაზე პირველადი ცენტრომერული ჭიმი არ არის მკაფიოდ გამოხატული;
2. პატარა აქროცენტრულ ქრომოსომებთან (21—22) შედარებით Y-ქრომოსომას მოკლე მხრები აქვს;
3. Y-ქრომოსომა გამოხატულია უფრო პარალელური გრძელი მხრებით; მათზე მედიალურ უბნებში შეიმჩნევა მეორეული ჭიმი;
4. ასოციაციებში არ მონაწილეობს (იშვიათი გამონაკლისის გარდა);
5. არ ახლავს თანამგზავრები.

8. სასქესო ქრომატინი

ადამიანის სომატური დიპლოიდური უჯრედის ინტერფაზურ ბირთვშია სხვადასხვა სახის ქრომოცენტრები; ერთ-ერთი ასეთი პეტეროპოკნოზური სტრუქტურაა ე. წ. სასქესო ქრომატინი, ბარის სხეულაკა. რომელიც მხოლოდ ქალების სომატურ უჯრედებში შეიძლება იყოს წარმოუყენილა. სასქესო ქრომატინის პრობლემა არა მარტო თეორიული გენეტიკას, არამედ პრაქტიკული მედიცინისათვისაც დიდ ინტერესს იწვევს.

სასქესო ქრომატინი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ტესტი ადამიანის სქესის განსასაზღვრავად.

1949 წელს ბარმა და ბერტრამმა (79) კატის მოტორული ნეირონების ინტერფაზურ ბირთვებში აღმოაჩინეს კარგად გამოხატული ქრომატინული მასა. ბირთვის გარსთან ლოკალიზებული ეს სხეულაკა, რომელსაც „ბირთვული სატელიტი“

ეწოდება. შეიმჩნეოდა მხოლოდ დედალი კატის სომატურ უჯრედებში, მამალი კატის უჯრედები მას არ შეიცავდნენ. უფრო მოგვიანებით „ბირთვული სატელიტი“ აღინიშნა ტერმინით — „სასქესო ქრომატინი“ (80), (სურ. 21). სასქესო ქრომატინის არსებობა დამტკიცდა მდებარებითი სქესის ძუძუმწოვართა და ადამიანების სხვადასხვა ქსოვილში (81).



სურ. 21. ჯანმრთელი ქალის პოის ღრუს ეპითელიუმის უჯრედები (იხროთ ნაჩვენებია ბირთვის ვაზსთან ლოკალიზებული სასქესო ქრომატინი).
ოზ. 100X. იკ. 6.3X (ორი-გინალი)

სასქესო ქრომატინის ფორმა და მდებარეობა ზოგ შემთხვევაში იცვლება ერთსა და იმავე უჯრედში მათი ფუნქციური მდგომარეობის მიხედვით.

სასქესო ქრომატინის სხეული შედგება დნმ-ისაგან. რაზეც მეტყველებს ბირთვული საღებავებით მისი შეღებვის უნარი. დნმ-ის რაოდენობა საესებით მდგრადაა (82). სასქესო ქრომატინი შეიცავს რნმ-საც (83).

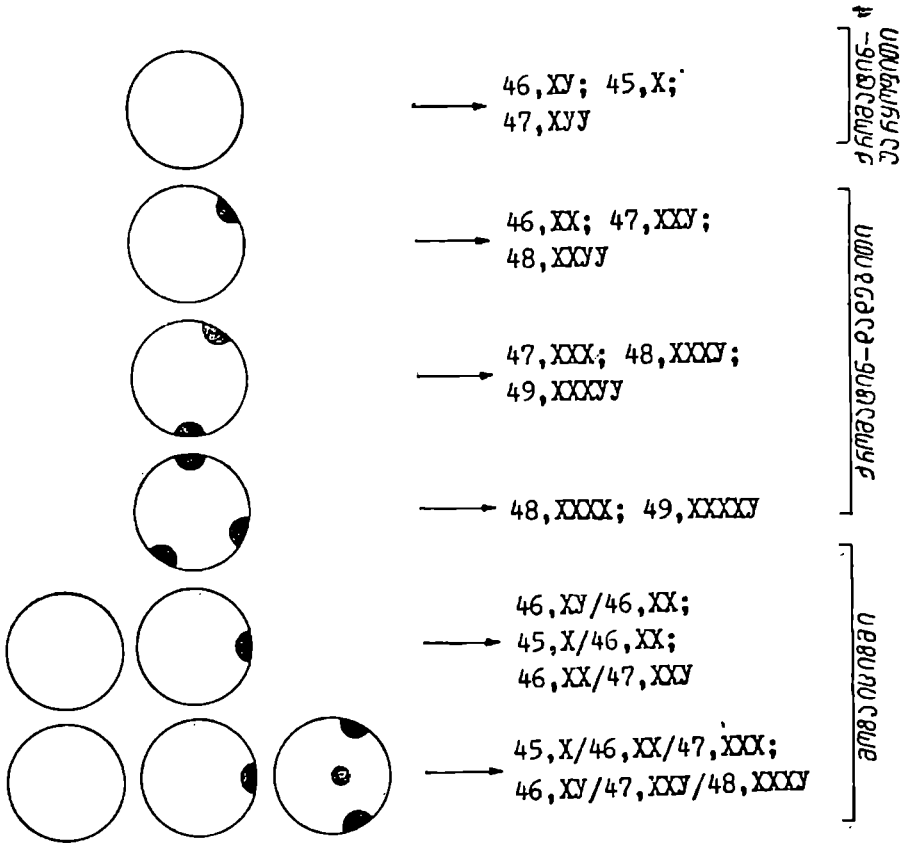
სასქესო ქრომატინიანი ბირთვების გამოვლენის სიხშირე ყველა ასაკს (1-დან 86 წლამდე) ქალებში შეადგენს 8—10—79%—ს (75, 84, 85, 86, 87).

სადღეისოდ დადგენილია, რომ სასქესო ქრომატინის სხეულსა წარმოიშობა ერთი გვიან რედუპლიცირებული X-ქრომოსომისაგან. არსებობს მუდმივი რიცხობრივი კავშირი სასქესო ქრომატინის მაქსიმალურ რაოდენობასა და ბირთვში მყოფ X-ქრომოსომის მაქსიმალურ რიცხვს შორის. ინტერფაზურ ბირთვში სასქესო ქრომატინი X-ქრომოსომასთან შედარებით ერთით ნაკლებია (სურ. 22). ბოლო წლების ნაშრომების საფუძველზე (88, 89) შესაძლებელი გახდა გტარებულყოფი კორელაცია, ერთი მხრივ, სასქესო ქრომატინის ზომასა და X-ქრომოსომებს შორის და, მეორე მხრივ, ქალის სიმაღლესა და სასქესო ქრომატინის სიდი-

დეს შორის (სურ. 23). იმ შემთხვევებში, როდესაც ქრომოსომულ კომპლექსში ერთი დიდი ქრომოსომა (იზოქრომოსომა) გრძელი მხარის მიმართ, სასქესო ქრომატინი ჩვეულებრივ სიდიდესთან შედარებით, გაცილებით დიდი ზომით გამოირჩევა, და პირიქით (89, 90) მოკლე მხარით გაპირობებული იზოქრომოსომის, ანდა გრძელი მხარის დელეციით წარმოქმნილი ქრომოსომის ზომის შემცირების შესაბამისად სასქესო ქრომატინის ზომაც მცირდება (სურ. 24). მსგავსი სურათი მეორდება „დოლის ჯოხების“ მიმართაც პერიფერიუ-

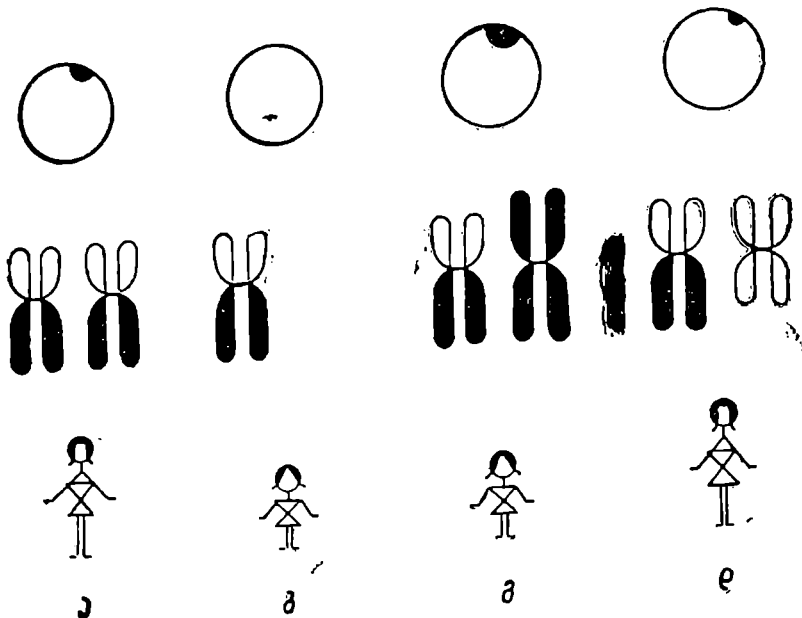
სასქესო ქრომატინი

სასქესო ქრომოსომათა
ნაქრები



სურ. 22. სასქესო ქრომატინისა და სასქესო ქრომოსომების ურთიერთშეფარდების სქემატური გამოხატულება (ორიგინალი).

ლი სისხლის ლეიკოციტების მაგალითზე. გრძელი მხარის საფუძველზე წარმოქმნილი იზოქრომოსომების მტარებელი უჯრედებიანი ქალები გამოირჩევიან სიღაბლით (ემსგავსებიან შერეულესკა-ტერინერის კლასიკურ ფორმას). მოკლე მხარით წარ-



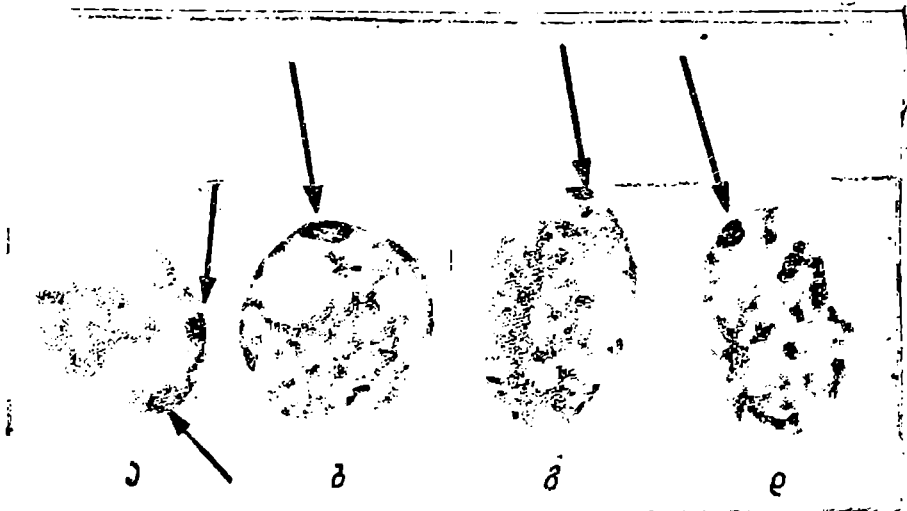
სურ. 23. ასქესო ქრომატინის სიდიდესა და ქალის სიმაღლეს შორის თანაფარდობის სქემატური გამოხატულება:

ა — ნორმალური სიმაღლის ქალი ნორმალური ზომის სასქესო ქრომატინით; ბ — დაბალი ქალი (მერეშვესკი-ტერნერას სინდრომი) უქრომატინო უჯრედებით; გ — დაბალი ქალი (გონადური დისგენეზია, იზო X-ქრომოსომა გრძელი მხარით) დიდი ზომის სასქესო ქრომატინით; დ — ნორმალური სიმაღლის ქალი (გონადური დისგენეზია, იზო X-ქრომოსომა მოკლე მხარით) მცირე ზომის სასქესო ქრომატინით (Zuppinger et al., 1965).

მოქმნილი იზოქრომოსომის მტარებელი უჯრედებიანი ინდივიდები (ქალები) ნორმალური სიმაღლის არიან.

გეიტლერმა (91) მწერების ციტოგენეტიკის შესწავლისას შეამჩნია, რომ ინტერფაზურ ბირთვში X-ქრომოსომა ჰეტეროპიკნოზირდება და წარმოქმნის მკაფიო ქრომატინულ მასას.

ღროზოფილებზე ჩატარებული მუშაობის შედეგად ა. პროკოფიევა-ბელგოვსკაიამ (23, 24) გამოთქვა ჰიპოთეზა, რომ ინტერკინეზურ ბირთვებში აქტიურად მოქმედი ქრომოსომული უბნების ჰეტეროპიკნოზურ მდგომარეობაში გადასვლა იწვევს მოცემულ ჰეტეროქრომატულ უბნებში არსებულ გენთა ინაქტივაციას,



სურ. 24. ბირთვები სხვადასხვა რაოდენობისა და ზომის სასქესო ქრომატინით: ა — ბირთვი ორი სასქესო ქრომატინით; ბ — ბირთვი გადიდებული ზომის სასქესო ქრომატინით; გ — ბირთვი შემცირებული ზომის სასქესო ქრომატინით; დ — ბირთვი ნორმალური ზომის სასქესო ქრომატინით.

გვ. (Куримова E. A., 1970).

ეს მექანიზმი მეორედ აღწერა მერი ლაიონმა 1962 წელს (92). შემდეგში ის ცნობილი გახდა როგორც ლაიონიზაციის პროცესი. ჰიპოთეზა ჩამოყალიბებულია შემდეგნაირად: 1. სომატური უჯრედების ბირთვში პეტეროქრომატული X-ქრომოსომა გენეტიკურად ინაქტივირებულია; 2. სხვადასხვა სომატურ უჯრედში X-ქრომოსომის ინაქტივაცია შემთხვევითი ხასიათისა — ინაქტივირება მამისეული ან დედისეული წარმოშობის ქრომოსომა; 3. ინაქტივაცია მიმდინარეობს ემბრიონული განვითარების ადრეულ სტადიაში.

ეს ჰიპოთეზა დაბტკაცდა ციტოგენეტიკური, ბიოქიმიური და გენეტიკური გამოკვლევებით (93, 94, 95, 96, 97).

სასქესო ქრომატინმა, როგორც სადიაგნოსტიკო ტესტმა, მნიშვნელოვანი ადგილი დაიმკვიდრა ადამიანის ე. წ. ქრომოსომულ დაავადებათა შემთხვევებში. სასქესო ქრომატინიან უჯრედთა შესწავლით განისაზღვრებოდა ანომალიების სინშირე გონებრივად ჩამორჩენილ (98) და სხვადასხვაგვარი სქესობრივი დარღვევების მქონე პირებში (85, 98, 99, 100).

ქალბში, ქრომატინ-უარყოფითი უჯრედული ბირთვები შერეშეესკვა-ტერ-ნერის სინდრომის შემთხვევაში პირველად აღწერეს 1954 წელს (101, 102). შემდეგ დანონმა და პოლანიმ (103, 104) შერეშეესკვა-ტერნერის სინდრომთან დაკავშირებული მრავალრიცხოვანი ანომალიების მქონე ზოგიერთ ავადმყოფში აღმოაჩინეს სასქესო ქრომატინის შემცველი ბირთვების დაბალი სიხშირე და ივარაუდეს, რომ ამ შემთხვევებში აღინიშნებოდა სასქესო ქრომოსომების მიხედვით მოზაიკური უჯრედების არსებობა.

სასქესო ქრომატინიან უჯრედთა დაბალი სიხშირე აღმოჩენილი იყო აგრეთვე შტეინ-ლევენტალის სინდრომის ზოგიერთი ფორმის (105, 106, 107, 108) შემთხვევაში.

ბოჩკოვმა თანაავტორებთან (109) ერთად დაადგინა, რომ სასქესო ქრომატინთან დაკავშირებული ანომალიები მკვდრადშობილ ბავშვებში შეადგენს 2,7%-ს, ხოლო დაბადების შემდეგ გარდაცვლილებში — 1,9%-ს. მაკლინისა და მისი თანაავტორების (110), (1964) მონაცემებით, ახალშობილ ბიჭებში ქრომატინდადებითი სქესის სიხშირე შეესაბამებოდა 0,19%-ს, ახალშობილ გოგონებში ორი სასქესო ქრომატინიან უჯრედთა სიხშირე განისაზღვრებოდა 0,12%-ით, სასქესო ქრომატინიანი უჯრედები აღინიშნებოდა 0,04%-ში.

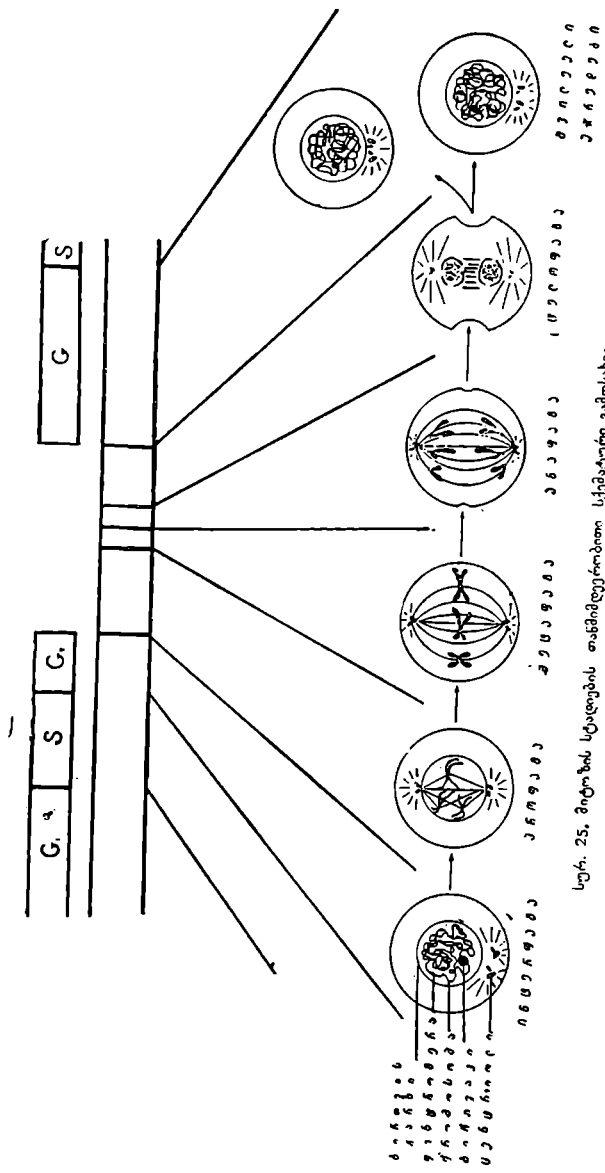
სასქესო ქრომატინის დიაგნოსტიკური მნიშვნელობა ვლინდება აგრეთვე სიმსივნეების ანალიზის დროს (111), პლაცენტურ ქსოვილებში (112) და სასამართლო მედიცინაში (113).

9. ღაფფის მიტოზური სიკლი

ცოცხალი ორგანიზმი ვითარდება მის შემადგენლობაში შემავალი უჯრედების გამრავლების საფუძველზე. უჯრედების გამრავლების ციკლი მდგომარეობს ყველა მათი შემადგენელი ნაწილის გაორმაგებაში, რის შედეგადაც ხდება დაყოფა, რომლის პროცესში ეს შემადგენელი ნაწილები თანაბრად ნაწილდება შვილელ უჯრედებს შორის.

მრავალუჯრედოვან ორგანიზმებში დაყოფის ყველაზე უფრო გავრცელებული და ტიპური ფორმაა მიტოზური ციკლი, რომელსაც ორ ძირითად პერიოდად ყოფენ: დაყოფისათვის მზადების პერიოდი-ინტერფაზა და ბირთვისა და ციტოპლაზმის დაყოფის პერიოდი-მიტოზი (სურ. 25).

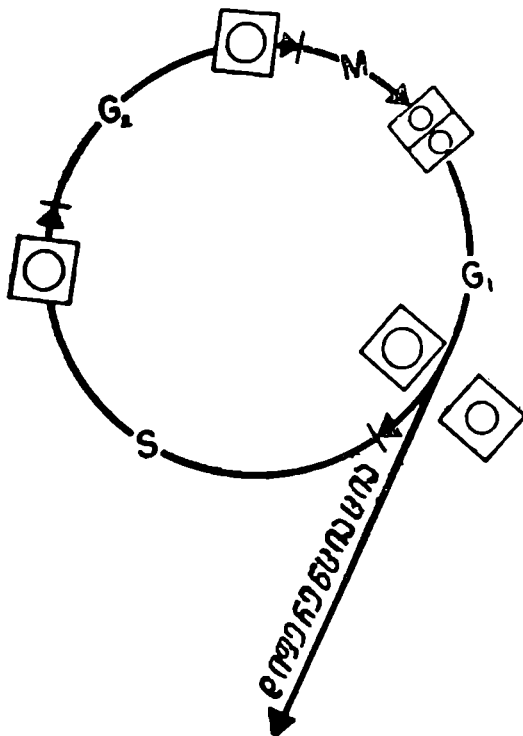
ინტერფაზა (აღამიანის ქრომოსომათა რეპლიკაცია). ინტერფაზის პერიოდში მიმდინარეობს ენერგიით მდიდარი ნაერთების სინთეზი და მაქრომოლეკულური ნაერთების (დნდ, რნმ და ცილები) გაორმაგება. დადგენილია, რომ ქრომოსომის რეპროდუქციის შესახებ ინფორმაციის მიღება შეიძლება დნმ-ის რეპლი-



სურ. 25. მიტოზის სტადიების თანმიმდევრული სქემატური გამოსახვა.

კაცის შესწავლით, რადგან დნმ-ისა და ქრომოსომის ცილოვანი კომპონენტის რეპლიკაცია თითქმის ერთდროულად მიმდინარეობს.

- ქრომოსომის რეპროდუქციის გამოკვლევისათვის საჭიროა უჩრედული ციკლის ხანგრძლივობის ცოდნა. ინტერფაზა შეიცავს პრესინთეზურ ფაზას — G_1 (სინთეზური პროცესებისათვის მოსამზადებელი პერიოდი); სინთეზურ პერიოდს — S (ამ პერიოდში მიმდინარეობს ქრომოსომის რეპროდუქცია) და პოსტსინთეზურ ფაზას G_2 (უჩრედის მომზადების პერიოდი მიტოზში შესასვლელად) (სურ. 26).

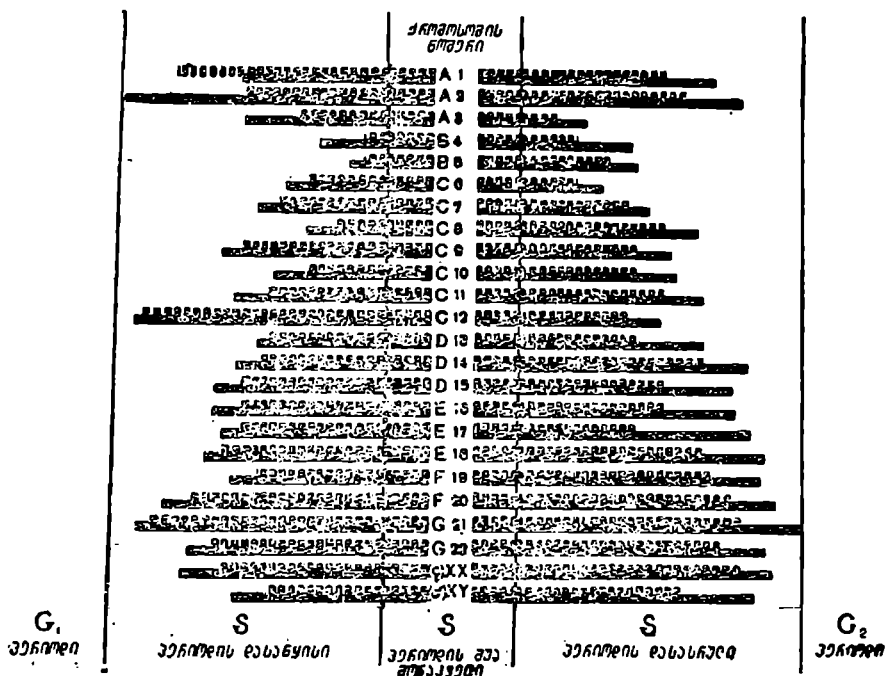


სურ. 26. მიტოზური ციკლის ამსახველი დიაგრამა:

M — მიტოზი; G_1 -დნმ-ის სინთეზის წინა პერიოდი; S — დნმ-ის სინთეზის პერიოდი; G_2 —დნმ-ის სინთეზის შემდგომი პერიოდი. რიგ შემთხვევებში უჩრედი ტოვებს მიტოზურ ციკლს და იწყებს დიფერენცირებას (Bartoloz, Baramki, 1967).

ამ პერიოდების ხანგრძლივობა ცვალებადობს უზრეველი სისტემების ჰეტეროგენულობასა და ქსოვილოვანი კულტურების სახესხვაობებთან დაკავშირებით. პერიფერიული სისხლის ლეიკოციტებში G_1 შეესაბამება 2—4 საათს, S პერიოდი —7,6—9,6 საათს და G_2 პერიოდი განისაზღვრება 2,6—3,5 საათით (27, 115). პერიოდების ხანგრძლივობა სხვა ქსოვილოვანი კულტურებისათვის მითითებულია სხვა ავტორთა შრომებში (27, 116, 117).

უჯანსკნელი წლების მრავალრიცხოვანი მონაცემები (27, 115, 117, 118) შესაძლებლობას გვაძლევს (სურ. 27) ვიმსჯელოთ ცალკეული ქრომოსომის რეპროდუქციის თავისებურებებზე. ქრომოსომების რეპროდუქციის თანმიმდევრობა განხილულია ა. პროკოფიევა-ბელგოვსკაიას (27) მონაცემების მიხედვით.



სურ. 27. ღმწ-ის სინთეზის დაწყებისა და დამთავრების პერიოდები ადამიანის ქრომოსომებში (Kikushi, Sanberg, 1964).

1-ელი ქრომოსომა. ტელომერული რაიონები და ორივე მხრის მნიშვნელოვანი ნაწილი რეპლიკაციას ადრე ამთავრებს. უფრო გვიან რეპლიცირებს ერთ-ერთი მხრის (კრძელი მხრის) პროქსიმალური რაიონი და ცენტრომერული რაიონები. პერიოდის დასასრულს 1-ელ ქრომოსომაში ყველაზე „ცხელი“ უბანია, როგორც ჩანს. მეორეული ჰიმის რაიონი.

მე-2 ქრომოსომა. რეპლიკაციას ამთავრებს 1-ელ ქრომოსომაზე გაცილებით გვიან. ტელომერული რაიონები რეპლიკაციას ამთავრებს უფრო ადრე, შედარებით გვიან რეპლიცირებს მონაკვეთები, რომლებიც მდებარეობენ ორივე მხარეში, ცენტრომერასთან. S პერიოდის დასასრულს ამ ქრომოსომას უკვე აღარ აქვს ე. წ. „ცხელი“ უბნები.

მე-3 ქრომოსომა. შედარებით გვიან რეპლიკანტებს მიეკუთვნება. ყველაზე ადრე რეპროდუქციას ტელომერული რაიონები ამთავრებს. შედარებით გვიან რეპლიცირებს ცენტრომერული რაიონი.

მე-4—5 ქრომოსომები. ამ ჯგუფის ქრომოსომები მორფოლოგიური ნიშნებისა და რაოდენობრივი მაჩვენებლების მიხედვით ერთმანეთისაგან არ განსხვავდება. ქრომოსომების ორივე წყვილი მიეკუთვნება გვიან რეპლიკანტებს და განსხვავდება დნმ-ის სინთეზის დამთავრების დროით: ორი ქრომოსომის გრძელ მხრებში ეს პროცესი უკვე მთავრდება მაშინ, როცა დანარჩენ ორში იგი ინტენსიურად მიმდინარეობს ქრომოსომის მთელი სიგრძის გასწვრივ. პირობითაც გვიანი რეპლიკანტი აღინიშნება როგორც მე-4 ქრომოსომა და ადრეული — როგორც მე-5 ქრომოსომა. მე-4—5 ქრომოსომების მოკლე მხრები რეპლიკაციას გვიან ამთავრებენ.

მე-6—12 ქრომოსომები. ამ ჯგუფის ქრომოსომებს არა აქვს დანიშნვის სპეციფიკური, განსხვავებული თავისებურებანი. S პერიოდის ბოლოს მე-6 ქრომოსომაში H^3 თიმიდინის ინტენსიური ჩართვა შეინიშნება ცენტრომერულ რაიონში.

მე-13—15 ქრომოსომები. ქრომოსომების ეს სამი წყვილი არ განსხვავდება ერთმანეთისაგან მორფოლოგიურად და რაოდენობრივი მაჩვენებლების მიხედვით. ამ ჯგუფის ორი ქრომოსომა შედარებით უფრო მოკლეა და ამიტომ აღნიშნულია როგორც მე-15 ქრომოსომები (D_2), რომლებიც ქრომოსომული ნაკრების უფრო ადრეული რეპლიკანტების ჯგუფს განეკუთვნებიან. ორი ქრომოსომა განეკუთვნება შედარებით გვიანი რეპლიკანტების ჯგუფს, ისინი აღინიშნებიან როგორც მე-13 ქრომოსომები (D_1), მე-14 ქრომოსომას (D_2) რეპროდუქციის დროის მიხედვით შუალედი მდგომარეობა უჭირავს (სურ. 28). აღნიშნულია, რომ ორ ქრომოსომაში, რომლებიც გვიან რეპლიცირებენ, S პერიოდის ბოლოს „ცხელი“ მონაკვეთია გრძელი მხრის დისტალური ნახევარი, მაშინ როდესაც (D_2) ქრომოსომაში ასეთი მონაკვეთი მოკლე მხარი და ცენტრომერული რაიონია. სხვა მონაცემე-



სურ. 28. აკროცენტრულ ქრომოსომათა იდენტიფიკაცია H^2 -თიმიდინის დმნ-ის სინთეზის ბოლოს ჩართვის მეშვეობით: ა — მეტაფაზა H^2 -თიმიდინით დანიშნული ქრომოსომებით (აკროცენტრული ქრომოსომები შემოხაზულია), H^2 -თიმიდინით დანიშნულ ბ — აკროცენტრულ ქრომოსომათა სქემატური გამოსახვა. (პერიფერიული სისხლის ლეიკოციტების კულტურა). ობ. 100X. ოკ. 6.3 X (ორიგინალი).

ბისუთანახმად, უფრო ხშირად ყველაზე გვიან რეპლიცირებული მონაკვეთი ამ ქრომოსომების გრძელი მხრის შუა ნაწილია.

მე-16 ქრომოსომა. ამ ქრომოსომის რეპროდუქციის თავისებურებათა შესახებ ურთიერთსაწინააღმდეგო მონაცემებია. როგორც წესი, მას არ მიაკუთვნებენ გვიან რეპლაკანტებს.

მე-17 ქრომოსომა მიეკუთვნება ქრომოსომებს, რომლებიც ადრე ამთავრებენ რეპლიკაციას.

მე-18 ქრომოსომა გვიან რეპლიცირებული ქრომოსომაა.

მე-19—20 ქრომოსომები. ქრომოსომების ორივე წყვილი ძალიან ადრე ამთავრებს რეპროდუქციას და არ განსხვავდება ერთმანეთისაგან H^3 — თიმიდინის ჩართვის სურათის მიხედვით.

21—22-ე ქრომოსომები. ამ ჯგუფის ქრომოსომების ორივე წყვილი მორფოლოგიური და რაოდენობრივი მახვენებლებით ერთმანეთისაგან არ განსხვავდება. ორივე წყვილი განეკუთვნება ადრეულ რეპლიკანტებს, მაგრამ მათ ასხვავებენ რეპროდუქციის პროცესის დამთავრების დროის მიხედვით.

ორ ქრომოსომაში ეს პროცესი მთავრდება შესამჩნევად უფრო ადრე, ვიდრე დანარჩენ ორში. არ არსებობს ერთიანი აზრი იმის შესახებ, რომელი მათგანი ჩაითვალოს 21-ე ქრომოსომად და რომელი 22. მონგოლიზმის შემთხვევებში ტრისომიის შესახებ მონაცემები გვიჩვენებს, რომ G ჯგუფში ეს დარღვევები დაკავშირებულია „ცხელ“ შედარებით უფრო გვიან რეპლიცირებულ ქრომოსომასთან.

მიტოზი (სურ. 25).

პროფაზა. ქრომოსომები, რომლებიც პროფაზის ბირთვშია სივრცეში თანაბრად განაწილებული, თანდათანობით უახლოვდებიან ბირთვის გარსს. ამ დროისათვის თითოეული ქრომოსომა შედგება ორი გასწვრივად განლაგებული ძაფისაგან, რომლებიც ინტერფაზაში ქრომოსომათა რედუბლიკაციის შედეგია. შემდგომში ქრომოსომები თანდათან სპირალიზდება და შეღებვის უნარს იძენს. ადრეულ პროფაზაში რედუბლიცირებული ცენტრიოლები მიგრირებს პოლუსებისკენ. თითოეული ცენტრიოლი, რომელიც განსაზღვრავს მიტოზური აპარატის პოლუსს, ხდება ვარსკვლავისებრი ფორმის, რომლის სხივები ცენტრიოლებს შორის ქმნის წვრილი ძაფების კონას — თითისტარას. თითისტარას შექმნის პროცესში ერთ შემთხვევაში წარმოიქმნება ე.წ. ცენტრალური თითისტარა (უწყვეტი ძაფების სახით), რომლის საშუალებით პოლუსები უკავშირდება ურთიერთს, ხოლო მეორე შემთხვევაში — ე.წ. ქრომოსომული თითისტარა, რომელიც აკავშირებს ქრომოსომის ცენტრომერას პოლუსებთან. პროფაზის ბოლოს ბირთვის გარსი იშლება, აღინიშნება ბირთვაკის გაქრება.

მეტაფაზა. ქრომოსომები მაქსიმალურად მოკლდება, განიცდის გადანაცვლებას, განლაგდება ეკვატორულ სიბრტყეში თითისტარა ძაფების პერპენდიკულარულად. უკრედების დაყოფის ეს სტადია ყველაზე უფრო ხელსაყრელია სომატური ქრომოსომების გამოსაკვლივად. მეტაფაზიდან ანაფაზაში გადასვლისას იწყება შეიღებულ ქრომატიდთა გათიშვა.

ანაფაზა. ამ პერიოდში შეიღებულ ცენტრომერები სცილდება ურთიერთს და ქრომოსომის ქრომატიდები მიემართება მოპირდაპირე პოლუსებისაკენ. მოცემული სტადიიდან შეიღებულ ქრომატიდებს ეწოდება შეიღებულ ქრომოსომები.

ტელოფაზა. ტელოფაზაში ქრომოსომები აღწევს პოლუსებს, ხდება ნაკლებად კომპაქტური, განიცდის დესპირალიზაციას. ხდება შეიღეული ბირთვების გარსების რეკონსტრუქცია, შეიქმნება ბირთვაკა. ბირთვაკას მასალა სინთეზირდება ქრომოსომების მიერ. ციტოპლაზმაში ხდება ციტოკინეზი — ციტოპლაზმის გაყოფა.

მიტოზური ინდექსი

1. მიტოზური ინდექსი განისაზღვრება იმ პრეპარატებიდან, რომელთა მეტაფაზები არ შეიცავს დარღვეულ ქრომოსომებს.
2. სარკვევი პრეპარატი უნდა შეიცავდეს ქსოვილოვან კულტურაში არსებულ ყველა სახის უჯრედს.
3. უნდა განისაზღვროს მინიმუმი 1000 უჯრედი.
4. გამოითვლება დამყოფ უჯრედთა სიხშირე პროცენტობით საერთო უჯრედთა რაოდენობიდან.

ენდორედუბლიკაცია

ცხოველებსა და ადამიანებში პოლიპლოიდური სომატური უჯრედების წარმოშობის ერთ-ერთი ძირითადი გზაა ენდომიტოზი — ბირთვში ქრომოსომათა კომპლექსის ჯერადი გაორმაგება მომდევნო მიტოზის გარეშე (119).

გეიტლერის (119) მიერ Gerris Lateralis-ზე პირველად აღწერილი ენდომიტოზი შემდგომ მრავალ ორგანიზმში იპოვეს სხვადასხვა ფორმის სახით, ხოლო ქსიუმ და მურხედმა (120) კანოდანადგარის საშუალებით მოახდინეს პოლიპლოიდურ ფორმათა კლასიფიცირება. მათვე გამოყვეს პოლიპლოიდის 5 ფორმა.

1. ინტარედუბლიკაცია (ე. წ. ენდორედუბლიკაცია) (სურ. 29), აღწერილი ლევანისა და ჰაუშკას მიერ (121). პოლიპლოიდის პროცესი სრულდება ინტერფაზის პერიოდში, რასაც თან სდევს დიპლოქრომოსომების წარმოშობა;

2) პრორედუბლიკაცია — უმეტეს შემთხვევაში აღწერილი ენდომიტოზები ამ სტადიის კატეგორიებს მოეკუთვნება. თითისტარა ირღვევა პროფაზის სტადიაში ბირთვის გარსის შენარჩუნებით.

3) მეტარედუბლიკაცია — აქ საქმე გვაქვს ე. წ. K მიტოზთან. პოლიპლოიდის ეს ფორმა წარმოიქმნება მეტაფაზის პერიოდში. ამ სტადიაზე თითისტარას დარღვევის შედეგად ქრომოსომები ციტოპლაზმაში ქაოსურად ლაგდება.

4) ანარედუბლიკაცია — თითისტარა ირღვევა ანაფაზის პერიოდში. ქრომოსომები შეჩვეულად სახით ქაოსურად გადაადგილდება ეკვატორული სიბრტყისაკენ.



სურ. 29. ენდორედუპლიცირებულქრომოსომიანი შეტაფაზა
(პერიფერიული სისხლის ლეიოციტების კულტურა);
ობ. 109X. ოკ. 6,3X (Лежава Т. А., 1966).

5. ტელორედუპლიკაცია — ციტოკინეზის დროს ან მის შემდეგ ხდება შეილებულ უჯრედთა უბრალოდ შერწყმა. საგულისხმოა, რომ ზოგიერთ მსგავს შემთხვევაში წარმოიშობა მრავალბირთვიანი უჯრედები.

ენდორედუპლიკაცია ენდომიტოზის ერთ-ერთი ფორმაა. იგი პირველად თავგების ასციტურ სიმსივნეში აღწერეს ლევანმა და ჰაუშკამ (121). ამ ავტორთა აზრით, ენდორედუპლიკაცია მიუთითებს ბირთვის შიგნით მიმდინარე მიკროსკოპულად უხილავ ქრომოსომათა გაორმაგებაზე ინტერფაზის განმავლობაში, რომელსაც არ მოჰყვება უჯრედის გაყოფა, მაგრამ რომლის შედეგად უჯრედში წარმოიქმნება დიპლოქრომოსომები. აღრეულ ცნობებში აღწერილი იყო მხოლოდ ავადმყოფი ადამიანების კულტივირებული უჯრედები ენდორედუპლიცირებული ქრომოსომებით.

ჯანმრთელი ადამიანების პერიფერიული სისხლის მოკლევადიან კულტურებში მურპედის მეთოდით (122) ენდორედუპლიცირებულქრომოსომებიანი უჯრედები უმეტეს შემთხვევაში არ გვხვდება, ხოლო თუ აღინიშნება, არა უხშირეს 0,7%-ისა.

დიპლოქრომოსომებიანი უჯრედების მაღალი სიხშირე აღინიშნება რენტგენული სხივების გამოყენების, კიბოს საწინააღმდეგო პრეპარატების, ვირუსების, β -მერკაპტოეთანოლის, β -მერკაპტოპირუვატისა და თიროქსინის მოქმედების შედეგად. ასევე ლეიკოზის სხვადასხვა ფორმის შემთხვევაში (123).

**ენდორედული ცირებულ ქრომოსომიან უჯრედთა ინდუცირებით
მიღების მეთოდი (124)**

1. პერიფერიული სისხლის ლეიკოციტების კულტურის დადგმის დროს ერთ მლ კულტურას ემატება β -მერკაპტოეთანოლი საბოლოო კონცენტრაციით 5×10^{-5} ან 2×10^{-4} მლ.
2. კულტურის ფიქსაცია იწყება 68-ე საათზე ჩვეულებრივ მურხედის მეთოდით (122).
3. ქრომოსომები იღებება ძირითადი საღებავებით (უნა-ბლუ).



აღამიანის ქრომოსომათა საკვლევად გამოყენებული მეთოდები

1. აკროცენტრულ ქრომოსომათა ასოციაციები

აღამიანის სომატური უჯრედების მეტაფაზებში აკროცენტრული ქრომოსომები, რიგ შემთხვევებში, ერთმანეთს საპირისპიროდ განლაგებიან ან ერთმანეთს უერთდებიან მოკლე მხრების მეშვეობით. აკროცენტრული ქრომოსომების ასეთი განლაგება აღინიშნება ტერმინით — „ასოციაცია“ (41, 126, 127), (სურ. 30). აკროცენტრულ ქრომოსომათა ასოციაციის ფენომენი მკვლევართა დიდ ყურადღებას იპყრობს, რადგან: 1. ასოციაციები იწვევს აკროცენტრულ ქრომოსომათა გაუთავშობას მიტოზსა და მეიოზის მეორე ანაფაზაში და ასტიმულირებს ქრომოსომების სტრუქტურულ დარღვევებს (42, 53); 2. ინტერფაზურ პერიოდში ასოციაციები ბირთვაკის ფუნქციისა და სტრუქტურის რეფლექტორული მაჩვენებელია (128).

აკროცენტრულ ქრომოსომათა ასოციაციებზე განხილულ საკითხებს შორის (129, 130, 131, 132, 133, 134, 135) ყურადღებას იმსახურებს რ. ჩიტაშვილისა და ე. ხმალაძის (125, 135) მიერ შექმნილი ასოციაციათა მათემატიკური მოდელი, როგორც შემთხვევა.

რ. ჩიტაშვილისა და ე. ხმალაძის აზრით, აკროცენტრული ქრომოსომების ასოციაციათა მოვლენის დამაკმაყოფილებელი მოდელის აგება თანხვედრა სიძნელეებს, რომლებიც დაკავშირებულია, ერთი მხრივ, ამ ქრომოსომებისაგან შემდგარი სისტემის არაერთგვაროვნებასთან (4 ქრომოსომა G ტიპისაა, 6 ქრომოსომა D ტიპის), მეორე მხრივ, ასოციაციათა სხვადასხვა კომბინაციის (სურ. 31) დიდ რიცხვთან — 324 ხდომილება კოჰენის (131) მონაცემებით.

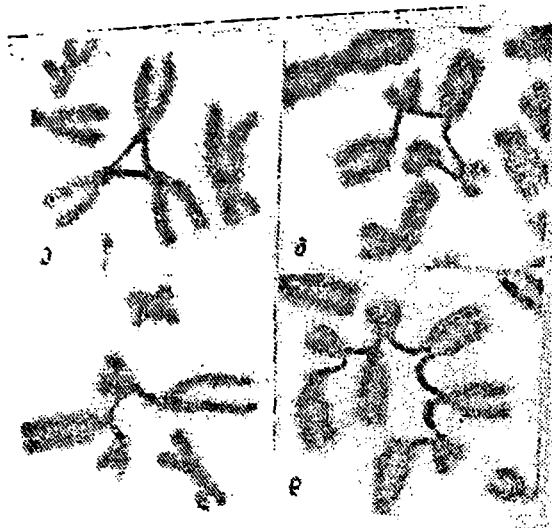
რ. ჩიტაშვილისა და ე. ხმალაძის მიერ წარმოდგენილ შრომაში ძირითადი ადგილი ეთმობა ასოციაციების ე. წ. „სატელიტური“ მოდელის აგებას, რომელიც წარმოადგენს p, q, r პარამეტრებზე დამოკიდებულ პოლინომიალურ განაწილებას



სურ. 30. ა — მეტაფაზა აკროცენტრულ ქრომოსომათა ასოციაციებით
 (ისრებით ნაჩვენებია DD, DG და GG ტიპის ასოციაციები);
 ბ — მეტაფაზა ასოციაციების გარეშე (პერიფერიული სისხლის
 ლეიკოციტების კულტურა); ობ. 100X, ოკ. 6.3X (ორიგინალი).

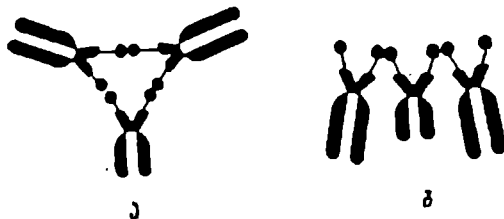
ბათა ოჯახს, სადაც p, q, r, — გამოხატუვენ ორი თანამგზავრის შეერთების ალბათობებს, შესაბამისად D ჯგუფის ქრომოსომებს შორის. G ჯგუფის ქრომოსომებს შორის და D და G ჯგუფის ქრომოსომებს შორის.

მოდელში განხილულია „ჩაკეტილი“ (სურ. 32 ა), როდესაც ასოციაციებში შემავალი აკროცენტრული ქრომოსომების ყველა თანამგზავრი უკავშირდება ურთი-



სურ. 31. სხვადასხვა რაოდენობის ქრომოსომებისაგან შექმნილ ასოციაციათა ტიპები:
 ა — სამი; ბ — ოთხი; გ — ხუთი; დ — შვიდი ქრომოსომისაგან შექმნილი ასოციაციები
 (პერიფერიული სისხლის ლეიკოციტების კულტურა).
 ობ. 100X, ოკ. 6,3X (ორიგინალი).

ერთს და „ლია“ ასოციაცია, როდესაც ასოციაციაში შემავალი ერთი თანამგზავრთაგანი რჩება თავისუფალი. ლია ასოციაციების ჩაწერა ხდება თანმიმდევრულად ლია ბოლოდან (სურ. 32ბ).



სურ. 32. ასოციაციათა ტიპების სქემატური გამოსახვა:
 ა — „ჩაქეტილი“ და ბ — „ლია“ ასოციაციები
 (ორიგინალი).

სასქესო ქრომატინი

სასქესო ქრომატინის მისაღებად ხელსაყრელი ობიექტია ეპითელური ქსოვილი: ბიოფსირებული კანი, ვაგინალური ეპითელი, შარდში დაცენტრიფუგებული ეპითელური უჯრედები, განსაკუთრებით ხშირად კი — პირის ღრუს ეპითელური უჯრედები.

სასქესო ქრომატინის განსასაზღვრად გამოდგება უჯრედები მსხვილი ინტერფაზური ბირთვებით, რომელთაც თხელი ქრომატინული ბადე აქვთ. სასქესო ქრომატინი ვლინდება ჰისტოლოგიურ პრეპარატებზე ან ბირთვული საღებავებით შეღებილ ნაცხებზე. შეღებვისათვის ყველაზე ხშირად იყენებენ ფელგენის რეაქციას, ჰეიდენჰაინეს ჰემატოქსილინს, ჰემატოქსილინ-ეოზინს, აცეტორსეინს, თიონინსა და სხვ. ეპითელიუმს იღებენ პირის ღრუს ლოყის შიგნითა ზედაპირიდან მშრალი შპადელით (ახალშობილებში — ბამბაშემოხვეული ხის ჩხირით). ის გადააქვთ ნაცხის სახით სასაგნე მინაზე და აფიქსირებენ 96°-ანი სპირტით ან თანაბარი რაოდენობით გოგირდოვანი ეთერისა და 95°-ანი სპირტის ნარევეში 1—2 წუთით.

Y-ქრომოსომა ინტერფაზურ ბირთვში (136).

1. ლოყის ლორწოვანას ჩამონახეხვას, კანის ფიბრობლასტების კულტურის უჯრედებს ან ლიმფოციტების ნაცხებს აფიქსირებენ აბსოლუტური ეთანოლით. გადააქვთ მაკ ილვეინის ბუფერში (pH 4—8).

2. ნაცხებს 20 წუთით ათავსებენ ქუნაჯრინის მდოგვის 0,05 მგ/მლ წყლიან ხსნარში, შემდეგ 3-ჯერ რეცხავენ მაკ ილვეინის ბუფერში (pH 4—8).

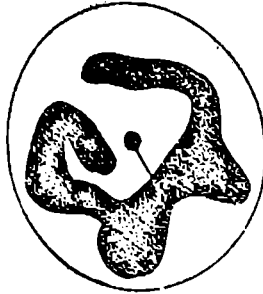
3. პრეპარატებს სწავლობენ ლუმინესცენციურ მიკროსკოპში. ზეთოვანი იმერსიული ობიექტივის მეშვეობით.

4. მამაკაცთა უჯრედების 25—50% -ში შეიმჩნევა 0,5—1,5μ დიამეტრის მქონე ერთეულადი ლუმინესცენციური ლაქა: ქალების უჯრედებში მსგავსი ლუმინესცენციური სტრუქტურები არ აღინიშნება.

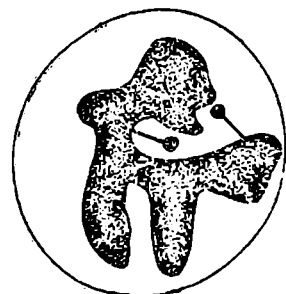
„დოლის ჯოხები“ ნეიტროფილებში. დავიდსონმა და სმიტმა (137) პირველმა აღნიშნეს სეგმენტურბირთვიან ლეიკოციტებში გამონაზარდები — „დოლის ჯოხები“ („drumstick“) (სურ.33). ეს „დოლის ჯოხები“ ვლინდება გიშა-რომანოვსკისა და უნა-ბლუს საღებავებით ნაცხების შეღებვის დროს და გვხვდება ნორმალური ქალების სეგმენტურბირთვიან ლეიკოციტების 1—5% -ში, მაშინ როდესაც მამაკაცებში 500 ნეიტროფილის დათვლის დროსაც „დოლის ჯოხები“ არ შეიმჩნევა.



ა



ბ



სურ. 33. ნეიტროფილებში „დოლის ჯოხების“ სქემატური გამოსახვა:
ა — ნეიტროფილი „დოლის ჯოხის“ გარეშე; ბ — ნეიტროფილები
1 და 2 „დოლის ჯოხებით“ (ორიგინალი).

რაც შრომებში ნაჩვენებია იყო პირდაპირი კავშირი „დოლის ჯოხებსა“ და სასქესო ქრომატინის სხეულაკა შორის და „დოლის ჯოხების“ წარმოშობა ერთ-ერთი X-ქრომოსომის ან X-ქრომოსომის მონაკვეთისაგან (გრძელი მხარისაგან).

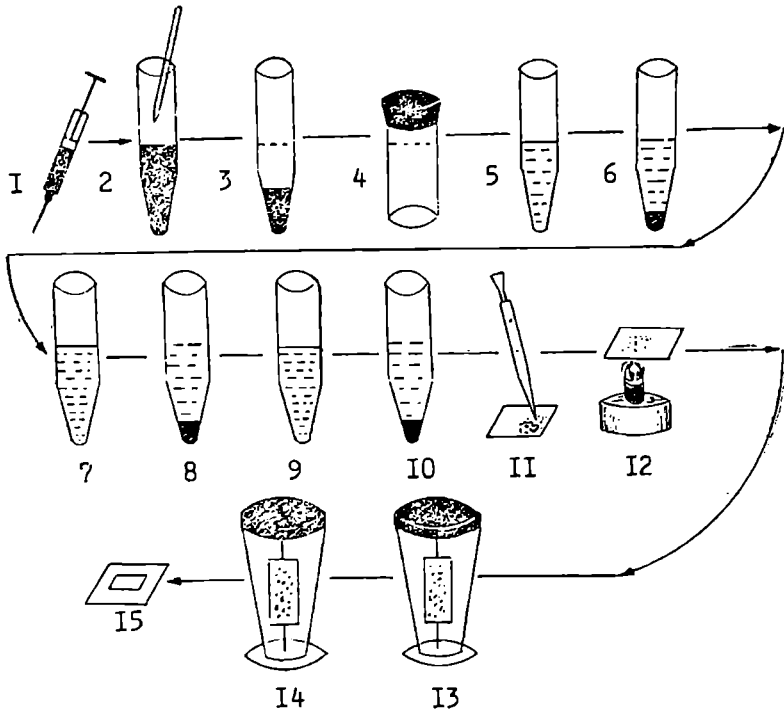
გ. ალაშვიანის ქრომოსომები მიტოზში

პერიფერიული სისხლის ლეიკოციტების კულტივირება (სურ. 34) მურ-ბედისა და თანავეტორების (122) მოდიფიცირებული მეთოდიკა:

1. პერიფერიულ 10—15 მლ სისხლს ასხამენ ერთ მლ-ით ჰეპარინიზებულ სტერილურ სინჯარაში (ერთი წილი ჰეპარინი იხსნება 19 წილ ფიზიოლოგიურ ხსნარში).

2. სისხლიდან ლეიკოციტებს გამოყოფენ ევალტინის 10%-იანი ხსნარით (ერთი მლ ხსნარს 10 მლ სისხლზე). ლეიკოციტებიან პლაზმას აზავებენ კულტურისათვის განკუთვნილ სტერილურ ფლაკონებში არე — 199-ით (ერთი წილი პლაზმა ერთნახევარ წილ არეზე).

3. განზავებულ ნარევს ემატება „ველქამის“, „ლიფკოს“ M ან P-ეს ან „პარკე-რის“ ფირმის ფიტოჰემაგლუტინინი (ფჰა) (0, 2 მლ 10 მლ კულტურაზე); კულტურებიან ფლაკონებს ათავსებენ თერმოსტატში 37°-ზე.



სურ. 34. პერიფერიული სისხლის ლეიკოციტების კულტივირების პროცესის თანმიმდევრობის გამომსახველი სურათი.

1 — ვენური სისხლის აღება ჰეპარინიზებული შპრიცით; 2 — სისხლი გადააქვთ სტერილურ სინჯარაში; 3 — ერთორციტები ილექება; 4 — პლაზმა საკვებ არესთან და ფიტოკემალუტინინთან ერთად ისხმება კულტივაციისათვის განკუთვნილ სინჯარაში; 5 — 72 საათის შემდეგ კოლხიციანი კულტურა გადააქვთ ცენტრიფუგის სინჯარაში; 6 — ცენტრიფუგება (800—1000 ბრ/წთ), ნალექზედა სითხეს ასხამენ; 7 — ნალექს ემატება პიპოტონიური ხსნარი; 8 — 30 წთ-ის შემდეგ კვლავ ცენტრიფუგება, ნალექზედა სითხე იღვრება; 9 — ნალექს ემატება ფიქსატორი; 10 — კვლავ ცენტრიფუგება; 11 — ნალექს განზავებულს დაახლოებით 0,5 მლ ოდენობის ფიქსატორით აშხეფებენ სასაგნე მინაზე; 12 — სასაგნე მინას ათბობენ სპირტნათურის ალზე; 13 — უჯრედებს ლებავენ; 14 — ატარებენ ქსილოლში; 15 — აყალიბებენ ბალზაში (ორიგინალი).

4. 69 სთ-ის კულტივირების შემდეგ 10 მლ კულტურაში შეჰყავთ 0,5 მლ კოლხიკინი (0.05 მლ კოლხიკინიანი ხსნარი შეიცავს 5 μ კოლხიკინს).

5. 3-საათიანი კულტივირების შემდეგ კულტურას აცენტრიფუგებენ 800—1000 ბრ-წთ სიჩქარით 5 წუთის განმავლობაში. ნალექზედა სითხეს ღვრიან, უჯრედების სუსპენზიას კი ათავსებენ 20 მლ სამჩანაცვლებული ნატრიუმციტრატის 0,95%-ან ჰიპოტონიურ ხსნარში 30 წუთის განმავლობაში 37°-ზე.

6. განმეორებითი ცენტრიფუგების შემდეგ (800—1000 ბრ-წთ) ნალექზედა სითხეს ღვრიან და უჯრედების სუსპენზიას უმატებენ ფიქსატორს (ერთი წილი ძმარმჟავა, სამი წილი მეთანოლი) 30 წთ-ის განმავლობაში ორჯერადი შეცვლით. საბოლოო ცენტრიფუგების შემდეგ ნალექზედა სითხეს ღვრიან და უჯრედებს უმატებენ ფიქსატორს 0,5 მლ მოცულობით (უჯრედების რაოდენობის მიხედვით).

7. გულმოდგინე რესუსპენზირების შემდეგ პასტერის პიპეტით უჯრედების სუსპენზიას ფიქსატორში აშხეფებენ კარგად გაწმენდილ სასაგნე მინაზე ჩაბერვით, შემდეგ თბილი ჰაერის ნაკადით სწრაფად გამოაშრობენ. ზოგ შემთხვევაში პრეპარატებს ამზადებენ მშრალ ყინულზე ფიქსატორის „გამოწვით“.

პერიფერიული სისხლის ლეიკოციტების მიკრომეთოდი

დე გრუშისა და თანავეტორების (138) მოდიფიცირებული მეთოდი:

1. სპირტით გაწმენდილ კანს ან ქუსლს (ახალშობილებს, ჩვილ ბავშვებს, აგრეთვე მოზრდილებს) ჩხვლეტენ ფრანკის ნემსით ან ვენოპუნქციისათვის განკუთვნილი ნემსით. სისხლს შეიწოვენ ჰეპარინის ხსნარიან (1 წილი ჰეპარინი, ცხრამეტი წილი ფიზიოლოგიური ხსნარი) გარეცხილ ტუბერკულინურ შპრიცში.

2. 0,5—1 მლ სისხლს ათავსებენ წინასწარ მოზადებულ სპეციალურ სტერილურ ტურქელში, რომელიც შეიცავს საკვებ არე — 199-ის 5 მლ-ს და „გელკამის“ ან „დიფკოს—M“ ფირმის ფიტოპემაგლუტინინის 0,2 მლ-ს.

3. ამ ნარევის უმატებენ 20% AB შრატს და კულტივირებას ახდენენ 37°-ზე 72 საათის განმავლობაში.

4. კულტივირების დამთავრებამდე 3 საათით ადრე სინჯარაში უმატებენ კოლხიკინს, რომლის საბოლოო კონცენტრაციაა 0,4 მკგ-მლ.

5. 3-საათიანი კულტივირების შემდეგ კულტურას აცენტრიფუგებენ 800—1 000 ბრ-წთ სიჩქარით, 5 წუთის განმავლობაში.

6. ნალექზედა სითხეს ღვრიან და უჯრედების სუსპენზიას ათავსებენ სამჩანაცვლებული ნატრიუმციტრატის 10 მლ ჰიპოტონიურ ხსნარში 37°-ზე 30 წუთის განმავლობაში.

7. განმეორებითი ცენტრიფუგების შემდეგ (800—1 000 ბრ-წთ) ნალექზედა სითხეს ღვრიან და უჯრედულ მასას უმატებენ ფიქსატორს (1 წილი ძმარმეაყა, 3 წილი მეთანოლი).

8. ფიქსაციის შემდგომ პროცედურას და პრეპარატების დამზადებას ახდენენ მურხედისა და მისი თანაავტორების (122) მეთოდით.

ფიტოპემაგლუტინინის (ფჰა) მომზადების მარტივი მეთოდი.

როგორც ცნობილია, ადამიანის ნორმალური სისხლის ბირთვები არ იყოფა და ქრომოსომების მისაღებად აუცილებელია მიტოზის ინდუქციურად გამოწვევა. ამ მიზნით კულტივირებულ ლეიკოციტებს ემატება ფიტოპემაგლუტინინი (ფჰა). ფჰა ცილოვანი ნივთიერების მაქემაგლუტინირებელი ფრაქციაა, რომელსაც ღებულობენ ლობიოსაგან ბალასტური ცილების მოცილებითა და მყავე არეში პრეპარატის დალექვისას ამონიუმის სულფატის ორჯერადი მოქმედებით (139).

მეთოდური სიძნელეების ასაცილებლად შესაძლებელია ფჰა-ს მიღება ოდიუნჯისა და გროუპის (140) უფრო მარტივი და მისაწვდომი მეთოდით, რომელიც მრავალჯერებულია სკობელსკასა და ბურაჟის მიერ (141).

1. გადაარჩევენ 100 გ მსხვილ ლობიოს მარცვალს, 2—3-ჯერ გარეცხავენ სტერილური ფიზიოლოგიური ხსნარით და მასში ალბობენ 30—40 საათის განმავლობაში 4° ტემპერატურაზე (სტერილურ პირობებში).

2. შემდეგ ლობიოს ფქვავენ.

3. დაფქვის შემდეგ მიღებულ მასას სტერილურ ფიზიოლოგიურ ხსნართან (50 მლ) ერთად სტოვებენ 4°-ზე 24 საათის განმავლობაში.

4. ერთი დღის შემდეგ ფილტრავენ დოლბანდის ოთხ ფენაში და გაფილტრული ხსნარის pH HCl-ის დამატებით დაყავთ 6-მდე, რის შემდეგ ხსნარის ყოველ 100 მლ-ზე უმატებენ 50 მლ 96%-ან ეთილის სპირტს, რომელიც წინასწარ 5—10°-მდეა გაცივებული.

5. მოცემულ ხსნარს აცენტრიფუგებენ 3000 ბრ-წთ სიჩქარით 5—10 წთ-ის განმავლობაში.

6. გაცივებულ ჭიქებში ჩასხმულ ნალექზედა სითხეს, მისი მოცულობის მიხედვით, უმატებენ 4 ნაწილ გაცივებულ (5—10°-მდე) ეთილის სპირტს და ერთ ნაწილ სანარკოზე ეთერს.

7. იმეორებენ ცენტრიფუგირების პროცესს, იღებენ მეორე ნალექს, ნალექზედა სითხეს ღვრიან.

8. პირველი და მეორე ჭიქიდან ნალექები გადააქვთ ფაიფურის ჯამებში, აფხვიერებენ, აფარებენ სტერილური დოლბანდის საფენებს და აშრობენ ოთახის ტემპერატურაზე.

9. დღე-ღამის შემდეგ გამშრალ ნალექებს კვლავ აფხვიერებენ იმ მიზნით, რომ არ დარჩეს ცალკეული კოშტები, თითოეულ ფრაქციას სწონიან და შშრალი ნივთიერების ერთ გრამზე უმატებენ 100 მლ ფიზიოლოგიურ ხსნარს.

10. პირველ ნალექში ლობიოს აქტიური ნივთიერება შეესაბამება ფაა „დიფ-კოს- M-ს, მეორეში კი — „დიფკო“ — P-ს.

11. შემდეგ აუცილებელია ხსნარების გატარება ზეიტცის სტერილურ ფილტრებში და სტერილურ ჭურჭელში გადატანა.

12. კულტურალური არის ყოველ 10 მლ-ზე ერთდროულად უმატებენ პირველი ხსნარის 4 და მეორე ხსნარის 2 წვეთს ან პრეპარატის ერთ-ერთ ხსნარს, რომელსაც 4—5 წვეთით მეტს უმატებენ.

ფიზიოლოგიური და ეპითელიუმის უჯრედთა კულტივირება (142), (სურ. 35).

1. ოპერაციული გზით მიღებულ 1—3 სმ-ის ზომის ქსოვილის ნაჭერს ათავსებენ ფლაკონში, სადაც ჩასხმულია არე 199 ან ფიზიოლოგიური ხსნარი და გადააქვთ კულტურებისათვის განკუთვნილ ბოქსში.

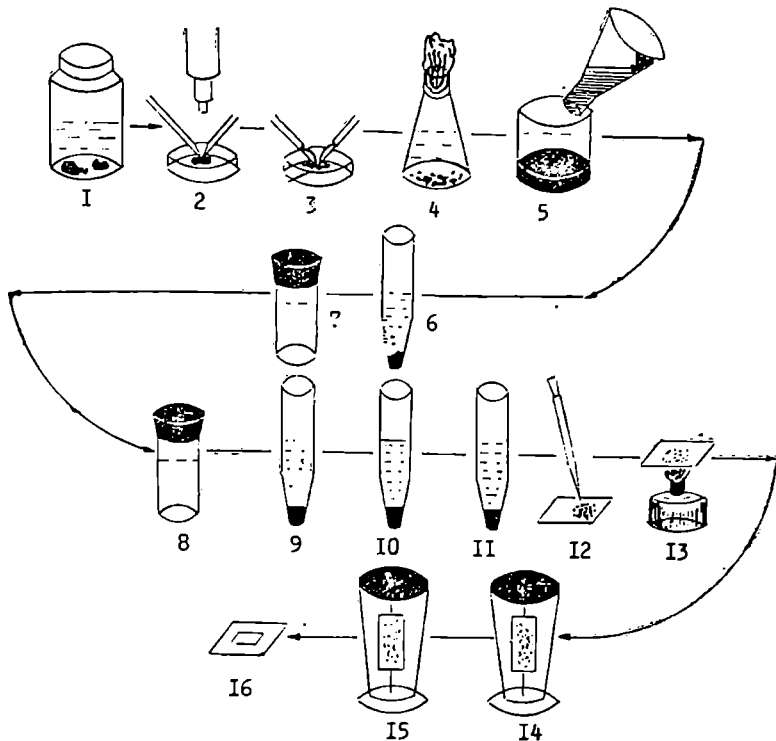
2. მასალას მაკრატლით აქუცმაცებენ 1—2 მმ ზომის ნაჭრებად. უჯრედების სუსპენზიას 10—10 წთ-ით ათავსებენ ჯერ ვერსენის ხსნარში, ხოლო ცენტრიფუგისა და ნალექზედა სითხის გადალერის შემდეგ 37°-მდე გამთბარ 0,25%-ან ტრიფსინის ხსნარში.

3. ცენტრიფუგებისა და ნალექზედა სითხის გადალერის შემდეგ უჯრედების ამ სუსპენზიას ათავსებენ საკვები არე იგლა + გლუტამინის შუავა (10 0,1) და ადამიანის IV ჯგუფის სისხლის შრატის ნარევეში (უჯრედების კონცენტრაცია აქყავთ 200—300 ათ.-მდე ერთ მლ-ზე).

4. კულტურებს ზრდიან კარელის ფლაკონებში 37°-ზე 14—26 დღე-ღამის განმავლობაში ყოველი 5 დღის შემდეგ არის შეცვლით. არის უკანასკნელი შეცვლისა (როცა მიტოზები მაქსიმალურად გროვდება) და კულტივირების 18—24 სთ-ის შემდეგ 3—6 საათით უმატებენ 0,4 მკგ/მლ კოლხიცინს.

5. ამის შემდეგ კულტურებს აცენტრიფუგებენ 800—1 000 ბრ-წთ სიჩქარით, 5 წთ-ის განმავლობაში. ნალექზედა სითხეს ღვრიან და უჯრედების სუსპენზიას ათავსებენ სამჩანაცვლებული ნატრიუმციტრატის 0,95%-ან ხსნარში 30 წთ-ით 37°-ზე.

6. ფიქსაციას ახდენენ და პრეპარატებს ამზადებენ მურხედისა და მისი თანავეტორების (122) მეთოდით.

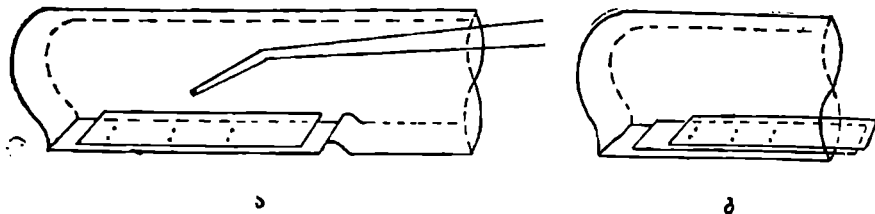


სურ. 35. ფიბრობლასტებისა და ეპითელური ქსოვილის კულტივირების პროცესის თანმიმდევრობის გამოსახვის სურათი:

1 — ბიოფსირებული მასალა გადაიტანება პერმეტულად დახურული კოლბით; 2 — ირეცხება ბოქსში; 3 — ქუცმაცდება; 4 — ტრიფსინიზირდება; 5 — თავისუფლდება ტრიფსინისაგან; 6 — ცენტრიფუგების საშუალებით თავისუფლდება საკვები არსიგან; 7 — იღვმება ქსოვილოვანი კუტურა; 8 — ემატება კოლხიცინი; 9 — ცენტრიფუგების საშუალებით გამოიყოფა ნალექი — უჯრედულ მასაში; 10 — ნალექს ემატება ჰიპოტონიური ხსნარი, კვლავ ცენტრიფუგდება; 11 — უჯრედულ მასას ემატება ფიქსატორი, ცენტრიფუგდება; 12 — ნალექს ემატება მცირე ოდენობის ფიქსატორი და ეშვებება სასაგნე მინაზე; 13 — სასაგნე მინაზე მიღებული უჯრედული სუსპენზია თბება სპირტქურაზე; 14 — პრეპარატი იღვმება; 15 — თავსდება ქსილოლში; 16 — ყალიბდება ბალზაში (ორიგინალი).

მცირე ზომის ბიოფსირებულ ქსოვილთა მოკლევადიანი
კულტივირება (143), (სურ. 36)

1. ბიოფსირებული ქსოვილის ფრაგმენტს რეცხავენ საკვებ არეში პეტრის ფინჯანზე სტერილურ პირობებში და ჰკრიან 1 მმ-ის ან უფრო ნაკლებ ზომებამდე;
2. 6 ან 8 ასეთ პატარა ფრაგმენტს, მცირე რაოდენობის საკვებ არესთან ერთად, პასტერის პიპეტით ათავსებენ 11 X 25 მმ-იან საფარ მინაზე, რომელიც წინასწარ იყო მოთავსებული „ლეიტონის სინჯარის“ ფსკერზე;
3. მეორე საფარ მინას ათავსებენ პირველზე ისე, რომ მისმა კიდე მ წაწილობრივ დაფაროს ქვემოთ მდებარე საფარი მინა;



სურ. 36. ქსოვილის კულტივირებისათვის განკუთვნილი „ლეიტონის სინჯარა“:
ა — სინჯარის ღირზე მოთავსებულია საფარი მინა, რომელზეც ათავსებენ საკულტუაციო მასალას; ბ — ირ საფარ მინას შორის მოთავსებული საკულტუაციო მასალა (Basrur et al., 1963).

4. „ლეიტონის სინჯარას“ საინკუბაციო ქსოვილთან ერთად აბრუნებენ ბრტყელი ზედაპირით ზევით, ოდნავ დახრილ მდგომარეობაში და მას უმატებენ 2 მლ საკვებ არეს.
5. 5—6 ასეთ „ლეიტონის სინჯარას“ (ემატება CO_2 , ექმნება შესაბამისი pH) ჰერმეტიულად ახურავენ საცობს და ბრტყელი ზედაპირით ფრთხილად დგამენ თერმოსტატში 37—37,5°-ზე.
6. თუ კულტურაში შეიმჩნევა pH-ის ცვლილება, რომელიც ჩვეულებრივ ნორმალური ქსოვილისათვის აღსანიშნავია მე-5 დღეს, ხოლო სიმსივნური ქსოვილისათვის მე-3—4 დღეს, კულტურას საკვებ არეს უცვლიან.
7. დიდი რაოდენობით გამრავლებულ უჯრედთა წარმოქმნის შემდეგ კულტურას უმატებენ 0,2 მლ 0,01%-ან კოლხიცინს.
8. 6-საათიანი ინკუბაციის შემდეგ საფარ მინებს ათავსებენ პეტრის ფინჯანზე დასხმულ 37°-მდე გამთბარ 5 მლ საკვებ არეში, მინებს აცალკევებენ და უჯრედების ფენით ზევით ათავსებენ პეტრის ფინჯანზე;

9. პეტრის ფინჯანს უმატებენ 15 მლ დესტილირებულ წყალს წვეთ-წვეთობით და აყოვნებენ 10 წუთის განმავლობაში;

10. უჯრედებიან საფარ მინებს ათავსებენ ფიქსატორში, შემდგომ აშრობენ საშრობ ქალაღზე და ლებავენ ქრომოსომებისათვის განკუთვნილი საღებავებით (ქრომოსომათა მისაღებად იყენებენ დაახლოებით 12-დღიან ქსოვილოვან კულტურებს).

ჩანასახოვანი ქსოვილების მეთოდი (144).

1. საავადმყოფოს საოპერაციო განყოფილებაში მიღებულ ჩანასახოვან ქსოვილებს მაქსიმალური სტერილურობის დაცვით ათავსებენ ფიზიოლოგიურ ან ხენკსის ხსნარში, რომლებსაც უმატებენ ანტიბიოტიკებს (პენიცილინი, სტრეპტომიცინი) 300—500 ერთეული/მლ კონცენტრაციით. ამ სახით ოთახის ტემპერატურის პირობებში მასალას ინახავენ 3-დან 12 სთ-მდე, მაცივარში კი — 48—60 სთ-მდე.

2. ყველა შემდგომ პროცედურას ატარებენ სტერილურ პირობებში.

გარეგანი დათვლიერებისა და გაზომვების შემდეგ ჩანასახოვან ქსოვილებს რამდენჯერმე რეცხავენ ანტიბიოტიკების ჰიპერკონცენტრირებული შემცველობის ფიზიოლოგიურ ხსნარში. როდესაც ჩანასახოვანი მასალა შედგება ნაყოფის გარსებისაგან (ცარიელი დაუზიანებელი პარკი— empty sac ან დაშლილი უემბრიონოდ), მაშინ ამნიონის გარსის კულტივაციას ახდენენ სხვა ქსოვილებისაგან გამოცალკევებით. მსხვილი ნაყოფების კულტივირებისას, უფრო ხშირად, იყენებენ კიდურების კუნთებს, თირკმლებს, თირკმელზედა ან სასქესო ჯირკვლებს. ახდენენ ძალიან მცირე ზომის ემბრიონების (ზომით 3 სმ-მდე), როგორც მთლიანი ორგანოს, კულტივაციას.

3. ტრიფსინიზაცია. ამნიონს ან ქორიონს ათავსებენ ტრიფსინის 0,25%-იან ხსნარში 37°C-ზე 45-დან—90 წუთამდე ფეხმძიმობის ვადისა და მასალის მოცულობასთან დაკავშირებით. ამ დროის გავლის შემდეგ ქსოვილებს პინცეტით ფრთხილად იღებენ ტრიფსინიდან და ათავსებენ საკვებ არეში ოთახის ტემპერატურაზე, ანჭლრევენ უჯრედებს შემღვრეული მოტივტივე შრის მიღებამდე, რის შემდეგ გარსებს აგდებენ.

კუნთოვან ქსოვილს მაკრატლით გულმოდგინედ აქუცმაცებენ 0,1—0,3 მმ ზომის ნაჭრებად, ასხამენ 0,25%-იან ტრიფსინს (ტრიფსინის მოცულობა 3-ჯერ სჭარბობს კუნთოვანი ქსოვილის მოცულობას) და ათავსებენ მაგნიტურ სარევეზე. 10—15 წუთის შემდეგ ტრიფსინში უჯრედების შემღვრეულ მოტივტივე შრეს უმატებენ ოთხმაგი მოცულობის ხენკსის ხსნარს. კუნთოვანი ქსოვილის დარჩენილ ნაჭრებს ხელახლა ასხამენ ტრიფსინს და ათავსებენ მაგნიტურ სარევეზე. ამ პროცედურას იმეორებენ 5-ჯერ. მიღებული უჯრედების სუსპენზიას (პირველ ულუფას

ჩვეულებრივ ღვრიან) ტრიფსინში აცენტრიფუგებენ (500—2 000 ბრ./წთ-ით) 10—15 წთ-ის განმავლობაში. მიღებული ნალექის რესუსპენზირებას ახდენენ შემთბარ საკვებ არეში, რის შემდეგაც სუსპენზიის წვეთში თვლიან 1 მმ-ში უჯრედების რაოდენობას (გორიაევის კამერაში).

4. პარენქიმული ორგანოების ან პატარა ემბრიონების კულტივირებისას იყენებენ მხოლოდ ქსოვილების მექანიკურ დეზაგრეგაციას ტრიფსინის გარეშე. დაქუცმაცებულ ქსოვილს ასხამენ საკვებ არეს, გულმოდგინედ შეანჯღრევენ და აპიპეტირებენ, რის შემდეგ უჯრედების შემღვრეულ მოტივტივე შრეს გადაღვრიან, დარჩენილ ნაჭრებს კი კვლავ ასხამენ საკვებ არეს. ზოგჯერ საკვები არის ორ ულუფას შორის ქსოვილების ნაჭრებს 10—15 წუთით ათავსებენ 37°-ზე შემთბარ ტრიფსინში.

5. მიღებული უჯრედების მოტივტივე შრეში საზღვრავენ 1 მმ-ზე უჯრედების რაოდენობას გორიაევის კამერაში. უჯრედების ოპტიმალური კონცენტრაცია: ამნიონისათვის — 500 ათ. — 1 მლნ. უჯ.-მლ-ზე; ენთოვანი ფიბრობლასტებისათვის — 200 ათ. უჯ.-მლ-ზე; თირკმელზედა და სასქესო ჯირკვლებისათვის — 300—500 ათ. უჯ. მლ-ზე; ტვინის ნივთიერებისათვის 800 ათ. — 1 მლნ. უჯ./მლ-ზე.

6. საკვებ არეებად იყენებენ 199 არეს, იგლას არეს, ლაქტალბუმინის პიდროლიზატის ხსნარისა და იგლას არის ნარევეს. კულტურას უმატებენ მსხვილფეხა რქიანი პირუტყვის შრატს ან ადამიანის IV ჯგუფის სისხლის შრატს, არა უმეტეს 30%-სა.

7. კულტურებს ზრდიან პენიცილინის ჰერმეტულად დახურულ ფლაკონებში, რომელთა ფსკერზე მოთავსებულია 6 X 18 მმ ზომის თხელი მინის ნაჭერი; ამ მიზნით იყენებენ ჰისტოლოგიურ საფარ მინებს. არეს ცვლიან ყოველ 4—5 დღეში pH-ის ცვლილებასთან დაკავშირებით. მცირე ზომის ქსოვილების ნაჭრების კულტივირებისა და თითქმის ყოველთვის ამნიონისა და ქორიონის კულტივირებისათვის საჭირო ხდება მინაზე უჯრედების შრის განმეორებით მოცილება ტრიპსინით და საკვები არის დამატება. მეტაფაზის სტადიაში მიტოზების ანალიზისათვის საკმარისი უჯრედების დამაკმაყოფილებელი ზრდა ჩვეულებრივ გამოვლინდება: ფიბრობლასტების კულტივირების დროს — 48—72 სთ-ის შემდეგ (სურ. 37); ამნიონის ან ქორიონის—7—20 დღის შემდეგ; პარენქიმული ორგანოებისა და ტვინის ნივთიერებების —5—12 დღის შემდეგ. კულტივირების დროის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია მიღებული მასალის სიახლესთან, ქსოვილის ტიპთან, უჯრედების კონცენტრაციასთან გამოსავალ სუსპენზიაში და არის შემადგენლობაზე.

8. კულტურაში უჯრედების ზრდასთან ერთად ყოველდღიურად ატარებენ 1—2 ფლაკონის სასინჯ ფიქსაციას მაქსიმალური რიცხვით მიტოზების წარმოქმნის

დროის განსაზღვრისათვის. კულტურების სინქრონიზებისა და მიტოზების დაგროვებისათვის არის მორიგი შეცვლიდან 6—12 სთ-ის შემდეგ კულტურაში უმატებენ კოლხიცინს საბოლოო კონცენტრაციით 0,5 მკვ-მლ (4-დან—12 სთ-მდე ვადით).



სურ. 37. ემბრიონული ფიბრობლასტების ზრდის დამახასიათებელი სურათი (ემბრიონული ფიბრობლასტების კულტურა).
ობ. 100X, ოკ. 6,3X (ორიგინალი).

უჯრედების ფიქსაციას ახდენენ და პრეპარატებს ამზადებენ ორი გზით: უჯრედების ზრდის ხასიათის, მათი მორფოლოგიის შესწავლისა და სასქესო ქრომატინის განსაზღვრისათვის უჯრედებს აფიქსირებენ ყინულოვან ქმარმეფეასა და მეთილის სპირტის ნარევეში (შეფარდება 1:3). ამ ფიქსატორში 10—15 წთ-ის ყოფნის შემდეგ უჯრედებს აშრობენ მინაზე, სპირტქურის ან ნათურის ქვეშ. ქრომოსომული ანალიზისათვის მინაზე უჯრედების შრის ინკუბაციას ახდენენ 37°-ზე ტრიფსინში, 10—15 წთ-ის განმავლობაში, ამის შემდეგ უჯრედებს ლექავენ ცენტრიფუგებით 800—1000 ბრ/წთ სიჩქარით, 5 წთ-ის განმავლობაში. ნალექს უმატებენ 37°-მდე გამთბარ სამჩანაცვლებულ ნატრიუმციტრატის 0,95%-იანი ხსნარის 5—10 მლ მოცულობას. ამ ხსნარში უჯრედებს ამყოფებენ 30—50 წთ-ის განმავლობაში 37°-ზე.

ფიქსაციას ახდენენ და პრეპარატებს ამზადებენ მურხედისა და მისი თანაეტორების (122) მეთოდით.

ქრომოსომათა გამოკვლევის მეთოდი ჩანასახისა და ახალშობილთა თიმუსისა და ელენთაში (145).

1. სტერილურად გამოყოფილ თიმუსის ან ელენთის ქსოვილებს ათავსებენ ფლაკონში, რომელშიც ჩასხმულია არე — 199 და შემდგომ დამუშავებამდე ინახვენ მაკივარში 4° ტემპერატურაზე ან ყინულიან თერმოსში. შემდეგ მასალას კარვალ აქუცმაცებენ მაკრატლით და ეს ნარევი გადააქვთ სტერილურ ფლაკონებში, რომლებშიც წინასწარ ჩასხმულია არე — 199 და ადამიანის 20%-იანი AB შრატის.

2. მოტივტივე სუსპენზიის 10—10 მლ გადააქვთ სტერილურ ფლაკონებში. კულტურის ყოველ 10 მლ-ზე უმატებენ 0,2 მლ ფიტოპემაგლუტინინს (ფჰა) და კულტურებიან ფლაკონებს ათავსებენ თერმოსტატში, 37° ტემპერატურაზე, 70 საათის განმავლობაში.

3. ამის შემდეგ კულტურაში შეჰყავთ 0,2 მლ კოლცემიდი.

4. ორსაათიანი ინკუბაციის შემდეგ კულტურა გადააქვთ ცენტრიფუგის 15 მილიმეტრიან სინჯარაში, რომელსაც აცენტრიფუგებენ 500 ბრ/წთ სიჩქარით ხუთი წუთის განმავლობაში, 4° ტემპერატურაზე.

5. ნალექზედა სითხეს ღვრიან და უჯრედებს ათავსებენ ჰიპოტონიურ ხსნარში ერთი საათის განმავლობაში, 37° ტემპერატურაზე.

6. განმეორებითი ცენტრიფუგის შემდეგ ნალექზედა სითხეს ღვრიან, ერთი წვეთი უჯრედული სუსპენზიის გარდა, რომლის რესუსპენზირებას ახდენენ ნელი მორევიტ. წვეთობით უმატებენ ფიქსატორს ორი მლ მოცულობამდე. შემდეგ ცენტრიფუგის სინჯარას შეავსებენ ფიქსატორით 5 მლ-მდე და აცენტრიფუგებენ.

7. კვლავ ღვრიან ნალექზედა სითხეს და ტოვებენ მხოლოდ ერთ წვეთს, რომელშიც უჯრედები არ სუსპენზირებს. ამ ნალექს უმატებენ 5 მლ -მდე ახალ ფიქსატორს და ტოვებენ 10—15 წთ-ის განმავლობაში. უჯრედები ეშვება ფსკერზე და შეერევა ფიქსატორის რამდენიმე წვეთს.

8. უჯრედული სუსპენზიის რამდენიმე წვეთს (1—3) აზხეფებენ სუფთა, წინასწარ გაცივებულ სასაგნე მინაზე და სითხის ნარჩენს სწრაფად გამოაშრობენ ალზე.

სინქრონული კულტურის მიღება „მეტაფაზების ნჯღრევის მეთოდით“ (146)

ერთშრიანი კულტურების მიტოზურ სტადიებში მყოფი უჯრედები, ინტერფაზურ უჯრედებთან შედარებით, ნაკლებად მჭიდროდ ეხება კულტურის შემცველ ზედაპარს. „მეტაფაზურა ნჯღრევის მეთოდის“ პროცესის არსა მდგომარეობს იმაში, რომ უკალკოუმო საკვებ არეში მოთავსებულა ერთშრიანი უჯრედული

ფენის ნჯღრევისას მიტოზურ სტადიებში მყოფი უჯრედები კულტურის შემცველ ზედაპირს სცილდება, ინტერფაზური კი — არა. სამწუხაროდ, ეს კანონზომიერება ადამიანის დიპლოიდურ უჯრედებზე ნაკლებად ვრცელდება, რადგან როგორც ინტერფაზურ, ისე მიტოზში მყოფი უჯრედები თითქმის ერთნაირად მკიდროდაა დაკავშირებული კულტურის შემცველ ზედაპირთან, მაგრამ ამ მეთოდს დროდადრო მაინც იყენებენ.

1. მიტოზური პიკის მიღებამდე დაახლოებით 6 საათით ადრე უჯრედებს აცლიან კულტურალურ არეს, ორჯერ რეცხავენ და გადააქვთ უკალციუმო საკვებ არეში.

2. ერთშრიანი კულტურის ნჯღრევისა და ტრიალის შედეგად კულტურალურ არეში გამოიყოფა მიტოზური უჯრედები.

3. გამოყოფილი უჯრედების შემცველი კულტურალური საკვები არე ცენტრიფუგდება 800 ბრ-წთ სიჩქარით 5 წუთის განმავლობაში.

4. ნალექზედა სითხე იღვრება, დარჩენილი უჯრედული მასის ძირითადი ნაწილი შეიცავს მიტოზურ სტადიებში მყოფ უჯრედებს და შემდგომში მუშავდება საექსპერიმენტოდ.

ქრომოსომათა გამოკვლევა ძვლის ტვინში (147).

1. აკეთებენ მკერდის ძვლის პუნქციას — პუნქტატის 1,0—1,5 მლ-ს ათავსებენ 0,7%-იან NaCl-ის 20 მლ ხსნარში.

2. 5—6 წუთის შემდეგ პუნქტატის შემცველ ხსნარს ამატებენ 30 მლ სამჩანაცვლებელი ნატრიუმციტრატის 0,44%-იან ჰიპოტონიურ ხსნარს, ტოვებენ 30 წთ-ის განმავლობაში, შემდეგ აცენტრიფუგებენ სუსპენზიას და ნალექზედა სითხეს ღვრიან.

3. ნალექს აფიქსირებენ 50%-იანი ძმარმეჟათი და ტოვებენ 15—30 წუთის განმავლობაში. შემდეგ ძმარმეჟას აცილებენ და ნალექის შემცველ ყველა სინჯარაში ამატებენ 0,3—0,5 მლ ერთპროცენტიან აცეტორსეინს, რომელშიც ნალექი რესუსპენზირდება.

4. შეღებვა მიმდინარეობს 1—3 საათის განმავლობაში. სასაგნე მინაზე ათავსებენ სუსპენზიის წვეთს. რომელსაც აფარებენ საფარ მინას ახდენენ დაწოლას ერთი წუთის განმავლობაში.

ქრომოსომათა გამოკვლევა სიმსივნეების შემთხვევაში (ჯეკსონის (148) მოდიფიცირებული მეთოდით).

1. ავთვისებიან სიმსივნეების მქონე ავადმყოფებისაგან იღებენ 25—40 მლ მოცულობის ასციტურ, პლევრულ ან პერიკარდიულ სითხეს.

2. სითხეს აცენტრიფუგებენ 800—1 000 ბრ-წთ სიჩქარით. ნალექზედა სითხეს ღვრიან, უჯრედების სუსპენზიას კათავსებენ ჰიპოტონიურ ხსნარში 10 წუთით 37°-ზე.

3. განმეორებითი ცენტრიფუგების შემდეგ (800—1000 ბრ/წთ) ნალექზედა სითხეს ღვრიან და ამატებენ ფიქსატორს, რომელიც ცხრა ნაწილი 60%-იანი ყინულოვან ძმარმჟავასა და ერთი ნაწილი 1N მარილმჟავას ნარევიან.

4. ფიქსაციისა და პრეპარატის დამზადების შემდგომ პროცედურას ატარებენ მურხედისა და თანავეტორების მეთოდით (122).

აღამიანის ქრომოსომათა ავტომატური ანალიზი (149);

აღნიშნული პრობლემისადმი მზარდმა ინტერესმა, კლინიკის მოთხოვნისა და ქრომოსომათა იდენტიფიკაციის პროცესის დიდმა შრომატევადობამ — აი ამ სამმა ძირითადმა მიზეზმა გამოიწვია სპეციალური ელექტრონულ-გამოთვლითი მანქანების (ეგმ) შექმნა. ლატერატურაში აღწერილ ეგმ-ს შეუძლია გადაამუშაოს ინფორმაცია, რომელიც გადაეცემა მოწყობილობას, სადაც ხდება შესასწავლი პრეპარატის ან მიკროფოტოგრაფიის ნეგატივზე გამოსახულების სკენირება. შესატყვისი პროგრამებით ეგმ-ს შეუძლია განსაზღვროს ცენტრომერული ინდექსი და ქრომოსომის შეფარდებითი სიდიდე, მოახდინოს ქრომოსომების იდენტიფიკაცია ჯგუფების მიხედვით და მოგვცეს მათი გამოსახულება. ეგმ გამოყენება შეიძლება აგრეთვე ქრომოსომათა გაზომვისა და აღრიცხვის შედეგების სტატისტიკური დამუშავებისათვის.

ცალკეული ქრომოსომის გამოყოფის მეთოდი (150).

1. Hell-ას უჯრედების კულტივირება. Hell-ას უჯრედები იზრდება სუსპენზიურ კულტურაში. საკვები არე ივლა +5%-იანი ხბოს შრატით.

კულტურის ნაწილობრივი სინქრონიზაცია ხდება ტემპერატურის 4°-მდე დაწევით ერთი საათის განმავლობაში.

კულტივირება მიმდინარეობს ჩვეულებრივად, 37°-ზე, 10—11 საათის შემდეგ ემატება კოლხიცინი 0,5—1 × 10⁻⁵ M კონცენტრაციით. 10 საათის შემდეგ უჯრედები გროვდენ ბაცენტრიფუგების საშუალებით, ნალექი ირეცხება 3-ჯერ (0,137M NaCl-ში, 0,005 M KCl-ში, 0,007 M NaH₂PO₄-ში, 0,025 M Tris pH—7,4).

ამ პროცედურის შედეგად უჯრედის 30% მეტაფაზის სტადიაზე ჩერდება.

2. ქრომოსომების იზოლაცია.

ა) ყველა ოპერაცია მიმდინარეობს 4° ტემპერატურაზე.

გარეცხილი ნალექის რესუსპენზირებას ახდენენ 15 მოცულობა (0,1 M საქაროზის ხსნარი, 7 × 10⁻⁴ M CaCl₂, 3 × 10⁻⁴ M MgCl₂), ხოლო 5 წუთის შემდეგ 3 მოცულობა (0,1 M საქაროზა, 7 × 10⁻⁴ M CaCl₂, 3 × 10⁻⁴ M MgCl₂, 3 × 10⁻³ M HCl) ხსნარებში (საბოლოო pH—3,0).

ბ) უჯრედების ჰომოგენიზაცია.

ჰომოგენიზაცია ტარდება Pottera-Elvehjen ჰომოგენიზატორში (კონტროლი მიკროსკოპით). დამუშავების დრო, ჩვეულებრივ, ერთი წუთია. მეტაფაზური უჯრედების დიდი ნაწილი ირღვევა. მიღებული ქრომოსომები ჩვეულებრივ განცალკევებულია.

გ) ქრომოსომათა გამოყოფა ბირთვებისა და ციტოპლაზმური ნაწილაკებისაგან.

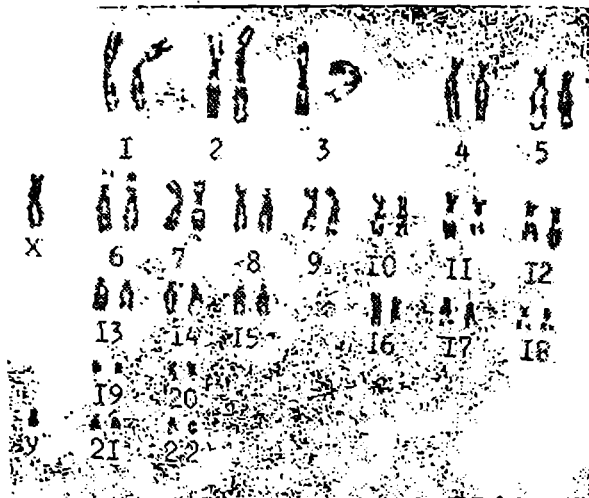
ჰომოგენატს აცენტრიფუგებენ 900 გ-ით 30 წთ-ის განმავლობაში. ნალექში ბირთვები, ქრომოსომები და დიდი ზომის უჯრედული ნაწილაკებია. ნაწილაკების დიდი ნაწილი ხსნარში რჩება. ნალექზედა ნაწილი სცილდება და ნალექი კვლავ რესუსპენზირდება HCM-ში ($7 \times 10^{-4} \text{ M CaCl}_2$, $3 \times 10^{-4} \text{ M MgCl}_2$, $1 \times 10^{-3} \text{ M HCl}$), ნალექის ყოველ მილიმეტრზე გამოიყენება 40 მლ HCM. სუსპენზია კვლავ ჰომოგენიზდება Pattera-Elvehjen ჰომოგენიზატორში ასოციატებისა და ცალკეული გროვის დასაშლელად გამოიყენება 20 მლ 0,1—0,8 საქაროზის ხაზობრივი გრადიენტი (HCM—3,0), რომელიც შექმნილია 250 მლ-იან ცენტრიფუგის სინჯარაში. გრადიანტს აცენტრიფუგებენ 450 გ-ით 20 წთ-ის განმავლობაში. ცენტრიფუგების შემდეგ ქრომოსომები განაწილებულია ფსკერიდან ზედაპირამდე, უხეში დიფერენციაცია—დიდი ქრომოსომები ახლოსა ფსკერთან, პატარა—ზედაპირთან. ციტოპლაზმური და ბირთვული ნაწილაკები ახლოა ზედაპირთან, ქრომოსომების გროვები ნალექშია. ნალექზედა სითხის 20 მლ-ს ამორებენ, დანარჩენი ამოიწოვება ისე, რომ ნალექი არ აიძვრეს. ფსკერზე ტოვებენ დაახლოებით 10 მლ-ს. ქრომოსომების შემცველ ნალექზედა სითხეს ურევენ და აცენტრიფუგირებენ 850 გ-ით 90 წთ-ის განმავლობაში. ნალექი ბირთვებს შეიცავს ძალიან მცირე რაოდენობით, მთელი ნალექის დნმ-ის 3%-ზე ნაკლებს, მაშინ, როდესაც დნმ-ანი ბირთვები დასაწყისში შეადგენენ 15%-ს ან მეტს. უჯრედული ნალექების მნიშვნელოვანი ასორბცია აღინიშნება ქრომოსომებზე. ნალექი რესუსპენზირდება HCM-ის დიდ მოცულობაში (10—15 მლ) და ქრომოსომების ასოციატების დასარღვევად ოდნავ ჰომოგენიზირდება.

სინჯარებში, რომლებშიც ჩასხმულია საქაროზის 2გ M ხსნარი HCM-ში, თითოეულში 10 მლ-ის რაოდენობით, ათავსებენ 15—20 მლ ქრომოსომების სუსპენზიას, აჩერებენ 3—4 სთ-ის განმავლობაში, გარკვეული გრადიენტის მისაღებად. შემდეგ აცენტრიფუგებენ 20000 RPM ერთი საათის განმავლობაში. ქრომოსომები ნალექშია, უჯრედების ზოგიერთი შემადგენელი ნაწილი მოათავსებულია ნალექზედა სითხეში, რომელსაც შემდგომ გადააქცევენ.

“Bending Pattern” გამოვლენის მეთოდი (151) (სურ. 38).

1. იღვმება პერიფერიული სისხლის ლეიკოციტების კულტურა;
2. ჰიპოტონიური დამუშავება 37°-ზე 10 წთ-ით;
3. ფიქსატორით დამუშავება (ძმარმეაფასა და მეთილის სპირტის ნარევი —

1 3).



სურ. 38. ადამიანის ქრომოსომებზე კონტრასტულად ღებვალი ზონების “Bending Pattern” ლოკალიზაცია ადამიანის ქრომოსომებზე (Schnedl, 1971).

4. ქრომოსომების პრეპარატები 90 წმ-ით თავსდება 0,07 M NaOH-ის 20°-ან გამთბარ ხსნარში;

5. 70°-ან ეთილის სპირტში გავლება;

6. 95°-ან ეთილის სპირტში ვალატანა და გაშრობა;

7. პრეპარატები 24 საათით თავსდება სორენსის ბუფერში (15 M K_2HPO_4 / Na_2HPO_4 , pH—6,8) 59°-ზე;

8. ირეცხება დისტილირებულ წყალში, შრება და იღებება გიმზის საღებავით, რომლის pH=7-ს.

მეორეული ქიმიების გამოყენების მეთოდი (152)

თუ ქსოვილთა კულტივირების დროს გამოიყენებთ უკალციუმო საკვებ არეს, მივიღებთ ქრომოსომებს სპეციფიკური შეუღლებავი რაიონებით, რომლებიც შეესაბამებიან მეორეულ ქიმიებს.

1. ინკუბაცია 37°-იან უკალციუმო საკვებ არეში;
2. კოლხიცინი ემატება 0,1 მკგ-მლ 1—1,5 საათის განმავლობაში;
3. შემდგომი პროცედურები მიმდინარეობს მურხედის მეთოდის შესაბამისად (122).

ქრომოსომათა ავტორადიოგრაფიული გამოკვლევის მეთოდი (153)

1. უკრედული კულტურა. ჩვეულებრივ გამოიყენება პერიფერიული სისხლის ლეიკოციტების მოკლევადიანი კულტურა და ემბრიონული ფიბრობლასტების კულტურა ზრდის ლოგარითმულ სტადიაში.

2. დანიშნული ნაერთი. ძირითადად გამოიყენება ტრიტიუმით დანიშნული თიმიდინი, დანიშნული თიმიდინის კონცენტრაცია ერთიდან ორ მკგ-მდე კულტურის ერთ მლ-ზე. საჭიროების მიხედვით H^3 -თიმიდინის შეყვანა კულტურაში შეიძლება 2—6 საათით — ხანგრძლივი დანიშვნა, ან 10—15 წუთით — იმპულსური დანიშვნა.

3. პრეპარატების დამზადება. კოლხიცინის დამატება, ჰიპოტონიური დამუშავება და ფიქსაცია ტარდება საყოველთაოდ მიღებული მეთოდით.

4. პრეპარატის ემულსიით დაფარვა. სასაგნე მინებს ემულსიით ფარავენ ბნელ ყუთში ოთახის ტემპერატურაზე, ჩვეულებრივ ფარავენ "M" ან "P" ტიპის (НИКФИ) ბირთვული ემულსიით, რომელიც წინასწარ გამთბარია 37°-მდე. ექსპონირების ხანგრძლივობა 3 კვირამდე. შემდეგ ემულსიას ამკლავებენ НИКФИ ამიდოლური გამამკლავებელით და ამაგრებენ მჟავე გამამაგრებელით.

5. ემულსიან პრეპარატებს ლებავენ ძირითადი საღებავებით (გიმზით, უნაბლუს მიხედვით და ა. შ.) და ახდენენ ანალიზისათვის გამოსადეგი მეტათაზების ფოტოგრაფირებას.

6. ფოტოგრაფირების შემდეგ ავტორადიოგრაფების ნიშანს აცილებენ სისხლის წითელი მარილითა და ნატრიუმის თიოსულფატის ნაჭერი ხსნარით დამუშავების გზით.

პრეპარატებიდან ემულსიის მოცილების ერთ-ერთი მეთოდი მოცემულია შმიდტის (153) შრომაში.

ა. საფარი მინები სცილდება ქსილოლის მეშვეობით (ერთი დღე-ღამის ლობაში ტოვებენ ქსილოლში).

ბ. დისტილარებული წყალი — 10 წუთი.

გ. სახსლის წითელი მარილი (7,6%)—3—4 წუთი.

დ. ნატრიუმის თიოსულფატი (20%) — 5 წუთი.

ე. დისტილარებული წყლის ორჯერ შეცვლა (ერთი წუთი თითოეულში).

ვ. 1.0%-იანი ტრიპსინი ფოსფატურ ბუფერში (pH = 7,2 — 7,8)
37° ტემპერატურაზე, 10 წთ.

ზ. გამდინარე წყალში გარეცხვა — 10 წთ.

თ. დისტილარებულ წყალში გარეცხვა და აშრობა.

ემულსიის მოცილების შემდეგ პრეპარატებს განმეორებით ღებავენ, ახდენენ იმავე მეტაფაზების ფოტოგრაფირებას, რომლებიც დანიშნული იყო ემულსიის მოცილებამდე.

ქრომოსომების ელექტრონულ-მიკროსკოპული გამოკვლევა (154), ელექტრონული მიკროსკოპის ბადეების დამზადება

1. ქრომოსომულ პრეპარატებს იღებენ მურხედისა და მისი თანაავტორების (122) მეთოდით, კულტივირებული პერიფერიული სისხლის ლეიკოციტებიდან.

2. უჯრედებს აფიქსირებენ ყინულოვან ძმარმყავასა და მეთანოლის ნარევაში (1:3) და განმეორებით ასუსპენზირებენ 45%-იან ძმარმყავაში.

3. მეტაფაზური ქრომოსომების მისაღებად სასაგნე მინებს, რომლებიც დაფარულია ნიტროცელულოზის შრით, წინასწარ ათავსებენ ამილ-აცეტატ-ცელოდი-ნის 1%-ან ხსნარში და აშრობენ ვერტიკალურ მდგომარეობაში დასა-დამზე.

4. ფირიან სასაგნე მინებს ათავსებენ 50° C-ზე გაცხელებულ თეფშზე და პიპეტით აწვეთებენ უჯრედულ სუსპენზიას.

5. ასეთ პრეპარატებს იკვლევენ ფაზოკონტრასტული მიკროსკოპით.

6. ცალკეულ სასაგნე მინებს აჭრიან ნაპირებს ფირის მოსაცილებლად.

7. მინის ჯამში ასხამენ 3 სმ² დისტილარებულ წყალს, რომელსაც უმატებენ ფორმალინის ერთ წვეთს.

8. ფირიან სასაგნე მინას ათავსებენ ამ წყლიან ჯამში, ცელულოდი-ნის სცილდება და ზედაპირზე ამოტივტივდება, სასაგნე მინებს იჭერენ წყლის ზედა-პირთან 45°-იანი კუთხით და ფრთხილად აცილებენ ფირს.

9. ელექტრონული მიკროსკოპის ბადეებს ათავსებენ წყალში მოტივტივე მოცილებულ ფირებთან მბრწყინავი ზედაპირით ქვევით და ამ ფირებს პინცეტის ბლაგვი ბოლოს დახმარებით აწებებენ მასზე.

10. ბადეებს აშრობენ სუფთა შენობაში, სადაც არ არის მტვერი, და იკვლევენ ფაზოკონტრასტულ მიკროსკოპში მეტაფაზიანი ბადეების გადასარჩევად.

11. ფირი მაგრდება ამ ბადეების ირგვლივ, სცილდება ფირფიტას და მზადაა შესაღებად.

ქრომოსომებიანი გამზადებული ბადეების შეღებვა ელექტრონულ მიკროსკოპში გამოკვლევისათვის

1. პოზიტიური შეღებვისათვის იყენებენ ურანილაცეტატსა და ტყვიის ციტრატს.

2. ნეგატიურად ღებვენ ფოსფოტუნგოს მკავათი (ფტმ) — pH—7,2-ის მეშვეობით, 20 წუთის განმავლობაში, რასაც თან სდევს ჭარბი წყლის მოცილება და გაშრობა.

3. მეტალური დაბნელება პლატინის ევანატორში 37°-ზე.

ქრომოსომების მიღება დიფუზური საქნის მეთოდით (იორდანოვისა და გრიგორიევის (155) მოდიფიცირებული მეთოდი).

1. დისტილირებულ წყალში ქათმის კვერცხიდან აცალკევებენ ცილას და რეცხავენ ორ ულუფა დისტილირებულ წყალში;

2. ცილას აფიქსირებენ 10%-ან ფორმალინში 10—12 საათის განმავლობაში;

3. ათავსებენ 80°-ანი სპირტის ორ ულუფაში თითო საათით;

4. ცილას ჭრიან წინასწარ დამზადებული ცელოფანის ფირფიტების (1—3 სმ დიამეტრის) ზომაზე;

5. შემდგომი მანიპულაციები ტარდება ბოქსში; ცილას რეცხავენ სტერილურ ფიზიოლოგიურ ხსნარში ერთი საათის განმავლობაში;

6. ცილის აპკს ათავსებენ ცელოფანის ფირფიტაზე;

7. გამზადებულ ე. წ. დიფუზურ საქნებს ალაგებენ გამზადებულ მინის ლიანდაგებზე;

8. საქნებს აშრობენ ერთი კვირის განმავლობაში. გაშრობის შემდეგ მათნი ღებვენ გასაზრდელ ცოცხალ ობიექტს, საქნებს ერთმანეთზე ალაგებენ და ცხოველის მუცლას ღრუში ათავსებენ (კურდღელი, ვირთაგვა, თაგვი);

9. 2—4 დღე-ღამის შემდეგ ახდენენ გაზრდილი ქსოვილის ტრიფსინიზაციას; (4 საათით ადრე უმატებენ კოლხიციხს);

10. ტრიფსინიზებულ ქსოვილს ამუშავებენ მურხედის (122) მეთოდით და ღებულობენ ქრომოსომულ პრეპარატებს.

მეიოზური სტადია

გარეგნულად მეიოზი მდგომარეობს უჯრედების ორ დაყოფაში, მაგრამ ქრომოსომების რიცხვის მხოლოდ ერთჯერადი გაორმაგებით. მეიოზი ისეთი მექანიზმია, რომლის მეშვეობითაც განაყოფიერებას შედეგად მიღებული ქრომოსომების პირველადი „სომატური“, ანუ დიპლოიდური რიცხვი, ორჯერ მცირდება, ასე რომ, გამეტები იღებენ მათ ჰაპლოიდურ რაოდენობას. პირველი დაყოფის დროს პროცესი დაკავშირებულია რიცხობრივ რედუქციასთან, ხოლო მეორე დაყოფა გარეგნულად მცირედ განსხვავდება ჩვეულებრივი მიტოზისაგან. მეიოზის ციკლებს აღნიშნავენ როგორც I და II დაყოფებს. რომლებშიც ქრომოსომები განიცდის კანონზომიერ ცვლილებებს (სურ. 39).

I დაყოფა
ინტერფაზა I პროფაზა
პროლეპტანემა
ლეპტონემა
ზიგონემა
პაქინემა
დიპლონემა
დიაკინეზი
I მეტაფაზა
I ანაფაზა
I ტელოფაზა

II დაყოფა
ინტერკინეზი II პროფაზა
II მეტაფაზა
II ანაფაზა
II ტელოფაზა

პრემეიოზურ ინტერფაზურ ბირთვებს დაახლოებით 20 მკ დიამეტრი აქვს (156). მკერვი, მუქად ღებვად ქრომატინში, ვარდა პერიფერიულად განლაგებული, ძლიერ ჰეტეროჰიკნოზური, ორად გაყოფილი და ბოლოებით შეერთებული ქრომოსომული სტრუქტურისა (5 და 11 მკ). გამოიყოფა დაახლოებით 15 პატარა სხვადასხვა ზომისა და ფორმის ქრომოცენტრი. ამ სტადიაზე აუტოსომურ ქრომოცენტრებსა და მთელ ჰეტეროჰიკნოზურ X-და Y-ქრომოსომებს შორის შეუძლებელია რაიმე ჰისტომორფოლოგიური სხვაობის დადგენა. ისინი შედგებიან მკიდროდ სპირალიზებული და ძლიერ ჰეტეროქრომატინ-დადებითი ქრომოსომული მასალისაგან (156).

პროფაზა I გრძელდება დროის დიდი მონაკვეთის განმავლობაში. რითაც იგი შეხამებულია სასქესო უჯრედების ზრდის პერიოდთან.

პ რ ო ლ ე პ ტ ო ნ ე მ ა . მეიოზური პროფაზის დასაწყისში იზრდება უჯრედთა ბირთვების მოცულობა. მკიდროდ შეერთებული X-და Y-ქრომოსომებისაგან წარმოიქმნება სფეროსებრი კარიომერი. ეუქრომატული აუტოსომური სეგმენტებიც ასევე დესპირალიზდება და შესაძლებელია მათი უფრო გრძელი მონაკვეთების შემჩნევა.

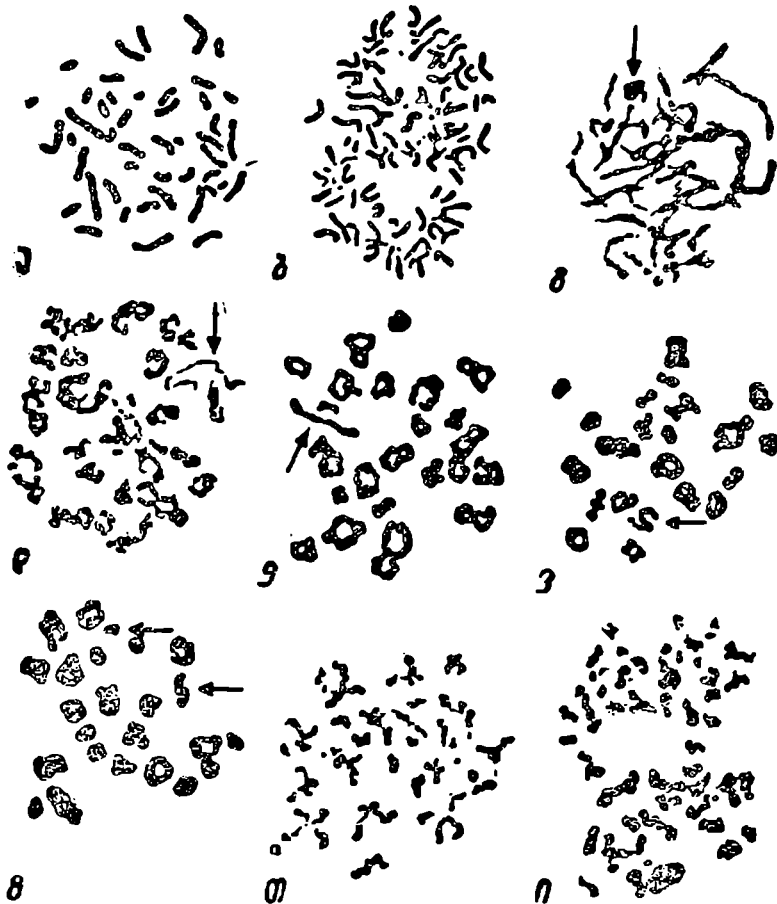
ლ ე პ ტ ო ნ ე მ ა . მიმდინარეობს შემდგომი დესპირალიზაცია და X-და Y-ქრომოსომების შეერთების სიმკვრივის შემცირება; ბირთულ გარსთან წარმოიქმნება ე. წ. სასქესო ბუშტუკი (157). ქრომოცენტრები, რომელთა რაოდენობა პრომეიოზურ ინტერფაზაში 15-ს უდრიდა; მათულობს და ლეპტონემაში 25—35-ს აღწევს. ეს განსხვავებები იმაზე მიუთითებს, რომ პრომეიოზური ინტერფაზის ქრომოცენტრები ორმაგი სტრუქტურები უნდა იყოს და, შესაძლოა, ეს ორმაგი სტრუქტურები ძირითადად ჰომოლოგიური მონაკვეთებისაგან შედგებიან. ლეპტონემური ბირთვის მთელი ქრომოსომული მასალა პრაქტიკულად მთლიანად დესპირალიზებულია. ამ ფაზაში ყველა ქრომოსომას მაქსიმალური ზომა აქვს (156).

ჯერ კიდევ ლეპტონემის სტადიის ბოლოს შეიმჩნევა მეიოზური ქრომოსომების სპირალიზაციის დასაწყისი. ჰომოლოგიური პეტეროქრომატული მონაკვეთები ერთმანეთთან ახლოს თავსდება, და, ამგვარად, მზადდება ქრომოსომების კონიუგაცია. კვლავ კონდენსარდება ჯერ კიდევ ლეპტონემაში ჩამოყალიბებული სასქესო ბუშტუკი და წარმოვიდგება ბირთვის პერიფერიაზე მდებარე მკვეთრად ფელგენ-დადებით ლებვად სხეულად. მრავალ პრეპარატში შეიმჩნევა სასქესო ქრომატინის სხეულაკის მსგავსი წარმონაქმნები (156).

ზ ი გ ო ნ ე მ ა ლეპტონემიდან ზიგონემაში გადასვლა ხდება სწრაფად. ქრომოსომების კონიუგაცია ყოველთვის წინ უსწრებს მათ სპირალიზაციას. ზიგოტენის სტადიაში ხდება ჰომოლოგიური ქრომოსომების შეერთება, ანუ კონიუგაცია. იგი თავიდანვე იმგვარად მიმდინარეობს, რომ ჰომოლოგიური ქრომოსომების შეერთება ხდება მთელი მათი სიგრძის გასწვრივ. კონიუგაციის გამომწვევი ძალების ბუნება ჯერჯერობით უცნობია. როდესაც ქრომოსომების ყველა მონაკვეთი წყვილებად ერთდება, იწყება პაქინემის სტადია.

პ ა ქ ი ნ ე მ ა (სურ. 40). დროის ამ ხანგრძლივი მონაკვეთის განმავლობაში სპირალიზაცია ძლიერდება, გვიან პაქინემურ სტადიაზე კი შეიძლება ცალკეული ქრომოსომული წყვილის შემჩნევა.

მაშასადამე, ორი ჰომოლოგიური ქრომოსომა ახლა ოთხი ქრომატიდითაა წარმოდგენილი. ჯერ კიდევ გაუყოფელი ორი ცენტრომერით წყვილად შეერთებულ ეს ქრომატიდები წარმოქმნის ტეტრადას.



სურ. 40. სხვადასხვა ტიპის დაყოფადი უჯრედები ადამიანის სათესლე ჭირკვლებიდან:
 ა — სპერმატოგონიალური მეტაფაზა; ბ — სპერმატოგონიალური ანაფაზა; გ — პაქინემა;
 დ, ე, ვ, ზ — დიაკინეზი, მეტაფაზა I; თ — მეტაფაზა II; ი — ანაფაზა II; ისრებით ნაჩვენებია
 სასქესო ქრომოსომები (Hulten, Lindsten, 1966).

ქრომოსომების ცალკეულ მონაკვეთზე შეიძლება სულ უფრო მზარდი განსხვავების შემჩნევა სპირალიზაციის ხარისხში. ეს მოვლენა და ქრომოსომული სეგმენტების დნმ-სა და რნმ-ს შემცველი ნივთიერებებით მზარდი დიფერენცირე-

ბულო დატვირთვა მნიშვნელოვანი და დამახასიათებელი ცვლილებებია პროფაზის ამ მონაკვეთებში. მასასადამე, პაქინემურ ბირთვში სასქესო ქრომოსომები ერთადერთი ელემენტებია. რომლებიც არ ამქლავნებენ პარალელურად განწყობის ტენდენციას და ერთდებიან ბოლოებით (156).

არის შემთხვევები, როდესაც X-და Y-ქრომოსომები ზოგიერთ უჯრედში არ ერთდება და გვხვდება ცალკეული, სხვადასხვა ზომის უნივალენტის სახით (158).

სასაქსა და მაკონის მონაცემებით (157) X-და Y-ქრომოსომების მოკლე მხრების დისტალური მონაკვეთები ერთდება.

ფორდსა და ჰემერტონს (158) დასაშვებად მიიჩნიათ ტერმინალური ქიაზმების წარმოქმნა X- და Y-ბივალენტში, მაშინ როდესაც სხვა მეკლევარები (157) ვერ პოულობენ ქიაზმებს ამ ბივალენტში. აუტოსომურ ქრომოსომებში ქიაზმების რაოდენობა ცვალებადობს 1-დან 6-მდე, საშუალოდ ერთ უჯრედზე კი — 49-დან 58-მდე. ქიაზმების რაოდენობის მიხედვით, ნორმალური და არანორმალური ქრომოსომული ნაკრებების მქონე ადამიანებში სხვაობა არ შეიმჩნევა.

ჩვეულებრივ დიდი რაოდენობით არსებული და ზომით ძალიან განსხვავებული ბირთვებში შეიძლება ბირთვში თავისუფლად მდებარეობდეს, თუმცა, მათთან ახლოს შეიძლება განლაგდეს ან მჭიდროდ დაუკავშირდეს სხვადასხვა ქრომოსომა. ასოციაციები თითქმის ყოველთვის წარმოიქმნება სასქესო და აუტოსომური ქრომოსომების ჰეტეროქრომატული სეგმენტებით, განსაკუთრებით თანამგზავრების მქონე აკროცენტრული ქრომოსომებით. პაქინემურ სტადიაში თითოეული ქრომოსომა შესამჩნევად მოკლდება და მსხვილდება, რაც დაკავშირებულია დაწყებულ და თანდათანობით პროგრესირებად სპირალურ დახვევასთან და ხვეულების დიამეტრის ზრდასთან. პაქინემური სტადიის ბოლოს ქრომოსომული ძაფების სიგრძე ძლიერ მცირდება.

როდესაც ჰომოლოგიურ ქრომოსომებს შორის ჩნდება რედუქციული ნაპრალი, ეს პროცესი დიპლონემურ სტადიაზე გადასვლის მაუწყებელია.

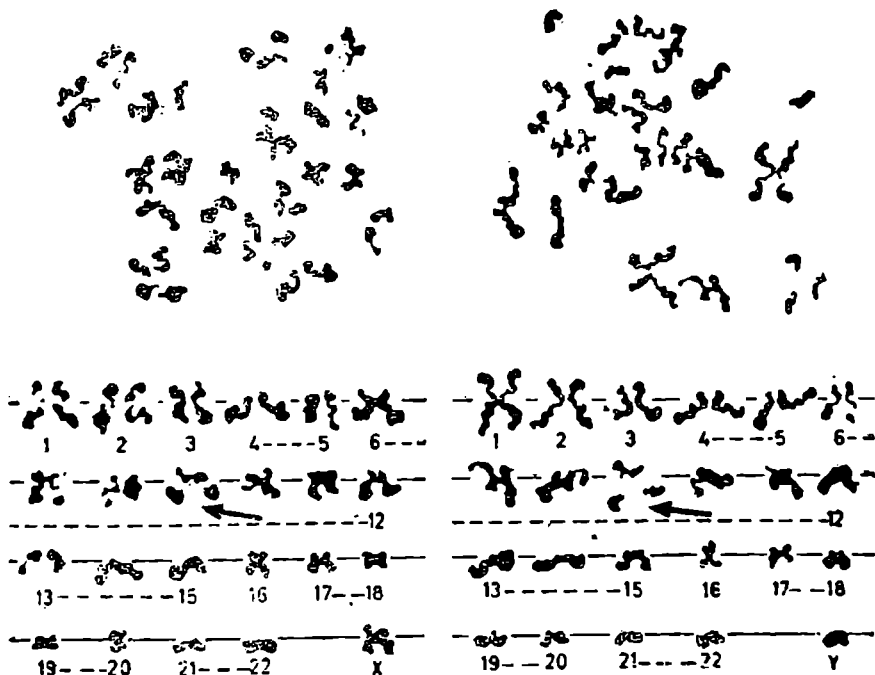
დ ი პ ლ ა ნ ე მ ა . დიპლონემის სტადიაზე წყვილში შემავალი ქრომოსომების იდენტური მონაკვეთების ურთიერთმიზიდულობის ნაცვლად მათ შორის იწყება ძალთა მოქმედება, რომლებიც იწვევენ ურთიერთგანზიდვას, რის შედეგადაც ხდება ქრომოსომების დათიშვა. ცენტრომერების დათიშვის დროს არამვილეული ქრომატიდების შეხების წერტილები გადაინაცვლებს ქრომოსომების დისტალური ბოლოებისაკენ, წარმოიქმნება X-მაგვარი ფიგურები (ქიაზმები).

ქიაზმების წარმოქმნას პირდაპირი კავშირა აქვს ქრომატიდებს შორის ერთნაირი ჰომოლოგიური მონაკვეთების გაცვლასთან. ქრომოსომების გადაჯვარედინებას დროს ხდება ჰომოლოგიურ ქრომოსომებს შორის გენების გაცვლა.

ლიაკინეზი (სურ. 40). ლიაკინეზის სტადიაზე სასქესო და აუტოსომურ ქრომოსომებს შორის განსხვავება შეკუმშვასა და ლებვადობაში მინიმუმამდე ქვეითდება. ეს მოვლენა განპირობებულია აუტოსომების მკვეთრი სპირალიზაციით. ქიაზმების რიცხვი მცირდება. ლიაკინეზის სტადიაზე ბივალენტები განმარტოვდება. ბირთვაკები იშვიათად შეიმჩნევა და ძალიან მცირე ზომისაა.

მეტაფაზა I. ეს სტადია დგება იმ დროს, როდესაც ბივალენტების ტეტრადის ქომოლოგიური ქრომოსომების ორივე ცენტრომერა განლაგდება ეკვატორულ სიბრტყეში.

ანაფაზა I. ანაფაზა I-ის განმავლობაში ქომოლოგიური ქრომოსომები, რომელთაგან თითოეული შეიცავს წყვილ-ქრომატიდს (ღიადები). მიემართება საპირისპირო პოლუსებისაკენ. X-და Y-ქრომოსომებიც განაწილდება საპირისპირო პოლუს-



სურ. 41. X- და Y-ქრომოსომიანი სპერმატოციტების მეორე რივის მეტაფაზებშითი კარიოგრამებით.

ისრით ნაჩვენებია დანახსიათებელი მეორეული კიბები (Freccaro et al., 1968).

სებისაკენ. გვიანი ანაფაზა I-ის პერიოდში სასქესო ქრომოსომები კვლავ მკაფიოდ გამოირჩევა ერთმანეთისაგან.

ტელოფაზა I. ქრომოსომები აღწევს პოლუსებს, დესპირალიზირდება და შემოისაზღვრება ციტოპლაზმისაგან ბირთვის გარსით.

ამის შემდეგ დგება ხანმოკლე ინტერკინეზი. ქრომოსომული მასალის არავითარი რედუბლიკაცია არ ხდება. ზოგჯერ ბირთვები ხილული ხდება, რაც მიუთითებს რნმ-ის სინთეზზე. დნმ-ის სინთეზი, როგორც ჩანს, არ ხდება.

ინტერფაზური ქრომოსომები გადადის ხანმოკლე პროფაზა II. აქ მიმდინარეობს მათი ახალი სპირალიზაცია, რის შედეგადაც ისინი ძალიან მოკლდებიან. მომდევნო მეტაფაზა II (სურ. 40, 41) განმავლობაში ბირთვის გარსის გახსნის შემდეგ ქრომოსომები განლაგდება ეკვატორულ სიბრტყეში. მომდევნო ანაფაზა II (სურ. 41) განმავლობაში ქრომატიდები (ქრომოსომების ნახევრები) მიემართება და განლაგდება საწინააღმდეგო პოლუსებზე. ტელოფაზა II-ში ქრომატიდები დესპირალიზდება და შემოისაზღვრება ციტოპლაზმისაგან ბირთვის გარსით. ამის შედეგად წარმოქმნილ უჯრედებს (ოთხ-ოთხი თითოეული სპერმატოციტისაგან) ეწოდება სპერმატიდები.

ქრომოსომების შესწავლა პირველი და მეორე დაყოფის მეიოზურ მეტაფაზებში (159)

1. ახლად აღებულ ტესტიკულურ ქსოვილს ათავსებენ იზოტონურ ხსნარში.
2. ტესტიკულარულ ქსოვილს აცლიან დაახლოებით 2 სმ სიგრძის სათესლე მილაკებს.
3. ასეთი ზომის ერთ-ერთ სათესლე მილაკს ათავსებენ მინის ჭურჭლის შუა ადგილზე. ფარავენ 2 მლ ბიდისტილირებული წყლით და ამ მდგომარეობაში ტოვებენ 30 წთ-ის განმავლობაში. ამ პროცედურების ბოლოს სათესლე მილაკი, თავის ზომასთან შედარებით, ჯირჭდება 3-ჯერ მეტად. გარშემო არსებული წყალი შთაინთქმება ფილტრის ქაღალდით.
4. ამის შემდეგ 0,5 მლ ყინულოვან ძმარმეყავას ასხამენ 15 წთ-ის განმავლობაში.
5. სათესლე მილაკს პინცეტით აქუცმაცებენ პატარა ფრაგმენტებად.
6. ეს პატარა ფრაგმენტები იჭირხნება საფარი მინით და იღებება ძირითადი საღებავებით.

აღამიანის პაქინემური (სურ. 11) ქრომოსომების მიღების მეთოდი (160).

1. ახალგაზრდა მამაკაცებს ოპერაციულა წესით უკეთებენ სათესლე ჭირკვლის ნაწილის ბიოფსიას;

2. ქსოვილის ნაწილები ნაწვერდება არე 199-ში 1 მმ ოდენობამდე და ფიქსირდება პიკრინმუავასა და არე 199-ის ნარევეში 1 7 შეფარდებით 24 საათის განმავლობაში ოთახის ტემპერატურაზე.

3. იღებება 2%-ანი აცეტორსენით 20 წთ-ის განმავლობაში და მზადდება დაჭირხნილი პრეპარატები.

ქრომოსომები ოვგენეზში (161).

1. ოპერაციული გზით ამოჭრილ საკვერცხეებს ან საკვერცხეების ნაწილს ათავსებენ 5%-ანი CO_2 (pH—7,2) სტაბილიზებულ არე 199-ის შემცველ ფლაკონებში. .

2. ამ მასალიდან იღებენ სიცოცხლისუნარიან კვერცხუჯრედებს და ინკუბაციის 25—26 საათის შემდეგ 10—15 წუთით გადააქვთ სამჩანაცვლებული ნატრიუმის ციტრატის 0,95%-ხსნარიან პეტრის ფინჯანში.

3. კვერცხუჯრედების შემცველ სამჩანაცვლებული ნატრიუმის ციტრატის ხსნარის ერთ წვეთს სასაგნე მიწაზე უმატებენ ფიქსატორის ნარევის (3:1-მეთანოლი, ძმარმუავა) მრავალ მიკროწვეთს და სწრაფად აშრობენ ჰაერზე. ეს გავრცელებული ტექნიკა უმნიშვნელოდაა მოდიფიცირებული ტარკოვსკის (162) მიერ.

4. შემდეგ ახდენენ მიღებული პრეპარატების ჰიდროლაზს 1N HCl 60°-ზე 15 წუთის განმავლობაში და ღებავენ შიფის რეაქტივით.

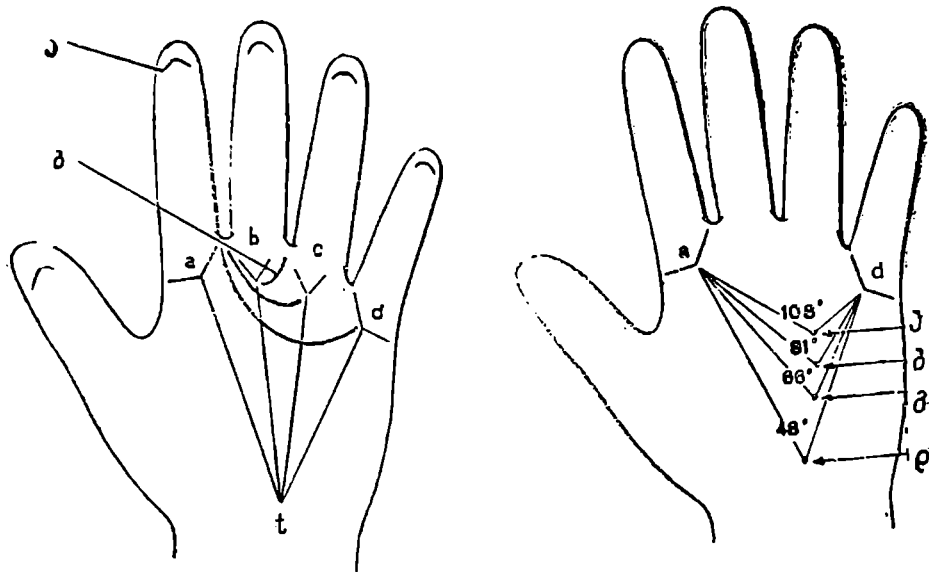
6. დერმატოგლიფიკა

(მეთოდის ანაბეჭდების მიღებისათვის)

დერმატოგლიფიკა შეისწავლება სასტამბო საღებავით მიღებული ანაბეჭდების მიხედვით. საღებავი სპეციალური პატარა რეზინის საგორავით გასუფთავებულ მინის ზედაპირზე ნაწილდება თხელ და თანაბარ ფენად. თითებს და ხელისგულს ადებენ მინის ზედაპირზე, შემდეგ კი თეთრ, პრიალა ქაღალდის ფურცელს. სწავლობენ თითების მოხაზულობას, პაპილარულ ხაზებს, ტირადიუსების მდებარეობას, $a+d$ კუთხეს, და, აგრეთვე, ხელისგულის მოხრის ნაოქებს (სურ. 42, 1).

თითების ბოლო ფალანგებზე პაპილარული ხაზები ქმნის მოხაზულობებს. რომლებიც იყოფა სამ ძირითად სახედ: 1. რკალი (a —arch), 2. მარყუჭი (loop), 3. წრეხაზი (W—Whorl). მარყუჭები შეიძლება მიემართებოდეს ღია ბოლოთი ცენტრისაკენ — რადიალური (r) ან ნეისაკენ — ულნარული (u). პაპილარული

ხაზები ხელისგულზე მიემართება პარალელურად, რომლებიც ერთმანეთს არ გადაკვეთენ. მაგრამ გარკვეულ ადგილებში ახლოვდებიან. პარალელური ხაზების სანი ნაკადის დაახლოებისას წარმოიქმნება ე. წ. ტრირადიუსები. ტრირადიუსები ხელისგულზე განლაგდება ფუძესთან a, b, c, d.



1

2

სურ. 42. 1 — ნორმალური ადამიანის დერმატოგლუფური სურათი:

ა — რეალი; ბ—III—IV თითებშირისი ზარყუვი; l — ტრირადუსი; 2 — ტრირადუსის დამახასიათებელი მდგომარეობანი - ნორმისა და სხვადასხვა პათოლოგიის დროს: ა—D ტრისომიის; ბ — დაუნის სინდრომის; გ—შერეშეესკი-ტურნერის სინდრომისა და დ — ნორმალური ინდივიდების შემთხვევებში (Penrose, 1963).

ქრომოსომულ დარღვევებთან თანხედენილ სხვადასხვა სინდრომის შემთხვევებში აღინიშნება ტრირადიუსის სპეციფიკური სურათი (სურ. 42, 2).

მ. მიკროსოკოპული ტექნიკა (103, 164)

მიკროსკოპი (სინათლის მიკროსკოპი). მიკროსკოპი (ბერმან. მიკროს—მცირე, სკოპო—ვხედავ) ეწოდება რთულ ოპტიკურ იარაღს; რომელიც, ჩვეულებრივ, შედგება ლინზების ერთი ან ორი ოპტიკური სისტემი

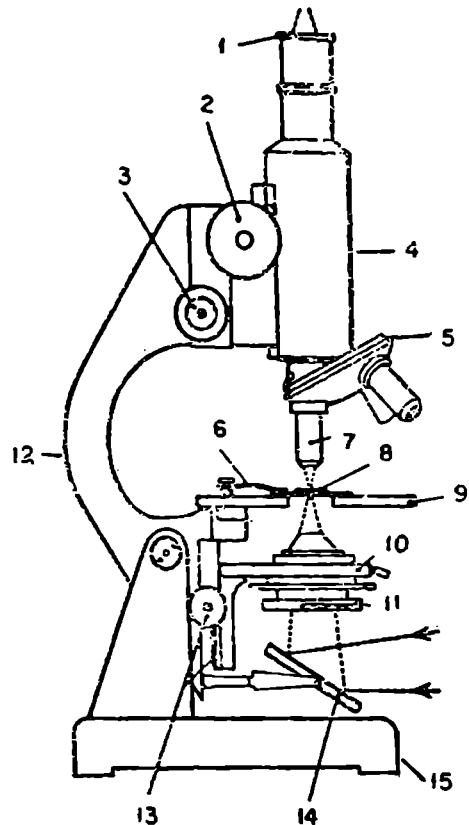
საგან. პირველ შემთხვევაში მას ეწოდება „მარტივი“ მიკროსკოპი, ანუ ლუპა, მეორე შემთხვევაში — „რთული“ მიკროსკოპი, ანუ უბრალოდ, მიკროსკოპი (სურ. 43).

ერთი ოპტიკური სისტემით — ობიექტივით გადიდებული შებრუნებული და ნამდვილი გამოსახულება მიკროსკოპში განიხილება მეორე ოპტიკური სისტემით — ოკულარით, რომელიც იძლევა გადიდებულ, პირდაპირ და მოჩვენებით გამოსახულებას. ამ ორი ოპტიკური სისტემის კომბინაცია იძლევა საგნის გადიდებულ, შებრუნებულ და მოჩვენებით გამოსახულებას.

მიკროსკოპში ათვალიერებენ ძლიერ მცირე, თვალისთვის შეუძენველ არათვითმზათ საგნებს, რომელთა შემადგენელი ცალკე ნაწილები ამა თუ იმ დონით შეეფარდებიან სინათლის ტალღის სიგრძეს.

მიკროსკოპის მთავარი ნაწილია ლინზები, რომელთა თვისებები არსებით გავლენას ახდენს მიკროსკოპის ხარისხზე მთლიანად.

მიკროსკოპის მიერ გადიდებული საგნების სტრუქტურათა დეტალების მკაფიოდ გამოვლინება განისაზღვრება მის ოპტიკურ სისტემაში სხივების გეომეტრიული ზუსტი შეერთებით და მიკროსკოპის გარჩევის (გადამწყვეტი) უნარით. მიკროსკოპის გარჩევის უნარი მთლიანად დამოკიდებულია ორ სადიდებზე: სინათლის ტალღის სიგრძესა და ე.წ. რიცხვით აპერატურაზე.



სურ. 43. სინათლის მიკროსკოპის სქემატური გამოსახულება:
 1 — ოკულარი; 2 — მიკრომეტრული ხრახნი; 3 — მიკრომეტრული ხრახნი; 4 — ტუბუსი; 5 — რევილვერი; 6 — პოპარატის დასამაგობელი; 7 — ობიექტივი; 8 — პრეპარატი; 9 — მიკროსკოპის ძაგია; 10 — კონდენსორი; 11 — ღიაფრეკა; 12 — ეერტყალური სეგტი; 13 — კონდენსორის ხრახნი; 14 — სარკე; 15 — მიკროსკოპის დგამი (Bartolos, Baramki, 1967).

მიკროსკოპის ხარისხი დამოკიდებულია სამ მთავარ მაჩვენებელზე:

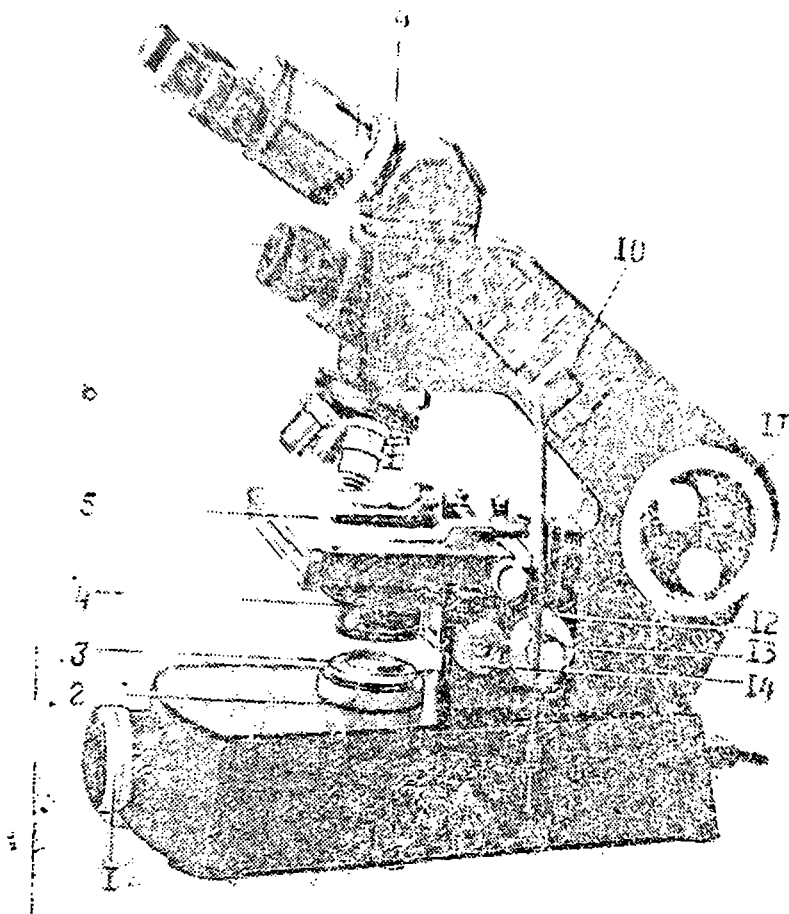
1. მიკროსკოპის გამაღიდელობაზე, 2. მიკროსკოპში სხივების შეერთების გეომეტრიულ სიზუსტეზე (ამ სიზუსტეზეა დამოკიდებული განსახილველი საგნის მკვეთრი და ზუსტი კონტურის მიღება), 3. მიკროსკოპის გადამწყვეტ (გარჩევის) უნარზე, ანუ მიკროსკოპის უნარზე მოგვეცეს გამოსაკვლევი ობიექტის უაგებულებას დეტალები.

ბ ი ო ლ ო გ ი უ რ ი მ ი კ რ ო ს კ ო პ ი მ ბ ი — 3. მიკროსკოპის საერთო გადიდება — $75X$ — $1350X$. ვიზუალური დაკვირვებისათვის განკუთვნილია დახრილი ბინოკულარული სპეციალური ჩამოსაცმელი $1,5 X$ გადიდებით. მას თან ერთვის ვერტიკალური ჩამოსაცმელი გამოსაწევი ტუბუსით (მიკროფოტოდანადგარი).

1. ობიექტივები აპოქრომატულია $10X$ — $0,30$; $20X$ — $0,65$; $60X$ — $1,0$; $90X$ — $1,3$ საკუთარი გამაღიდელობითა და რიცხვითა აპერატურით. ოკულარები კომპენსაციურია $5X$, $7X$, $10X$, $15X$ და $20X$; ორ უკანასკნელს იყენებენ მხოლოდ ფოტოგრაფირების დროს. ძვირადღირებული იმერსიული აპოქრომატული ობიექტივის შენახვის მიზნით კომპლექტში ჩართულია ჩვეულებრივი აქრომატული ობიექტივი $90X$ — $1,25$.

უ ნ ი ვ ე რ ს ა ლ უ რ ი ს ა კ ვ ლ ე ვ ი მ ი კ რ ო ს კ ო პ ი მ ბ ი — 11. AY-26 ბინოკულარული ჩამოსაცმელით; ჩართული აქვს სინათლის წყარო $12V$, $100 W$ ნათურა და მოცილებადი სარკე, რომელიც გარეშე სინათლის წყაროს გამოყენების შემთხვევაში იძლევა. ობიექტებზე დაკვირვება შეიძლება გამავალ და არეკლილ სინათლეში, ნათელ და ბნელ ველებში, აგრეთვე ქვემოდან და ზემოდან, ობიექტის ერთდროული განათებისას. გამავალ სინათლეში გადიდება $92,4X$ — დან $2700X$ — მდეა $1,3$ მაქსიმალური აპერატურის შემთხვევაში. გამავალი სინათლისათვის აპოქრომატული ობიექტივებია: $10X$ — $0,3$; $20X$ — $0,65$; $40X$ — $0,95$; $60X$ $1,0$ — $0,7$ (ზეთიანი იმერსია); $70X$ — $1,23$ (წყლიანი იმერსია); $90 X$ — $1,30$ (ზეთიანი იმერსია). არეკლილი სინათლისათვის აქრომატული ობიექტივებია — $9X$ — $0,20$; $21X$ — $0,40$; $40X$ — $0,65$ და $95X$ — $1,0$, ოკულარების ვიზუალური დაკვირვებისათვის: კომპენსაციური $7X$ და $10X$, კომპენსაციური გამზომი $7X$, ჰუგენსის $7X$. კონდენსორი ალანატურია (OII—14) კომპლექტში არის ბნელი ველის კონდენსორიც (OII—13).

ციტოგენეტიკური კვლევების ჩატარებისათვის ერთ-ერთ კარგ მიკროსკოპად რეკომენდებულია ბინოკულარული მიკროსკოპი „მიკროფოტ D—16B“ (სურ. 44). მიკროსკოპს დართული აქვს ფოტოდანადგარი, რომლის საშუალებითაც მარტივი ხერხით შესაძლებელია ფირზე ქრომოსომული პრეპარატების გადაღება. მიკროსკოპი აღჭურვილია აქრომატული ობიექტივებით: $6,3X$ — $0,15$; $25X$ — $0,40$; $40X$ — $0,65$ და $100X$ — $1,3$ (ზეთიანი იმერსია) და ჰუგენსის ოკულარებით: $6,3X$; $8X$; $10X$.



სურ. 44. ბინოკულარული მიკროსკოპი „მიკროფოტ D-16B“:

1 — საველე დიაფრაგმის სახელური; 2 — განათების მაცენტრირებელი მოწყობილობა; 3—4 — ობიექტური ფირფიტების დამკერები; 5 — მაგლა პრეპარატის საკერები; 6 — რეველვერი ობიექტივებით; 7 — დამატებითი ოკულარის დიაფრაგმა; 8 — ტუბუსი; 9 — ტუბუსის სამაგრი რგოლი; 10 — ექსპოზიციის დასაყენებელი მოწყობილობა; 11 — ფოტოკამერა; 12 — მაკროხრანნი; 13 — მიკროხრანნი; 14 — კონდენსორის ხრანნი.

სპეციალური დანიშნულების მიკროსკოპი ბიოლოგიური მიკროსკოპები: МБН-12, МБН-13 და МБН-14 პირველი ორი განკუთვნილია სამეზოდ ონკოლოგიის, ვირუსოლოგიის, ექსპერიმენტული ჰისტოლოგიისა და ციტოლოგიის განხრით. ვიზუალური დაკვირვებისა და ფოტოგრაფირების ვარდა. აღნიშნული მიკროსკოპები ახდენენ ქსოვილოვანი კულტურებს კნოკადალებს 25—42°-ზე. ფოტოგრაფირებას ახდენენ ფოტოკამერა „ზორკას“ მეშვეობით, ხოლო კნოკადალება შესაძლებელია კნოკამერებით: КСР-1М ან СР. МБН-12 და МБН-13 კონსტრუქციით მთლიანად შეესაბამება ერთმანეთს, განსხვავდება მხოლოდ იმით, რომ МБН-13-ის კომპლექტს დართული აქვს კნოკამერა. МБН-12-ს კი კნოკამერა არა აქვს. ვიზუალური დაკვირვებისას ვამაღიდებლობა შეესაბამება 21X—900X-ს. ფოტოგრაფირებისას — 10,5X—532X-ს. კნოკადალებისას КСР-1М კამერით — 4,8X—311X-ს. МБН-14 მიკროსკოპი განკუთვნილია ვიზუალური დაკვირვებისა და ფოტოგრაფირებისათვის, როდესაც ობიექტები მოთავსებულია სპეციალურ ფლუორებში. პეტრის ფინჯნებში, კუვეტებში. მიკროსკოპს იყენებენ ემბოიოლოგიაში, გენეტიკაში, ჰიდრობიოლოგიაში. მას თან ერთვის КСР-1М კნოკამერა.

პოეპარატების შესაძარებელი მიკროსკოპი МС—51. განკუთვნილია ორი შესადარებელი მიკროპარატის გამოსკვლევად; მუშაობს როგორც გამავალ, ასევე არეკლ შუქზე და ფაქტურად შედგება МБР-1 ტიპის ორი მიკროსკოპისაგან, რომელთაც დამოუკიდებელი გამანათვლებელი სისტემები და საერთო ოქულარი აქვთ.

ობიექტივები აქრომატულია 3,7X—0,11; 9X—0,20; 40X—0,65; 90X—1,25 გამაღიდებლობითა და რიცხობრივი აპერატურით. 3,7X და 9X ობიექტივები მუშაობს როგორც გამავალ, ისე არეკლ შუქზე, 40X და 90 X ობიექტივები — მხოლოდ გამავალ შუქზე და 0,17 მმ-ანი საფარი მინებით.

ოქულარები: კელნერის 7X, სიმეტრიული 15X და კომპენსაციური 15X კონდენსორები ორლინზიანია 1,2 აპერატურით.

მიკროსკოპს თან ერთვის ჩამოსაცმელი ფოტოკამერით 6,5X9 სმ, QN-5M ტიპის გამანათებლები და ორი სადაბლებელი ტრანსფორმატორი, რომლებიც გათვალისწინებულია 110—127—220:8W ცვლად ძაბვაზე.

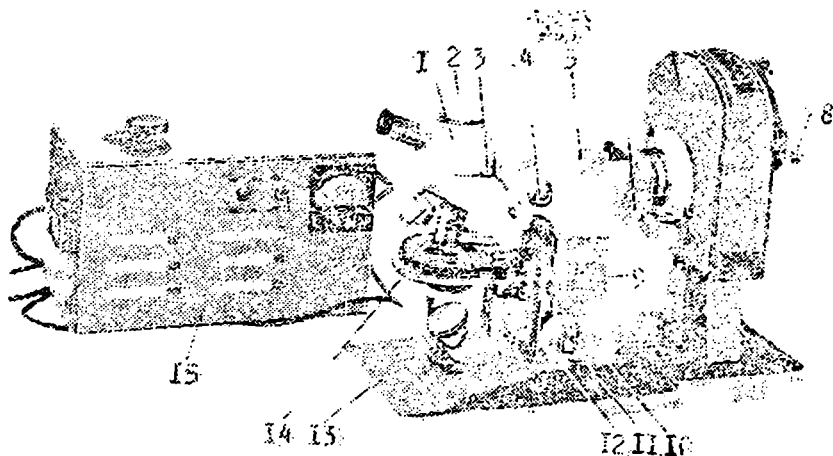
მიკრომანიპულატორი. მიკრომანიპულატორი მიკროსკოპთან დაკავშირებული ხელსაწყოა, რომლის საშუალებით ასრულებენ სხვადასხვა მანიპულაციას უჯრედებსა და მათ პროდუქტებზე. მანიპულაციისათვის მიკრომანიპულატორს აქვს სპეციალურად მოწყობილი და ზუსტად მოქმედი უწყრილესი ინსტრუმენტები. ამ ინსტრუმენტებს, ჩვეულებრივ, თვით ექსპერიმენტატორი ამზადებს მინისაგან და ამაგრებს სპეციალურ დამკერებში. ამ მიკროინსტრუმენტების მოძრაობა

ხორციელდება ხრახნების ორგვარი სისტემით. ხრახნების ერთი სისტემა განკუთვნილია ტლანქი მოძრაობისათვის, მეორე — ზუსტი მოძრაობისათვის. თანამედროვე გაუმჯობესებული მიკრომანიპულატორები მოძრაობს პნევმატური გადაცემის საშუალებით.

გამოსაკვლევი ობიექტი მიკროსკოპის მაგილაზე, ჩვეულებრივ, თავსდება სველ კამერაში. ინსტრუმენტების მოძრაობა კონტროლდება მიკროსკოპით.

სველი კამერა ასანთეს კოლოდის ფორმის პატრა ყუთთა, რომლის სახურავი და ძირი დამზადებულია გამკვირვალე მასალისაგან. გვერდითი კედლები კი — ლითონისაგან. გვერდით კედლებში სველ კამერას აჭვს მიკროინსტრუმენტების შესტანი ხვრელები.

ლუმინესცენციური (ფლუორესცენციური) მიკროსკოპი (163) (სურ. 45). ლუმინესცენცია (ლათ. ლუმენ—სინათლე) ეწოდება ნივთიერების მიერ



სურ. 45. ლუმინესცენციური მიკროსკოპი „M.A.—3“:

- 1 — მიკროსკოპის თავი; 2 — მიკროსკოპის სახურავი; 3 — სახელური; 4 — აპერტურული დიფრაქტორი; 5 — მიკროსკოპის ფილტრები; 6 — ლოკალიზაციის ადგილი; 7 — ტუბუსი; 8 — გამანათებელი; 9 — გამანათებლის ხრახნი; 10 — პრეპარატის სამოძრავე ხრახნი; 11 — ტუბუსის დამკვირ; 12 — მიკროხრახნი; 13 — საყრდენი; 14 — სასაგე მაგილა; 15 — ელექტროპულტი.

სინათლის გამოსხივებას წინასწარ შთანთქმული ენერჯის ხარჯზე. არჩევენ ლუმინესცენციის ორ სახეს: ფლოუორესცენციასა და ფოსფორესცენციას. თუ ნივთიერე

რეპიდან სინათლის გამოსხივება ხდება მხოლოდ იმ მომენტში, როცა იგი განიცდის დასხივებას, მაშინ მას ეწოდება ფლუორესცენცია (აგზნების შეწყვეტასთან ერთად ქრება ფლუორესცენცია). თუკა გამოსხივება გრძელდება უფრო დიდხანს. მაშინ მას უწოდებენ ფოსფორესცენციას. როგორც ცნობილია, თვალი ხედავს ისეთ სხივებს, რომელთა ტალღის სიგრძე ცვალებადობს 4000-დან 7500 ანგსტრე-მამდე.

ფლუორესცირებული სინათლის ტალღის სიგრძე ყოველთვის უფრო მეტია, ვიდრე მისი ამგზნები სინათლის ტალღის სიგრძე (სტოქსის კანონი), თუ ნივთიერება აგზნებულია ლურჯი სხივებით, არ შეიძლება მოხდეს მისი ფლუორესცირება იისფერი სხივებით. ამ შემთხვევაში ფლუორესცენცირება შეიძლება მოხდეს მხოლოდ ლურჯ ფერთან შედარებით, უფრო გრძელტალღიანი სინათლით, მაგალითად, მწვანე, ყვითელი ან წითელი სხივებით. ამიტომ, სტოქსის კანონის თანახმად, ადამიანის თვალი ლუმინესცენციურ მიკროსკოპში დანახავს ულტრაიისფერი სხივებით გაშუქებულ ობიექტს.

სხვა წყაროებთან შედარებით, ყველაზე დიდი რაოდენობით ულტრაიისფერ სხივებს იძლევა ვერცხლისწყლიანი ნათურები.

ვერცხლისწყლიან ნათურებს შორის ლუმინესცენციის ასაგზნებად ყველაზე კარგია ვერცხლისწყლიანი კვარცის ნათურები — PK-2 და PK-4 ტიპის.

ულტრაიისფერი სხივების მისაღებად იყენებენ აგრეთვე ელექტრორკალს.

ფილტრების დანიშნულებაა არ გაუშვას ულტრაიისფერზე უფრო გრძელტალღიანი სხივები. ფილტრი უნდა ჩაიდგას ულტრაიისფერი სხივების მომცემ წყაროსა და მიკროსკოპის სარკეს შორის. ამავე დროს საჭიროა ოკულარზე მკრთალი ყვითელი ფერის ფილტრის მოთავსება. მისი დანიშნულებაა თვალის დაცვა იისფერი სხივებისაგან.

არჩევნ პირველად და მეორეულ ფლუორესცენციას.

პირველადი, ანუ ბუნებრივი ფლუორესცენცირების შემთხვევაში პრეპარატი ყოველგვარი დამუშავების გარეშე თავისთავად იძლევა გამოსხივებას.

მეორეული ფლუორესცენცირება ხდება პრეპარატების გარკვეული რეაქტივებით დამუშავების შედეგად. პრეპარატი ეფექტურად შეიღებება იმ შემთხვევაში, თუ საღებავი ძლიერ განზავებულია.

მეორეული ფლუორესცენცირების შესაძლებელია ფერების დიფერენცირების უფრო მეტი სხვადასხვაობის მიღება.

ფლუორესცენციური მიკროსკოპია მეტად პერსპექტულია, იძლევა ქრომოსომებში ჰეტეროქრომატული უბნების განაწილების დადგენის შესაძლებლობას.

ფ ა ზ უ რ - კ ო ნ ტ რ ა ს ტ უ ლ ი მ ი კ რ ო ს კ ო პ ი ა (163). ფაზური კონტრასტების მეთოდი იმაში მდგომარეობს, რომ მისი მეშვეობით მიკროსკოპში

მივიღებთ ისეთ კონტრასტულ გამოსახულებას, რომელშიაც ინტენსივობის განაწილება შეესაბამება ობიექტივში ფაზების განაწილების სხვაობას. ამ შემთხვევაში მოსახერხებელია მიკროსკოპში თვალისათვის „უჩინარი“ ობიექტების დანახვა; ეს შესაძლებელია როგორც თეორიულად, ისე პრაქტიკულად. ამისათვის საჭიროა ფაზური მესერის მიერ მოცემული სპექტრის ხელოვნურად შეცვლა იმგვარად, რომ იგი წაავადეს ამპლიტუდური მესერის სპექტრს. ამ მიზნით, ობიექტივის ფოკალურ სიბრტყეში ათავსებენ რგოლის ფორმის ფაზურ ფირფიტას, რომელიც ფარავს ე. წ. ცენტრალურ მაქსიმუმებს, — 50%-ით ამცირებს ინტენსივობას და 90°-ით ცვლის მის ფაზას. ამის შედეგად პრეპარატის ფაზური ელემენტების გამოსახულება კონტრასტული ხდება.

ამრიგად, ფაზურ-კონტრასტული მიკროსკოპია ხედვის ნათელ ველში იძლევა ცოცხალი და შეუღებავი ობიექტის კონტრასტული გამოსახულების დანახვის საშუალებას.

ფაზური კონტრასტების მეთოდით დაკვირვებისათვის საჭიროა: 1. სპეციალური ობიექტივები — აქრომატები; 2. სპეციალური რევოლვერული კონდენსორი დიაფრაგმებით; 3. სპეციალური დამხმარე მიკროსკოპი.

ინტერფერენციული მიკროსკოპი (163). ბიოლოგიური ობიექტების ინტერფერენციულ მიკროსკოპში გასინჯვა დამოკიდებულია ობიექტივში გავლილი სინათლის ტალღის ფაზურ ცვლილებებზე.

ამ დროს ობიექტის პირვანდელი არაკონტრასტული გამოსახულება უცვლელი რჩება, მეორეული გამოსახულების მიღების დროს კი მას ემატება მეორე, რამდენადმე შეცვლილი ფაზის მქონე სინათლის ტალღა.

ამ შემთხვევაში ერთმანეთს ხედება ერთი და იგივე წყაროდან გამოსული სინათლის ორგვარი ტალღა: ერთი მხრივ, სინათლის ტალღა, რომელიც ინარჩუნებს პირვანდელ ფაზას, რომელიც ერთნაირია ხედვის ველის ყველა წერტილში, ხოლო, მეორე მხრივ, სინათლის ტალღა, რომელმაც ობიექტის სათანადო წერტილებში განიცადა ფაზის შეცვლა. ამ ორგვარი — შეცვლილი და შეუცვლელი ფაზის მქონე სინათლის ტალღების ინტერფერენციის შედეგად წარმოიქმნება კონტრასტული გამოსახულება. ინტერფერენციის დროს, ტალღის დიდი დიაპაზონის შემცველი თეთრი სინათლით გაშუქებისას, ობიექტში ზოგჯერ შეიძლება წარმოიქმნას შედეგილი გამოსახულებაც.

ინტერფერენციული მიკროსკოპი, ფაზურ-კონტრასტულ მიკროსკოპთან შედარებით, დამატებით შეიცავს ნაპრალისებრ დიაფრაგმას და ინტერფერენციულ ფირფიტას. პირველი თავსდება კონდენსორის ქვემოთ, მეორე — ობიექტივის უკანა ფოკუსურ სიბრტყეში. სწორედ ინტერფერენციულ ფირფიტაში დიფრაქციის შედეგად წარმოიქმნება ზემოთ აღნიშნული სინათლის დამატებითი ტალღა.

ინტერფერენციული მიკროსკოპის ნაწილებია: 1. ბიოლოგიური მიკროსკოპი (МБИ-3 ან МБИ-4); 2. სპეციალური ჩამოსაცმელი, რომელიც თავსდება მიკროსკოპის რეველვერსა და ოკულარის დახრილ მილს შორის; 3. სპეციალური კონდენსორი, რომელიც წააგავს ფაზურ-კონტრასტული მიკროსკოპის კონდენსორს და 4. დამხმარე მიკროსკოპი (МИР-4).

ფაზურ-კონტრასტული მიკროსკოპირების დროს, საჭირო მანიპულაციების გარდა, ინტერფერენციული მიკროსკოპის გამოყენებისას იწყებენ კომპენსატორის რეგულირებას, რომელიც მოთავსებულია ჩამოსაცმელის ზემო ნაწილში. კომპენსატორის რეგულირებით შესაძლებელია ფაზისა და ფაზური რგოლის ამპლიტუდის ხელსაყრელი მნიშვნელობის შერჩევა.

ულტრაიისფერი მიკროსკოპი (163). პირველად ულტრაიისფერი სხივები გამოყენებული იყო მიკროსკოპის გარჩევის უნარის გასადიდებლად. ამჟამად ულტრაიისფერი მიკროსკოპი გამოყენებულია შეუღლებავი ბიოლოგიური ობიექტების, კერძოდ, უჯრედის სტრუქტურის გამოსაკვლევად, ვინაიდან აღმოჩნდა, რომ ბევრ ნივთიერებას ახასიათებს ამა თუ იმ სიგრძის ულტრაიისფერი ტალღების შთანთქმის უნარი. გარდა ამისა, ამავე საფუძველზე შესაძლებელი გახდა ცოცხალ ობიექტებში წვრილი ნაწილაკების ქიმიური შედგენილობის გარკვევა (ციტოქიმიური გამოკვლევა). ამ მხრივ ზოგ შემთხვევაში შესაძლებელი გახდა იმის დადგენა, თუ რომელ ჰისტოლოგიურ სტრუქტურასთანაა დაკავშირებული ნივთიერებათა ცვლის ესა თუ ის მომენტი.

ამგვარად, ულტრაიისფერი მიკროსკოპის გამოყენებამ გარკვეულ ნაწილში გააერთიანა ციტოლოგიისა და ბიოქიმიის კვლევის ინტერესები.

ამჟამად არსებობს ულტრაიისფერი მიკროსკოპის გაუმჯობესებული მოდელი МУФ-3, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია მიკროსკოპული პრეპარატების გამოკვლევა 250-დან 400 მკმ-მდე ტალღის სიგრძის ულტრაიისფერი სხივებით.

ულტრაიისფერ მიკროსკოპში გამოყენებულია კვარცისა და სარკე-ლინზიანი ობიექტივები როგორც ფოტოგრაფირების, ისე ვიზუალური დაკვირვებისათვის. გარდა ამისა, ულტრაიისფერ მიკროსკოპს დართული აქვს აქრომატული ობიექტივები ხილული სინათლით სარგებლობისათვის და ოკულარების წყება როგორც ფოტოგრაფირების, ისე ვიზუალური დაკვირვებისათვის.

სინათლის წყაროდ დიდი წნევის ქვეშ იყენებენ ვერცხლისწყლის ორთქლით სავსე ნათურას СБПШ-250-3, რომელიც იძლევა ულტრაიისფერი სპექტრის გრძელ ტალღებს (250 მკმ-დან — 400 მკმ-მდე). სპექტრის სხვადასხვა არეში სხივების ვიწრო კონის გამოსაყოფად ხმარობენ სპეციალური მინისაგან დამზადებულ ფილტრებს.

ულტრამიკროსკოპირების დროს ადამიანის მხედველობის ორგანოს შემგრობნობი აპარატის აღქმის უნარის მიხედვით იყენებენ სამი ფერის: წითელ, მწვანე

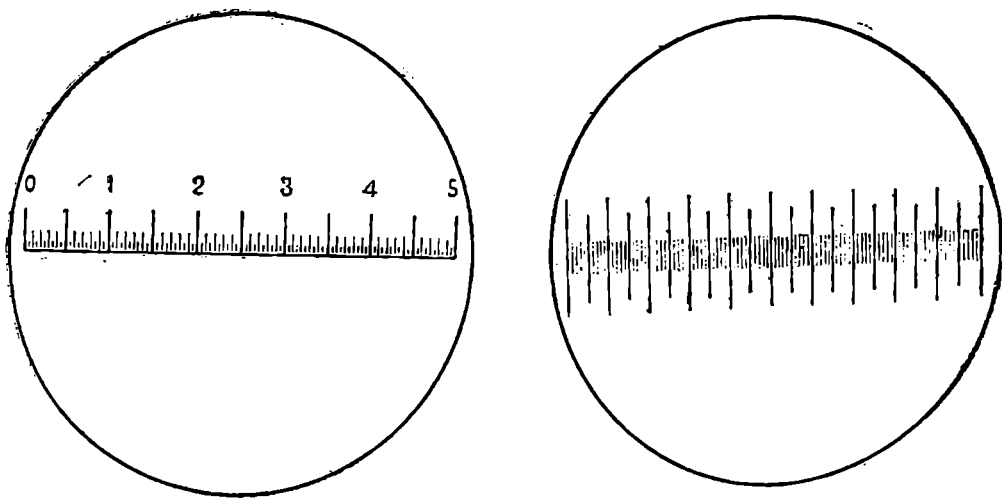
და ლურჯ ფილტრებს; წითელს — 365 მკმ, მწვანეს — 313 მკმ, ლურჯს — 280—265 მკმ სიგრძის ტალღისათვის.

ბიოლოგათათვის უფრო საინტერესოა სპექტრის იმ არის გამოყენება, რომელიც წარმოდგენილია 250—300 მკმ სიგრძის ტალღებით.

მიკროსკოპული პრეპარატის გაზომვა (მიკრომეტრია) (163). მიკროსკოპული პრეპარატის გაზომვისათვის იყენებენ ორ ხელსაწყოს: ობიექტივმიკრომეტრსა და ოკულარმიკრომეტრს.

ობიექტივმიკრომეტრი სასაგნე მინაა (სურ. 46, ა), რომლის ცენტრში მოთავსებულია კანადის ბალზამით დაწებებული მრგვალი ფორმის საფარი მინა. საფარ მინაზე აღნიშნულია სკალა, ერთი მილიმეტრი დაყოფილია 100 ტოლ ნაწილად, ე. ი. სკალის თითოეული დანაყოფი უდრის 10 მიკრონს. ობიექტივმიკრომეტრით სარგებლობის გასაადვილებლად 100-დანაყოფიან სკალაზე თითოეული 5 და 10 დანაყოფი გამოყოფილია უფრო თვალსაჩინოდ. ერთეულ დანაყოფებთან შედარებით, ხუთეული დანაყოფები უფრო გრძელი ხაზებითაა ერთმანეთისაგან გამოყოფილი, ხოლო ათეულ დანაყოფებს შორის ხაზები კიდევ უფრო გრძელია.

ოკულარმიკრომეტრი მინის მრგვალი ფირფიტაა (სურ. 46, ბ). მისი დიამეტრი ჩვეულებრივ უდრის 1,9 სმ-ს (ზოგჯერ ოკულარმიკრომეტრი წარმოდგენილია



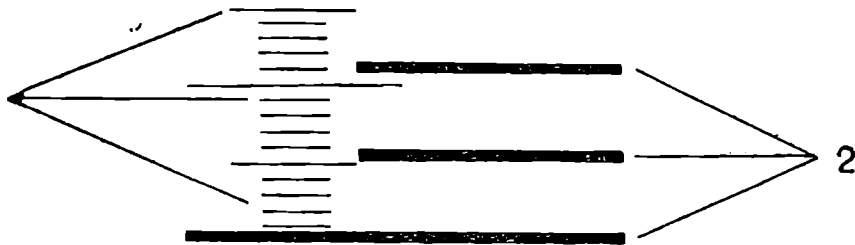
ბ

სურ. 46. ა — ობიექტივმიკრომეტრი ბ — ოკულარმიკრომეტრი
(ა. ლევაია, 1955).

ორი ასეთი შეწყვებული მინის ფირფიტით). ისევე როგორც ობიექტმიკრომეტრში, ოკულარის მრგვალ მინასაც აქვს სკალა (ოკულარმიკრომეტრი ხაზოვანი დანაყოფების ნაცვლად შეიძლება დაიხაზოს სხვაგვარად, მაგალითად, ბადისებრ). ობიექტმიკრომეტრის სკალისაგან განსხვავებით, ოკულარმიკრომეტრის სკალის დანაყოფების მნიშვნელობა განსაზღვრული არ არის. ეს დანაყოფები ნებისმიერია. ხშირად ოკულარმიკრომეტრში ერთი სანტიმეტრი დაყოფილია 100 ნაწილად, ე. ი. თითოეული მისი დანაყოფი უდრის 100 მიკრონს. ასეთი დანაყოფები (100 მიკრონი) ერთიმეორისაგან გამოყოფილია შედარებით მოკლე ხაზებით, ხუთეულები და ათეულები კი, თავის მხრივ, უფრო გრძელი ხაზებით, ისევე, როგორც ობიექტმიკრომეტრის სკალაზე. როგორც აღვნიშნეთ, ამ დანაყოფებს აქვს ფარდობითი და არა აბსოლუტური მნიშვნელობა.

მიკროსკოპული პრეპარატის გაზომვისათვის, პირველ რიგში, საჭიროა ობიექტმიკრომეტრის საშუალებით გამოირკვეს ოკულარმიკრომეტრის დანაყოფების მნიშვნელობა. ამისათვის ოკულარის დიაფრაგმაზე ათავსებენ ოკულარმიკრომეტრს, მიკროსკოპის მაგიდაზე კი ობიექტმიკრომეტრს და უკანასკნელის დანაყოფების ცნობილი სიგრძის მიხედვით (როგორც ვიცით, ობიექტმიკრომეტრის თითო დანაყოფი უდრის 10 მიკრონს) საზღვრავენ ოკულარმიკრომეტრის დანაყოფებს შორის მდებარე უცნობ მანძილს.

პრაქტიკულად შემდეგნაირად იქცევიან: ხედვის ველში შეარჩევენ ობიექტმიკრომეტრის რამდენიმე ნებისმიერ დანაყოფს, რომლებიც უპირისპირდებიან ოკულარული მიკრომეტრის თანხედენილ ორ ხაზს (სურ. 47). დასახელებულ



სურ. 47. ობიექტმიკრომეტრისა და ოკულარმიკრომეტრის ხაზების დაპირისპირების გამომხატველი სურათი (ა. ლევაია, 1955).

თანხედენილ ხაზებს შორის მანძილს ზომავენ მიკრონებით ობიექტმიკრომეტრის დანაყოფების დათვლის მიხედვით და მიღებულ რიცხვს ჰყოფენ იმავე თანხედენილ ხაზებს შორის მდებარე ოკულარმიკრომეტრის დანაყოფების რაოდენობაზე.

გაყოფის შედეგად მიღებული რიცხვი უდრის მანძილს ოქულარმიკრომეტრის მცირე დანაყოფებს შორის. ამის შემდეგ მიკროსკოპის მაგიდაზე ობიექტივი მიკრომეტრის ნაცვლად დებენ პრეპარატს და მისი რომელიმე არის გასაზომად გადათვლიან მასზე თანხედენილ ოქულარმიკრომეტრის დანაყოფების რაოდენობას, ამ ციფრს ამრავლებენ თითოეული დანაყოფის მნიშვნელობაზე, რაც წინასწარ იყო განსაზღვრული.

მიკროსკოპის ყოველი გამადიდებლობისათვის ოქულარმიკრომეტრის დანაყოფების მნიშვნელობა ცალკე უნდა განსაზღვრონ.

მაგალითი 1. ვთქვათ (ობიექტივი 10X, ოქულარი 7X), ობიექტივი მიკრომეტრის 70 დანაყოფი დაფარა ოქულარმიკრომეტრის 35 დანაყოფმა. ვინაიდან ობიექტივი მიკრომეტრის დანაყოფებს შორის მანძილი უდრის 10 მიკრონს, ობიექტივი მიკრომეტრის 70 დანაყოფის მანძილი იქნება $70 \times 10 = 700$ მიკრონი. ამ რიცხვს ვყოფთ 35-ზე, ე. ი. ოქულარმიკრომეტრის დათვლილი დანაყოფების რაოდენობაზე: $\frac{700}{35} = 20$ -ს,

ამრიგად, ამ შემთხვევაში ოქულარმიკრომეტრის თითოეული დანაყოფი უდრის 20 მიკრონს.

მაგალითი 2. ვთქვათ (ობიექტივი 40 X, ოქულარი 7X) ობიექტივი მიკრომეტრის 23 დანაყოფი დაფარა ოქულარმიკრომეტრის 50 დანაყოფმა. ობიექტივი მიკრომეტრის 23 დანაყოფის მანძილი უდრის $23 \times 10 = 230$ მიკრონს. ამ ციფრს ვყოფთ ოქულარმიკრომეტრის დანაყოფების რიცხვზე, ე. ი. 50-ზე $\frac{230}{50} = 4,6$, ამ შემთხვე-

ვაში ოქულარმიკრომეტრის ერთი დანაყოფი უდრის 4,6 მიკრონს. მცირე გადაღების შემთხვევაში მოსახერხებელია ისეთი ობიექტივი მიკრომეტრის ხმარება, რომელზეც ერთი სანტიმეტრი დაყოფილია მილიმეტრის მეათედებად.

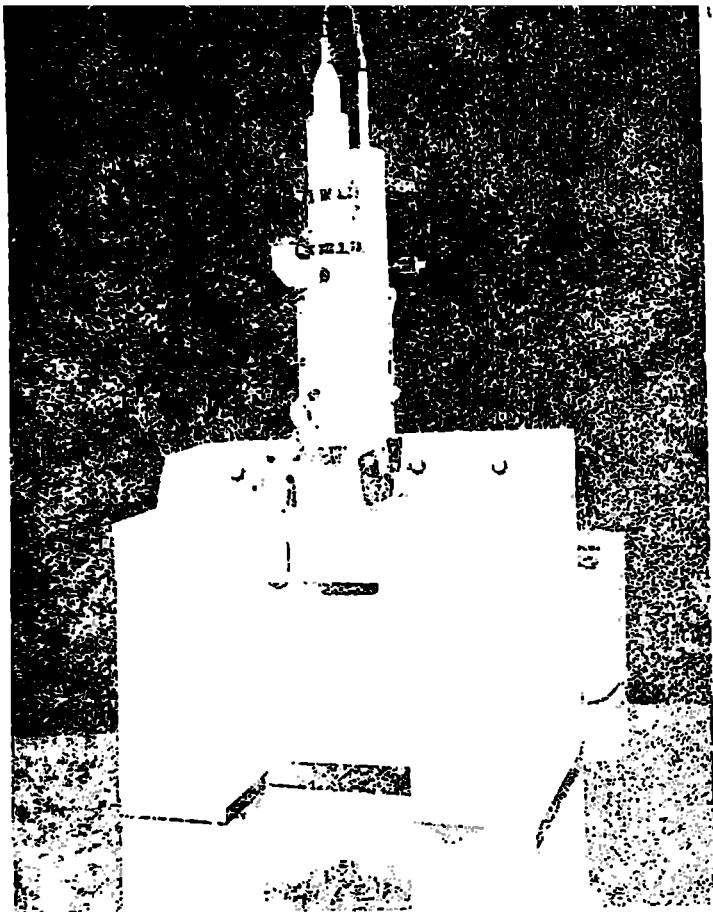
უფრო ზუსტი გაზომვისათვის იყენებენ მხოლოდ ხედვის ველის ცენტრალურ არეს, განსაკუთრებით კომპენსაციური ოქულარების ხმარების დროს.

ელექტრონული მიკროსკოპი (163) (სურ. 48). ელექტრონული მიკროსკოპის შექმნამ ბიოლოგიური ულტრასტრუქტურების შესწავლაში გამოიწვია რადიკალური ცვლილებები და შესაძლებელი გახდა ამ სტრუქტურების მოლეკულურ დონეზე შესწავლა.

პირველი სამამულო ელექტრონული მიკროსკოპი დაამზადეს 1939 წელს. ამჟამად ჩვენი მრეწველობა უშვებს რამდენიმე ტიპის ელექტრონულ მიკროსკოპს.

ლიწების ტიპის მიხედვით არჩევენ: მაგნიტურ, ელექტროსტატიკურ და კომბინირებულ ელექტრონულ მიკროსკოპებს.

გამოკვლევის ხასიათის მიხედვით არჩევენ გამსქვალავ, ამრეკლავ, ემისიურ, ავტოელექტრულ, ჩრდილის მომცემ და რასტრომიკროსკოპს.



ნ.რ. „ხიტაჩი — E“ ფირმის იაპონური ელექტრონული მიკროსკოპი.

უველაზე ფართოდ გავრცელდა გამსჭვალავი ტიპის ელექტრონული მიკროსკოპი.

გამსჭვალავი ტიპის მაგნიტური ელექტრონული მიკროსკოპი შედგება ელექტრონების წყაროს (ქვემეხისაგან), კათოდის, ელექტრონული ლინზების, ეკრანებისა და სხვადასხვა დამხმარე ელექტრონაწილისაგან.

კათოლი ვოლფრამის მავთულის მოკლე ნაჭერია, რომელიც ელექტროდენით ვაგარეარებისას გამოსახივებს ელექტრონებს. ელექტრონებს იზიდავს დადებითად დამუხტული ლითონის ფირფიტა (ანოდით), რომელსაც ცენტრში პატარა ხერელი აქვს. ამ ხერელიდან გამოიტყორცნება ელექტრონები. კათოდზე დაბვა სხვადასხვა სიდიდეს ალწევს (30—50-დან 100.000 ვოლტამდე). რაც უფრო მეტია დაბვა, მით უფრო მეტია ელექტრონების სიჩქარე და უფრო მოკლეა მათი ელექტრონული ტალღა.

ელექტრონულ მიკროსკოპში სამი ლინზაა: 1. კონდენსორული, რომელიც სხივებს კრებს და მიმართავს გამოსაკვლევი საგნისაკენ, 2. ობიექტივისა და 3. საპროექციო. ელექტრონულ მიკროსკოპში ორი უქანასკნელი ლინზის დანიშნულებაა გაადიდოს გამოსაკვლევი საგანი. დასახელებული სამი ლინზა მოწყობილია ერთნაირად. ცნობილია, რომ მაგნიტური ველის გავლენით ელექტრონების ნაკადი იცვლის თავის მიმართულებას. სწორედ ამ პრინციპზეა აგებული მიკროსკოპის „ლანზები“ ამ შემთხვევაში ლინზა მაგნიტური ველია, რომელიც მოქმედებს ისევე, როგორც მინისაგან დამზადებული დადებითი ლინზა, ე.ი. მასში გავლილი ელექტრონული სხივები იკრებება ერთ ფოკუსში და, განაგრძობს რა სვლას, იძლევა საგნის გადიფებულ გამოსახულებას. მაგნიტური ლინზა შედგება რამდენიმე ნაწილისაგან: სპილენის მავთულის ნახევისაგან (კოქი), რომელშიც ელექტროდენს ატარებენ, რკინის გარსისა (მას ამოჭრილი აქვს ქვრიტე არამაგნიტური მასალისაგან) და საპოლუსო ბუნიკებისაგან.

კათოდისგან გამოიტყორცნილი ელექტრონები უდიდესი სიჩქარით გაივლის ანოდის ფირფიტის ხერელში და ინერციით განაგრძობს მოძრაობას. აქ ისინი დაეცემა ე. წ. კონდენსორულ ლინზაზე, სადაც გარდატეხის შემდეგ სხივები იკრებება გამოსაკვლევ ობიექტზე. გამოსაკვლევი ობიექტი, ჩვეულებრივ, კოლოდიუმის თხელ ფირფიტაზე მოთავსებული ნივთიერების თხელი ფენაა (კოლოდიუმის ფირფიტა ელექტრონულ მიკროსკოპში სასაგანე მინის როლს ასრულებს). გამოსაკვლევ საგანში გავლის შემდეგ ელექტრონული სხივები დაეცემა მეორე ე. წ. ობიექტივის ლინზაზე.

ობიექტივის ლინზაში გავლის შემდეგ მიიღება საგნის პირველადი, ე. წ. შუამდებარე გამოსახულება. ობიექტივის მაგნიტური ლინზის შემდეგ ელექტრონული სხივები დაეცემა მესამე საპროექციო ლინზაზე, სადაც ხდება საგნის კიდევ უფრო მეტი გადიდება.

საეპაროსკოპული მეთოდი (105)

ელექტრონები ატომებში განაწილებულია დისკრეტულ-ენერგეტიკული დონეების მიხედვით. ელექტრონის ერთი დონიდან მეორეში გადასვლას თან სდევს გარკვეული რაოდენობით ელექტრომაგნიტური ენერგიის გამოყოფა ან შთანქმეა,

რაზეც დამყარებულია სპექტრული ანალიზის მეთოდი, რომელიც იძლევა ქიმიური ელემენტების ინდენტიფიცირების შესაძლებლობას მათი ემისიური და აბსორბციული სპექტრების მიხედვით. ელექტრომაგნიტური სპექტრის სიხშირის დიაპაზონის მიხედვით, შეიძლება განვსაჯოთ, თუ ურთიერთქმედების რაოდენ დიდი უბნის შესწავლა შეიძლება სპექტროსკოპიით. ელექტრონულ გადასვლებთან დაკავშირებული ენერჯის ცვლილებები, რომლებიც რეგისტრირდება ელექტრომაგნიტური ველის ხილულ და ულტრაიისფერ უბნებში, ტალღების სიგრძის ვიწრო ინტერვალებს შეესაბამება $\sim 10^{-5}$ სმ. ხილულ უბანში ფართოდაა გამოყენებული სპექტროსკოპია როგორც ელექტრონული კონფიგურაციების შესასწავლად, ისე სხვადასხვა ნაერთის ელემენტარული ანალიზისათვის.

ულტრაიისფერ და ინფრაწითელ სპექტროსკოპიას, ძირითადად, მიმართავენ მოლეკულების აღნაგობის შესწავლისას; უკანასკნელ წლებში ქიმიკოს-ორგანიკოსებმა აითვისეს კიდევ ერთი ძლიერი სპექტროსკოპული მეთოდი — ბირთვული მაგნიტური რეზონანსის მეთოდი. სპექტროსკოპული გამოკვლევებისათვის საჭირო მოწყობილობა ამჟამად მნიშვნელოვნად ავტომატიზებულია, რაც სპექტრების სწრაფი და შედარებით ადვილი გადაღების შესაძლებლობას იძლევა. სპექტროსკოპიის სწრაფი პროგრესი მეტად ხელშემწყობ გაველენას ახდენს ბიოლოგიური პრობლემების გადაწყვეტაზე.

ულტრაიისფერი სპექტრები. შერწყმულკავშირებიან მოლეკულურ სისტემებს ახასიათებს ელექტრონული გადაადგილების მნიშვნელოვანი ტიპი, რაც იწვევს შთანთქმას 2 400-დან 3 000 Å-მდე უბანში, ე. ი. ულტრაიისფერი სპექტრის სწორედ იმ უბანში, რომელიც ყველაზე ადვილად ექვემდებარება ექსპერიმენტულ გამოკვლევას. ცილები, არომატულ გვერდით ჯაჭვებში შერწყმული ბმების გამო, ძირითადად, 2 800 Å-ის უბანში შთანთქავენ, მაგრამ ცალკეულ შემთხვევაში შთანთქმის პიკი შეიძლება ცვალებადობდეს 2 700-დან 3 000 Å-მდე; ზოგჯერ ამ პიკს აქვს ნატიფი სტრუქტურა, რაც ცილის მოლეკულაში არომატული გვერდითი ჯაჭვების არსებობაზე მიუთითებს. პიკის ინტენსივობის მიხედვით, საკმაოდ ხშირად, მსჯელობენ მოცემულ ცილაში არომატული გვერდითი ჯაჭვების შემცველობისა და, აგრეთვე, ნარევებში ამ ცილის კონცენტრაციის შესახებ. ნუკლეინმჟავები ცილებთან შედარებით ულტრაიისფერ უბანში საკმაოდ ძლიერ შთანთქმის ზოლებს იძლევიან. ნუკლეინმჟავები ძალიან ძლიერად შთანთქავენ 2 600 Å-ის უბანში, რაც განპირობებულია პურინებსა და პირიმიდინებში შერწყმული ბმების არსებობით, რომლებიც ნუკლეინმჟავებში მნიშვნელოვნად უფრო მეტია, ვიდრე ცილების არომატულ გვერდით ჯაჭვებში. საბედნიეროდ, ცილებისა და ნუკლეინმჟავების შთანთქმის პიკები საკმარისადაა დაცილებული ერთმანეთისაგან და ამდენად ადვილად იდენტიფიცირებალია.

ინფრაწითელი სპექტრები წმინდა ელექტრონული გადასვლები დამახასიათებელია თავისუფალი ატომებისათვის და იძლევა ხაზობრივი სპექტრის შემადგენელ ვიწრო სპექტრულ ხაზებს. ელექტრონული გადასვლები მოლეკულაში იწვევს ზოლოვანი სპექტრების წარმოქმნას. ამასთან, თითოეული ზოლი შედგება წერილა, ერთმანეთთან ძალიან ახლოს განლაგებული ხაზების სერიისაგან. ეს იმიტომ ხდება, რომ თითოეული ელექტრონული ენერგეტიკული დონე მოლეკულაში იშლება ბირთვების რხევებითა და მოლეკულის ბრუნვით განპირობებულ ქვედონეებად. თითოეულ ელექტრონულ გადასვლას, როგორც წესი, თან სდევს მოლეკულის რხევითი და ბრუნვითი ენერჯის ცვლილება, რაც იწვევს ერთმანეთთან ახლოს განლაგებული შთანთქმის ხაზებისაგან შემდგარი ზოლის წარმოქმნას. რასაკვირველია, თითოეული ქიმიური ჯგუფისათვის დამახასიათებელია რხევითი და ბრუნვითი სიხშირეების გარკვეული ნაკრები, მაგრამ სპექტრის ხილულ უბანში მათი ინტერპრეტაცია გაძნელებულია იმიტომ, რომ იქ ისინი ელექტრონულ გადასვლებს ეფარებიან. მიუხედავად ამისა, ელექტრონული გადასვლებისაგან დამოუკიდებლად არსებობს მოლეკულის რხევითი და ბრუნვითი ენერჯის შეცვლის გზა; ამისათვის საჭიროა შესაბამისი ტალღის სიგრძის გამოსხივების შერჩევა. რხევითი სიხშირეების დიდი ნაწილი ახლო ინფრაწითელ უბანშია, რომელიც შესასწავლად ადვილი მისაწვდომია. მოლეკულების ბრუნვითი ენერჯის ცვლილებები შეესაბამება უფრო დიდი ტალღის სიგრძეებს და დაკავშირებულია შორეულ ინფრაწითელ უბანსა და, აგრეთვე, რადიოტალღების მიკროტალღოვან დიაპაზონში შთანთქმასთან.

ინფრაწითელ უბანში შთანთქმის ზოლები დაკავშირებულია ცალკეული ქიმიური ჯგუფის ან ბმის რხევებთან. თითოეული ქიმიური ნაერთის სრული ინფრაწითელი სპექტრი ამ ნაერთის ერთგვარი „პასპორტია“ და იმ შემთხვევებში, როდესაც შესაძლებელია ზოლების მთლიანი ინტერპრეტაცია, იძლევა მეტად მნიშვნელოვან ინფორმაციას მოლეკულური სტრუქტურის შესახებ.

სუფთა ნაერთები მყარ მდგომარეობაში, ჩვეულებრივ, ნათლად გამოხატული შთანთქმის პიკების სერიას იძლევიან. თითოეული პიკი შეესაბამება რომელიმე გარკვეულ ქიმიურ ბმას, ან ბმათა ჯგუფს. ატომების რხევითი ენერჯის მნიშვნელობანი, რომლებიც განსაზღვრავენ სპექტრული ზოლების მდებარეობას, დამოკიდებულია ატომების მასაზე და მათი ბმის მდგრადობაზე. თითოეულ ატომს შეუძლია ერთდროულად მონაწილეობა მიიღოს მოძრაობის ორ ან სამ ტიპში: რხევები ბმის ხაზის გასწვრივ (ვალენტური რხევები), რხევები ბმის ხაზის მიმართ სწორი კუთხით (დეფორმაციული რხევები) და, ბოლოს, ბრუნვები ბმის ხაზის ირგვლივ. სპექტრის ხასიათი შეიძლება გართულდეს ობერტონების (ძირითადი

სიხშირების ჩერადებია) ან კომბინაციური სიხშირების (ძირითადი სიხშირეები ჯამის ან სხვაობის ტოლფასების) არსებობის გამო.

მარტივი მოლეკულებისათვის თეორიულად შესაძლებელია ცალკეული ბმების ენერჯის და შესაბამისი ტალღის სიგრძის მნიშვნელობების გამოთვლა და ამ მონაცემების მიხედვით დადგენა, თუ რომელ ბმას შეესაბამება ესა თუ ის შთანთქმის ზოლი:

ც ხ რ ი ღ 2

წყალბადის ატომების შემცველი ჯგუფების ვალენტური რიცხვების სიხშირეები

ჯგუფი	სიხშირე, სმ ⁻¹	ტალღის სიგრძე, მკ
— C — H	3125—2860	3,2 — 3,5
— N — H	3570—3450	2,8 — 2,9
— O — H	3700—3510	2,7 — 2,85
— S — H	დაახლოებით 2500	

მაგალითად, C, O, N და H ატომების (ე. ი. ატომების, რომელთაგან შედგება ძირითადი ბიოლოგიური სტრუქტურები) სხვადასხვა თანმიმდევრობა; შთანთქმის ზოლების უმრავლესობა ასეთი ჯგუფებისათვის უკვე იდენტიფიცირებულია. ამ ატომების წყალბადის ატომთან ბმების სიგრძის ცვლილების შესაბამისი სიხშირეების მნიშვნელობანი მოყვანილია მე-2 ცხრილში. ეს მნიშვნელობანი ვარირებს გარკვეულ ფარგლებში იმ სტრუქტურის სახესთან დაკავშირებით, რომელსაც მიეკუთვნება მოცემული ბმები. ბმების დეფორმაციასთან დაკავშირებული სიხშირეები, ვალენტურ რხევებთან შედარებით, უფრო დაბალ ენერჯიებს შეესაბამება, მაგრამ ენერჯიის მნიშვნელობანი უფრო მგრძობიარეა მოლეკულაში ბმების განლაგების მიმართ. ძლიერი შთანთქმის სპექტრი შეესაბამება C=O ბმის ვალენტურ რხევას; მისი ტალღის სიგრძე 5,5—6,0 მკ-ს ფარგლებშია სტრუქტურის სახის შესაბამისად.

სხვადასხვა ნაერთში შემავალი ჯგუფების რხევათა სიხშირეები

შენაერთი	სიხშირე, სმ ⁻¹	ტალღის სიგრძე, მკ
შევა	1710	5,85
რთული ეთერი	1740	5,75
ანჰიდრიდი	1825 და 1775	5,46 და 5,63
ამიდი	1695	5,9
ალდეჰიდი	1725	5,8
კეტონი	1725	5,8

უფრო რთული ჯგუფები, ისეთი, როგორც PO_3^{3-} და SO_4^{2-} , იძლევა დამახასიათებელ ზოლებს (1080 და 980 სმ⁻¹ PO_3^{3-} -ისა და 1 000 და 450 სმ⁻¹ SO_4^{2-} -ისათვის), მაგრამ უფრო მარტივ ჯგუფებთან შედარებით ეს ზოლები შესამჩნევად განიერია (იხ. ცხრ. 3). კიდევ უფრო რთული სტრუქტურების შესწავლისას შესაძლებელია განისაზღვროს, თუ როგორ იცვლება სტრუქტურის სახესთან დაკავშირებით მარტივი ბმების სიხშირეები. მაგალითად, O—H, N—H და C=O ჯგუფების შთანთქმის ზოლების სიხშირეზე ძლიერ გავლენას ახდენს წყალბადური ბმების წარმოქმნა: ამ შემთხვევაში შთანთქმის ზოლები უფრო დაბალი სიხშირეების მხარეს გადაინაცვლებს (იხ. ცხრ. 4). პოლიპეპტიდური ჯაჭვების α და β კონფიგურაციებში წყალბადური ბმის წარმოქმნაში მონაწილე C=O ჯგუფს აქვს შთანთქმის სხვადასხვა სიხშირე: 1 660 სმ⁻¹ (6,03 მკ) და 1 630 სმ⁻¹ (6,14 მკ) შესაბამისად.

წყალბადური ბმის წარმოქმნაში მონაწილე ჯგუფების რხევათა სიხშირეები

ჯგუფი	სიხშირე, სმ ⁻¹	ტალღის სიგრძე, მკ
— N — H	3330 — 2050	3,0—3,28
— O — H	3450 — 2940	2,9—3,4

მსხვილი მოლეკულების (ცილების, ნუკლეინმჟავების, პოლისაქარიდების) შთანთქმის სპექტრებს ყოველთვის არა აქვს რთული სახე; ყოველ შემთხვევაში მთავარი ბმის შესაბამისი ზოლების ნახვა საკმაოდ ადვილია. მსგავსი სახის სპექტრებში გვხვდება ზოლები, რომელთა შესაბამისობა გარკვეულ ქიმიურ ჯგუფებთან სარწმუნოა, ან, საერთოდ, არ არის შემჩნეული. მიუხედავად ამისა, მათ წარმატებით იყენებენ ნაერთების იდენტიფიკაციისათვის, ზოგჯერ კი ასეთი სპექტრები რაოდენობრივი შეფასების საშუალებასაც იძლევა.

ბ ი რ თ ვ უ ლ ი მ ა გ ნ ი ტ უ რ ი რ ე ზ ო ნ ა ნ ს ი როდესაც ლაპარაკობენ ბირთვული მაგნიტური რეზონანსის გამოყენებაზე ორგანულ ქიმიასა და ბიოლოგიაში, უფრო ხშირად მხედველობაში აქვთ პროტონული რეზონანსი, ე. ი. წყალბადის ბირთვების რეზონანსი. პროტონის მუხტი და სპინი მას გარკვეულ მაგნიტურ მომენტს ანიჭებს, რომელსაც მუდმივ მაგნიტურ ველში ორი შესაძლო ორიენტაციის მიღება შეუძლია; თითოეულ ორიენტაციას შეესაბამება პოტენციური ენერჯიის თავისი დონე. ერთი დონიდან მეორეზე გადასვლას თან სდევს ენერჯიით კვანტის გამოყოფა ან შთანთქმა. გარეშე მაღალი სიხშირის ველით გამოწვეული ბირთვული სპინების გადასვლები ენერგეტიკულ დონეებს შორის ბირთვული მაგნიტური რეზონანსის მოვლენაა. მაგნიტური რეზონანსის სიხშირე პირდაპირპროპორციულია დანართი ველის დაძაბულობისა და ძალიან ძლიერ ველში რადიოსიხშირეების უბანში ხვდება (მაგალითად, 14000 ჰერცი დაძაბულობის მაგნიტურ ველში პროტონული რეზონანსის სიხშირე დაახლოებით 60 M ჰერცია). მაგრამ მოლეკულის ელექტრონული გარსების ეკრანიზების გამო პროტონი, დანართ ველთან შედარებით, რამდენადმე უფრო სუსტი ველის მოქმედებას განიცდის. ამიტომ გარკვეული სიხშირის რეზონანსული შთანთქმის გამოსაწვევად გარეშე ველის დაძაბულობა ოდნავ უნდა შეიცვალოს, ამასთან, ამ ცვლილების სიდიდე დამოკიდებული იქნება იმ მოლეკულის ელექტრონული გარსების სტრუქტურაზე, რომელშიც შედის პროტონი. მცირე ფარგლებში მაგნიტური ველის დაძაბულობის ვარირებით შესაძლებელია სხვადასხვა ქიმიური ნაერთისა და, აგრეთვე, ერთი და იმავე მოლეკულის სხვადასხვა ჯგუფში შემავალ პროტონებზე რიგის მიხედვით რეზონანსული შთანთქმის გამოწვევა, და ასეთნაირად ამ პროტონების იდენტიფიკაცია და განსხვავება.

8. პროფოსოპათა და სასქესო პროვაბინის უმლაგვის მეთოდები

შეღებვა ფელგენის მეთოდით (166)

1. 96°-ანი სპირტი — 10—20 წთ;
2. 60°-მდე გამთბარი 1N მარილმჟავას ხსნარი — 4—5 წთ;
3. დისტილირებულ წყალში გავლება;

4. მარილმჟავას 1N ხსნარში გავლება;

5. შიფის რეაქტივი — 1—1,5 საათი (ქურჭელი კარგად უნდა იყოს თავდახურული);

6. დისტილირებული წყალი — 10 წთ;

7. გამდინარე წყალი, გაშრობა, დაბალზამება;
ამ მეთოდით შეღებვისას ბირთვული ქრომატინი (დნმ) იღებება წითლად ან მოწითალოიისფრად(კონტროლს ატარებენ შემდეგნაირად: ანათალებს მცირე ხნით ათავსებენ 1N მარილმჟავას ცივ ხსნარში. ბირთვული სუბსტანცია არ იღებება).
რეაქტივების დამზადება:

1. დისტილირებულ წყალზე დამზადებული მარილმჟავას 1N ხსნარი:

ა) მარილმჟავას ძლიერი ხსნარი (კუთრი წონა 1,19) — 82 მლ;

ბ) დისტილირებული წყალი — 918 მლ.

2. შიფის ხსნარი (დე-ტომაზის მეთოდით):

ა) ფუძე ფუქსინი — 1 გ;

ბ) ცხელი დისტილირებული წყალი — 200 გ.

5 წუთის განმავლობაში ურევენ და აციეებენ 50°-მდე, შემდეგ ფილტრავენ და ამატებენ მარილმჟავას 1N 20 მლ. ხსნარს, აციეებენ 25°-მდე და ამატებენ კალიუმის ან ნატრიუმის მეტაბისულფიტს — 1 გ-ს.

დამზადებულ ხსნარს 14—24 საათით ტოვებენ სიბნელეში და ამატებენ გააქტივებულ ნახშირს — 2 გ. ერთი წუთის განმავლობაში ნალექს ანჭლრევენ და კვლავ ფილტრავენ. ხსნარს ტოვებენ სიბნელეში — 0—4°-ზე. ხმარების წინ ხსნარს კვლავ ათბობენ ოთახის ტემპერატურამდე.

3. გოგირდოვანი წყალი.

ა) დისტილირებული წყალი — 200 მლ;

ბ) ნატრიუმის (ან კალიუმის) — ჰიდროსულფიტის 10%-იანი ხსნარი — 10 მლ;

გ) მარილმჟავას 1N ხსნარი — 10 მლ.

შეღებვა უნა-ბლუთი (ქრომოსომების შეღებვა)

1. დისტილირებული წყალი — გავლება;

2. საღებავი — უნა-ბლიუ — 30—60 წამი;

3. დისტილირებული წყალი — გავლება;

4. გაშრობა, ბალზამში ჩაყალიბება.

საღებავის დამზადება:

1. 0,5 გ მეთილენის ლურჯი და 0,5 გ ტოლუიდილის ლურჯი იხსნება 5 სმ³ 75%-იან სპირტში.

2. მზადდება 1%-ანი KCl-ის ხსნარი 100 სმ³-ის მოცულობით. პირველ და მეორე ხსნარებს შეურევნ ერთმანეთს, აღულებენ 2 წუთის განმავლობაში, გაცივების შემდეგ კი ფილტრავენ.

შედება გიშა-რომანოვსკის მეთოდით (ქრომოსომების შეღებვა)

1. ჰაერზე გაშრობა;
 2. გიშას საღებავი (ძირითადი საღებავი განზავებულია ბუფერულ ან დისტილირებულ წყალთან 0.1 1) — 20—30 წთ;
 3. ბუფერულ ან დისტილირებულ წყალში გავლება;
 4. გაშრობა, ბალზამში ჩაყალიბება.
- გიშას ძირითადი საღებავი სტანდარტული სახით არის გაყიდვაში.

სანდერსონისა და სტევარტის მეთოდი (167) (ქრომოსომებისა და სასქესო ქრომატინის შეღებვა)

1. 96°-ანი სპირტი — 2 წთ;
 2. გაშრობა;
 3. საღებავი — აცეტო-ორსეინი 1%-ანი 20—30 წთ;
 4. აცეტონი, ქსილოლი, ბალზამში ჩაყალიბება.
- საღებავის დამზადება. აცეტოროსეინს ამზადებენ შემდეგნაირად: ძმარ-მეჯავს 65%-იან ხსნარს აცხელებენ აღულებამდე, სწრაფად უმატებენ 1 გ ორსეინს და კარგად ანჯღრევენ. გაცივების შემდეგ ხსნარს ანჯღრევენ და ფილტრავენ;

დოკუმოვის მეთოდი (168) (სასქესო ქრომატინის შეღებვა)

1. 70°-ანი სპირტი — 1 წთ;
2. 50%-ანი სპირტი — 1 წთ;
3. დისტილირებული წყალი — გავლება;
4. მარილმეჯავს 5N ხსნარი — 20 წთ ოთახის ტემპერატურაზე;
5. დისტილირებული წყალი — გარეცხვა სამ ულუფაში;
6. ტუტე საღებავი — ტოლუიდინის ლურჯი — 1 წთ;
7. გავლება გამდინარე წყალში;
8. გაშრობა, ბალზამში ჩაყალიბება.

საღებავის დამზადება. 9,714 გ ძმარმეაფა ნატრიუმს და ნატრიუმის დიეთილ-ბარბიტურატის 14,714 გ (ხსნადი ვერონალი) ამატებენ 500 მლ-მდე დისტილირებულ წყალს. ამ ბუფერული ხსნარის 28 მლ-ს ურევენ 0,1 მარილმეაფას ხსნარის 32 მლ-ს, რის შემდეგაც ამატებენ 40 მლ 50%-ან სპირტს. ამატებენ 12 გ ტოლუინის ლურჯს და ფილტრავენ; საღებავის pH $5,7 \pm 0,2$.

ი. მიკროფოტოგრაფირება

ციტოგენეტიკური კვლევის შემთხვევებში ძირითადი მნიშვნელობა ენიჭება მიკროსკოპში საკვლევი ობიექტის ფოტოგრაფირებას, რომელიც სადოკუმენტაციო საშუალებაა.

მიკროფოტოგრაფირება შესაძლებელია ნებისმიერი მიკროსკოპით. თუ მას დართული ექნება ფოტოდანადგარი. მიკროფოტოგრაფირებისას ყურადღებას იმსახურებს ორი პროცესი — მიკროსკოპული ფილტრებისა და გადასაღები ფოტოფირების შერჩევა (მაგალითად, თუ ქრომოსომები შეღებილია ლურჯ ფრად, ქრომოსომების კონტრასტული გამოსახულების მისაღებად საჭიროა მიკროსკოპს დაერთოს წითელი ფერის ფილტრი).

სათანადო ფერის საღებავით შეღებილი ქრომოსომები	ფილტრების ფერი
იისფერი	ყვითელი
მეწამული	მწვანე
ლურჯი	წითელი
მწვანე	წითელი
ყვითელი	ლურჯი
წითელი	მწვანე
ყავისფერი	ლურჯი

ქრომოსომების გადასაღებად მიზანშეწონილია კონტრასტული ფოტოფირების — „მიკრატ-200“ ან „მიკრატ-300“ გამოყენება. აღნიშნული ფირების გამოსამქლავებლად ხმარობენ „D—11“ ტიპის გამოსამქლავებელს, რომელიც შედგება შემდეგი რეაქტივებისაგან:

1. მეთოლი	1 გ
2. ნატრიუმის უწყლო სულფიტი	75 გ
3. ჰიდროქინონი	9 გ
4. სოდა (Na_2CO_3) უწყლო	25 გ
5. კალიუმის ბრომიდი	0,5 გ
6. დისტილირებული წყალი	.1 ლ შემთბარი 20° ტემპერატურაზე

ლუმინესცენტურ მიკროსკოპში ქრომოსომების გადასაღებად KCl-1 ფირისათვის გამოსადეგია PΦ-3 გამოსამქლავნებელი, რომელიც შესდგება შემდეგი რეაქტივებისაგან:

- | | |
|--|------------------|
| 1. მეთოლი | .2 გ |
| 2. ნატრიუმის უწყლო სულფიტი | .52 გ |
| 3. ჰიდროქინონი | .10გ |
| 4. სოდა (Na_2CO_3) უწყლო | .40გ |
| 5. კალიუმის ბრომიდი | 4გ |
| 6. დისტილირებული წყალი | .1 ლ შემთბარი 20 |

გრადუსზე. გამამაგრებლად გამოიყენება ნებისმიერი გამამაგრებელი (მაგალითად. „БКФ-2“).

ქრომოსომათა სკანლაჩვიანთა

1. ადამიანის კარიოტიპის ნომენკლატურა

ჩიკაგოს კონფერენციაზე (1966) (73) ადამიანის ციტოგენეტიკის ოცდაჩვიდმეტმა სპეციალისტმა ჩამოაყალიბა ადამიანის კარიოტიპის ახალი ნომენკლატურა. ქვემოთ მოყვანილია სიმბოლური ცხრილი, რომელიც აღნიშნულია ამ ნომენკლატურაში (169).

A—G

1—22

X, Y

დიაგონალი /

პლუსი (+)

ან

მინუსი (—)

კითხვის ნიშანი (?)

ნიშანი (*)

— ქრომოსომათა ჯგუფები

— აუტოსომური ქრომოსომების ნუმერაცია

— სასქესო ქრომოსომები

— გამოყოფს უჯრედულ თაობებს მოზაიციზმის დროს. ისმება აუტოსომური ნომრის შემდეგ ან იმ ასოს შემდეგ, რომელზეც იგი მიუთითებს ქრომოსომების არსებობას ან არარსებობას. მიუთითებს ქრომოსომების მხრების სტრუქტურულ ცვლილებებზე, რომ რაღაც მიზეზით მხრის ან ქრომოსომის სტრუქტურა გადიდებული ან შემცირებულია ნორმასთან შედარებით

— მიუთითებს იმაზე, რომ ქრომოსომის სტრუქტურა გარკვეული არ არის

— მიუთითებს ქრომოსომაზე, რომელიც გარკვეულია ტექსტსა და შენიშვნაში

ace
cen
dic
end
h
i
inv
(p ÷ q →) ან (p — q ÷)

mar

mat

p

pat

q

r

s

t

tri

symbols repetes

ნორმალური კარიოტიპი

46, XY და 46, XX

რაოდენობრივი აბერაციები:

45, X

47, XXY

47, XY, 21 ÷

45, XX, ?C —

მოზაიციზმი

45, X/46, XX

45, X/46, XX/47, XXX

- აცენტრული
- ცენტრომერა
- დიცენტრული
- ენდორედუპლიკაცია
- მეორეული ჰიმი ან შეუღლებავი მონაკვეთი
- იზოქრომოსომა
- ინვერსია
- პერიცენტრული ინვერსია
- ქრომოსომული მარკიორები
- დედისეული წარმოშობის
- ქრომოსომის მოკლე მხარი
- მამისეული წარმოშობის
- გრძელი მხარი
- ბეჭდისებრი ქრომოსომა
- თანამგზავრები
- ტრანსლოკაცია
- ტრიცენტრიკი
- დუბლიკაცია

— კარიოტიპი ერთი X-ქრომოსომით

— კარიოტიპი XXY — კომპლექსით

— 21-ე ქრომოსომის ტრისომია მამრობით სქესში

— კარიოტიპი, რომელშიც წინასწარი განსაზღვრით არ არის ქრომოსომა C ჯგუფიდან

— მემკვიდრული წარმოშობის მოზაიციზმი, რომელშიც არის უჯრედული კლონი ერთი X-ქრომოსომით და უჯრედული კლონი ქალის ნორმალური დიპლოიდური ქრომოსომული კომპლექსით

— მოზაიციზმი შესაბამისად ერთი X, ორი X და სამი X შემცველი უჯრედული კლონით

სტრუქტურული ანომალიები

46, XY, (Bp—;Dq+)

— ბალანსირებული ტრანსლოკაცია B ქრომოსომის მოკლე მხარსა და D ჯგუფის ქრომოსომის გრძელ მხარს შორის

ა6

46, XY (Bp+;Dq—)

46, XX, D—,(DqGq)+

— ქალის დიპლოიდურ ნაკრებში არ არის ქრომოსომა D ჯგუფიდან, რომლის გრძელი მხარი ტრანსლოცირებულია G ჯგუფის ქრომოსომის გრძელ მხარზე (ერთდებიან ცენტრომერულ უბნებში)

+Ds ან +Gs

D და G ჯგუფის ქრომოსომებზე თანამგზავრების არსებობა

ახალი მეთოდების გამოყენების საფუძველზე აღმოჩენილი პრომოსომათა და მათი უზენაესი აღწერილობის სისტემის სტანდარტიზაცია (170)

(ადამიანის გენეტიკის მეოთხე საერთაშორისო კონგრესზე — პარიზი, 1971 წ. და ქ. ედინბურგში — 1972 წ. ციტოგენეტიკოსთა მიერ შემუშავებული მასალები)

+ და — ნიშნების გამოყენება

დასმული წარმოდგენილ სიმბოლოთა წინ + და — ნიშნები მიუთითებს დამატებულ ან დაკლებულ ქრომოსომებზე. იმ შემთხვევაში თუკი აღნიშნული ნიშნები დაისმება წარმოდგენილ სიმბოლოთა შემდეგ, მიუთითებს ქრომოსომათა მხრების ზომაში მომატებას ან შემცირებაზე

მაგალითად:

47, XY, +G

— მამაკაცის კარიოტიპი 47 ქრომოსომული კომპლექსით, წარმოდგენილია G ჯგუფის დამატებითი ქრომოსომა

45, XY, —21

— მამაკაცის კარიოტიპი 45 ქრომოსომული კომპლექსით, აკლია 21-ე ქრომოსომა

46, XY, 1q+

— მამაკაცის კარიოტიპი 46 ქრომოსომული კომპლექსით, პირველი ქრომოსომის ერთ-ერთი მხარი (მოგრძოდ ჩათვლილი მხარი) სიგრძეში მომატებულია

45, XX,—D,—G,+t(DqGq) — ქალის კარიოტიპი 45 ქრომოსომული კომპლექსით, წარმოდგენილია რობერტსონული ბალანსირებული ტრანსლოკაცია D და G ჯგუფის ქრომოსომათა შორის

46, XY,—5,—12,+t(5p12p),+t(5q 12q) — მამაკაცის კარიოტიპი 46 ქრომოსომული კომპლექსით შეიცავს მე-5 და მე-12 ქრომოსომისაგან შექმნილ ორ ტრანსლოკაციას ორივე მხრების მონაწილეობით

46, XX,—13,+t(13q 21q) — ქალის 46 ქრომოსომიანი კარიოტიპი არაბალანსირებული რობერტსონური ტრანსლოკაციით მე-13 და 21-ე ქრომოსომათა შორის

მეორეული ქიმის ცვალებადობა სიგრძეში

მეორეული ქიმის გამომსახველი უბნის ზომაში გაზრდა ან შემცირება, ანდა მისი უარყოფითად ლეზადობა განსხვავდება ქრომოსომათა მხრების ზომაში მომატებას ან შემცირებისაგან, რომელიც წარმოიქმნება სრულიად განსხვავებული მექანიზმის შედეგად. მეორეული ქიმის სიგრძეში ცვალებადობის აღნიშვნისას წარმოდგენილ სიმბოლოსა და მომატების ან შემცირების გამომხატველ ნიშანს შორის ჩაისმება ასო —h

მაგალითად:

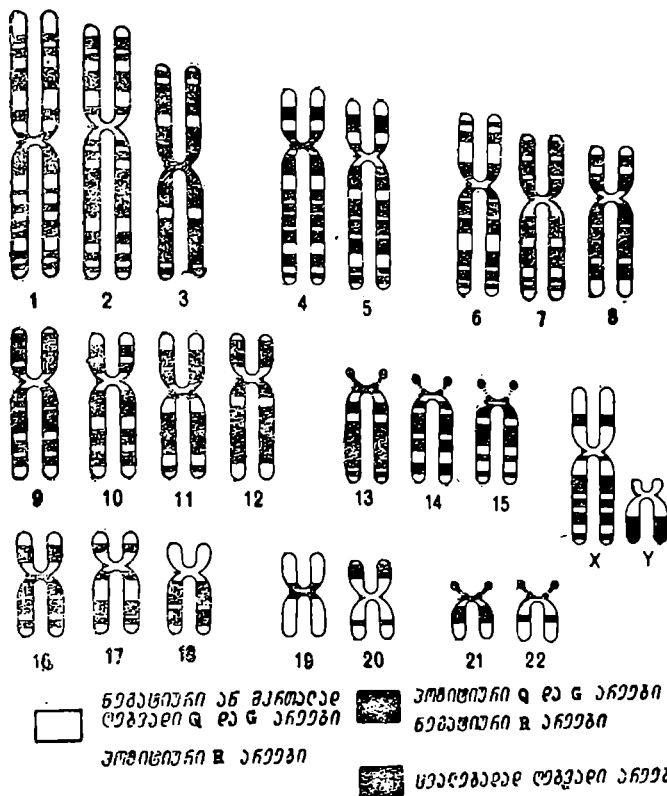
46, XY,16qh+ — მამაკაცის კარიოტიპი 46 ქრომოსომული კომპლექსით; აღნიშნულია მე-16 ქრომოსომის გრძელ მხარზე: მეორეული ქიმის ზომაში გაზრდა

46, XY,13ph— — მამაკაცის კარიოტიპი 46 ქრომოსომული კომპლექსით; აღნიშნულია მე-13 ქრომოსომის მოკლე მხრის ძლიერ შემცირებული უარყოფითად ლეზადი უბანი

ქრომოსომათა სტრუქტურული დარღვევები

ყველა სიმბოლო, რომელიც მიუთითებს ქრომოსომის ან ქრომოსომათა სტრუქტურულ დარღვევებზე, იწერება დარღვეული ქრომოსომის ან ქრომოსომათა წინ მაგალითად:

46, XY,r(18) — ქალის კარიოტიპი 46 ქრომოსომული კომპლექსით, რომელიც შეიცავს მე-18 ბეჭდისებურ ქრომოსომას



სურ. 49. მეტაფაზურ ქრომოსომებზე ლოკალიზებული სხვადასხვა ტიპის ლეზელი არეების სკემატურად გამოსახვა (Paris conference, 1971).

— ქალის კარიოტიპი 46 ქრომოსომული კომპლექსით. რომელშიც წარმოდგენილია ერთი ნორმალური X-ქრომოსომა. ხოლო მეორე დარღვეული ე. წ. იზო X-ქრომოსომა წარმოქმნილი გრძელი მხრის შედეგად.

ს პ ე ც ი ა ლ უ რ ი ტ ე რ მ ი ნ ო ლ ო გ ი ა ინ ტ ე რ ფ ა ზ უ ლ ი ქ რ ო მ ა ტ ი ნ ი ს გამ ო კ ე ლ ე ე ს ა ს

ინტერფაზაში წარმოდგენილი ქრომატინული მასის აღსანიშნავად შემოღებულია ტერმინები: X-ქრომატინი (ბარის სხეულაქი, X სხეულაქი) და Y-ქრომატინი,

ქ რ ო მ ო ს ო მ ე ბ ზ ე ლ ე ბ ვ ა დ ი ა რ ე ე ბ ი ს გამ ო მ ე ლ ა ე ნ ე ბ ი ს ტ ე ქ ნ ი კ უ რ ი ს ა შ უ ა ლ ე ბ ა ნ ი

უკანასკნელი წლების ნაშრომებში ფართოდ არის გაშუქებული მეტაფაზურ ქრომოსომებზე ლეზვადი არეების (ზოლების) გამომქლავნების საშუალებანი. სხვადასხვაგვარი ლეზვადობის რეაქციის ბუნება, რომელსაც მიეყვართ ერთი და იგივე ციტოგენეტიკურ შედეგებამდე, დღემდე ჯერ კიდევ არ არის ამოცნობილი. არაერთგვაროვანი ლეზვადობის გამომქლავნების მეთოდები აღინიშნება შესაბამისი სახელწოდებებით (სურ. 49). მაგალითად, მეთოდი, რომლის შედეგად იღებება კონსტიტუციური ჰეტეროქრომატინი, იწოდება C ლეზვადობის მეთოდად. ტერმინი C ლეზვადი არე გამოხატავს შეღებილ ქრომატიდულ ერთეულს წარმოდგენილს ამ მეთოდით.

პირველად გამოქვეყნებული მეთოდი ლეზვადი არეების გამოსამქლავნებლად იყო ფლეორესცენციური (მდოგვის ქუანაკრინი ან დიჰიდროქლორიდის ქუანაკრინი) საღებავებით წარმოდგენილი მეთოდი. ამ მეთოდს ეწოდა Q ლეზვადობის მეთოდი, ხოლო მიღებულ ლეზვად არეებს Q ლეზვადობის არეები.

ქრომოსომების სიგრძივად გიშვის საღებავის დამუშავებით მიღებული ზოლოვანი ლეზვადი არეები იწოდება G ლეზვად მეთოდად, ხოლო რიგ შემთხვევებში, თავისებური ტექნიკური პროცედურის გამოყენებისას, გიშვის საღებავით შესაძლებელია შეიღებოს ქრომოსომების გასწვრივ ის არეები, რომლებიც G მეთოდის გამოყენების შემთხვევებში ნეგატიურ ლეზვადობას ავლენენ. აღნიშნული მეთოდი იწოდება R მეთოდად, ხოლო მიღებული შეღებილი არეები R ლეზვად ზოლოვან არეებად.

Q მ ე თ ო ლ ი

ფლუორესცენცია, რომელიც აღინიშნება საუკეთესო ტექნიკური ხარისხის მქონე მეტაფაზებში, გამოიხატება „A“ სიმბოლოთი. კარგი ხარისხის მქონე მეტაფაზებში კი — „B“ სიმბოლოთი.

რიგ შემთხვევებში ფლუორესცენციის ინტენსივობა შესაძლებელია ვარიირებდეს ქრომოსომის სიგრძივად, ცალკეულ ინდივიდებში ან ცალკეულ ქრომოლოგიურ ქრომოსომებზე, ამდაგვარი ფლუორესცენცია აღინიშნება „C“ სიმბოლოთი.

ფლუორესცენციის მიახლოებითი ინტენსივობის აღნიშვნისათვის შემოღებულია შემდეგი ტერმინები:

უარყოფითი — არაფლუორესცენციური უბანი ან თითქმის არა.

მკრთალი — ფლუორესცენცია, რომელიც შეესაბამება 1p დისტალურ უბანს.

საშუალო — ფლუორესცენცია ორი ფართო არისა მე-9q-ზე.

ინტენსიური — ფლუორესცენცია, რომელიც შეესაბამება მე-13q დისტალურ ნახევარს.

მკვეთრი — ფლუორესცენცია, რომელიც გამოიხატება Yq დისტალურ უბანში. ადამიანის ქრომოსომებზე ფლუორესცენციული უბნები შემდეგი სახით გამოიხატება:

№1 პირველ ქრომოსომაზე მეორეული ჰიმის შემცველი ქრომოსომული მხარი პირობითად აღინიშნება, როგორც გრძელი მხარი.

A—p: დისტალური მკრთალად დებვადი არე გადადის პროქსიმალურად საშუალო ფლუორესცენციის მქონე ქრომოსომულ უბანში.

q: ცენტრომერული ინტენსიური ფლუორესცენციური უბანი. პროქსიმალურად ლოკალიზებულია უარყოფითი ფლუორესცენციის მეორეული ჰიმი.

B—p: პროქსიმალურად ლოკალიზირებულია საშუალო ფლუორესცენციური არე, რომელიც გაყოფილია ორ ნაწილად.

q: ხუთი საშუალო ფლუორესცენციის გამომხატველი ზოლოვანი არე, რომელთა შორის უფრო მეტად გამოიყოფა შუათანა ზოლი.

C—q: უარყოფითი ფლუორესცენციის მეორეული ჰიმი, რომელიც სიგრძეში ცვალებადობს.

№2 A — საშუალო ფლუორესცენცია მთელი სიგრძის გასწვრივ.

B—p: ოთხი საშუალო ფლუორესცენციური ზოლი; ორი ცენტრალურ ნაწილში მოჩანს, როგორც ერთი ზოლი.

q: აღინიშნება საშუალო ფლუორესცენციის ორი ცენტრალური ზოლი. რიგ შემთხვევებში კიდევ ორი დამატებითი საშუალო ფლუორესცენცირებული ზოლით არის წარმოდგენილი.

№3 A — ერთადერთი მკრთალი ფლუორესცენციური ზოლოვანი არე, რომლითაც ორივე მხარი იყოფა საშუალო ფლუორესცენციის მქონე უბნებად. q მხარის დისტალური ფლუორესცენციური უბანი უფრო გრძელია, ვიდრე p მხარის.

B — ორივე მხარის ბოლოში აღინიშნება მკრთალი ფლუორესცენციური არე, p-ზე შედარებით გრძელი, ვიდრე q-ზე.

C—q: პროქსიმალურად მდებარე უბანი ცვალებადი ფლუორესცენციის მქონეა.

№4 A — საშუალო ფლუორესცენცია ქრომოსომის მთელ სიგრძეზე.

B—p: ერთადერთი საშუალო ფლუორესცენციის მქონე ცენტრალურად ლოკალიზებული ზოლი.

q: პროქსიმალურად ინტენსიური, დისტალურად მკრთალი ფლუორესცენციური ზოლი.

C—ცენტრალურად მდებარე ინტენსიური ზოლი.

№5 A—q: ცენტრალურად გრძელი, საშუალო ფლუორესცენციური უბანი, დისტალურად მკრთალი უბანი.

B—p: ერთადერთი საშუალო ფლუორესცენციური ზოლოვანი არე უფრო მეტად ფართო და მკვეთრი, ვიდრე 4p.

q: დისტალური მკრთალი უბანი იყოფა პროქსიმალურ მკრთალ არედ და დისტალურ საშუალო არედ.

№6 A—p: ცენტრალური მკრთალი ზოლი ჰყოფს საშუალო ფლუორესცენციის მქონე სიგრძივად მდებარე არეს.

q: საშუალო ფლუორესცენცია ქრომოსომის მთელ სიგრძეზე.

B—q: ოთხი საშუალო ფლუორესცენციური ზოლი.

№7 A—p: დისტალურად მდებარე მოკლე საშუალო ფლუორესცენციური ზოლი.

q: ორი ცენტრალური ინტენსიური ფლუორესცენციური ზოლი, დისტალურად საშუალო ფლუორესცენციის ზოლი.

B—q: პროქსიმალურად საშუალო ფლუორესცენციური ზოლოვანი არე.

№8 A — საშუალო ფლუორესცენცია ქრომოსომის მთელ სიგრძეზე. q-ზე უფრო მკვეთრად, ვიდრე p-ზე.

B—p: ორი ერთგვარად განლაგებული საშუალო ფლუორესცენციის მქონე ზოლოვანი არე.

q: საშუალო ფლუორესცენციური ორი ზოლი, დისტალურ ნახევარზე უფრო მკვეთრი, ვიდრე p-ზე.

№9 A—q: პროქსიმალურად უარყოფითი უბანი, რომელიც შეესაბამება მეორეულ ჭიმს. ორი ერთნაირად განლაგებული საშუალო ფლუორესცენციური ზოლი დისტალურად უარყოფითი ფლუორესცენციით.

B—p: ცენტრალურად საშუალო ფლუორესცენციური ზოლი.

C—q: პროქსიმალურად უარყოფითი ფლუორესცენცია, რომელიც შეესაბამება მეორეულ ჭიმს და რომელიც ზომაში ცვალებადობს.

№10 A—p: საშუალო ფლუორესცენცია.

q: სამი ერთნაირად განლაგებული ზოლი, პროქსიმალურად ინტენსიური, დანარჩენი საშუალო ფლუორესცენციური.

№11 A—p: საშუალო ფლუორესცენცია უფრო გრძელ უბანზე, ვიდრე 12p.

q: ცენტრომერთან მდებარე მოკლე საშუალო ფლუორესცენციის მქონე ზოლი გამოყოფილი უარყოფითი ზოლით დისტალურად მდებარე საშუალო ფლუორესცენციის მქონე უბნისგან.

№12 A—p: საშუალო ფლუორესცენცია მოკლე, ვიდრე 11 p.

q: ცენტრომერთან მდებარე საშუალო ფლუორესცენციური ზოლი გამოყოფილი მოკლე უარყოფითი ზოლით დისტალურად მდებარე საშუალო ფლუორესცენციური უბნისგან, რომელიც უფრო გრძელია, ვიდრე 11q.

№13 A—q: დისტალური ნახევრის ინტენსიური ფლუორესცენცირება.

B—q: დისტალური ნახევრის ინტენსიური ფლუორესცენცირება; გაყოფილია ორ ზოლად.

C—p: თანამგზავრები და მოკლე მხრები ცვალებადად ფლუორესცენცირებენ.

q: პროქსიმალურად ინტენსიური ზოლი.

№14 A—q: პროქსიმალური ნახევარი ფლუორესცენცირებს ინტენსიურად, დისტალური ნახევარი — მკრთალად; საშუალო ფლუორესცენციური ზოლი აღინიშნება დისტალურ ნაწილში.

C—p: თანამგზავრები და მოკლე მხარი ამჟღავნებენ ცვალებად ფლუორესცენციას.

№15 A—q: პროქსიმალური ნახევარი საშუალოდ ფლუორესცენცირებს, დისტალური ნახევარი — მკრთალად, ნაკლებად, ვიდრე 13q ან 14 q.

C—p: თანამგზავრები და მოკლე მხარი ამჟღავნებენ ცვალებად ფლუორესცენცირებას.

№16 A—p: საშუალო ფლუორესცენცია, ნაკლები, ვიდრე q-ზე.

q: პროქსიმალურად ნეგატიური სეგმენტი შეესაბამება მეორეულ ჭიმს. საშუალო ფლუორესცენცირებას ამჟღავნებს დისტალური უბანი.

C—q: უარყოფითი მეორეული ჭიმი ცვალებადი ზომით.

№17 A—p: საერთოდ მკრთალი ფლუორესცენცირება.

q: ორი ერთნაირი სიგრძის მქონე უბანი, ერთი პროქსიმალურად მდებარე მკრთალი, მეორე დისტალურად—საშუალო ფლუორესცენციის მქონე.

B—q: ვიწრო უარყოფითი ზოლი, რომელიც ჰყოფს პროქსიმალურ და დისტალურ უბნებს.

№18 A—p: საერთო საშუალო ფლუორესცენცია.

q: საშუალო ფლუორესცენცია q-ზე უფრო მკვეთრი, ვიდრე p-ზე.

B—q: ორი საშუალო ინტენსიურობის ზოლი, პროქსიმალური უფრო გრძელი და მკვეთრი, ვიდრე დისტალური.

№19 A — სხვა კარიოტიპებთან შედარებით მკრთალი ფლუორესცენცირება. პროქსიმალურად ორი მკრთალი ზოლი, ორივე მხარეზე.

B — ფლუორესცენციური ზოლი უფრო გრძელი და მკვეთრი p-ზე; ვიდრე q-ზე.

№20 A — საერთო მკრთალი ფლუორესცენცირება.

№21 A—q: პროქსიმალურად ინტენსიური ფლუორესცენციური უბანი, დისტალურად მკრთალი.

C—p: თანამგზავრები ან მოკლე მხარი განსხვავებული ფლუორესცენციით.

№22 A — საერთო მკრთალი ფლუორესცენცია.

B—q: მხრის ცენტრომერის უბანში ვიწრო მკრთალი ფლუორესცენცია.

C — p: თანამგზავრები ან მოკლე მხარი ამჟღავნებენ ცვალებად ფლუორესცენციას.

X A—p: პროქსიმალურად მკრთალი უბანი, ცენტრალურად საშუალო ფლუორესცენციური უბანი.

q: პროქსიმალურად მკრთალი უბანი, დისტალურად საშუალო ფლუორესცენციური უბანი.

B—q: სამი ერთნაირად განლაგებული საშუალო ფლუორესცენციური ზოლი, პროქსიმალური ზოლი ყველაზე მკვეთრი.

Y —p: საერთო მკრთალი ფლუორესცენცია.

q: პროქსიმალური უბანი მკრთალი, დისტალური უბანი მკვეთრი.

C—q: მკვეთრად ფლუორესცენციური უბანი მხრის ბოლოში შესაძლებელია იყოს სხვადასხვა სიგრძის და დაყოფილი ორ ან მეტ ზოლად. ცვალებადობა სიგრძეში დაკავშირებულია მკვეთრი ზოლის ზომის ცვალებადობასთან.

C მეთოდი

C მეთოდით მიღებული ლებვადი არეები არ გვაძლევენ საშუალებას მოვანდინოთ ქრომოსომათა იდენტიფიცირება. ამიტომ არ შეიძლება C ზოლების შედარება Q, G, R მეთოდებით მიღებულ ლებვად ზოლებთან. თუმცა C მეთოდი უზრუნველყოფს სასარგებლო ინფორმაციას ქრომატინის ტიპისა და ლოკალიზაციის შესახებ ქრომოსომულ კომპლექსში. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია C მეთოდის გამოყენება მამაკაცის მეიოზური ქრომოსომების შესწავლისას. C მეთოდით წარმოდგენილი ლებვადი ზოლები ლოკალიზებულია ძირითადად ცენტრომერულ უბნებში

- № 1 — დიდი, გრძელდება ცენტრომერადან q-ში.
- № 2 — მცირე.
- № 3—8 — საშუალო.
- № 9 — დიდი, გრძელდება ცენტრომერიდან q-ში.
- № 10 — საშუალო.
- № 11 — საშუალო, მეტი, ვიდრე 10-დან 12-მდე.
- № 12 — საშუალო.
- № 13. — საშუალო, ზოგჯერ ორ ნაწილად წარმოდგენილი.
- № 14—15 — საშუალო.
- № 16 — დიდი, გრძელდება ცენტრომერიდან q-ში.
- № 17 — საშუალო.
- № 18 — საშუალო, მაგრამ მე-17-ზე მეტი.
- № 19—22 — საშუალოები.

X — საშუალო.

Y — ძლიერ პატარა ცენტრომერასთან; დიდი, გრძელი მხრის დისტალურ ნაწილში.

G და R მეთოდები

G და R მეთოდებით მიღებული შედეგილი არეები(ზოლები)შეესაბამება ნიმუშებს, რომელიც მიიღება Q მეთოდით. გამონაკლისს წარმოადგენს მეორეული ჭიმები:

Q — მეთოდი	G მეთოდი	R მეთოდი	C მეთოდი
1qh უარყოფითი	+	—	+
9qh უარყოფითი	—	—	+
16qh უარყოფითი	+	—	+
დისტალური მკვეთრი ცვალებადი	ცვალებადი	ცვალებადი	+

ზოლები, რომლებიც არ იღებება ან მკრთალად მქლავნდება G მეთოდით ინტენსიურ ლებვადობას ამქლავნებს R-მეთოდის გამოყენებისას (გამონაკლისს წარმოადგენს 9ph).

ჯანმრთელობის დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის ინიციატივით 1966 წლის თებერვალში ჟენევაში მოიწვიეს სხვადასხვა ქვეყნის მოწინავე ციტოგენეტიკოსების თათბირი, რომელიც მიეძღვნა სპონტანური აბორტების პროტოსოფული გამოკვლევების დროს პროცედურების სტანდარტიზაციას.

თათბირზე გადაწყდა მასალის გადასარჩევად საჭირო კრიტერიუმების, დოკუმენტაციისათვის აუცილებელი ანამნეზური მონაცემების მახასიათებლის, ქსოვილების კულტივირების მეთოდებისა და ციტოგენეტიკური ანალიზის შედეგების შეფასების სტანდარტიზაცია.

დადგინდა, რომ „სპონტანური აბორტი“ კლასიფიცირდება როგორც ყველა არაინდუცირებული, ხოლო ინდუცირებულ აბორტებს შორის განასხვავებენ „აბორტს სამედიცინო მაჩვენებლებით“ Medically indicated abortion და „აბორტს სამედიცინო მაჩვენებლების გარეშე“ nonmedically indicated abortion.

დანარჩენი აბორტების ჯგუფში აერთიანებენ იმ შემთხვევებს, რომლებიც არ შეიძლება მიაკუთვნონ ზემოთ დასახელებულთ მათ შესახებ ცნობების უკმარისობის გამო.

ტერმინი „აბორტი“ იხმარება მხოლოდ ჩასახვის პროდუქტის გამოყოფის პროცესის აღსანიშნავად, ხოლო თვით გამოყოფილ პროდუქტს ეწოდება „აბორტუსი“ (abortus).

თათბირზე შემუშავდა აბორტული მასალის განსაზღვრის შემდეგი სისტემა:

1. არასრული ეგზემპლარი (incomplete specimen),
2. დაუზიანებელი სანაყოფე პარკი (ruptured sac),
 - ა) ჭიპლარის ტაკვით (with cord stump),
 - ბ) ჭიპლარის ტაკვის გარეშე (without cord stump),
3. დაუზიანებელი ცარიელი სანაყოფე პარკი (intact empty sac)
4. ემბრიონის ან ნაყოფის არსებობა აღინიშნება ნაყოფის ბუშტით ან უბუშტოდ:
 - ა) ნორმალური ემბრიონი,
 - ბ) მაცერირებული ემბრიონი შესამჩნევი ანომალიების გარეშე,
 - გ) არამაცერირებული ემბრიონი ლოკალური ანომალიებით,
 - დ) მაცერირებული ემბრიონი ლოკალური ანომალიებით,
 - ე) მთლიანად დეზორგანიზებული მაცერირებული ემბრიონი,
 - ვ) მთლიანად დეზორგანიზებულა არამაცერირებულა ემბრიონი,
5. ბუშტოვანი გაყოლა:
 - ა) კლასიკური მომყოლი ემბრიონით ან უემბრიონოდ,
 - ბ) ქორიონის ნაწილობრივი გადაგვარება, ბუშტოვანი გადასვლით.

4. პრომოსოპული აპარატივის აღრისხვა სომატურ უჯრედებაში (172)

აღმაინის უჯრედებში ქრომოსომული აბერაციების შეფასებისას ძალიან დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მათ სწორ რეგისტრაციას.

ქრომოსომული აბერაციების რარდენობრივი აღრიცხვა შესაძლებელია მიტოზის ორ სტადიაში: მეტაფაზასა და ანაფაზაში.

აღრიცხვა მეტაფაზაში. აბერაციების ამოცნობა ამ სტადიაზე შეიძლება როგორც უჯრედების კარიოტიპირებით, ისე მის გარეშე. აბერაციების უფრო სრული და ზუსტი აღრიცხვა შესაძლებელია მხოლოდ უჯრედთა კარიოტიპირების დროს. ნებისმიერ შემთხვევაში აუცილებელია ანალიზისათვის გამოსადეგი მეტაფაზური ფირფიტების-გულდასმით გადარჩევა. ქრომოსომები თანაბრად უნდა იყოს გაფანტული, კარგად გაშლილი და არ უნდა ეფარებოდეს ერთ-მანეთს.

აბერაციებს გარკვეულ ფარგლებში პირობითად ჰყოფენ ქრომოსომულ და ქრომატიდულ აბერაციებად. ეს პირობითობა დაკავშირებულია იმასთან, რომ ქრომატიდული აბერაციები მიტოზის გავლის შემდეგ ქრომოსომულ აბერაციებად გარდაიქმნება.

ქრომოსომულ აბერაციებში იგულისხმება წყვილადი აბერაციები (მაგალითად, წყვილადი აცენტრული ფრაგმენტები, რგოლები, დიცენტრიკები). ისინი წარმოიშებიან იმ შემთხვევებში, როდესაც ქრომოსომა ზიანდება ერთი ძაფის სტადიაზე.

ქრომატიდული აბერაციები (ერთეულადი) ისეთი აბერაციებია, როდესაც აბერატულია დაზიანებული ქრომოსომის ერთი ქრომატიდა. იზოქრომატიდული აბერაციები (ტერმინი შემოღებულია ორივე ქრომატიდის იდენტურ ლოკუსებში გაწყვეტის აღსანიშნავად) მორფოლოგიურად არ განსხვავდება ქრომოსომული ტიპის აბერაციებისაგან, ამიტომ ამ ტერმინის გამოყენება აბერაციების რეგისტრაციის დროს არ არის მიზანშეწონილი. ვარაუდობენ, რომ ქრომატიდული ტიპის აბერაციები მოწმობს პოსტსინთეზურ ან სინთეზურ სტადიაზე ქრომოსომათა დაზიანებას.

როგორც ქრომოსომული, ასევე ქრომატიდული აბერაციები შეიძლება იყოს მარტივი და მიმოცვლითა, ერთა ან რამდენიმე ქრომოსომის შემცველი. ორ დაზიანებულ ქრომოსომას შორის გაცვლები (ანუ ტრანსლოკაციები) შესაძლებელია იყოს სიმეტრიული და ასიმეტრიული. სიმეტრიულობაში იგულისხმება არა გასაცვლელი მონაკვეთების ზომა, არამედ მათში ცენტრომერის არსებობა ან არარსებობა. ერთი ქრომოსომის ცენტრული ფრაგმენტების შეერთების შემთხვევებს მეორე ქრომოსომის აცენტრულ ფრაგმენტთან უწოდებენ სიმეტრიულ გაცვლებს. თუ ორი ქრომოსომის ცენტრული ფრაგმენტები უერთდება ერთმანეთს (ან ორი ქრომოსომის აცენტრული ფრაგმენტები), ასეთ ტრანსლოკაციას ეწოდება ასიმეტ-

რიული. წინათ ამ ცნებების აღსანიშნავად ხმარობდნენ ტერმინებს — ეუსენტრული (სიმეტრიული) და ანეუსენტრული (ასიმეტრიული) გადაჯგუფება.

ქ რ ო მ ო ს ო მ უ ლ ი ტ ი პ ი ს ა ბ ე რ ა ც ი ე ბ ი 1. წყვილად აცენტრული ფრაგმენტების გამოცნობა ჩვეულებრივ არ იწვევს სიძნელეებს. ისინი სხვადასხვა ზომისაა—ოდნავ შესამჩნევადან ძალიან გრძელ ჩხირისმავარ სტრუქტურებამდე და, როგორც წესი, დისეული ქრომატიდების მიზიდულობის გამო ერთმანეთის მიმართ პარალელურად მდებარეობენ. ვარაუდობენ, რომ ისინი კიდევების დელეციებია. პრაქტიკულად აცენტრული ფრაგმენტები არასოდეს არ მდებარეობს ფრაგმენტირებული ქრომოსომის გვერდით, რადგან უჯრედების ჰიპოტონიზაცია და შემდგომი პროცედურები ფრაგმენტებზე დამოკიდებული ერთეულების მსგავსად მოქმედებენ. ამის მეოხებით ისინი ადვილად განირჩევიან იზოქრომატიდული დარღვევისაგან.

2. „წერტილოვანი“ ფრაგმენტები (ხშირად მათ უწოდებენ ინტერსტიციურ დელეციებს) წყვილად მომრგვალებული ფორმის წარმონაქმნებია, ინტენსიურად ლებვადი, დამეტრით არანაკლებ ქრომატიდის განივკვეთისა. მიჩნეულია, რომ ეს არის ქრომოსომის მცირე ზომის ინტერსტიციური მონაკვეთი, რომელიც პატარა აცენტრულ რგოლადაა შეკრული. ორივე „წერტილი“ მიზიდულობის გამო ერთმანეთის გვერდით მდებარეობს.

3. აცენტრული რგოლების გარჩევა ადვილად შეიძლება მათი უნარის—მიწაზე კარგად გაშლის მიხედვით. ზოგჯერ კი ისინი გვერდულად განლაგდებიან ხოლმე. ამ შემთხვევებში მათ აქვთ ოვალური სტრუქტურა. ორივე დისეული რგოლი ერთმანეთის გვერდითაა და ხშირად ერთი მათგანი ედება მეორეს (ეს კვლავ დისეული ქრომატიდების იდენტური უბნების მიზიდულობითაა განპირობებული). აცენტრული რგოლები, ისევე როგორც „წერტილოვანი“ ფრაგმენტები, ქრომოსომის ერთ-ერთი მხარის მონაკვეთია. ამგვარად, ისინი ქრომოსომის ერთი მხარის შიგნით მიმდინარე სტრუქტურული ცვლილებების ჯგუფს განეკუთვნებიან.

4. რგოლისებრი ქრომოსომები (ზოგჯერ მათ ცენტრულ რგოლებს უწოდებენ) ჩაკეტილი სტრუქტურებია, რომლებიც ორივე მხარის მეტ-ნალკები სიდიდის მონაკვეთებს შეიცავენ. ისინი განეკუთვნებიან ქრომოსომის შიგა ორ მხარს შორის სტრუქტურული ცვლილებების ჯგუფს. დიდი დაზიანებების დროს შესაძლებელია წარმოიქმნან რგოლისებრი ქრომოსომები ორი ქრომოსომისაგან, ე.ი. დიცენტროლნი იყვნენ. არსებითად ეს კომპლექსური აბერაციაა. ძირითადი საკითხი რგოლისებრი სტრუქტურის გამოჩენისას წამოიჭრება — არის თუ არა მასში ცენტრომერა. ცენტრომერის არსებობისას ორი დისეული რგოლი ერთმანეთისკენაა გადაწეული და ფიქსირებულია ერთ წერტილში (ცენტრომერაში), რაც აცენტრულ რგოლებში არ აღინიშნება. ხშირად რგოლისებრი ქრომოსომაში, ისევე როგორც ნორმალურ ქრომოსომებში, ცენტრომერა ადვილი ამოსაცნობია.

5. ერთზე მეტი ცენტრომერის მქონე (დიცენტრული, ტრიცენტრული და ა.შ.) ქრომოსომები კარიოტიპული ანალიზის ჩატარებლადაც გამოიყენება შემთხვევათა თითქმის 100%-ში. კარიოტიპირების დროს შეიძლება განისაზღვროს, როგორც ქრომოსომა ჩართული დიცენტრიკი. ზოგჯერ ერთი ქრომოსომის დაფარება მეორეზე ან მათი ბოლოებით შეხება დიცენტრული ქრომოსომის მსგავსია. ეს, როგორც წესი, ადვილად გამოსარჩევი და იშვიათი შემთხვევებია. — დიცენტრიკები და ტრიცენტრიკები (და ა. შ.), ქრომოსომათშორისი ასიმეტრიული ტრანსლოკაციებია. უჩრდელზე დიდი რაოდენობით დაზიანებათა შემთხვევაში შესაძლებელია შეგვხვდეს დიცენტრიკები, რომლებიც სხვა ქრომოსომების მონაკვეთებს შეიცავენ. ასეთი დიცენტრიკი სტრუქტურული ცვლილების ხასიათის ნიშნულად (დაწყებების რაოდენობის მიხედვით) ტრიცენტრიკის ეკვივალენტია.

6. მოცემული კარიოტიპისათვის არანორმალური ქრომოსომები (სიგრძის ან მხარტა თანაფარდობის მიხედვით) შესაძლებელია პერიცენტრული ინვერსიის ან სხვადასხვა სიგრძის მონაკვეთების გაცვლის ან დელეციის შემთხვევაში სიმეტრიული ქრომოსომათშორისი ტრანსლოკაციის შედეგი იყოს. ასეთი აბერაციები უმეტესად გამოიყენება მხოლოდ კარიოტიპული ანალიზის დროს. პერიცენტრული ინვერსიის დროს ქრომოსომა ისეთივე სიგრძის რჩება, იცვლება მხოლოდ მხარების შეფარდება. მსგავსი სურათი, რომელიც პერიცენტრული ინვერსიისაგან არ განსხვავდება, იქმნება ერთი მხარიდან მეორეში მონაკვეთის ტრანსლოკაციის დროს. მაგრამ ამისათვის აუცილებელია ერთ ქრომოსომაში არანაკლებ სამი დაწყვეტა, რაც ძალიან იშვიათია. სიმეტრიული ტრანსლოკაციის დროს 2 ქრომოსომა იქმნება (თითოეულს ექნება ერთი მხარი) ამასთან, ერთ-ერთ ქრომოსომაში მასალის სიკარბება, მეორეში კი — ამავე სიდიდის უკმარისობა. თუ ერთი მხარის სიგრძის გადიდება მეორე მხარის სიგრძის შემოკლების ტოლი არ არის, მაშინ აღინიშნება რამდენიმე ქრომოსომის მომცველი უფრო რთული სტრუქტურული ცვლილება.

დელეციურებული ქრომოსომა ადვილად გამოიყენება ერთ-ერთი მხარის შემოკლების მიხედვით. თუ დაკვირვება პირველი მიტოზის დროს არ ხდება, მაშინ აცენტრული ფრაგმენტები უჩრდელში შეიძლება არ იყოს.

ქრომატიდული ტიპის აბერაციები როგორც ქრომოსომული ტიპის აბერაციების შემთხვევაში, ამ დროსაც ქრომატიდული ტიპის აბერაციების ორი ჯგუფია: ფრაგმენტები და გაცვლები.

1. ფრაგმენტები (ერთეულადი ან ქრომატიდული, როგორც მათ ზოგჯერ უწოდებენ) მდებარეობს ქრომოსომის გვერდით ან განცალკევებულად. ხშირად საჭირო ხდება ქრომატიდული ფრაგმენტების დიფერენცირება აქრომატული ხარვეზებისაგან. განსხვავებისათვის აბსოლუტური კრიტერიუმები ჭერჭერობით

არ არის. მაგრამ, შედარებით უფრო ზუსტი კრიტერიუმების მიხედვით, სამ შემთხვევაში გვაქვს ფრაგმენტები: როდესაც ფრაგმენტი გადაბრუნებულია, გადაადვილებულია ღერძზე ან გადაადვილებულია სივრცეში. შეუღებავი მონაკვეთის სიდიდე არ შეიძლება განვიხილოთ როგორც ქეშმარიტი გაწყვეტის მაჩვენებელი.

იზოქრომატიდულ ფრაგმენტებს შერწყმული დისეული ქრომატიდებით აქვს რკალის სახე.

2. ქრომატიდული წარმოშობის გაცვლები ძალიან მრავალფეროვანია. ისინი შეიძლება იყვნენ ერთი ან რამდენიმე ქრომოსომის ქრომატიდები. ქრომატიდებში გაცვლების სხვადასხვა ვარიანტის სქემების ნახვა შეიძლება ლიტერატურაში, ამიტომ აქ ისინი მოყვანილი არ არის. ქრომატიდთაშორისი გაცვლების დროს ფიგურები შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ტრი-, კვადრი- და მულტირადიალების ფორმით.

ადამიანის უჯრედებში გაცვლების უფრო ხშირი ფორმებია გაცვლები ორი ქრომოსომის ქრომატიდებს შორის, რომლებიც მიეკუთვნებიან კვადრირადიალების ჯგუფს. თითოეული გაცვლის ანალიზის დროს უფრო სრული ინფორმაციის მისაღებად საჭიროა პასუხი შემდეგ კითხვებზე: 1) ტრანსლოკაციის სიმეტრიულობა (ეუ- ან ანეუცენტრულობა), 2) რეციპროკულობა სიმეტრიული გაცვლების ან მთლიანობა ასიმეტრიულის გაცვლების დროს; 3) მონაწილე ქრომოსომათა ჰომოლოგიურობა და მათი იდენტიფიკაცია; 4) მონაკვეთების შეფარდებითი სიდიდე (ტოლები — არატოლები) ჰომოლოგიურ ქრომოსომებს შორის ტრანსლოკაციის დროს.

ა ღ რ ი ც ხ ე ა ა ნ ა ფ ა ზ ა შ ი . ანაფაზისა და აღრეული ტელოფაზის სტადიებზე (აღრეული ანაფაზა და გვიანი ტელოფაზა აბერაციების რაოდენობრივი აღრიცხვის დროს არ გამოდგება) ადამიანის უჯრედებში აბერაციების აღრიცხვის დროს შეიძლება განვასხვაოთ მხოლოდ აცენტრული ფრაგმენტები, რგოლები და ხიდები, ე. ი. აბერაციების გაცილებით ნაკლები ტიპები, ვიდრე მეტაფაზის სტადიაზე.

1. ფრაგმენტები და რგოლები (აცენტრული შეიძლება იყოს ერთეულადი და წყვილადი. ისინი შეიძლება განლაგდეს პოლუსებს შორის შუალედში ან გვერდზე. აუცილებელია მათი დიფერენცირება ჩამორჩენილი ქრომოსომებისაგან.

ხიდები შეიძლება იყოს ქრომოსომული და ქრომატიდული. ქრომოსომული ხიდი დიცენტრული ქრომოსომა და ამიტომ ორი, უფრო ხშირად გადაჯვარედინებული ქრომატიდისაგან შედგება. ქრომატიდული ხიდი დიცენტრული ქრომატიდაა, ამიტომ იგი ერთეულადი ჰიმის სახით ჩანს. ხიდის „სისქე“ არ მიუთითებს მის ქრომატიდულ ან ქრომოსომულ ხასიათზე. როდესაც უჯრედში რამდენიმე ხიდია, აუცილებელია თითოეული მათგანის ხასიათის გარკვევა, ქრომოსომულია იგი თუ ქრომატიდული?

ქვეშარიტი ანაფაზური ხილების (დიცენტრიკების) გვერდით ქრომოსომების შეწებების ხარჯზე შესაძლებელია წარმოიქმნას ხილები. უქანასკნელთათვის დამახასიათებელია ქრომოსომების შეწებების ადგილზე ბლაგვი კუთხის შექმნა და (როგორც წესი, ხილის შუაგულში) გასქელება.

ა ბ ე რ ა ც ი ე ბ ი ს ე რ თ ღ რ ო უ ლ ო ბ ა უ ჯ რ ე დ შ ი

უჯრედში შეიძლება შეგვხვდეს ერთი ან რამდენიმე აბერაცია. დასხვიების შემდეგ პირველ მიტოზში დიცენტრულ ან რგოლისებრ ქრომოსომასთან ერთად გვხვდება აცენტრული ფრაგმენტები. *in vivo* და *in vitro* დასხვიებული ადამიანის უჯრედებში თითქმის ყოველთვის შეინიშნება მთლიანი ასიმეტრიული გაცვლის მოვლენა, ე. ი. დიცენტრულ ან რგოლისებრ ქრომოსომას თან სდევს აცენტრული ფრაგმენტების მხოლოდ ერთი წყვილი. თუ უჯრედში თითოეულ დიცენტრიკზე ერთზე მეტი აცენტრული ფრაგმენტების წყვილია, მაშინ ერთ წყვილზე მეტი ყველა ფრაგმენტი უნდა განვიხილოთ როგორც ქრომოსომული ფრაგმენტის ბოლოების დამოუკიდებელი (ასიმეტრიული გაცვლისაგან დამოუკიდებელი) დელეციები.

აცენტრული ფრაგმენტების გარეშე დიცენტრული ქრომოსომის არსებობა მეტწილად მიუთითებს იმაზე, რომ ეს არ არის პირველი მიტოზი დაზიანების შემდეგ. პრეპარატების დამზადებისას აცენტრული ფრაგმენტების დაკარგვის ალბათობა იგივეა, რაც ნებისმიერი სხვა სტრუქტურისა ამავე მეტაფაზურ ფირფიტაში.

თუ უჯრედში აღინიშნება იდენტური ფრაგმენტების ან რგოლების ორი წყვილი, ეს იმას ნიშნავს, რომ უჯრედი დაზიანების შემდეგ მეორე მიტოზშია.

შესაძლებელია აბერაციათა შერწყმის სხვა ვარიანტებიც, რომელთა მიხედვითაც შეიძლება ვიმსჯელოთ დაზიანებათა ვადებისა და ხასიათის შესახებ. ამიტომ აუცილებელია ქრომოსომული აბერაციების გულდასმით რეგისტრაცია.

ქ რ ო მ ო ს ო მ უ ლ ი ა ბ ე რ ა ც ი ე ბ ი ს რ ე გ ი ს ტ რ ა ც ი ა და მ ო ნ ა ც ე მ ე ბ ი ს წ ა რ მ ო დ გ ე ნ ა ს ტ ა ტ ი ე ბ შ ი აბერაციების რეგისტრაცია პირველად წყაროებში განსაკუთრებით სრულყოფილი უნდა იყოს. ამისათვის უკეთესია გამოვიყენოთ აბერანტული მეტაფაზების რეგისტრაცია ნახატი სქემების სახით და არა აბერაციების ცალკეული ტიპის აღრიცხვა.

სტატისას ან მოხსენებაში მონაცემების წარმოდგენის დროს სასურველია აღინიშნოს: 1. გამოკვლეულ პირთა რიცხვი; 2. შესწავლილ მეტაფაზათა რიცხვი; 3. ქრომოსომათა აბერაციების ტიპები და რიცხვი; 4. აბერანტული ქრომოსომების შემცველი მეტაფაზების რიცხვი. ყველა ეს საკითხი, პირველის გარდა, შეიძლება აისახოს აბერანტული ქრომოსომების შემცველი მეტაფაზების ერთ ცხრილში (ცხრ. 5).

გაცვლების ტიპები	აცენტრული ფრაგმენტების გარეშე	აცენტრული ფრაგმენტები			რგოლები		
		ერთეულადი	წყვილადი	და ა.შ.	ერთეულადი	წყვილადი	და ა.შ.
გაცვლების გარეშე სიმეტრიული ქრომატიდული ტრანსლოკაციები დიცენტრული ქრომოსომები რგოლისებრი ქრომოსომები და ა. შ.							

მონაცემების სქემა და რეგისტრაცია ყველა შემთხვევისათვის გამოსადეგი არ შეიძლება იყოს. ეს დამოკიდებულია გამოკვლევის მიზანსა და ობიექტზე. ზოგჯერ საკმარისია აბერანტული უჯრედებისა და აბერაციების რიცხვის მითითება და აბერაციების დაყოფა ქრომატიდულ და ქრომოსომულ აბერაციებად. მაგრამ საჭიროა ექსპერიმენტული მონაცემების უფრო სრულყოფილი წარმოდგენისაკენ სწრაფვა იმგვარად, რომ მათი გამოყენება შეეძლოს სხვა მკვლევარებს ჰიპოთეზების შესამოწმებლად ან მასალის განსაზოგადებლად.

3. ასოვილთა კულტივირებისას გამოყენებული ტერმინოლოგია (178)

ქსოვილოვანი კულტურა — ცხოველებისგან გამოყოფილი ქსოვილებისა და ორგანოების გამოსაკვლევი უჯრედები, რომლებიც გაზრდილი არიან in vitro 24 საათზე მეტი ხნის განმავლობაში. სადღეისოდ მიღებული გამოკვლევების შესაბამისად გამოიყენება შემდეგი ტერმინები:

1. უჯრედული კულტურა — უჯრედები, რომლებიც გავრთიანებული არ არიან ქსოვილად. ტერმინი აღნიშნავს უჯრედების გაზრდას in vitro ერთეულოვანი უჯრედების კულტივაციის შედეგად.

2. ქსოვილების ან ორგანოების კულტურა — ტერმინი აღნიშნავს ქსოვილების, პრიმორდიალური ან მთელი ორგანოების ან ორგანოთა ნაწილების in vitro გაზრდას იმგვარად, რომ მათი დიფერენციაცია, არქიტექტურისა და ფუნქციის შენარჩუნება უზრუნველყოფილია.

ექსპლანტატი—ქსოვილების ან ორგანოების ნაწილი, რომელიც კულტივირების დაწყებისათვის გამოიყენება.

მონოზრე—ერთეულოვანი შრე უჯრედებისა, რომლებიც ქსოვილოვანი კულტურისათვის განკუთვნილი ჭურჭლის ფსკერზე იზრდებიან.

სუსპენზიის კულტურა—კულტურის ტიპი, რომლის დროსაც უჯრედთა სიმრავლე სუსპენზირებულია საკვებ არეში.

პირველადი კულტურა—კულტურა, რომელიც საწყისს იღებს უშუალოდ ორგანიზმიდან აღებული ქსოვილების ან ორგანოების უჯრედებიდან. მას მიეკუთვნება კულტურები, რომლებიც საწყისს იღებენ ცხოველებში შეყვანილი კულტივირებული უჯრედებისგან განვითარებული სიმსივნეებიდან ან ექსპლანტატიებიდან. ასეთი კულტურები უნდა ჩაითვალოს შეყვანილი უჯრედული პოპულაციების გაგრძელებად. კულტურა პირველადია, თუ იგი სუბკულტივირებულია პირველად, შემდეგ კი უჯრედულ ხაზად ითვლება.

უჯრედული ხაზი—კულტურა უჯრედთა მრავალრიცხოვანი თაობებით, რომლებიც პირველადი კულტურისაგან არიან წარმოშობილი.

ძირითადი უჯრედული ხაზი—უჯრედული ხაზი, რომელმაც გამოამჟღავნა უნარი კულტივირდეს განუსაზღვრელ რიცხვჯერ.

უჯრედული შტამი—იგი შეიძლება მივიღოთ პირველადი კულტურის ან უჯრედული ხაზისაგან სპეციფიკური თვისებების ან მარკერების მქონე უჯრედთა გადარჩევის, ან კლონირების გზით. სპეციფიკური თვისებების შენარჩუნება უნდა ხდებოდეს ყველა მომდევნო კულტივაციის განმავლობაში. უჯრედული შტამის აღწერაში ყოველთვის უნდა იყოს მითითებული სპეციფიკური ნიშანი, მაგალითად, უჯრედთა სახე გარკვეული მარკერებული ქრომოსომით ან სახე, რომელიც წინააღმდეგობას უწევს გარკვეულ ვირუსს, ან სახე, რომელსაც აქვს სპეციფიკური ანტიგენი და ა. შ.

ზეუჯრედული შტამი—იგი შეიძლება მივიღოთ ერთეულოვანი უჯრედის ან უჯრედებისაგან განსხვავებული თვისებებისა და მარკერების მქონე უჯრედთა ჯგუფის იზოლაციის გზით.

კლონი—უჯრედთა პოპულაცია, რომელიც მიღებულია ერთეულოვანი უჯრედებისაგან მიტოზის გზით. კლონი არ არის ყოველთვის ჰომოგენური, ამიტომ ტერმინები „კლონი“ და „კლონირება“ არ შეიძლება გამოვიყენოთ უჯრედულ პოპულაციაში ჰომოგენურობის აღსანიშნავად.

კლონირებული სახე, კლონირებული ხაზი—სახე ან ხაზი, რომელიც უშუალოდ წარმოშობილია კლონიდან.

დიპლოიდური უჯრედული ხაზი—უჯრედული ხაზი, რომელშიც უჯრედების სულ ცოტა 75%-ს აქვს იგივე კარიოტიპი, რაც ნორმალურ უჯრედებს, საი-

დანაც არის მიღებული მოცემული უჯრედული ხაზი. ასეთი ხაზის უჯრედებს შეუძლიათ დაკარგონ ქრომოსომების ერთი ტიპი და შეიძინონ მეორე, რის შედეგადაც უჯრედის კარიოტიპი იცვლება, მაგრამ ქრომოსომების დიპლოიდური რიცხვი უცვლელი რჩება. ასეთი უჯრედები ითვლება „ფსევდოდისპლოიდურ“ უჯრედებად.

ჰეტეროპლოიდური უჯრედული ხაზი — უჯრედული ხაზი, რომელსაც აქვს არანაკლებ 75% დიპლოიდური ქრომოსომული კომპლექსების შემცველი უჯრედებისა. ტერმინი არ ნიშნავს იმას, რომ ეს უჯრედები ავთოვისებიანია. ჰეტეროპლოიდური უჯრედული ხაზის აღწერაში უნდა მიეთითოს უჯრედების პროცენტული შემცველობა ლერძული და არალერძული ხაზების კარიოტიპებით.

ჰაპლოიდი — ქრომოსომათა საწყისი რიცხვი პოლიპლოიდურ სერიაში (ქრომოსომული რიცხვი გამეტებში). აღნიშნება *n*-ით.

დიპლოიდი, ტრიპლოიდი, ტეტრაპლოიდი და ა. შ. — ქრომოსომათა საწყისი რიცხვი ორმაგი, სამმაგი, ოთხმაგი (XX, XXX, XXXX) და ა. შ.

პოლიპლოიდი — დიპლოიდზე უფრო დიდი საწყისი ნომრების საერთო აღნიშვნა.

ჰეტეროპლოიდი — ქრომოსომათა ნაკრები, რომელიც გადახრილია ნორმალური ქრომოსომული რიცხვისაგან.

ეუპლოიდი — ქრომოსომული ნაკრები მრავალი *X*-ქრომოსომით.

ანეუპლოიდი — ყველა ქრომოსომული ნაკრები, რომელიც გადახრილია ნორმალური რიცხვისაგან.

მიქსოპლოიდა — უჯრედულ პოპულაციაში ერთ ქრომოსომულ კომპლექსზე მეტის არსებობა.

ენდოპოლიპლოიდა — უჯრედულ პოპულაციაში პოლიპლოიდური უჯრედების გაჩენა, რომლებიც წარმოქმნილი არიან ენდომიტოზის გზით.

სუბკულტურა — კულტურა, რომელიც მიღებულია ერთი კულტურიდან მეორეში უჯრედების ტრიფსინიზაციის გზით.

პასაჟი — სუბკულტურის შექმნის პროცესი, ე. ი. უჯრედების გადატანა ერთი კულტურიდან მეორეში. ვირუსოლოგები ამ ტერმინს იყენებენ არა უჯრედების, არამედ ზედაპირული სითხის გადატანის აღსანიშნავად.

სუბკულტურების რიცხვი — რიცხვი, რომელიც მიუთითებს, რამდენჯერ არის უჯრედი სუბკულტივირებული, ე. ი. გადატანილი ერთი კულტურიდან მეორეში.

სუბკულტურის ინტერვალი — ინტერვალი უჯრედების მომდევნო სუბკულტივაციებს შორის..

უჯრედის გენერაციის დრო — ინტერვალის უჯრედის ორ მომდევნო დაყოფას შორის. ეს მაჩვენებელი სადღეისოდ განისაზღვრება კინემატოგრაფიის მეშვეობით.

პოპულაციის გაორმაგების დრო—ინტერვალის, რომლის განმავლობაშიც ერთი პოპულაციის უჯრედთა რიცხვი ორმაგდება (მაგალითად, უჯრედთა რიცხვი 1×10^6 იზრდება 2×10^6 -მდე).

გამრავლების აბსოლუტური ეფექტურობა — უდიდესი პროცენტი ინდივიდუალური უჯრედებისა, რომლებიც საკვებარიან ჭურჭელში მოთავსებისას წარმოქმნიან კოლონიას. ჭურჭელში უჯრედთა საერთო რიცხვი, ჭურჭლის ტიპი და გარემოს პირობები (ხსნარი, ტემპერატურა, CO_2 -ის შემცველობა, დახურული ან ღია სისტემა და ა. შ.) ყოველთვის უნდა იყოს მითითებული.

გამრავლების შედარებითი ეფექტურობა — კოლონიის წარმოქმნილი კულტივირებული უჯრედების პროცენტი, კონტროლთან შედარებით (გამრავლების აბსოლუტურ ეფექტურობასთან შედარებით).

ფიბრობლასტები — თითისტარისებრი ან უსწორო ფორმის უჯრედები, რომელთაც ფიბრინების ფორმირების უნარი აქვთ. უჯრედთა კულტურებში უჯრედების მრავალი სხვა ტიპი მორფოლოგიურად არ განსხვავდება ფიბრობლასტებისაგან; ფიბრობლასტების განსაზღვრა შეიძლება საყოველთაოდ მიღებული ჰისტოლოგიური კრიტერიუმებით.

ფიბრობლასტების მსგავსი უჯრედები — უსწორო ფორმის უჯრედები, რომლებიც ემსგავსებიან ფიბრობლასტებს. ამ უჯრედთა წარმოშობა ჩვეულებრივ ცნობილი არაა.

ეპითელიური უჯრედები — უჯრედები, რომლებიც მჭიდროდ ეხებიან ერთმანეთს და წარმოქმნიან უსასრულო მოზაიკისმაგვარ ნაჭრებს ძალიან მცირე უჯრედშიგა ნივთიერებით.

ეპითელიური უჯრედების მსგავსი უჯრედები — უჯრედები, რომლებიც მეტნაკლებად ამქლავებენ ფოთლის ტიპის ფორმების, მიწებებული პოლიგონური უჯრედების წარმოქმნის ტენდენციას, როგორც ეს დამახასიათებელია ეპითელიური უჯრედებისათვის.

კულტურის შეცვლა — კულტურის თვისებების მუდმივი ცვლილება (მორფოლოგია, ქრომოსომული კომპლექსი, მერძობიარობა ვირუსებისადმი, პროლიფერაციის უნარი, ავთვისებიანი ხასიათი და ა. შ.). ტერმინი „უჯრედული ტრანსფორმაცია“ მიეკუთვნება ცვლილებებს, რომლებიც გამოწვეულია უჯრედებში ახალი გენეტიკური მასალის შეტანით, რომლის ბუნება, წარმოშობის წყარო მითითებული უნდა იყოს.

სიმსივნეების წარმოქმნა — ტერმინი არ იძლევა კრიტერიუმებს ამ მოვლენის ნიშნების განსაზღვრისათვის უჯრედებში *in vitro*. პროცესის ციტოლოგიური შეფასებისათვის აუცილებელია შემდეგი ფაქტორების გათვალისწინება: 1) ცხოველის აღწერა; 2) ჩატარებული იყო თუ არა მკურნალობა კულტურაში უჯრედების შეყვანამდე; 3) ინექციის ადგილი და შესაყვანი უჯრედების რარდენობა; 4) ამ უჯრედების ზრდის აღწერა; 5) სიმსივნის ციტოლოგიური აღწერა და მისი კავშირი მასთან ახლოს მდებარე ჯანმრთელ ქსოვილებთან; 6) მეტასტაზების წარმოქმნა.

ტოქსიკურობა — სხვადასხვა რეაგენტის თვისება — გამოიწვიოს ქსოვილვან კულტურებში გარკვეული ეფექტი, რომელიც უჯრედების მორფოლოგიის ცვლილებით, უჯრედთა ზრდის სიჩქარის ცვლილებით, უჯრედთა სიკვდილით და ა. შ. ვლინდება.

მედიკინის თარიღები ციტობიოგენეზის ისტორიიდან

- 1665 წ. რობერტ ჰუკმა მცენარეულ ობიექტზე აღწერა უჯრედის გარსი, პირველმა შემოიღო ტერმინი „უჯრედი“, რაც ნიშნავდა „პატარა საკანს“.
- 1831 წ. რობერტ ბროუნმა აღმოაჩინა უჯრედული ბირთვი.
- 1838—39 წწ. მატეას შლეიდენმა და თეოდორ შვანმა შექმნეს უჯრედული თეორია.
- 1855 წ. რუდოლფ ვირხოვმა ექსპერიმენტული გამოკვლევების საფუძველზე დაადგინა, რომ ყველა უჯრედი წარმოიშობა ადრე არსებულ უჯრედთა დაყოფის გზით.
- 1879 წ. ედვარდ სტრასბურგერმა აღნიშნა უჯრედული ბირთვის წარმოშობა უჯრედული ბირთვისაგან.
- 1879 წ. არნოლდმა პირველმა სცადა შეეწავლა ადამიანის ქრომოსომული ნაკრები.
- 1885 წ. ავგუსტ ვეისმანმა გამოთქვა მოსაზრება კვერცხუჯრედისა და სპერმატოზოიდის ერთნაირ გენეტიკურ მნიშვნელობაზე, მათ შორის მორფოლოგიური განსხვავების მიუხედავად.
- 1865 წ. გრეგორ მენდელმა დაადგინა მემკვიდრული ფაქტორების განაწილება თაობებში, რომლის ბუნება მისთვის უცნობი იყო. მისი აზრით, ეს ფაქტორები ლოკალიზებულია გამეტებში, თითოეულში ერთმაგი რაოდენობით, ზიგოტაში კი მათი რაოდენობა ორმაგდება. ეს ფაქტორები შესაძლებელია არსებობდნენ სხვადასხვა მდგომარეობაში და როგორღაც განაპირობებენ ნიშან-თვისებათა განვითარებას, რომლებიც მემკვიდრეობენ წინასწარ განპირობებული სახით.

- 1887 წ. ელუარდ ვან ბენადენმა შეძლო დაემტკიცებინა უჯრედული დაყოფის პროცესში ქრომოსომათა ინდივიდუალობის შენარჩუნების უნარი.
- 1888 წ. ვ. ვალდიერის წინადადებით უჯრედის ბირთვულ ელემენტებს ეწოდათ ქრომოსომები.
- 1902 წ. სატონმა თავისი გამოკვლევებით საფუძველი ჩაუყარა თანამედროვე ციტოგენეტიკის შექმნას.
- 1910—12წწ.—თომას მორგანმა თანამშრომლებთან ერთად ექსპერიმენტული ანალიზის საფუძველზე ჩამოაყალიბა მემკვიდრეობის ქრომოსომული თეორია.
- 1910 წ. ს. ნავაშინმა აღწერა ქრომოსომათა ორგანიზაციის ნატიფი სტრუქტურა.
- 1944 წ. ტ. ავერიმ, შ. მაკ-ლეოდმა და მ. მაკ-კარტიმ დაამტკიცეს, რომ გენები შედგებიან დნმ-საგან.
- 1953 წ. ჩეიმს უოტსონმა და ფრანსის კრიკმა გამოთქვეს მოსაზრება, რომ დნმ-ის მოლეკულა შედგება ორმაგი სპირალისაგან, რომელიც წარმოდგენილია წყვილადი კომპლემენტარული ნუკლეოტიდებით, ხოლო გენეტიკური ინფორმაცია კოდირებულია ნუკლეოტიდების სპეციფიკურ თანმიმდევრობაში.
- 1956 წ. შვედმა მეცნიერებმა ტომ და ლევანმა პირველებმა დაადგინეს ადამიანის სომატურ უჯრედებში ქრომოსომათა ზუსტი რაოდენობა — 46.
- 1961 წ. მარშალ ნირენბერგმა პირველმა ახსნა გენეტიკური კოდის არსი: მან დაადგინა, რომ სპეციფიკური ამინომჟავების ჩართვა ცილის სტრუქტურაში დამოკიდებულია ინფორმაციული რნმ-ის მოლეკულაში არსებული სამი ნუკლეოტიდის თანმიმდევრობაზე.
- 1967 —68 წწ. გ. ქორანამ თანამშრომლებთან ერთად ხელოვნურ პირობებში განახორციელა გენის სინთეზი.
- 1969 წ. ბეკეტმა თანამშრომლებთან ერთად შეძლო ბაქტერიიდან გენის გამოყოფა, რისთვისაც გამოიყენა ვირუსების თვისება E. Coli-ის ქრომოსომებში გარკვეულ გენებთან დაკავშირება და ეგზონუკლეაზების თვისება — დნმ-ის ერთძაფოვანი უბნების „მოკეფთა“.
- 1971 წ. კარლო მერილმა, მარკ გეიერმა და ჯონ პეტრიციანმა პირველებმა გადაწერეს გენი ბაქტერიული უჯრედიდან ადამიანის უჯრედში.

ძირითადი ჟურნალები, რომლებშიც ყველაზეა შრომები
ალამიანის ციტოგენეტიკის შესახებ

Генетика

Генетика и цитология

Цитология

Acta Genetica at Statistica Medica	(შვეიცარია)
Acta Genetica Medical et Gemellogia	(იტალია)
American Journal of Human Genetics	(აშშ)
Annales de Genetique	(საფრანგეთი)
Annales of Human Genetics	(ინგლისი)
Cytogenetics	(შვეიცარია)
Excepta Medica:Human Genetics Abstracts	(პოლონეთი)
Folia Hereditariae et Patologia	(იტალია)
Humangenetik	(გერმანიის ფედერაციული რესპუბლიკა)
Japanese Journal of Human Genetics	(იაპონია)
Journal de Genetique Humaine	(შვეიცარია)
Journal of Medical Genetics	(ინგლისი)

உரித்தரிப்புகள்

1. Саттон (1902). ၂၀၆: Суонсон К., Мерц Т., Янг У., Цитогенетика, Изд. «Мир» — М (1969)
2. Arnold F., Virch. Arch., 77,2, 181 (1879)
3. Flemming W., Arch. f. Mikrosk. Anat., 16 (1882)
4. Vinivarter H., Arch Biol., 27, 91 (1912)
5. Painter T. S., Science, 53, 1376 (1921)
6. Андрес А. А., Введение в карпологию человека, Изд. «Медгиз»—М. (1934).
7. Andres A., Navaschin M. S., Ž. Zellforsch. Mikrosk. Anat., 24, 411 (1936)
8. Chrústschoff G. K., Berlin E. A., Genetics, 31, 2, 243 (1935)
9. Hsu T. C., Hereditas, 43, 167 (1952)
10. Tjio J. H., Levan A., Hereditas, 42, 13, 1 (1956)
11. Ford C. E., Hamerton J. Z., Acta Gen. Statist. Med., 6, 2, 264 (1956)
12. Tjio J. H., Paek T. T., Proc. Nat. Acad. Sci., 44, 12, 1229 (1958)
13. Chu E. H., Giles N. H., Amer. J. Hum. Genet., 11, 1, 63 (1959)
14. Levan A., Hsu T. S., Hereditas, 45, 665 (1959)
15. Denver Group, Lancet 1, 7133, 1063 (1960)
16. Patay K., Amer. J. Hum. Genet., 12, 850 (1960)
17. London Group, Cytogenetics. 2, 4—5, 254 (1963)
18. Sasaki M., Chromosoma, 11, 514 (1961)
19. Гнидilis В. М., Цитология, 8, 2, 144 (1966)
20. Прокофьева-Бельговская А. А., Гнидilis В. М., Из АН СССР (сер. биол.), 2, 488 (1965).
21. Ohnuki Y., Chromosoma, 25, 4, 402, (1968)
22. Прокофьева-Бельговская А. А., Вопросы цитологии и общей физиологии, 215, Изд. «АН СССР» —М—Л (1960).
23. Прокофьева-Бельговская А. А., Журн. Общей биол., 6, 2, 93 (1945)
24. Прокофьева-Бельговская А. А., Журн. Общей биол., 8, 4, 247 (1947)
25. Heitz E., Wiss. Bot., 69, 762 (1928)
26. Heitz E., Dtsch. Bot., Ges., 47, 274 (1929)
27. Прокофьева-Бельговская А. А., Основы цитогенетики человека, Изд. «Медицина» —М (1969).
28. Прокофьева-Бельговская А. А., Из АН СССР (сер. биол.), 3, 362 (1939)
29. Brown S. W., Science, 151, 417 (1966)

30. Христолюбова Н. Б., Док. АН СССР, 138, 3, 681 (1961)
31. Stalder G. R., Buhler E. M., Buhler H. K., Humangenetik, 1, 3, 307 (1965)
32. Steffensen. (1959) *Собр.*: Прокофьева-Бельговская А. А., Основы цитогенетики человека, Изд. «Медицина»—М(1969).
33. Taylor J. H., Inter. Rev. Cytol., 13, 39 (1962)
34. Painter T. S., Proc. Natl. Acad. Sci., 51, 1282 (1964)
35. Du Praw E. S. Nature, 606, 338 (1960); Nature, 209, 577 (1966)
Proc. Natl. Acad. Sci., 53, 161 (1965)
36. Ris H., Canad. J. Genet. and Cytol. 3, 95, (1961)
37. Робертис Э., Новинский В., Слес Ф., Общая цитология, Изд. «Наука»
—М. (1962)
38. Lima-de-Faria A., Hereditas, 43, 85 (1956)
39. Luks H. A., Blitman S. I., Experientia, 23-12, 1067 (1967)
40. German J., Science, 144, 298 (1964)
41. Ferguson—Smith M. A., Hendmaker S. d., Lancet, 1, 7178, 638 (1961)
42. Ferguson—Smith M. A., Amer. J. Obstet. Gynecol., 90, 7, 1035 (1964)
43. Chappelle A. Lancet, 2, 460 (1961)
44. Saksella E., Moorhead P. S., Cytogenetics, 1, 3, 225 (1962)
45. Лежава Т. А., Цитология, 8, 2, 286 (1966).
46. Bover F. G., Candela R. B., Rev. Esp. Obstet., 23, 136, 222 (1964)
47. Лежава Т. А., Хромосомные наборы при синдроме Штейна-Левенталя, Авто-
реферат канд. диссер., Тбилиси (1968).
48. Palmer C. G., Funderburk S., Cytogenetics, 4, 261 (1965)
49. Sasaki M., Makino S., Amer. J. Hum. Genet., 15, 24 (1963)
50. Schmid W., Cytogenetics, 2, 175 (1963)
51. Miller O. J., Mukherjee M., Trans. N. Y. Acad. Sci., 24, 4, 372 (1962)
52. Nasjlett C. E., Кноппр С. Т., Hiniker J. J., Lancet, 2, 7354, 315 (1964)
53. Ohno S., Lancet, 2, 7194, 123 (1961)
54. Прокофьева-Бельговская А. А., Проблемы медицинской генетики,
Изд. «Медицина» —Л (1965)
55. Luciani J. M., Stkahl A., Vague J., Ann. Genet., 11, 3, 157 (1968)
56. Turpin R., Lejeune I., Les Chromosomes Humains, Paris (1965)
57. Marcovic V., Maric-Petrovic S., et. al., Ann. Genet., 13, 2, 115 (1970)
58. Hamerton I. L., Gianelli F., Polani P. E., Cytogenetic, 4, 3, 171 (1965)
59. Прокофьева-Бельговская А. А., Гиндilis В. М., I симп. по хро-
мосомам человека, Л (1964)
60. Ford E. N., Woollam D. H., Lancet, 2, 7505, 26 (1967)
61. Engmann F. R., Lancet, 2, 7526, 1114 (1969)
62. Lima-de-Faria A., Sarvella P. Hereditas, 44, 337 (1958)
63. Поляков В. Ю., Ченцов Ю. С., Тез. II Симп. по структуре и функ. хромо-
сомы, 58, Новосибирск (1970).
64. Богданов Ю. Ф., Руководство по цитологии. 2, 303. Изд. «Наука»—М—Л
(1965)

65. Watson J. D., Krick F. H., Gold. Spring Harb. Symp. Quart. Biol., 18, 123 (1953)
66. Бреслер С. Е. В кн.: Введение в молекулярную биологию, Изд. «Мир» —М—Л (1963)
67. Бошер Дж., В кн.: Молекулярная биология развития, Изд. «Мир» М. (1967)
68. Гюоргиев Г. П., Монтьева В. Л., Биохимия, 27, 949 (1962)
69. Block D. F., J. Histochem. Cytochem., 10, 137 (1962)
70. Woodard J., Rasch E., Swift H., J. Biophys. Biochem. Cytol., 9, 445 (1961)
71. Mirsky A. E., Osawas S., The Interphase Nucleus In The Cell, 2, 677 (1961)
72. Wilkins M. H., In les Nucleoprotein N. Y., 45 (1959)
73. Chicago Conference, Standartization In Human Cylogenetics. Birt Defects: Orginal Series, 11, 2 (1966)
74. Shandra H. S., Hungerford D. A., Ann. Genet., 10, 1, 13 (1967)
75. Лежава Т. А., Мат рес. конф. молодых ученых медиков, 107, Тбилиси, (1971)
76. Makino S., Tagaki N., Cytologia, 30, 274 (1965)
77. Gripenberg U., Chromosoma (Berl.), 15, 618 (1964)
78. Sasaki M., Makino S., Gunna Symp. Endocr., 4, 3 (1967)
79. Barr M. L., Bertram E. G., Nature, 163, 4148, 676 (1949)
80. Barr M. L., Bertram E. G., Lendsey H., Anat. Rec., 107, 3, 283 (1950)
81. Moor K. L., Barr M. L., J. Comp. Neur., 98, 2, 213 (1953)
82. Klinger H., Schwarzacher H., J. Byophys. Byochem. Cytol., 8, 345 (1960)
83. James J., Zs. Zellforsch. 51, 5, 597 (1960)
84. Marberger E., Boccabella R. A., Nelson W. O., Proc. Soc. Exper. Biol. Med., 89, 31, 488(1955)
85. Пономаренко А. М., Цитология, 6, 1, 121 (1964)
86. Greenblatt R. B., Acosta O. V., et. al., J. Amer. Med. Ass., 11, 8, 682 (1956)
87. Barr M. L., Human Chromosomes Methodology, by Jonis J. J., 1 (1965)
88. Zupringer K., Rossi E., et. al., Minerva Ped., 17, 11, 621 (1965)
89. Кирилова Б. А., Актуальные вопросы акушерства. 71, Киев (1970)
90. Давиденкова Е. Ф., Генетика и патология, 41, Изд. «Медицина» —М (1968)
91. Geitler L., Z. Zellforsch. Mikroskop. Anat., 26, 641 (1937)
92. Lyon M., Amer. J. Hum. Genet., 14, 2, 135 (1962)
93. Morishima A., Grumbach M. M., Taylor J. H., Proc. Nat. Acad. Sci., 48, 5, 756 (1962)
94. Vandenberg S. G., Mc Kusick V. A., Mc Kusick A. B., Nature, 194, 4827, 505 (1962)
95. Grumbach M., Mark P. A., Morishima A., Lancet, 2, 1330 (1962)
96. Harris H., Hopkinson D. A., Spenser N., Ann. Hum. Genet., 27, 1, 59, (1963)
97. Sanson G., Rasore Quartino A., Veneziano G., Pathologica, 55, 371 (1963).
98. Ferguson-Smil M. A., Johnston A. W., Hendmaker S. D., Lancet, 2, 7143, 184 (1960)
99. Jacobs P., Harnder D. G., et. al., Lancet, 1, 7188, 1183 (1961)

100. Давиденкова Е. Ф., Пономаренко А. М., Верлинская Д. К., Цитология, 8, 2, 290 (1966);
101. Polani P. E., Hunter W. F., Lennox B., Lancet, 2, 6 829, 120 (1954)
102. Wilkins L., Grumbach M. M. Van Wyk. J. J., J. Clin. Endocr., 44, 10, 1270 (1954).
103. Danon M., Sachs L., Lancet, 2, 6984, 20 (1957)
104. Polani P. E., Publ. Ass. Res. Nerv. Dis., 39, 78 (1959)
105. Vague J., Picard D., Ann Endocr., (Paris), 17, 1, 51 (1965)
106. Ashley D. J., Jones C. H., Lancet, 1, 7011, 74 (1958)
107. Hutching J. J., J. Clin. Endocr., 19, 3, 375 (1959)
108. Wais S., Acta Endocr. Supp., 51, 615 (1960)
109. Бочков Н. П., Антошина М. М., Стонова Н. С., Цитология, 8, 2, 215 (1966)
110. Maclean N., Harnden D., et. al., Lancet, 1, 7328, 286 (1964)
111. Moor K. L., Acta Cytol., 6, 1, 126 (1962)
112. Жемкова З. А., Арх. анат. гист. и эмбриол., 39, 9, 24 (1960)
113. Любницкая С. И., Цитология, 8, 2, 298 (1966).
114. Howard S. A., Pelc S., Exp. Cell Res., 2, 173 (1966)
115. Takagi N., Sandberg A., Cytogenetics, 7, 118 (1968)
116. Moorhead P. S., Defendi V., J. Cell. Biol., 16, 202, (1963)
117. Schmid W., Cytogenetics, 2, 175 (1963)
118. German J., J. Cell biol., 20, 37 (1964)
119. Geitler L., Chromosoma, 1, 1, 1 (1939)
120. Hsu T. C., Moorhead P. S., Ann. N. Y. Acad. Sci., 6, 6, 1083 (1956)
121. Levan A., Hauschka T. S., J. Nat. Cancer. Inst., 14, 1, 1 (1953)
122. Moorhead P. S., Nowell P. D., et. al., Exp. Cell Res., 20,3, 613 (1960)
123. Лежава Т. А., Цитология, 10, 2, 241 (1968).
124. Jackson J. F., Lindahl-kissling K., Exp. Cell Res., 34, 515 (1964)
125. Чнташвили Р. Я., Хмаладзе Э. В., Тез. II симп. по структуре и функциям, хромосомы 72, Новосибирск (1970)
Lezhava T. A., Chitashvili R. Ya and Chmaladze E. V., Bio-medical Computing, 3, 181 (1972)
126. Edwards J. H., Lancet, -2, 317 (1961)
127. Harnden D. G., In Recent Advances In Human Genetics, 19 (1961)
128. Hoehen H., Nagel M., Krone W., Humangenetik, 11, 146 (1971)
129. Irwin J. O., Ann. Hum. Genet., 28, 361 (1965)
130. Прокофьева-Бельговская А. А., Гиндilis В. М., и др., Цитология, 8, 2, 158 (1966).
131. Cohen M. M., Shaw M. W., Ann. Hum. Genet., 31, 129 (1967)
132. Джохадзе Т. А., Лежава Т. А., Мат. респ. конф. молод. учен. мед., 78 Тбилиси (1971)
133. Лежава Т. А., Тез. II симп. по структуре и функ. хромосомы, 41, Новосибирск (1970)

134. Lezhava T. A., *Excerpta Medica*, 233, 112 (1971)
135. Lezhava T. A., Chitashvili R. YA., Khmaladze E. V., *Bio-medical Computing*, 3, 181 (1972)
136. Caspersen T., Zech L., Johansson C., *Exp., Cell Res.*, 60, 315 (1970)
137. Davidson W. M., Smith D. R., *Brit. Med. J.*, 4878, 6—7 (1954)
138. Grouchy J., Robin M., Passage E., *Ann. Genet.*, 7-1, 45 (1964)
139. Rigags D. A., Osgood E. E., *J. Biol. Chem.*, 212, 607, (1955)
140. Одиџо F., Group A., (1964) ოცნ.: Скобельский М. Д., Бурак А. И., Лаб. дело, 5, 262 (1970).
141. Скобельский М. Д., Бурак А. И., Лаб., дело. 5, 262 (1970)
142. Moscona A., Trowell O. A., Willmer E. N., *Cells And Tissues In Culture Methods Biology And Physiology*. By Willmer E. N., 1, 19 (1965)
143. Vasgure P. K., Vasgure V. R., Gilman I. P., *Exp. Cell Res.*, 30, 229 (1963)
144. Стопова Н. С., Роль хромосомных aberrаций в этиологии спонтанных абортов у человека, Канд. Диссер. — М (1968).
145. Bain A. D., Could J. K., *Brit. J. Exp. Pathol.*, 45, 5, 530 (1964)
146. Robbins P., Marcus P. L., *Science*, 144, 1152 (1964)
147. Sanberg A. A., Koore G. F., et. al., *Amer. J. Hum. Genet.*, 12, 231 (1960)
148. Jackson J. F., *Cancer*, 20, 4, 537 (1967)
149. Rutovitz D., *Brit. Med. Bull.*, 24, 3, 260 (1968)
150. Humberman J. A., Attardi G., *J. Cell Biol.*, 31, 95 (1966)
151. Schnedl W., *Nature, New Biol.*, 233, 94 (1971)
152. Sasaki M. S., Makino S., *Amer. J. Hum. Genet.*, 15, 24 (1963)
153. Schmid W., *Human Chromosome Methodology*. By Jonis J. J (1965)
154. Ford E. N., Thurlcyk., Woolam D. H., *J. Anat.*, 103, 143 (1968)
155. Иорданов Ж., Гиоргиев И., *Изв. И-та Морф. БАН.*, 3, 131 (1957)
156. Eberle P., *Die Chromosomenstrukture Des Menschen In Mitosis Und Meiosis*. Iena (1966)
157. Sasaki M., Makino S., *Chromosoma*, 16, 637 (1965)
158. Ford C. E., Hamerton F. Z., *Nature*, 178, 1020 (1956)
159. Ohno S., *Human Chromosome Methodology*. By Jonis J. J (1965)
160. Apperen G., Berggren A., et. al., *Hereditas*, 64, 2, 211 (1970)
161. Yncen C., *Cytogenetics*, 7, 274 (1968)
162. Tarowski A. K., *Cytogenetics*, 5, 394 (1966)
163. ლეჯავა თ., ზოგადი მიკროტექნიკა. თბილისი. „ენციკლოპედის“ გამომცემი. (1955)
164. Меркулов Г. А., Курс патологической техники, Изд. «Медицина» — М (1969)
165. Дайер Дж. Р., Применение абсорбционных спектроскопии органических соединений, Изд. «Химия» — М (1970). Рао Ч. Н. Электронные спектры в химии изд. «Мир» — М (1964); ЯМР и ЭПР спектроскопия, изд. «Мир» — М (1964)
166. Пирс Э., Гистохимия, Изд. — М (1962)
167. Sanderson A. K., Stewart J. S., *Brit. Med. J.*, 2, 5259, 1065 (1961)
168. Докумов С. И., Лаб. Дело, 5, 9, 38 (1963).
169. Nouvelle nomenclature du caryotype humain., *Ann. Genet.*, 10, 3 (1967)

170. Paris Conference (1971): Standardization in Human Cyogenetics: Cytogenetics, 11, 5, 317 (1972)
171. Geneva Conference; Cytogenetics, 5, 6, 361 (1967)
172. Бочков Н. П. Основы цитогенетики человека. Под редакцией Прокофьевой-Бельговской А. А. Изд. «Медицина» —М (1969)
173. Comitet on Terminology, Tissue Culture Association: Proposed Usage of Animal culture Terms.. Cytogenetics, 6, 161 (1967)

სურათებზე დართული ლიტერატურა

- ღეგვაძა ა., ზოგადი მიკროტექნიკა, თბილისი უნივერსიტეტის გამომცემლობა (1955)
- Кириллова Е. А. Материал к докладу в кн.: Актуальные вопросы акушерства, Киев (1970).
- Лежава Т. А. Цитология, 8, 2, 286 (1966)
- Лежава Т. А. Цитология, 10, 2, 241 (1968)
- Робертис Э. и др. Общая цитология, Изд. «Наука»—М (1962)
- Barthalos M., Baranki T. A., Medical Cytogenetics, Ballimor (1967)
- Basgur D. K., Basgur V., R., Gilman I. P., Exp. Cell Res., 30, 229 (1963)
- Barzman (1962) ცტ.: Прокофьева-Бельговская А. А., Основы цитогенетики человека. Изд. «Медицина»—М (1969)
- Du Praw E. I., Nature, 606, 338 (1965); Nature, 209, 577 (1966); Proc Natl. Acad. Sci., 53, 161 (1966)
- Ferguson-Smith M. A. (1962) ცტ.: Ferguson-Smith M. A., Amer. J. Obstet. Gynecol., 95, 7, 1035 (1964).
- Freccaro M., Hulten M., Lindsten J., Ann. N. J. Acad. Sci., 155, 3, 664 (1968)
- Freccaro M., Lindsten J., Cytogenetics Of Cells In Culture, By Harris J. C (1964)
- Hulten M., Lindsten J., (1966, ცტ.: Freccaro M., Hulten M., Lindsten J., Ann. N. J. Acad. Sci 155, 3, 664 (1968)
- Kikushi Y., Sanberg A., J. Natl. Cancer Inst., 32, 1109 (1964)
- Paris Conference (1971); Cytogenetics, 11, 5, 317 (1972)
- Penrose L., Nature, 197, 933 (1963)
- Ris H., Canad. J. Genet. And Cytol., 3, 95 (1961)
- Schmid W., Cytogenetics, 2, 175 (1963)
- Schnedl M., Nature, New Biology, 233, 94 (1971)
- Sieffensen (1959) ცტ.: Прокофьева-Бельговская А. А., Основы цитогенетики человека. Изд. «Медицина»—М (1969)
- Watson J. D., Crick F. H., Gold Spring Hard. Symp. Quant. Biol., 123 (1953)
- Zuppperger K., Rossi E., et al., Min. Ped., 17, 11, 621 (1965)

საბანძო საძიებელი

ა

აბერაცია 109, 110, 111, 112, 113, 114
 აბორტი 108
 აბსოლუტური სიგრძე (ქრომოსომის) 8
 აბსორბცია 88
 აღენინი 24
 ავტორადიოგრაფია 26, 27, 63
 აზოტოვანი ფუძე 24
 აკროცენტრული ქრომოსომა 10, 18, 19, 20, 21,
 22, 26, 27, 28, 70
 აღდეპიდი 91
 ამიდი 91
 ამილ-აცეტატი 64
 ამნიონი 55, 56
 ამნიონის სითხე 4, 55, 56
 ამონიუმის სულფატი 51
 ანარელუპლოცია 41
 ანაფაზა 10, 13, 14, 35, 40, 44, 66, 67, 69, 71,
 72, 109, 112
 ანაფაზური ხიდი 113
 ანეუპლოიდია 116
 ანოლი 87
 ანჰიდრიდი 91
 აპლანატური კონდენსორი 76
 აპოკრომატული ობიექტივი 76
 არომატული გვერდითი ჯაჭვი 88
 ასოციაცია 17, 29, 44, 45, 46, 70
 ასციტი 42, 59
 ატომების რხევითი ენერჯია 89
 აქრომატული ნივთიერება 24
 აქრომატული ობიექტივი 76, 78, 81.
 აცენტრული რგოლი 110
 აცენტრული ფრაგმენტი 15, 98, 109, 110;
 111, 112, 113, 114
 აცეტონი 94
 აცეტორსენინი 47, 59, 73, 94

ბ

ბალანსირებული ტრანსლოცია 99
 ბალზამი 49, 53, 83, 93, 94
 ბარის სხეულაყი 29, 101

ბივალენტი 70, 71
 ბილისტილირებული წყალი 72
 ბინოკულარი 76, 77
 ბიოლოგიური მიკროსკოპი 76, 78, 82
 ბიოქიმიკა 13, 33, 82
 ბირთვადი 10, 12, 13, 18, 24, 35, 40, 41, 44,
 70, 71, 72
 ბირთვი 12, 13, 29, 30, 32, 33, 34, 41, 42,
 47, 51, 61, 67, 68, 70, 72, 89, 118
 ბირთვის გარსი 30, 40, 68, 72
 ბირთვული მაგნიტური რეზონანსი 88, 92
 ბირთვული სატელიტი 29, 30
 ბოქსი 52, 53

გ

გამეტა 8, 67, 118
 გამრავლების აბსოლუტური და შედარებითი
 ეფექტურობა 117
 გენეტიკა 5, 12, 33, 78,
 გენი 3, 12, 13, 15, 24, 29, 32, 70, 119
 გვიან რეპლიცირებული ქრომოსომა 18, 27,
 28, 29, 38, 39
 გიგანტური თანამგზავრი 20
 გიმზარ-რომანოვსკის საღებავი 47, 62, 63, 94,
 102
 გლუტამინის მკეაუა 52
 გოგორღოვანი ეთერი 47
 გონადური დისგენეზია 32
 გორაივის კამერა 56
 გუანინი 24

დ

დაუნის სინდრომი 74
 დეზოქსირიბოზოქლოვინის მკეაუა
 (დნმ) 14, 15, 24, 25, 30, 34, 35, 36, 37, 38,
 39, 61, 69, 72, 93, 119
 დეზოქსირიბოზოქლოვოპროტეიდი - 13, 14
 დელეცია 29, 110, 111, 113

დენეერის კონფერენცია 5, 8, 18, 20, 26,
დემოკრატიული 73, 74
დუბაი-ლაიხტენშტაინის ქრომოსომის 3, 11, 12, 13,
18, 22, 66, 72
დუფორმატიული რბევები 89
დუჟინეზი 10, 66, 67, 69, 71
დუფორმატიული მკერდის 75, 77, 79, 81, 83
დუზუგუტური 22
დუპლიკატიული რბენობა 3, 4, 5, 8, 29, 59, 67,
69, 116
დუპლიკატიული უკრძლელი ხაზი 115
დუპლიკატი 66, 67, 70
დუპლიკატიონები 41, 42, 43
დუფორმატიული სეკანდი 65
დუფორმატიული ქრომოსომა 98, 109, 110, 111,
113
დუღის რბევები 30, 47, 48
დუბლიკატი 21, 98

ე

ეჟანგურის კონფერენცია 99
ეჟანგური 47, 51, 62
ეჟერი 51, 91
ეჟექტორგამოთვლილი მანქანა 60
ეჟექტორული რბენობა 86
ეჟექტორული მკერდის 64, 85, 86, 87
ეჟექტორული მკერდის ბალებები 64, 65,
ეჟემპლარული დუბლიკატიონები 4
ეჟელსია 63, 64
ეჟემპლარული 41, 42
ეჟემპლარული 116
ეჟემპლარული 41, 42, 43, 98
ეჟემპლარული მსგავსი უკრძლები 117
ეჟემპლარული 30, 47, 52, 53, 117
ეჟემპლარული მკერდი (ქრომოსომის) 14, 15
ეჟემპლარული 116
ეჟემპლარული რბენობა (ქრომოსომის) 10, 11,
12, 13, 68
ეჟემპლარული 115

ვ

ვაგინალური ეჟემპლარი 47
ვაგინალური რბევები 89, 90
ვერსენი 52
ვირუსი 43, 119

ზ

ზეიტუნის ფილტრი 52
ზეჟერული შტამი 115
ზეიტუნა 8
ზეიტუნა 66, 67, 68

თ

თანამგზავნი 5, 6, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 27,
29, 45, 46, 70, 98, 99, 105, 106
თითისტარა 10, 16, 40, 41
თომიდინი 27, 39, 40, 63
თომინი 24, 25
თომუსი 57
თომინი 47
თომინი 43

ი

იგლა-საკეები არე 52, 56, 60
იდიოგრაფია 8
იზოტონური ხსნარი 72
იზოტონური დუბლიკატიული აბრეჟატი 109, 112
იზოტონური 30, 31, 32, 98, 102
იმერსიული ზეჟერი 47, 76
ინჟინერია 98, 111
ინტერსტიციული დუბლიკატი 110
ინტერსტიციული 11, 12, 13, 27, 29, 30, 32, 34,
35, 40, 41, 42, 44, 47, 58, 59, 66, 67, 68, 102
ინტერსტიციული მკერდის 81
ინტერსტიციული დუბლიკატი 41
ინტერსტიციული რბენობის მკერდი (რბენობა)
25
ინტერსტიციული სეჟერი 89

კ

კათოლი 86, 87
კალიუმის ბრომიდი 95, 96
კარტის ფლაკონი 52
კარიოგრაფირება 7, 8, 26, 71
კარიოლოგია 4
კარიოტიპი 68
კარიოტიპი 5, 7, 8, 97, 98, 99, 100, 102, 106,
109, 111
კინეტოქორი 10
კლონი 115
კლონირებული ხაზი 115
კოლხიტი 4, 11, 49, 50, 52, 53, 54, 60, 63
კოლონიუმის ფირფიტა 87
კოლექტივი 58
კომპენსაციული ოქულარი 76, 78
კონდენსირებული 75, 76, 77, 81, 82, 87
კონიუგატი 12, 13, 68
კონტრასტულად დუბლიკატი ზონები C, Q, G.R
62, 99, 102, 107
კროსინგოვერი 17

ლ

ლაქტალბუმინის ჰიდროლიზატი 56
 ლეიტონის სინჯარა 54
 ლეიკოზი 43
 ლეუკოცტარული პლაზმა 49
 ლექტონემა 66, 67, 68
 ლიპიდები 24
 ლოყესი 109
 ლონდონის კონფერენცია 8, 26
 ლემინესცენცია 47, 79, 80

მ

მაგნიტური ველი 87
 მაკ ილვეინის ბუფერი 47
 მარილმჟავა 51, 60, 92, 93, 94, 95
 მატრიქსი 10, 24
 მეთილის ლურჯი 93
 მეთილის სპირტი 50, 51, 57, 62, 64, 73,
 92—93
 მეთოლი 95, 96
 მეიოზი 10, 15, 44, 67, 68, 72, 107
 მენდელის ნიშანთა დათიშვა 3, 20
 მეორეული ჭიმი 5, 10, 11, 18, 19, 26, 27,
 29, 63, 71, 78, 98, 100, 103, 105, 106, 107
 მერკაპტოეთანოლი 43
 მერკაპტოპირუვატი 43
 მეტაბისულფიტი 93
 მეტარედუქალიცია 41
 მეტაფაზა 5, 7, 13, 20, 29, 35, 39, 40, 41, 44,
 45, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 71; 72,
 103, 109, 112, 113
 მეტაფაზების ნჯღრევის მეთოდი 58, 59
 მიკრატი „200“, „300“ (ფოტოფორი) 95
 მიკრომანიპულატორი 78
 მიკრომეთოდი 50
 მიკრონი 83, 85
 მიკროსკოპი 74, 75
 — ბიოლოგიური 76, 77, 78, 82
 — ელექტრონული 64, 65, 85, 86, 87
 — ინტერფერენციული 81, 82
 — ლემინესცენციური 47, 79, 96
 — პრეპარატების შესაღარებელი 78
 — ულტრაიისფერი 82
 — ფაზოკონტრასტული 64, 65, 80, 81, 82
 მიკროსკოპის მაკრო და მიკრო ხრახნები 75,
 77, 79

მიკროფოტოგრაფირება 60, 95
 მიტოზი 4, 11, 13, 15, 24, 34, 35, 36, 40, 41,
 44, 48, 51, 56, 57, 58, 59, 109, 113
 მიტოზური ინდექსი 41
 მიტოზური პეი 59
 მიტოზური ციკლი 13, 34, 36
 მიქსოპლიდია 116
 მონგოლიზმი 40, 74
 მონოზიგოტური 22
 მონაშირე უჯრედებისა 115
 მრავალბირთვიანი უჯრედი 42
 მრავალძაფოვანი მოდელი (ქრომოსომის) 14

ნ

ნატრიუმის დიეთილმარბიტურატი 95
 ნატრიუმის თიოსულფატი 63, 64
 ნატრიუმის სულფიტი 95, 96
 ნატრიუმის ციტრატი 50, 52, 57, 59, 73
 ნეირონი მოტორული 29
 ნიტროცელულოზის შრე 64
 ნუკლეოზიდი 24
 ნუკლეოტიდი 24, 119

ო

ობერტონები 89
 ობექტუვი (მიკროსკოპის) 75, 76, 77, 78, 81,
 82, 85, 87
 ობექტმიკრომეტრი 83, 84, 85
 ოქლარი (მიკროსკოპის) 75, 76, 77, 78, 80, 82, 85
 ოქლარმიკრომეტრი 83, 84, 85
 ოგონია 4, 73
 ოპტიკური სისტემა 74, 75
 ორსენი 95

პ

პაპილარული ხაზების მოხაზულობანი 73
 — მარუყვი (რადიალური, ულნარული) 73, 74
 — ტყალი 73, 50, 74
 — წრეხაზი 73
 პარინის კონგრესი 99
 პასაეი 116

პასტეროს პიპეტი 50, 54
პაქინემა 15, 16, 66, 67, 68, 69, 70, 73

პეროკარდიული 59
პეტრის ფინჯანი 54, 55, 73, 78

პიოკელატი კულტურა 115

პიკონის შეჯა 73

პიოპილინი 24, 89

პირველადი კულტურა 115

პირველადი კიბი 15, 18, 29

პლატინის ევანატორი 65

პლაკენტური ქსოვილი 34

პლენოელი 59

პოლიპეტალური ჩაქვი 91

პოლიპლოიდა 41, 42, 116

პოპულაციის გაორმაგება 117

პოსტინთეზური და პრესინთეზური პერიოდი

35, 36

პროცენტონემა 66, 67, 68

პრომეიოზური სტადია 67, 68

პრორედუქტაქია 41

პროტამინი 24, 25

პროტონული რეზონანსი 92, 93

პროფაზა 13, 15, 35, 40, 66, 67, 68, 70, 72

პერიონი 24, 88

ჟ

ჯელატინი 10%-ანი 48

ჯენევის კონფერენცია 108

რ

რალაქია 23

რედუქტაქია 25, 40, 72

რედუქტაქია 3, 67

რევილური მიკროსკოპის 75, 77, 82

რეპლიკაცია 3, 15, 18, 20, 28, 29, 30, 34, 35,

37, 38, 39, 40

რეკონსტრუქციული ტრანსლოკაცია 21, 22

რთული ეთერი 91

რიზონანსული რეზონანსი (რნმ) 13, 24, 25, 30, 34,

35, 69, 72, 119

რიზონანსი 24

რიზონანსი 13

რიზონანსული რეზონანსული რეზონანსი (რნმ) 13,

25

რიცხვითი აპერტურა 75

რიზონანსული ტრანსლოკაცია 100

ს

სათესლე შილაქი 72

საქეები არე

— 199.—48, 50, 52, 54, 56, 58, 63, 73

— იგლა 52, 56, 60

— უკალიუმო 18, 20, 58, 63

სანაყოფე პარკი 108

სასქესო ბუშტუკი 68

სატრანსპორტო რიზონანსული რეზონანსი (რნმ)

25

საქაროზა 60, 61

სისხლის წითელი შარბილი 63, 64

სომატური სპირალი 13

სორენსის ბუფერი 62

სპერმატოგონიები 4, 69

სპერმატიდები 72

სპერმატოზოიდი 118

სპერმატოციტები 71, 72

სპირალიზაცია (ქრომოსომის) 3, 11, 12, 13, 21,

24, 68, 69, 71, 72

სპინი 92

სპონტანური აბორტი 108

სტოქსის კანონი 80

სუბელტურა 116

სუსპენზიის კულტურა 115

სუპერსპირალი 13

ბ

ბელომერა 20, 23, 38

ბელორედუქტაქია 42, 43

ბელოფაზა 13, 35, 41, 64, 66, 67, 72, 112

ბენტიკულარული ქსოვილი 4, 72

ბეტრადა 68, 71

ბოლიდინის ლურჯი 93, 94, 95

ბრანსლოკაცია 21, 98, 99, 100, 109, 111, 112,

114

ბრანსპორტული რიზონანსული რეზონანსი (რნმ) 25

ბრანსფორმატორი 78

ბრიარდიუსი 73, 74

ბრიფსინი 52, 55, 56, 57, 64

ბრიფსინიზაცია 53, 55, 65

ბრიფტოფანი 25

ბრიფტოფი 98, 111

ბუბუსი 75, 76, 77, 79

ბუბუსის ციტრადი 65

უ

უნა-ბლუს საღებავი 43, 47, 63, 93
 უნეალენტური 70
 ურანილაცეტი 65
 ურაცილი 25
 უჯრედული დაყოფა 119
 უჯრედული
 — გენერაციის დრო 117
 — კლონი 115
 — კულტურა 63, 114
 — შტამი 98, 115
 — ხაზი 115, 116

ფ

ფელგენის რეაქცია 47, 68, 92, 93
 ფიბრობლასტები 4, 17, 47, 52, 53, 56, 58, 63, 117
 ფიბრობლასტების მსგავსი უჯრედები 117.
 ფიზიოლოგიური ხსნარი 48, 50, 51, 52, 55, 65
 ფიტოპეპტიდაზები (ფგა) 48, 49, 50, 51, 52, 58
 ფლუორესცენცია 79, 80, 102, 103, 104, 105, 106
 ფორმალინი 10%-ანი 64, 65
 ფოსფორესცენცია 79, 80
 ფოსფორტუნგოს შეკავა 65
 ფრანკის ნემსი 50
 ფუქსინი 93

ქ

ქიაზმა 10, 70, 71
 ქორიონი 55, 56, 108.
 ქრომატილა 10, 15, 16, 17, 21, 40, 68, 70, 71, 72, 109, 110, 112
 ქრომატინი სასქესო 11, 17, 24, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 47, 48, 57, 67, 68, 92, 93, 94, 102, 107
 ქრომონემა 10, 13, 14, 16, 21
 ქრომომერა 10, 15, 16, 17, 23
 ქრომოსომა
 — აკროცენტრული 6, 8, 10, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 26, 27, 28, 44, 70
 — აცენტრული 98, 109, 110, 112, 113, 114
 — დიცენტრული 98, 109, 111, 113, 114
 — 1 — 22 — X — Y 4, 6, 11, 12, 26, 27, 28, 29, 47, 67, 70, 71, 97, 98, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 106, 107
 — მეტაცენტრული 6, 26, 27
 — რგოლისებრი 98, 100, 110, 113, 114

— სიმეტრული და ასიმეტრული გაცელები 109, 110, 112, 113, 114
 — სუბმეტაცენტრული 6, 18, 26
 ქრომოცენტრი 12, 29, 67, 68
 ქსილოლი 49, 53, 64, 94
 ქუანჯირინი 47, 102

ყ

ყინულოვანი ქმარშეკვა 57, 60, 64, 72

შ

შერეშეკვი-ტერნერის სინდრომი 31. 32. 34.. 74
 შეფარდებითი სიგრძე (ქრომოსომის) 8, 60
 შიფის რეაქცია 73, 93,
 შრატის სისხლის AB 50. 52. 56, 58
 შტეინ-ლუვენტალის სინდრომი 34

ჩ

ჩიკაგოს კონფერენცია 26, 97

ც

ცელოფანის ფორფიტა 65
 ცენტრიოლი 40
 ცენტრომერა 6, 10, 11, 15, 16, 17, 18, 19, 26, 27, 38, 68, 70, 71, 98, 99, 103, 105, 106, 107, 110, 111
 ცენტრომერული ინდექსი 8, 60
 ცილები
 — ბლასტური 51
 — შეკავა 25
 — ფუქე 24, 25
 ციტოგენეტიკა 3, 5, 76
 ციტოკინინი 24
 ციტოკინეზი 42
 ციტოლოგია 3, 12, 82
 ციტოპლაზმა 15, 61, 72
 ციტოფიზიოლოგია 13
 ციტოქიმიკა 82

ძ

ძვლის ტვინი 59
 ძმარშეკვა 50, 51, 59, 62, 64, 73, 94
 ძმარშეკვა ნატრიუმი 95

წ

წერტილოვანი ფრაგმენტი 110

ბ

ხპოს შრატე 60
ხენკის ხსნარი 55
ხეთნახშირბადიანი შაქარი 24

ჰ

ჰალოიდური ნაყრები 8, 67, 116
ჰელენჰაენს ჰემატოქსილინი 47
ჰელას შტამი 60
ჰემატოქსილან-ეოზინი 47
ჰემპონი 48, 50
ჰეტეროლოგიური (ქრომოსომები) 6
ჰეტეროპლოიდური უჯრედული ზაზი 116
ჰეტეროპოლიპტიზაცია 11, 12, 13

ჰეტეროქრომატინი 10, 11, 12, 13, 29, 32, 67,
70, 80

— კონსტიტუციური 12, 102
— ცენტრული 12
— ფაქულტატური 12, 33
ჰიდროლიზი 73
ჰიდროსულფიტის 10% ხსნარი 93
ჰიდროქინონი 95, 96
ჰიპოტონიური ხსნარი 4, 11, 49, 50, 52, 53,
57, 58, 59, 60, 62, 63, 110
ჰისტონები 14, 24, 25
ჰიუგენსის ოქულარი 76
ჰომოგენიზატორი 61
ჰომოლოგიური (ქრომოსომები) 5, 6, 8, 18,
68, 70, 112



შ ი ნ ა ბ რ ს ი

ავტორისაგან	2
თ ა ბ ი 1. ადამიანის ქრომოსომათა მორფოლოგიური თავისებურებანი	3
1. ადამიანის ქრომოსომათა კვლევის ისტორია	3
2. რაოდენობრივი მახასიათებლები	8
3. სპირალიზაცია	11
4. ჰეტეროქრომატული და ეუქრომატული რაიონები	12
5. ქრომოსომათა ნატიფი სტრუქტურა	13
6. ქრომოსომების ქიმიური შემადგენლობა	24
7. აუტოსომური და სასქესო ქრომოსომები	26
8. სასქესო ქრომატინი	29
9. დაყოფის მიტოზური ციკლი	34
თ ა ბ ი II. ადამიანის ქრომოსომათა საკვლევად გამოყენებული მეთოდები	44
1. აკროცენტრულ ქრომოსომათა ასოციაციები	44
2. ინტერფაზული ბირთვების გამოკვლევა	47
3. ადამიანის ქრომოსომები მიტოზში	48
4. ქრომოსომათა გამოკვლევა მეიოზში	67
5. დერმატოგლიფიკა	73
6. მიკროსკოპული ტექნიკა	74
7. სპექტროსკოპული მეთოდები	87
8. ქრომოსომათა და სასქესო ქრომატინის შეღებვის მეთოდები	93
9. მიკროფოტოგრაფირება	96
თ ა ბ ი III. ქრომოსომათა სტანდარტიზაცია	98
1. ადამიანის კარიოტიპის ნომენკლატურა	98
2. ახალი მეთოდების გამოყენების საფუძველზე ადამიანის ქრომოსომათა და მათი უბნების აღმნიშვნელი სისტემის სტანდარტიზაცია	99
3. სპონტანური აბორტების დროს ქრომოსომული გამოკვლევების სტანდარტიზაცია	108

4. კომოსომელი აბერაციების აღრიცხვა სომატურ უჯრედებში	109
5. ქსოვილა ეულტივირებისას გამოყენებული ტერმინოლოგია	114
მნიშვნელოვანი თარიღები ციტოგენეტიკის ისტორიიდან	118
ძირითადი უუნალები, რომლებშიც ქვეყნდება შრომები ადამიანის ციტოგენეტიკის შესახებ	120
ლიტერატურა	121
სურათებზე დართული ლიტერატურა	126
სავანთა საძიებელი	127

რეცენზენტები: მეცნიერების დამსახურებული მოღვაწე, მედიცინის
მეცნიერებათა დოქტორი, პროფ. ა. უ ს ტ ი ა შ -
შ ე ი ლ ი
ბიოლოგიურ მეცნიერებათა დოქტორი, პროფ.
ლ. ნ ა თ ა ძ ე.

ნაშრომი რეკომენდებულია შრომის წითელი დროშის ორდენოსანი
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის პისტოლოგიისა და
ემბრიოლოგიის კათედრის მიერ

რედაქტორი ა. ბ ა ჩ ი ძ ე
მხატვრული რედაქტორი ს. ბ ო ტ ქ ო ე ლ ი
ტექნიკური რედაქტორი ო. მ ა ქ ა ე ა რ ი ა ნ ი
კორექტორი ნ. ე უ ე უ ნ ა შ ვ ი ლ ი

გადაეცა წარმოებას 18/II-73 წ. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 7/VIII-37 წ.
ქალაღის ზომა 70×90^{1/16}, საბეჭდი ქალაღი № 2.
პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 9,95. სააღრიცხვო-სააგმომცემლო თაბახი 7,5.
უე 01481. ტირაჟი 1.000. შეკვ. № 304.
ფასი 30 კაპ.

გამომცემლობა „განათლება“, თბილისი. მარჯანიშვილის ქ. № 5.
Издательство «Ганатლება», Тбилиси, ул. Марджанишвили, 5.
1973

საქართველოს სსრ მინისტრთა საბჭოს გამომცემლობათა, პოლიგრაფიისა
და წიგნით ვაჭრობის საქმეთა სახელმწიფო კომიტეტის სტამბა № 1,
თბილისი, ორჯონიძის ქ. № 50.

Типография № 1 Главполиграфпрома Государственного комитета
Совета Министров Грузинской ССР по делам издательства,
полиграфии и книжной торговли. Тбилиси, ул. Орджоникидзе, 50.