

Hoe Schiphol door de geluidsbarrière dendert

Polderpop: op stap met De Dijk



Baby Op maat

Zo stelt u straks uw ideale kind samen



Boeren zonder kiespijn: een golfbaan op het erf

Een baby

Zorgen dat je een kind krijgt met een hoog IQ. Weten hoe een embryo er op achttienjarige leeftijd uitziet, zodat je het mooiste kunt kiezen. En het gezondste. Of zelfs: zwanger worden via de hond des huizes. Science-fiction? Nee, binnenkort in de kraamkamer. De technieken zijn er al, of ze komen eraan.

Marcel Roele

Een vrouw die wel een kinderwens maar geen vruchtbare man heeft, moet het sperma van elders laten aanrukken. Daartoe zijn steeds meer mogelijkheden aanwezig. Spermabanken adverteren tegenwoordig zelfs op Internet (bijvoorbeeld <http://www.cryobank.com> en <http://www.thespermbankofca.org>). De wensmoeder kan op het web de donor uitzoeken – desgewenst wordt zijn volledige doopceel gelicht, tot zijn psychische gesteldheid toe – en een stikstoftankje met rietjes sperma en zaadspuitjes naar haar arts laten sturen.

Eicelbanken bestaan niet, want eieren kun je niet in de diepvries bewaren. Er zijn wel organisaties die wensmoeders met eiceldonoren in contact brengen (<http://www.ccivf.com/eggdonor.htm>). In de handel worden de hoogste prijzen betaald voor

een donor met een titel van de befaamde Harvard-universiteit: haar eicellen kosten tienduizend dollar per portie.

Kunstmatige inseminatie wordt al eeuwen in diverse culturen toegepast, zonder dat er een arts wordt geraadpleegd. Als de vrouw niet met de donor naar bed wil, kan ze zijn sperma desnoods met haar vingers inbrengen.

De medische sector is zich pas in 1884 met voortplantingstechnieken gaan bemoeien. Dr. William Pencoast van de Jefferson Medical School in Philadelphia bevruchtte een getrouwde vrouw met het sperma van een anonieme donor, die door Pencoast werd beschreven als 'de knapste student van zijn klas'.

In 1953 werd de techniek uitgevonden om sperma bij zeer lage temperaturen on-



RONALD HOEBEN

eindig lang te bewaren. Vanaf dat ogenblik schoten de spermabanken als paddestoelen uit de grond. In 1979 begon Robert Graham in Californië de eerste spermabank met een exclusieve productlijn voor de veeleisende klant: The Repository for Germinal Choice. Alleen Nobelprijswinnaars mochten er hun sperma afgeven en het kostbare goedje werd slechts ter beschikking gesteld aan vrouwen die konden aantonen dat ze over een IQ van minstens 140 beschikten.

Het lukte Graham niet meer dan een handvol donoren aan te trekken, onder wie William Shockley, uitvinder van de transistor. Nobelprijzen worden niet aan jonge broekies vergeven en al was het DNA van de donoren wellicht van topkwaliteit, het zat verpakt in zaadcellen die zich net zo stram voortbewogen als de oude heren zelf. Er waren onvoldoende vrouwen geïnteresseerd in het slome zaad van Shockley en kompanen, zodat Graham in 1984 het roer omgooide. Hij zocht nu als donoren veelbelovende jonge onderzoekers en uitblinkers op andere gebieden, zoals winnaars van de gouden medaille op de Olympische Spelen. De vrouwelijke

clientèle hoefde niet langer extreem intelligent te zijn.

De nieuwe opzet werd wel een succes: in zeven jaar tijd werden tweehonderd kinderen geboren uit het zaad van Graham's spermabank. Inmiddels zijn er zo'n twintig spermabanken in de Verenigde Staten die selecteren op de erfelijke eigenschappen van de donor. De klant maakt een keuze aan de hand van een catalogus waarin van iedere donor het uiterlijk, de medische geschiedenis en zijn speciale talenten en interesses op sportief, artistiek en academisch gebied uitgebreid worden beschreven.

De Amerikaanse spermabanken moeten winst maken en beconcurreren elkaar met de prijs van het zaad en de kwaliteit van de donoren. In Nederland wordt de prijs bepaald door het Centraal Orgaan Tarieven Gezondheidszorg en is het aanbod gebonden aan het protocol van de Nederlands-Belgische Vereniging voor Kunstmatige Inseminatie. De donor mag bijvoorbeeld geen erfelijke ziekte hebben of drager zijn van het aids-virus. "Desgewenst zoeken we voor een muzikaal paar een muzikale donor," zegt Jan de Vries, hoofd van de spermabank van het Amsterdamse ziekenhuis AMC. "Maar dat past in ons beleid om een donor te vinden die op de sociale vader lijkt. Verder gaan we niet."

Ik denk dat in Nederland de vraag naar kinderen met goede erfelijke eigenschappen veel minder zichtbaar is dan bij ons in de Verenigde Staten," zegt Lee Silver. Hij is hoogleraar in de moleculaire biologie aan de Amerikaanse universiteit van Princeton en auteur van het boek *Sleutelen aan de Schepping*, dat vorig jaar verscheen bij uitgeverij Ten Have. "Bij jullie krijgt iedereen goedkoop ziekenfondszaad van een degelijke standaardkwaliteit. Maar als je het marktmechanisme zijn gang laat gaan, kopen de rijken de beste genen voor hun kinderen en behelpen de armen zich met minder."

Wat voor zaadcellen geldt, geldt ook voor eicellen. Vrouwen reizen nu zelfs naar Amerika om eicellen te kopen, hetgeen vanzelfsprekend een prijzige aangelegenheid is. In de toekomst komen misschien op grote schaal goedkope eicellen beschikbaar. Men zou het afvalproduct van abortusklinieken kunnen recyclen, door uit de afgedreven vrouwelijke vruchtjes onrijpe eicellen te oogsten. Onrijpe eicellen zijn massaal aanwezig in de eierstokken van de foetus. Het moment waarop een vrouw de meeste onrijpe eicellen heeft, is een half jaar voordat ze wordt geboren: ze heeft er dan zeven miljoen.



Eén ei is geen ei

In-vitrofertilisatie (IVF) werd voor het eerst bij de mens toegepast door de geneticus Robert Edwards en de gynaecoloog Patrick Steptoe. Zij waren de geestelijke vaders van Louise Joy Brown, die op 25 juli 1978 in het Engelse Oldham werd geboren. Louise werd door de media een 'reageerbuisbaby' genoemd, maar eigenlijk ontstond zij in een klein plastic kweekschalpje, het zogenaamde petriskaaltje. Toen ze een week oud was, werd ze in de baarmoeder van mevrouw Brown gespoten.

Bij IVF geldt: één ei is geen ei. Er moeten een heel stel embryo's tegelijk worden gemaakt, omdat veel embryo'tjes niet levensvatbaar zijn. De vrouw ondergaat een hormoonkuur om meerdere eicellen tegelijkertijd te laten rijpen en haar baarmoeder in conditie te brengen voor een zwangerschap. De eicellen worden met een holle naald via de vagina rechtstreeks uit de eierstokken gezogen. De arts controleert met een echografisch beeld of de naald op de goede weg is.

De succeskans van een IVF-behandeling hangt af van de faciliteiten van de kliniek, de vaardigheid van de arts, de kwaliteit van het embryo en de vruchtbaarheidsproblemen en de leeftijd van de aanstaande ouders. In Nederland overleeft gemiddeld vijftien procent van de IVF-embryo's die in de baarmoeder worden geplaatst. Om de kans op een succesvolle zwangerschap te vergroten, mogen twee of drie embryo's tegelijk naar binnen. De rest gaat de diepvries in en wordt ontdooid als de eerste lichting embryo's het loodje legt. Partners met ernstige vruchtbaarheidsproblemen en een even ernstige kinderwens keren soms wel tien keer naar de kliniek terug voor een nieuwe behandeling.

Als jonge, vruchtbare wensouders IVF zouden gebruiken om embryo's met goede genen te selecteren, zou volgens bioloog Lee Silver de overlevingskans van de uitverkoren embryo's veel hoger zijn. In theorie is IVF beter dan seks, althans wanneer het puur om de voortplanting gaat. De kans dat een op natuurlijke wijze bevruchte eicel een baby wordt, is ongeveer veertig procent. Bijna de helft van de embryo's sterft in de eerste drie weken, meestal nog voordat de moeder zich realiseert dat zij zwanger is. Deze vroege sterfgevallen hebben vaak chromosomale afwijkingen. Zij zouden bij embryoselectie in een IVF-kliniek al bij voorbaat zijn afgevallen.



Hooguit vierhonderd eicellen laat ze vanaf haar puberteit een voor een rijpen tijdens haar maandelijkse cyclus. De vrouw gooit de meeste onrijpe eicellen in de loop der jaren weg omdat ze dreigen te bederven. Als ze door haar voorraad heen is, raakt ze in de overgang.

Sinds 1991 bestaat de mogelijkheid gedeeltelijk gerijpte menselijke eicellen in het laboratorium tot wasdom te laten komen. Dit heet in-vitromaturatie (IVM). Bij muizen is de IVM inmiddels al zover dat het hele rijpingstraject in het laboratorium kan plaatsvinden. Bioloog John Eppig gebruikte in 1995 onrijpe eicellen om nieu-

we muizen te maken, die kerngezond en vruchtbaar waren. Als hetzelfde kunstje bij mensen werkt, zou een ongeboren vrucht als eiceldonor kunnen dienen. Vrouwen die de abortuskliniek bezoeken omdat ze geen moeder willen zijn, kunnen straks meteen oma worden. De ongeboren vrucht zal zelf het levenslicht nooit zien, maar wordt wel moeder. De biologische moeder en grootmoeder van het kind dat uit de gedoneerde eicel is verwekt, zijn een generatie jonger dan normaal. Daarentegen is de sociale moeder waarschijnlijk oud genoeg om de oma te zijn van het kind dat ze baart en opvoedt.

De toekomst van het klonen

Twee jaar geleden werd in Schotland de eerste levensvatbare kloon gemaakt van een volwassen dier: Dolly, een kloon uit de uier van een zes jaar oud schaap. Zodra Dolly in de publiciteit kwam, kondigde de excentrieke Amerikaanse onderzoeker Richard Seed aan een kliniek voor het maken van menselijke klonen te willen beginnen. De meeste van Seed's collega's beschouwen zijn plan als een publiciteitsstunt. Voor de ene geslaagde poging om een schaap te klonen, waren meer dan driehonderd embryo's en zo'n dertig zwangerschappen nodig. Hoeveel mensen zouden zich vrijwillig aan zo'n martelgang onderwerpen?

Klonen is geen kinderspel. Normaal gesproken groeien uit een uiercel nieuwe uiercellen, niet een heel nieuw schaap. De specialisatie van de volwassen cel moet ongedaan worden gemaakt. Bovendien moet het erfelijke materiaal in de cel een verjongingskuurtje ondergaan, anders verouderd de kloon voortijdig. Dit is allemaal zo ingewikkeld, dat klonen meestal mislukt.

Het kan nog tientallen jaren duren voordat wetenschappers het klonen echt in de vingers hebben. Maar daarna zal het moeilijk zijn te voorkomen dat een opvolger van Seed een kloningskliniek begint op een exotische locatie waar de overheid zich niet met zijn activiteiten bemoeit. Een vrouw die een dochter wil zonder dat er een vader of een spermadonor aan te pas komt, zou er haar vakantie kunnen doorbrengen. Zij komt zwanger terug. Geen instantie in eigen land zal ooit weten dat de baby een kloontje is en de burens vinden het alleen maar schattig dat de dochter als twee druppels water op de moeder lijkt.

Volgens Lee Silver zou klonen ook als medische behandeling

kunnen dienen. Anissa Ayala leed aan leukemie, een dodelijke vorm van beenmergkanker. Zij had een beenmergtransplantatie nodig om een kans te maken. Niemand in de familie had beenmergcellen die voldoende verenigbaar waren met die van Anissa om een geschikte donor te kunnen zijn. Anissa's ouders besloten nog een kind te nemen, in de hoop dat de kleine als donor kon dienen. Alles zat mee en in 1996 werd het hele gezin door CNN geïnterviewd. Anissa was volledig genezen verklaard. Zij werd geflankeerd door haar zesjarige zus die trots vertelde hoe zij Anissa's leven had gered.

Met kloning kan het straks allemaal simpeler. Een kloon van een patiënt is genetisch identiek en dus de ideale donor. Het is niet nodig om een kloon die als donor dient te laten uitgroeien tot een foetus. Als de eerste cellen van het embryo zich beginnen te delen kunnen ze met speciale chemicaliën worden bewerkt die de differentiatie uitstellen terwijl de celdeling in hoog tempo doorgaat. Dit is al vele jaren mogelijk; zo maakt men tegenwoordig in een handomdraai een klomp van miljoenen embryonale stamcellen van muizen. Van mensen is in principe even makkelijk.

Vervolgens moet aan deze cellen worden verteld wat voor werk ze straks gaan doen. Met een nieuwe reeks chemische signalen is het mogelijk de cellen de boodschap mee te geven dat ze beenmergcellen zijn. Deze laatste techniek wordt momenteel alleen nog op experimentele basis op de embryonale stamcellen van muizen toegepast, maar Lee Silver verwacht dat zij binnen twintig jaar voor mensen beschikbaar komt. Dan is het mogelijk in een paar weken een perfect transplantaat voor patiënten als Anissa te maken.



Een groot deel van de klandizie van de eierhandel heeft de overgang al achter de rug. In Nederland hebben medici afgesproken dat ze vrouwen die ouder zijn dan 55 jaar niet met een gedoneerde eicel zwanger zullen helpen maken. Deze leeftijdsgrens is willekeurig. Een wensmoeder van zestig kan in het buitenland zwanger worden.

Ieder paar koestert liever een gezamenlijke afstammeling dan de nakomeling van een donor. In-vitrofertilisatie (IVF) is een uitkomst bij allerlei vruchtbaarheidsproblemen van de vrouw; bijvoorbeeld als de eisprong achterwege blijft, de eicel niet door de eileiders naar de baarmoeder kan reizen of de zaadcellen van de man door het immuunsysteem van de vrouw al vernietigd worden voordat ze goed en wel bij haar binnen zijn.

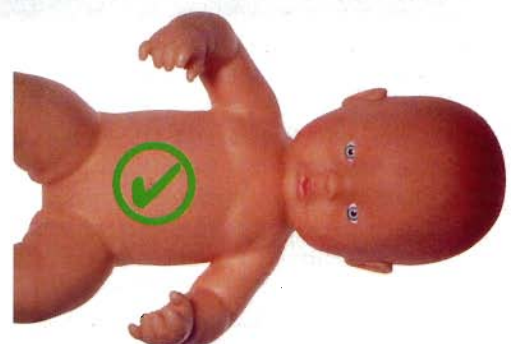
Dankzij IVF hoeft het sperma van de man niet veel soeps te zijn. Als hij weinig levensvatbare zaadcellen produceert, zoekt men er wel eentje voor hem uit die tot bevruchting in staat is. Lukt het de zaadcel niet om de eicel binnen te dringen, dan wordt hij in het laboratorium een handje geholpen met de zogenaamde ICSI-techniek.

Uit slecht zaad kan wel degelijk iets moois groeien, als het DNA in de celkern maar van goede kwaliteit is. Het medisch vakblad Human Reproduction publiceerde in juni een studie van de gezondheid van zo'n tweeduizend kinderen die de afgelopen zes jaar in België via de ICSI-techniek zijn verwekt. Zij hebben niet vaker aangeboren afwijkingen dan baby's die nog met ouderwetse seks werden gemaakt. Uit oudere gegevens concludeerden Australische onderzoekers dat het risico van afwijkingen bij ICSI-kinderen tweemaal groter is dan normaal. De gezondheidstoestand van ICSI-kinderen wordt wel veel kritischer onder de loep genomen dan die van andere baby's. Meer dan de helft van de extra afwijkingen bij ICSI-baby's in het oude onderzoek bestond uit kleine gaatjes in het

hart die zich spontaan sluiten. Baby's die op normale wijze zijn verwekt, worden niet op zulke onschuldige afwijkingen onderzocht.

Aangezien de ICSI-techniek pas sinds 1992 bij mensen wordt toegepast, is het nog niet duidelijk hoe goed de ICSI-kinderen het op school of op de arbeidsmarkt doen. Volgens Australisch onderzoek zouden de ICSI-baby's in het eerste levensjaar een geringe geestelijke achterstand op natuurlijk verwekte kinderen hebben. Maar het is onduidelijk of dat ligt aan de ICSI-techniek, de erfelijke eigenschappen van de ouders of de omstandigheden waarmee

De klant maakt een keuze aan de hand van een catalogus waarin van iedere spermadonor het uiterlijk, de medische geschiedenis en zijn speciale talenten op sportief, artistiek en academisch gebied uitgebreid worden beschreven.



de baby voor en na de geboorte had te maken.

Een man hoeft tegenwoordig niet eens in staat te zijn tot een zaadlozing om vader te worden. De zaadcellen worden desnoods rechtstreeks uit zijn zaadbal of bijbal gehaald. Nederlandse mannen die zich liever in hun ballen laten prikken dan het biologische vaderschap van hun kinderen aan een donor over te laten, moeten naar België reizen; bij ons is deze behandeling verboden. Nederlandse medici vrezen dat er zaadcellen worden gebruikt die nog zo onrijp zijn dat bepaalde instructies die het erfelijke materiaal meekrijgt (de *genomic imprinting*) ontbreken. Maar zonder *genomic imprinting* zou het embryo niet eens kunnen groeien, en inmiddels lopen er al een paar honderd kinderen rond die met deze techniek zijn verwekt.

Alleen als de man helemaal geen zaadcellen heeft, is het vaderschap niet voor hem weggelegd. Zaadcellen zijn de enige cellen uit het mannenlichaam die een eicel kunnen bevruchten. Dat komt doordat ze een enkele portie DNA bezitten: 23 chromosomen. Alle andere lichaamscellen bevatten 23 paar chromosomen: een portie van pa en een portie van ma.

De spermamoedercellen zijn cellen met een dubbele portie DNA die in de zaadballen zitten en voortdurend cellen met een enkele portie DNA baren. Sommige mannen hebben zulke abominabele ballen, dat hun spermamoedercellen daarin hun werk niet kunnen verrichten. Volgens Ralph Brinster van de Universiteit van Pennsylvania zijn deze mannen toch niet hopeloos onvruchtbaar. Spermamoedercellen kun je weliswaar niet in het laboratorium sperma laten maken, maar je kunt ze wel gastvrijheid verlenen in andermans ballen. De pleegtestes hoeven niet van een soortgenoot te zijn. Brinster bewees twee jaar geleden dat de spermamoedercellen van een rat prima gedijen in muizenballen. Als de muizen klaarkwamen, zaten er levensvatbare zaadcellen van een rat in hun sperma.

Brinster is benieuwd wat er gebeurt als hij menselijke spermamoedercellen in de ballen van een beest stopt. Spermamoedercellen zijn zelfvernieuwend, dus als ze het er naar hun zin hebben zou het dier de rest van zijn leven menselijk zaad produceren. Straks kan de hond des huizes wellicht van dienst zijn wanneer de testes van de heer des huizes zich onverhoopt koest houden.

Bij IVF is de heemeester tevens keurmeester. Om het risico te verkleinen dat embryo's worden geïmplanteerd die niet levensvatbaar zijn, is het in Neder-

land gewoonte ze te testen op chromosomale afwijkingen. In Brussel wordt met embryoselectie voorkomen dat vader zijn vruchtbaarheidsprobleem doorgeeft. Als pa niet in staat is tot een zaadlozing, is de oorzaak soms dat hij een X-chromosoom te veel (het Klinefelter-syndroom) of een gen op het Y-chromosoom te weinig heeft. De ouders krijgen de kans een embryo te selecteren dat niet met deze afwijking is opgezadeld. In geval van een defect Y-chromosoom van pa mogen de ouders voor een dochter kiezen, aangezien ieder mogelijk zoontje erfelijk belast zou zijn.

De combinatie van IVF en embryoselectie kan ook gebruikt worden door mensen die normaal vruchtbaar zijn maar een ernstige erfelijke ziekte hebben. De ziekte van Huntington breekt de hersencellen van de patiënt af, zodat hij na een aantal jaren niet meer kan lopen en zelfs zijn eigen naam vergeet. Het gen dat de ziekte veroorzaakt, begint pas met het sloopwerk wanneer de patiënt tussen de veertig en vijftig jaar oud is. Schijnbaar kerngezonde mensen hebben generaties lang nietsvermoedend het dodelijke gen aan hun kinderen doorgegeven.

Inmiddels is de boosdoener gelokaliseerd: hij zit op de korte arm van het vierde chromosoom. Kinderen van patiënten kunnen hun DNA laten onderzoeken op de aanwezigheid van het gen. Vijftig procent van hen zal te horen krijgen dat ze op middelbare leeftijd zullen sterven. Ze hebben misschien nog wel 25 kerngezonde levensjaren voor de boeg. Die willen ze op een leuke manier doorbrengen, bijvoorbeeld met het stichten van een gezin. Maar ze willen het defecte gen niet doorgeven aan hun kinderen en daarom gebruiken ze IVF om een embryo te selecteren dat het defecte gen niet heeft.

Met IVF worden in één keer zoveel mogelijk embryo's gemaakt. Als een embryo zich een aantal malen heeft gedeeld, wordt een celletje weggehaald en op de aanwezigheid van het defecte gen getest. Als de cel het defecte gen bevat, wordt het embryo weggegooid. Men test een volgend embryo, net zolang totdat er voldoende gezonde embryo's zijn geselecteerd voor een geslaagde zwangerschap en een aantal uitstekende reserves om in te vriezen. Deze vorm van preïmplantatie-diagnostiek wordt in Nederland in Maastricht toegepast maar is verboden in Duitsland, Noorwegen, Oostenrijk, Zwitserland en verscheidene Amerikaanse staten.

Embyroselectie is omstreden, omdat het de mogelijkheid biedt beter nageslacht te maken. Bioloog Lee Silver schat dat

Brinster is benieuwd wat er gebeurt als hij menselijke spermamoedercellen in de ballen van een beest stopt. Als ze het er naar hun zin hebben, zou het dier de rest van zijn leven menselijk zaad kunnen produceren.

over een halve eeuw van alle embryo's die na IVF ontstaan een gedetailleerd genetisch profiel kan worden gemaakt, zodat de ouders het embryo met de beste eigenschappen in de baarmoeder kunnen laten plaatsen. Zo'n genetisch profiel zou bijvoorbeeld kunnen aangeven hoe groot de kans is dat het kind later een hoog IQ of een zware hartaanval krijgt.

Een hartaanval wordt niet, zoals de ziekte van Huntington, door één defect gen veroorzaakt. Een heleboel risicofactoren spelen een rol: onder meer hoge bloeddruk, zwaarlijvigheid, stressbestendigheid, rookverslaving en de hoeveelheid 'verkeerd' cholesterol in het bloed. Maar al deze risicofactoren zijn deels een kwestie van erfelijke aanleg; er schijnen zelfs genen te bestaan die ervoor zorgen dat sommigen het extra moeilijk vinden om van de sigaretten af te blijven.

Ook intelligentie is deels erfelijk. Het is nog onbekend waar de belangrijke genen zitten, maar daar komt men in hoog tempo achter: de laatste jaren zijn al een paar genen gelokaliseerd die leermoeilijkheden veroorzaken.

We zullen ook ontdekken waar de genen zich bevinden die ons uiterlijk bepalen. De computer zou aan de hand van het genetisch materiaal van een piepjong em-

Welgestelde ouders hebben er nu al een veelvoud van een ton voor over om hun kind een elitaire opvoeding te geven. Ze zullen ook bereid zijn veel geld te investeren in de genetische kwaliteiten van hun kind.

bryo een simulatie kunnen maken van het uiterlijk van het kind op achttienjarige leeftijd. Aanstaaende ouders kunnen uit een portrettengalerij kiezen welke van de tientallen embryo's in aanmerking komen voor plaatsing in de baarmoeder. Embryo's die waarschijnlijk zouden opgroeien tot lelijke, domme of ziekelijke kinderen vallen af.

Als de techniek er eenmaal is, kun je volgens Silver niet voorkomen dat sommige ouders er gebruik van zullen maken. Desnoods reizen ze de halve wereld af naar een kliniek waar high tech embryoselectie wordt aangeboden. De kosten van het reizen vallen in het niet bij de kosten van de behandeling; al gauw een ton. Welgestelde ouders hebben er nu al een veelvoud voor over om hun kind een elitaire opvoeding te geven – vioolles, de manege, een wiskundekamp, een chic internaat en een goede universiteit. Ze zullen ook bereid zijn veel geld te investeren in de genetische kwaliteit van hun kind.

Embryoselectie houdt in dat overbodige embryo's worden vernietigd; dit gebeurt nu ook al met reserve-embryo's na een geslaagde IVF-behandeling. Het Vaticaan noemt het doden van embryo's een

'prenatale slachting' en dringt erop aan de slachtoffertjes tenminste 'op behoorlijke wijze te begraven'.

Lee Silver vindt dit onzin. De overbodige embryo's zijn slechts minuscule, vormeloze klompjes cellen. Pas vanaf de derde week van de zwangerschap vormen zich de eerste hersencellen. Het duurt dan nog tot de 25ste week voordat de cellen van de hersenschors onderling door middel van synapsen verbonden worden. Voor die tijd moet de foetus het in intellectueel en emotioneel opzicht afleggen tegen een regenworm: bij afwezigheid van communicatie tussen de hersencellen kan de foetus denken noch voelen.

Een specifiek argument tegen embryoselectie is dat we de mens niet mogen veranderen. Moeder Natuur of God dienen onze erfelijke eigenschappen te bepalen. Maar hun taak is al lang geleden overgenomen door de medici. Zonder vaccinaties, antibiotica en operaties waren velen van ons bezweken aan besmettelijke ziekten, longontsteking of een simpele appendicitis. Het is trouwens twijfelachtig of we ooit waren geboren: we hebben bijna allemaal ergens in onze stamboom een ouder, groot- of betovergrootouder die op kunstmatige wijze lang genoeg in leven is gehouden om zich te kunnen voortplanten. In iedere beschaving is een vorm van kunstmatige selectie geïntroduceerd.

Genetische manipulatie gaat nog een stap verder dan kunstmatige selectie. In 1993 brak John Maddox, hoofdredacteur van het Engelse wetenschappelijke tijdschrift *Nature*, een lans voor genetische manipulatie bij mensen. Hij noemde de bestrijding van hemofilie als voorbeeld. Als beide ouders aan deze ziekte lijden, is ieder kind ook een bloeder. Men zou het probleem kunnen oplossen door een gezond gen toe te voegen aan het erfelijk materiaal van het eencellige embryo. Het gen wordt opgenomen in het eigen DNA van het embryo en met elke celdeling meegedeept, zodat uiteindelijk iedere lichaamscel van de baby het gezonde gen bevat.

Genetische manipulatie is in het laboratorium aan de orde van de dag. Daarbij worden zelfs de soortgrenzen overschreden. Muizen kunnen geen rood licht zien maar wel ultraviolet. Amerikaanse genetici hebben eerder dit jaar muizen voorzien van het menselijke gen voor het herkennen van rood licht. De transgene supermuizen kunnen nu meer kleuren zien dan enig ander zoogdier. De omgekeerde behandeling is natuurlijk ook mogelijk: de transgene mens zou dankzij het muizen-

gen niet langer aan ultravioletblindheid lijden.

Maar genetische manipulatie mislukt vaak. Het embryo propt het nieuwe gen op een willekeurige plek in zijn DNA. Soms raakt daarbij een gezond gen beschadigd. Als gevolg daarvan sterft het embryo of komt de baby met een afwijking ter wereld. De meeste supermuizen zitten in de lappenmand. Hetzelfde geldt voor transgene boerderijdieren. De boer is blij met een varken dat dankzij een extra groeigen sneller slachtrijp is en magere karbonades oplevert. Het transgene varken is minder enthousiast; het lijdt aan een nierziekte, gewrichtspijnen of andere aandoeningen doordat het nieuwe gen een van de oude trouwe varkensgenen opzij heeft gebid. Het is niet waarschijnlijk dat vrouwen voor genetische manipulatie kiezen zolang de risico's voor de baby zo groot zijn.

Vorig jaar werd in het laboratorium een methode voor genetische manipulatie ontwikkeld die een stuk veiliger lijkt te zijn. De nieuwe genen worden op een kunstchromosoom geplaatst, dat zich in het embryo net zo gedraagt als een natuurlijk chromosoom. Op zo'n kunstchromosoom passen duizenden nieuwe genen. Als deze technologie een succes wordt, zouden embryo's in de verre toekomst voorzien kunnen worden van genen die bescherming bieden tegen kanker of die het leervermogen vergroten.

Lee Silver verwacht dat mensen liever kiezen voor de beste genen die ze zelf in de aanbieding hebben dan voor erfelijke eigenschappen uit de fabriek. Maar als kunstchromosomen ooit populair worden, kan Silver wel een leuk science-fictionscenario verzinnen. "Over vijfhonderd jaar," fantaseert hij, "heeft een groot aantal mensen zich de kunstchromosomen laten aansmeren van Microgene, dat wordt geleid door een verre achterkleinkloon van Bill Gates. Microgene zorgt ervoor dat haar kunstchromosomen niet compatible zijn met die van kleinere concurrenten, zoals Macgene. Als een vrouw die nog geen klant is een gezin wil stichten met een Microgene-man, moeten beiden de nieuwste versie van het Microgene-kunstchromosoom aanschaffen om voortplanting mogelijk te maken."

Er is één troost: als de kunstchromosomen van Microgene net zo goed zijn als de programma's van Microsoft, is de mens voor het jaar 3000 uitgestorven. ▀