

Stamceller och kloning

Under de senaste årtiondena har människan lärt sig göra en rad saker med befruktade ägg och tidiga embryon. Kor kan ges konstgjorda enäggsfyringar. Vuxna djur kan klonas. Från mänskliga embryon kan man isolera celler med evigt liv, som kan utvecklas till alla tänkbara celler i en kropp. Detta öppnar stora möjligheter att reparera skador i kroppen, men tvingar oss också att fundera över vad som egentligen ger människan hennes speciella värde.



Klona embryon

Under 1980- och 90-talen var en stor andel av de kalvar som föddes i Frankrike ”konstgjorda” enäggsfvillingar eller enäggsfyringar. Anledningen till detta var enkel: man ville få äggen från lämpliga avelskor att räcka till fler kalvar. Men hur bar man sig åt för att göra detta?

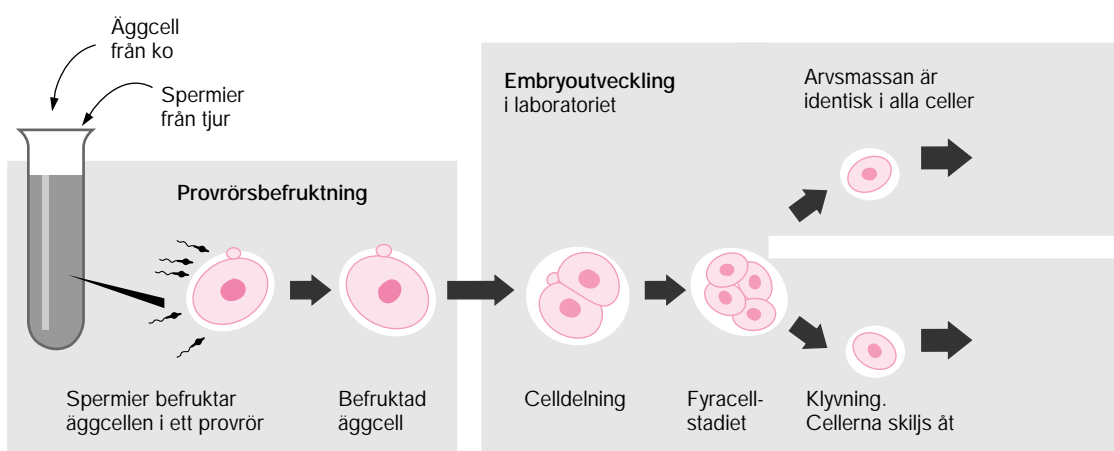
Jo, mycket tidigt under embryoutvecklingen, då det befruktade ägget bara delat sig några gånger, har cellerna inte

börjat specialisera sig. Alla celler i embryot har kvar samma förmåga som det nybefruktade ägget att utvecklas till ett helt djur.

För att skapa genetiskt identiska kalvar gör man därför provrörsbefruktning och låter ägget börja dela sig. När embryot nått fyracellsstadiet delas det i två eller fyra delar, som får växa till varsitt nytt embryo. Därefter sätter man in dem i varsin surrogatmamma, i detta fall kor som behandlats med hormoner, så att de reagerar som om de vore gravida. De två eller fyra kalvar som sedan föds har identiska arvsanlag, precis som två enäggsfvillingar.

Klona embryon

Ett enda befruktat ägg kan ge upphov till flera identiskt lika kalvar.



Naturliga enäggstvillingar uppkommer i princip på samma sätt. Det tidiga embryot faller av sig själv isär i två delar. De bägge delarna utvecklas vidare och lyckas båda fastna i livmodern.

Genom att på detta sätt sära på cellerna i tidiga embryon kan man alltså få flera genetiskt identiska kalvembryon från ett enda befruktat ägg. Men man kan inte i förväg veta om de embryon, man är på väg att plantera in, verkligen är så lyckade som man hoppats. Därför har denna teknik utvecklats vidare, så att man bara planterar in ett av de embryon som skapats i en surrogatmamma. Övriga fryses ner i flytande kväve. Om det visar sig att den kalv som föds är så lyckad som man hoppades, tinas även de resterande embryona upp och planteras in.

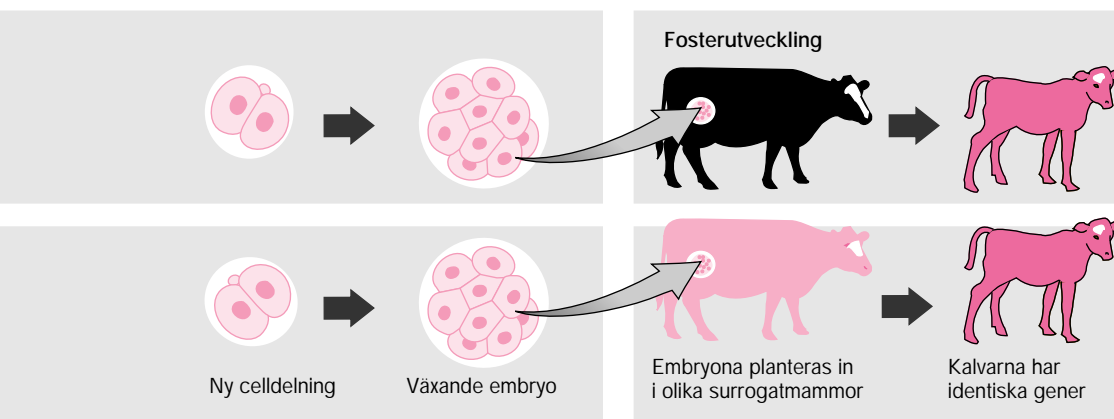
Men hanteringen med nedfrysning och upptining var för avancerad för att fungera och bli lönsam ute på bondgårdar. Den kom därför aldrig till någon

större användning. Däremot är tekniken att klyva och plantera in embryon inte speciellt komplicerad. Rutinerade veterinärer kan utföra den i ett enkelt bärbart laboratorium, som de tar med sig till bondgårdarna.

Trots det är storskalig klyvning av tidiga kalvembryon numera historia i Europa. I Frankrike har man gått över till att hormonbehandla avelskor, så att de lämnar ifrån sig många fler ägg än normalt. Därmed har ”behovet” försvunnit att göra flera kalvar från varje befruktat ägg. Men tekniken används fortfarande i Latinamerika och Australien.

En form av kloning

Detta sätt att göra ”konstgjorda enäggstvillingar” är en form av kloning. Kloning innebär nämligen att man åstadkommer flera genetiskt identiska individer. Den form av kloning, som vi talat om här, skiljer sig dock på avgörande sätt från den kloning som förknippas



med fåret Dolly. Dolly skapades som en kopia av ett redan uppvuxet får, och hur det gick till ska vi se i nästa kapitel. Den form av kloning vi nu diskuterat kan däremot "bara" användas för att skapa flera identiska ungar från ett enda befruktat ägg.

Många av de handgrepp, som används då man klonar djur genom att kly-

va embryon, kan redan idag utföras på människa. Skulle man vilja är det därför troligen bara en tidsfråga, innan man kan lära sig att skapa klonade människor med dessa tekniker. Frågan om vi ska klonas oss själva på detta sätt är således inte en fråga om vad som är tekniskt möjligt, utan om vad tekniken ska användas till.

Fostermosaiker

Genom att manipulera med tidiga embryon på djur kan man inte bara göra "konstgjorda" enäggssyskon. Man kan också göra blandningar av olika individer och olika arter. Man kan till exempel blanda celler från två tidiga musembryon, och därmed få ett embryo som är en mosaik av celler från de två ursprungliga embryona. Den mus som sedan växer upp blir en mosaik av celler med två olika uppsättningar arvsanlag.

Man har till och med lyckats blanda embryoceller från två olika arter, till exempel får och get, och fått djur som varit blandningar av celler från dessa två arter. Detta fungerar dock bara om de två arter som blandas är tillräckligt nära släkt, så att cellerna kan samarbeta med varandra utan problem. Förutom får-geten har man gjort en hästzebra och olika blandningar av häst-mula-mulåsna-åsna. Sådana mosaiker mellan olika arter har inte haft någon kommersiell användning. De har uteslutande använts för forskning.

Klona vuxna djur

I tidningarna kunde man under år 2002 läsa om läkare och professorer, som påstod att de ska sätta upp kliniker för att hjälpa vuxna människor att klona sig, det vill säga att framställa genetiskt identiska kopior av sig själva. Samtidigt hävdade en amerikansk religiös sekt att de redan satt upp laboratorier för att klona sina medlemmar. Vad ska man tro om sådana påståenden, om en nära förestående kloning av vuxna människor?

Kloning av vuxna djur är en ung och omogen teknik. Första gången man lyckades klona ett vuxet djur var 1997, då lammet Dolly föddes. Hon var en genetiskt identisk kopia av sin "mamma", ett några år gammalt får som donerat sina gener till Dolly.

Kärnöverföring

Dolly skapades av ett framstående forskarlag i Skottland. De använde en metod som kallas kärnöverföring. De tog en juvercell från det får, som skulle få en genetisk kopia. Juvercellen slogs sedan ihop med en äggcell, vars cellkärna tagits bort. Äggcellens egna arvsanlag var därmed borta, och i den hopslagna cellen fanns endast arvsanlagen från det får som skulle kopieras.

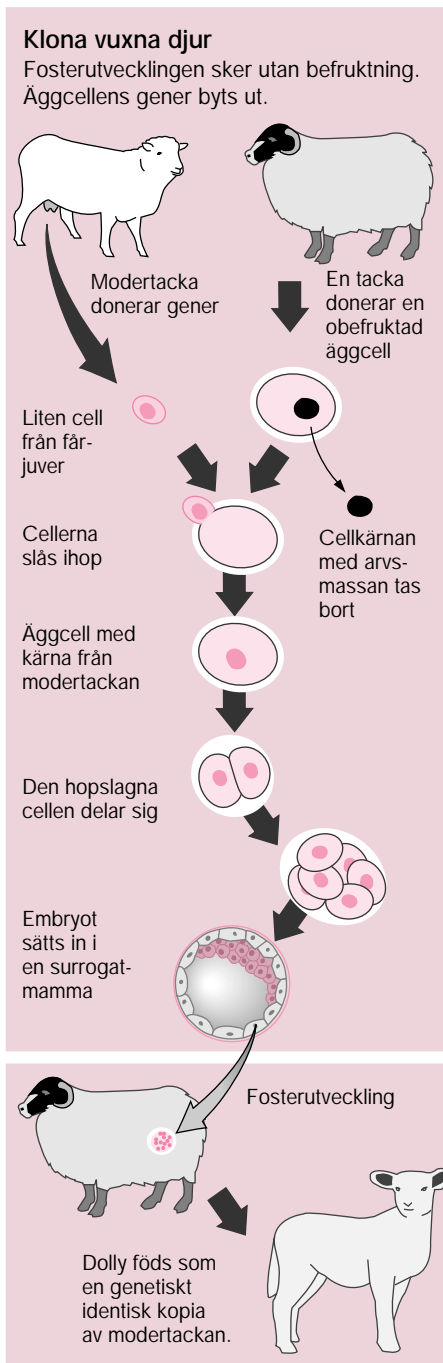
Trots att den juvercell som slogs ihop med äggcellen, var en specialiserad cell, kom den hopslagna cellen att bete sig som ett ospecialiserat, nybefruktat ägg. Den började dela sig och utvecklades till ett embryo. Embryot planterades in i en surrogatmamma, och utvecklades till ett lamm. När Dolly föddes analyserade man hennes DNA, och fann att hon verkligen var en genetisk kopia av det får, som donerat juvercellen.

Men hur kom det sig att den hopslagna cellen betedde sig som ett helt ospecialiserat ägg? Varför hade juvercellen inget inflytande över den hopslagna cellens beteende? Jo, därför att äggcellen var enormt mycket större än juvercellen. Alla de ämnen i juvercellen, som gjorde den specialiserad, späddes ut i den stora äggcellen. De späddes ut så mycket, att de inte längre kunde påverka cellens beteende.

Sedan Dolly föddes har ytterligare klonade får skapats. Även andra däggdjur har klonats med samma metod, bland annat möss, grisar och nötkreatur.

Många missfall och missbildningar

Men tekniken att klona vuxna djur är fortfarande mycket osäker. För varje



lyckat klonat djur, som redovisas i vetenskaplig litteratur, finns det dussintals missfall och djur som fötts med allvarliga missbildningar och defekter. Och många djur – exempelvis katt – har man trots åtskilliga försök hittills inte lyckats klona alls. Varför det blir så många missbildningar och missfall när man klonar, har man ännu ingen aning om.

Ett annat problem med kloning är att vi faktiskt inte vet, hur länge de klonade djuren egentligen kommer att leva. Man vet inte idag hur vare sig hela djur eller de celler de är uppbyggda av håller reda på hur gamla de är. Vi vet därför inte om de "räkneverk", som reglerar åldrandet, nollställs eller inte vid kärnöverföringar. Därför är det tänkbart, men långt ifrån säkert, att klonade djur kommer att åldras i förtid.

Klona människor?

Eftersom kloning så ofta leder till missfall och missbildningar, och man inte vet om klonade djur kommer att åldras i förtid, är alla seriösa forskare ense om att det är vansinne att redan idag försöka klonas människor.

Däremot är det möjligt att de problem som idag finns med kloningstekniken en dag kan övervinnas. Och då ställs vi inför en allvarlig fråga: ska vi börja klonas människor eller ej?

Det kan finnas flera skäl att vilja klonas människor. För barnlösa par kan det vara ett sätt att skaffa egna barn, barn som visserligen inte bär bägge föräldrarnas arvsanlag, men i varje fall den enes. Man kan dessutom se kloning som ett sätt att nå evigt liv, om inte för själen så i vart fall för en del av kroppen. Många människor i USA låter redan nu frysa in delar av sig själva efter sin död, för att göra det möjligt att klonas dem i framtiden.

De allra flesta ryggar dock tillbaka inför möjligheten att vi människor skulle låta klonas oss själva. Av vilken anledning? Det kan ha att göra med att tanken om alla människors lika värde är nära förknippad med att vi alla är olika. Det kanske inte är trots, utan tack vare, våra olikheter som vi anser oss ha samma värde? Att ha en massa genetiskt identiska individer vandrande kring på jorden skulle kanske trassla till vår syn på människans lika värde. Fast det resonemanget leder i förlängningen till att vi inte skulle anse att enäggstvillingar

hade samma värde som vi andra. Och det gör vi väl?

En närbesläktad anledning kan vara omsorgen om allas rätt till en egen individualitet. Den som vill klonas avstår förvisso frivilligt från den rätten. Men inte det barn som föds, som ett resultat av kloning. Barnet har aldrig tillfrågats om det går med på att bara vara en kopia av någon annan.

Vår motvilja kanske också grundar sig i en rädsla för vad totalitära regimer skulle kunna använda kloning till. Om man utvecklade storskaliga metoder, skulle man kunna skapa tusentals genetiska kopior av de människor, som visat sig ha genkombinationer som gjort dem ovanligt lämpliga som fjälljägare, stridsflygare, grovarbetare eller violinister. För att inte tala om vad som skulle kunna göras om kloning kombinerades med de tekniker för att välja och designa barn, som diskuterades i förra avsnittet.

Men kanske grundar sig vår instinktiva motvilja bara på samma kombination av rädsla och ovilja inför det främmande, som fick många i tidigare generationer att rygga tillbaka, första gången de mötte en färgad människa? I så fall är det bara en tillvänjningsfråga. Låt oss anta att våra barn kommer att ha kompisar, som är klonade från någon av sina föräldrar. Att en av våra bästa vänner skaffat barn på samma sätt. Och att vi dagligen på bussen och i affären möter mammor och pappor med barn som är klonade från någon av dem. Kommer vi kanske i så fall att uppfatta kloning, som



något lika naturligt, som vi nu uppfattar adoption eller provrörsbefruktning?

Om man vill förbjuda kloning måste man också fundera noga över exakt vad det är man ska förbjuda. Är det att skapa ett nytt embryo, genetiskt identiskt med en levande människa? Eller är det att

låta ett sådant embryo utvecklas till en människa? Frågan kan verka teknisk, men den är viktig om man ska kunna ta ställning till en tänkbar metod att i framtiden få fram celler och organ för transplantationer. Den metoden diskuteras i nästa kapitel.



Regler om kloning av människa

De lagar som finns i Sverige förbjuder att befruktade ägg, som utsatts för forskning, åter förs in i en kvinnas kropp. Samma lagar förbjuder att forskning sker för att utveckla tekniker, som kan användas för att förändra människans gener, så att förändrade anlag går i arv.

Det är en tolkningsfråga ifall kloning av en människa därigenom är förbjuden. Ska man se ett ägg, som fått en helt ny cellkärna, som ett befruktat ägg? I så fall får det inte föras tillbaka till en kvinnokropp, och kloning är förbjuden. Innebär kärnöverföring att man förändrar människors arvsanlag? Det beror på om man tar fasta på det ägg, som får alla sina arvsanlag förändrade, eller på den individ vars arvsanlag bevaras just genom kloningen.

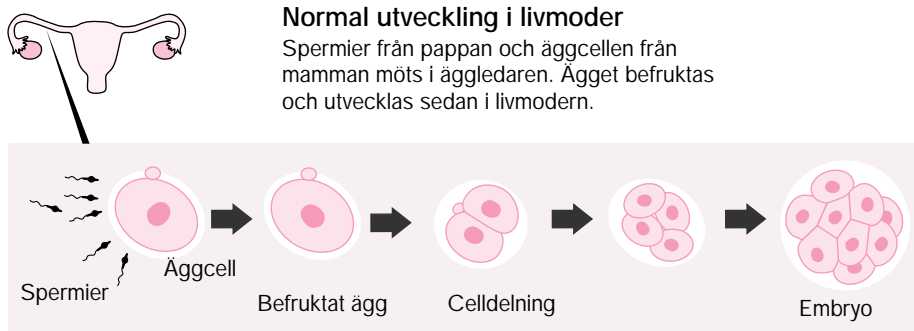
I skrivande stund (våren 2002) har en utredning börjat arbeta med att ta fram nya lagar och rekommendationer för att reglera frågan ordentligt. Under tiden, fram till dess att tydliga lagar finns, har Vetenskapsrådet (den högsta myndigheten för svensk grundforskning) förklarat att man inte bör genomföra kärnöverföring.

Embryonala stamceller

Då ett ägg är befruktat börjar det långsamt dela sig och bilda ett embryo. Under de första celldelningarna är cellerna fortfarande helt ospecialiserade, men efter fem dagar har de börjat specialisera sig och bildat något som ser ut som en liten mjuk boll, en så kallad blastocyst. De celler som ligger i bollens vägg kommer att bilda fosterhinna och moderkaka, medan de som finns inne i bollen kommer att utvecklas till själva fostret. Cellerna i det inre av embryot kan alltså ge upphov till alla de olika celler som finns i en människa.

Skapa embryonala stamcellslinjer

Numera kan man ta ut cellerna från det inre av ett tidigt embryo och odla dem i cellkultur. De fortsätter då att dela sig regelbundet och förblir så ospecialiserade att de i princip kan ge upphov till alla typer av celler i kroppen. Sådana cellkulturer kallas för embryonala stamcellslinjer. Behandlar man dem sedan på olika sätt – till exempel genom att ge dem ämnen som kroppen själv använder för att styra cellernas specialisering – kan man få dem att utvecklas till olika typer av kroppsceller.



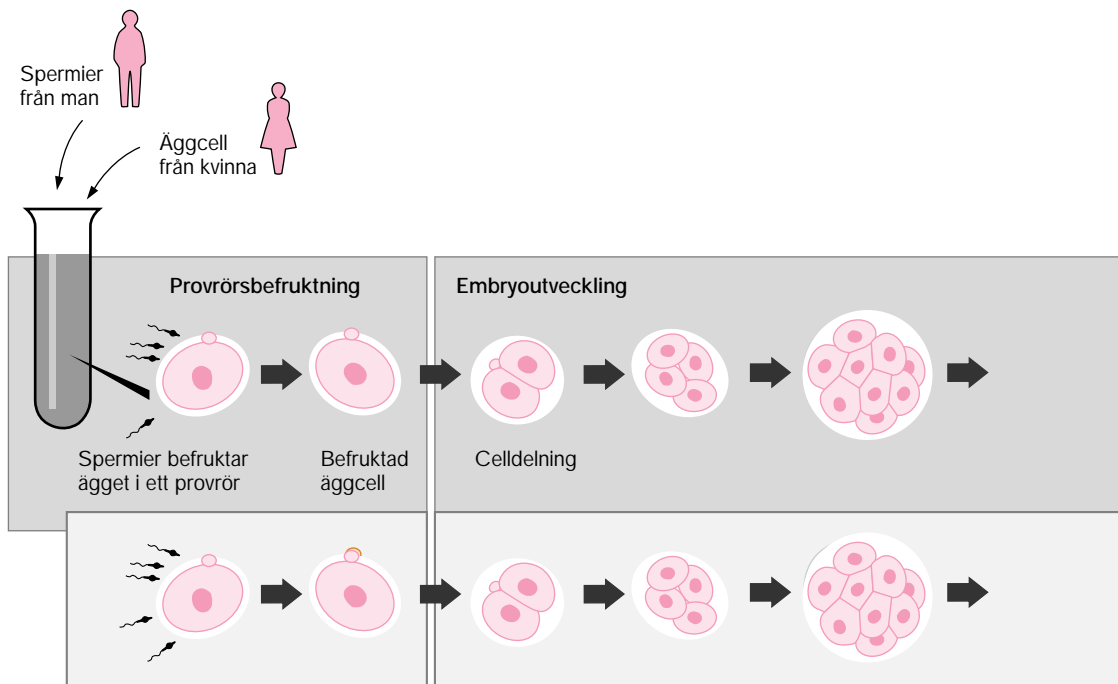
Embryonala stamcellslinjer har funnits från möss sedan början av 1980-talet, men inte förrän i slutet av 1990-talet lyckades forskarna skapa sådana cellkulturer från människa. För att framställa dem används embryon som blivit över vid provrörsbefruktningar. (Då ett par får hjälp att skaffa barn genom provrörsbefruktning skapas ofta fler befruktade ägg än man planterar in.)

Likvärdiga celler finns också i aborterade foster. De celler i fostret, som är förutbestämda att utvecklas till könsceller, är även de nästan helt ospecialiserade. Från dem kan man därför få fram cellkulturer, som kan utvecklas till många olika kroppsceller.

Då forskarna lärde sig odla embryonala stamceller, startade en häftig debatt om teknikens vara eller icke vara. Å ena sidan hoppas många att den ska kunna användas för att ta fram celler för transplantation, och därmed kunna bota en rad sjukdomar. Å andra sidan kritiserar tekniken häftigt, bland annat eftersom man använder mänskliga embryon för att skapa cellkulturerna.

Stamceller från embryon

Vid provrörsbefruktning genomförs flera parallella befruktningar. Embryonala stamceller från embryon, som blir över vid provrörsbefruktningen, får användas i forskningssyfte i Sverige.



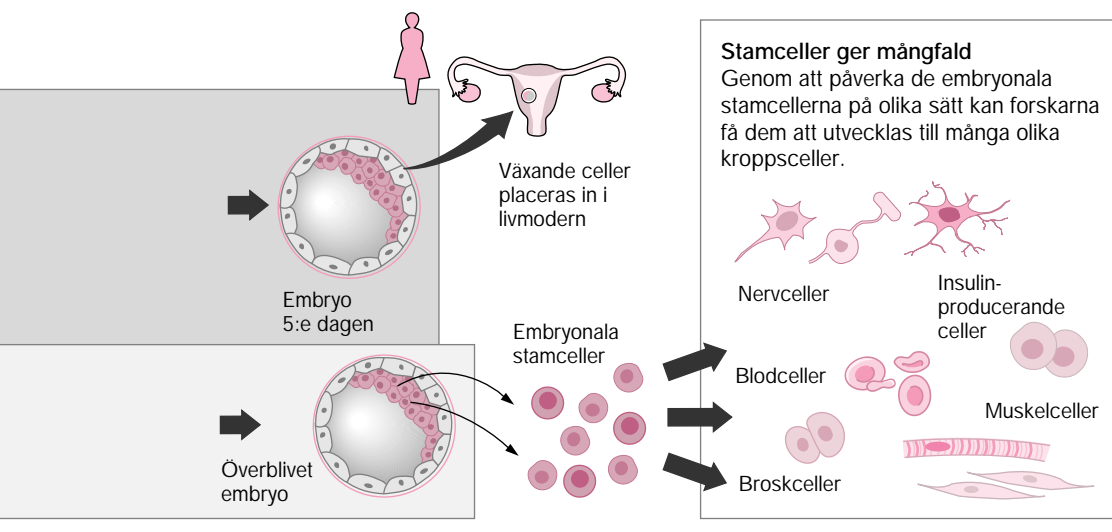
Förhoppningar

Låt oss börja med att se på de förhoppningar tekniken reser. Eftersom embryonala stamceller kan utvecklas till alla slags celler som finns i en människokropp, tror man att de kan användas för att ersätta vävnad och reparera skadade organ. Exempelvis skulle de kunna användas för att bota diabetes.

Normalt tillverkas insulin av små klumpar av celler i bukspottkörteln. Hos diabetiker är dessa celler förstörda. Man har dock lyckats få embryonala stamceller från möss att bilda sådana cellklumpar. När de transplanterats in i bukspottskörteln på en mus med diabetes, börjar de tillverka insulin. Därför

hoppas många forskare att det ska gå att behandla människor med diabetes på liknande sätt.

Inom de närmaste åren hoppas forskarna också kunna behandla Parkinsons sjukdom med hjälp av embryonala stamceller. Vid denna sjukdom försvinner en grupp nervceller, som bildar signalämnet dopamin på ett speciellt ställe i hjärnan. Sjukdomen kan lindras eller botas om man transplanterar in nya nervceller som tillverkar dopamin. Nervceller för sådana transplantationer tas idag från aborterade foster eller djur. Men ska man kunna använda behandlingen rutinmässigt behövs betydligt fler celler än de man kan skaffa på detta



sätt. Därför hoppas man i framtiden i stor skala kunna odla dopaminproducerande nervceller från embryonala stamceller.

I framtiden kan det till och med bli möjligt att ersätta många av dagens transplantationer av hela organ med att föra in en liten mängd stamceller i kroppen, som på plats reparerar det skadade organet. Istället för att göra en riskabel hjärttransplantation hoppas man till exempel kunna föra in stamceller i hjärtat, som där kan utvecklas till de speci-

licerade celler som behövs för att ersätta skadade delar av hjärtat. I både mus och människa har man på så sätt lyckats reparera både skadade kranskärl och skadade delar av själva hjärtmuskeln.

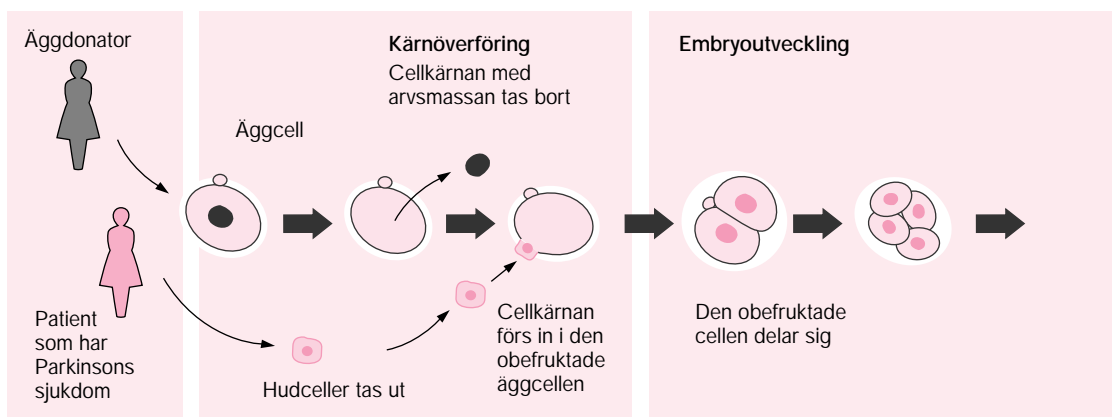
Undvika avstötning

Ett stort problem med transplantationer är att kroppens immunförsvar kan upptäcka att det man transplanterat är främmande och börja angripa det. Man kallar detta för avstötning. Utvecklar man metoderna att odla ersättningsceller från embryonala stamceller finns möjligheter att slippa det problemet.

En möjlighet skulle kunna vara att man skapar ett stort antal olika embryonala stamcellslinjer, med olika varianter av de proteiner som retar immunförsvaret. För varje människa, som behöver transplantation, kommer det då att finnas åtminstone en stamcellslinje, som kan tillverka ersättningsceller som inte retar immunförsvaret.

Kroppsegna stamceller

Genom att skapa ett klonat embryo, på samma sätt som då Dolly skapades, kan man få embryonala stamceller med ens egna arvsanlag. Därmed kan man göra ersättningsceller, som kroppens immunförsvar inte reagerar mot, till exempel för att behandla Parkinsons sjukdom.



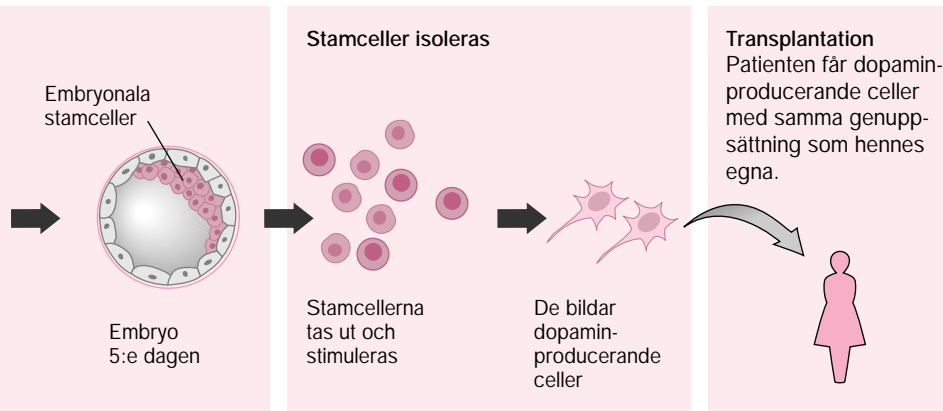
en äggcell, som berövats sin cellkärna. Den hopslagna cellen uppfattar sig nu som ett befruktat ägg och börjar dela sig och bilda ett embryot. När embryot är ungefär fem dagar gammalt, tas de celler ut, som kan bilda embryonala stamceller. Från dessa odlas sedan de celler patienten behöver. De odlade cellerna kommer då att ha patientens egna arvsanlag, och risken för avstötning blir därför liten. Tanken att på detta sätt framställa embryonala stamceller, vars arvsanlag är identiska med den tilltänkta mottagaren av cellerna, kallas i massmedia ofta för terapeutisk kloning.

En annan möjlighet skulle kunna vara att se till att generna hos de stamceller som används, kommer från samma person som behöver transplantationen. För att göra detta skulle man kunna utnyttja den så kallade kärnöverföringsteknik, som beskrevs i förra kapitlet. En liten cell tas från den människa som behöver transplantation. Cellen slås ihop med

Invändningar

Låt oss sedan se vad kritikerna mot tekniken säger.

För det första kritiseras användning av embryonala stamceller av dem som anser att människovärdet uppkommer redan vid befruktningen. De menar att man dödar mänskliga embryon då



embryonala stamceller framställs, och att man därmed kränker människovärdet. Mot detta synsätt invänder andra debattörer att människovärdet är något som förvärvas gradvis under utvecklingen från nybefruktat ägg till färdigt barn. Debatten mellan dessa bägge synsätt har blivit mycket intensiv.

För det andra finns en oro för att teknikerna kring stamceller kan utvecklas till ett sätt att snabbt göra stora mängder identiska, klonade människor. Visserligen är de embryonala stamcellerna tagna ur embryot efter det att cellerna börjat specialisera sig. De celler som blir stamceller har redan "valt bort" möjligheten att bilda fosterkaka. Men det är inte omöjligt att man i framtiden kommer hitta sätt att få dessa celler att differentiera tillbaka och därmed åter få förmågan att bilda helt nya embryon.

För det tredje hävdas att det inte är säkert att vi behöver använda dessa embryonala stamceller. De senaste årens forskning visar nämligen att en hel del saker som man förut trott att enbart embryonala stamceller kunde göra också kan göras av olika grupper av celler som finns i kroppen hos alla vuxna människor. Cellen som därför kallas för vuxna stamceller. Om dessa celler handlar nästa kapitel.





Regler kring embryonala stamceller

I Sverige finns en lag kring befruktade ägg och embryon, som tillåter att embryon hålls vid liv för forskning i max 14 dagar. Därefter ska de förstöras. Lyckas man få embryonala stamceller att utvecklas från några av embryots celler anses de ha slutat vara en del av ett embryo, och kan därför fortsätta odlas.

Vidare finns riktlinjer (som inte är juridiskt bindande men trots detta med stor sannolikhet kommer att följas) för arbete med embryonala stamceller i forskning. Enligt dessa får man använda embryon som blivit över vid provrörsbefruktning, men man får inte göra befruktningar enkom för att kunna göra embryonala stamceller. Det par som donerat ägg och spermier måste ge sitt tillstånd. Stamcellerna får sedan inte användas av forskarna till annat än det som donatorerna gått med på.

Det är oklart om det är tillåtet att göra kärnöverföring för att skapa stamceller med arvsanlag identiska med den blivande mottagarens. Den myndighet som samordnar all grundforskning i Sverige, Vetenskapsrådet, menar att det inte är acceptabelt att göra kärnöverföringar förrän det finns tydliga lagar och regler kring frågan. Myndigheten föreslår att det skapas lagar som tillåter detta och anger vilka regler de anser ska gälla för kärnöverföring.

Liksom all annan medicinsk forskning på människor behöver forskning med embryonala stamceller tillstånd från forskningsetiska kommittéer. De består av läkare, forskare och lekmän (exempelvis präster, politiker eller filosofiintresserade debattörer), och ska göra en etisk granskning och väga nyttan med forskningen mot olika tänkbara risker och obehag.

Embryonala stamceller i andra länder

Reglerna kring embryonala stamceller skiljer sig mycket mellan olika länder.

I USA har presidenten beslutat att statliga forskningspengar inte får gå till forskning som innebär att nya embryonala stamcellslinjer skapas. Däremot får de användas till forskning på embryonala stamceller som skapats innan detta beslut fattades. För forskare och företag som inte använder statliga anslag finns inga begränsningar.

Detta har gjort svenska forskare till attraktiva samarbetspartners för amerikanska forskare. Många av de embryonala stamcellslinjer som tagits fram före detta beslut är nämligen framtagna av svenska forskare.

Att Sverige har så stor andel av de embryonala stamcellslinjer som hittills skapats, beror på att Sverige har haft en förhållandevis liberal lagstiftning kring experiment med mänskliga embryon. I Tyskland får över huvud taget inga experiment göras på befruktade ägg.

I Frankrike får experiment på embryon bara ske om embryot inte skadas av detta. I Danmark får experiment med befruktade ägg och embryon enbart ske för att förbättra teknikerna för provrörsbefrukning. De paragrafer i Irlands konstitution som förbjuder aborter, förbjuder samtidigt varje form av experiment eller manipulation med mänskliga embryon.

Däremot har Finland, Italien, Nederländerna och Storbritannien regler som liknar de svenska. I Finland och Storbritannien är det även tillåtet att göra kärnöverföring för att skapa embryonala stamceller.

Stamceller från vuxna

Många av våra celler lever ett intensivt men kort liv och dör några dagar, veckor eller månader efter det att de bildats. För att ersätta döda celler har vi olika grupper av celler vars uppgift är att bilda nya celler. De kallas med ett gemensamt ord för vuxna stamceller.

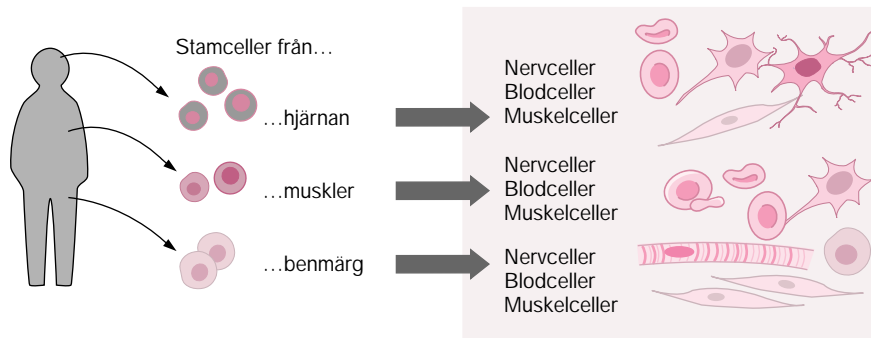
Vi har vuxna stamceller i benmärgen, som bildar alla de olika celler som finns i blodet. Vi har stamceller i muskler, som bildar nya muskelceller då de gamla blivit utslitna. Ja, det finns till och med stamceller i hjärnan, som kan bilda nya nervceller. Liknande stamceller finns även i andra organ och bildar där

celler, som ersätter de gamla cellerna i organet allt eftersom dessa dör.

Vuxna stamceller kan tas ur kroppen och odlas i cellodlingskulturer. I synnerhet stamcellerna i benmärgen har visat sig kunna användas för att behandla många sjukdomar. Med benmärgstransplantationer kan man nu för tiden bota många människor med blodcancer. Ja, man har till och med lyckats bota ärftliga fel på de vita blodkropparna genom att ta ut stamceller från patientens benmärg, föra in en ny gen i dem och föra tillbaka dem till patienten.

Vuxna stamceller

Stamceller, som tas från olika vävnader i vuxna individer, kan bilda flera olika typer av celler oberoende av vilken vävnad de hämtas från.



Kan ge olika celltyper

Under de senaste åren har det dessutom visat sig att många vuxna stamceller, som odlas i cellodlingskultur, inte bara kan utvecklas till de celler de normalt bildar i kroppen, utan dessutom till helt andra typer av celler. Så kan exempelvis stamceller från benmärgen utvecklas till både muskelceller och nervceller. Och stamceller i hjärnan kan, förutom att bli nervceller, bilda både blodkroppar och muskelceller. Därför hoppas forskarna att vuxna stamceller ska kunna användas till att göra samma saker som man också hoppas att embryonala stamceller ska kunna göra: nämligen att utvecklas till celler som kan ersätta skadade celler eller reparera organ i kroppen. Om detta visar sig vara möjligt, skulle man slippa de etiska problem de embryonala stamcellerna för med sig.

Mycket tyder till exempel på att stamceller från benmärgen skulle kunna användas för att behandla människor, som fått en del av hjärtat skadat vid en lindrig hjärtattack. Man skulle då föra in stamceller från benmärgen till det skadade hjärtat. På plats skulle stamcellerna kunna utvecklas till celler som bygger upp muskler och blodådror, och därmed ersätta de celler som blivit förstöda vid infarkten. Sådana transplantationer har lyckats både på möss och människa.

På liknande sätt finns mycket som tyder på att man skulle kunna få vuxna stamceller att bilda celler som tillverkar insulin åt diabetiker och nervceller som bildar dopamin åt Parkinsonpatienter.

Forskningen med vuxna stamceller har i flera avseenden kommit längre än forskningen med embryonala stamceller. Behandling med vuxna stamceller testas idag på människa. De tänkbara behandlingarna med embryonala stamceller har däremot inte lämnat djurförsöksstadiet.

En fördel med vuxna stamceller är också att de ofta kan tas från den person som behöver transplantation. Då blir risken mycket liten att immunförsvaret ska uppfatta transplantatet som något främmande och försöka förstöra det.

Begränsningar

Å andra sidan tycks de vuxna stamcellerna ha några begränsningar jämfört med embryonala stamceller. För det första har ingen vuxen stamcell ännu visat sig kunna bilda lika många olika celltyper som embryonala stamceller – bara många fler än man tidigare trott. Det är därför osäkert om det kan gå att reparera mer komplicerade organ, som innehåller många olika celltyper, med vuxna stamceller.

För det andra delar sig vuxna stamceller långsammare än embryonala stamceller och bara ett begränsat antal gånger. Det gör att det tar längre tid att odla tillräckligt många av de celler man vill ha, och att man riskerar att inte få så mycket av dem som man skulle behöva.

Det är dock tänkbart att detta bara är tillfälliga tekniska problem och att man inom ett antal år lärt sig hur man ska få vuxna stamceller att utvecklas åt alla



tänkbara håll och dela sig både snabbt och länge. I så fall öppnas fascinerande möjligheter. Allt som skulle behövas för att reparera ett skadat hjärta eller bota diabetes, är att ta några celler från benmärgen eller huden, låta dem utvecklas till de celler man behöver och föra in dem på rätt plats i kroppen.

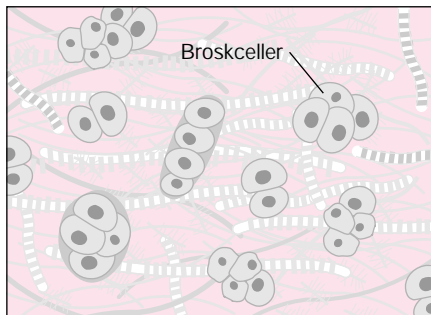
Forskningen kring såväl embryonala som vuxna stamceller är dock ung och

outvecklad. Man vet ännu inte säkert om någon av teknikerna kommer att infria de förhoppningar som väckts. Man vet inte vilka typer av stamceller som i praktiken kan komma att fungera i olika slags behandlingar. Därför vill forskarna få tillstånd att fortsätta undersöka vad som är möjligt att åstadkomma med både embryonala och vuxna stamceller.

Konstgjord hud på rulle

För några år sedan publicerades en bild på en mus med något som såg ut som ett människoöra fastspänt på ryggen. Det var visserligen inget "riktigt" öra som satt där, men i varje fall något som var tillräckligt likt ett mänskligt öra för att kunna opereras fast på en pojke. Örat växte sedan fast och blev en integrerad del av hans kropp.

Detta är ett exempel på att forskarna inte bara kan odla nya celler av olika slag. De kan dessutom få cellerna att bilda olika vävnader, och många forskare hoppas med tiden kunna lära sig att odla hela nya organ.



Brosk

I broskvävnad ligger speciella broskceller glest utspridda i ett elastiskt nätverk av starka fibrer. Cellerna tillverkar ständigt nya fibrer för att ersätta dem som slitits ut.

Konstgjort öra

En stor del av byggmaterialet inne i våra öron består av brosk. Det är ett material där speciella broskceller ligger utspridda i ett hårt nätverk av olika fibrer. Cellerna tillverkar ständigt nya fibrer, som ersätter de gamla som slitits ut eller blivit förstörda. De forskare som skapade det "konstgjorda" örat hade därför gjort en gjutform, formad som ett människoöra och fyllt den med ett nätverk av konstgjorda fibrer. Sedan lät de broskceller, tagna från den pojke som skulle få det nya örat, krypa in i gjutformen. Cellerna förökade sig och började tillverka naturliga fibrer som ersatte de konstgjorda. Till slut var det ursprungliga, konstgjorda nätverket av fibrer, utbytt mot riktigt brosk. Forskarna hade alltså lyckats odla en bit brosk formad som ett människoöra.

De var dock oroliga för att några celler i denna broskklump skulle kunna ha utvecklats till cancerceller. Cellerna skulle i så fall kunna vandra ut ur örat och starta tumörer runt om i kroppen hos den person som fått det konstgjorda örat. För att kontrollera om det fanns några sådana cancerceller i örat, opererades detta till en början fast vid en mus,

som manipulerats så att dess immunförsvar inte reagerade mot människoceller. Först när örat suttit några månader på musen, utan att den fått cancer, vågade man operera fast det på en människa.

Denna teknik, att tillverka brosk i gjutform, har nyligen börjat testas för en rad olika saker i sjukvården. Bland annat tillverkar man ringar av brosk, som opereras in som stöd runt urinvägarna hos personer som drabbats av inkontinens (att lätt kissa på sig). Man odlar också broskplattor som kan opereras in i knäna vid förslitningsskador. I bägge fallen tar man broskceller från patienterna själva och låter dessa växa in i gjutformen. Men cellerna delar sig långsamt. Det går ofta mer än ett halvår från det att man tar de första broskcellerna från patienten till det att de bildat en broskbit som kan opereras in. Det är inte konstigt att brosk är den första väv-

nad man kan odla i laboratoriet. Brosk har en enkel uppbyggnad. Den består bara av en celltyp, som ligger i en porös väv av fibrer som cellerna själva tillverkar.

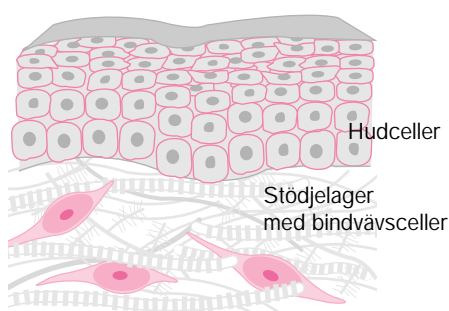
Konstgjord hud

Hud har en mer komplicerad uppbyggnad än brosk. Underst finns ett stödjelager, ett mjukt och segt, men starkt nätverk av fibrer, där det här och var finns bindvävsceller, som tillverkar dessa fibrer. Ovanpå nätverket finns ett lager hudceller, som sitter tätt ihop och binder hårt till varandra.

Då människor drabbas av svåra brännskador kan läkare ta en liten bit av den oskadade huden, ta loss hudceller och låta dem dela sig ett stort antal gånger. Cellerna kan då bilda stora plattor, fem eller tio centimeter långa. Plattorna fästs på de ställen på patienten där huden försvunnit. De kommer med tiden att växa fast och bilda en ny hud. Det tar dock några veckor för de oskadade hudcellerna att bilda så stora plattor att de kan täcka stora brännsår.

Patienter med allvarliga brännskador har därför stora besvär under den tid det tar för de nya hudplattorna att växa färdigt. Därför har forskare i USA utvecklat en metod att göra "konstgjord hud" som säljs på rulle. Huden kan användas för att täcka brännsår fram till dess plattorna av hud från patienternas egna celler är färdiga.

Företaget använder sig av den förhud som skärs bort då nyfödda pojkar blivit



Hud

Huden är uppbyggd av flera skikt. Cellerna i överhuden nybildas längst in mot stödjelagret (läderhuden). Läderhuden består av fast bindväv och är starkt elastisk.

omskurna. Eftersom huden tas från nyfödda, delar sig både bindvävsceller och hudceller mycket snabbt. De två celltyperna säras från varandra och några bindvävsceller släpps ut i en tunn platta med ett nätverk av sådana fibrer som finns i stödjelagret. Bindvävscellerna vandrar in i nätverket, delar sig snabbt och börjar själva tillverka mer fibrer som gör nätverket segt och hållbart. Stödjelagret är nu färdigt, och ovanpå detta placeras några hudceller. Dessa delar sig och allt eftersom hudcellerna blir fler och fler, täcker de en allt större del av stödjelagret. Till slut är hela stödjelagret täckt av hudceller

Men då sådan konstgjord hud placeras på ett brännsår kommer patientens immunförsvar att uppfatta hudcellerna som något främmande och långsamt börja förstöra den konstgjorda hudens

ytlager. Det underliggande stödjelagret kommer däremot att bestå, och då plattorna med nya ytskikt från patientens egna hudceller är färdiga, kan de transplanteras ovanpå stödjelagret.

Man skulle i framtiden kunna bota ärftliga hudsjukdomar, genom att kombinera metoden att odla ny hud från patientens egna celler med att man för in nya gener i hudcellerna. På så sätt skulle till exempel ärftliga eksem kunna behandlas. Det kommer kanske inte att bli praktiskt möjligt att byta ut all hud på en patient. Men man skulle i alla fall kunna byta ut huden på ställen som är särskilt utsatta och känsliga, eller på de ställen där problemen är som värst.

Hela organ

Med liknande metoder arbetar man idag för att odla bland annat sensor, liga-

ment, hjärtklaffar och tarmslemhinna. Några av dessa projekt har idag kommit så långt att de börjat testas på människor, andra testas ännu bara i djurförsök.

Det är dock mycket svårt att utanför kroppen odla mer komplicerade organ som lever eller njure, där många olika celltyper ska arrangeras i en bestämd arkitektur. Istället för att försöka odla hela organ utanför kroppen, tror forskarna idag att de kan lära sig hur de ska hjälpa celler, som redan finns på plats i kroppen, att reparera skadade organ. Exem-

pelvis skulle man kunna föra in ämnen i kroppen, som stimulerar cellerna i ett skadat organ att börja dela sig och bygga upp korrekta strukturer. Eller så skulle läkare kunna föra in celler, som är odlade utanför kroppen, och som bildar rätt strukturer på plats. De flesta forskare tror att detta är mycket svårt att åstadkomma med vanliga kroppsceller. Däremot tror de att embryonala eller vuxna stamceller skulle kunna användas för att på detta sätt reparera hela organ på plats i kroppen.

● När uppkommer människovärdet?

En del av de tekniker som beskrivits i denna del av boken är mycket omdebatterade. Ska vi tillåta kloning av människor? Ska vi acceptera att embryonala stamceller skapas? Ska vi tillåta kärnöverföring för att skapa stamceller, som är genetiskt identiska med den person som behöver celler för transplantation?

Forskarsamhället försvarar både embryonala stamceller och kärnöverföring och menar att dessa tekniker i framtiden kan hjälpa oss att bota svåra sjukdomar och kanske rädda många människors liv. En rad debattörer kritiserar teknikerna, därför att de anser det vara fel att döda embryon. Debattens vågor har gått höga. Det beror till stor del på att olika debattörer har helt olika grundläggande sätt att resonera kring etiska frågor.

Många människor har en moralsyn där det viktiga är, vilket syfte en handling har eller vilken effekt handlingen får. I en kedja av handlingar, med många små länkar som tillsammans ger ett resultat, bedömer de händelseförloppet som en helhet. Tittar man på de tekniker, som diskuterats i detta avsnitt, ser man att det finns somliga handlingskedjor, som leder till att det skapas utbytesceller för transplantation och andra som leder till att människor klonas.

Därmed blir det lätt för människor med denna moralsyn att ta ställning till de olika händelseförloppen. Tycker man att det är bra att det skapas utbytesceller för transplantation, accepterar man de handlingskedjor som leder till detta. Tycker man att det är bra att människor klonas, accepterar man även en serie handlingar som leder till detta. Anser man att utbytesceller är bra, men att klonade människor är dåligt, accepterar man de handlingskedjor som leder till att det skapas celler för transplantation, men motsätter sig dem som leder till klonade människor. Och så vidare.

En invändning mot detta sätt att resonera är att man bortser från att oförutsedda saker kan ske. Länkarna i olika kedjor av handlingar kan kopplas ihop på andra sätt än det var tänkt. Kanske ett klonat embryo, som skapats för att göra utbytesceller, förväxlas med ett naturligt embryo och planteras in i en kvinna? Genom att tillåta det ena kan man få det andra på köpet.

Många andra människor har istället en moralsyn där de bedömer varje handling för sig. För varje steg i en serie av handlingar frågar de sig om detta är något de accepterar eller ej. Då hittar man i dessa tekniker flera åtgärder som kan diskuteras. Dels att man förstör embryon, som skulle kunna ge upphov till nya människor. Dels att man på olika sätt skapar klonade embryon, antingen genom att klyva tidiga embryon eller genom att slå ihop en liten kroppscell med ett ägg som förlorat sin cellkärna.

För många människor leder tanken på människolivets okränkbarhet till slutsatsen att även ett nybefruktat ägg och ett tidigt embryo har ett okränkbart värde. Då blir det naturligtvis fel att döda ett embryo, även om det skulle ske för att bota sjuka människor.

Det leder också till att det blir svårt att acceptera att man skapar klonade embryon, oavsett vilken av de två metoderna man använder. Ty därigenom skapar man ett nytt mänskligt liv, som med vilje framställts för att bli en kopia av någon annan.

Andra människor håller inte med om att det nybefruktade ägget har ett okränkbart människovärde. De menar att embryot och fostret gradvis får sitt människovärde under utvecklingen mot ett färdigt barn. De embryonala stamcellerna tas från mycket tidiga embryon, som knappt är mogna att planteras in i en livmoder. För varje lyckad graviditet försvinner flera tidiga embryon, som aldrig lyckas inplanteras i livmodern, utan att vi sörjer det speciellt mycket. Värdet hos dessa tidiga embryon måste därför vägas mot värdet hos de människor som skulle kunna botas av embryonala stamceller.

Tänk er, säger de som har denna syn, att en sjuksköterska får en hjärtinfarkt just när hon håller i en behållare med hundra nedfrysta embryon. De ramlar ut på golvet och kommer snabbt att förgås om de inte omedelbart plockas upp och återförs till frysen. Under den tid det skulle ta att ge sjuksköterskan konstgjord andning och ringa en ambulans, skulle man haft tid att rädda de flesta embryona. Råder då någon tvekan om vad man bör göra först – rädda embryon eller försöka rädda den redan födda människan?

De som menar att embryot har ett okränkbart värde svarar då med ett annat tankeexperiment: Om människovärdet uppkommer gradvis, medan embryot och fostret får allt fler av de egenskaper det färdigutvecklade barnet har, hur ser man då på missbildade och utvecklingsstörda barn? Barn som saknar någon eller några av



dessa egenskaper, har de bara delar av ett människovärde? Är de inte lika mycket värda som andra?

Så går diskussionen fram och åter och hamnar ofta i samma grundläggande frågeställning som abortfrågan: När får den blivande människan sitt människovärde: vid befruktningen, vid inplantningen i livmodern eller senare?

Många människor har dock olika åsikter i frågorna om abort och embryonala stamceller. Det finns till exempel många debattörer som accepterar att aborter är lagliga, men vill förbjuda skapandet av embryonala stamceller. De menar att människovärdet uppkommer vid befruktningen, och att de tidiga embryona därför bär ett människovärde. I fallet med embryonala stamceller ska dessa embryon förstöras bara för att man kanske i framtiden kan ha nytta av de stamceller som då kan skapas. Det tyder på en instrumentell människosyn, att man ser människan som medel istället för som mål. I abortfrågan däremot, står fostrets människovärde mot kvinnans rätt till makt över sin egen kropp, vilket i förlängningen berör även kvinnans människovärde. Abortfrågan blir därmed ett etiskt dilemma, som dessa debattörer menar kan vara rimligt att tillåta var kvinna att lösa efter sitt eget samvete.

Man kan alltså, då man diskuterar dessa frågor, utgå från syfte med och konsekvensen av en serie handlingar som helhet. Eller intressera sig för varje handling i sig. Det finns ingen enighet om vilken av dessa grundläggande angreppssätt man ska ha på etiska frågor. Därför resonerar människor mycket olika. De som för debatten har inte bara olika åsikter i själva sakfrågan, utan också i frågan om vad för typ av argument som är giltiga. Många debattörer uppfattar därför ofta motsidans argument som ovidkommande.