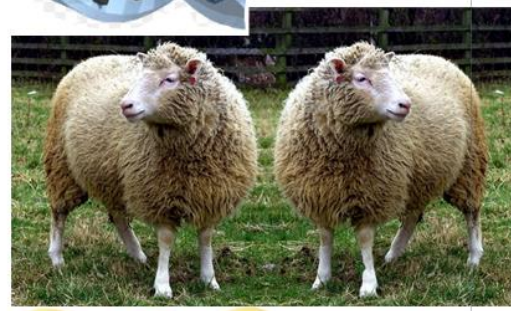
همانند سازی
تاریخچه و
پرسش و پاسخ



ترجمه
دکتر محمدحسن هدایتی اُمامی
آبان ۱۳۹۶

همانند سازی

تاریخچه

و

پرسش و پاسخ

ترجمه

دکتر محمد حسن هدایتی امامی

آبان ۱۳۹۶

همانندسازی

تاریخچه

چیزی که در میانه جار وجنجال ها در باره همانندسازی گم شده، این است که همانندسازی اصلا چیز تازه ای نیست. داستان علمی پربار آن سابقه ای بیش از ۱۰۰ سال دارد. با ارائه نمونه های برجسته زیر، شما را به گشت و گذاری در زمان دعوت می کنم . در این سفر به تاریخچه همانندسازی پی می برید.

۱۸۸۵- اولین نمایش دوقلوسازی مصنوعی جنین

خارپشت دریائی *Sea urchin*

Hans Adolf Edward Driesch

آلمانی

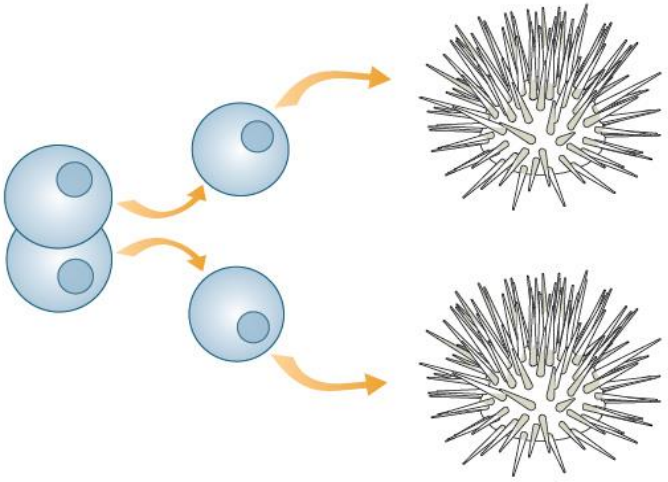
متولد ۲۸ اکتبر ۱۸۶۷

وفات در ۷۳ سالگی

در ۱۷ آوریل ۱۹۴۱

خارپشت دریائی موجودی است نسبتا ساده و برای مطالعه رشد و نمو موجودات، جانور مناسبی است. دریش متوجه شد که تنها با تکان دادن جنینِ دو یاخته ای خارپشت دریائی، می توان آن دو یاخته را از هم جدا کرد. پس از این جدائی، هر یاخته به رشد خود ادامه می دهد و به یک خارپشت دریائی کامل تبدیل می شود.

این آزمایش نشان داد که هر یاخته در مراحل اولیه جنینی، دارای مجموعهٔ کامل دستورات ژنتیکی است و به تنهائی می تواند رشد کند و به موجودی کامل تبدیل شود.



۱۹۰۲- تقسیم جنین دو یاخته ای یک مهره دار

سمندر *Salamander*

Hans Spemann

آلمانی

متولد ۲۷ ژون ۱۸۶۹

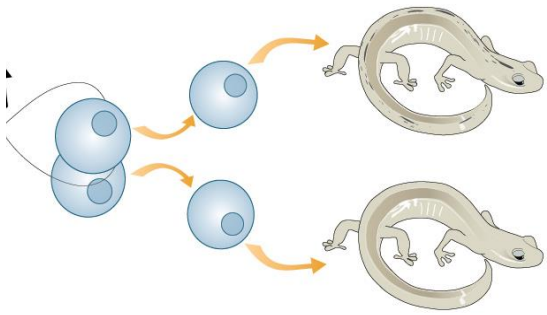
برنده جایزه نوبل در پزشکی در ۱۹۳۵

وفات در ۷۲ سالگی

در ۹ سپتامبر ۱۹۴۱

اولین دشواری کار اسپمن آن بود که راهی پیدا بکند دویاخته جنین سمندر را که محکم تر از دویاخته خارپشت دریائی، به هم چسبیده بودند، از هم جدا کند. برای این کار او یک تار موی نوزاد را انتخاب کرد، آن را حلقه کرد به وسط دویاخته به هم چسبیده جنین دو یاخته ای سمندر بست و با احتیاط بسیار، گره را محکم کرد و بدون آسیب رساندن به یاخته ها، آن ها را از هم جداکرد. هر یک از آن دو یاخته، به سمندری بالغِ کامل و سالم تبدیل شدند. اسپمن تلاش کرد همین کار را با جنین های پیشرفته تر سمندر انجام دهد، لیکن دریافت یاخته های این جنین های تکامل یافته تر سمندر، توانائی تبدیل شدن به سمندر بالغ را ندارند.

این آزمایش نشان داد که از جنین جانوران پیچیده تر نیز می توان "دوقلو" ساخت و چند جانور یکسان تولید نمود؛ ولی البته تنها تا مرحله معینی از نمو جنین.



۱۹۲۸- هسته یاخته، رشد و نمو جنین را زیر کنترل خود دارد.

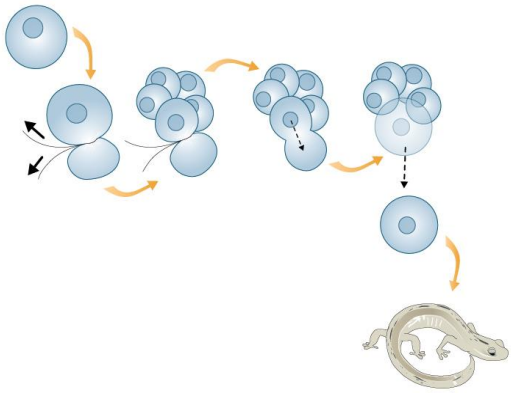
سمندر *Salamander*

Hans Spemann

آلمانی
متولد ۲۷ ژون ۱۸۶۹
برنده جایزه نوبل در پزشکی در ۱۹۳۵
وفات در ۷۲ سالگی
در ۹ سپتامبر ۱۹۴۱

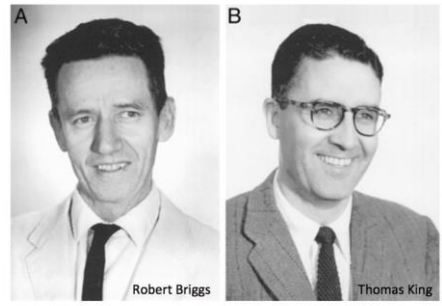
اسپمن این بار هم از یک تار موی نوزاد استفاده کرد. تخم بارورشده سمندر را انتخاب کرد. حلقه را به دور آن بست و گره را با احتیاط محکم کرد تا هسته به یک طرف سیتوپلاسم برود. تخم سمندر به دو یاخته تقسیم شد؛ یکی دارای هسته و یکی بدون هسته. پس از چهار بار تقسیم، و تولید ۱۶ یاخته، اسپمن گره را شل کرد و فرصت داد تا هسته از یکی از یاخته ها به داخل بخشی از تخم که تقسیم نمی شد، برگردد. وی از آن گره مو استفاده کرد تا این یاخته "تازه" را از بقیه جنین جدا کند. همین یاخته همانند بقیه یاخته های جدامانده، به جنین سمندر تازه ای تبدیل شد.

این آزمایش که اولین مورد از انتقال هسته است، نشان داد هسته یاخته متعلق به جنینی ابتدائی، رشد کامل یک سمندر را رهبری می کند و جانشین خوب و باکفایتی از هسته یک تخم بارور است.



۱۹۵۲ – اولین انتقال پیروزمندانه هسته

قورباغه *Frog (Rana pipiens)*



Robert Briggs

آمریکائی

تولد ۱۰ دسامبر ۱۹۱۱

وفات ۴ مارس ۱۹۸۳

Thomas King

آمریکائی

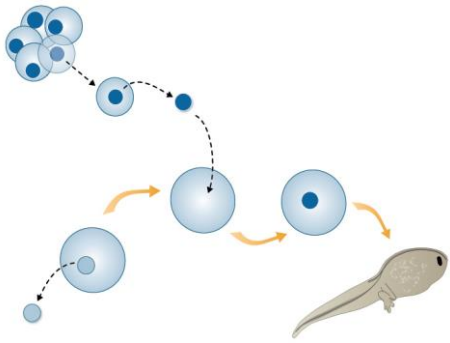
متولد ۴ ژون ۱۹۲۱

وفات ۲۵ اکتبر ۲۰۰۰

بریگز و کینگ روی جنین قورباغه کار کردند. اول هسته یک تخم قورباغه را بیرون آوردند. سپس هسته ای از جنینِ مراحل اولیه قورباغه را به درون آن تخم بدون هسته منتقل کردند. یاخته حاصله نمو پیدا کرد و به نوزاد دم دار قورباغه تبدیل شد.

این دانشمندان با استفاده از جنین هائی در مراحل اولیه، تعداد زیادی نوزاد دمدار قورباغه را همانند سازی کردند. این دانشمندان هم مثل اسپمن در آزمایش با سمندر، هنگام استفاده از یاخته های مراحل پیشرفته جنین قورباغه، کمتر موفق بودند و چند نوزاد دمداری که با آن تولید کردند، نمو ناهنجاری داشتند.

نکته بسیار مهم این آزمایش آن بود که معلوم شد انتقال هسته، تکنیک همانندسازی کارآمدی است. دو آزمایش قبلی را هم تائید کرد. اول آن که هسته رشد ونمو یاخته ، و سرانجام تبدیل آن به موجودی کامل را رهبری می کند، و دوم آن که یاخته های جنینی وقتی که در مراحل اولیه هستند، بهتر از یاخته های مراحل بعد تر، توانائی همانند سازی دارند.



۱۹۵۸– اولین انتقال پیروزمندانه هسته از یاخته ای تمایز یافته

قورباغه *Frog (Rana pipiens)*

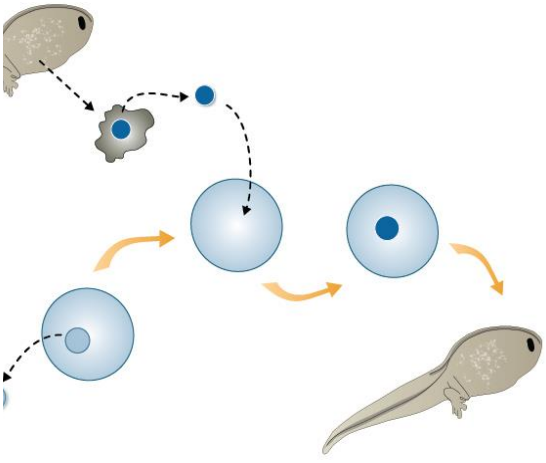
John Gurdon

انگلیسی

تولد ۲ اکتبر ۱۹۳۳

جان گوردون روی نوزاد دمدار قورباغه کار کرد. اول هسته یک تخم قورباغه را بیرون آوردد. سپس هسته ای از یاخته روده نوزاد دمدار قورباغه را به درون آن تخم بدون هسته منتقل کرد. با این کار نوزاد دمدار قورباغه ای ساخت که از نظر ژنتیکی با آن نوزاد دمدار قورباغه ای که هسته را از آن برداشته بودند، یکسان بود.

این آزمایش نشان داد که علی رغم ناکامی های قبلی، از هسته یاخته سوماتیک جانوری بالغ هم می توان برای همانندسازی استفاده کرد. نکته مهم دیگری را هم نشان داد؛ نشان داد که یاخته ها با وجود تقسیم های مکرر و تمایز یافتن به بافت های گوناگون، همچنان تمام ماده ژنتیکی خود را نگه می دارند.



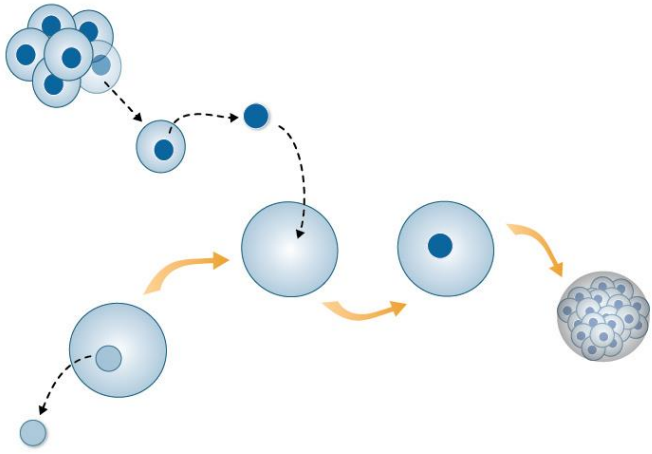
۱۹۷۵- ساختن اولین جنین یک پستاندار از راه انتقال هسته

خرگوش *Rabbit*

؟	*J Derek Bromhall*

تخم پستانداران بسیار کوچک تر از تخم قورباغه یا سمندر است، لذا کار کردن با آن ها دشوارتر است. اول هسته تخم خرگوش را بیرون کشیدند. سپس با پیپت شیشه ای نی مانند بسیار ظریف، بروم هال هسته یک یاخته جنینی خرگوش را به درون آن تخم بدون هسته انتقال داد. این کار او موفقیت آمیز بود، زیرا چند روز بعد مشاهده کرد مرولا یا جنینی پیشرفته تر تشکیل شده است.

این آزمایش نشان داد که با انتقال هسته می توان در پستانداران جنین ساخت. برای آن که معلوم شود این جنین ها قادر به ادامه رشد و نمو هستند، بروم هال می بایست آن ها را در درون زهدان خرگوش قرار می داد، لیکن او هیچوقت این آزمایش را انجام نداد.



۱۹۸۴ – ساختن اولین پستاندار از راه انتقال هسته

گوسفند *Sheep*

Steen Malte Willadsen

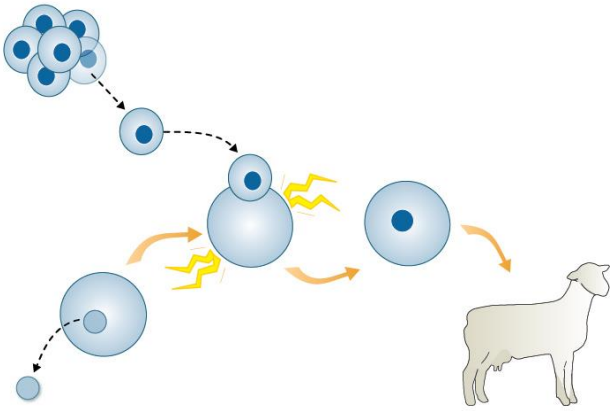
دانمارکی

متولد ۱۹۴۳

ویلادسن برای جداکردن یاخته از جنین هشت یاخته ای گوسفند، از فرایندی شیمیائی استفاده کرد. سپس با شوک الکتریکی کوچکی آن را به تخمی بدون هسته متصل کرد. خوشبختانه یاخته تازه، شروع کرد به تقسیم.

دراین زمان روش های باروری این ویترو، خوب توسعه یافته بود و زوج های فراوانی با این روش بارور و صاحب فرزند شده بودند. ویلادسن چند روز بعد این جنین ها را در زهدان گوسفندی آماده قرار داد. مدتی بعد، سه بره متولد شد.

این آزمایش نشان داد که با انتقال هسته، می توان یک پستاندار را همانند سازی کرد و پستانداری کامل ساخت. گرچه هسته را از مراحل اولیه جنین گرفته بودند، ولی این خود دستاوردی بزرگ بود.



۱۹۸۷- انتقال هسته از یاخته جنینی

گاو *Cow*

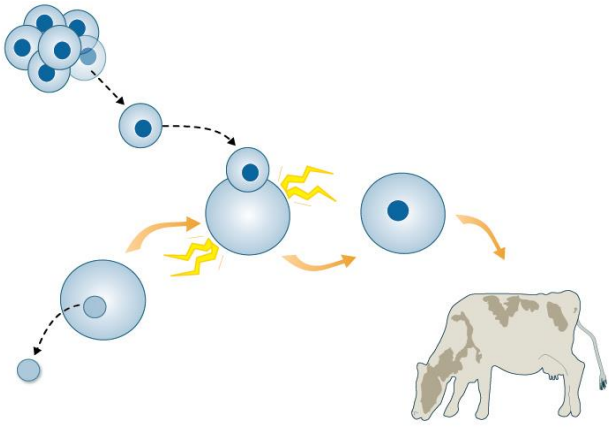
Neal First

Randal Prather

Willard Eyestone

با استفاده از روشی بسیار شبیه روش ویلادسن روی گوسفند، این سه دانشمند، در گاو همانندسازی کردند. اسم گوساله ها را گذاشتند: Fusion و Copy .

این آزمایش گاو را هم به فهرست جانورانی که می توان با انتقال هسته، آن ها را همانند سازی اضافه کرد. تا این زمان تنها امکان موجود، گرفتن هسته از یاخته های جنینی بود. هنوز فکر نمی کردند که برای انتقال هسته می توان آن را از یاخته های سومانیک بالغ هم گرفت.



۱۹۹۶- اولین پستانداری که با انتقال هسته از یاخته سوماتیک ساخته شد.

گوسفند *Sheep*

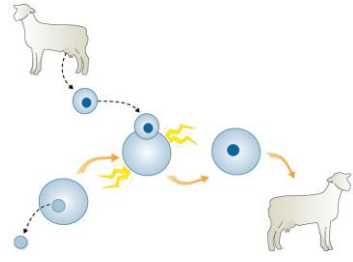
Ian Wilmut

Keith Campbell

ویلموت و کامپل در این آزمایش تاریخی، با انتقال هسته از یاخته سوماتیک پستان گوسفندی بالغ به درون تخم بدون هسته، گوسفندی ساختند. برای اولین بار بود که با هسته یاخته بالغ سوماتیک، همانندسازی انجام شد. اهمیت ویژه آن چه بود؟

هسته همه یاخته ها، حاوی مجموعه کاملی از تمام ماده ژنتیکی است. یاخته ها وقتی از مرحله جنینی عبور می کنند و تمایز می یابند، دستخوش تغییرات اساسی می شوند. یاخته های تمایز یافته، آن ژن هائی را که برای وظیفه های اختصاصی خود نیاز ندارند، خاموش می کنند. هنگامی که از یاخته های تمایزیافته بالغ برای انتقال هسته استفاده می شود، اول باید اطلاعات ژنتیکی آن ها را به حالت جنینی برگرداند. اغلب، کار برگرداندن اطلاعات خوب پیش نمی رود و جنین های حاصله، رشد و نمو خوبی ندارند.

از ۲۷۷ تلاشی که در این مورد انجام گرفت، تنها یک جنین توانست در زهدان گوسفندی آماده، رشد ونمو خود را طی کند و به بره ای تبدیل شود. نام این بره را DOLLY گذاشتند. این گوسفند مشهور شد و همراه با نام خود، همانندسازی را هم سرزبان ها انداخت و بحث و مجادله در باره خوب و بد آن به رسانه ها کشیده شد. کاربردها و گرفتاری های همانندسازی مورد بحث عمومی قرار گرفت و در باره پژوهش در باره یاخته های پایه و همانندسازی انسان بحث های موافق و مخالف در گرفت.



۱۹۹۷- اولین نخستی که با انتقال هسته از یاخته جنینی ساخته شد.

Rhesus monkey

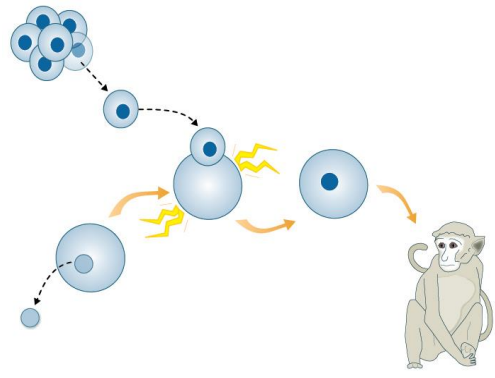
Li Meng *John Ely* *Richard Stouffer* *Don Wolf*	

نخستی ها نمونه خوبی برای پژوهش در باره بیماری های انسان هستند. همانندسازی نخستی ها، گوناگونی ژنتیکی آن ها را به کنار می نهد، لذا برای پژوهش، نمونه های کمتری لازم می شود.

دانشمندان تیم ولف، به دنبال آزمایش های قبلی، یاخته جنینی را با شوک الکتریکی کوچکی به تخم بدون یاخته میمون متصل کردند، و هسته براحتی وارد یاخته شد. سپس جنین حاصله را در درون زهدان میمونی آماده قرار دادند.

از ۲۹ مورد جنین همانند سازی شده، دو میمون متولد شد. یکی ماده بود و دیگری نر. نام میمون ماده را Neti و نام میمون نر را Ditto گذاشتند.

این آزمایش نشان داد که از نخستی ها، که نزدیک ترین خویشاوندان انسان هستند، می توان همانندسازی کرد.



۱۹۹۷ – انتقال هسته از یاخته آزمایشگاهی دارای دستکاری ژنتیکی

گوسفند *Sheep*

Angelika Schnieke

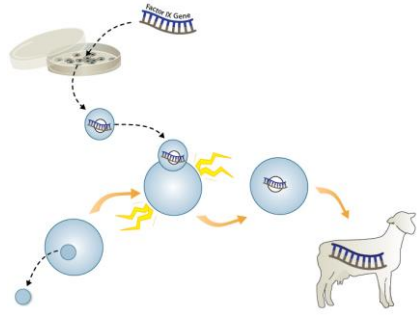
Keith Campell

Ian Wilmut

این آزمایش آمیزه ای هیجان انگیز از یافته های کارهای قبلی است. کامپل و ویلموت تا این زمان با استفاده از هسته یاخته ای آزمایشگاهی، همانند سازی کرده بودند. در این آزمایش، پژوهشگران ژن فاکتور نه (Factor IX) انسان را وارد ژنوم یاخته های پوست گوسفند کردند؛ این یاخته های پوست گوسفند را در ظرف آزمایشگاهی پرورش داده بودند. ژن فاکتور نه، رمزی در خود دارد که دستور ساختن پروتئینی مهم در کار انعقاد خون را می دهد و برای درمان بیماری هموفیلی استفاده می شود. هموفیلی یکی از بیماری های ژنتیکی اختلال درانعقاد خون است.

برای ساختن گوسفندی ترانسژنیک، پژوهشگران از یاخته ترانسژنیک دست ساخت خودشان استفاده و هسته آن را منتقل کردند. نتیجه گوسفندی شد به نام POLLY، که در شیر خود فاکتور نه تولید می کند.

این آزمایش نشان داد که با دست کاری ژنوم گوسفند می توان او را آماده تولید شیری کرد که دارای پروتئین های درمانی و سایر پروتئین های مفید است. همچنین توان بالقوه همانندسازی را برای مصارف طبی و تجاری نمایان کرد.

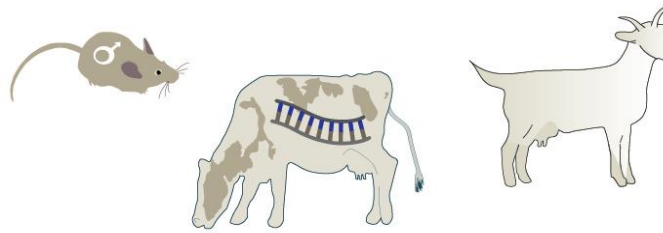


۱۹۹۸ – ۱۹۹۹ ساخت چندین پستاندار دیگر از راه انتقال هسته یاخته سوماتیک

موش، گاو، و بز *Mice, Cows, Goats*

	چندین گروه از پژوهشگران

پس از موفقیت هائی که به ساخت DOLLY و POLLY منتهی شد، دانشمندان دیگر خواستند با استفاده از روش هائی مشابه، انواع دیگر پستانداران را همانند سازی کنند. خیلی زود چندین پستاندار دیگر را همانند سازی کردند. در بین این حیوانات ترانسژنیک، همانند هائی ساخته شده از یاخته های جنینی و یاخته های فرد بالغ هم بودند. یک موش نر هم همانند سازی شد؛ همانند های قبلی، همه ماده بودند.



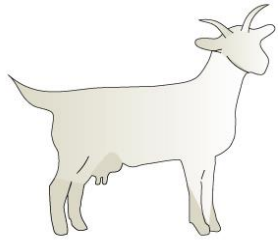
۲۰۰۱- همانند سازی حیوانات در معرض انقراض با انتقال یاخته سوماتیک

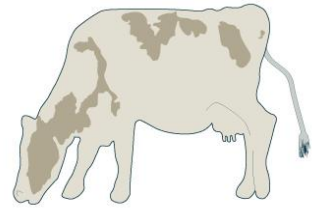
گاومیش هندی، قوچ کوهی *Gaur, Mouflon*

	چندین گروه از پژوهشگران

با درازتر شدن فهرست همانند سازی های موفقیت آمیز حیوانات، دانشمندان به فکر افتادند تا حیوانات در معرض انقراض یا منقرض شده را همانند سازی کنند. مشکل درمورد انواع در معرض انقراض و منقرض شده ، یافتن حیواناتی بسیار نزدیک به آن ها هست تا به عنوان دهنده تخم و زهدان "پذیرا"، به کار آیند. گاومیش هندی و قوچ کوهی انتخاب شدند، تا اندازه زیادی به این خاطر که گاو وگوسفند اهلی از بستگان نزدیک آن ها هستند.

در ۲۰۰۹ گروهی دیگر از پژوهشگران با استفاده از تخم و زهدان بز ، اولین حیوان منقرض شده، بزکوهی اسپانیائی ، معروف به Bucardo را همانند سازی کردند . متاسفانه تنها بزغاله ای که متولد شد، اندکی پس از تولد در اثر نقص ریوی ازبین رفت.





۲۰۰۷- با انتقال هسته از یاخته سوماتیک، یاخته پایه جنینی نخستی ها را ساختند.

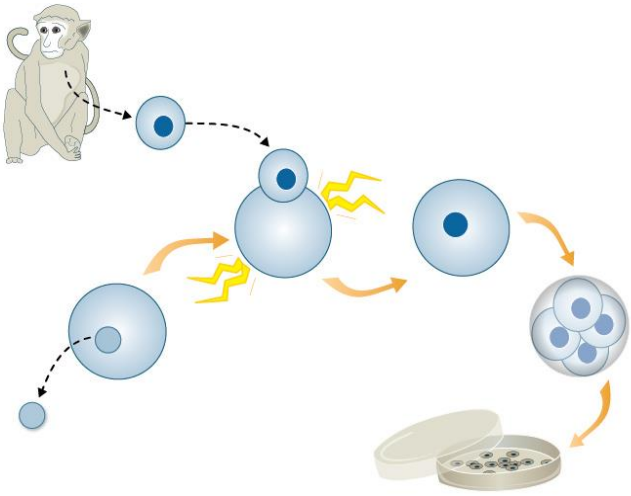
Rhesus monkey

Shoukhrat Mitalipov

و همکاران

دانشمندان یاخته ای از میمون بالغ را برداشتند، آن را با یاخته تخم بدون هسته وصل کردند. به جنین حاصله فرصت دادند مدتی به رشد و نمو ادامه بدهد، سپس یاخته های آن را در ظرف آزمایشگاهی پرورش دادند. این یاخته ها را، که می توانند به هرنوع یاخته ای تمایز بیابند، یاخته های پایه جنینی می نامند.

این آزمایش نشان داد که انتقال هسته در نخستی ها هم امکان پذیر است؛ تلاش های قبلی در سال های متمادی ناموفق مانده بود. دریچه ای باز شد برای امکان همانندسازی برای مقاصد درمانی در انسان: ساخت یاخته های پایهٔ ویژه برای استفاده درمانی یا مطالعه بیماری ها.



۲۰۱۳– با انتقال هسته از یاخته سوماتیک، یاخته پایه جنینی انسان را ساختند.

انسان

Shoukhrat Mitalipov

و همکاران

میتالیپوف و همکارانش ، پس از دهه ها تلاش برای کنار زدن دشواری های فنی، اولین گروه دانشمندانی بودند که توانستند با انتقال هسته از یاخته سوماتیک، جنین انسان را بسازند؛ **و این جنین منبعی است از یاخته های پایه جنینی انسان**. این رده یاخته پایه، خاص بیماری هست که هسته اش را از او گرفته بودند؛ کودکی مبتلا به بیماری نادر ژنتیکی.

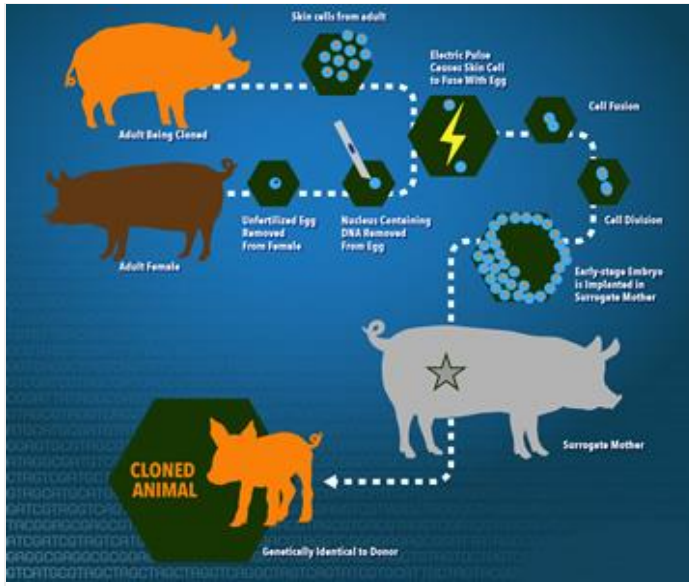
در این آزمایش پژوهشگران یاخته پوست بیمار را برداشتند. آن را با یاخته تخم اهدا شده ای متصل کردند. کلید موفقیت این آزمایش دو دسته تغییربود: یکی در مایع کشت و دیگری در زنجیره پالس های الکتریکی که تخم را وادار به تقسیم می کرد.

در سال های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ در باره همانندسازی اختلاف نظر افتاد. در این سال ها دانشمندان کره جنوبی به دروغ اعلام کردند با استفاده از انتقال هسته یاخته سوماتیک توانسته اند رده های یاخته پایه جنینی بسازند. از آن پس جوامع علمی خواهان آنند که دانشمندانی که چنین موارد موفقی را اعلام می کنند باید شواهد مستحکم تری ارائه بدهند.

The History of Cloning - Learn Genetics - Utah - University of Utah
learn.genetics.utah.edu › Cloning

همانندسازی

پرسش و پاسخ



۱- همانندسازی چیست؟

۲- آیا همانندسازی در طبیعت هم روی می دهد؟

۳- انواع همانندسازی های مصنوعی کدامند؟

۴- چه نوع پژوهش هائی در زمینه همانندسازی در دست انجام است؟

۵- ژن ها را چگونه همانندسازی می کنند؟

۶ – حیوان ها را چگونه همانندسازی میکنند؟

۷- کدام حیوان را تاکنون همانندسازی کرده اند؟

۸- ایا انسان را هم همانندسازی کرده اند؟

۹- آیا حیوان ها همانندسازی شده همیشه یکسان هستند؟

۱۰- کاربردهای بالقوه حیوان ها همانندسازی شده کدامند؟

۱۱- عیب های بالقوه حیوان ها همانندسازی شده کدامند؟

۱۲- همانندسازی درمانی چیست؟

۱۳- کاربردهای بالقوه همانندسازی درمانی کدامند؟

۱۴- عیب های بالقوه همانندسازی درمانی کدامند؟

۱۵- برخی از مسائل اخلاقی مربوط به همانندسازی کدامند؟

۱ - همانندسازی چیست؟

اصطلاح همانند سازی چند فرایند متفاوت را توضیح می دهد که برای تولید نسخه های یکسان از ماده حیاتی یا موجود زنده از آن ها استفاده می شود. ماده یا موجود کپی شده را "همانند" می نامند و همان ساختار ژنتیکی ماده یا موجود اصلی را دارد.

دانشمندان موفق شده اند دامنه وسیعی از مواد زیستی، از جمله، ژن ها، یاخته ها، بافت ها، و حتی موجود زنده مثل گوسفند، را همانندسازی کنند.

۲- آیا همانندسازی در طبیعت هم روی می دهد؟

بله، در طبیعت برخی از گیاهان و موجودات تک یاخته ای ، نظیر باکتری ها با فرایندی به نام تولید مثل غیرجنسی، نسلی می سازند که از نظر ژنتیکی عین خودشان هست. در تولید مثل غیرجنسی، یک یاخته از آن گیاه یا باکتری به باکتری یا گیاهی تازه تبدیل می شود، چیزی شبیه فتوکپی یک صفحه کتاب. همانند های طبیعی، در انسان و پستانداران دیگر هم روی می دهد؛ نتیجه را دوقلو های یکسان می نامند. این دوقلو های یکسان هنگامی پیدا می شوند که تخم بارورشده، دو و گاهی چند پاره می شود؛ هر پاره تبدیل می شود به یک جنین جداگانه و همه این جنین ها حاوی DNA تقریبا یکسانی هستند. نوزادان دوقلو یا چندقلو، دارای ساختار ژنتیکی تقریبا یکسانی هستند، لیکن از نظر ژنتیکی هم با پدر و هم با مادر خود فرق دارند.

۳- انواع همانندسازی های مصنوعی کدامند؟

همانند سازی مصنوعی سه نوع است: همانندسازی ژن، همانند سازی تولید مثل، همانندسازی درمانی. با همانندسازی ژن، نسخه هائی از ژن ها یا قطعاتی از DNA را میسازند. در همانند سازی تولید مثل، نسخه هائی از حیوان کامل را می سازند. در همانندسازی درمانی "یاخته های پایه جنینی" می سازند برای اهداف آزمایشگاهی؛ با پروراندن آن ها می خواهند برای تعویض بافت های آسیب دیده در حوادث و بیماری ها، بافت های مختلف بدن انسان را بسازند.

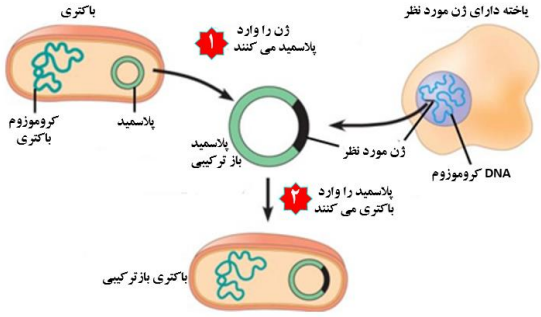
همانندسازی ژن، که "همانند سازی DNA" هم نامیده می شود، با "همانندسازی تولید مثل" و "همانندسازی درمانی" بسیار تفاوت دارد. دو همانند سازی تولید مثل و درمانی، از نظر فنی نکات مشترک زیادی دارند، ولی برای مقاصد متفاوتی انجام می شوند.

۴- چه نوع پژوهش هائی در زمینه همانندسازی در دست انجام است؟

همانند سازی ژن رایج ترین نوع همانندسازی در جهان است. موارد معدودی از همانندسازی پستانداران انجام شده است. هیچ دانشمندی دست به همانندسازی انسان نزده است.

۵- ژن ها را چگونه همانندسازی می کنند؟

همانند سازی ژن ها به کاری عادی بدل شده است. دانشمندان هر وقت اراده کنند می توانند این یا آن ژن دلخواه و مورد نیاز پژوهشی خود را همانند سازی کنند. کار سرراستی است. اول ژن مورد نظر خود از یک موجود زنده را، (که اغلب" DNA خارجی" نامیده می شود)، به ماده ژنتیکی موجود زنده دیگر (که ناقل است و "وِکتور" نامیده می شود)، اضافه می کنند. وکتور ها موجودات ساده تری هستند، مثل باکتری ها، یاخته های مخمر، ویروس ها، یا پلاسمیدها. پلاسمیدها حلقه های کوچکی از DNA هستند در درون باکتری ها. پس از آن که ژن را در درون وکتور فرستادند، آن را، در شرایط آزمایشگاهی نگه می دارند و شرایط را طوری مهیا می کنند که فورا و به سرعت تکثیر شود و نسخه های انبوهی از آن ژن مورد نظر را بسازد.



ژن ها را این گونه همانندسازی می کنند

۶ – حیوان ها را چگونه همانندسازی میکنند؟

برای همانند سازی تولید مثلی، دانشمندان اول تخم یا اوسیت (Oocyte) حیوانی از همان نوع حیوان مورد نظر را بر می دارند، هسته اش را بیرون می آورند. سپس هسته یک یاخته سوماتیک، مثلاً یاخته ای از پوست حیوان مورد نظر خود (در واقع حیوان "دهنده") را بر می دارند. در گام سوم این هسته را که حاوی تمام DNA آن حیوان دهنده است به درون تخم بی هسته می فرستند. دانشمندان برای این کار از دو روش کاملاً متفاوت استفاده می کنند. در یک روش، با سوزنی باریک هسته را از یاخته سوماتیک بر می دارند و در درون تخم بی هسته قرار می دهند. در روش دوم این دو یاخته، یاخته سوماتیک هسته دار و تخم بی هسته را کنار هم می گذارند، و با شوک الکتریکی آن دو را به هم می چسبانند.

پس از این کار ، به هر روشی که انجام گرفته باشد، تخم را در شرایط مناسب در لوله آزمایشگاهی می پرورانند تا تقسیمات اولیه خود را انجام بدهد و به جنینی در مراحل اولیه رشد بدل شود. سپس این جنین کوچک را در زهدان حیوان ماده آماده ای ("ماده ای پذیرا") می کارند.

سرانجام حیوان ماده آبستن، زایمان می کند و نوزادی به دنیا می آورد که ساختار ژنتیکی آن همان ساختار ژنتیکی حیوانی است که هسته را از آن برداشته اند. این حیوان تازه را "همانند" می نامند. برای همانند سازی تولید مثلی، "مادری پذیرا" لازم است تا

جنین همانند سازی شده را در زهدان خود بپروراند. تاکنون همه حیوانات همانند سازی شده، از جمله آن گوسفند معروف DOLLY ، به همین شکل ساخته شده اند.

۷- کدام حیوان را تاکنون همانندسازی کرده اند.

در پنجاه سال اخیر دانشمندان تلاش کرده اند با روش های مختلف در حیواناتی بسیار متفاوت، همانندسازی کنند. در ۱۹۷۹ دانشمندان بالاخره موفق شدند برای اولین بار موش را همانند سازی کنند. آنان توانستند در لوله آزمایش، جنین موش را دوپاره کنند و دو جنین حاصله را در زهدان موش مادر پذیرنده بگذارند و دو موش با ساختار ژنتیکی یکسان بسازند. اندکی بعد دانشمندان با انتقال هسته که از یک یاخته جنینی برداشته بودند، به درون تخم که هسته اش را بیرون کشیده بودند، توانستند گاو، گوسفند و مرغ را هم همانندسازی کنند.

شانزده سال بعد در ۱۹۹۶ بود که دانشمندان در زمینه همانندسازی کاری تاریخی انجام دادند. دانشمندان اسکاتلندی توانستند با انتقال هسته از یک یاخته سوماتیک بالغ به درون تخم بدون هسته، اولین پستاندار را همانند سازی کنند. پس از ۲۷۶ بار تلاش بی ثمر، بالاخره موفق شدند با استفاده از یاخته پستان گوسفندی شش ساله، "دالی" همان گوسفند "همانند" معروف را بسازند. دو سال بعد دانشمندان ژاپنی توانستند از یک گاو، هشت گاو "همانند" بسازند؛ لیکن تنها چهار تای آن ها زنده ماندند.

علاوه بر گوسفند و گاو، دانشمندان با استفاده از هسته یاخته سوماتیک، تاکنون گربه، گوزن، سگ، اسب، قاطر، گاو نر، خرگوش ، و موش هم ساخته اند. یک "میمون رزوس" هم با تقسیم جنین، همانند سازی شده است.

۸- آیا انسان را هم همانندسازی کرده اند؟

علی رغم ادعاهای رسانه ای بسیار گسترده، به نظر می رسد که همانند سازی انسان، هنوز داستانی علمی تخیلی است. هیچ مدرک علمی محکمی دال بر موفقیت در ساختن انسانی "همانند" در دست نیست.

در ۱۹۹۸ دانشمندانی از کره جنوبی ادعا کردند توانسته اند جنین انسان را همانند سازی کنند، ولی در همان مراحل اولیه که جنین چهار یاخته ای شده بود، آزمایش را متوقف کرده اند. در ۲۰۰۲ سازمانی موسوم به Clonaid که وابسته به گروهی مذهبی است و اعتقاد به خلقت انسان دارند، در یک کنفرانس مطبوعاتی ادعا کردند اولین انسان همانند، دختری به نام "حوا"، به دنیا آمده است. لیکن علی رغم درخواست مکرر جوامع علمی و رسانه ها، این سازمان هیچوقت مدارکی را که موید وجود این "حوا" و شایعه ساختن دوازده انسان همانند دیگر باشد، ارائه نکردند.

در ۲۰۰۴ گروهی به رهبری Woo-Suk Hwang از دانشگاه ملی سئول از کره جنوبی مقاله ای در مجله *Science* منتشر کردند و مدعی شدند توانسته اند در لوله آزمایش، جنین انسان را همانند سازی کنند. ولی اندکی بعد، کمیته علمی مستقلی، مدرکی بر درستی این ادعا پیدا نکرد و در ژانویه ۲۰۰۶ مجله *Science اعلام کرد مقاله* Hwang *را پس گرفته است.*

از نظر فنی همانندسازی انسان و نخستی ها بسیار دشوارتر از همانند سازی پستانداران دیگر است. یکی از دلایل این دشواری دو پروتیئنی هستند که در کار تقسیم یاخته نقش اساسی دارند. دو پروتئین به نام پروتئین های دوکی، در تخم پریمات ها خیلی نزدیک کروموزوم ها قراردارند، و هنگام بیرون کشیدن هسته تخم برای بازکردن جا برای هسته اهدائی، آسیب می بیند و برداشته می شوند، در نتیجه تقسیم یاخته نوساخته، مختل می شود. در پستانداران دیگر، مثل گربه، خرگوش، و موش ، این دو پروتئین دوکی در سرتاسر تخم پراکنده اند. لذا برداشتن هسته تخم به این دو پروتئین حیاتی آسیبی نمی زند. علاوه بر آن، برخی از رنگ ها و نور فرابنفش که در هنگام بیرون کشیدن هسته تخم به کار می رود، یاخته نخستی ها را خراب می کند و مانع رشد و تکثیر آن ها می شود.

۹- آیا حیوان های همانندسازی شده همیشه یکسان هستند؟

نه. "همانند" ها در همه موارد یکسان به نظر نمی رسند. درست است که "همانند" ها مجموعه ژنتیکی یکسانی دارند، لیکن محیط هم نقش بسیار پررنگی دارد، چند و چون آن ها را بسیار دگرگون می کند.

مثلا اولین گربه ای که همانند سازی شد، بچه گربه رنگی پنگی ماده ای بود به نام Cc که ظاهرش با ظاهر مادر ژنتیکی اش خیلی فرق داشت. علت آن اینست که رنگ و طرح پوست گربه فقط به ژن آن ها بستگی ندارد. طبق یک پدیده زیستی، در هر یاخته گربه ماده، که دارای دو کروموزوم X است، یکی از دو کروموزوم X باید غیر فعال شود. در جاهای مختلف بدن از روی شانس و اقبال است که این کروموزوم خاموش و آن کروموزوم روشن می ماند. بر همین اساس است که طرح و رنگ پوست گربه ها، حتی در گربه های دوقلوی یکسان، یا در گربه های "همانند"، متفاوت می شود.

۱۰- کاربردهای بالقوه حیوان های همانندسازی شده کدامند؟

با همانند سازی تولید مثلی، پژوهشگران می توانند از یک حیوان نسخه های متعدد بسازند و در کارهای پزشکی و کشاورزی از مزایای آن ها بهره مند شوند. به عنوان مثال همان دانشمندان اسکاتلندی که گوسفند دالی را ساختند، گوسفندهای دیگری هم همانند سازی کردند که از نظر ژنتیکی دست کاری شده بودند، و با شیر خود پروتئینی انسانی ترشح می کردند که یکی از فاکتورهای حیاتی انعقاد خون است. دانشمندان امیدوارند که روزی بتوانند این پروتئین را از شیر جدا کنند و به بیماران نیازمند برسانند. فایده احتمالی دیگر، استفاده از این حیوانات "همانند" در آزمایش داروهای تازه و برنامه های درمانی نوین است. مزیت بزرگ این حیوان های همانند برای آزمایش داروها آن است که آن ها از نظر ژنتیکی یکسان هستند، لذا انتظار می رود که پاسخ شان به دارو یکنواخت باشد، در حالی که در حیوان های معمولی که ساختار ژنتیکی متفاوتی دارند، پاسخ ها متنوع است.

اداره غذا و داروی آمریکا (FDA) پس از مشورت با بسیاری از دانشمندان و خبره های مستقل در زمینه همانندسازی، در ژانویه ۲۰۰۸ اعلام کرد که گوشت و شیر حیوان های همانند سازی شده، حیوان هائی مثل گاو، خوک و بز، به همان اندازهٔ گوشت و شیر حیوان های معمولی همانندسازی نشده، سالم و بی خطر است. این اعلام به معنی آن است که دانشمندان آزادانه می توانند از روش های همانندسازی برای ساختن نسخه هائی از حیوانات برای مقاصد کشاورزی مورد نظر خود، مثلا ساختن حیوانی که شیر بیشتری تولید

کنند یا گوشت بدون چربی شان زیادتر باشد، استفاده کنند. چون همانند سازی هنوز بسیار گران تمام می شود، احتمالا سال ها طول خواهد کشید تا فراورده های غذائی از این حیوان های همانند سازی شده، عملا در قفسه سوپرمارکت ها قرار بگیرد.

کاربرد دیگر آن نجات حیوان های در معرض انقراض یا حتی بازسازی حیوان ها منقرض شده است. در ۲۰۰۱ پژوهشگران اولین همانند یک نوع در حال انقراض، نوعی گاو میش آسیائی را ساختند. از بد حادثه، این گوساله گاومیش که در زهدان گاومیشی پذیرا، مراحل رشد خود را طی کرده بود، چند روز پس از تولد مُرد. در ۲۰۰۳ نوع دیگری از گاو وحشی به نام Banteg با موفقیت همانند سازی شد. اندکی بعد، گربه وحشی آفریقائی را از جنینی یخ زده به عنوان منبع DNA، همانند سازی کردند. برخی از کارشناسان معتقدند که با همانندسازی می توان بسیاری از انواع در حال انقراض را نجات داد، لیکن به اعتقاد کارشناسانی دیگر با همانند سازی، حیوان هائی ساخته می شوند با ساختار ژنتیکی یکسان، که فاقد آن تنوع ژنتیکی لازم برای بقاع نوع خود هستند.

بعضی از مردم ابراز علاقه کرده اند که سگ و گربه خانگی مرده شان همانند سازی شود تا جای خالی آن ها پرکنند، ولی همان طور که تجربه Cc نشان داد، "همانند" دقیقا شبیه همان حیوانی نخواهد شد که DNA را از آن گرفته اند.

۱۱- عیب های بالقوه حیوان های همانندسازی شده کدامند؟

همانند سازی تولید مثلی روشی بسیار بی کفایت است. اکثر جنین های "همانند" حیوانی، قادر به رشد و نمو نیستند و به حیوانی سالم تبدیل نمی شوند. به عنوان مثال در مورد دالی، پژوهشگران تنها پس از ۲۷۶ بار شکست، موفق به ساختن آن شدند. میزان موفقیت بسیار کم و نگرانی در مورد سلامت فراورده ها تهیه شده از آن ها، دو مانع بزرگی هستند که استفاده از همانند سازی تولیدمثلی را محدود می کند.

دانشمندان متوجه چندین نشانه نامطلوب در سلامتی خود این گوسفند و سایر حیوان های "همانند"، شده اند. جثه این حیوان ها هنگام تولد بزرگ است و نقص های گوناگونی در اعضاء حیاتی ، نظیر کبد، مغز، و قلب دارند. زود پیر می شوند و دستگاه ایمنی شان هم مشکلاتی دارد. مشکل بالقوه دیگرمربوط به سن نسبی کروموزوم های یاخته همانندسازی

شده است. یاخته که سیر طبیعی تقسیم های پی درپی خود را طی می کند، با هر تقسیم نوک کروموزوم هایش (موسوم به تلومر)، اندکی کوچک می شود. در این تقسیم های پی درپی بالاخره زمانی می رسد که تلومر آنقدر کوچک شده است که یاخته دیگر قادر به تقسیم نیست، سرانجام می میرد. این بخشی از فرایند طبیعی پیرشدن است که به نظر می رسد در تمام انواع یاخته ها روی می دهد. درنتیجه وقتی از حیوانی بالغ یاخته را بر می دارند و آن را همانند سازی می کنند ، ممکن است همان زمان تلومرش، کوتاه تر از طبیعی شده باشد، و یاخته های حیوان همانندی که از آن ساخته می شود، لاجرم عمر کوتاه تری خواهد داشت. دالی در هنگام مرگ شش ساله بود، در حالی که عمر متوسط گوسفندها ۱۲ سال است.

۱۲- همانندسازی درمانی چیست؟

هدف از همانند سازی درمانی عبارتست از ساختن جنینی "همانند"، تنها به منظور تولید یاخته های پایه جنینی که دارای مجموعه DNA همان یاخته دهنده باشد. سپس روی این یاخته های پایه در زمینه های مختلف تشخیص و درمان، دست به آزمایش می زنند تا چند و چون بیماری ها را خوب بفهمند و درمان های نوینی ابداع کنند. تاکنون مدارکی وجود ندارد که تائید کند برای همانند سازی درمانی، "همانند" جنین انسان را ساخته باشند.

بافتی که در همان پنج روز اول پس از آغاز تقسیم تخم حاصل می شود، پربارترین منبع یاخته پایه جنینی است. در این مرحله از نمو، که بلاستوسیست نامیده می شود، جنین توده ای حدوداً صد یاخته ای است که توان تبدیل شدن به هر یک از انواع یاخته های بدن را دارد. در این مرحله از نمو جنین است که یاخته های پایه را برمی چینند؛ با این کار، جنینِ درون لوله آزمایش نابود می شود.

۱۳- کاربردهای بالقوه همانندسازی درمانی کدامند؟

از آن جائی که یاخته های پایه جنینی می توانند عملاً به همه نوع یاخته همه بافتهای بدن تبدیل شوند، پژوهشگران امیدوارند بتوانند در آزمایشگاه از این یاخته ها، بافت های سالم بسازند تا جایگزین بافت های آسیب دیده، هم در حوادث وهم در بیماری ها، بشود. می توان

با مطالعه رده یاخته های پایه جنینی، که از روی یاخته های حیوان یا انسان مبتلاء به انواع و اقسام بیماری ها ساخته شده اند، علل مولکولی بیماری ها را پیدا کرد. و بالاخره بافت های تمایز یافته حاصله از یاخته های پایه جنینی، ابزار بسیاز مناسبی هستند برای آزمودن داروهای تازه.

۱۴- عیب های بالقوه همانندسازی درمانی کدامند؟

بسیاری از پژوهشگران معتقدند استفاده از یاخته های پایه جنینی برای یافتن افق های نوینی در درمان بیماری های انسان، کاریست ارزشمند؛ برخی دیگر از دانشمندان نگران شباهت های بارز یاخته های پایه با یاخته های سرطانی هستند. هر دو دسته یاخته می توانند به تقسم خود تا بی نهایت ادامه بدهند. چند مطالعه نشان داده که یاخته های پایه پس از حدود شصت بار تقسیم، سرشار از جهش هائی می شوند که می تواند به سرطان منتهی شود. بنابراین اگر قرارباشد از یاخته های پایه برای درمان بیماری های انسان استفاده شود، باید به ارتباط بین این دودسته یاخته، یاخته های پایه و یاخته های سرطانی خوبِ خوب توجه شود.

۱۵- برخی از مسائل اخلاقی مربوط به همانندسازی کدامند؟

همانند سازی ژن ها امروزه مورد قبول بسیاری از کسان است و در بسیاری از آزمایشگاه های سراسر جهان به کار گرفته می شود، و البته تحت نظارت دقیق است. ولی هم همانند سازی تولید مثلی و هم همانند سازی درمانی مسائل اخلاقی پراهمیتی، مخصوصاً در رابطه با کاربرد بالقوه آن ها در انسان، پیش آورده است.

همانند سازی تولید مثلی ممکن است سرانجام به ساختن "همانند" انسانی مرده یا زنده، دارای همان ساختار ژنتیکی اصلی منتهی شود، و با ارزش های دیرپای مذهبی و اجتماعی مقام انسان، تعارض پیدا کند، و به اصول مربوط به آزادی ها فردی، هویت و اختیار انسان ها تجاوز شود. کسانی دیگر با نظری موافق می گویند با همانندسازی تولید مثلی به رویای صاحب فرزند شدن زوج های نابارور، می توان جامه واقعیت پوشاند. دیگران همانند

سازی تولید مثلی را وسیله ای می بینند که خانواده های دارای ژن معیوب می توانند بدون غربالگری جنین یا انتخاب جنین، از دست آن خلاص شوند.

با همانند سازی درمانی، این امکان فراهم می شود تا انسان آسیب دیده یا بیمار را براحتی درمان کرد، لیکن برای انجام این کار باید جنین های انسانی را در لوله آزمایش نابود کرد. کسانی این کار را، حتی اگر به نفع انسانی بیمار یا مجروح به کار رود، قتل به حساب می آورند، لاجرم با آن مخالفند.

https://www.genome.gov/25020028/cloning-fact-sheet/
Last Reviewed: March 21, 2017