



# Stamselnavorsing en -terapie: 'n oorsig oor die uitvoerbaarheid daarvan met meegaande etiese implikasies

The optimism that we can improve life and relieve suffering is our humanity. (Christopher Thomas Scott, 2006.)

A.L. Rheeder  
Skool vir Kerkwetenskappe  
Potchefstroomkampus  
Noordwes-Universiteit  
POTCHEFSTROOM  
E-pos: corriaan1@942.co.za

## Abstract

### **Stem cell research and therapy: an overview of its feasibility with accompanying ethical implications**

*Stem cell research is a breathtaking technology where man's own cells are used to effect a cure for certain ailments. Stem cells are specially developed cells that contain the ability to develop into any cell in the body and to cure or replace defective cells. Researchers isolated stem cells from the human (and animal) embryo, foetus, umbilical cord, and adult body and developed them to stem cell lines for therapy. Astonishing results have already been shown. In some instances researchers achieved full cure or at least huge improvement in animals (and in a few instances with human beings) with diabetes, Parkinson's and Alzheimer's diseases and auto-immune diseases. The broken spinal marrow of rats has also been repaired through this technique. The aim of this article is to give an overview of the technical feasibility and advancement of this field of research. It will become apparent from these facts that there are a large number of general and technical problems with the accompanying ethical implications, that will have to be resolved before this therapy can be applied. Problems that have been identified include the necessary destruction of the human embryo, the consideration of therapeutic cloning, the placing of human embryonic cells in embryos of primates such as apes*

*and a series of technical problems in the development of stem cell technology.*

## **Opsomming**

### **Stamselnavorsing en -terapie: 'n oorsig oor die uitvoerbaarheid daarvan met meegaande etiese implikasies**

*Stamselnavorsing is 'n asemrowende tegnologie waar die mense eie selle gebruik word om genesing te bewerk. Stamselle is spesiale selle wat die vermoë het om tot enige sel in die liggaam te ontwikkel en defektiewe selle te herstel of te vervang. Navorsers het stamselle uit die menslike (en dierlike) embrio, fetus, naelstring en volwasse liggaam geïsoleer en tot stamsellyne voorberei vir terapie. Verbasende resultate is alreeds aangetoon. In sommige gevalle het navorsers ten volle genesing bewerk of ten minste groot verbeter tot stand gebring in diere (en in enkele gevalle by mense) met suikersiekte, Parkinson en Alzheimer se siektes en outo-immuunsiektes. Die gebreekte rugmurg van rotte is ook al deur hierdie tegnologie herstel. Die doel van hierdie artikel is om oorsigtelik aan die tegniese uitvoerbaarheid en vordering in stamselnavorsing aandag te gee. Uit hierdie gegewens sal dit duidelik word dat daar heelwat algemene en tegniese probleme met meegaande etiese implikasies bestaan, wat eers opgelos moet word voordat hierdie terapie bruikbaar sal wees. Probleme wat geïdentifiseer is, is die noodwendige vernietiging van die menslike embrio, die oorweging van terapeutiese kloning, plasing van menslike embrionale stamselle in embrio's van primate soos ape en 'n reeks tegniese probleme in die ontwikkeling van stamsel-tegnologie.*

## **1. Inleidend**

### **1.1 Stamselnavorsing as noodsaaklike navorsing**

Die asemrowendste prestasies en moontlikhede van die hedendaagse natuurwetenskap word nêrens meer dramaties geïllustreer nie as op die terrein van die ontwikkelings in die biologiese wetenskappe en die geneeskunde wat daardeur beïnvloed word (Van Niekerk, 2005:194). Stamselnavorsing bied die belowende moontlikheid om 'n stamseloorplantingsterapie te ontwikkel wat in die toekoms tot die gesondheid van heelwat siek mense kan lei (Monitoring stem cell research, 2004:139; Yu & Tompson, 2006:4; Scott, 2006:1). Dit is veral hierdie moontlikheid wat daartoe aanleiding gee dat stamselnavorsing vir baie mense 'n simbool van hoop geword het. Die waarde van stamselle, in die eerste plek, is gesetel in die feit dat hulle 'n waardevolle bron van oorplantbare

selle kan wees wat siek of beskadigde selle in organe kan herstel, herskep en vervang (Yu & Thomson, 2006:3). Wanneer iemand byvoorbeeld 'n hartaanval kry, sterf sommige van sy hartselle permanent omdat dit nie deur die hart self herstel kan word nie. Die risiko vir 'n volgende hartaanval is nou baie groot met bykans geen kans op oorlewing nie. Indien stamselle egter in die hart oorgeplant word, kan dit die beskadigde hartselle wat afgesterf het, vervang. Op hierdie wyse word die persoon se gesondheid herstel (Van Niekerk, 2005:199). So word stamselle vandag in die brein, lewer, pankreas en rugmurg oorgeplant wat nie-funksionerende selle vervang om hartsiektes, Alzheimer en Parkinson se siektes en verlamming van die onderlyf te genees (Yu & Thomson, 2006:4; Peters, 2007:1-2). Navorsers het dit reggekry en aangetoon dat stamselle *in vitro* tot verskeie spesiale selle (bv. hartselle, ens.) kan differensieer (Monitoring stem cell research, 2004:139). Selfs volledige organe vir oorplanting kan *in vitro* geskep word (Scott, 2006:3).

Indien die genesingskrag van hierdie tegnologie tot sy volle potensiaal ontwikkel word, kan die mediese waarde en voordele onmeetbaar wees. 'n Stamseltegnologie kan 'n tydperk van ongekende herskeppende medisyne inlei (Monitoring stem cell research, 2004:3, 9-10, 31, 131; Peters, 2007:viii). Hierdie tegnologie kan vir baie mense hoop op lewenslange herstel gee (Monitoring stem cell research, 2004:10; Yu & Thomson, 2006:3). Dit kan 'n byna ongelooflike tegnologie daarstel wat eenvoudig nie sonder meer afgewys kan word nie (Monitoring stem cell research, 2004:30-31; Yu & Thomson, 2006:3). Alhoewel geen navorser sal sê dat stamselnavorsing en terapie die alleen-antwoord bied nie, is dit tog veilig om te sê dat geen ander veld in die biomedisyne soveel belofte toon om die mens se gesondheid te verbeter nie (Scott, 2006:11).

Stamselnavorsing hou tweedens ook die volgende voordele in: Stamselle bied 'n wonderlike geleentheid vir die bestudering van selverdeling en seldifferensiasie. Laasgenoemde sal ook lei tot 'n verstaan van genetiese siektes, infertiliteit en embrionale verlies asook kanker (Yu & Tompson, 2006:4, 6-8; Scott, 2006:1,4, 57). Menslike gene reageer onder kontrole soms anders as dierlike gene ongeag hoe verwant hulle mag wees. Op hierdie wyse kan kankeragtige menslike stamselle in die plek van dierlike stamselle meer effektief gebruik word om die oorsaak en vorming van kanker en geboortedefekte by die mens te bestudeer. Sodoende kan die begin, die verloop en die afloop van die genetiese siektes in vergelyking met gesonde selle bestudeer word. Op hierdie wyse kan defektiewe

gene en hulle proteïene bestudeer word. Die werking van ander genetiese siektes kan ook kunsmatig in stamsellyne geïnduseer en dan bestudeer word. Derdens bied stamselle besondere unieke materiaal om die effektiwiteit en veiligheid van nuwe medisyne te toets. Die effektiwiteit en gevolge van medisyne kan direk op gedifferensieerde stamsellyne getoets word (Scott, 2006:1, 4, 57, 118). Dit het by geleentheid gebeur dat nuwe medisyne wat op diere getoets is en so veilig bewys is, tot die dood van mense gelei het (Yu & Tompson, 2006:4, 6). Wetenskaplikes is van mening dat die “onsterflike” menslike embrionale stamsellyne een van die mediese biologie se kragtigste “gereedskap” sal word (Scott, 2006:117). In die vierde plek word stamselle gebruik in die diagnosering van siektes. 'n Groeiende aantal *in vitro*-fertilisasie klinieke gebruik preïmplantasie diagnostiek. 'n Enkele stamsel word uit die embryo verwyder, vir verskeie afwykings getoets, en indien geen probleme gevind word nie, word die embryo vir moontlike swangerskap gebruik. Die privaatmaatskappy *Reproductive Genetics Institute* in Chicago het alreeds meer as 30 verskillende stamsellyne uit defekte menslike embryo's tot stand gebring (Scott, 2006:57, 116-117, 120-121).

## **1.2 Stamselnavorsing en etiek**

Die *aktualiteit* in die beoordeling van stamselnavorsing word gesien in die lig van die feit dat die Amerikaanse *Food and Drug Administration* in Julie 2003 vier aansoeke ontvang het waarin toestemming gevra word om stamsel terapie vir mense te gebruik. Die aansoeke behels die gebruik van stamselle by kanker pasiënte en pasiënte met hartprobleme (Monitoring stem cell research, 2004:137-138). Geen ander area in die wetenskap is egter tans so vervleg met etiese bekommernisse nie. Hierdie bekommernisse kom nie slegs by die publiek in die algemeen voor nie, maar ook by stamselnavorsers self (Panno, 2006:30). Die rede hiervoor is die vernietiging en eksperimentering met menslike embryo's (Monitoring stem cell research, 2004:10; Van Niekerk, 2005:201; Scott, 2006:11). Stamselnavorsing is vandag wêreldwyd kontroversieel en word globaal gedebatteer (Peters, 2007:xii). Hierdie tegnologie is tans nog in sy kinderskoene (Monitoring stem cell research, 2004) en nog nie eties deurdink nie. Peters (2007:21-22) meen dat hierdie nuwe en komplekse wetenskap dringend teologiese refleksie en morele oorweging benodig. Goed gevestigde stamsel terapie lê grootliks nog in die toekoms (Monitoring stem cell research, 2004:6) en dit sal waarskynlik nog jare se navorsing verg voordat sodanige terapie vir mense gebruik sal word (Yu & Thomson, 2006:3). Volgens Scott (2006:96-98) kan

dit, konserwatief geskat, nog tien tot vyftien jaar neem voordat stamsel terapie effektief en algemeen vir menslike gebruik oorweeg sal kan word (vgl. ook Panno, 2006:32, 44).

Die doel van hierdie artikel is die versameling en die beoordeling van feite, die vasstelling van moontlike implikasies vir die embryo, die pasiënt en die navorser, met die doel om tot 'n voorlopige morele oordeel te kom. Hierdie artikel bied 'n etiese beredenering met die doel om saam met ander navorsers oor die verskynsel te dink en te besin oor 'n saak wat moontlik vir iemand tot hulp kan wees (Peters, 2007:22, 117). As deel van 'n groeiende etiese debat, wil die artikel 'n bydrae lewer om tot 'n beter verstaan van die etiese probleem van stamselnavorsing te kom. Beter begrip en kennis lei tot beter besluite (Monitoring stem cell research, 2004:97). In hierdie artikel word aan die tegniese uitvoerbaarheid en vordering in stamselnavorsing aandag gegee. Uit hierdie gegewens sal dit duidelik word dat daar heelwat probleme met etiese implikasies bestaan wat eers opgelos moet word voordat hierdie terapie bruikbaar sal wees. Alhoewel Peters (2007:21-22) van oordeel is dat die kerk ernstig oor hierdie navorsing moet saamdink, moet daar nie oorhaastig absolute uitsprake gemaak word nie. Soos blyk uit die titel, bedoel hierdie artikel nie om 'n finale antwoord op die probleem te gee nie. Na my oordeel sou dit verantwoord wees om soos Van Wyk (1988:13; 1999:95) ten opsigte van gameetseleksie en kloning aanvoer, ook hier van 'n "voorlopige gevolgtrekking" te praat. Die rede daarvoor is dat bio-etiek in die algemeen en stamselnavorsing in die besonder te 'n nuwe verskynsel en veld is om absolute uitsprake in hierdie verband te maak (Scott, 2006:125). "Ook die etikus ken ten dele (1 Kor. 13:12) en beskik nie onmiddellik oor finale antwoorde nie" skryf Van Wyk (1999:95) oor kloning (vgl. ook Andersen & Hallamaa, 1995:67). Ons ken fragmentaries (Berkhof, 1984:36). "In our situation, theological ethicists could benefit themselves and the rest of us if they would learn that they know less than they think they know." (Peters, 2007:114.) Hierdie benadering erken die feilbaarheid van mense se morele oordeelsvorming (Van Niekerk, 2005:216).

## **2. Stamselnavorsing en -terapie – 'n oorsig**

### **2.1 Stamselle 'n beknopte oorsig**

#### **2.1.1 Wat is stamselle?**

Die moontlike bestaan van stamselle is in 1956 deur die embrioloog Leroy Stevens vasgestel (Scott, 2006:40-41).<sup>1</sup> 'n Muis se embrionale stamselle is vir die eerste keer in 1981 geïsoleer (Monitoring stem cell research, 2004:109; Yu & Thomson, 2006:3).<sup>2</sup> Op 6 November 1998 rapporteer James Thomson, 'n professor by die Universiteit van Winsconsin, dat die groei van stamselle uit 'n menslike embryo verkry is.<sup>3</sup> 'n Geweldig potente menslike sel was lewendig en gesond terwyl dit in 'n inkubator groei en in stand gehou word (Scott, 2006:1; Peters, 2007:xii-xiii). 'n *Stamsel* is 'n sel wat meer selle genereer, maar wat nie verander nie. Die hele liggaam met al sy organe en weefsel ontwikkel uit embrionale stamselle (Monitoring stem cell research, 2004:2; Yu & Thomson, 2006:1). Stamselle besit twee besondere eienskappe: eerstens besit dit die vermoë om onbeperk te vermeerder sonder om te differensieer (te verander)<sup>4</sup> en tweedens besit dit die vermoë om tot enige tipe liggaamsel (of orgaan) te ontwikkel (Monitoring stem cell research, 2004:111; Van Niekerk, 2005:199-200; Yu & Thomson, 2006:3; Panno, 2006:1-3; Scott, 2006:60; Peters, 2007:3). Die volwasse menslike liggaam, en al sy gedifferensieerde selle, weefsel en

- 
- 1 Een van die muis waarmee hy geëksperimenteer het, het in sy testes 'n teratoom ontwikkel. In die teratoom het hy nie net ten volle gedifferensieerde vel-, tand-, been-, haar- en spierselle gekry nie, maar ook 'n uniforme groep selle ontdek wat nie differensieer nie, maar bly vermeerder. Deur verdere eksperimentering het Stevens agtergekom dat hierdie uniforme groep selle tot verskeie selteipes, asook 'n blasosistagtige struktuur kan ontwikkel. Hierdie selle in die teratoom, alhoewel kankeragtig, het embriologiese ontwikkeling nageboots. Vanaf hierdie tydperk het wetenskaplikes met hierdie kankeragtige stamselle begin eksperimenteer, asook met tegnieke om die stamselle te isoleer en met kultuurmediums waarin dit kan groei (Scott, 2006:40-41).
  - 2 Embrionale stamselle is al van muis, ape en mense geïsoleer, maar die meeste inligting wat ons oor stamselle besit, is verkry deur die bestudering van muis (Panno, 2006:1).
  - 3 Menslike embrionale stamselle is al in 1994 deur 'n navorser in Singapoer, Ariff Bongso, geïsoleer, maar is eers in 1998 gekarakteriseer of tot 'n stamsellyn ontwikkel (Peters, 2007:14).
  - 4 In hierdie stadium verstaan navorsers nog nie waarom stamselle slegs vermeerder en nie differensieer nie. Die vermoede bestaan dat meer as 900 gene betrokke is om 'n stamsel pluripotent te hou (Yu & Thomson, 2006:3).

organe ontstaan almal uit 'n klein groepie selle, naamlik die *binneste selmassa*. Hierdie selle kom tydens die blastosistfase (ongeveer 200 selle) binne die vroeë embryo (rofweg vyf tot nege dae na konsepsie) voor (Panno, 2006:3). Die selle in die binneste selmassa verander en organiseer hulself in drie soorte selle, wat die germinaallae genoem word (Martin, 1993:134; Monitoring stem cell research, 2004:2, 8, 111; Yu & Thomson, 2006:1). Hierdie proses staan bekend as gastrulasie (Panno, 2006:5). Die eerste germinaallaag staan bekend as die ektoderm en ontwikkel tot senuwees, vel, die binneoor en die oog, borskliere, naels, tande, ruggraat en die brein (Martin, 1993:134). Die tweede germinaallaag is die mesoderm wat uiteindelik ontwikkel tot bloed, spiere, been, die hart, skelet, geslagskliere, urinesisteam, vet en die milt (Martin, 1993:350). Die derde laag vorm die selle binne die maag, lewer, pankreas, blaas, longe, mangels, farinks en paratiroïde klier en word die endoderm genoem (Martin, 1993:141; Scott, 2006:30; Peters, 2007:1-17). 'n Komplekse wisselwerking tussen hierdie verskillende lae lei uiteindelik tot die ontwikkeling en groei van die organisme (Panno, 2006:5).

### 2.1.2 Stamselle verskil

Stamselle verskil in potensiaal. Hoe ouer die selle is, hoe meer gedifferensieerd word hulle en dus neem hulle potensiaal af. Alhoewel die definisies verskil, word selle soos volg verdeel. Stamselle uit die embryo staan bekend as *pluripotente* selle omdat hulle tot die meeste liggaamselle of organe in die liggaam kan ontwikkel. 'n Embrionale stamsel kan die hart, brein of bloedselle word. Die waarde van hierdie stamselle is in die feit dat hulle die vermoë het om met byna enige orgaan te integreer en 'n stamsel vir daardie orgaan te word, wat dan die defekte selle se werk oorneem (Scott, 2006:10; Panno, 2006:11; Peters, 2007:4). Stamselle word ook in klaar ontwikkelde organe of weefsel in die liggaam gevind en staan bekend as *multipotente volwasse stamselle*, omdat hulle meer beperk is tot die selle en organe waartoe hulle kan ontwikkel (Monitoring stemcell research, 2004:10). Dit blyk dat hierdie stamselle geneig is om slegs binne die organe waar hulle gevind is, te werk. Hierdie stamselle sukkel om in skenkerorgane te integreer (Panno, 2006:11; Peters, 2007:39). Stamselle uit byvoorbeeld die hart kan net vir die hart gebruik word. Dit is belangrik om hier te noem dat volwasse stamselle in hulle vermeerdering twee tipes selle vorm, naamlik 'n identiese dogtersel (simmetriese verdeling) en 'n filiaalsel (progenitors, asimmetriese verdeling). Die eerste sel bly net vermeerder, terwyl die tweede soort stamsel voortgaan en 'n

spesifieke liggaamsel vorm (Scott, 2006:64-65). 'n Sel wat klaar sy gedifferensieerde potensiaal bereik het en slegs een tipe sel binne een orgaan kan wees, staan bekend as 'n *unipotente* sel (Monitoring stem cell research, 2004:112-114; Scott, 2006:10, 60-61; Peters, 2007:3).

### 2.1.3 Stamsellyne

Oortollige embryo's wat nie meer deur infertiele egpare tydens *in vitro*-bevrugting benodig word nie, word aan stamselnavorsers geskenk (Monitoring stem cell research, 2004:9; Scott, 2006: 2, 7).<sup>5</sup> Die sigoot word ontvries en in 'n kultuur geberg waar hulle tot hol sfere, ongeveer 100 selle groot, groei. Dit staan bekend as die blastosistfase. Die embryo's is nou ongeveer vier tot vyf dae oud en is min of meer 'n tiende van 'n millimeter breed. Die buitenste laag van die blastosist, die trofoblast (Martin, 1993:65, 610), word verwyder (ooggebreek) met die doel om die binneste selmassa of stamselle te verkry (Peters, 2007:9). Menslike embrionale stamselle word eksklusief uit die binneste selmassa verkry (Panno, 2006:5). Die groot etiese probleem rondom die gebruik van menslike embryo's bestaan daarin dat die proses om selle uit die binneste selmassa te verkry, doelbewus tot die vernietiging van die embryo lei (Monitoring stem cell research, 2004:8, 19; Scott, 2006:50-52, 126; Tada & Cameron, 2006:142). "There is no way to remove cells from the ICM of a blasocyst without killing the embryo" skryf Panno (2006:23). Stamselle kan *in vitro* vermeerder word vir baie geslagte van selverdeling en word *onsterflike selle* genoem (Panno, 2006:5). Dit is iets wat nie met gedifferensieerde selle gedoen kan word nie (Monitoring stem cell research, 2004:3).

Die stamselle wat verwyder is, word in 'n *kultuurmedium* geplaas (Monitoring stem cell research, 2004:111, 139; Scott, 2006:2, 52) en vorm verklompte embrionale blasies (Panno, 2006:7). Die groot uitdaging vir navorsers is om vir die embrionale selle *in vivo* omstandighede te skep (Peters, 2007:10). Om te keer dat die stamselle nie differensieer nie, maar hulle oorspronklike staat behou, word die sel op 'n kweekbodem geplaas. Die kweekbodem bestaan uit 'n laag muisselle wat bestraal is om hulle verdeling te stop. Proteïene wat deur die selle in die kweekbodem gesekreer word, dien as voedingstowwe asook seine wat verhoed dat die stamselle

---

5 Dit moet in gedagte gehou word dat navorsers ook oor die tegnologie en vermoë beskik om hulle eie embryo's *in vitro* te skep (Peters, 2007:10-11).



differensieer (Panno, 2006:11). Nog voedingstowwe word bygevoeg om die stamselle te stimuleer om te vermeerder. Die basiese resepte om hierdie stamselle te onderhou, kan uit tot sestien verskillende oplossings bestaan. Die moeilike gedeelte van hierdie proses is om die selle aan die lewe te hou en te sorg dat hulle vermeerder. Die kultuurmedium deur wetenskaplikes voorberei en waarin selle geplaas word, is 'n ingewikkelde en uitgerekte proses. Selle moet in 'n steriele omgewing geplaas word, omdat onsuiverhede wat deur die lug beweeg die eksperimente kan bederf. Ander probleme wat voorkom moet word, is die regte temperatuur, suurstof- en koolsuur-gaskonsentrasies, terwyl die presiese tyd gekies moet word wanneer die groeivoedingstowwe verander en vervang moet word. Indien die kultuurmedium nie korrek is nie, kan dit tot genetiese afwykings, abnormale chromosoomgetalle, onvolledige ontwikkeling en die afsterf van selle lei. Dit is belangrik dat selle in voorkoms en funksie na baie verdelings konstant sal bly indien hulle effektief moet bly (Scott, 2006:2-3). Dit is interessant om te noem dat die verskil tussen 'n stamsel en gedifferensieerde sel nie deur visuele inspeksie bepaal kan word nie. Dit word onderskei en vasgestel deur sekere chemiese stowwe wat slegs deur stamselle en nie deur ander selle besit word nie. Metodes is ontwikkel om hierdie chemiese stowwe te "lees" (Panno, 2006:14-17).

Embrionale stamselle en sommige volwasse stamselle het die vermoë om *in vitro* tot 50-maal te verdubbel en sodanig te vermeerder dat dit die eienskappe van 'n stamsel behou (Monitoring stem cell research, 2004:115, 139; Peters, 2007:10). Wanneer stamselle wat onder hierdie omstandighede verkry is, gekweek en bewaar word, staan dit bekend as 'n stamselpopulasie of stamsellyne (Monitoring stem cell research, 2004:114). So 'n stamsellyn word geberg deur dit te vries en later vir gebruik te ontvries (Monitoring stem cell research, 2004:139). Die proses om 'n geskikte en bruikbare stamsellyn te vestig, is oor die algemeen 'n baie lang proses van groei, karakterisering, kwaliteitsbeheer en versekering (Monitoring stem cell research, 2004:43). Embrionale stamselle moet *in vitro* effens gedifferensieer wees voor dit vir terapie gebruik kan word, omdat vars, geïsoleerde embrionale stamselle tot teratomas sal lei. Vir hartterapie sal byvoorbeeld 'n meer gedifferensieerde hart (miosiet) filiaalselle gebruik word. Om 'n embrionale stamsel (lyn) tot 'n senu of hartsel te laat differensieer, word die stamsellyn met groeifaktore behandel wat dan tot die nodige differensiasie lei. Die aard van die groeifaktore sal bepaal tot watter sel die embrionale stamsel sal ontwikkel (Panno, 2006:12-13, 24-30). Wat gereeld gebeur, is dat embrionale stamselle na ongeveer ses maande onbeheersd tot

fibroblast selle begin differensieer. Hierdie selle kan nie vir terapie oorweeg word nie. Uit 'n etiese oogpunt beteken dit dat nuwe embrio's gebruik en vernietig moet word om 'n nuwe kweekproses te begin. Hierdie is die grootste rede waarom navorsers vrye toegang tot embrio's versoek (Panno, 2006:12, 64). Om genoeg gevriesde embrio's te verkry, is ook 'n probleem, aangesien embrio's vroeg na bevrugting tydens die *in vitro*-fertilisasieproses sterf. Hiermee saam sterf baie embrio's ook na ontvriesing, of hulle oorleef nie die kultuurmediums voor inplanting nie (Scott, 2006:53).

## **2.2 Die oorsprong, terapeutiese gebruik van stamselle en meegaande etiese probleme**

### **2.2.1 Inleidend**

In sy bespreking van die mens as beeld van God sê Kuyper (1910: 124) die volgende: "Wanneer wij dus zien een al groter wordende macht over de natuur, dan moet ons dit niet verwonderen." In 'n sekere sin was hierdie woorde van Kuyper profetiese woorde. Sonder twyfel staan die mens vandag in verwondering met betrekking tot die mens se mag oor die natuur. In hierdie onderafdeling gaan aandag gee word aan die verbasende terapeutiese suksesse wat reeds in diere en die mens behaal is (Scott, 2006:99; Panno, 2006:34). Dit sal ook duidelik word dat stamselle nie net uit embrio's geoes kan word nie, maar ook uit die volwasse menslike liggaam (Monitoring stem cell research, 2004:10, 139; Van Niekerk, 2005:200; Scott, 2006:10, 65).

### **2.2.2 Embrionale stamselle**

Soos reeds gesien, word selle uit die binneste selmassa van die vroeë embrio verkry (Monitoring stem cell research, 2004:113). Menslike embrionale stamselle is al uit verskeie menslike embrio's geoes. Volgens die nuutste inligting bestaan menslike embrionale stamsellyne alreeds in Australië, Engeland, China, Indië, Iran, Israel, Japan, Suid-Korea, Singapoer, Swede, Finland, Rusland, Tsjeggië, Mexiko en Brasilië. Onderhewig aan sekere voorwaardes, word die gebruik van menslike embrio's in al die genoemde lande vir stamselnavorsing toegelaat (Scott, 2006:166-167). Teen 2004 is daar ongeveer 78 menslike stamsellyne wêreldwyd tot stand gebring. Embrionaalverkrygte stamselle is van besondere belang omdat hulle tot 'n groot aantal seltipes kan ontwikkel (Monitoring stem cell research, 2004:43, 126). In Amerika het navorsers teen 2004 alreeds twaalf menslike embrionale stamsellyne *in vitro* ontwikkel (vermeerder), teen 'n baie lae temperatuur gevries en geberg (Car-

penter *et al.*, 2003; Monitoring stem cell research, 2004:127). Dit moet in gedagte gehou word dat Amerika slegs die gebruik van belastinggeld vir embrionale stamselnavorsing verbied, maar nie privaatmaatskappye en navorsers verbied om menslike embryo's vir stamselnavorsing te gebruik nie (Scott, 2006:7, 164). Tien maatskappy in Amerika is voltyds besig met menslike embrionale stamselnavorsing (Monitoring stem cell research, 2004:39, 46-47). Die gebruik van embrionale stamselle sal waarskynlik nie stop nie, omdat hierdie selle tesame met volwasse stamselle, belangrike vroeë rondom siektes kan beantwoord (Scott, 2006:142-143). In Suid-Afrika is die gebruik van menslike embryo's vir stamselnavorsing wettig (Van Niekerk, 2005:201, 250).<sup>6</sup> Oor die algemeen is die verkryging en groei van embrionale stamselle 'n "makliker" proses. Indien jy die embryo in jou hand het, weet jy presies waar om die stamselle te kry. Die verkryging van stamselle uit ander bronne in die liggaam is egter 'n ingewikkelder en moeiliker proses, omdat volwasse stamselle in die liggaam skaarser is (Panno, 2006:9, 14). Op hierdie stadium sukkel navorsers om volwasse stamselle tot 'n groot aantal selle te laat groei. Dit is 'n groot probleem wat nog oorkom moet word, omdat baie stamselle vir terapie benodig word. Embrionale stamselle word dus eerder gebruik.

In 2001 het Israeliese en Amerikaanse navorsers dit reggekry om menslike embrionale stamselle te laat differensieer tot beta-pankreatiese selle wat insulien afskei (Panno, 2006:40-41). Hierdie selle is in muise met suikersiekte (*diabetes mellitus*) oorgeplant en het gelei tot die verlaging van 'n hoë konsentrasie glukose in die bloed. Die stamselle het waarskynlik gelei tot die gedeeltelike herstel van die betaselle in die eilande van Langerhans (Monitoring stem cell research, 2004:135-137). Toetse met die oorplanting van embrionale stamselle in diere lyk op hierdie stadium baie belowend (Yu & Thomson, 2006:8). Huidige navorsing suggereer dat volwasse stamselle in die pankreas geen rol speel in die herstel van selle (in die pankreas) nie en dat die herstel van selle slegs deur die duplisering (mitose) van selle of deur die gebruik van embrionale stamselle bewerkstellig kan word (Scott, 2006:82-85, 170). Hierdie is 'n voorlopige bewys dat die gebruik van (menslike) embrionale stamselle nie binnekort onderbreek sal word nie. Navorsers by die *Advance Cell Technologies* (Robert Lanza en sy span) het filiaalbloedstamselle uit menslike embryo's geïsoleer en in muise met

---

6 Onderhewig aan die bepalings van Artikel 57 van die nuwe Gesondheidswet, wet no 61 van 2003.

beskadigde harte ingespuut. Die stamselle het nie net die hart herstel nie, maar ook tot nuwe are en die kapillêre sisteem gelei (Scott, 2006:108).

Professor Hans Keirstead van die Irvine Universiteit in Skotland het oligodendrosietstamselle (senuwee-) wat uit menslike embrionale stamselle voortgebring is, in rotte geplaas wat in hulle agterlyf verlam was. Hierdie stamselle het tot die herstel van die rugmurg gelei, wat beteken het dat die rotte die gebruik van hulle agterlywe herwin het. Alhoewel die rugmurg erg beseer was, was dit egter nie heeltemal gebreek nie. Navorsers het dit ook reggekry om die beseerde rugmurg van rotte te herstel deur die gebruik van muisembrionale stamselle (Panno, 2006:49; Scott, 2006:115). Parkinson se siekte is 'n breinsiekte wat veroorsaak word deur die beskadiging of die dood van neurone. Hierdie selle produseer die baie belangrike stof, dopamien. Die aanwesigheid van hierdie stof beheer die gekoördineerde beweging van die liggaam se spiere. Wanneer 80% of meer van hierdie selle beskadig is, lei dit tot onbeheersde beweging, stadige beweging en styfheid van die spiere. In 2002 het navorsers by die Harvard Universiteit die dopamienvervaardigende selle in die brein van muis vernietig, waarna hulle met embrionale stamselle (van muis) ingespuut is. Van die 25 muis wat so behandel is, het veertien die gebruik van die dopamienvervaardigende selle herwin en het die vervaardiging van dopamien gelei tot die omkeer van gedragsimptome. Hierdie resultate is intussen deur navorsers van die *National Institutes of Health* in Amerika herhaal. In 2005 het navorsers by die *Hadassh University Medical Center* in Jerusalem 'n stap verder gegaan en menslike embrionale stamselle in rotte met Parkinson se siekte ingespuut. Ook hierdie eksperimente het tot die herstel van breinselle gelei met die gepaardgaande verbetering van gedrag (Scott, 2006:78-79, 116).

Judy Shizuru en Irving Weissman by die Standford Universiteit het dit reggekry om deur middel van stamsel terapie vir muis 'n nuwe immuniteitsisteem te gee. Die beenmurg van ontvangermuis word byna geheel deur bestraling vernietig. Bloedstamselle van 'n skenker muis word dan van enige immuunselle gereinig en in die ontvangermuis ingeplant. Die ingeplante stamselle het hulself in die beenmurg van die ontvangermuis gevestig en begin om twee genetiesverskillende immuunselle te vervaardig: sy eie en die skenkerimmuniteitselle. Die eie immuniteitselle het geleer om nie die skenkerimmuniteitselle te verwerp nie. Na 'n ruk het die skenkermuis se stamselle oorgeneem en die primêre vervaardiger van immuniteitselle geword. Op hierdie wyse kon enige materiaal van

die skenker op die ontvanger oorgeplant word sonder enige verwerping. Die terapeutiese waarde van hierdie stamsel is tweërlei van aard: eerstens kan dit waardevol gebruik word by orgaanoorplantings en tweedens kan dit effektief gebruik word by outo-immuunsiektes soos byvoorbeeld jeugdige suikersiekte. Scott (2006:103-105) wys daarop dat skenkerembrionale stamselle eers gebruik kan word om die immuniteitstelsel te vervang, waarna dieselfde embrionale stamselle gebruik kan word om die defektiewe betaselle, wat deur die eie immuniteitstelsel vernietig is, te vervang. Op hierdie wyse behoort daar geen verwerping te wees nie en herstel kan plaasvind. Die proses staan bekend as ko-transplantasie. Hierdie stamsel terapie kan met groot vrug gebruik word by outo-immuunsiektes, rumatoïede artritis, veelvuldige sklerose, lupus en Crohn se siekte. Navorsers het dit ook al reggekry om uit menslike embrionale stamselle geslagselle (sperms en ova) te vorm (Scott, 2006:41; Yu & Thomson, 2006:8). Menslike embrionale stamselle het al ontwikkel tot neurale-, hart-, aar-, bloed-, lewer- en plasentaselle. Hierdie resultate is in verskeie laboratoriums herhaal (Ludwig & Thomson, 2003; Monitoring stemcell research, 2004:127).

### **2.2.3 Organe en weefsel word geskep**

'n Ander moontlikheid, wat Van Niekerk (2005:199) nog vergesog noem, word tans ernstig ondersoek, naamlik die bou van hele organe deur die gebruik van stamselle. In 2002 het navorsers by die Harvard mediese skool 'n ten volle funksionerende beesnier uit embrionale stamselle laat groei en oorgeplant. Hierdie prosedure is egter nie sonder probleme en vrae nie (Panno, 2006:49-50, 70). Anthony Atala van die Wake Forest Universiteit in die staat North Carolina het dit ook al reggekry om met stamselle 'n volledige blaas te skep. Hy het ook daarin geslaag om baarmoeders, vaginas, niere en groot bloedvate te skep, asook om 'n haaspenis te skep wat, nadat dit oorgeplant is, ten volle gefunksioneer het. Sommige van hierdie organe is ook alreeds in mense oorgeplant. Hierdie organe is uit embryo- en volwasse stamselle gemaak. Soortgelyke eksperimente is ook suksesvol by die Massachusetts Institute of Technology in Amerika gedoen (Scott, 2006:111-114).

### **2.2.4 Kloning, genetiese manipulasie en embrionale stamselle**

Vanaf die vasstelling en daarstelling van embrionale stamsellyne het wetenskaplikes met stamselle en genetiese manipulasie ("geentherapie") geëksperimenteer (Monitoring stem cell research, 2004: 128-129). Scott (2006:54-55, 82) wys op Rudolph Jaenisch en sy span navorsers by die Massachusetts Institute of Technology in

Amerika wat muise met 'n immuniteitssteemprobleem – hulle kan nie wit bloedselle vervaardig nie – deur middel van kloning, genetiese manipulasie en stamselterapie genees het. Hulle het 'n kern in die velsel van 'n siek muis geneem en dit in 'n eiersel van dieselfde muis geplaas om 'n muisembrio te skep. 'n Stamsel is uit die (nog steeds siek) embrio geneem waarna die defekte geen met 'n gesonde geen van 'n ander muis vervang is. Hierdie gemanipuleerde embrionale stamsel is gebruik om 'n stamsellyn te skep (Scott, 2006:54-55). Die geneties gemanipuleerde embrionale stamsellyn is deur middel van die regte chemikalieë gestimuleer om tot bloedstamselle te ontwikkel. Die geneties gemanipuleerde stamselle uit die populasie is in die oorspronklike siek muis oorgeplaas, waarna dit in die beenmurg van die muis gekoloniseer het en tot die vervaardiging van witbloedselle gelei het. In aansluiting by 2.2.2 vind ons hier die geslaagde gebruik van embrionale stamselle. Kloning is 'n unieke manier om die moontlike verwerping van vreemde genetiese materiaal te ontkom (Jaenisch, 2003; Prentice, 2003; Monitoring stem cell research, 2004:128-129). Kloning en stamselle vorm 'n baie sterk terapeutiese band (Scott, 2006:50; Panno, 2006:66, 81). Op hierdie wyse kan 'n pasiënt met (of sonder) 'n defektiewe geen gekloon word, waarna die gene in die embrio herstel of geneties gemanipuleer word. Die stamselle kan uit die embrio geoes en tot 'n stamsellyn ontwikkel word, waarna dit in die pasiënt vir herstel gebruik word (Tada & Cameron, 2006:101; Yu & Thomson, 2006:7). Geen immuniteitsreaksie sal ondervind word nie en die proses staan bekend as *terapeutiese kloning* (Peters, 2007:13). Om die genetiese oorsprong en ontwikkeling van siektes te bestudeer, kan iemand met byvoorbeeld suikersiekte gekloon word, sy embrionale stamselle kan in 'n stamsellyn ontwikkel word om die siekte en moontlike medisyne wat sal help, te bestudeer (Scott, 2006:171).

*Tegniese probleme* wat tans met hierdie metode ondervind word, is enersyds dat die vermeerdering van 'n enkele stamsel (by mense) tot 'n stamsellyn baie laag is. Dit is effens hoër by muise (Yu & Thomson, 2006:5). Andersyds moet ook in gedagte hou word dat die selle wat deur kloning tot stand gebring is nie (noodwendig) 'n perfekte genetiese kopie van die oorspronklike skenker sal wees nie, omdat proteïene in die sitoplasma van die skenkerovum die moontlike uitdrukking van gene kan beïnvloed (Scott, 2006:51, 195) en immuniteitsprobleme mag skep. Hiermee saam toon navorsing met diere dat kloning tot gereelde abnormaliteite soos skeletafwykings, artritis, plasenta abnormaliteite, misvormde organe, respiratoriese probleme, immuniteitssteemafwykings, bloedsirkulasie-

defekte, abnormale hoë of lae geboortegewig, fetale groei en vergrote organe lei (Yu & Thomson, 2006:5; Scott, 2006:46-49, 55). Aan die positiewe kant moet genoem word dat die eerste gekloonde skaap (Dolly) en ander skape wat saam met haar gekloon was, relatief gesond was en ongeveer ses jaar oud geword het (Scott, 2006:49). Navorsers het dit intussen ook reggekry om menslike stamselle (fibroblast) in die eierselle van hase te plaas, wat gelei het tot embryoagtige strukture. Stamselle wat uit hierdie embryo's gehaal is, was soortgelyk aan stamselle wat uit menslike embryo's verkry is (Jaenisch, 2003; Monitoring stem cell research, 2004:129). Stam-selle (mesenchieme en neurale) is geneties gemanipuleer met die interferon asook die interleukien 2-geen. Interferon en interleukien 2 is bekend daarvoor om kankerselle te beveg. Hierdie stamselle is ingespuut in muise met kanker en het gelei tot die verlenging van die diere se lewe. Soortgelyke welslae is ook by mense bewerk deur die gebruik van hemopoiëtiese (volwasse bloed-) stamselle (Scott, 2006:119-120).

### 2.2.5 Fetale stamselle

Stamselle word ook verkry uit die weefsel van geaborteerde fetusse (Panno, 2006:19). Hier word spesifiek gebruik gemaak van stamselle soos gevind in die gonade (geslagskliere) van vyf tot nege weke oue fetusse (Monitoring stem cell research, 2004:5, 9, 46, 113-114; Peters, 2007:15). Hierdie fetusse word deur die ouers geskenk vir die gebruik van genetiese materiaal (Monitoring stem cell research, 2004:9). Neurale stamselle word ook in geaborteerde fetusse gevind en gebruik (Scott, 2006:116). Virusse wat spesifiek die rugmurg aanval en neurale selle vernietig, is in die rugmurgvloeistof van rotte ingespuut. Op hierdie wyse is verlamming by die diere bewerk. Navorsers het menslike stamselle wat van die gonade van menslik geaborteerde fetusse verkry is, in die rugmurgvloeistof van hierdie rotte ingespuut. Sommige terapeutiese gebruik van die stamselle het tot gedeeltelike motoriese herstel gelei (Gearhart, 2003; Monitoring stem cell research, 2004:127-128). Neurale stamselle uit geaborteerde fetusse is alreeds vanaf 1980 in pasiënte met Parkinson se siekte oorgeplant en gemengde welslae is ondervind. By een studie het die simptome egter selfs vererger. Tans wil dit voorkom asof embrionale stamselle effektiewer by Parkinson se siekte (dus breinsiektes) gebruik kan word as volwasse stamselle (vgl. 2.2.2; Scott, 2006:116, 153). Navorsing het ook getoon, anders as by die kloning van muise, dat stamseltegnologie nie tot genetiese afwykings gelei het nie en navorsing tot op hede toon dat hierdie

tegnologie relatief veilig is (Gearhart, 2003; Monitoring stem cell research, 2004:127-128).

### **2.2.6 Volwasse stamselle**

Die bestaan van filiaalselle (vgl. 2.1.2) asook die feit dat organe hulself herstel, is 'n bewys dat daar wel stamselle in ander dele van die liggaam bestaan (Scott, 2006:59-60, 65; Stem cell information, 2006). Stamselle word in die meeste organe gevind (Scott, 2006:65-69). Hierdie selle is geïsoleer uit amniotiese vloeistof, naelstringbloed, die naelstring, spiere, lewer, pankreas, kornea, speekselklier, vel, kraakbeen, tendons, kliere, tandmurg, hart, niere, longe en vetweefsel. Hierdie navorsing het onlangs begin en die geskiktheid van hierdie stamselle word nog nagevors (Prentice, 2003; Monitoring stem cell research, 2004:125-126). Vervolgens word net aan die belangrikste deurbrake met volwasse stamselle aandag geskenk.

Die meeste inligting wat tans oor volwasse stamselle bestaan (vgl. 2.1.2), is verkry deur die bestudering van hemopoiëtiese stamselle wat oorwegend in beenmurg voorkom. Hierdie stamselle vorm hoofsaaklik rooi- en witbloedselle. Kliniese proewe is tans aan die gang waar volwasse bloedstamselle (outoloë en heteroloë hemopoiëtiese)<sup>7</sup> verkry uit beenmurg, in kankerpatiënte geplaas word met die doel op bloedvormende selle wat deur bestraling of chemoterapie vernietig is, te herstel (Monitoring stem cell research, 2004:123). Patiënte met immunologiese siektes waar die immunitestelsel swak is of glad nie werk nie, is alreeds in 2002 deur Alain Fischer van Necker Hospital in Parys saam met Claudio Bordignon van die San Raffaele Telethon Institute for Gene Therapy in Italië, ten volle genees deur die gebruik van hemopoiëtiese stamselle (in kombinasie met genetiese manipulasie) wat die normale funksie van die beenmurg herstel het (Panno, 2006:38-40). Dit wil voorkom asof die gebruik van stamselle op hierdie wyse baie suksesvol is. Heelwat ander navorsing word ook met hemopoiëtiese stamselle gedoen. Muis wat bestraal is, of waarvan die organe of weefsel kunsmatig beskadig is, is met hierdie selle ingespuut. Soos mikroskopiese reddingswerkers het hierdie selle direk na die beskadigde sel beweeg en van die selle herstel. Verder wil dit lyk

---

7 Hierdie stamselle word saam met mesenchieme stamselle gebruik, omdat vermoed word dat laasgenoemde stamselle help met die repopulasie van hemopoiëtiese stamselle in die beenmurg (Monitoring stem cell research, 2004:123).



asof hierdie stamselle tot 'n verskeidenheid selle verander het: vel-, long-, ingewands-, nier-, lewer-, pankreas-, spier-, bloedvat-, hart- en breinselle. Die verstommendste was dat sommige van hierdie selle tot hartselle verander het, wat ongelooflike potensiaal vir hartsiektes inhou. Navorsing dui verder ook daarop dat neurale volwasse stamselle tot bloedselle verander het (Scott, 2006:89).<sup>8</sup>

Ander stamselle wat in die nie-bloedvormende dele van beenmurg gevind word, staan bekend as die mesenchieme stamselle. Tans word menslike volwasse stamselle (mesenchieme) eksperimenteel getoets by pasiënte met osteogenesis imperfecta,<sup>9</sup> metachromatiese leukodistropie en Hurler se sindroom.<sup>10</sup> Die besondere eienskap van hierdie eksperimente is dat allogene stamselle gebruik is en dat geen ongunstige en ernstige immuniteitsreaksie ondervind is nie (Monitoring stem cell research, 2004:123). Resultate word egter nog afgewag. Hierdie stamselle kan tot 'n verskeidenheid selle ontwikkel, soos byvoorbeeld kraakbeen-, been-, vet- en spierselle (Monitoring stem cell research, 2004:123; Scott, 2006:65-68, 218-219). Navorsers het ook 'n mengsel<sup>11</sup> van hierdie stamselle (mesenchieme) in pasiënte met miokardiale infarksie ingespuut. Hierdie stamselle het by 'n hele aantal pasiënte tot algehele herstel gelei (Scott, 2006:108).

Navorsers by die Stem Cell Institute of the University of Minnesota het onlangs ook 'n rare vorm van volwasse stamsel uit die beenmurg<sup>12</sup> van honde, rotte en muise geïsoleer, naamlik *adult progenitor cells* (MAPCs). Die besondere eienskap van hierdie stamsel is dat dit blyk om soortgelyke potensiaal as embrionale

---

8 Volgens Scott (2006:90) het die volgende laboratoriums dieselfde resultate met hemopoiëtiese selle gevind: Karolinska Institute in Swede, Robert Wood Johnson Medical School in New Jersey, navorsers by Yale en Iowa Universiteite.

9 Hierdie is 'n kongenitale aandoening waarin die bene gewoonlik bros en broos is (Martin, 1993:414).

10 Hurler se sindroom is 'n aangebore metaboliese defek wat ophoping van mukopolisakkarides en lipiede in die liggaamselle veroorsaak. Dit lei tot verstandelike gestremdheid, vergroting van die lewer en milt, vervormde bene en growwe en dik gelaatstrekke (Martin, 1993:244).

11 "Because pure stem cells are not used, the effect could be due to something carried along in the mix of cells and liquid", skryf Scott (2006:109).

12 Hierdie selle is ook in die brein en spiere van honde, rotte en muise gevind (Scott, 2006:85).

stamselle te besit (Panno, 2006:32). Die terapeutiese waarde van hierdie selle lê daarin dat navorsers hierdie selle in 'n embrio van 'n muis geplaas het en dat die selle bygedra het tot die ontwikkeling van al die dele van die muis (Scott, 2006:85-86). Hierdie selle het ook getoon dat hulle *in vitro* tot sellyne kan ontwikkel en dat hulle funksioneel tot kraakbeen-, been-, vet- en spierselle kan differensieer. Die besondere eienskap van hierdie stamselle is dat hulle ook getoon het, anders as ander volwasse stamselle, dat hulle tot (menslike) lewerselle kan spesialiseer. Hierdie stamselle in die beenmurg in die filiaalfase word tans intens bestudeer vir die gebruik vir outoloë seltransplantasieterapie (Verfaillie, 2003; Monitoring stem cell research, 2004: 123-124).

Stamselle is ook in die bloed van die naelstring gevind (Monitoring stem cell research, 2004:113; Scott, 2006:102; Tada & Cameron, 2006:142). Voorlopig wil dit ook lyk asof stamselle uit hierdie bron soos embrionale stamselle funksioneer en die verbasende is dat hierdie stamselle, alhoewel allogenes, nie 'n immuniteitsreaksie veroorsaak nie (Panno, 2006:32, 63). By geboorte word bloed uit die naelstring geneem waaruit stamselle geïsoleer kan word. Die Amerikaanse regering het onlangs geld beskikbaar gestel vir die opstel van 'n stamselbank waar naelstringbloed geberg kan word vir moontlike gebruik in die toekoms. Op hierdie stadium is dit onduidelik of stamselle wat in die stamselbank geberg word in die toekoms gebruik sal kan word. Dit kan wees dat die meeste mense wat hulle stamselle gebank het, dit nie in die toekoms sal benodig nie, of dat die gebergde selle nie meer aan die nodige vereistes vir terapeutiese gebruik sal voldoen nie (Monitoring stem cell research, 2004:11). Bloedvormende stamselle uit die naelstring is ook met sukses by kankerpatiënte en pasiënte met ander bloedsiektes gebruik. Kinders met sekelsiekte,<sup>13</sup> talassemie, leukemie<sup>14</sup> is al deur stamseltherapie met hierdie stamselle genees (Scott, 2006:102; Panno, 2006:35-37, 63). Panno (2006:65) hoop en glo dat hierdie selle die toekoms van stamseltherapie sal wees.

---

13 Hierdie is 'n oorerflike bloedsiekte wat hoofsaaklik swart persone uit Afrika aantast en wat lei tot anemie en geelsug (Martin, 1993:513).

14 Hierdie is enige groep maligne siektes waarin die beenmurg en ander bloedvormende organe verhoogde hoeveelhede van sekere tipes witbloedselle produseer. Oorproduksie van hierdie witselle onderdruk die produksie van normale witselle, rooiselle en plaatjies en lei dus tot verhoogde vatbaarheid vir infeksie (Martin, 1993:317).

'n Algemene bewering binne die neurowetenskap was dat senuweeselle hulleself nie kan herstel nie en daaruit is afgelei dat geen senuweestamsel bestaan nie. Maar in 2000 het 'n Amerikaanse biotegnologiese maatskappy neurale stamselle van 'n menslike brein geïsoleer (Scott, 2006:68). Stamselle is in die gedeelte van die brein gevind wat betrokke is by die reukvermoë, asook die voering van are binne die brein. Hierdie stamselle kon *in vitro* tot verskeie neurale stamsellyne groei (Monitoring stem cell research, 2004:113-115, 124-125). Tans word menslike neurale volwasse stamselle in diere wat mensverwante neurale siektes onder lede het, ingespuit (Panno, 2006:45-46). Navorsing het getoon dat menslike neurale stamselle maklik tot in die dierlike brein migreer en defektiewe selle herstel het. Tans word die gebruik van neurale stamselle met die oog op die herstel van Alzheimer en Parkinson se siektes bestudeer (Monitoring stem cell research, 2004:124-125). Volwasse neurale stamselle wat in muise met Parkinson se siekte oorgeplant is, het gelei tot groot motoriese verbetering (Panno, 2006:48). Soortgelyke resultate is ook met Batten se siekte gevind. Hierdie pasiënte het 'n defekte ensiem wat nie lipoproteïene (cholesterol) afbreek nie. Hierdie proteïen akkumuleer in die selle se sitoplasma en lei tot die vernietiging van breinselle en uiteindelik blindheid, ataksie, demensie en dan die dood. Hierdie siekte is fataal, tas net kinders aan wat gewoonlik binne die eerste drie jaar na geboorte sterf. Navorsers by die Stem Cells, Inc. het volwasse neurale stamselle wat in die menslike brein gevind is, in muise met Batten se siekte ingespuit. Dit het daartoe gelei dat die stamselle na die defekte selle beweeg het, normale ensieme afgeskei het, en die geweldige simptome van die siekte vertraag het (Scott, 2006:116-117).

Navorsers van die University of Pennsylvania het dit reggekry om volwasse stamselle uit die haarfollikels van muise te isoleer. Hulle het hierdie stamselle in haarlose gedeeltes (bles) van die muise ingeplant en dit het daartoe gelei dat die muise na ongeveer vier weke weer hare begin groei het.<sup>15</sup> Die mediese implikasie van hierdie navorsing is geweldig. Op hierdie wyse kan pasiënte wat hulle haargroei na byvoorbeeld 'n brand verloor het, weer gehelp word (Scott, 2006:86-88).

---

15 Soortgelyke eksperimente met dieselfde resultate, is ook met embrionale stamselle herhaal (Scott, 2006:87).

### **2.2.7 Stamselle in hoër primate**

Daar is alreeds aangetoon dat stamselle van menslike oorsprong terapeuties in diere geplaas is (vgl. 2.2.2; 2.2.6 en 2.2.7). Die doel is om die werking en effek van stamselle te bestudeer. Maar 'n ander etiese probleem ontstaan wanneer menslike embrionale of neurale stamselle in diere oorgeplant word. Navorsers oorweeg die skepping van 'n muis waarvan die brein hoofsaaklik deur menslike embrionale of neurale stamselle tot stand gebring is. Die verskynsel is bekend as chimera. So 'n chimerabrein kan as 'n eksperimentele model dien om verskeie kunsmatig-geïnduseerde siektes van die brein te bestudeer. Stamselterapie en medisyne kan op hierdie manier op muise getoets word voordat dit vir mense gebruik word. Wat sou byvoorbeeld gebeur wanneer menslike embrionale stamselle in die blastosist van 'n aap geplaas word? 'n Verhoogde bewussyn en menslike karaktereienskappe word vermoed (Scott, 2006:147-149). In die lig van hierdie onsekerhede het The National Academy of Science in Amerika riglyne geformuleer waarin hulle voorstel dat menslike embrionale stamselle nie in hoër primate geplaas word nie, en dat hoër primate se embrionale stamselle voorlopig eers in muise geplaas word (The National Academy of Science, 2005:8, 41).

### **2.2.8 'n Uitkoms vir die impasse**

Daar bestaan tans wetenskaplikes wat meen dat embrionale en volwasse stamselle ewe bruikbaar is en dat albei tipe stamselle tot alle moontlike seltipes kan ontwikkel (Panno, 2006:11, 32-33). Onlangs is gerapporteer dat navorsers dit reggekry het om 'n sel in die ken van 'n dertigjarige vrou te reprogrammeer om soos 'n embrionale stamsel op te tree (Park, 2007:11). Kloning is 'n bewys dat ouer gedifferensieerde selle gereprogrammeer kan word (Scott, 2006:62). Dit het by baie mense die vraag laat ontstaan of die gebruik van volwasse stamselle nie eerder ondersoek moet word nie. Op hierdie wyse kan die etiese probleem van die gebruik van embrionale stamselle omseil word (Panno, 2006:11). Tog meen verskeie wetenskaplikes dat daar net te min gegewens bestaan om 'n finale antwoord op hierdie probleem te gee en dat al die moontlike stamselbronne ondersoek moet word (Monitoring stem cell research, 2004:10, 96). Aan die een kant is in 2.2.1-2.2.6 aangetoon dat dit in sekere gevalle wil voorkom asof net embrionale stamselle sekere terapeutiese resultate kan bereik, terwyl aan die ander kant ook aangetoon is dat volwasse stamselle tot meer seltipes kan ontwikkel as wat vermoed is. Hiermee saam het studies ook getoon dat volwasse stamselle in 'n kultuurmedium direk differensieer tot die selle van oorsprong. Stamselle uit die brein vorm net neurale

selle en selle uit die beenmurg net bloedselle (Panno, 2006:12). Min wetenskaplikes is tans enigsins bereid om te beweer dat volwasse stamselle alleen die antwoord vir moontlike terapeutiese gebruik sal wees en die finale uitslag sal nie binnekort gegee kan word nie (Park, 2007:11). Scott (2006:11) skryf:

Our knowledge of human development relies on investigating both types of cells: prohibiting one line of research and not the another is like asking Einstein to understand relativity without gazing at the stars or asking da Vinci to understand flight without watching birds.

## **2.3 Tegniese probleme in stamselnavorsing met etiese implikasies**

### **2.3.1 Stamsel terapie baie duur**

'n Groot probleem tans met stamselnavorsing wat eers uit die weg geruim moet word voor algemene terapie enigsins moontlik is, is die geweldige koste daaraan verbonde. Die verkryging en voorbereiding van stamselle is 'n baie uitgerekte en duur proses wat dit vir die meeste pasiënte byna onmoontlik en baie onprakties maak om veral hulle eie selle te gebruik (Lauritzen, 2004:256; Monitoring stem cell research, 2004:140; Panno, 2006:31). Om geskikte volwasse stamselle te kry moet daar eers 'n biopsie gekry word van die weefsel waar die stamselle verwag word. Die bewering is dat vir elke pasiënt wat behandel word, ongeveer tien tot twintig voltydse goed-opgeleide tegnisi in toegeruste laboratoriums benodig sal word. Die koste om een pasiënt te behandel sal astronomies wees. Koste kan moontlik gereduseer word deur sentrale stamsellyne te berg wat vir verskeie (geneties verskillende) pasiënte gebruik kan word. In plaas daarvan om vir elke individu sy eie stamsellyn te skep, kan 'n nasionale stamselbank geskep word waar duisende embrionale stamsellyne geberg word. Deur middel van 'n toets kan 'n geskikte skenker met die minste immuniteitsimplikasies gekies word. Verder moet dit ook in gedagte hou word, dat wanneer hierdie terapie gevestig is, die pryse sal daal en dat die koste vir die versorging van kroniese siek mense sal wegval en eerder vir hierdie terapie gebruik sal kan word (Scott, 2006:98-99). Peters (2007:70) beweer:

Smoke screens and sleights of hand on the part of investors and regulators who make big promises now must find that later, when delivery is ready, a system is in place to guarantee widespread access.

### **2.3.2 Stamselle gekontamineer**

'n Enkele menslike stamsel word gestimuleer tot die groei van 'n stamsellyn. Hier kan drie moontlike uitdagings met gepaardgaande implikasies geïdentifiseer word. Hierdie probleme en uitdagings moet eers opgelos word voordat stamselterapie veilig, effektief (Monitoring stem cell research, 2004:120-121; Yu & Thomson, 2006:4) en dus eties aanvaarbaar kan wees (Park, 2007:11). Heel-wat kliniese toetse sal gedoen moet word voordat stamselterapie vir die mens 'n opsie sal wees (Scott, 2006:96-98, 185).

Die isolasie van volwasse stamselle uit weefsel soos beenmurg, die brein en spiere bring eerstens tans 'n heterogene stamsellyn na vore. Die beginstamsellyn wat uit beenmurg verkry is, kan uit pluripotente stamselle asook meer gedifferensieerde stamselle bestaan wat byvoorbeeld net wit- en rooibloedselle kan vorm. Daar bestaan metodes om ongewenste stamselle te verwyder, maar selfs dan word nie 'n suiwer pluripotente stampoplusie gevind nie (Monitoring stem cell research, 2004:116). Alhoewel menslike embrionale stamselle uit die binneste selmassa verkry word, bestaan daar tweedens tog vrae rondom hierdie selle. Nadat menslike embrionale stamselle geïsoleer is, word dit op 'n laag muisfibroblastselle *in vitro* in bees-serum geberg en tot verdere vermenigvuldiging gestimuleer (Yu & Thomson, 2006:4). Alhoewel muisselle behandel is om hulle groei te inhibeer, kan dit gebeur dat sommige van hulle groei. Dit beteken dat 'n populasie menslike embryo stamselle ook uit muisselle kan bestaan. Eties gesproke is dit belangrik dat geneties homogene stamselle gebruik moet word vir selinplanting tydens die terapeutiese proses. Die gebruik van geneties heterogene (dierlike) stamselle kan moontlike negatiewe gevolge, soos 'n erge immuniteits-reaksie, inhou (Scott, 2006:53). Dit wil egter lyk asof hierdie nie 'n onoorkomelike probleem is nie (Yu & Thomson, 2006:5). Tans word geëksperimenteer met die berging en groei van menslike (embrionale) stamselle op menslike selle en selfs metodes sonder enige berging en groeimedium (Draper *et al.*, 2003; Monitoring stem cell research, 2004:117, 123; Panno, 2006:24; Yu & Thomson, 2006:4). 'n Ander manier waarop wetenskaplikes tans bogenoemde probleem sistap, is deur die gebruik van enkelselkloning. 'n Nie-organiese silinder word bo-oor 'n enkele embrionale of volwasse menslike stamsel geplaas. Die stamsel word gestimuleer om te groei, waarna al die stamselle geoes kan word. Die voordeel van hierdie metode is dat die geoesde stamselle ongekontamineer en dus geneties heterogeen is (Amit *et al.*, 2000; Monitoring stem cell research, 2004:117). Navorsers meen dit is net 'n kwessie van tyd voor die regte groeimedium vervaardig sal word (Yu & Thomson,

2006:4). Derdens bestaan die gevaar van mikrobiese kontaminasie ook. Stamsellyne wat oorspronklik uit menslike stamselle *in vitro* gegroei is, kan met menslike virusse, bakterie, fungi en mycoplasma gekontamineer wees (Scott, 2006:99, 166). Embrionale menslike stamselle wat op muisselle gegroei is, mag ook met dierlike (muis-) patogene besmet word (Monitoring stem cell research, 2004:120; Yu & Thompson, 2006:4-5).

### 2.3.3 Stamselanomalie

Nadat 'n stamsellyn tot stand gebring is en genetiese homogeniteit bewerk is, moet sodanige stamsellyn stabiel gehou word (Yu & Thomson, 2006:4). Hier kan drie moontlik probleme met meegaande implikasies geïdentifiseer word. Hierdie is ernstige hindernisse wat eers opgelos moet word voordat stamsel terapie veilig, effektief (Monitoring stem cell research, 2004:120-121; Yu & Thomson, 2006:4; Panno, 2006:58) en dus eties aanvaarbaar kan wees. Ook wat hierdie probleme betref, sal intensiewe kliniese toetse gedoen moet word voordat stamsel terapie vir die mens 'n opsie sal wees (Scott, 2006:96-98, 185).

Die skep van 'n stamsellyn vind in die eerste plek plaas deur die herhaalde verdeling van stamselle. Hierdie proses vind *in vitro* plaas. Stamselle, soos enige ander sel wat gereeld en oor 'n lang tydperk verdeel om dogterselle te vorm, besit die definitiewe risiko vir genetiese en epigenetiese veranderinge (mutasie) tydens die DNS-verdeling. Op hierdie wyse ontstaan genetiese variante wat die heterogene karakter van stamsel populasie verander (Monitoring stem cell research, 2004:118; Scott, 2006:3; Park, 2007:11). Dit is bekend dat mutasies tydens die normale voortplantingsproses tot siektes in mense aanleiding kan gee. Uit 'n etiese oogpunt is dit van kardinale belang dat die gebruik van heterogene stamselle nie tot ander ernstige probleme vir die betrokke pasiënt sal lei nie. Stamsellyne word tydens eksperimentering en navorsing gevries en ontvries. Tweedens is dit tans onbekend of die bevriesing en ontvriesing van stamsellyne enige invloed op die fenotipe karaktereenskappe van die individu het (Scott, 2006:48). Daar is geweldige voordele verbonde aan die vries- en ontvriesprosedure: herhaalde eksperimentering, asook die toekomstige behandeling van verskeie pasiënte kan uit een stamsellyn plaasvind, wat uit een stamsel ontwikkel is (Monitoring stem cell research, 2004:118). Normale menslike stamselle het 46 chromosome. Dit is derdens ook bekend, dat tydens die normale kopiëring van chromosoom, DNS en die verdeling van dogterchromosome daar soms foute insluip wat tot abnormale chromosome of tot die wanverdeling van chromosome

kan lei. Laasgenoemde chromosoomafwykings kan tot kwaadaardigheid of kanker lei (Park, 2007:11). Alhoewel chromosoomafwykings in stamsellyne sonder twyfel waargeneem is (Draper *et al.*, 2003; Monitoring stem cell research, 2004:119; Yu & Thomson, 2006:4), wil dit voorkom asof die meeste stamsellyne wat tans bestudeer word normale chromosome besit wat getal en struktuur betref (Carpenter *et al.*, 2003, Monitoring stem cell research, 2004:119; Verfaillie, 2003). Muis wat suikersiekte onder lede het en met menslike embrionale stamselle behandel is, het geen kankergewasse gevorm nie (Monitoring stem cell research, 2004:137). Tog verskil resultate. Nie net vertoon stamsellyne soms kankeragtigheid nie, maar eksperimentele stamsel terapie by muis het ook al tot tumors gelei. Muis met Parkinson se siekte wat met (muis-) embrionale stamselle behandel is, het maligne tumors in hulle brein ontwikkel, terwyl hulle ook teratome in hulle geslagskliere gevorm het. Dit wil voorkom asof navorsers by muis hierdie probleem taamlik omseil het deur embrionale stamselle te stimuleer om (stam-) selle te vorm wat reeds dopamien afskei voordat hulle ingeplant word. Die gebruik van hierdie selle in terapie het nie tot tumors gelei nie (Scott, 2006:78-79).

Ten spyte van laasgenoemde gegewens maan wetenskaplikes nog steeds tot voorlopige versigtigheid (Draper *et al.*, 2003; Panno, 2006:58, 65-66). Navorsing het ook getoon dat embrionale stamselle en kankerselle wat sekere proteïene betref aan mekaar verwant is. Volgens Yu en Thomson (2006:5) is hierdie probleem nog glad nie in diepte nagevors nie. Indien kankeragtige stamselle vir terapie gebruik word, kan dit moontlik tot kanker in toekomstige pasiënte lei (Monitoring stem cell research, 2004:119). Die nodige sekerheid moet bestaan dat stamseloorplanting oor 'n tydperk nie kwaadaardig sal word nie. Streng toetse sal gedoen moet word oor die kankervormende potensiaal van stamselgebruik. Laasgenoemde studie sal oor jare moet plaasvind en sal diere insluit wat ouer word as rotte en muis. Pasiënte wat jare terug 'n beenmurgoorplanting ontvang het, het 'n verhoogde risiko vir ernstige neurologiese en verskeie tipes kanker vertoon (Monitoring stem cell research, 2004:137). Dit is duidelik dat die kultuur waarin en waarop stamselle gekweek word 'n groot invloed op die stamselle het. Die medium waarop stamselle gekweek word, moet die volgende eienskappe besit: dit moet koste-effektief wees en maklik wees om te gebruik; dit moet uit komponente van nie-dierlike oorsprong bestaan; dit moet 'n enkele (gekloonde) stamsel se groei bevorder, en dit moet geen genetiese of chromosonale afwyking bevorder nie. Om so 'n



meduim te ontwikkel, is een van die groot uitdagings van stamselnavorsing en die uiteindelijke -terapie (Yu & Thomson, 2006:5).

#### 2.3.4 Stamselle verwerp

Wat gewoonlik nie saam met die suksesse in stamselnavorsing genoem word nie, is die feit dat die diere wat gebruik word se immuniteitstelsel deur genetiese manipulasie verwyder is, of die werking van die immuniteit deur medikasie onderdruk word (Scott, 2006:3; Panno, 2006:60). Hierdie eksperimentele diere moet voortdurend in 'n steriele omgewing gehou word. Navorsing het getoon dat embrionale stamselle, alhoewel nie baie nie, tog oppervlakte molekules bevat wat deur die ontvangerliggaam erken en aangeval kan word en op hierdie wyse tot verwerping mag lei (Tada & Cameron, 2006:28; Panno, 2006:30). Dieselfde resultate is ook gevind by die gebruik van mesenchieme stamselle (Monitoring stem cell research, 2004:132-133, 140). Volgens Panno (2006:35) is hierdie 'n ernstige probleem wat oorkom moet word.

'n Oplossing hiervoor is die oorweging van 'n immuniteitsstelsel-oorplanting (vgl. 2.2.4). Navorsers wys daarop dat hierdie probleem in die toekoms waarskynlik opgelos kan word deur een van die liggaamselle van die pasiënt te kloon, 'n embrio te skep en dan die embrionale stamselle te oes vir moontlike terapie (vgl. 2.2.4; Scott, 2006:53-54). Die selle sal deur die liggaam as sy eie erken word en nie verwerp word nie (Panno, 2006:31). Tans is kloning nog problematies om daarmee die probleem om te los. Embrionale stamselle (van die skenker) kan ook met die ontvanger se gene gemanipuleer word sodat die ontvangerliggaam dit nie verwerp nie. Ongelukkig kan verwerping nie 100 persent uitgeskakel word nie (Panno, 2006:31). Natuurlik kan die probleem omseil word deur van die liggaam se eie volwasse stamselle gebruik te maak. Stamselle word van die pasiënt se liggaam geneem, gekweek en dan vir terapie gebruik. Op hierdie manier word die pasiënt se eie volwasse stamselle gestuur om tot die spesifieke sel tipe te differensieer wat die mees effektiewe en goedkoopste opsie sal wees (Panno, 2006:32, 61). Hiermee bestaan die moontlikheid om die pasiënt se liggaamselle te neem, te reprogrammeer tot 'n stamsel en dan vir terapie te gebruik (Park, 2007:11; vgl. 2.2.4). 'n Minder geskikte moontlikheid is om aan die ontvanger van terapeutiese stamselle immuniteitsonderdrukkende medisyne te gee (Scott, 2006:53). Dit is ook nie die beste opsie nie, omdat pasiënte wat hierdie medikasie gebruik, nie 'n goeie lewensverwachting het nie (Panno, 2006:30, 59-

61). Moontlik lê die oplossing in die gebruik van stamselle uit die bloed van die naelstring (vgl. 2.2.6).<sup>16</sup> Op hierdie stadium van die navorsing is die verwerping van stamselle deur die ontvangerliggaam nog onbekend (Monitoring stem cell research, 2004:137; Yu & Thomson, 2006:7). Heelwat basiese en toegepaste navorsing moet nog gedoen word voordat stamsel terapie as herskeppende medisyne gebruik kan word en die belofte van hierdie tegnologie dus kan realiseer (Monitoring stem cell research, 2004:140). Panno (2006:61) belig die probleem van stamselnavorsing soos volg: “Clearly, the promise of stem cell therapy has been greatly exaggerated.”

### **2.3.5 Stamselle: terapie of fusie**

Uit 2.2.6 is dit duidelik dat volwasse hemopoiëtiese (bloed-) stamselle suksesvol in stamsel terapie gebruik kan word en dat dit ook tot ander sel tipes (bv. brein- en longselle) gedifferensieer het. Daar is tog navorsers wat van oordeel is dat die gebruik van volwasse bloedstamselle in ander organe nie terapeutiese defektiewe stamselle se funksie oorgeneem of vervang het nie, maar eenvoudig met bestaande selle versmelt (fusie) het (Prentice, 2003; Monitoring stem cell research, 2004:126). Navorsing wat Weissman en Wagers, van onderskeidelik Stanford en Harvard universiteite, met volwasse bloedstamselle gedoen het, het daarop gedui dat die bloedstamselle wel bloed vervaardig het. Waar die bloedselle egter in ander organe gevind is, het die bloedstamselle nie in ander selle verander of gedifferensieer nie, maar met brein- of longselle saamgesmelt. Volgens die navorsers is 'n volwasse stamsel nie so vervormbaar (plasties) as wat beweer word nie. Daarom maak Peters (2007:4) die volgende opmerking: “But multipotent hematopoietic stem cells cannot make brain cells. Experiments have demonstrated this.” Navorsing in 2002 en 2003 in verskeie ander laboratoriums het bevestig dat neurale stamselle met beenmurgselle versmelt het en 'n dubbel chromosoomgetal tot gevolg het (Blau *et al.*, 2004; Scott, 2006:88-93). Alhoewel genesing plaasgevind het, is die langtermyngevolge van selfusie nie bepaal nie (Scott, 2006:108). Navorsers sal eers moet bepaal wat die invloed en langtermyngevolge sal wees wanneer die stamselle van een sel tipe (bv. bloed) vir die terapie van 'n ander sel tipe (bv. die hart) gebruik word. Die

---

16 Navorsers het dit ook al reggekry om 'n groeifaktor in die brein van rotte in te spuit wat gelei het tot die stimulasie van die liggaam se eie stamselle. Breinherstel is gerapporteer (Panno, 2006:63-64).

waarde van die gebruik van volwasse stamselle uit 'n etiese oogpunt is dat dit die moontlike gebruik en eksperimentering met embrionale stamselle kan uitskakel. Tog wil bogenoemde inligting daarop dui dat dit net te vroeg in die debat is om te beweer dat volwasse stamselle die gebruik van embrionale stamselle oorbodig sal maak (Scott, 2006:89-90).

### 3. Samevatting en gevolgtrekking

Stamselle is spesiale selle wat die vermoë het om tot enige sel in die liggaam te ontwikkel en defektiewe selle te herstel of te vervang. Navorsers het stamselle uit die menslike (en dierlike) embryo, fetus, naelstring en volwasse liggaam geïsoleer en tot stamsellyne voorberei vir terapie. Verbasende resultate is alreeds aangetoon. In sommige gevalle het navorsers ten volle genesing bewerk of ten minste groot verbetering tot stand gebring in diere (ook in enkele gevalle by mense) met suikersiekte, Parkinson en Alzheimer se siektes en outo-immuunsiektes. Die gebreekte rugmurg van rotte is ook deur hierdie tegnologie herstel. Probleme wat geïdentifiseer is, is die noodwendige vernietiging van die menslike embryo, die ooreweging van terapeutiese kloning, die plasing van menslike embrionale stamselle in die embryo's van primate soos ape en 'n reeks tegniese en veiligheidsprobleme in die ontwikkeling van stamsel-tegnologie. Tog kan 'n mens nie tot 'n ander gevolgtrekking kom nie: indien die tegniese en etiese probleme van stamselnavorsing en tegnologie oorkom kan word, kan hierdie mediese tegnologie wonderlike genesing van 'n verskeidenheid siektes by die mens in die nabye toekoms tot gevolg hê.

### Geraadpleegde bronne

- AMIT, M., CARPENTER, M.K., INOKUMA, M.S., CHIU, C-P., HARRIS, C.P., WAKNITZ, M.A., ITSKOVITZ-ELDOR, J. & THOMSON, J.A. 2000. Clonally derived human embryonic stem cell lines maintain pluripotency and proliferative potential for prolonged periods of culture. <http://www.idealibrary.com> Date of acces: 6 Nov. 2007.
- ANDERSEN, S. & HALLAMAA, J. 1995. Euthanasia: a letter to a nurse on death and dying. (*In* Mortensen, V., ed. *Life and death: moral implications of biotechnology*. Geneva: WCC. p. 64-70.)
- BERKHOF, L. 1984. *Systematic theology*. 11th ed. Edinburgh: The Banner of Truth Trust.
- BLAU, H.M., DOYANNAS, R., LABARGE, M.A., SACCO, A. & CHARLTON, C. 2004. Hematopoietic contribution to skeletal muscle regeneration by myelomonocytic precursors. <http://www.pnas.org/cgi/content/full/101/37/13507?> Date of access: 6 Nov. 2007.

- CARPENTER, M.K., ROSLER, E. & RAO, M.S. 2003. Characterization and differentiation of human embryonic stem cell. <http://www.liebertonline.com/doi/abs/10.1089/153623003321512193> Date of access: 27 Oct. 2007.
- DRAPER, J.S., SMITH, K., GOKHALE, P., MOORE, H.D., MALTBY, E., JOHNSON, J., MEISNER, L., ZWAKA, T., THOMPSON, J.A. & ANDREWS, P.W. 2003. Recurrent gain of chromosomes 17q and 12 in cultured human embryonic stem cells. <http://www.nature.com/nbt/journal/v22/n1/full/nbt922.html> Date of access: 26 May 2007.
- GEARHART, J. 2003. Human embryonic germ cells. Appendix H. Paper prepared for the President's Council on Bioethics. <http://www.bioethics.gov/reports/stemcell/index.html> Date of access: 23 May 2007.
- JAENISCH, R. 2003. The biology of nuclear cloning and the potential of embryonic stem cells for transplantation therapy. Appendix N. Paper prepared for the President's Council on Bioethics. <http://www.bioethics.gov/reports/stemcell/index.html> Date of access: 23 May 2007.
- KUYPER, A. 1910. Het dominium van den mensch. (*In* Dictaten dogmatiek. Deel 2: Locus de Creaturis: C. Locum homine. §12. Kampen: Kok. p. 123-126.)
- LAURITZEN, P. 2004. Report on the ethics of stem cell research. Appendix G. Paper prepared for the President's Council on Bioethics. <http://www.bioethics.gov/reports/stemcell/index.html> Date of access: 23 May 2007.
- LUDWIG, T.E. & TOMPSON, J.A. 2003. Current progress in human embryonic stem cell research. Appendix I. Paper prepared for the President's Council on Bioethics. <http://www.bioethics.gov/reports/stemcell/index.html> Date of access: 23 May 2007.
- MARTIN, E.A. 1993. Mediese woordeboek: vertalend en verklarend. Afrikaanse uitgawe vertaal en verwerk deur M. Botha, H. Fourie, W. Liebenberg & I. Redelinghuijs. Oxford: Oxford University Press.
- MONITORING STEM CELL RESEARCH. 2004. A Report of the President's Council on Bioethics. <http://www.bioethics.gov/reports/stemcell/index.html> Date of access: 23 May 2007.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. 2005. Guidelines for human embryonic stem cell research: committee on guidelines for human embryonic stem cell research. National Research Council. <http://www.nap.edu/catalog/11278.html> Date of access: 14 Dec. 2007.
- PANNO, J. 2006. Stem cell research: medical applications and ethical controversy. New York: Checkmark.
- PARK, A. 2007. Life after life: a breakthrough in stem-cell research may resolve its ethical dilemmas. *Time*, 170(22):11.
- PETERS, T. 2007. The stemcell debate. Minneapolis: Fortress.
- PRENTICE, D. 2003. Adult stem cells. Appendix K. Paper prepared for the President's Council on Bioethics. <http://www.bioethics.gov/reports/stemcell/index.html> Date of access: 23 May 2007.
- SCOTT, T.S. 2006. Stem cell now: from the experiment that shook the world to the new politics of life. New York: Pi Press.
- STEM CELL INFORMATION. 2006. Stem cell basics: what are the similarities and differences between embryonic and adult stem cells? <http://stemcells.nih.gov/info/basics/basics5> Date of access: 8 Nov. 2007.
- TADA, J.E. & CAMERON, M. DE S. 2006. How to be a Christian in a brave new world. Grand Rapids: Zondervan.

- VAN NIEKERK, A.A. 2005 Geloof sonder sekerhede: besinning vir eietydse gelowiges. Wellington: Lux Verbi.BM.
- VAN WYK, J.H. 1988. Wie lê die Skrif reg uit – en hoe? *Die Kerkblad*, 101(3048):6-7.
- VAN WYK, J.H. 1999. Kloning: konflik tussen wat kan en wat mag: 'n voorlopige ondersoek vanuit teologies-etiese perspektief. *In die Skriflig*, 33(1):81-97.
- VERFAILLIE, C.M. 2003. Multipotent adult progenitor cells: an update. Division of Hematology, Department of Medicine, and Stem Cell Institute, University of Minnesota. Appendix J. Paper prepared for the President's Council on Bioethics. <http://www.bioethics.gov/reports/stemcell/index.html> Date of access: 23 May 2007.
- YU, J. & THOMSON, J.A. 2006. Embryonic stem cells: regenerative medicine. Department of Health and Human Services. <http://stemcells.nih.gov/info/scireport/2006report> Date of access: 23 Oct. 2007.

**Kernbegrippe:**

embrio  
eties  
stamsel  
stamselnavorsing  
terapeutiese kloning

**Key concepts:**

embryo  
ethics  
stem cell  
stem cell research  
therapeutic cloning

