

## ԹԵՄԱ 4 Բջջային ցիկլ

### Բջջի բաժանման նշանակությունը

#### Սովորողին տրվող նյութ

#### Ինչու ձերանալ

Արդյոք օգտակա՞ր է մարդկային կյանքը երկարացնելը: Ժամանակակից քիմիկոսների նախնիները՝ ալքիմիկոսները, մտածում էին՝ այո (նկար 5.1): Նրանք ունեին երկու հիմնական նպատակ. նախ՝ կարողանալ ոչ ազնիվ մետաղները, օրինակ՝ կապարը, ազնիվ մետաղ (ոսկի և արծաթ) դարձնել, և երկրորդ՝ հայտնաբերել կյանքի բուժահեղուկը, որը կնվիրեր հավերժական երիտասարդություն:

Մինչև 20-րդ դարի սկիզբը գիտնականներն այս նպատակները համարում էին անհավանական երազանքներ: Այժմ, սակայն, մեկ անգամ ևս վիճարկում ենք այն գաղափարը, որ ձերանալու գործընթացն անխուսափելի է:

Ինչո՞ւ են օրգանիզմները ձերանում և մահանում: Հետաքրքրությունը ձերանալու գործընթացի նկատմամբ նորից արթնացավ 1978 թ. թելոմերների հայտնաբերման շնորհիվ: Սրանք նուկլեոտիդների պաշտպանական հատվածներն են, որոնք գտնվում են քրոմոսոմների ծայրերին և կարճանում են ամեն անգամ, երբ բջիջը բաժանվում է: Տեղի է ունենում օրգանիզմի աստիճանական կազմափոխություն, որի հետևանքով այն ձերանում է:

Որոշ բջիջներ ի վիճակի են համալրելու իրենց թելոմերները թելոմերազ ֆերմենտի օգնությամբ: Ենթադրվում է, որ այդպես կարող են անել քաղցկեղի բջիջները, այդ պատճառով էլ դրանք անմահ են: Հետևաբար թերևս հնարավոր լինի կանխել նորմալ բջիջների ձերանալը թելոմերազ ֆերմենտն ակտիվ պահելու միջոցով:

Եթե ձերացման գործընթացը հնարավոր լինի դանդաղեցնել կամ կանխել, ապա դա կբարձրացնի որոշ կարևոր բարոյական և էթիկական հարցեր: Արդյոք բուժումը պե՞տք է հասանելի լինի բոլորին: Եթե ոչ, ապա ո՞վ պետք է օգտվի: Իսկ ի՞նչ կլիներ, եթե կարողանայիր ապրել 600 տարի: Արդյոք պե՞տք է իրավունք ունենաս այդքան տարի առողջ ապրելու, քանի դեռ չի դադարեցվել դեղերի ընդունումը: Արդյոք դա չի/ նպաստի դեղի սև շուկայի առաջացմանը:

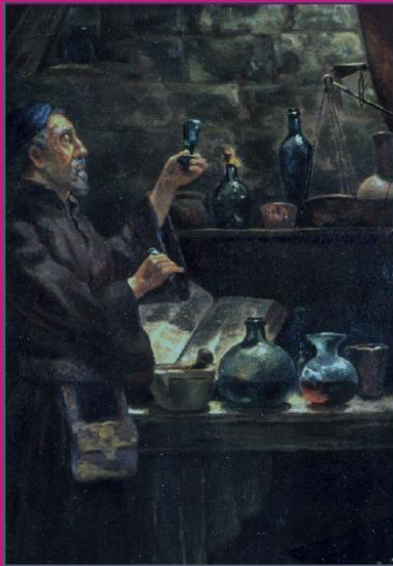


Figure 5.1 A 19th century oil painting showing an alchemist at work.

Նկար 5.1. 19-րդ դարի յուղանկար, որում պատկերված է ալքիմիկոսն աշխատելիս:

## Բջջային ցիկլ

### Սովորողին տրվող նյութ

Բոլոր կենդանի օրգանիզմներն աճում և վերարտադրվում են: Քանի որ կենդանի օրգանիզմները բաղկացած են բջիջներից, դա նշանակում է, որ բջիջները պետք է ունակ լինեն աճելու և վերարտադրվելու: Բջիջները վերարտադրվում են բաժանվելու և իրենց գեների կրկնօրինակները «դուստր» բջիջներին փոխանցելու միջոցով:

Այս գործընթացը պետք է մեծ ճշգրտությամբ կառավարվի, որպեսզի կենսական կարևորություն ունեցող որևէ գենետիկ տեղեկություն չկորչի: Գլուխ 6-ում քննարկելու ենք, թե ինչպես է ԴՆԹ-ն կարողանում ճշգրտորեն ինքնակրկնապատկվել: Այս գլխում դիտարկելու ենք, թե ինչպես են նույն բանն անում ամբողջական բջիջները:

Էուկարիոտ բջիջներում առավել աչքի ընկնող կառուցվածքներից մեկը կորիզն է: Դրա կարևորությունն ակներև դարձավ այն ժամանակվանից ի վեր, երբ պարզ դարձավ, որ կորիզը միշտ կիսվում է բջջի կիսվելուց առաջ: Դուստր բջիջներից յուրաքանչյուրը, հետևաբար, պարունակում է սեփական կորիզ: Սա կարևոր է, որովհետև կորիզը կառավարում է բջջի գործունեությունը: Կորիզը դա անում է

գենետիկ նյութի՝ ԴՆԹ-ի միջոցով, որն ի վիճակի է հանդես գալու որպես կյանքի վերաբերյալ հրահանգների հավաքածու կամ կոդ (Գլուխ 6):

Այսպիսով, կորիզի բաժանումը, զուգակցված բջջի բաժանման հետ, թույլ է տալիս բջիջներին և, հետևաբար, ամբողջ օրգանիզմներին վերարտադրվել: Դա նաև թույլ է տալիս, որ բազմակորիզ օրգանիզմներն աճեն: Քո օրգանիզմի բոլոր բջիջները, օրինակ, գենետիկորեն նույնական են (բացի գամետներից՝ վերարտադրողական բջիջներից). բոլորն առաջացել են մեկ բջջից՝ զիգոտից, որը ծնողներից երկու գամետների միաձուլման շնորհիվ առաջացած բջիջն է:

## Քրոմոսոմներ և քրոմոսոմային քարտեզագրում

### Սովորողին տրվող նյութ

#### Քրոմոսոմներ

Էուկարիոտ բջջի բաժանվելուց անմիջապես առաջ կորիզում աստիճանաբար սկսում են տեսանելի դառնալ մի շարք թելանման կառուցվածքներ, որոնք կոչվում են քրոմոսոմներ: Դրանք հեշտությամբ դառնում են տեսանելի, որովհետև հագեցած գույն են ստանում որոշակի նյութերով ներկելիս: Դրանց սկզբնապես տրվեց «քրոմոսոմներ» անվանումը, որովհետև «chromo» նշանակում է գունավոր, իսկ «somes» նշանակում է մարմիններ:

Քրոմոսոմների թիվը տեսակների համար բնորոշ է: Օրինակ՝ մարդու բջիջներում կա 46 քրոմոսոմ, իսկ դրոզոֆիլ պտղաճանճի մոտ դրանք միայն ութն են: Նկար 5.2-ը մարդու բջջի կորիզում գտնվող քրոմոսոմների հավաքածուի լուսանկարն է:



Նկար 5.2. Տղամարդու քրոմոսոմների լուսանկար, որն արված է բջջի բաժանումից անմիջապես առաջ: Յուրաքանչյուր քրոմոսոմ բաղկացած է երկու քրոմատիդից, որոնք պահվում են ցենտրոմերով: Ուշադրություն դարձրո՛ւ քրոմոսոմների տարբեր

Figure 5.2 Photograph of a set of chromosomes in a human male, just before cell division. Each chromosome is composed of two chromatids held at the centromere. Note the different sizes of the chromosomes and the different positions of the centromeres.

չափերին և ցենտրոմերների տարբեր դիրքերին:

### Քրոմոսոմների կառուցվածքը

Նախքան կորիզի բաժանումն ուսումնասիրելը անհրաժեշտ է մի փոքր պատկերացում կազմել քրոմոսոմների կառուցվածքի մասին: Նկար 5.3-ը քրոմոսոմի կառուցվածքի պարզեցված գծապատկերն է բջջի բաժանումից անմիջապես առաջ: Կարող ես տեսնել, որ քրոմոսոմն այս փուլում կրկնակի կառուցվածք ունի: Այն բաղկացած է իրար միացած երկու նույնական կառուցվածքներից, որոնք կոչվում են քրոմատիդներ: Սա այն պատճառով է, որ կորիզի բաժանումների միջև ընկած ժամանակահատվածում, որը հայտնի է որպես ինտերֆազ, կորիզում գտնվող ԴՆԹ-ի յուրաքանչյուր մոլեկուլ ստեղծում է իր պատճենը (գլուխ 6): Յուրաքանչյուր քրոմատիդ պարունակում է ԴՆԹ-ի այդ պատճեններից մեկը, իսկ երկու քրոմատիդները միասին պահվում են մի նեղ «գոտիով», որը կոչվում է ցենտրոմեր՝ ձևավորելով քրոմոսոմը: Ցենտրոմերը կարող է գտնվել քրոմոսոմի երկարությամբ ցանկացած հատվածում, սակայն բնորոշ դիրք ունի տվյալ քրոմոսոմի համար:

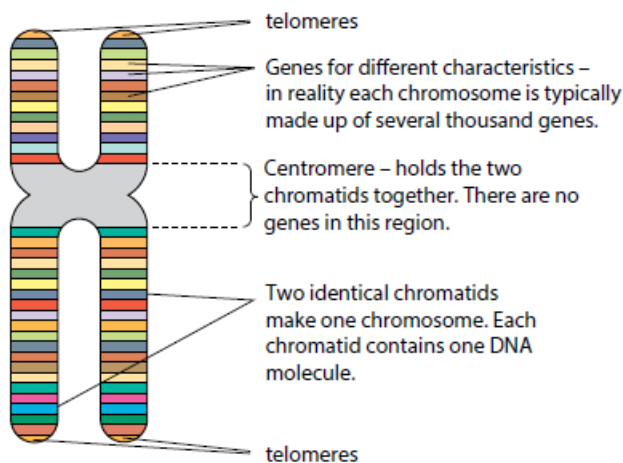


Figure 5.3 Simplified diagram of the structure of a chromosome.

Յուրաքանչյուր քրոմատիդ պարունակում է ԴՆԹ-ի մեկ մոլեկուլ:

ԴՆԹ-ն ժառանգականության մոլեկուլն է և բաղկացած է մի շարք գեներից: Յուրաքանչյուր գեն ժառանգականության մեկ միավոր է, որը կոդավորում է օրգանիզմի գործունեության որոշակի փուլում ներգրավված մեկ պրոթեպրոպրո: Այն փաստը, որ քույր քրոմատիդներում

գտնվող ԴՆԹ-ի երկու մոլեկուլները և, հետևաբար, նրանց գեները, նույնական են, կորիզի ճշգրիտ բաժանման բանալին է: Երբ բջիջները բաժանվում են,

քրոմատիդներից ամեն մեկն անցնում մեկ դուստր բջջի մեջ՝ դուստր բջիջները դարձնելով գենետիկորեն նույնական:

ԴՆԹ-ում այնքան շատ տեղեկություն է պահվում, որ այն պետք է չափազանց երկար մոլեկուլ լինի: ԴՆԹ-ն ընդամենը 2 նմ լայնություն ունի, իսկ ընդհանուր երկարությունը մեծահասակ մարդու բջջի 46 քրոմոսոմներում մոտ 1.8 մետր է: Դա պետք է տեղավորվի կորիզում, որն ունի ընդամենը 6 մկմ տրամագիծ: Սա համարժեք է նրան, որ փորձենք 18 կմ երկարություն ունեցող լարը տեղավորել 6 սմ տրամագիծ ունեցող գնդակի մեջ: Հանգույցներով չխճճվելու համար ԴՆԹ-ն հենվում է սպիտակուցի մոլեկուլներից կազմված ճշգրիտ հենարանի վրա՝ պարուրվելով այդ սպիտակուցային մոլեկուլների շուրջը: ԴՆԹ-ի և սպիտակուցների համադրությունն ավանում ենք քրոմատին:

Քրոմոսոմները կազմված են քրոմատինից: Քիմիայի լեզվով ասած, սպիտակուցների մեծ մասը հիմնային է (ի տարբերություն թթվայինի) և պատկանում է մի տեսակի, որը հայտնի է որպես հիստոն: Քանի որ դրանք հիմնային են, հեշտությամբ կարող են փոխազդեցության մեջ մտնել ԴՆԹ-ի հետ, որը թթվային է:

Քրոմատինի կառուցվածքի ճշգրիտ մանրամասերը բարդ են, դրանք մտապահելու կարիք չկա, սակայն այդ մանրամասերը քեզ կտան օգտակար ընդհանուր գիտելիքներ: ԴՆԹ-ի տեղավորման խնդիրը լուծվում է նրա փաթեթավորման միջոցով: Պարույրներն իրենք կարող են ոլորվել՝ ձևավորելով «գերպարույրներ», որոնք հետո կարող են կծկվել, ոլորվել կամ ծավլվել այնպիսի ճշգրիտ ձևերով, որոնք դեռևս ամբողջովին հասկանալի չեն: Սակայն պատկերացում ունենք կառուցվածքի հիմնական միավորի մասին: Այն կոչվում է նուկլեոսոմ (նկար 5.4): (Թեպետ քեզ անհրաժեշտ չէ իմանալ նուկլեոսոմների մասին, սա քեզ կօգնի պատկերացնելու, թե ինչպես է ԴՆԹ-ն ձևավորում քրոմոսոմներ:) Նուկլեոսոմը տեսքով գլանաձև է, մոտավորապես 11 նմ լայնությամբ, 6 նմ երկարությամբ: Այն կազմված է հիստոնի ութ մոլեկուլից: ԴՆԹ-ն փաթաթվում է նուկլեոսոմի շուրջը դրսի կողմից՝ կազմելով  $1\frac{2}{3}$  պտույտ (147 հիմնային զույգերին համարժեք) նախքան հաջորդ նուկլեոսոմի հետ կապվելը: Նուկլեոսոմների միջև գտնվող ԴՆԹ-ն (կապող ԴՆԹ, 53 հիմնական զույգ լայնությամբ) նույնպես տեղում պահվում է հիստոնի մոլեկուլի օգնությամբ: Նուկլեոսոմները շարվում են ուլունքների շարանի նման՝ ձևավորելով 10 նմ լայնությամբ թելիկ: Այս շարանը լրացուցիչ կարող է ոլորվել կամ ընդունել գերպարույրի տեսք՝ ներգրավելով որոշ ոչ հիստոնային սպիտակուցներ:

Խտացման աստիճանը տարբերվում է բջջային ցիկլի ժամանակ, որը բջջի մի բաժանումից մինչև մյուսն ընկած ժամանակահատվածն է: Կորիզի բաժանումից

անմիջապես առաջ քրոմոսոմներն իրենցից ներկայացնում են ԴՆԹ-ի առավել խիտ ձևը: Կորիզի բաժանումների միջև տեղի է ունենում փաթեթավորման որոշակի թուլացում: Ի դեպ, քրոմատինը գոյություն ունի երկու ձևով՝ էուքրոմատին և հետերոքրոմատին: Էուքրոմատինը թույլ կծիկի տեսքով է, մինչդեռ հետերոքրոմատինը ամուր կծկված ձևով է, ինչպես կորիզի բաժանման ժամանակ դիտված քրոմոսոմներում: Բաժանումների միջև ընկած ժամանակահատվածում (ինտերֆազ) դրանց մեծամասնությունը էուքրոմատինի ձևով է: Ահա այստեղ էլ տեղակայված են ակտիվ գեները: Հետերոքրոմատինում գտնվող գեները հիմնականում ակտիվ չեն: Քրոմատինը հեշտությամբ ներկվում է և որքան ավելի ամուր է կծկված, այնքան ավելի լավ է ներկվում: Հետևաբար հեշտ է քրոմատինը տեսնել լուսային մանրադիտակով (կորիզները հեշտ են ներկվում), իսկ էլեկտրոնային մանրադիտակով հստակ երևում են քրոմատինի երկու ձևերն էլ: Սա ակնհայտ է, օրինակ, նկար 1.27-ում:

Քրոմատինն իր ամենախիտ ձևով քրոմոսոմներում լինում է միտոզի մետաֆազի փուլում (միտոզի փուլերն ավելի ուշ այս գլխում քննարկվում են): Այն, որ բջջի ամբողջ տեղեկությունը լավ խտացված է, հեշտացնում է տեղեկության բաժանումը երկու նոր բջիջների միջև: Սա քրոմոսոմների հիմնական գործառույթներից մեկն է: Քրոմոսոմներն ունեն նաև երկու այլ հատկություն, որոնք շատ կարևոր են բջջի բարեհաջող բաժանման համար: Դրանք են ցենտրոմերները և թելոմերները: Ցենտրոմերները տեսանելի են նկար 5.2-ում և նկար 5.3-ում, իսկ թելոմերները երևում են, եթե քրոմոսոմները համապատասխան ձևով ներկված են (նկար 5.5): Ցենտրոմերները քննարկվում են միտոզի հետ էջ 100-ում, իսկ թելոմերների նշանակությունը քննարկվում է էջ 104-ում:

### **Միտոզ**

Միտոզը կորիզի բաժանումն է, որի ժամանակ առաջանում են գենետիկորեն նույնական երկու դուստր կորիզներ, որոնցից ամեն մեկը պարունակում է այնքան քրոմոսոմ, որքան ծնողական կորիզը: Միտոզը մաս է կազմում հստակ կարգավորվող մի գործընթացի, որը կոչվում է բջջային ցիկլ:

## ԴՆԹ-ի կրկնապատկում

### Բջջային ցիկլ

Բջջային ցիկլն այն իրադարձությունների կանոնավոր հաջորդականությունն է, որոնք տեղի են ունենում բջջի մի բաժանումից մյուսն ընկած ժամանակահատվածում: Այն ունի երեք փուլ՝ **ինտերֆազ**, **կորիզի բաժանում** և **բջջի բաժանում**: Դրանք պատկերված են նկար 5.6-ում:

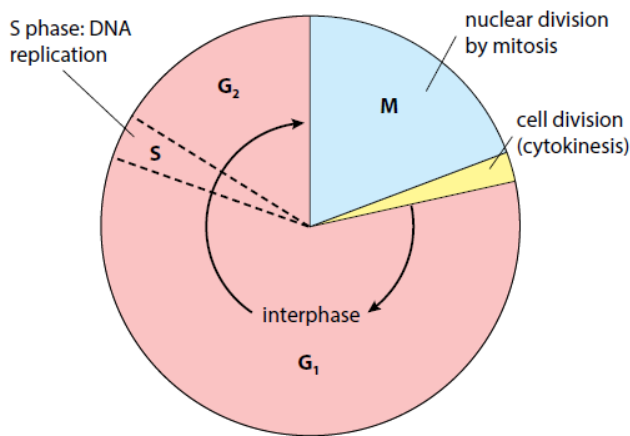


Figure 5.6 The mitotic cell cycle. DNA replication takes place during interphase, the period between cell division and the next nuclear division: S = synthesis (of DNA); G = gap; M = mitosis.

S փուլ՝ ԴՆԹ կրկնապատկում

կորիզի բաժանում միտոզի եղանակով

բջջի բաժանում (ցիտոկինեզ)

ինտերֆազ

G<sub>1</sub> S G<sub>2</sub> M

Նկար 5.6. Բջջային ցիկլի միտոտիկ փուլը: ԴՆԹ-ի կրկնապատկումը տեղի է ունենում ինտերֆազի

ժամանակ, որը բջջի բաժանման և կորիզի հաջորդ բաժանման միջև ընկած ժամանակահատվածն է՝ S = սինթեզ (ԴՆԹ-ի), G = փուլ, M = միտոզ:

Բաժանումից հետո բջջի ինտերֆազի ժամանակ մեծանում է՝ հասնելով իր նորմալ չափերին և իրականացնում է իր բնականոն գործառույթները՝ սինթեզելով բազմաթիվ նյութեր, հատկապես սպիտակուցներ: Ինտերֆազի ժամանակ որոշակի կետում կարող է ստացվել ազդանշան, որ բջջի պետք է նորից բաժանվի: Եթե դա տեղի է ունենում, ապա կորիզում գտնվող ԴՆԹ-ն կրկնապատկվում է, այնպես որ յուրաքանչյուր քրոմոսոմ բաղկացած է լինում երկու նույնական քրոմատիդներից: Բջջային ցիկլի այս փուլը կոչվում է **S փուլ**, որտեղ S-ը նշանակում է սինթեզ (ԴՆԹ-ի): Սա համեմատաբար կարճ փուլ է: Բջջի բաժանման և S փուլի միջև ընկած ժամանակահատվածը կոչվում է **G<sub>1</sub> փուլ** (G-ն անգլերեն «gap» բառի սկզբնատառն է, որը նշանակում է բացատ, արանք): S փուլի և բջջի բաժանման միջև եղած ժամանակահատվածը կոչվում է **G<sub>2</sub> փուլ**: Հետևաբար, ինտերֆազը բաղկացած է G<sub>1</sub>, S և G<sub>2</sub> փուլերից: G<sub>1</sub> փուլի ընթացքում բջջի արտադրում է ԴՆԹ, ֆերմենտներ և աճի համար անհրաժեշտ ուրիշ սպիտակուցներ: G<sub>1</sub>-ի վերջում բջջի արդեն սկսում է բաժանվել:

G2 փուլի ընթացքում բջիջը շարունակում է աճել: Նոր ԴՆԹ-ն ստուգվում է, և որևէ թերություն լինելու դեպքում այն սովորաբար շտկվում է: Նաև բջիջը պատրաստվում է բաժանման գործընթացը սկսելու համար: Օրինակ՝ կտրուկ աճում է տուբուլին սպիտակուցի արտադրությունը, որն անհրաժեշտ է միտոտիկ իլիկի համար միկրոխողովակներ ստեղծելիս:

Ինտերֆազին հաջորդում է կորիզի բաժանումը: Սա կարող ենք անվանել **M փուլ** (M նշանակում է միտոզ): Միտոզի ընթացքում աճը ժամանակավորապես դադարում է: M փուլից հետո, երբ կորիզը բաժանված է լինում երկու կեսի, բաժանվում է ամբողջ բջիջը՝ առաջացնելով գենետիկորեն նույնական երկու բջիջ:

Բջջային ցիկլի տևողությունը շատ փոփոխական է՝ կախված միջավայրային պայմաններից և բջջի տեսակից: Միջինում սոխի արմատի ծայրապատյանի բջիջները բաժանվում են ամեն 20 ժամը մեկ, մարդու աղիների էպիթելային բջիջները՝ ամեն 10 ժամը մեկ:

Կենդանական բջիջներում բջջի բաժանման ժամանակ ցիտոպլազման սեղմվում է երկու նոր կորիզների արանքում, մի գործընթաց, որն անվանում ենք **ցիտոկինեզ**: Բուսական բջիջներում բջջի բաժանման ժամանակ երկու նոր կորիզների միջև ձևավորվում է նոր բջջապատ:

### ԴՆԹ-ի կրկնապատկումը

Այս գլխի սկզբում ասացինք, որ «գենետիկ մոլեկուլի» առանձնահատկություններից մեկը պետք է լինի բազմաթիվ անգամ կատարելապես **պատճենահանվելու կարողությունը**:

Միայն 1953 թվականին էր, որ Ջեյմս Ուոթսոնը և Ֆրենսիս Կրիկը (նկար 6.6), օգտվելով Ռոզալինդ Ֆրանկլինի (նկար 6.7) և ուրիշների աշխատանքների արդյունքներից, մշակեցին ԴՆԹ-ի մոլեկուլի հիմնական կառուցվածքը, որը հենց նոր դիտարկեցինք (նկար 6.8): Նրանց համար անմիջապես պարզ դարձավ, թե այդ մոլեկուլը ինչպես կարող է կրկնապատկվել կատարելապես, կրկին ու կրկին:

Վաթսոնն ու Կրիկը ենթադրեցին, որ ԴՆԹ-ի մոլեկուլի երկու շղթաները կարող են միմյանցից հեռանալ: Նոր նուկլեոտիդները, այնուհետև, կարող են շարվել յուրաքանչյուր շղթայի երկայնքով, իրենց համապատասխան գույրնկերների դիմաց, և միանալ՝ ձևավորելով կոմպլեմենտար շղթաներ սկզբնական մոլեկուլի ամեն մի կեսի երկարությամբ: ԴՆԹ-ի նոր մոլեկուլները կլինեն ճիշտ հենրի նման, որովհետև յուրաքանչյուր հիմք գույգ կկազմի իր կոմպլեմենտարի հետ: Հետո գույգ



շղթաներից յուրաքանչյուրը կարող է նորից ուրվել և դառնալ կրկնակի պարույր, ճիշտ բնօրինակի նման:

Այդ գաղափարը պարզվեց, որ ճիշտ է: Գործընթացը պատկերված է նկար 6.9-ում, էջ 116: Պատճենահանման այս եղանակը կոչվում է կիսապահպանողական կրկնապատկում, որովհետև սկզբնական մոլեկուլի կեսը պահվում է (պահպանվում) նոր մոլեկուլներից յուրաքանչյուրում:

Կիսապահպանողական կրկնապատկման գործընթացի փորձնական ապացույցը նկարագրված է վանդակ 6.1-ում, էջ 117:

ԴՆԹ-ի կրկնապատկումը տեղի է ունենում այն ժամանակ, երբ բջիջը չի բաժանվում: Էուկարիոտ բջիջների մոտ սաինտերֆազի փուլն է (գլուխ 5):



Figure 6.6 James Watson (left) and Francis Crick with their model of DNA.

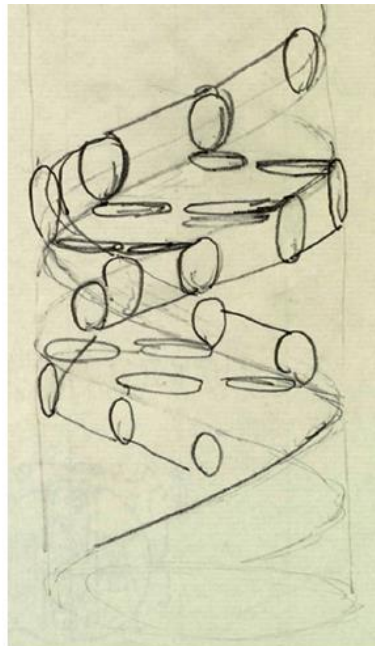


Figure 6.8 Crick's original sketch of the structure of DNA, made in 1953.



Figure 6.7 Rosalind Franklin, whose X-ray diffraction images of DNA gave important clues to its structure.

Նկար 6.6. Ջեյմս Ուոթսոնը (ձախից) և Ֆրենսիս Կրիկը ԴՆԹ-ի իրենց մոդելով:

Նկար 6.7. Ռոզալինդ Ֆրանկլինը, որի ռենտգենյան դիֆրակցիոն պատկերները կարևոր տեղեկություններ տվեցին ԴՆԹ-ի կառուցվածքի մասին:

Նկար 6.8. Կրիկի՝ ԴՆԹ-ի կառուցվածքի էսքիզի բնօրինակը՝ արված է 1953 թ.:

Նկար 6.9. ԴՆԹ-ի կրկնապատկումը:

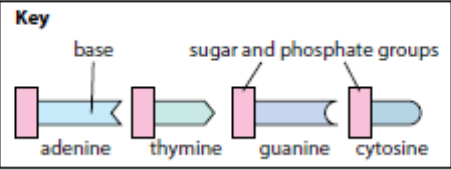
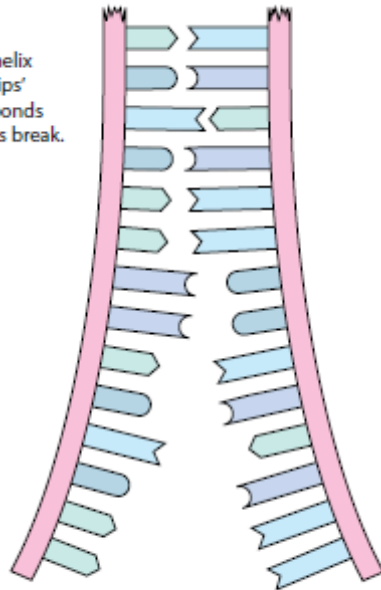
1. ԴՆԹ-ի կրկնակի պարույրը քանդվում է և «ճարմանդի» նման բացվում, երբ հիմքերի միջև ջրածնային կապերը ճեղքվում են:

2. Կորիզում կան նուկլեոտիդներ, որոնց ավելացել է ֆոսֆատի երկու լրացուցիչ մոլեկուլ: Ֆոսֆատի լրացուցիչ մոլեկուլներն ակտիվացնում են նուկլեոտիդները՝ դրանց հնարավորություն տալով մասնակցելու հետևյալ ռեակցիաներին:

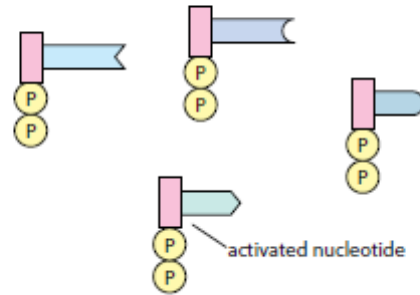
3 Ակտիվացված նուկլեոտիդների հիմքերից ամեն մեկը գույգ է կազմում իր կոմպլեմենտար հիմքի հետ, որը գտնվում է ԴՆԹ-ի հին պարույրներից յուրաքանչյուրի վրա: ԴՆԹ պոլիմերագ ֆերմենտը միայնաց է կապում հարևանությամբ գտնվող նուկլեոտիդների շաքարը և ամենախորքում գտնվող ֆոսֆատային խմբերը: Ֆոսֆատի երկու լրացուցիչ մոլեկուլները պոկվում և ազատ են արձակվում կորիզի մեջ:

ԴՆԹ պոլիմերագը մոտեցող նուկլեոտիդը կապում է նոր աճող շղթային միայն այն դեպքում, երբ այն փոխլրացնող է հին պարույրի վրա գտնվող հիմքի համար: Ուստի սխալների թիվը խիստ փոքր է լինում, միգուցե շուրջ մեկը ամեն 10<sup>8</sup> հիմնային գույգում:

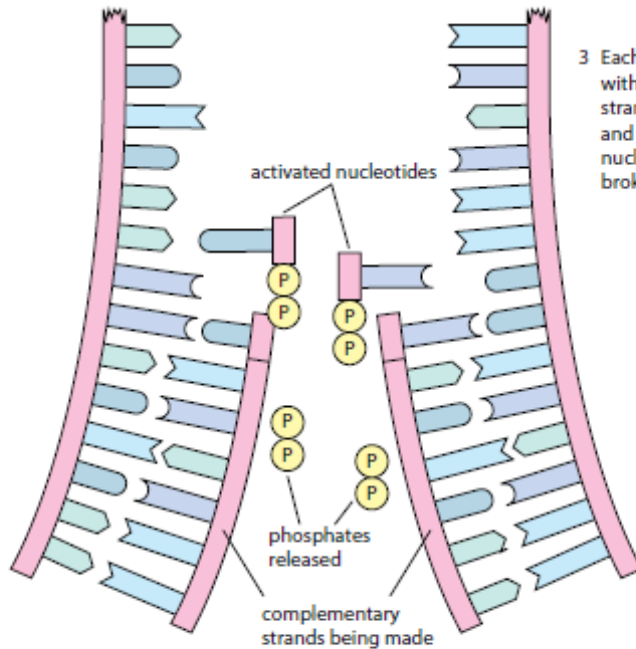
1 The DNA double helix unwinds and 'unzips' as the hydrogen bonds between the bases break.



2 In the nucleus, there are nucleotides to which two extra phosphates have been added. The extra phosphates activate the nucleotides, enabling them to take part in the following reactions.



3 Each of the bases of the activated nucleotides pairs up with its complementary base on each of the old DNA strands. An enzyme, DNA polymerase, links the sugar and innermost phosphate groups of next-door nucleotides together. The two extra phosphates are broken off and released into the nucleus.



DNA polymerase will only link an incoming nucleotide to the growing new chain if it is complementary to the base on the old strand. Thus very few mistakes are made, perhaps around one in every  $10^6$  base pairs.

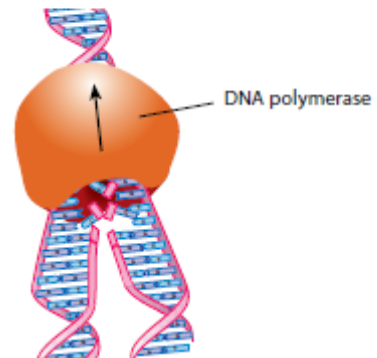


Figure 6.9 DNA replication.

## Միտոզ

### Սովորողին տրվող նյութ

## Միտոզ

Միտոզի գործընթացը լավագույնս նկարագրված է նկար 5.7-ում բերված գծապատկերներում, որոնց կից կան բացատրություններ: Չնայած իրականում գործընթացը շարունակական է, սովորաբար հարմարության համար այն բաժանում են չորս հիմնական փուլի, ինչպես կինոնկարից արված վայրկենական չորս լուսանկար: Այդ չորս փուլերն են **պրոֆազը, մետաֆազը, անաֆազը** և **թելոֆազը**:

Կորիզների մեծ մասը պարունակում է բազմաթիվ քրոմոսոմներ, սակայն նկար 5.7-ում բերված գծապատկերներում պատկերված բջիջը հարմարության համար պարունակում է միայն չորս քրոմոսոմ: Գույները ցույց են տալիս քրոմոսոմների իզական կամ արական ծնողից լինելը: Որպես օրինակ օգտագործվել է կենդանական բջիջը:

Քրոմոսոմների վարքագիծը բուսական բջջում նման է դրանց վարքագծին կենդանական բջիջում: Սակայն բուսական բջիջները ցենտրոսոմներ չեն պարունակում, և բջջի բաժանումից հետո պետք է նոր բջջապատ ձևավորվի դուստր բջիջների կորիզների միջև: Սակայն **քրոմոսոմների** վարքագիծն է, որ հատկապես կարևոր է: Նկար 5.7-ում ամփոփ ներկայացված է միտոզի գործընթացը գծապատկերների միջոցով: Նկար 5.8-ում (կենդանական) և նկար 5.9-ում (բուսական) բերված են այդ գործընթացի լուսանկարները, ինչպես դրանք երևացել են լուսային մանրադիտակի միջոցով:

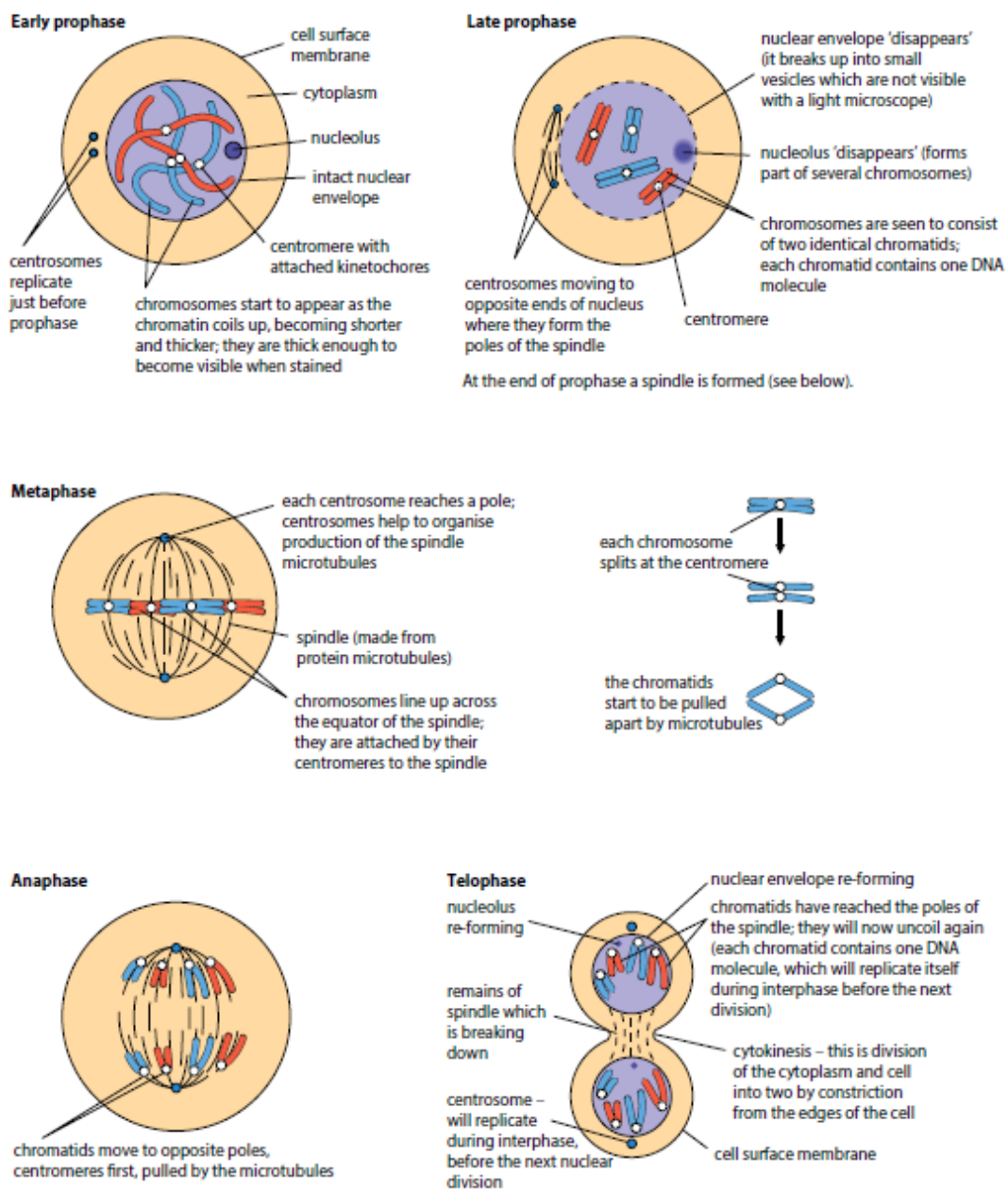


Figure 5.7 Mitosis and cytokinesis in an animal cell.

Վաղ պրոֆազ  
 բջջաթաղանթ  
 ցիտոպլազմա  
 կորիզակ  
 անփոփոխ կորիզաթաղանթ  
 ցենտրոմերը՝ իրեն կցված կինետոխորներով

քրոմոսոմները սկսում են երևալ, երբ քրոմատինը պարուրվում է՝ դառնալով ավելի կարճ ու հաստ, դրանք բավականաչափ հաստ են և տեսանելի են դառնում, երբ ներկվում են

ցենտրոսոմները կրկնապատկվում են անմիջապես նախքան պրոֆազը

### **Ուշ պրոֆազ**

ցենտրոսոմները տեղաշարժվում են դեպի կորիզի հակառակ ծայրերը, որտեղ դրանք ձևավորում են իլիկի բևեռները

կորիզաթաղանթն «անհետանում է» (այն քայքայվում է փոքր բշտիկների, որոնք տեսանելի չեն լուսային մանրադիտակով)

կորիզակն «անհետանում է» (կազմում է մի քանի քրոմոսոմների մասը)

տեսնում ենք, որ քրոմոսոմները բաղկացած են երկու նույնական քրոմատիդներից յուրաքանչյուր քրոմատիդ պարունակում է ԴՆԹ-ի մեկ մոլեկուլ

ցենտրոմեր

Պրոֆազի վերջում ձևավորվում է իլիկը (տե՛ս ստորև):

### **Մետաֆազ**

յուրաքանչյուր ցենտրոսոմ հասնում է բևեռ, ցենտրոսոմներն օգնում են իլիկի միկրոխողովակների արտադրությունը կազմակերպելուն

իլիկ (կազմված սպիտակուցային միկրոխողովակներից)

քրոմոսոմները շարվում են իլիկին ուղղահայաց հարթության վրա և իրենց ցենտրոմերներով միացած են իլիկին

յուրաքանչյուր քրոմոսոմ կիսվում է ցենտրոմերի մասում

քրոմատիդները սկսում են իրարից հեռանալ միկրոխողովակների միջոցով

### **Անաֆազ**

քրոմատիդները տեղաշարժվում են դեպի հակադիր բևեռներ, ցենտրոմերներն առաջ են ուղղված, որոնց ձգում են միկրոխողովակները

### **Թելոֆազ**

կորիզակը կրկին ձևավորվում է

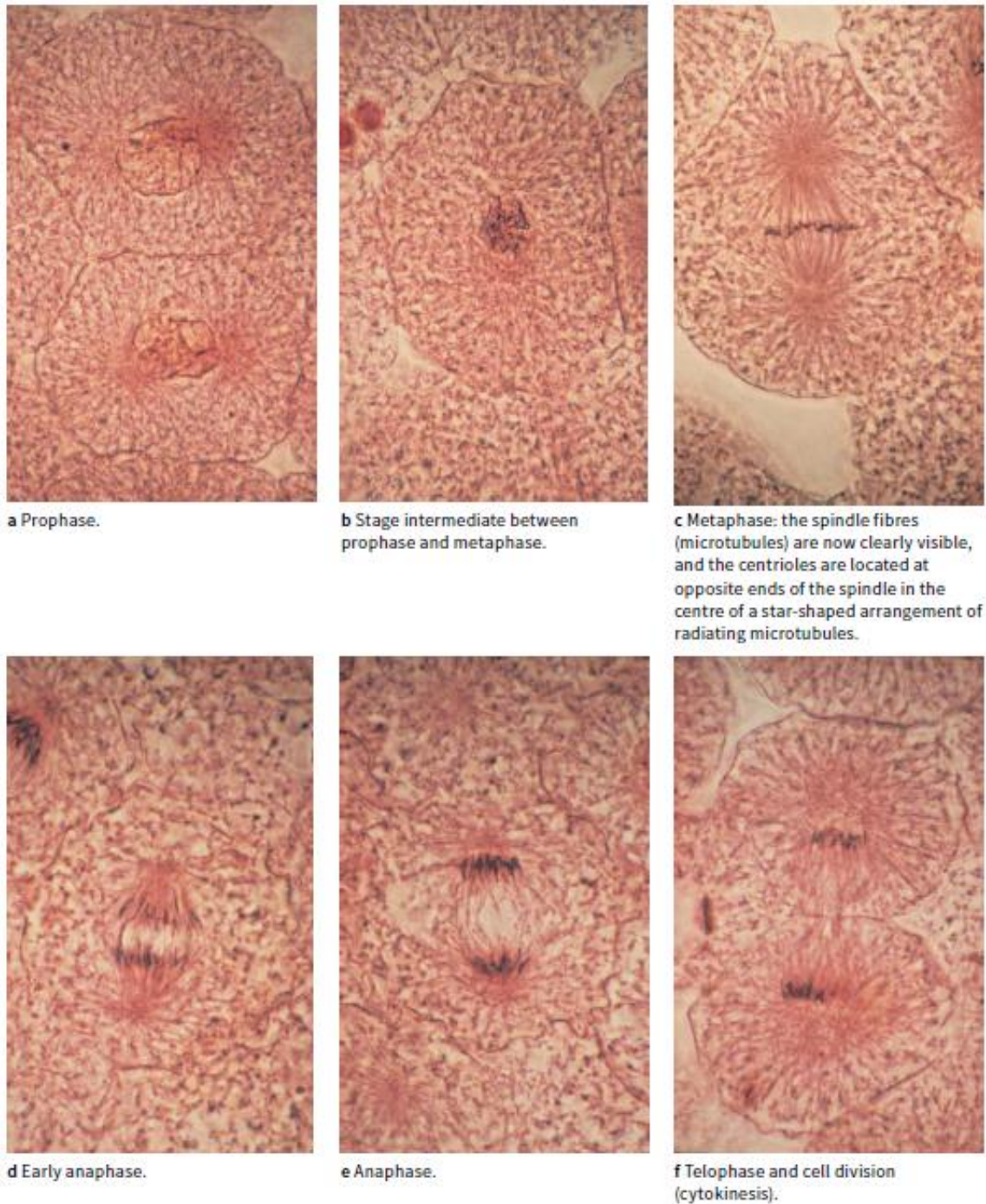
քայքայվող իլիկի մնացորդներ

ցենտրոսոմ՝ կրկնապատկվելու է ինտերֆազի ժամանակ նախքան կորիզի հաջորդ բաժանումը

կորիզաթաղանթը կրկին ձևավորվում է քրոմատիդները հասել են իլիկի բևեռներին, այժմ նրանք ապապարուրվում են (յուրաքանչյուր քրոմատիդ պարունակում է ԴՆԹ-ի մեկ մոլեկուլ, որը կկրկնօրինապատկվի ինտերֆազի ժամանակ նախքան հաջորդ բաժանումը)

ցիտոկինեզ՝ սա ցիտոպլազմայի և բջջի բաժանումն է երկու կեսի՝ բջջի եզրերից սեղմվելու միջոցով բջջաթաղանթ

**Նկար 5.7** Միտոզն ու ցիտոկինեզը կենդանական բջջում



**Figure 5.8** Stages of mitosis and cell division in an animal cell (whitefish) ( $\times 900$ ). Chromosomes are stained darkly.

ա. Պրոֆազ

բ. Միջանկյալ փուլ պրոֆազի և մետաֆազի միջև

գ. Մետաֆազ՝ իլիկի թելիկները (միկրոխոդովակները) այժմ պարզ երևում են, իսկ ցենտրիոլները տեղակայված են իլիկի հակադիր ծայրերում ճառագայթաձև դասավորված միկրոխոդովակների աստղաձև փնջի կենտրոնում

դ. Վաղ անաֆազ

ե. Անաֆազ

զ. Թելոֆազ և բջջի բաժանում (ցիտոկինեզ)

**Նկար 5.8.** Միտոզի և բջջի բաժանման փուլերը կենդանական բջջում (900×): Քրոմոսոմները մուգ ներկված են:

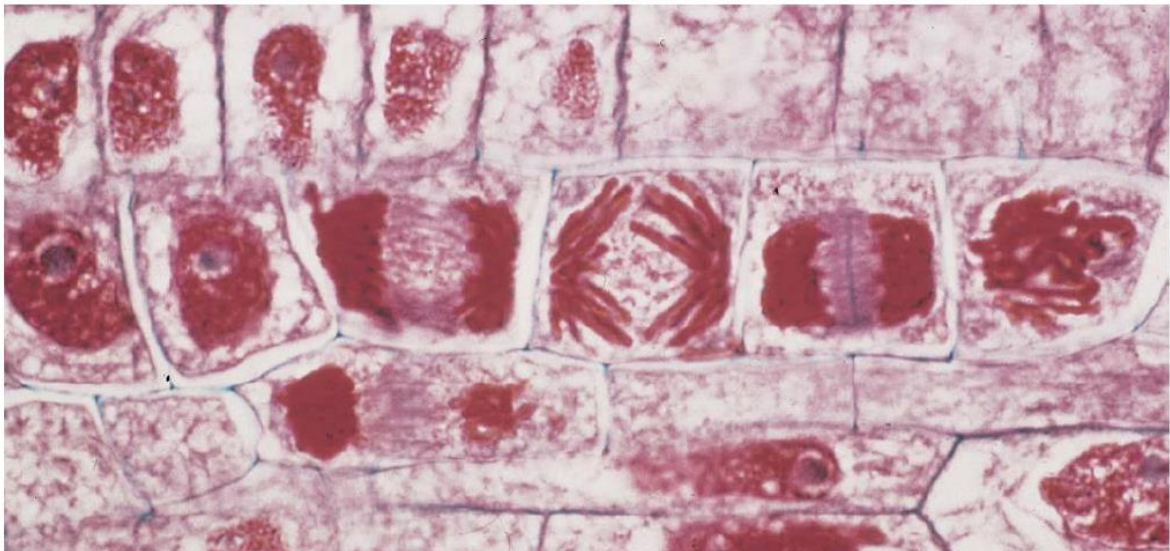


Figure 5.9 Longitudinal section of onion root tip showing stages of mitosis and cell division typical of plant cells (×400). Try to identify the stages based on information given in Figure 5.7.

**Նկար 5.9** Մոխի արմատի ծայրապատյանի երկայնակի կտրվածք, որտեղ երևում են միտոզի և բջջի բաժանման փուլերը, որոնք բնորոշ են բուսական բջիջներին (×400): Փորձի՛ր տարբերել փուլերը նկար 5.7-ում եղած տեղեկության հիման վրա:

### **Ցենտրոմերներ, ցենտրոսոմներ և ցենտրիոլներ**

Ցենտրոմերն անհրաժեշտ է քրոմատիդների բաժանման համար միտոզի ժամանակ: Այն երևում է սեղմվածքի տեսքով (նկար 5.2 և նկար 5.3) և իլիկի միկրոխոդովակների միացման տեղամասն է: Մետաֆազի ընթացքում



յուրաքանչյուր քրոմոսոմ իր ցենտրոսոմում ունի երկու կինետոխոր՝ ամեն մի քրոմատիդի վրա մեկական (նկար 5.10): Դրանք կազմված են սպիտակուցի մոլեկուլներից, որոնք հատուկ կապվում են ցենտրոմերում գտնվող ԴՆԹ-ին, ինչպես նաև միկրոխոդովակներին: Միկրոխոդովակների փնջերը, որոնք կոչվում են իլիկի թելիկներ, միտոզի ժամանակ կինետոխորներից ձգվում են դեպի իլիկի բևեռները: Կինետոխորների կառուցումն սկսվում է նախքան կորիզի բաժանման սկսվելը (բջջային ցիկլի S փուլի ժամանակ), իսկ բաժանումից հետո դրանք նորից անհետանում են:

Տվյալ կինետոխորին կցված միկրոխոդովակները քաշում են կինետոխորը դեպի բևեռ՝ հետևից տանելով դրա քրոմատիդի մնացած մասը: Սա տեղի է ունենում միկրոխոդովակների կարճացման միջոցով և՛ բևեռի կողմից, և՛ կինետոխորի կողմից:

Իլիկի բևեռներն այնտեղ են, որտեղ տեղակայված են ցենտրոսոմները, յուրաքանչյուր բևեռում մեկական: Ինչպես նշվեց Գլուխ 1-ում, ցենտրոսոմը կենդանական բջիջներում գտնվող օրգանոիդ է, որը հանդես է գալիս որպես միկրոխոդովակների հավաքման կենտրոն (ՄԽՀԿ) իլիկի կառուցման համար: Յուրաքանչյուր ցենտրոսոմ բաղկացած է մի գույգ ցենտրիոլից, որոնք շրջապատված են մեծ քանակությամբ սպիտակուցներով: Այդ սպիտակուցներն են, որ կարգավորում են միկրոխոդովակների արտադրությունը և ոչ թե ցենտրիոլները: Բուսական բջիջներում միտոզը տեղի է ունենում առանց ցենտրոսոմների:

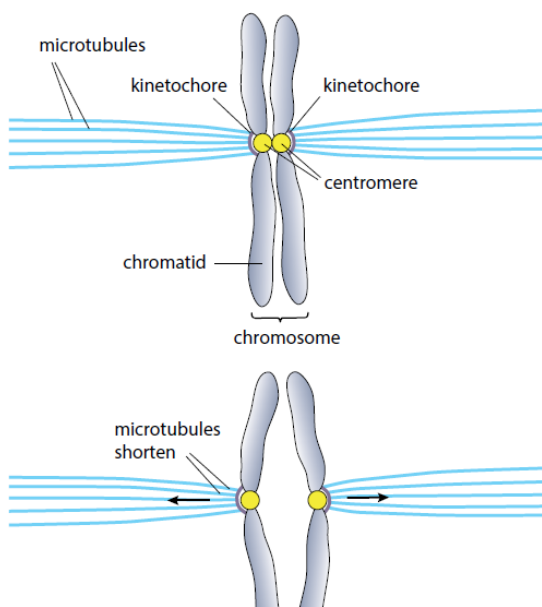


Figure 5.10 Role of the centromere, kinetochores and microtubules during mitosis.

միկրոխոդովակներ

կինետոխոր կինետոխոր

ցենտրոմեր

քրոմատիդ

քրոմոսոմ

միկրոխոդովակները կարճանում են

**Նկար 5.10.** Ցենտրոմերի, կինետոխորների և միկրոխոդովակների դերը միտոզի ժամանակ:

## Միտոզի կենսաբանական նշանակությունը

■ **Աճ.** Ձևավորված երկու դուստր բջիջներն ունեն նույնքան քրոմոսոմ, որքան ծնողական բջիջը, և գենետիկորեն նույնական են (պատճեն): Սա հնարավոր է դարձնում բազմաբջիջ օրգանիզմների աճը միաբջիջ զիգոտներից: Աճը կարող է տեղի ունենալ ամբողջ օրգանիզմով մեկ, ինչպես կենդանիների մոտ, կամ սահմանափակված լինել որոշակի տեղամասերով, ինչպես բույսերի գոյացնող հյուսվածքը (աճի տեղերը):

■ **Բջիջների փոխարինում և հյուսվածքների նորոգում.** Սա հնարավոր է միտոզի օգնությամբ, որին հետևում է բջջի բաժանումը: Բջիջները շարունակաբար մահանում և փոխարինվում են նույնական բջիջներով: Մարդու օրգանիզմում, օրինակ, բջիջների փոխարինումը առանձնակի արագ է տեղի ունենում մաշկում և աղիների պատերում: Որոշ կենդանիներ ի վիճակի են վերականգնել մարմնի ամբողջական մասեր, օրինակ, ծովաստղը կարող է վերականգնել նոր թևեր:

■ **Անսեռ բազմացում:** Միտոզը անսեռ բազմացման հիմքն է՝ տեսակների նոր առանձնյակների առաջացումը մեկ ծնողական օրգանիզմից: Սերունդը գենետիկորեն նույնական է ծնողներին: Անսեռ բազմացումը կարող է տարբեր ձևերի լինել: Այնպիսի միաբջիջ օրգանիզմների համար, ինչպիսին *Amoeba*-ն է, բջջի բաժանման անխուսափելի արդյունքը վերարտադրությունն է: Բազմաբջիջ օրգանիզմների դեպքում նոր առանձնյակները ծնողից կարող են առաջանալ տարբեր եղանակներով (նկար 5.11): Բողբոջելը հատկապես բնորոշ է բույսերին, սա վեգետատիվ բազմացման առավել տարածված ձևն է, որի ժամանակ ցողունի որևէ մասում գտնվող բողբոջից պարզապես աճում է նոր բույս: Նոր բույսը, ի վերջո, առանձնանում է ծնողից և ապրում ինքնուրույն կյանքով: Բողբոջը կարող է լինել ձևառող կառուցվածքի, օրինակ՝ սոխարմատի կամ պալարի մասը: Մի բջջից կամ բջիջների փոքր խմբից ամբողջական օրգանիզմներ ծնելու կարողությունը կարևոր է կենսատեխնոլոգիայի և գենային ճարտարագիտության բնագավառներում և հանդիսանում է կլոնավորման հիմքը:



Figure 5.11 a Asexual reproduction by budding in *Hydra*

■ **Իմունային պատասխան.** B և T լիմֆոցիտների կլոնավորումը իմունային պատասխանի ժամանակ կախված է միտոզից (գլուխ 11):

**Նկար 5.11.ա.** Hydrae-ի անսեռ բազմացումը բողբոջման միջոցով(60x): Հիդրան ապրում է քաղցրահամ ջրերում և որսին բռնում է շոշափուկների օգնությամբ: Իր կողքից աճող բողբոջը գենետիկորեն նույնական է ծնողին և ի վերջո առանձնանում և ապրում է ինքնուրույն: Բ. Kalanchoe pinnata-ի անսեռ բազմացումը, որը գենետիկորեն նույնական նոր առանձնյակներ է արտադրում իր տերևների եզրերից:

### **Ցողունային բջիջներ**

Ցողունայինն այնպիսի բջիջ է, որը կարող է բաժանվել անսահմանափակ անգամ (միտոզի միջոցով): Երբ այն բաժանվում է, ամեն մի նոր բջիջ կարող է մնալ որպես ցողունային բջիջ կամ զարգանալով վերածվել (տարբերակվել) մասնագիտացած բջջի, օրինակ՝ արյան բջջի կամ մկանային բջջի: Բնային բջջի՝ տարատեսակ բջիջներ արտադրելու կարողության չափը փոփոխական է: Այն անվանում ենք բջջի **ունակություն**: Որևէ տեսակի բջիջ արտադրելու ունակ բնային բջիջները բնութագրվում են որպես **տոտիպոտենտ**: Բեղմնավորման ժամանակ ձվաբջջի հետ սերմնաբջջի միաձուլման արդյունքում ձևավորված զիգոտը տոտիպոտենտ է՝ ինչպես մարդու զարգացման ընթացքում 16-բջջից կազմված փուլում գտնվող բջիջները: Դրանից հետո որոշ բջիջներ մասնագիտանում են՝ ձևավորելով ընկերքը, մինչդեռ մյուսները կորցնում են իրենց ունակությունը, սակայն կարող են սկիզբ տալ բոլոր այն բջիջներին, որոնք կհանգեցնեն սաղմի և ավելի ուշ հասուն մարդու զարգացմանը: Այս **սաղմնային ցողունային բջիջները** բնութագրվում են որպես **պլուրիպոտենտ**:

Հյուսվածքների, օրգանների և համակարգերի զարգացմանը զուգընթաց բջիջները դառնում են ավելի ու ավելի մասնագիտացած: Հասուն մարդու օրգանիզմում կա ավելի քան 200 տարբեր տեսակի բջիջ:

Որքան ավելի են բջիջները «մտնում» իրենց որոշակի դերերի մեջ, այնքան ավելի են կորցնում բաժանվելու իրենց ունակությունը, մինչև որ հասուն մարդկանց մոտ բջիջների մեծ մասը չի բաժանվում: Սակայն աճի և նորոգման համար շատ կարևոր է, որ պահպանվեն ցողունային բջիջների փոքր պոպուլյացիաներ, որոնք կարող են արտադրել նոր բջիջներ: Հասուն ցողունային բջիջներն արդեն որոշ չափով կորցրել են սաղմնային ցողունային բջիջների հետ կապված պոտենցիան և այլևս պլուրիպոտենտ չեն: Դրանք ի վիճակի են արտադրելու միայն մի քանի տեսակ բջիջներ և կարող են բնութագրվել որպես **մուլտիպոտենտ**: Օրինակ՝ այդ տեսակ բջիջներ են ոսկրածուծում գտնվող ցողունային բջիջները: Դրանք կարող են ցանկացած անգամ կրկնապատկվել, սակայն կարող են արտադրել միայն արյան

բջիջներ, օրինակ՝ արյան կարմիր բջիջներ, մոնոցիտներ, նեյտրոֆիլներ և լիմֆոցիտներ: Արյան հասուն բջիջներն ունեն կյանքի համեմատաբար կարճ տևողություն, այնպես որ այդ ցողունային բջիջների գոյությունը շատ կարևոր է: Օրինակ՝ ամեն օր շուրջ 250 միլիարդ արյան կարմիր բջիջ և 20 միլիարդ արյան սպիտակ բջիջ է մահանում, և դրանք պետք է փոխարինվեն նորերով:

Հասուն մարդկանց մոտ ցողունային բջիջները գտնվում են ամբողջ օրգանիզմում, օրինակ՝ ոսկրածուծում, մաշկի մեջ, աղիներում, սրտամկանում և ուղեղում: Ցողունային բջիջների հետազոտության շնորհիվ բացահայտվել են որոշ հետաքրքիր բժշկական կիրառություններ: **Ցողունային բջիջների միջոցով բուժումը** վնասված հյուսվածքի մեջ նոր հասուն ցողունային բջիջների տեղադրումն է հիվանդությունը կամ վնասվածքը բուժելու համար: Ոսկրածուծի փոխպատվաստումն այս բուժման միակ ձևն է, որն անցել է փորձնական փուլը և դարձել սովորական բուժական պրակտիկա, սակայն հույս կա, որ ապագայում այն հնարավորություն կտա բուժելու շաքարախտը, մկանային և նյարդային վնասվածքները և ուղեղային այնպիսի խանգարումները, ինչպիսիք են Պարկինսոնի և Հանթինգտոնի հիվանդությունները: Փորձեր են արվել նաև լաբորատոր պայմաններում անջատված ցողունային բջիջներից նոր հյուսվածքներ կամ նույնիսկ օրգաններ աճեցնելու ուղղությամբ:

## Տե՛ս հղումը

Տեսանյութ միտոզի մասին

<https://drive.google.com/drive/folders/1ftfCdwtdDQqZCZeMBSpz20pWNq8k4WQV>

## Մեյոզ

### Գամետներ և սեռական ճանապարհով բազմացող օրգանիզմների կենսացիկլը

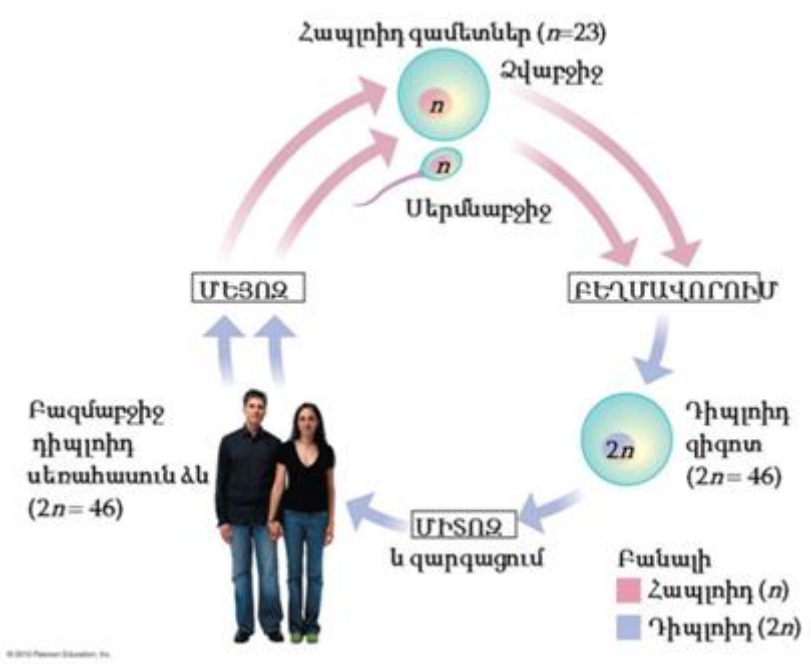
Բազմաբջիջ օրգանիզմների **կենսացիկլը** փուլերի այն հաջորդականությունն է, որը տևում է մի սերնդի սեռահասուն ձևերից մինչև մյուս սերնդի սեռահասուն ձևերը: Քրոմոսոմների երկու հավաքակազմ ունենալը, որոնցից յուրաքանչյուրը ժառանգվել է մի ծնողից, մարդկանց և սեռական ճանապարհով բազմացող մյուս բոլոր տեսակների կենսացիկլի առանցքային գործոնն է: **Նկար 8.12-ը** պատկերում է մարդու կենսացիկլը՝ նշելով քրոմոսոմների թիվը:

Մարդիկ, ինչպես նաև կենդանիների մեծ մասը և շատ բույսեր, համարվում են դիպլոիդ օրգանիզմներ, քանի որ մարմնի բոլոր բջիջները պարունակում են հոմոլոգ քրոմոսոմների զույգեր: Քրոմոսոմների ընդհանուր

թիվը, որը մարդկանց մոտ 46 է, դիպլոմի թիվն է, որը ներկայացվում է 2n տեսքով: Բացառություն են ձևաբաղադրիչը և սերմնաբաղադրիչը, որոնք կոչվում են **գամետներ**: Յուրաքանչյուր գամետ, մեյոզի ժամանակ առաջանալով ձևաբանում կամ սերմնաբանում, ունի քրոմոսոմների մեկ հավաքակազմ՝ 22 աուտոսոմ և սեռական X կամ Y քրոմոսոմներ: Քրոմոսոմների մեկ հավաքակազմ ունեցող բջիջը կոչվում է հապլոիդ բջիջ. այն ունի քրոմոսոմների հոմոլոգ գույգի միայն մեկ անդամը: Մարդկանց մոտ հապլոիդ թիվը՝ n-ը, 23 է:

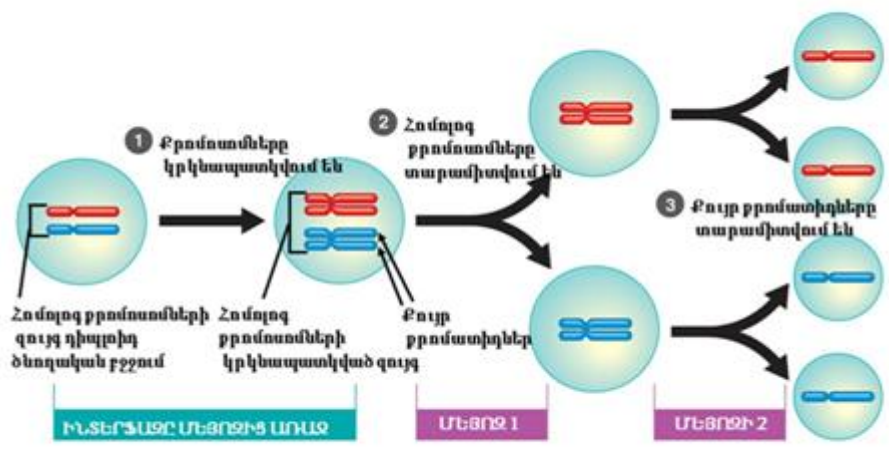
Մարդու կենսացիկլում **բեղմնավորում** կոչվող գործընթացի ժամանակ հոր հապլոիդ սերմնաբջիջը միանում է մոր ձվաբջիջին: Առաջացած բեղմնավորված ձվաբջիջը, որը կոչվում է **զիգոտ**, դիպլոիդ է: Այն ունի հոմոլոգ քրոմոսոմների երկու հավաքակազմ՝ յուրաքանչյուր ծնողից մեկական: Կենսացիկլն ավարտվում է այն ժամանակ, երբ զիգոտից զարգանում է սեռահասուն ձև: Բջջի միտոտիկ բաժանումը երաշխավորում է այն, որ մարդու մարմնի բոլոր մարմնական բջիջները ստանում են զիգոտի բոլոր 46 քրոմոսոմների կրկնօրինակը: Հետևաբար, քո մարմնի միլիարդավոր բջիջներից յուրաքանչյուրը կարող է միտոտիկ բաժանումների միջոցով հետ վերադառնալ ընդհուպ մինչև միաբջիջ զիգոտը, որն առաջացել էր քո ծնվելուց ինը ամիս առաջ, երբ քո հայրական սերմնաբջիջը միաձուլվեց քո մոր ձվաբջիջին:

Բոլոր սեռական կենսացիկլերը ներառում են իրար հաջորդող դիպլոիդ և հապլոիդ փուլեր: Մեյոզով հապլոիդ գամետների առաջացումը թույլ չի տալիս, որ ամեն սերնդում քրոմոսոմների թիվը կրկնապատկվի: **Նկար 8.13-ում** պատկերված է հոմոլոգ քրոմոսոմների մեկ գույգ: **1.** Քրոմոսոմներից յուրաքանչյուրը կրկնապատկված է ինտերֆազի ժամանակ (միտոզից առաջ): **2.** Առաջին բաժանումը՝ մեյոզի 1-ին փուլը, հոմոլոգ գույգի երկու քրոմոսոմները հեռացնում է իրարից՝ փաթեթավորելով նրանց տարբեր (հապլոիդ) դուստր բջիջներում: Սակայն յուրաքանչյուր քրոմոսոմ դեռ կրկնապատկված է: **3.** Մեյոզի 2-րդ փուլը հեռացնում է իրարից քույր քրոմատիդները: Չորս դուստր բջջից յուրաքանչյուրը հապլոիդ է և պարունակում է հոմոլոգ գույգի միայն մեկ քրոմոսոմ:



**Նկար 8.12 Մարդու կենսացիկլը:** Յուրաքանչյուր սերնդում բեղմնավորման արդյունքում քրոմոսոմների թվի կրկնապատկումը փոխհաստուցվում է մեյոզի ժամանակ քրոմոսոմների թվի կիսմամբ:

**Մեյոզի հետևանքով առաջանում են հապլոիդ գամետներ**



**Նկար 8.13 Ինչպես է քրոմոսոմների թիվը կիսվում մեյոզի ժամանակ:**

**Մեյոզ**

Մեյոզը, որի ժամանակ դիպլոիդ օրգանիզմներում արտադրվում են հապլոիդ դուստր բջիջներ, նման է միտոզին՝ բացառությամբ երկու առանձնահատկության: Առաջինն այն է, որ քրոմոսոմների թիվը կիսով չափ պակասում է: Մեյոզի ժամանակ իր քրոմոսոմները կրկնապատկած բջիջը

ենթարկվում է երկու հաջորդական բաժանման, որոնք կոչվում են մեյոզի 1-ին և 2-րդ փուլ: Մեյոզի հետևանքով առաջացած չորս դուստր բջիջներն ունեն քրոմոսոմների հապլոիդ հավաքակազմ՝ մեկնարկային բջջի շատ քրոմոսոմների միայն կեսը, քանի որ երկու բաժանումներին հետևում է քրոմոսոմների մեկ կրկնապատկում:

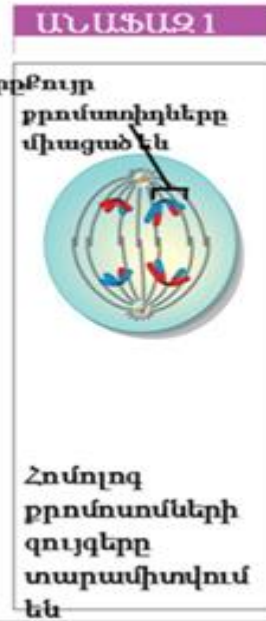
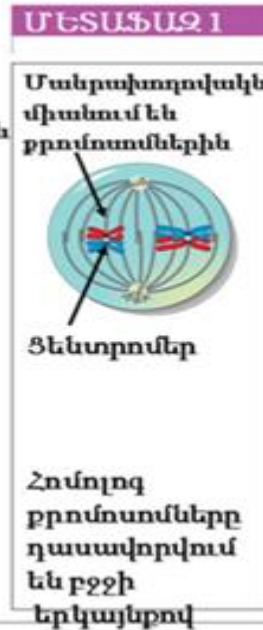
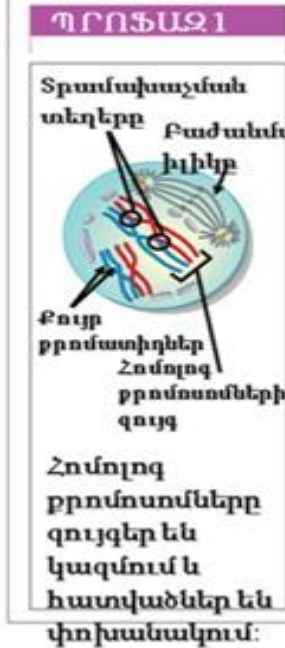
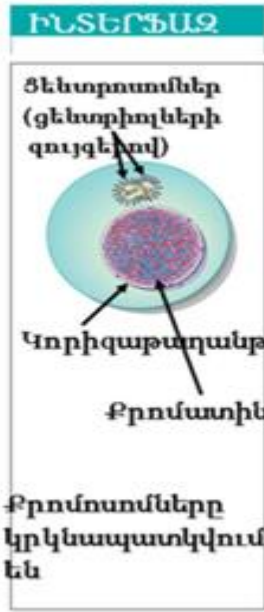
Մեյոզի երկրորդ հիմնական տարբերությունը գենետիկ նյութի՝ հոմոլոգ քրոմոսոմների միջև քրոմոսոմների հատվածների փոխանակությունն է: Տրամախաչում կոչվող այսպիսի փոխանակությունը տեղի է ունենում մեյոզի առաջին պրոֆազի ժամանակ: Մենք ավելի ուշ կդիտարկենք տրամախաչումը առավել մանրամասն: Այժմ ուսումնասիրենք **Նկար 8.14-ը**՝ ներառյալ ստորև բերված տեքստը, որը մանրամասն նկարագրում է չորս քրոմոսոմ ունեցող կենդանական բջջի մեյոզի փուլերը:

Նկար 8.14-ն ուսումնասիրելիս հիշիր հոմոլոգ քրոմոսոմների և քույր քրոմատիդների տարբերությունը. հոմոլոգ գույզի երկու քրոմոսոմներն անհատական քրոմոսոմներ են, որոնք ժառանգվել են ծնողներից՝ մեկը մորից, մյուսը՝ հորից: Նկար 8.14-ում պատկերված քրոմոսոմների հոմոլոգ գույզի անդամները ներկված են կարմիր և կապույտ գույներով՝ քեզ հիշեցնելու, որ նրանք այդպես են տարբերվում: Մեյոզից անմիջապես առաջ ինտերֆազի ժամանակ յուրաքանչյուր քրոմոսոմ կրկնապատկվում է՝ առաջացնելով քույր քրոմատիդներ, որոնք միասին են մնում մինչև մեյոզի 2-րդ փուլի անաֆազը: Քույր քրոմատիդները նույնական են և կրում են իրենց բոլոր գեների միևնույն տարբերակները մինչև տրամախաչման սկսվելը:

### Ստուգիչ հարց

18 քրոմոսոմ ունեցող մի բջիջ ենթարկվում է մեյոզի և սերմնաբջիջ է արտադրում: Արդյունքում Պատասխան. *Չորս, ինը:*

**ՄԵՅՈՋԻ 1-ԻՆ ԲԱԺԱՆՈՒՄԸ**



**ԻՆՏԵՐՖԱԶ**

Քրոմոսոմները կրկնապատկվում են: Միտոզի նման մեյոզին նախորդում է ինտերֆազը, որի ժամանակ քրոմոսոմները կրկնապատկվում են, որից հետո յուրաքանչյուր քրոմոսոմ կազմված է երկու նույնական քույր քրոմատիդից:

**Պրոֆազի 1-ին փուլը**

Քանի որ քրոմոսոմները պարուրված են, հատուկ սպիտակուցներ են ստիպում քրոմոսոմներին զույգերով միանալու: Առաջացած կառուցվածքն ունի չորս քրոմատիդ: Յուրաքանչյուր հավաքակազմում հոմոլոգ քրոմոսոմների քրոմատիդները համապատասխան հատվածներ են փոխանակում՝ «տրամախաչվում են»: Տրամախաչումը վերադասավորում է գենետիկ տեղեկությունը: Քրոմոսոմները շարունակում են պարուրվել, առաջանում է բաժանման իլիկը, և հոմոլոգ զույգերը տեղաշարժվում են դեպի բջջի կենտրոն, քանի որ շարունակվում է պրոֆազի 1-ին փուլը:

**Մետաֆազի 1-ին փուլը**



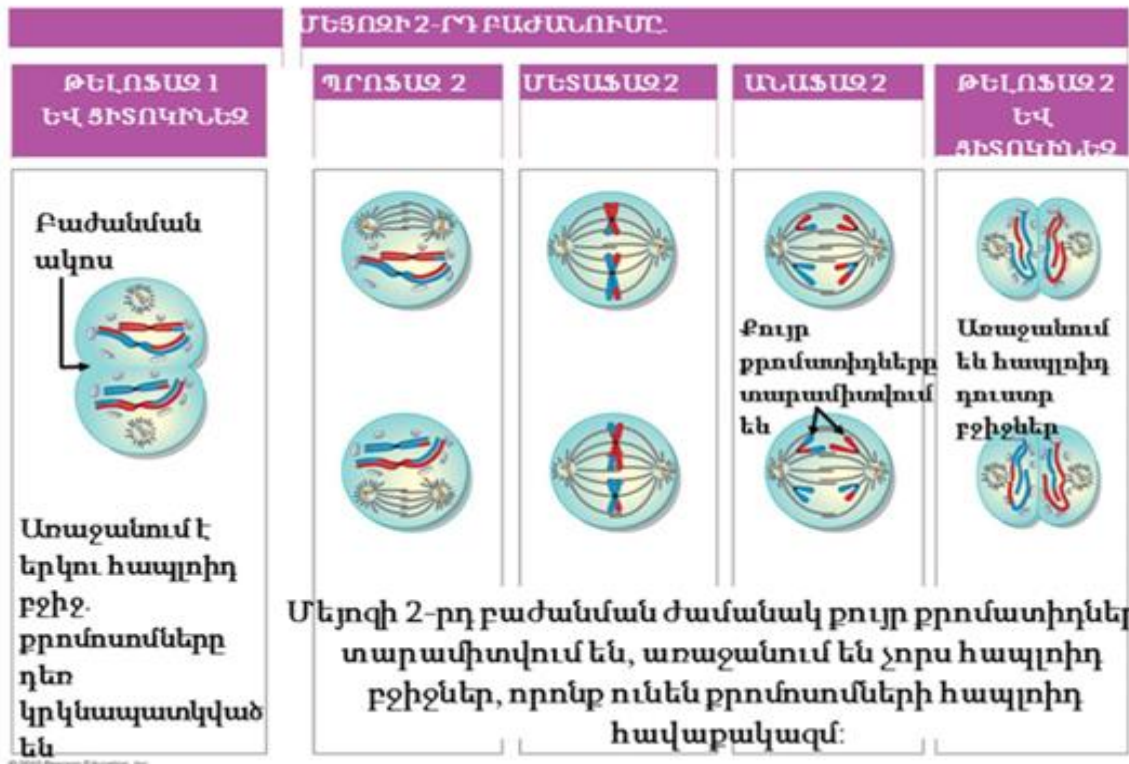
Մետաֆազի 1-ին փուլում հոմոլոգ գույգերը մեկ գծով դասավորված են բջջի կենտրոնի երկայնքով: Յուրաքանչյուր քրոմոսոմի քույր քրոմատիդները դեռ կպած են իրենց ցենտրոմերներով, որտեղ նրանք խարսխված են բաժանման իլիկի մանրախողովակներին: Ուշադրություն դարձրու, որ քրոմոսոմների յուրաքանչյուր գույգի մեկ հոմոլոգ քրոմոսոմին միացած բաժանման իլիկի մանրախողովակները գալիս են բջջի մեկ, իսկ մյուս քրոմոսոմին միացած մանրախողովակները՝ հակառակ բևեռից: Հոմոլոգ քրոմոսոմները այսպիսի դասավորվածությամբ հավասարակշռված են բջջի հակառակ բևեռներ տեղաշարժվելու համար:

### **Անաֆազի 1-ին փուլը**

Յուրաքանչյուր գույգի հոմոլոգ քրոմոսոմների միացումը քանդվում է և քրոմոսոմներն այժմ տեղաշարժվում են դեպի բջջի հակառակ բևեռներ: *Ի տարբերություն միտոզի, քույր քրոմատիդները մասերի բաժանվելու փոխարեն տեղաշարժվում են գույգերով:* Նրանք հեռանում են ոչ թե իրարից, այլ իրենց հոմոլոգ գույգերից:

### **Թելոֆազի 1-ին փուլը և ցիտոկինեզը**

Թելոֆազի 1-ին փուլում քրոմոսոմները հասնում են բջջի բևեռներ: Երբ նրանք ավարտում են իրենց ճանապարհորդությունը, յուրաքանչյուր բևեռ ունենում է քրոմոսոմների հապլոիդ հավաքակազմ՝ չնայած այն հանգամանքին, որ յուրաքանչյուր քրոմոսոմ դեռ կրկնապատկված վիճակում է: Սովորաբար, ցիտոկինեզն ընթանում է թելոֆազի 1-ին փուլին գուգահեռ և առաջանում է երկու հապլոիդ դուստր բջիջ:



Բջջի բաժանման հաջորդ փուլում քույր քրոմատիդները վերջապես հեռանում են իրարից, առաջանում է մեկական քրոմոսոմ պարունակող չորս հապլոիդ դուստր բջիջ:

### Մեյոզի 2-րդ փուլը

Մեյոզի 2-րդ փուլը էապես նույնն է, ինչ միտոզը: Ամենակարևոր տարբերությունն այն է, որ մեյոզի 2-րդ փուլը սկսվում է հապլոիդ բջջից, որը դրան նախորդող ինտերֆազի ժամանակ քրոմոսոմների կրկնապատկման չի ենթարկվել:

Պրոֆազի 2-րդ փուլում առաջանում է բաժանման իլիկը և քրոմոսոմներին տեղաշարժում է դեպի բջջի կենտրոն: Մետաֆազի 2-րդ փուլում քրոմոսոմները դասավորված են այնպես, ինչպես միտոզի ժամանակ՝ հակառակ բևեռներից եկող մանրախողովակները կպած են յուրաքանչյուր քրոմոսոմի քույր քրոմատիդներին: Անաֆազի 2-րդ փուլում քույր քրոմատիդների ցենտրոմերներն իրարից հեռանում են և յուրաքանչյուր գույգի քույր քրոմատիդները շարժվում են դեպի բջջի հակառակ բևեռներ: Թելոֆազի 2-րդ փուլում բջջի բևեռներում ձևավորվում են կորիզները, գուգահեռ ընթանում է ցիտոկինեզը: Այժմ կա չորս դուստր բջիջ՝ յուրաքանչյուրը քրոմոսոմների մեկ հապլոիդ հավաքակազմով:

**Տե՛ս հղումը**  
**Մուլտֆիլմ՝ մեյոզի մասին**

<https://drive.google.com/drive/folders/1Eco2GN43vhQhT3J3SDjpSu44acTt0PYN>

**Տեսանյութ՝ մեյոզի մասին**

<https://drive.google.com/drive/folders/1Eco2GN43vhQhT3J3SDjpSu44acTt0PYN>

### Միտոզի և մեյոզի համեմատությունը

Մենք արդեն քննարկել ենք էուկարիոտ օրգանիզմների բջիջների բաժանման երկու եղանակները: Միտոզը, որն ապահովում է աճը, հյուսվածքների վերանորոգումը և անսեռ բազմացումը, արտադրում է ծնողական բջջին գենետիկորեն նույնական դուստր բջիջներ: Մեյոզը, որն անհրաժեշտ է սեռական բազմացման համար, առաջացնում է գենետիկորեն յուրահաստակ հապլոիդ դուստր բջիջներ, որոնք ունեն յուրաքանչյուր հոմոլոգ քրոմոսոմային զույգի միայն մեկ անդամ:

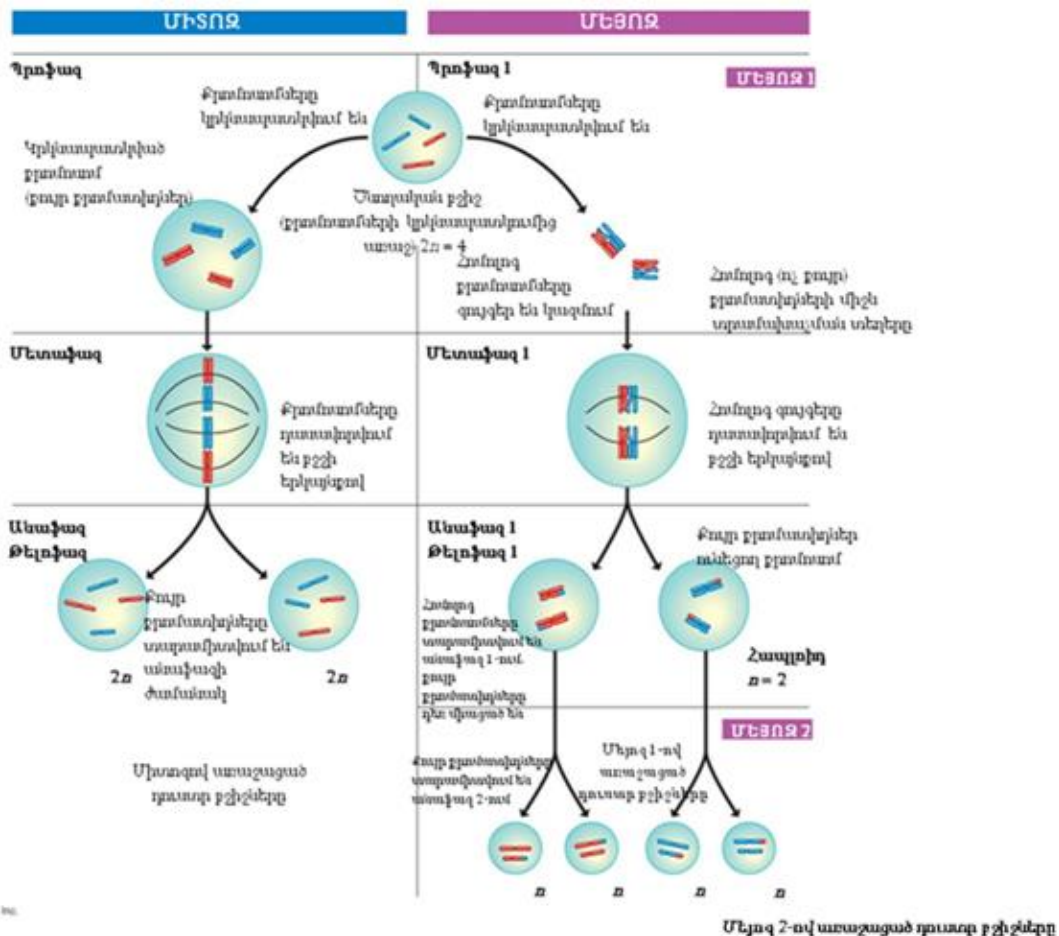
Թե՛ մեյոզի, թե՛ միտոզի ժամանակ քրոմոսոմները նախորդող ինտերֆազի փուլում միայն մեկ անգամ են կրկնապատկվում: Միտոզը ներառում է երկու դուստր բջջի առաջացմամբ կորիզի և ցիտոպլազմայի միայն մեկ բաժանում: Մեյոզն ընդգրկում է չորս հապլոիդ բջջի առաջացմամբ կորիզի և ցիտոպլազմայի երկու բաժանում:

**Նկար 8.15-ը** համեմատում է միտոզը և մեյոզը՝ հետևելով այս երկու գործընթացին չորս քրոմոսոմ ունեցող ծնողական դիպլոիդ բջջում: Ինչպես նախկինում, հոմոլոգ քրոմոսոմները չափերով համապատասխանում են: (Պատկերացրու, որ կարմիր քրոմոսոմները ժառանգվել են մորից, իսկ կապույտ քրոմոսոմները՝ հորից:) Ուշադրություն դարձրու, որ մեյոզին բնորոշ բոլոր իրադարձությունները տեղի են ունենում մեյոզի 1-ին փուլում: Մեյոզի 2-րդ փուլը երևակայական կերպով նույնական է միտոզին նրանով, որ իրարից հեռացնում է քույր քրոմատիդները: Սակայն, ի տարբերություն միտոզի, մեյոզի 2-րդ փուլը հանգեցնում է քրոմոսոմների հապլոիդ հավաքակազմ ունեցող դուստր բջիջների առաջացմանը:

#### Ստուգիչ հարց

Ճիշտ է, թե սխալ. միտոզին և մեյոզին նախորդում է քրոմոսոմների կրկնապատկումը:

Պատասխան. *Ճիշտ է*



**Նկար 8.15 Միտոզի և մեյոզի համեմատությունը:** Մեյոզին բնորոշ իրադարձությունները տեղի են ունենում մեյոզի 1-ին փուլում: Պրոֆազի 1-ին փուլում կրկնապատկված հոմոլոգ քրոմոսոմների զույգը դասավորվում է երկարությամբ և հոմոլոգ (ոչ քույր) քրոմատիդների միջև տեղի է ունենում տրամախաչում: Մետաֆազի 1-ին փուլում հոմոլոգ քրոմոսոմների զույգերը (ավելի հաճախ, քան առանձին քրոմոսոմները) դասավորվում են բջջի հասարակածի հարթությամբ: Երբ անաֆազի 1-ին փուլում հոմոլոգ քրոմոսոմները հեռանում են իրարից, յուրաքանչյուր քրոմոսոմի քույր քրոմատիդները միասին են մնում և գնում են բջջի միևնույն բևեռը: Մեյոզի 1-ին փուլի վերջում կա երկու հապլոիդ բջիջ, սակայն յուրաքանչյուր քրոմոսոմ դեռ ունի երկու քույր քրոմատիդ:

Տե՛ս հղումը  
 Տեսանյութ՝ միտոզի և մեյոզի համեմատությունը  
[https://docs.google.com/presentation/d/1SZ6nI6Nfrure2hZ3d2A4b\\_RPYHNUYWAG/edit#slide=id.p1](https://docs.google.com/presentation/d/1SZ6nI6Nfrure2hZ3d2A4b_RPYHNUYWAG/edit#slide=id.p1)

Տեսանյութ անգլերեն՝ միտոզի և մեյոզի համեմատությունը

[https://docs.google.com/presentation/d/1rZLlon1dCYO7D\\_BBwa27ElyGx51a7ywn/edit#slide=id.p2](https://docs.google.com/presentation/d/1rZLlon1dCYO7D_BBwa27ElyGx51a7ywn/edit#slide=id.p2)

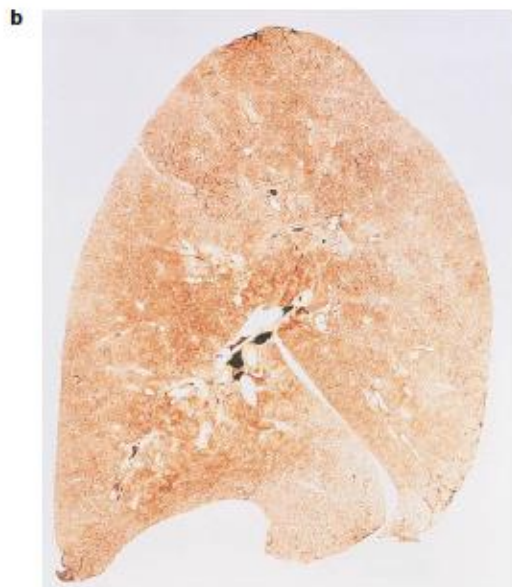
[https://docs.google.com/presentation/d/1FabmlemWDVYfP2YVnIgin1eRUzDOT\\_a0/edit](https://docs.google.com/presentation/d/1FabmlemWDVYfP2YVnIgin1eRUzDOT_a0/edit)

## Ֆիզիկաքիմիական տարբեր գործոնների, ինչպես նաև վնասակար սովորությունների նշանակությունը քաղցկեղի զարգացման գործընթացում

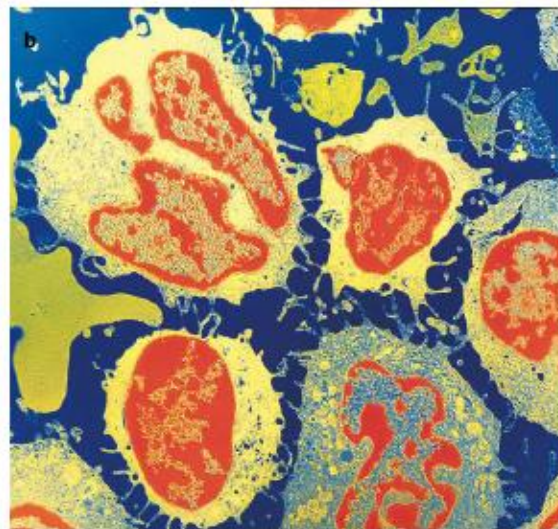
### Քաղցկեղ

Քաղցկեղը զարգացած երկրներում ամենատարածված հիվանդություններից է, որը յուրաքանչյուր չորս մահվան դեպքից մեկի պատճառն է: Սա հավասար է կաթվածից և սրտանոթային հիվանդության պատճառով վրա հասած մահվան դեպքերի թվին՝ միասին վերցրած: Միացյալ Թագավորությունում 2009 թ. յուրաքանչյուր 16 մահվան դեպքից մեկի պատճառը թոքերի քաղցկեղն է եղել (մեկ մարդ ամեն 15 րոպեում): Չնայած շագանակագեղձի քաղցկեղն առավել տարածված ձևն է տղամարդկանց շրջանում (դեպքերի 24%-ը), թոքերի քաղցկեղից ավելի մեծ թվով մարդիկ են մահանում: Քաղցկեղի առավել տարածված ձևը կանանց կրծքագեղձի քաղցկեղն է (դեպքերի 31%-ը): Ի դեպ, գոյություն ունի քաղցկեղի ավելի քան 200 տեսակ, և բժշկության բնագավառի մասնագետներն այն մեկ հիվանդություն չեն համարում:

Քաղցկեղը մեզ ցույց է տալիս բջջի բաժանումը ճշգրտորեն կարգավորելու կարևորությունը, որովհետև քաղցկեղը չվերահսկվող միտոզի արդյունք է: Քաղցկեղային բջիջները շարունակաբար բաժանվում են և առաջացնում ուռուցք, որը բջիջների անկանոն զանգված է (նկար 5.13): Բջիջների մոտ սովորաբար դրսևորվում են ձևի ոչ նորմալ փոփոխություններ (նկար 5.14):



**Figure 5.13** **a** Lung of a patient who died of lung cancer, showing rounded deposits of tumour (bottom, white area). Black tarry deposits throughout the lung show the patient was a heavy smoker. **b** Section of a healthy human lung. No black tar deposits are visible.



**Figure 5.14** **a** False-colour scanning electron micrograph of a cancer cell (red) and white blood cells (orange and yellow). White blood cells gather at cancerous sites as an immune response. They are beginning to flow around the cancer cell, which they will kill using toxic chemicals ( $\times 4500$ ). **b** False-colour transmission electron micrograph of abnormal white blood cells isolated from the blood of a person with hairy-cell leukaemia. The white blood cells are covered with characteristic hair-like cytoplasmic projections. Leukaemia is a disease in which the bone marrow and other blood-forming organs produce too many of certain types of white blood cells. These immature or abnormal cells suppress the normal production of white and red blood cells, and increase the patient's susceptibility to infection ( $\times 6400$ ).

Նկար 5.13. ա. Թոքի քաղցկեղից մահացած հիվանդի թոք, որտեղ երևում են ուռուցքի կլորավուն կուտակումները (ստորին հատվածում սպիտակավուն տեղամասը): Թոքի վրա ամենուրեք երևացող սև խեժի կուտակումները վկայում են, որ հիվանդը եղել է մոլի ծխող: բ. Առողջ մարդու թոքի հատված: Սև խեժի կուտակումներ չեն երևում:

Նկար 5.14. ա. Քաղցկեղի բջի (կարմիր) և արյան սպիտակ բջիջների (նարնջագույն և դեղին) սկանավորող էլեկտրոնային մանրադիտակով արված

կեղծ-գունավոր մանրապատկեր: Արյան սպիտակ բջիջները հավաքվում են քաղցկեղային տեղամասերում իմունային համակարգի պատասխանի արդյունքում: Դրանք սկսում են խմբվել քաղցկեղային բջջի շուրջը, որին սպանելու են թունավոր քիմիական նյութերով (4500×): Բ. Տրանսմիսիոն էլեկտրոնային մանրադիտակով արված կեղծ-գունավոր մանրապատկեր, որտեղ պատկերված են արյան ձևափոխված սպիտակ բջիջները, որոնք անջատվել են մազաբջջային սակավարյունություն ունեցող մարդու արյունից: Արյան սպիտակ բջիջները պատված են ցիտոպլազմայի մազանման էլուստներով: Մակավարյունությունը հիվանդություն է, որի ժամանակ ոսկրածուծը և մյուս արյունաստեղծ օրգանները չափազանց մեծ քանակով արտադրում են որոշակի տեսակների արյան սպիտակ բջիջներ: Այդ չհասունացած կամ ոչ նորմալ բջիջները ճնշում են արյան սպիտակ և կարմիր բջիջների բնականոն արտադրությունը և մեծացնում են հիվանդի ընկալունակությունը վարակի նկատմամբ (6400×):

Համարվում է, որ քաղցկեղն սկսվում է այն ժամանակ, երբ բջջի բաժանումը կարգավորող գեներում տեղի են ունենում փոփոխություններ: Որևէ գենում փոփոխությունը կոչվում է մուտացիա: Քաղցկեղ առաջացնող մուտացիայի ենթարկված գենը կոչվում է **օնկոգեն**, հունարեն «onkos» բառից, որը նշանակում է ծավալ կամ զանգված: Մուտացիաներն անսովոր երևույթ չեն և հիմնականում քաղցկեղի չեն հանգեցնում: Մուտացիայի ենթարկված գեների մեծ մասը կա՛մ ինչ-որ ազդեցություն է կրում, որը հանգեցնում է դրանց վաղաժամ մահվան, կամ ոչնչացվում է օրգանիզմի իմունային համակարգի կողմից: Քանի որ բջիջների մեծ մասը կարելի է փոխարինել, մուտացիան սովորաբար վնասակար ազդեցություն չի ունենում օրգանիզմի վրա: Քաղցկեղային բջիջները, սակայն, կարողանում են խուսափել վախճանի այդ երկու հնարավոր տարբերակներից, այնպես, որ չնայած մուտացիան սկզբնապես կարող է տեղի ունենալ միայն մեկ բջիջում, այն փոխանցվում է այդ բջջի բոլոր սերունդներին: Մինչև հայտնաբերվելը ուռուցքը սովորաբար արդեն պարունակում է մոտ հազար միլիոն քաղցկեղային բջիջ: Ցանկացած բան, որը դառնում է քաղցկեղի պատճառ, կոչվում է քաղցկեղածին և բնութագրվում է որպես **ուռուցքագոյացնող**:

Չնայած ուռուցքների տարբեր տեսակների մասին իմանալը պարտադիր չէ, քեզ թերևս հետաքրքիր կլինի իմանալ, որ ոչ բոլոր ուռուցքներն են քաղցկեղային: Որոշ ուռուցքներ չեն տարածվում իրենց առաջացման տեղամասից և հայտնի են որպես բարորակ ուռուցքներ, դրա լավ օրինակ են գորտնուկները: Միայն այն ուռուցքներն են քաղցկեղ առաջացնում, որոնք տարածվում են օրգանիզմում, ներխուժում են այլ հյուսվածքներ և ոչնչացնում են դրանց: Այդ ուռուցքները հայտնի են որպես **չարորակ ուռուցքներ**: Չարորակ ուռուցքները խաթարում են այն մասի բնականոն գործունեությունը, որտեղ սկսել են զարգանալ: Դրանք կարող են խցանել



աղիները, թոքերը կամ արյունատար անոթները: Բջջիները կարող են անջատվել և արյունատար ու ավշային համակարգերի միջոցով տարածվել օրգանիզմի այլ մասերում՝ ձևավորելով **երկրորդային ուռուցքներ**: Քաղցկեղի տարածումն այս ձևով կոչվում է **մետաստազ**: Սա քաղցկեղի ամենավտանգավոր հատկությունն է, քանի որ քաղցկեղի երկրորդային օջախների հայտնաբերումը և հեռացումը կարող է շատ դժվար լինել:

Քաղցկեղի զարգացման փուլերը բերված են նկար 5.15-ում:

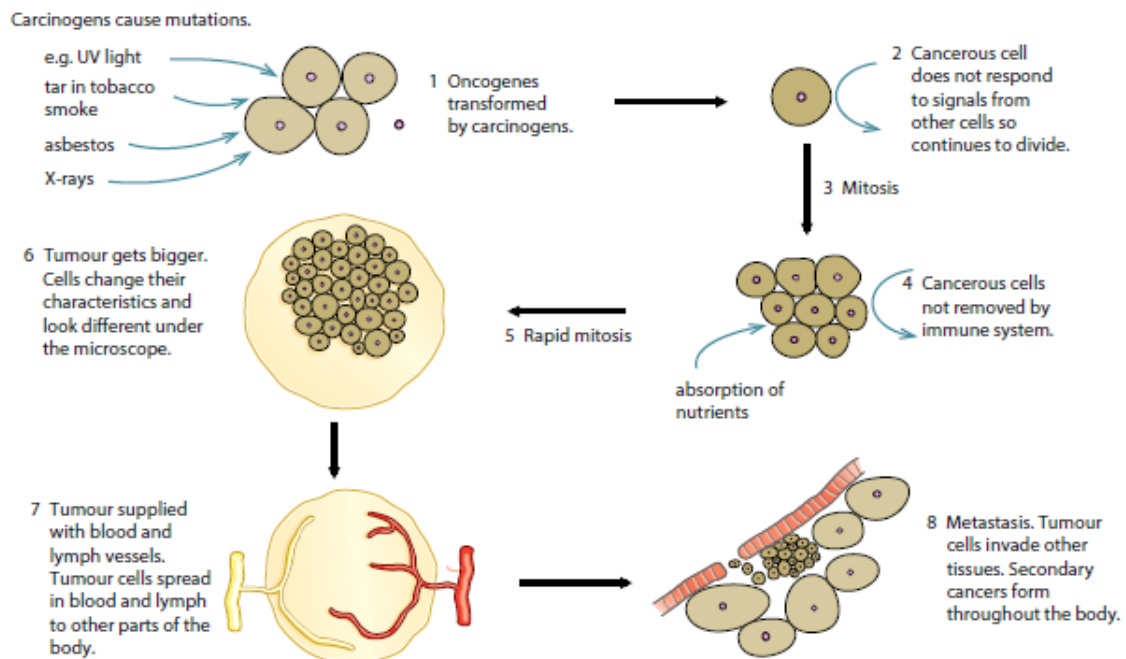


Figure 5.15 Stages in the development of cancer.