

* فام تن از DNA و پروتئین تشکیل شده است. ویژگی های ماده وراثتی موجود در هسته در زمان های مختلف :

یاخته در حال تقسیم باشد «««« به صورت فام تن فشرده شده

یاخته در حال تقسیم نباشد «««« به صورت فامینه (کروماتین). فشرده گی کمتر است و به صورت توده های درهم می باشد

نکته : در بیشتر عمر یاخته ، فامینه قابل مشاهده بوده و فشرده گی ماده وراثتی کم است (نه اینکه فشرده نباشد !)

* هر رشته ی فامینه ، دارای واحد های تکرار شونده

به نام هسته تن (نوکلئوزوم) است. در هر هسته تن ،

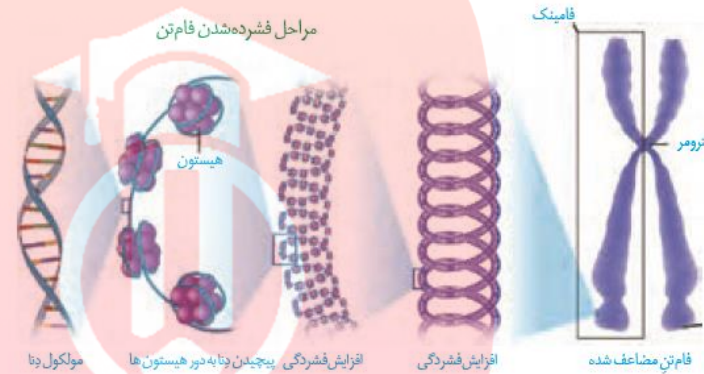
مولکول دنا حدود ۲ دور در اطراف ۸ مولکول

پروتئینی به نام هیستون پیچیده است.

نکته : هم در فام تن فشرده شده و هم در فامینه ،

هیستون ها وجود داشته و مولکول دنا به دور آن ها

پیچیده است



نکته : در اثر افزایش فشرده گی در فام تن ، هسته تن های متوالی به هم نزدیک شده و فاصله بین آن ها کم می شود

* فام تن مضاعف شده ، یعنی فام تنی که در حداکثر فشرده گی قرار داشته و دارای دو فامینک

خواهاری می باشد. فامینک های خواهاری از نظر نوع ژن ها یکسان اند (اگر کراسینگ اور

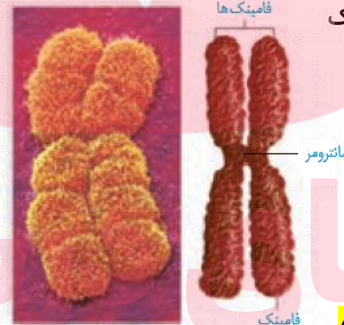
رخ دهد، این ژن ها می توانند با هم متفاوت باشند)

* فامینک های خواهاری در محلی به نام سائترومر به یکدیگر متصل اند

دقت کنید که اگر فامینه ی فشرده شده فاقد فامینک های خواهاری باشد (یعنی فقط یک

فامینک داشته باشد) ، حتی در این صورت نیز دارای سائترومر است !

نکته : سائترومر در وسط فامینک ها قرار ندارد (یکی از بازو های هر فامینک ، بلند تر است)



ساختار یک فام تن مضاعف شده

* هر گونه از جانداران ، تعداد معینی فام تن در یاخته های پیکری (غیر جنسی) خود دارند که به آن عدد فام تنی می گویند

دقت کنید گلپول های قرمز پالغ ، فاقد هر گونه هسته و ماده ژنتیک هستند! طراح میثونه از این نکته دام های زیادی طرح کنه.

همیشه یاد تون باشه هر وقت اسم ماده ژنتیک و هسته و ... اومد ، گلپول قرمز رو به گوشه ی ذهنتون که دارین

* یکسان بودن عدد فام تنی دو جاندار ، دلیلی بر این نیست که آن دو جاندار هم گونه یا مشابه باشند! مثلا هم انسان و هم

درخت زیتون ، در یاخته های پیکری خود ۴۶ فام تن دارند. (اما از نظر شباهت ، عین سیبی هستند که از وسط منفجر شده ☺)

* تعداد فام تن های جانداران مختلف (به جز باکتری ها) از ۲ تا بیش از ۱۰۰۰ عدد متغیر است

* برای تعیین تعداد فام تن ها و تشخیص بعضی از ناهنجاری های فام تنی ، کاربوتیپ

تهیه می شود. کاربوتیپ ، تصویری از فام تن ها با حداکثر فشرده گی است که براساس

اندازه ، شکل و محل قرارگیری سائترومرها ، مرتب و شماره گذاری شده اند

نکته : کاربوتیپ ، از یاخته ی در حال تقسیم و در مرحله متافاز گرفته می شود

نکته : به وسیله کاربوتیپ ، محتوای ژنتیکی فام تن ها قابل بررسی است

* جاندارانی که یاخته های پیکری آن ها از هر فام تن دو نسخه داشته باشند ، دولا

می گویند. توضیح کلی در مورد فامینک خواهاری و فام تن همتا : ببینید بچه ها ، فام تن های

همتا ، جایگاه های یکسانی برای ژن های مختلف دارن (ما الزامی نیست که نوع ژن هاشون

عین هم باشن. چرا ؛ چون هر کدوم از فام تن های همتا ، از یکی از والدین اومدن.

اما فامینک های خواهاری ، جایگاه های یکسانی برای ژن های مختلف دارن و دقیقا نوع ژن هم

در اون ها یکسان هستند. چون حاصل همانندسازی همون فام تن پودن و از جای

دیگه ای نیومدن (البته بدون در نظر گرفتن جهش). به مثال غیر علمی پرنم که پراتون ملموس

تر بشه (این مثال علمی نیست و فقط برای درک بهتره) :

مثلا فرض کنیم روی کروموزوم های شماره ۵ ، ژن مربوط به رنگ پوست قرار داره .

خپ ما دو تا کروموزوم شماره ۵ داریم که همتا هستند. هر کدوم از این کروموزوم ها هم

دوتا فامینک خواهاری دارن که دقیقا محتوای ژن یکسانه و فرقی با هم ندارن. ممکنه ژن موجود

در کروموزومی که از پدر اومده ، رنگ سیاه رو ایجاد کنه و ژن مادر ، رنگ سفید. حالا اینچاس

که رابطه های ژنتیک اثرشونو میدارن. اگه این صفت (رنگ پوست) بر اساس رابطه پارز و

نهفته تعیین بشه ، اون رنگی که غالب باشه ظاهر میشه (مثلا فرد سیاه میشه). اگه بر اساس

پارزیت ناقص این صفت تعیین بشه ، صفت حد واسط (رنگ سپره) ظاهر میشه و ...

اما روی فامینک های خواهاری هر کروموزوم ، ژن های یکسانی وجود داره ! مثلا روی هر دو

فامینک کروموزومی که از پدر اومده ، ژن مربوط به رنگ سیاهه و لا غیر !

پس اگه بخوایم به جمله ی کلی بگیم : کروموزوم های همتا ، موضوع ژن هاشون یکسانه (اما

محتوای ژن ها میتونه متفاوت باشه. ولی فامینک های خواهاری ، هم موضوع ژن و هم محتوای

اون ها یکسانه (در مثال مورد نظر ، موضوع ژن ، یعنی اینکه اون ژن در مورد رنگ پوست بود. و

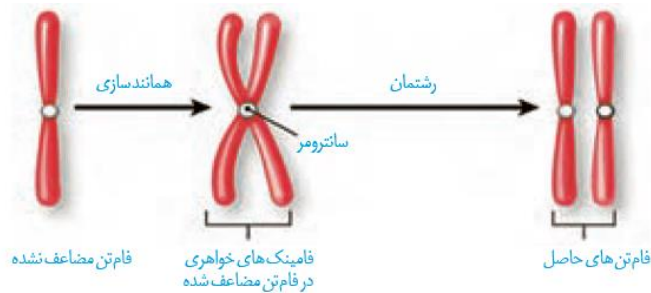
محتوای ژن ، یعنی اینکه اون ژن سبب ایجاد چه رنگی می شد)

* میانک ها یک جفت استوانه‌ای عمود برهم اند که در **اینترفاز**، برای تقسیم یاخته، دو برابر می شوند. هر یک از این استوانه ها، از تعدادی لوله کوچک تر پروتئینی تشکیل شده است

* میانک ها استوانه های توخالی هستند که از تجمع دسته هایی از لوله های کوچک پروتئینی ساخته می شوند (۹ دسته‌ی ۳ تایی)

دقت کنید که هم خود میانک، تو خالی هستند و هم لوله های تشکیل دهنده ی آن

تو خالی هستند!



ویژگی ها	مرحله
رشته های فامینه فشرده، ضخیم و کوتاه تر می شوند - دوک تقسیم بین میانک ها تشکیل می شود - پوشش هسته شروع به تخریب می کند	پروفاز
پوشش هسته و شبکه آندوپلاسمی تجزیه می شوند - سانترومر فام تن ها به رشته های دوک متصل می شوند	پرومتافاز
حداکثر فشردگی فام تن - فام تن ها در وسط یاخته ردیف می شوند	متافاز
فامینک ها از هم جدا می شوند - فامینک ها از هم فاصله می گیرند و فام تن ها که اکنون تک فامینکی هستند، سمت قطبین یاخته کشیده می شوند	آنافاز
رشته های دوک تخریب شده و فام تن ها شروع به باز شدن می کنند تا به صورت فامینه در آیند. پوشش هسته نیز مجدداً تشکیل می شود. در پایان تلوفاز، یاخته دو هسته‌ی مشابه دارد	تلوفاز

نکته: تجزیه پوشش هسته در پروفاز شروع و در پرومتافاز تکمیل می شود

نکته مهم: جدا شدن فامینک ها از هم در تلوفاز، بر اثر تجزیه پروتئین اتصالی آن ها توسط

نوعی آنزیم است. رشته های دوک، در جدا شدن آن ها هیچ نقشی ندارند! بلکه نقش این

رشته ها (که همان فاصله گرفتن فامینک هاست)، پس از جدا شدن فامینک ها انجام میشود

* هسته یاخته های پیکری زنان، دو فام تن X و مردان، یک فام تن X و یک فام تن Y دارند (فام تن های جنسی در تعیین جنسیت نقش دارند)

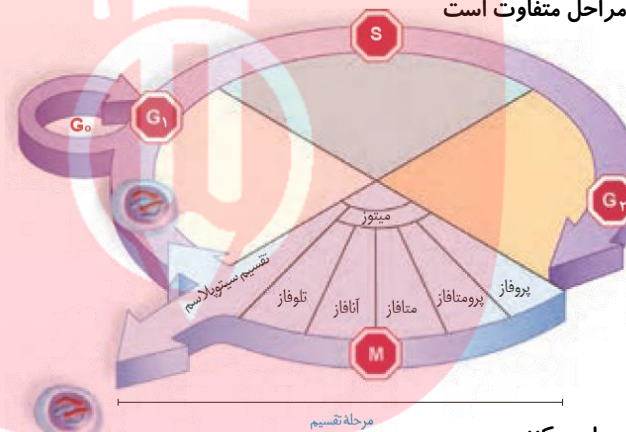
نکته: به یاد داشته باشید که بعضی یاخته ها مثل یاخته های ماهیچه اسکلتی، چند هسته ای هستند (بنابراین بیش از

دو فام تن جنسی دارند) و برخی نیز همانند گلبول های قرمز بالغ، فاقد هسته و فام تن جنسی هستند

* یاخته های جنسی انسان، تک لاد (n = 23) می باشند. در یک مجموعه فام تنی، هیچ فام تنی با فام تن دیگر همتا نیست

* مراحلی که یک یاخته از پایان یک تقسیم تا پایان تقسیم بعدی می گذراند را چرخه یاخته ای می گویند. این چرخه، شامل

مراحل اینترفاز و تقسیم است. در یاخته های مختلف، مدت این مراحل متفاوت است



اینترفاز « بیشتر عمر یاخته - رشد، ساخت مواد مورد نیاز و

انجام کار های معمول - شامل G₁، S و G₂

مرحله G₁ « رشد یاخته ها - زمان زیادی طول می کشد -

یاخته ای که قرار باشد موقتاً یا دائمی تقسیم نشود، در این

مرحله متوقف شده و وارد مرحله G₀ می شود مثل یاخته عصبی

مرحله S « دو برابر شدن دنا هسته

مرحله G₂ « مرحله کوتاه - یاخته آماده تقسیم می شود -

ساخت پروتئین ها و عوامل مورد نیاز برای تقسیم یاخته افزایش پیدا می کنند

مرحله تقسیم یاخته « دو فرایند تقسیم هسته و تقسیم سیتوپلاسم انجام می شود (تقسیم هسته یا رشتمان است یا کاستمان)

نکته: رشد یاخته در مرحله اینترفاز انجام می شود اما هم مرحله اینترفاز و هم مرحله تقسیم، هر دو می توانند به رشد بافت

و اندام منجر شوند

نکته: در یاخته های سرلادی و مغز استخوان، اینترفاز کوتاه است! اما دقت کنید باز هم این یاخته ها مانند هر یاخته‌ی

دیگری بیشتر عمر خود را در مرحله اینترفاز به سر می برند

* در تقسیم رشتمان (میتوز)، ماده ژنتیک که در مرحله S همانندسازی شده بود، تقسیم شده و به مقدار مساوی به یاخته

های جدید می رسد. رشتمان فرایندی پیوسته است.

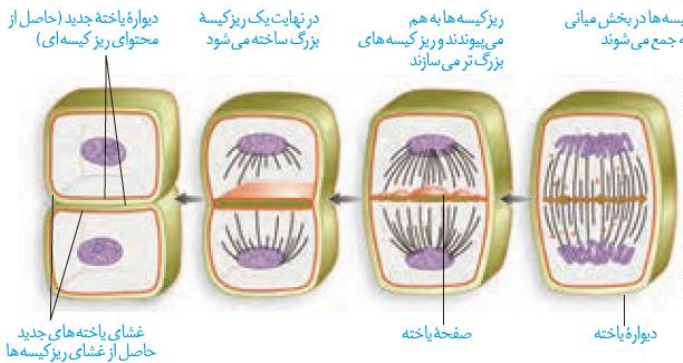
* دوک تقسیم، مجموعه ای از ریزلوله های پروتئینی است که هنگام تقسیم، پدیدار و به سانترومر فام تن متصل می شود.

با کوتاه شدن رشته های دوک متصل به سانترومر، فام تن ها از هم جدا می شوند و به قطبین می روند

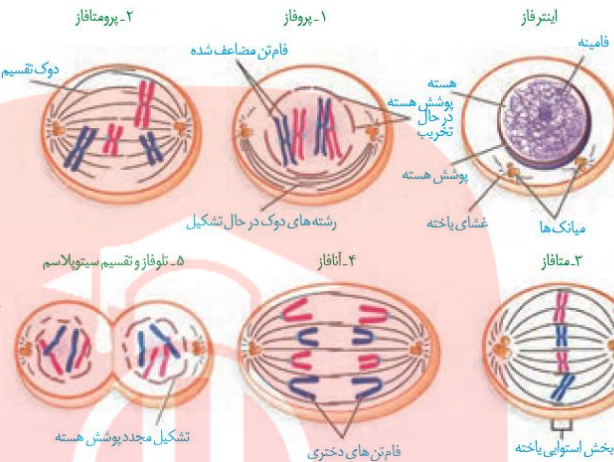
* در یاخته های **جانوری**، میانک ها (سانتریول ها) ساخته شدن رشته های دوک را سازمان می دهند.

با اتصال این صفحه به دیواره یاخته مادری، دو یاخته جدید از هم جدا می شوند.

* ساختارهایی مانند **لان و پلاسمودسم**، در هنگام تشکیل دیواره جدید پایه گذاری می شوند



تقسیم سیتوپلاسم در یاخته گیاهی



نکته: رشته های دوک در پروفاز شروع به تشکیل می کنند

اما در پرومتافاز به سانترومر متصل می شوند.

البته فقط برخی از رشته های دوک به سانترومر متصل

می شوند نه همه ی آنها! (به هر سانترومر دو رشته دوک)

نکته: برخی رشته های دوک تا اواسط سلول امتداد می یابند

نکته: در مرحله آنافاز، تعداد فام تن ها (نه مولکول های دنا!) دو برابر می شود.

همچنین در مرحله S اینترفاز، تعداد

فام تن ها ثابت مانده و تعداد مولکول های دنا دو برابر می شود

نکته: در مرحله آنافاز، یاخته کشیده می شود

دقت کنید در هیچ یک از مراحل رشتمان، تعداد کروموزوم ها کاهش نمی یابد (برعکس کاستمان) اما می توان گفت که در

مرحله تلوفاز، تعداد کروموزوم ها نسبت به مرحله قبل کاهش میابد (در مرحله قبلی، ۹۲ تا کروموزوم داخل یک سلول داشتیم

ولی در گلوفاژ، داخل هر سلول جدید ۴۶ تا داریم)

* پس از رشتمان، اجزای یاخته بین دو سیتوپلاسم تقسیم می شوند. با تقسیم سیتوپلاسم، دو یاخته جدید تشکیل می شود.

- تقسیم سیتوپلاسم در یاخته های جانوری:

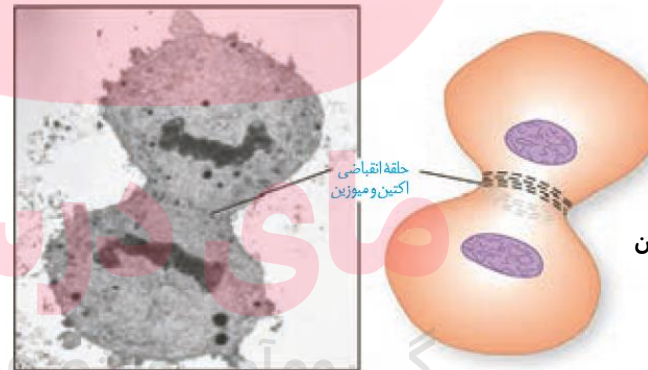
تقسیم سیتوپلاسم با ایجاد فرورفتگی در وسط آن

شروع می شود. این فرورفتگی حاصل انقباض حلقه ای

از جنس **اکتین و میوزین** است که مانند کمربندی در

سیتوپلاسم قرار می گیرد و به غشا متصل است. با تنگ شدن

این حلقه انقباضی، در نهایت دو یاخته از هم جدا می شوند



نکته: گاهی اوقات، تقسیم هایی مشاهده می شود که یاخته های حاصل، هم اندازه نیستند. در این گونه تقسیم ها،

فرورفتگی در وسط غشا ایجاد نمی شود. بلکه فرورفتگی، نزدیک به یاخته ای خواهد بود که کوچک تر است.

- تقسیم سیتوپلاسم در یاخته های گیاهی: در این یاخته ها حلقه انقباضی تشکیل نمی شود. ابتدا صفحه یاخته ای در محل

تشکیل دیواره جدید، ایجاد می شود. صفحه یاخته ای حاصل تجمع و به هم پیوستن ریزکیسه های دستگاه گلژی است. این

ریزکیسه ها، دارای پیش سازهای تیغه میانی و دیواره یاخته اند.

نکته: ریزکیسه ها به کمک رشته های دوک (بدون نیاز به میانک!!) به جایگاه میانه

صفحه یاخته ای می رسند

دقت کنید تیغه میانی اولین لایه ای است که بین دو یاخته گیاهی تشکیل می شود و هر دو

یاخته مجاور در تشکیل آن دخالت دارند. سپس لایه (های) دیواره های بعدی توسط دستگاه

گلژی خاص همان سمت تشکیل می شود

* برخی یاخته های بدن جانداران می توانند دائما تقسیم شوند (مانند یاخته های بنیادی مغز

استخوان و یاخته های سرلادی گیاهان). برخی یاخته ها نیز به ندرت تقسیم می شوند (مانند

یاخته های عصبی)

* یاخته ها در پاسخ به بعضی عوامل محیطی و مواد شیمیایی، سرعت تقسیم خود را

تنظیم می کنند. انواعی از پروتئین وجود دارند که باعث تقسیم یاخته می شوند. انواعی

پروتئین نیز وجود دارند که مانع از تقسیم یاخته می شوند.

* در چرخه یاخته ای، چند نقطه واریسی وجود دارد. نقاط واریسی مراحل از چرخه ی

یاخته اند که به آن اطمینان می دهند که مرحله قبل کامل شده است و عوامل لازم برای

مرحله بعد آماده اند.

نکته: باکتری ها فاقد تقسیم های رشتمان و کاستمان هستند و همچنین نقاط واریسی و چرخه

یاخته ای نیز ندارند

* روش های متعددی برای تشخیص و درمان سرطان ها وجود دارد .

در روش **بافت برداری** ، تمام یا بخشی از بافت سرطانی یا مشکوک به سرطان برداشته

می شود . آزمایش خون به این شناسایی کمک می کند

روش های رایج درمان سرطان :

- جراحی

- **شیمی درمانی** : با استفاده از داروها باعث سرکوب تقسیم یاخته ها در همه ی بدن

می شود .

- **پرتو درمانی** : یاخته هایی که به سرعت تقسیم می شوند ، **به طور مستقیم** تحت تأثیر

پرتوهای قوی قرار می گیرند

* **شیمی درمانی** می تواند به یاخته های **مغز استخوان** ، **پیاز مو** و **پوشش دستگاه گوارش** نیز

آسیب برساند . مرگ این یاخته ها از عوارض جانبی شیمی درمانی است که باعث **ریزش مو** ،

تهوع و **خستگی** می شود (گاهی حتی فرد مجبور به پیوند مغز استخوان می شود !)

* **وراثت و محیط** ، هر دو در ایجاد سرطان نقش دارند

* **ژن های زیادی** در بروز سرطان مؤثرند . علت شیوع بیشتر بعضی سرطان ها (ایچ پو) رو

کتاب یکم مهم گفته . منظورش زیاد بودن شیوع بعضی سرطان ها است) در بعضی جوامع ،

همین مسئله است .

* **عوامل محیطی** هم در بروز سرطان مؤثرند . پرتوهای فرابنفش ، بعضی آلاینده های

محیطی و دود خودروها به ساختار دنا آسیب می زنند . سایر پرتوها و مواد شیمیایی

سرطان زا ، مواد غذایی دودی شده مثل گوشت و ماهی دودی ، بعضی ویروس ها ، قرص های

ضد بارداری ، نوشیدنی های الکلی و دخانیات از عوامل مهم سرطان زایی اند

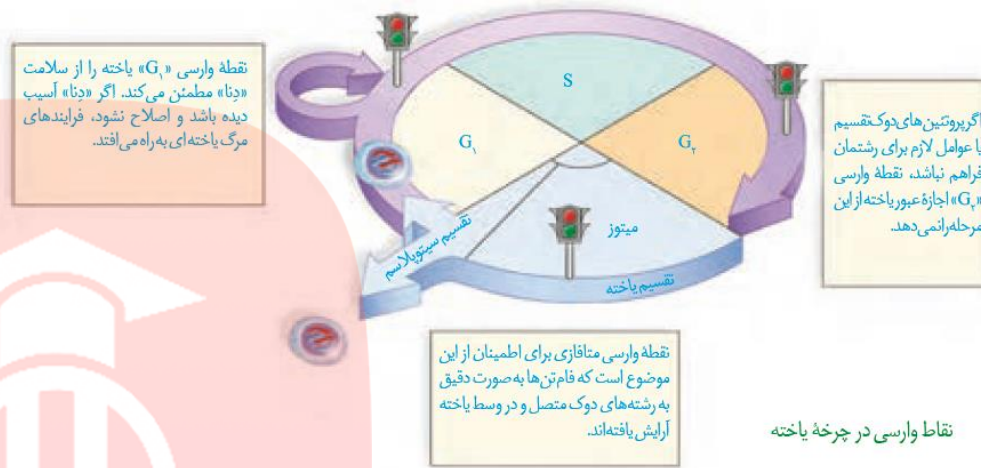
* **مرگ یاخته ها** می تواند تصادفی باشد (مثلا در بریدگی) . به این حالت **بافت مردگی**

(نکروز) می گویند .

* **برای وقوع مرگ برنامه ریزی شده** ، در چند ثانیه پروتئین های تخریب کننده در یاخته

شروع به تجزیه اجزای یاخته و مرگ آن می کنند . **مثال** های مرگ برنامه ریزی شده :

۱- **حذف یاخته های پیر یا آسیب دیده** ، مانند آنچه در آفتاب سوختگی اتفاق می افتد



* یاخته ها با تقسیم ، افزایش و با مرگ ، کاهش می یابند . اگر تعادل بین تقسیم یاخته و مرگ یاخته ها به هم بخورد ، نتیجه

می تواند **قطعاً نیست** ! ایجاد یک تومور باشد . تومور، توده ای است که در اثر تقسیمات تنظیم نشده ایجاد می شود

- **تومور خوش خیم** : رشد کمی دارد - یاخته های آن در جای خود می مانند - **معمولاً** آنقدر بزرگ نمی شود که به بافت

های مجاور خود آسیب بزند - **لیپوما** یک تومور خوش خیم است که در افراد بالغ متداول است (در این تومور ، یاخته های

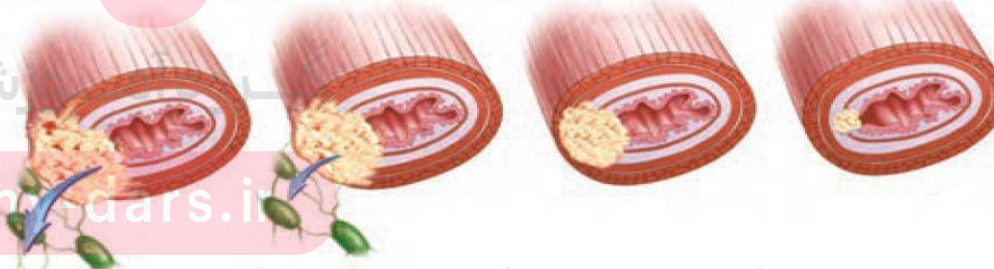
چربی تکثیر شده و توده یاخته ایجاد می کنند)

- **تومور بد خیم (سرطان)** : به بافت های مجاور حمله می کند - توانایی **دگر نشینی (متاستاز)** دارد ؛ یعنی می تواند یاخته

هایی از آن جدا شده و همراه با جریان خون ، یا به ویژه لنف به نواحی دیگر بدن بروند ، در آنجا مستقر شوند و رشد کنند .

علت اصلی سرطان ، بعضی تغییرات در ماده ژنتیکی یاخته است که باعث می شود چرخه یاخته از کنترل خارج شود

ملانوما : نوعی تومور بد خیم یاخته های رنگدانه دار پوست



۱- یاخته سرطانی شروع به مهاجم به یاخته های بافت می کند.

۲- یاخته های سرطانی در بافت ها گسترش می یابند، ولی هنوز به دستگاه لنفی مجاور راه پیدا نکرده اند.

۳- یاخته های سرطانی به بخش های لنفی مجاور محل تکثیر خود، دسترسی پیدا می کنند.

۴- یاخته های سرطانی از راه لنف به بافت های دورتر می روند و پس از استقرار موجب سرطانی شدن آنها می شوند.

۲- حذف یاخته های اضافی از بخش های عملکردی. مانند پرده های بین انگشتان پا در برخی پرندگان

* در تولیدمثل جنسی، دو یاخته جنسی (گامت) با هم ترکیب و هسته های آن ها با هم ادغام می شوند. یاخته های موثر در

تولید مثل جنسی، با نوعی تقسیم کاهشی به نام **کاستمان** ایجاد می شوند

* کاستمان از دو مرحله کلی کاستمان ۱ و ۲ تشکیل شده است؛ پس از تقسیم هسته نیز تقسیم سیتوپلاسم انجام می شود

* **کاستمان ۲**: در این مرحله یاخته های حاصل از کاستمان ۱، مراحل پروفاز ۲، متافاز ۲،

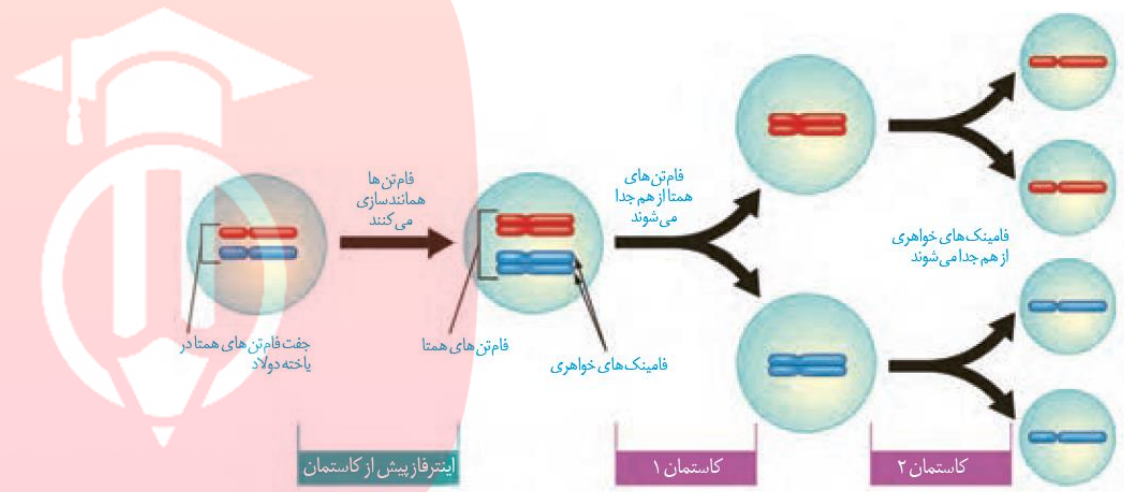
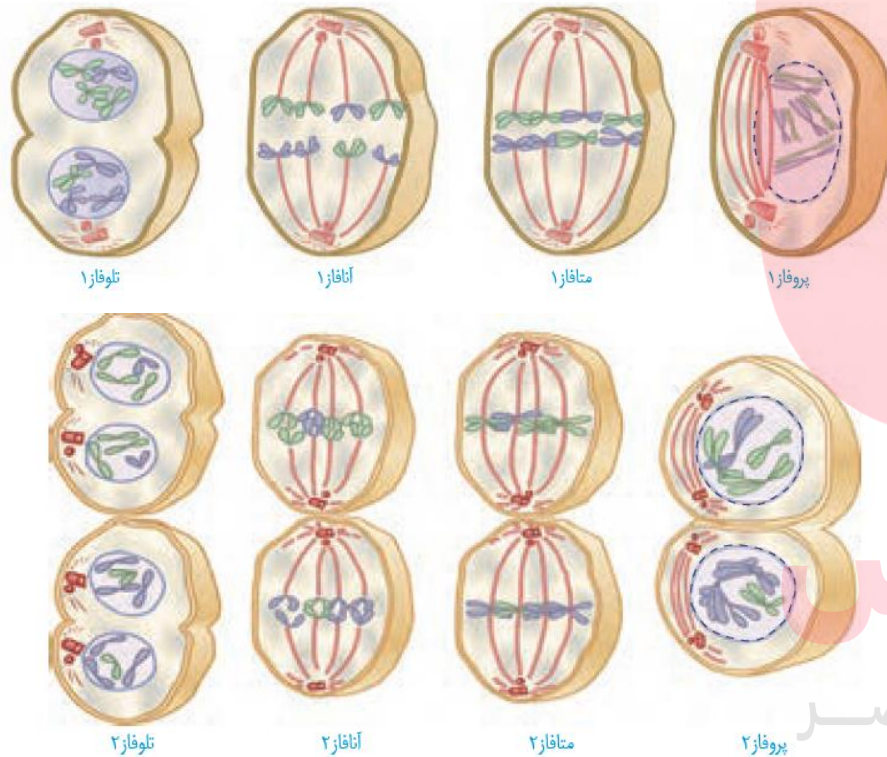
آنافاز ۲ و تلوفاز ۲ را می گذرانند.

* وقایع کاستمان ۲ بسیار شبیه رشتمان است و در پایان آن، از هر یاخته دو یاخته شبیه هم

ایجاد می شود که نصف فام تن های یاخته های مادر را دارند. **این فام تن ها مضاعف نیستند.**

* در پایان کاستمان ۲، تقسیم سیتوپلاسم انجام می شود. در مجموع و با پایان تقسیم

کاستمان، از یک یاخته $2n$ ، چهار یاخته n فام تنی حاصل می شود (انسان مد نظر است)



ویژگی ها	مراحل کاستمان ۱
فام تن های همتا فشرده شده و از طول در کنار هم قرار می گیرند - چهارتایه (تتراد) تشکیل می شود - رشته های دوک به سانترومر های چهارتایه متصل می شوند	پروفاز ۱
چهارتایه ها در استوای یاخته، روی رشته های دوک قرار می گیرند	متافاز ۱
فام تن های همتا (نه فامینک ها!!) از هم جدا شده و به سمت قطبین یاخته حرکت می کنند	آنافاز ۱
با رسیدن فام تن ها به دو سوی یاخته، پوشش هسته دوباره تشکیل می شود	تلوفاز ۱

نکته: در تلوفاز ۲، تعداد مولکول های دنا در هر هسته برابر با یاخته ی اولیه (قبل از

مرحله S. یعنی قبل از همانندسازی) است اما عدد کروموزومی آن نصف یاخته ی اولیه است

* **معمولا** در پایان کاستمان ۱، تقسیم سیتوپلاسم انجام می شود. نتیجه ی کاستمان ۱ ایجاد دو یاخته است

نکته: در آنافاز ۱، عدد کروموزومی برخلاف آنافاز ۲ و آنافاز رشتمان، تغییری نمی کند!

نکته: در مرحله متافاز ۱، ترکیب گامت ها مشخص می شود

نکته: در مراحل میوز ۱، به هر سانترومر فقط یک دوک تقسیم متصل است

نکته مهم: در همه‌ی تلوفاژها اعم از تلوفاژ رشتمان و همچنین تلوفاژ ۱ و ۲ کاستمان، عدد فام تنی هر هسته نسبت به یاخته مرحله قبل (آنافاز) کاهش می‌یابد (این نکته رو خوب به خاطر داشته باشید و به علتش فکر کنید تا کل تغییرات عدد فام تنی در مراحل تقسیم، پاهاش مرور شه پراتون ☺)

نکته: تنها در تلوفاژ ۱ کاستمان، عدد کروموزومی نسبت به یاخته ی اولیه کاهش می‌یابد نه سایر تلوفاژها!

دقت کنید: تقسیم رشتمان در ایجاد نسل بعد سلول دخالت داره (کاستمان، در ایجاد نسل بعد جاندار). همچنین در جاندارانی با تولید مثل غیرجنسی نیز یاخته‌های حاصل از تقسیم رشتمان می‌تواند در ایجاد نسل بعدی جاندار دخالت داشته باشند *

گرچه تقسیم یاخته ای با دقت زیاد انجام می‌شود، ولی به ندرت ممکن است اشتباهاتی در روند تقسیم رخ دهد. اشتباه در تقسیم، می‌تواند هم در رشتمان و هم در کاستمان رخ دهد. ولی این اشتباه، در کاستمان با اهمیت تر است؛ زیرا یاخته‌های حاصل از کاستمان، مستقیماً نسل بعدی جاندار را ایجاد می‌کنند.

- چند لادی (پلی پلوئیدی) شدن: اگر در مرحله **آنافاز** همه فام تن‌ها

بدون اینکه از هم جدا شوند به یک یاخته بروند، آن یاخته دو برابر

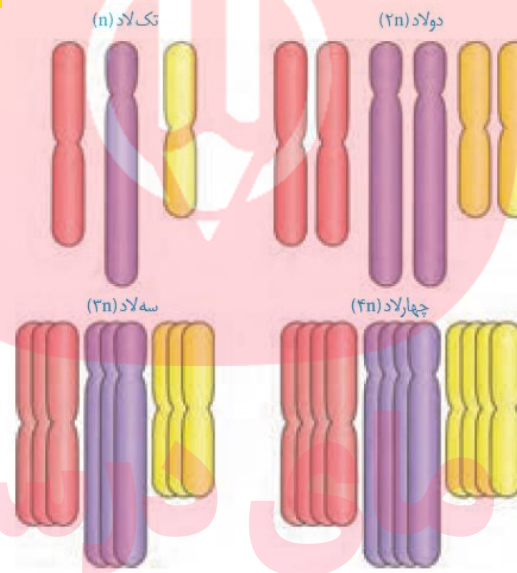
فام تن خواهد داشت و یاخته دیگر فاقد فام تن خواهد بود.

در آزمایشگاه می‌توان با تخریب رشته‌های دوک تقسیم، این وضعیت

را ایجاد کرد (این قسمت می‌تونه بعنوان صورت سوال مطرح بشه)

* به یاخته یا جاندار که یاخته‌های آن بیش از دو مجموعه فام تن

داشته باشند، **چندلاد** گفته می‌شود؛ مثلاً گندم زراعی 6n و موز 3n است



- با هم ماندن فام تن‌ها: در این حالت، یک یا چند فام تن در مرحله **آنافاز** (رشتمان و کاستمان) از هم جدا نمی‌شوند.

بنابراین در یاخته‌های حاصل، کاهش یا افزایش **یک یا چند فام تن** (اما در چند لادی شدن، همه‌ی فام تن‌ها مطرح بودند)

مشاهده می‌شود. نمونه این حالت، نشانگان داون است. افراد مبتلا به داون، در یاخته‌های پیکری خود ۴۷ فام تن دارند.

فام تن اضافی مربوط به **شماره ۲۱** است؛ یعنی یاخته‌های پیکری این افراد **۳ فام تن شماره ۲۱** دارند (البته نه همه‌ی

یاخته‌ها! **کلبول‌های قرمز و ماهیچه اسلکتی رو یادتون میاد؟**). علت بروز این حالت آن است که یکی از یاخته‌های جنسی

ایجادکننده‌ی فرد، به جای یک فام تن شماره ۲۱، دارای دو فام تن ۲۱ بوده است.

* بالابودن سن مادران در هنگام بارداری از عوامل مهم بروز این بیماری است؛ زیرا با

افزایش سن مادر احتمال خطای کاستمانی در تشکیل یاخته‌های جنسی وی بیشتر می‌شود.

عوامل محیطی نیز می‌توانند موجب اختلال در تقسیم کاستمان شوند. **دخانیات، الکل،**

مجاورت با پرتوهای مضر و آلودگی‌ها نیز می‌توانند در روند جدا شدن فام تن‌ها در

هر دو جنس، اختلال ایجاد کنند.

نکته: در صورت خطا در کاستمان ۱، هیچ کدام از گامت‌ها طبیعی نخواهند بود

نکته: در صورت خطا در کاستمان ۲، دو گامت غیر طبیعی و دو گامت طبیعی حاصل می‌شود

(البته در صورتی که در انتهای کاستمان جاندار، ۴ گامت حاصل شود)

با تشکر فراوان از دکتر نوید درویش پور بابت همکاری در انجام این پروژه

instagram : Dr_DVP