

فصل سوم



کلون و کلون‌سازی

در سال ۱۹۰۳ میلادی، هربرت وبر واژه «کلون» را برای توصیف مجموعه‌ای از جانداران برگزید که به طور غیرجنسی از یک جاندار مشتق می‌شوند. این واژه که ریشه یونانی دارد به مفهوم «قلمه» است. به زودی این واژه در میان گیاهشناسان و زیست‌شناسانی متداول شد که به کشت سلول می‌پرداختند. امروزه واژه کلون در زیست‌شناسی در موقعیت‌های متفاوتی به کار برده می‌شود.

کلون‌سازی در طبیعت

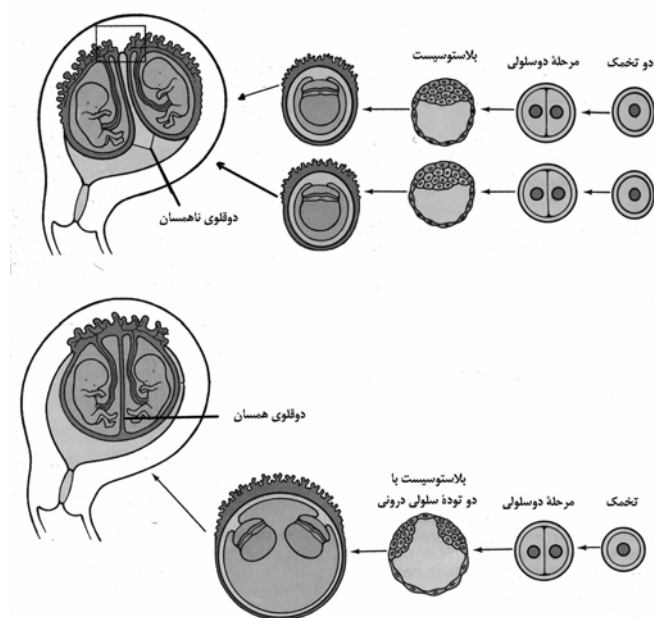
وقتی شاخه‌ای از یک شمعدانی را قلمه می‌زنید، در واقع کلون آن را تولید می‌کنید. بنابراین بشر پیش از آن که واژه کلون را به کار ببرد، گیاهان را کلون‌سازی می‌کرده است و حتی پیش از آن که بشر فن کلون‌سازی گیاهان را بیاموزد، گیاهان و بعضی جانداران دیگر با این روش تکثیر می‌کرده‌اند.

کلون‌سازی در گونه‌هایی از بی‌مهرگان ساده نظیر بعضی کرم‌ها، بعضی جانوران آبی از جمله هیدر و شقایق دریایی و حشرات اجتماعی مانند زنبورها، نیز دیده می‌شود. این جانوران توان تولیدمثل جنسی را دارند اما گاهی به تولیدمثل غیرجنسی روی می‌آورند. در تولیدمثل جنسی دو والد نر و ماده دخالت دارند. در هنگام لقاح، مواد ژنتیکی سلول‌های جنسی دو والد باهم مخلوط می‌شود. در نتیجه جاندار جدید آمیزه‌ای از ژن‌های هر دو والد را به ارث می‌برد. اما در تولیدمثل غیرجنسی، تنها یک والد دخالت دارد. از این رو، جاندار جدید عین ژن‌های تنها والد خود را دارد. بنابراین، همهٔ جاندارانی که به طریق غیرجنسی به وجود می‌آیند از نظر ژنتیکی یکسان هستند و کلون یکدیگر محسوب می‌شوند.

جانوران مهره‌دار، از جمله ما انسان‌ها تولیدمثل غیرجنسی نداریم. اما کلون‌سازی بندرت در مهره‌داران رخ می‌دهد. نوعی از دوقلو زایی یا چندقلو زایی را می‌توان کلون‌سازی محسوب کرد. دوقلوها به دو طریق به وجود می‌آیند. گاهی دو اسپرم با دو تخمک لقاح می‌یابند و دو جاندار جدید پدید می‌آید. در این حالت دوقلوها شباهت زیادی به هم ندارند و حتی ممکن است یکی از آنان دختر و دیگری پسر باشد. این دوقلوها که دوقلوهای

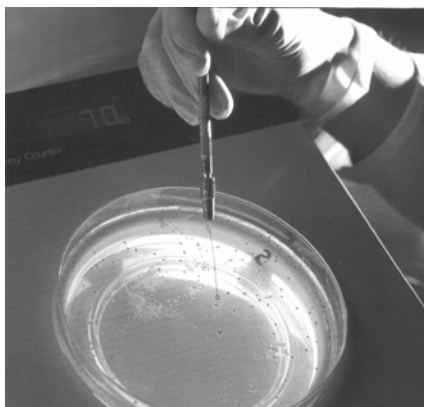
ناهمسان نامیده می‌شوند، از لحاظ ژنتیکی باهم و با والدین خود تفاوت دارند و کلون یکدیگر محسوب نمی‌شوند.

گاهی نیز از تخم حاصل از لقاح یک اسپرم و یک تخمک، دو جنین پدید می‌آید. همان‌طور که در شکل نشان داده شده است، توده سلولی درونی تقسیم می‌شود و دو توده سلولی درونی به وجود می‌آید. از این دو توده، دو جنین شکل می‌گیرد. دوقلوهای که به این طریق پدید می‌آیند شباهت زیادی به هم دارند و هردو پسر یا هردو دخترند. این دوقلوها که دوقلوهای همسان نامیده می‌شوند، از لحاظ ژنتیکی با والدین خود تفاوت دارند اما از لحاظ ژنتیکی با همدیگر تفاوت ندارند و کلون یکدیگر محسوب می‌شوند.



کلون‌سازی سلول‌ها

نوع دیگری از کلون‌سازی، تولید سلول‌هایی است که از لحاظ ژنتیکی یکسان هستند. باکتری‌ها را می‌توان در محیط کشت خاص میکروب‌ها کلون‌سازی کرد. وقتی شخصی به یک بیماری عفونی دچار می‌شود، پزشک او را به آزمایشگاه میکروب‌شناسی هدایت می‌کند تا مشخص شود چه نوع میکروبی باعث عفونت او شده است. در آزمایشگاه، از مایعات بدن بیمار نمونه‌ای تهیه و در محیط کشت قرار داده می‌شود. این محیط برای رشد و تکثیر میکروب‌ها مناسب است. از این رو، میکروب‌هایی مانند باکتری‌ها به سرعت در این محیط تکثیر می‌شوند و به زودی توده‌هایی از آن‌ها روی محیط کشت تشکیل می‌شود که با چشم غیرمسلح نیز قابل مشاهده است. این توده‌ها مجموعه از باکتری‌ها هستند که



کلون‌های باکتری‌ها در محیط کشت

کلون یکدیگر محسوب می‌شوند. میکروب‌شناس با آزمایش‌هایی که روی این سلول‌ها انجام می‌دهد می‌تواند نوع آن‌ها را تعیین کند. سپس پزشک براساس نوع باکتری، داروی مناسب

را تجویز می‌کند.

کشت سلول‌های جانوران و گیاهان مشکل‌تر است اما هر روز در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی انجام می‌شود. با گذاردن چند سلول جانوری یا گیاهی روی محیط کشت ویژه‌ای، می‌توان تعداد زیادی



گیاهچه‌های حاصل از
کشت سلول‌های گیاهی

سلول به دست آورد که از لحاظ ژنتیکی یکسان هستند و در واقع کلون یکدیگرند. با کشت چند سلول گیاهی و افزودن مواد لازم می‌توان گیاه کاملی به دست آورد. اما انجام چنین عملی در مورد سلول‌های جانوری هنوز

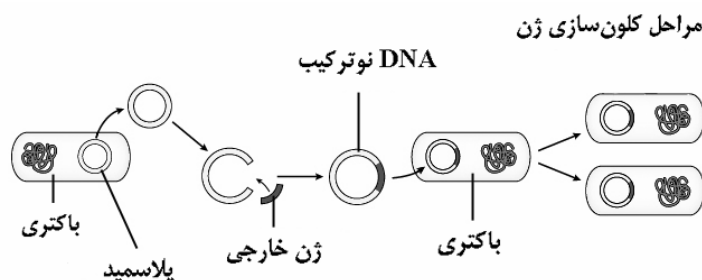
امکان‌پذیر نیست. به عبارت دیگر همان‌طور که می‌شود با قلمه‌زدن شمعدانی، شمعدانی جدیدی تولید کرد، می‌توان با کشت چند سلول از آن در محیط کشت مناسب نیز به شمعدانی جدیدی دست یافت. این روش تکثیر گیاهان مزایای زیادی دارد. برای مثال، با این روش می‌توان از یک گیاه که خصوصیات ویژه‌ای دارد، تعداد زیادی گیاهچه تهیه کرد. این گیاهچه‌ها را می‌توان در بسته‌بندی‌های ظریفی به سرتاسر دنیا ارسال کرد. در حال حاضر شرکت‌های غربی از طریق فروش این گیاهچه‌ها سرمایه زیادی را نصیب خود می‌کنند. هزینه حمل و نقل این گیاهچه‌ها با توجه به فضاهای کمی که اشغال می‌کنند، بسیار پایین است.

همان طور که از جانوران نمی‌توان قلمه تهیه کرد، از کشت سلول‌های آنان نیز نمی‌توان جانور تازه‌ای به دست آورد. با وجود این، دانشمندان تلاش می‌کنند از کشت این سلول‌ها دست کم اندام‌های جانوران را تهیه کنند. این نوع تحقیق مزایای زیادی دارد. برای مثال، اگر بتوان از کشت سلول‌های انسان کلیه، کبد یا قلب کارآ تهیه کرد، می‌توان جان بسیاری از انسان‌های نیازمند پیوند را نجات داد.

کلون‌سازی ژن‌ها

نوع دیگری از کلون‌سازی، کلون‌سازی ژن‌ها است. برای کلون‌سازی ژن‌ها که فنِ DNA نو ترکیب یا مهندسی ژنتیک نیز نامیده می‌شود، با کمک آنزیم‌های ویژه‌ای ژن موردنظر را از DNA جاندار جدا می‌کنند. سپس این ژن را وارد ساختمان DNA حلقوی کوچکی به نام پلاسمید می‌کنند. پلاسمید بخشی از ماده ژنتیک باکتری‌ها است که در کلون‌سازی ژن‌ها نقش اصلی را دارد. هنگامی که ژن موردنظر وارد ساختمان پلاسمید شد، این پلاسمید نو ترکیب را وارد سلول باکتری می‌کنند و باکتری را در محیط کشت مخصوص قرار می‌دهند تا تکثیر شود. وقتی باکتری به طور انبوه تکثیر شد، در واقع ژن موردنظر نیز تکثیر شده است. اکنون می‌توان با کمک آنزیم این ژن‌ها را استخراج کرد. به

این ترتیب نسخه‌های زیادی از یک ژن به دست می‌آید که کلون یکدیگر محسوب می‌شوند.

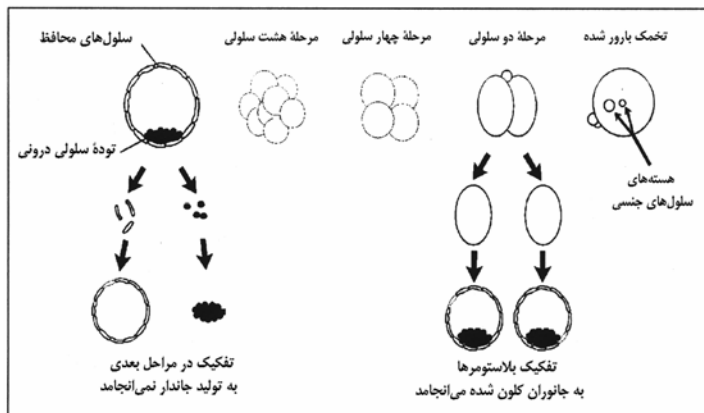


وقتی یک ژن کلون‌سازی شد، می‌توان پروتئین مربوط به آن ژن را نیز در مقیاس انبوه به دست آورد. برای مثال، برای تهیه هورمون انسولین، ژن این پروتئین را از سلول‌های انسان استخراج می‌کنند و آن را درون یک پلاسمید قرار می‌دهند. سپس این پلاسمید نو ترکیب را وارد سلول باکتری می‌کنند و باکتری را کشت می‌دهند. هر چند باکتری‌ها به هورمون انسولین نیاز ندارند، اما چون ژن این پروتئین وارد ساختمان ژنتیکی آن‌ها شده است، به ناچار هورمون انسولین تولید می‌کنند. این هورمون را از باکتری‌ها استخراج می‌کنند و در بسته‌بندی‌های مخصوص در اختیار بیماران دیابتی قرار می‌دهند. هورمون انسولین نقش مهمی در تنظیم قند خون دارد. افرادی که نتوانند این هورمون را تولید کنند، به دیابت (مرض قند) مبتلا می‌شوند.

کلون‌سازی جانوران

در نوع دیگری از کلون‌سازی، هدف تولید جانورانی است که از لحاظ ژنتیکی یکسان هستند. در حال حاضر تهیه این کلون‌ها از دو طریق امکان‌پذیر است: تفکیک بلاستومر و جابه‌جایی هسته. پس از لقاح، تخم حاصله به دو سلول تقسیم می‌شود. سپس از این دو سلول، چهار سلول و از این چهار، هشت سلول و سرانجام یک توده سلولی شکل می‌گیرد. به هریک از این سلول‌ها بلاستومر می‌گویند. در کلون‌سازی به روش تفکیک بلاستومر، جنین در مرحله ۲ تا ۸ سلولی تفکیک می‌شود تا از آن دو یا چند جاندار تولید شود که از لحاظ ژنتیکی یکسان هستند و کلون یکدیگر محسوب می‌شوند. این وضعیت به دوقلوزایی و چندقلوزایی شبیه است.

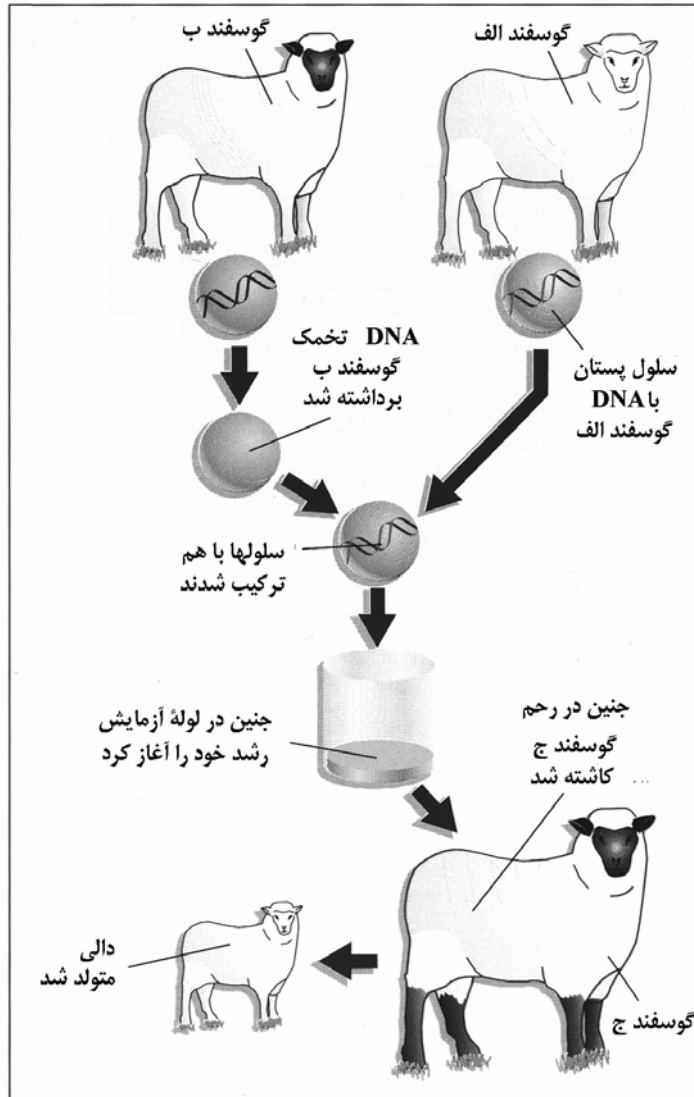
کلون‌سازی به روش تفکیک بلاستومر



این روش کلون‌سازی در اصلاح‌نژاد گاو و گوسفند کاربرد فوق‌العاده‌ای دارد. برای مثال، پس از جفت‌گیری دو گاو که خصوصیات برجسته‌ای دارند، می‌توان جنین حاصل از این جفت‌گیری را به دو یا چند جنین تفکیک کرد و در نهایت دو یا چند گوساله با ساختار ژنتیکی یکسان به دست آورد. چون این کلون‌ها تفاوت ژنتیکی ندارند، خصوصیات ظاهری آن‌ها (برای مثال، میزان شیردهی) تا حدود زیادی یکسان خواهد بود.

در دهه ۱۹۸۰ میلادی روش پیچیده‌تری برای کلون‌سازی توسعه یافت که به جابه‌جایی هسته مشهور است. هسته سلول‌های پیکری (همه سلول‌های جاندار بجز سلول‌های جنسی) دیپلوئید است، یعنی دو دسته کروموزوم (و به عبارتی دو دسته ژن) دارد که یک دسته مربوط به پدر و دیگری مربوط به مادر است. اما هسته سلول‌های جنسی (اسپرم و تخمک) هاپلوئید است، یعنی یا ژن‌های مادری یا ژن‌های پدری را دارد. در کلون‌سازی به روش جابه‌جایی هسته، هسته سلول تخم برداشته می‌شود و با هسته دیپلوئیدیک سلول پیکری جانشین می‌شود. در این کلون‌سازی برخلاف تولیدمثل جنسی که جاندار جدید با آمیزش ماده ژنتیکی یک اسپرم و یک تخمک شکل می‌گیرد، تنها یک «والد» ژنتیکی وجود دارد. برای تولید دالی از این روش کلون‌سازی استفاده شد.

مراحل کلون‌سازی دالی

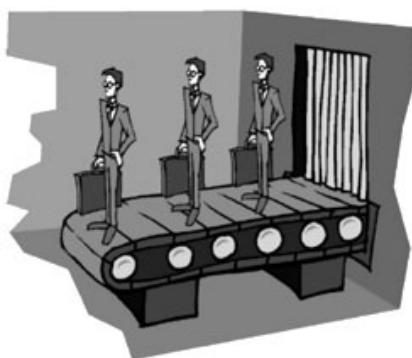


با توجه به مطالبی که گفته شد، کلون‌سازی را می‌توان این گونه تعریف کرد: تولید مولکول، سلول، گیاه، جانور یا انسانی که از لحاظ ژنتیکی با «والد» خود تفاوتی نداشته باشد. البته کلون‌ها نیز با یکدیگر تفاوت ژنتیکی ندارند.

تصویری نادرست از کلون‌ها

چون کلون‌ها از لقاح اسپرم و تخمک پدید نمی‌آیند، از لحاظ ژنتیک با والدی که اطلاعات ژنتیکی را در اختیار آن‌ها قرار داده است، تفاوت ندارند. اما کلون‌ها کپی والد خود نیستند. دوقلوهای همسان نیز از لحاظ ژنتیک باهم تفاوت ندارند، اما دو انسان مجزا محسوب می‌شوند و هرچند از لحاظ ظاهر و رفتار به هم شباهت دارند، اما کاملاً عین هم نیستند. حتی اثر انگشت آنان باهم تفاوت دارد.

کسانی که کلون‌سازی را «عین‌سازی» می‌دانند، خواسته یا



ناخواسته از کسانی طرفداری می‌کنند که به «جبر ژنتیک» معتقدند. آنان معتقدند همه خصوصیات ظاهری و رفتاری انسان را ژن‌ها تعیین می‌کنند. بنابراین،

اگر کسی دست به جنایت می‌زند، زیاد مقصر نیست، «ژن جنایت» او را به این کار وامی‌دارد. اگر چنین شخصی، کلون‌سازی شود، چون ژن جنایت را به کلون خود می‌بخشد، کلون او نیز جنایتکار خواهد بود. اگر شخصی آدم صالح و درستکاری می‌شود، به این علت است که ژن‌های ناپاکی‌ها را ندارد. اگر کسی دانشمند می‌شود، تلاش او در راه کسب علم زیاد مؤثر نیست، ژن‌های او در دانشمند شدنش مؤثرترند. کسانی که کلون‌سازی هیتلر را مطرح می‌کنند، از عقایدی مانند عقایدی که مطرح شد طرفداری می‌کنند، عقایدی که هیتلر از طرفداران جدی آن‌ها بود!



بدون شک، تفکرات، احساسات و رفتارهای ما سازوکار زیست‌شناختی دارند. اما این به آن مفهوم نیست که ما می‌توانیم دخالت ژن‌ها را در این فرآیندها، مجزا از بقیه عوامل در نظر بگیریم. ما حاصل عملکرد ژن‌هایمان هستیم، ژن‌هایی که تحت تأثیر محیط فعالیت می‌کنند و از آن تأثیر می‌پذیرند و این محیط، غذایی که می‌خوریم، آموزش‌هایی که می‌بینیم، کتابی که می‌خوانیم، فیلمی که می‌بینیم، آهنگی که می‌شنویم و حتی تاریخی که بر اجداد ما گذشته است را شامل می‌شود.

اگر کسی به قاتلی تبدیل می‌شود که به راحتی چندین نفر را می‌کشد، ممکن است تغییراتی در مغز او رخ داده باشد که چنین توانی را به او بخشیده‌اند. اما خود او باعث ایجاد این تغییرات در مغز خود شده است. محیط زندگی او، والدین و اطرافیانش و

آموزش‌هایی که دیده است در این امر مؤثر بوده‌اند. او خواسته یا ناخواسته باعث ایجاد آن تغییرات شده و آن تغییرات تداوم جنایت‌های او را تسهیل کرده‌اند. حال فرض کنید، ماده ژنتیک یکی از سلول‌های پیکری چنین فردی برای کلون‌سازی استفاده شود. آیا باز هم قاتل دیگری به وجود می‌آید؟ شاید آری شاید هم خیر.





کلون‌سازی با یک سلول آغاز می‌شود، همان‌گونه که زندگی همه ما از یک سلول آغاز می‌شود. این سلول باید مراحل جنینی را پشت سرگذارد و مراحل رشد و کمال اجتماعی را بپیماید تا به

فردی تمام عیار تبدیل شود. انسان با «مغز خام» به دنیا می‌آید. ما هرچه از مغز خود بیشتر کار بکشیم، مغز ما پخته‌تر می‌شود. اگر تلاش ما در جهت کارهای نیک باشد، مغز ما در جهت خوبی‌ها پخته می‌شود و اگر در جهت کارهای بد تلاش کنیم، مغز ما در آن جهت پخته می‌شود. مغز ما برعکس سایر اندام‌های ما، انعطاف‌پذیری بالایی دارد. هر زمان که اراده کنیم می‌توانیم آن را در جهت خاصی پخته کنیم. بنابراین، اگر قاتلی کلون‌سازی شود، کلون او قاتل به دنیا نمی‌آید، بلکه همان‌طور که همه ما به آن اعتقاد داریم، با فطرت پاک به دنیا می‌آید. این که او در چه محیطی پرورش یابد، تعیین می‌کند که او قاتل یا انسان صالحی باشد و از این جهت با بقیه انسان‌ها تفاوتی ندارد.

برخی تصور می‌کنند که کلون‌سازی همانند زنده کردن مردگان توسط حضرت عیسی (ع) است. از این رو، تصور می‌کنند که در آینده نزدیک، مرگ بی‌معنا می‌شود و می‌توان خویشاوندان

مشرف به مرگ خود را با این روش حیات دوباره بخشید. اما کلون‌سازی مادر بزرگ یا پدر بزرگ به تولید نوزادی می‌انجامد که تنها به آنان شباهت دارد. او نه پدر بزرگ است نه مادر بزرگ، بلکه انسان مجزایی است که به تربیت و پرورش نیاز دارد. در واقع، پدر و مادر بزرگ مرده‌اند اما از خود نوزادی به یادگار گذاشته‌اند.



برخی نیز تصور می‌کنند که با این روش می‌توان دانشمندان، ورزشکاران و هنرپیشه‌ها را حیات دوباره بخشید. اما این احتمال وجود دارد که کلون‌های آنان فلسفه دیگری را برای زندگی خود برگزینند. همه ما هر روزه و هر لحظه بر سر دوراهی‌ها یا چندراهی‌های گوناگونی قرار می‌گیریم و براساس آگاهی‌ها، تأثیرات جامعه یا رخدادهای تصادفی به سویی کشیده می‌شویم. از این رو، احتمال این که کلون‌ها مسیر دیگری را برای زندگی خود برگزینند، بسیار زیاد است. برای مثال، ممکن است کلون

انیشتین را داشته باشیم که بازی در فیلم‌های کمدی را پیشه خود سازد! آیا ما می‌توانیم این کلون را به تحقیق در زمینه فیزیک نظری وادار کنیم؟

کلون‌ها نیز انسان‌هایی خواهند بود شبیه انسان‌های دیگر. انسان چیز جدیدی را خلق نکرده است. کلون‌سازی در طبیعت رخ می‌دهد و اگر در انسان معمول نیست به این خاطر است که تولیدمثل جنسی مزایایی دارد که کلون‌سازی (تولیدمثل غیرجنسی) ندارد. برای مثال، تولیدمثل جنسی باعث تنوع ژنتیکی می‌شود که از لحاظ زیست‌شناسی اهمیت زیادی دارد. اما برخلاف تصور نادرستی که وجود دارد، قرار نیست کلون‌سازی، روشی معمول برای تولید انسان شود. وقتی فن لقاح در لوله آزمایش (IVF) پدید آمد، عده‌ای موضع‌گیری کردند که این فن بنیان خانواده را متزلزل می‌کند و عده‌ای می‌توانند با این فن لشکری از تبهکاران بسازند. اما دیدیم IVF به شیوه‌ای معمول برای تولید فرزند تبدیل نشد و انسان‌ها از روی ناچاری به آن روی می‌آورند. برای تولید لشکر تبهکاران نیز راه‌های ساده‌تری وجود دارد و نیازی به IVF یا کلون‌سازی نیست.

برای کسب اطلاعات بیش‌تر در زمینه نحوه تأثیرگذاری ژن‌ها بر رفتار انسان، به مقاله‌ای تحت عنوان «ما و ژن‌های ما» مراجعه کنید که نگارنده آن را ترجمه کرده و در مجله رشد آموزش زیست‌شناسی شماره ۵۳ به چاپ رسانده است.