Globethics Repository

Erklärung über die Herstellung sowie die wissenschaftliche und therapeutische Verwendung von menschlichen embryonalen Stammzellen

This page was generated automatically upon download from the Globethics Repository. More information on Globethics see https://www.globethics.net. Data and content policy of Globethics Repository see https://repository.globethics.net/pages/policy.

Item Type	Preprint
Authors	Päpstliche Akademie für das Leben
Rights	With permission of the license/copyright holder
Download date	2026-11-09 17:52:41
Link to Item	http://hdl.handle.net/20.500.12424/221419

PÄPSTLICHE AKADEMIE FÜR DAS LEBEN

ERKLÄRUNG ÜBER DIE HERSTELLUNG SOWIE DIE WISSENSCHAFTLICHE UND THERAPEUTISCHE VERWENDUNG VON MENSCHLICHEN EMBRYONALEN STAMMZELLEN

Dieses Dokument soll ein Beitrag zu der Diskussion sein, die in der wissenschaftlichen und ethischen Fachliteratur und in der Öffentlichkeit über die Herstellung und Verwendung von *embryonalen Stammzellen* geführt wird. Was deren Grenzen und Erlaubtheit anbelangt, scheint die Diskussion immer mehr zu eskalieren, so daß eine Reflexion über die ethischen Implikationen geboten ist.

Im ersten Teil werden hier kurz die neuesten wissenschaftlichen und biotechnologischen Erkenntnisse über die Stammzellen, ihre Erzeugung und Verwendung dargelegt. Der zweite Teil beleuchtet die schwerwiegenden ethischen Probleme, die aus diesen neuen Entdeckungen und Anwendungen erwachsen.

Wissenschaftliche Aspekte

Im allgemeinen versteht man unter Stammzelle - obwohl einige Aspekte noch geklärt werden müssen - eine Zelle, die folgende Eigenschaften hat: 1. das *Vermögen zu einer unbegrenzten Selbsterhaltung*, das heißt, sich zu vermehren, aber nicht zu differenzieren; und 2. die *Fähigkeit, vorübergehende Keimzellen mit begrenzter Vermehrungsfähigkeit zu bilden*, aus denen *ausdifferenzierte Populationen von Zellen* (Nerven-, Muskel, Blutzellen usw.) entstehen. Seit etwa dreißig Jahren sind diese Zellen ein weites Forschungsfeld für adulte (1) und embryonale Gewebe sowie für In-vitro-Kulturen embryonaler Stammzellen von Versuchstieren (2). Aber die allgemeine Aufmerksamkeit gilt seit kurzem einem neuen Forschungsziel: der Herstellung von *menschlichen embryonalen Stammzellen*.

Die menschlichen embryonalen Stammzellen

Die *Gewinnung von menschlichen embryonalen Stammzellen* (ES, ESc, Embryo Stem Cells) erfordert heute (3): 1) die *Herstellung von menschlichen Embryonen* und/oder die *Verwendung* der nach der *In-vitro-Befruchtung* überzähligen oder eingefrorenen; 2) die *Entwicklung* dieser Embryonen bis zum Blastocystenstadium; 3) die *Zellentnahme* aus der Blastocyste oder aus dem Inneren des Zellhaufens (ICM), was die *Zerstörung des Embryos* zur Folge hat; 4) das *Züchten in Zellkultur* auf einer Schicht von bestrahlten Mäusefibroblasten (feeder) in einem geeigneten Medium, wo sie sich vermehren; 5) die gewonnenen *Zellkolonien* kontinuierlich *in Kultur halten*, was zur Bildung von *Zellreihen* führt, die imstande sind, sich grenzenlos zu vermehren und Monate und Jahre hindurch die Eigenschaften von embryonalen Stammzellen beizubehalten.

Diese embryonalen Stammzellen sind aber nur der Ausgangspunkt für die Gewinnung von *differenzierten Zellreihen*, das heißt von Zellen, die die Eigenschaften besitzen, die sie in

den jeweiligen Geweben (Muskeln, Nerven, Haut, Blut, Keimgewebe usw.) annehmen. Die Herstellungsmethode steht noch nicht fest (4), aber die Inokulation von menschlichen ES in Versuchstieren (Mäusen) oder ihre In-vitro-Kultur auf Nährboden bis zur Konfluenz haben gezeigt, daß sie imstande sind, differenzierte Zellen zu erzeugen, die bei normaler Entwicklung aus drei verschiedenen embryonalen Ausfaltungen entstehen: der entodermalen (Darmepithel), der mesodermalen (Knorpel, Knochen, glatte und quergestreifte Muskel) und der exodermalen (Neuralepithel, Schuppenepithel) (5).

Diese Ergebnisse haben die wissenschaftliche, biotechnologische, medizinische und pharmakologische Welt, aber auch die Welt des Handels und der Massenmedien aufgerüttelt. Man hofft vor allem, daß die Anwendungsmöglichkeiten neue und sicherere Wege eröffnen, die für die Heilung schwerer Krankheiten seit Jahren gesucht werden (6). Aber vor allem die politische Welt horchte auf (7). In den Vereinigten Staaten, besonders im Kongreß, der sich über lange Zeit dagegen stellte, mit Bundesmitteln Forschungen zu unterstützen, bei denen Embryonen vernichtet wurden, gab es Reaktionen: Unter anderen übten die NIH (*N*ational *I*nstitutes of *H*ealth) starken Druck aus, um wenigstens die Finanzierung der Verwendung von Stammzellen, die von privaten Gruppen hergestellt werden, zu erlangen; das NBAC (*N*ational *B*ioethics *A*dvisary *C*ommittee), das von der Bundesregierung zum Studium des Problems eingerichtet worden war, hat empfohlen, öffentliche Mittel nicht nur für die Forschung an embryonalen Stammzellen, sondern auch für deren Herstellung zu genehmigen; man besteht sogar darauf, daß das gesetzliche Verbot über die Verwendung von Bundesmitteln für die Forschung an menschlichen Embryonen endgültig aufgehoben werde.

Dieselben Bestrebungen sind auch in England, Japan und Australien im Gang.

Das therapeutische Klonierung

Es war klar, daß die therapeutische Verwendung der ES als solche große Gefahren mit sich bringen würde, weil sie, wie man bei Mäuseversuchen festgestellt hatte, krebsfördernd sind. Also wäre es notwendig gewesen, spezielle Reihen von *differenzierten Zellen* je nach Bedarf zu gewinnen; und die dafür verfügbare Zeit schien nicht knapp. Doch auch wenn es gelungen wäre, hätte man keineswegs sicher sein können, daß bei der therapeutischen Inokulation oder Implantation keine Stammzellen mit den entsprechenden Risiken auftreten. Außerdem wäre eine weitere Behandlung nötig gewesen, um die immunologischen Abwehrreaktionen zu überwinden. Deshalb wurden drei Wege für das *therapeutische Klonierung* (8) vorgeschlagen mit dem Ziel, pluripotente menschliche embryonale Stammzellen mit einer ganz bestimmten genetischen Information zu gewinnen, woraus sich dann die gewünschte Differenzierung ableiten ließe.

1. *Übertragung eines Zellkerns eines gegebenen Subjekts in eine entkernte menschliche Eizelle*; embryonale Entwicklung bis zum Blastocystenstadium und Verwendung der Zellen aus dem Inneren des Zellhaufens (ICM) der Blastocyste, um die ES und aus ihnen die gewünschten differenzierten Zellen zu gewinnen.

2. *Übertragung eines Zellkerns eines gegebenen Subjekts in die Eizelle eines anderen Organismus*. Wenn das gelingt, müßte es vermutlich zur Entwicklung eines menschlichen Embryos führen, der wie im vorgenannten Fall verwendet werden kann.

3. *Reprogrammierung des Zellkerns eines gegebenen Subjekts*, indem die ES cytoplast mit

einer somatischen Zelle karyoplast verschmolzen wird, so daß ein "*cybrid*" gewonnen wird. In dieser Richtung sind Versuche im Gang. Aber auch dieser Weg scheint eine vorausgehende Herstellung von ES aus menschlichen Embryonen zu erfordern.

Beim jetzigen Sachstand zielt die wissenschaftliche Forschung vor allem auf den ersten Weg ab, doch es ist offensichtlich, daß - wie wir noch sehen werden - alle drei ins Auge gefaßten Lösungen vom moralischen Standpunkt aus inakzeptabel sind.

Die "erwachsenen" Stammzellen

Die Forschung über Stammzellen des Erwachsenen (ASC - Adult Stem Cells) in den vergangenen dreißig Jahren hat klar ergeben, daß im Gewebe des Erwachsenen Stammzellen vorhanden sind, die aber nur eigene Zellen eines bestimmten Gewebes bilden können. Das heißt, man hielt ihre Reprogrammierung nicht für möglich. In den letzten Jahren (9) wurden hingegen in verschiedenen menschlichen Geweben auch *pluripotente Stammzellen* entdeckt : im Rückenmark (HSCs), im Gehirn (NSCs), im Mesenchyn (MSCs) verschiedener Organe und im Blut der Nabelschnur (P/CB, placental, Cord Blood). Diese pluripotenten Stammzellen sind fähig, mehrere Zelltypen, hauptsächlich Blut-, Muskel- und Nervenzellen zu bilden. Es gelang, sie zu erkennen, zu selektieren und so weit zu entwickeln, daß sie mit Hilfe von wachstumsfördernden Faktoren und regulierenden Eiweißstoffen reife Zelltypen bilden. Bemerkenswerte Fortschritte wurden erzielt bei Versuchen mit den neuesten gen- und biotechnischen Molekularmethoden zur Analyse des genetischen Programms und dessen Wirkweise in den Stammzellen (10) und zur Überführung der gewünschten Gene in Stamm- oder Keimzellen, die nach Einpflanzung fähig sind, die ursprünglichen Funktionen des erkrankten Gewebes wiederherzustellen (11). Ausgehend von einigen im Anhang angegebenen Arbeiten ist darauf hinzuweisen, daß beim Menschen die Stammzellen des Rückenmarks, in dem alle Blutzellen gebildet werden, das Molekül CD 34 als Erkennungszeichen besitzen. Sie können im Reinzustand die ganze Population der Blutzellen in Patienten, die äußerst hochdosierte Bestrahlung und Chemotherapie erhalten, mit einer Geschwindigkeit regenerieren, die der Menge der verwandten Zellen entspricht. Zudem hat man schon Hinweise für den Weg, die Entwicklung von Nervenstammzellen (NSCs) zu steuern - darunter das Neuroregulin und das osteomorphogenetische Protein 2 (BMP2, Bone Morphogenetic Protein 2) -, die die NSCs dazu bringen können, daß sie Neuroglia (Bindegewebszellen der Stützsubstanz des Nervensystems, die Myelin herstellen) oder auch glatter Muskel werden.

Der vorsichtige Optimismus, den viele der genannten Arbeiten am Ende wecken, ist ein Zeichen dafür, wie sehr man sich eine erfolgversprechende Therapie mit "erwachsenen Stammzellen" bei vielen Pathologien erhofft. D.J. Watt und G.E. Jones bekräftigen: "Die Muskelstammzellen der embryonalen und erwachsenen Mioblastlinie können äußerst wichtige Zellen für die unterschiedlichen Gewebe und der Schlüssel für zukünftige Therapien von Krankheiten werden, die nicht myogenen Ursprungs sind (S. 93). J.A. Nolta und D.B. Kohn betonten: "Die Fortschritte in der Anwendung der genetischen Überführung bei den Blut bildenden Stammzellen haben zu klinischen Versuchen angeleitet. Von ihren Ergebnissen hängt die zukünftige Entwicklung ab. Die Gentherapie wird es ermöglichen, genetische und erworbene Krankheiten ohne die Komplikation der Verpflanzungen von fremdstämmigen Zellen zu behandeln" (S. 460). D.L. Clarke und J. Frisén unterstreichen: "Diese Studien lassen vermuten, daß die Stammzellen in den verschiedenen "erwachsenen" Geweben den menschlichen embryonalen Zellen viel ähnlicher sind, als bisher vermutet wurde. Sie können in manchen Fällen ein ganz ähnliches Programm besitzen." Und weiter:

"Die Studien zeigen, daß erwachsene Nervenzellen eine große Entwicklungsfähigkeit besitzen und möglicherweise bei vielen Krankheiten zur Gewinnung vielfältiger Zelltypen für die Verpflanzung bei verschiedenen Krankheiten verwendet werden."

Alle diese erzielten Fortschritte und Ergebnisse auf dem Gebiet der Stammzellen des Erwachsenen (ASC) zeigen nicht nur ihre große Plastizität, sondern auch ihre vielseitige Verwendbarkeit, die sich eigentlich nicht von derjenigen der embryonalen Stammzellen (ES) unterscheidet, denn die Plastizität hängt zum Großteil von einer genetischen Information ab, die neu programmiert werden könnte.

Natürlich ist es noch nicht möglich, die therpeutischen Ergebnisse, die durch die Verwendung von embryonalen Stammzellen und "erwachsenen" Stammzellen erzielt bzw. erwartet werden, miteinander zu vergleichen. Mit letzteren werden schon in vielen pharmazeutischen Firmen klinische Versuche gemacht (12), die erfolgversprechend sind und für die mehr oder weniger nahe Zukunft zu großen Hoffnungen berechtigen. Obwohl bei den ersteren viele Versuche gute Ergebnisse erwarten lassen (13), erfordert ihre Anwendung im klinischen Bereich gerade auf Grund der damit verbundenen schwerwiegenden ethischen und rechtlichen Probleme ein nochmaliges ernstes Nachdenken und ein großes Verantwortungsbewußtsein gegenüber der Würde eines jeden Menschen.

Ethische Probleme

In diesem Dokument sollen kurz die ethischen Hauptprobleme, die aus diesen neuen Technologien erwachsen, formuliert und die Antwort angezeigt werden, die aus einer aufmerksamen Betrachtung des menschlichen Subjekts vom Augenblick seiner Empfängnis an erwächst; eine Betrachtung, auf der die vom kirchlichen Lehramt bekräftige und vorgelegte Stellungnahme fußt.

Das ***erste ethische Problem,*** das grundlegend ist, kann so formuliert werden: "*Ist es moralisch erlaubt, für die Gewinnung von ES lebende menschliche Embryone herzustellen und/oder zu verwenden*"*?*

"*Die Antwort ist negativ*", aus folgenden Gründen:

1. Auf Grund einer vollständigen biologischen Analyse ist der menschliche Embryon von der Verschmelzung der Keimzellen an ein *menschliches Subjekt* mit einer ganz bestimmten Identität, das sich von diesem Zeitpunkt an *kontinuierlich entwickelt* und in keinem nachfolgenden Stadium als einfache Zellmasse betrachtet werden kann (14).

2. Daraus folgt: Als *menschliches Individuum* hat es das Recht auf eigenes Leben. Deshalb ist jeder Eingriff, der nicht zum Wohl des Embryos geschieht, ein Akt, der dieses Recht verletzt. Die Moraltheologie hat seit jeher gelehrt, daß im Fall des "*ius certum tertii*" das System des Probabilismus nicht anwendbar ist (15).

3. Deshalb ist das Herausnehmen der inneren Zellmasse (ICM) der Blastozyste, das den menschlichen Embryo schwer und unwiderruflich schädigt, indem es seine Entwicklung abbricht, ein s*chwer unmoralischer* und deshalb *völlig unerlaubter Akt*.

4. *Kein noch so gut gemeinter Zweck kann einen Eingriff* wie die Verwendung der Stammzellen *rechtfertigen,* die aus anderen differenzierten Zellen gewonnen werden

konnten mit Blick auf erfolgversprechende therapeutische Maßnahmen. Ein guter Zweck macht eine in sich schlechte Tat nicht gut.

5. Für den Katholiken wird diese Haltung durch das Lehramt der Kirche bekräftigt, denn in der Enzyklika *Evangelium vitae* heißt es (auch unter Bezugnahme auf die Instruktion *Donum vitae* der Kongregation für die Glaubenslehre): Die Kirche hat "stets gelehrt und lehrt noch immer, daß der Frucht der menschlichen Zeugung vom ersten Augenblick ihrer Existenz an jene unbedingte Achtung zu gewährleisten ist, die dem Menschen in seiner leiblichen und geistigen Ganzheit und Einheit moralisch geschuldet wird: 'Ein menschliches Geschöpf ist von seiner Empfängnis an als Person zu achten und zu behandeln, und deshalb sind ihm von jenem Augenblick an die Rechte einer Person zuzuerkennen, als deren erstes das unverletzliche Recht auf Leben angesehen wird, dessen sich jedwedes unschuldige menschliche Geschöpf erfreut'" (Nr. 60) (16).

Das ***zweite ethische Problem*** läßt sich so formulieren: *Ist es moralisch erlaubt, das sogenannte "therapeutische Klonen" durchzuführen* mit Hilfe der Herstellung von geklonten menschlichen Embryonen und ihrer nachfolgenden Zerstörung, um ES zu gewinnen?

"*Die Antwort ist negativ*", aus folgendem Grund:

Jede Art von therapeutischem Klonen, welche die Herstellung von menschlichen Embryonen und der nachfolgenden Zerstörung der erzeugten Embryonen, aus denen Stammzellen gewonnen werden, einschließt, ist unerlaubt. Es ergibt sich also die zuvor dargelegte ethische Frage, die nur mit nein beantwortet werden kann (17).

Das ***dritte ethische Problem*** kann so formuliert werden: *Ist es moralisch erlaubt, die ES und die aus ihnen gewonnenen differenzierten Zellen zu verwenden, die gegebenenfalls von anderen Forschern geliefert werden oder im Handel erhältlich sind?*

"*Die Antwort ist negativ*", aus folgendem Grund:

Über die (formale oder nicht formale) Mitbeteiligung an der moralisch unerlaubten Intention des Ersthandelnden hinaus liegt im untersuchten Fall eine material sehr nahe Kooperation (cooperatio materialis proxima) in der Herstellung und Manipulation menschlicher Embryonen von seiten des Herstellers oder Lieferanten vor.

Zusammenfassend kann man sagen: Die Schwere und der Ernst des ethischen Problems, das aus der Absicht erwächst, die Herstellung und/oder Verwendung von menschlichen Embryonen auf das Forschungsgebiet des Menschen auszudehnen, treten auch in humanitärer Hinsicht ganz klar zutage.

Die Möglichkeit, **"erwachsene" Stammzellen** zu demselben Zweck wie embryonale Stammzellen zu verwenden, steht als Tatsache fest, auch wenn auf beiden Gebieten noch viele weitere Schritte nötig sind, ehe man davon klare und eindeutige Ergebnisse sieht. Diese Möglichkeit zeigt den vernünftigsten und menschlichsten Weg auf, den es zu beschreiten gilt, will man einen rechten und wahren Fortschritt erzielen in diesem neuen Bereich, der sich für die Forschung und die vielversprechenden therapeutischen Anwendungen öffnet. Auf diese richten sich zweifellos die Hoffnungen eines beträchtlichen Teils der leidenden Personen.

Der Präsident
Prof. Juan de Dios Vial Correa

Der Vizepräsident
Erzbischof Elio Sgreccia

Vatikanstadt, 25 August 2000.

BIBLIOGRAPHISCHE ANMERKUMGEN

(1)Vgl. M. LOEFFLER, C. S POTTEN, *Stem cells and cellular pedigrees - a conceptual introduction,* in C. S. POTTEN (Hrsg.), Stem Cells, Academic Press, London 1997, 1-27; D. Van der KOOY, S. WEISS, *Why Stem Cells?*, Science 2000, 287,1439-1441.

(2) Vgl. T. NAKANO, H. KODAMA, T. HONJO, *Generation of lymphohematopoietic cells from embryonic stem cells in culture,* Science 1994, 265, 1098-1101; G. KELLER, *In vitro differentiation of embryonic stem cells,* Current Opinion in Cell Biology 1995, 7, 862-869; S. ROBERTSON, M. KENNEDY, G. KELLER, *Hematopoietic commitment during embryogenesis,* Annals of the New York Academy of Sciences 1999, 872, 9-16.

(3) Vgl. J. A. THOMSON, J. ITSKOVITZ-ELDOR, S. S. SHAPIRO u.a., *Embryonic stem cell lines derived from human blastocysts,* Science 1998, 282, 1145-1147; G. VOGEL, *Harnessing the power of stem cells,* Science 1999, 283, 1432-1434.

(4) Vgl. F. M. WATT, B. L. M, HOGAN, *Out of Eden: stem cells and their niches,* Science 2000, 287, 1427-1430.

(5) Vgl. J. A. THOMSON, J. ITSKOVITZ-ELDOR, S. S. SHAPIRO u.a., oben zit.

(6) Vgl. U.S. CONGRESS, OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT, *Neural Grafting: Repairing the Brain and Spinal Cord,* OTA-BA-462, Washington, DC, U. S. Government Printing Office, 1990; A. McLAREN, *Stem cells: golden opportunities with ethical baggage,* Science 2000, 288, 1778.

(7) Vgl. E. MARSHALL, *A versatile cell line raises scientific hopes, legal questions,* Science 1998, 282, 1014-1015; J. GEARHART, *New potential for human embryonic stem cells,* ebd., 1061-1062; E. MARSHALL, *Britain urged to expand embryo studies,* ebd., 2167-2168; 73 SCIENTISTS, *Science over politics,* Science 1999, 283, 1849-1850; E. MARSHALL, *Ethicists back stem cell research, White House treads cautiously,* Science 1999, 285, 502; H. T. SHAPIRO, *Ethical dilemmas and stem cell research,* Ibidem, 2065; G. VOGEL, *NIH sets rules for funding embryonic stem cell research,* Science 1999, 286, 2050; G. KELLER, H. R. SNODGRASS, *Human embryonic stem cells: the future is now,* Nature Medicine 1999, 5, 151-152; G.J. ANNAS, A. CAPLAN, S. ELIAS, *Stem cell politics, ethics and medical progress,* ebd., 1339-1341; G. VOGEL, *Company gets rights to cloned human embryos,* Science 2000, 287, 559; D. NORMILE, *Report would open up research in Japan,* ebd., 949; M. S. FRANKEL, *In search of stem cell policy,* ebd., 1397; D.

PERRY, *Patients voices: the powerful sound in the stem cell debate*, ebd., 1423; N. LENOIR, *Europe confronts the embryonic stem cell research challenge*, ebd., 1425-1427; F. E. YOUNG, A time for restraint, ebd., 1424; EDITORIAL, *Stem cells,* Nature Medicine 2000, 6, 231.

(8) D. DAVOR, J. GEARHART, *Putting stem cells to work,* Science 1999, 283, 1468-1470.

(9) Vgl. C. S. POTTEN (Hrsg.), *Stem Cells,* Academic Press, London 1997, 474; D. ORLIC, T. A. BOCK, L. KANZ, *Hemopoietic Stem Cells: Biology and Transplantation,* Ann. N. Y. Acad. Sciences, Bd. 872, New York 1999, 405; M. F. PITTENGER, A. M. MACKAY, S.C. BECK u.a.., *Multilineage potential of adult human mesenchymal stem cells,* Science 1999, 284, 143-147; C. R. R. BJORNSON, R.L. RIETZE, B. A. REYNOLDS u.a., *Turning brain into blood: a hematopoietic fate adopted by adult neural stem cells in vivo,* Science 1999, 283, 534-536; V. OUREDNIK, J. OUREDNIK, K. I. PARK, E. Y. SNYDER, *Neural Stem cells B a versatile tool for cell replacement and gene therapy in the central nervous system,* Clinical Genetics 1999, 56, 267-278; LEMISCHKA, *Searching for stem cell regulatory molecules: Some general thoughts and possible approaches,* Ann. N.Y. Acad. Sci. 1999, 872, 274-288; H. H. GAGE, *Mammalian neural stem cells,* Science 2000, 287, 1433-1438; D. L. CLARKE, C. B. JOHANSSON, J. FRISEN u.a., *Generalized potential of adult neural stem cells,* Science 2000, 288, 1660-1663; G. VOGEL, *Brain cells reveal surprising versatility,* ebd., 1559-1561.

(10) Vgl. R. L. PHILLIPS, R.E.ERNST, I.R.LEMISCHKA u.a.,*The genetic program of hematopoietic stem cells,* Science 2000, 288, 1635-1640.

(11) Vgl. D. J. WATT, G.E. JONES, *Skeletal muscle stem cells: function and potential role in therapy,* in C. S. POTTEN, Stem Cells, oben zit., 75-98; J. A. NOLTA, D. B. KOHN, *Haematopoietic stem cells for gene therapy,* ebd., 447-460; Y. REISNER, E. BACHAR-LUSTIG, H-W. LI u.a., *The role of megadose CD34+ progenitor cells in the treatment of leukemia patients without a matched donor and in tolerance induction for organ transplantation,* Ann. N.Y.Acad. Sci 1999, 872, 336-350; D. W. EMERY, G. STAMATOYANNOPOULOS, *Stem cell gene therapy for the ß-chain hemoglobinopathies,* ebd., 94-108; M. GRIFFITH, R. OSBORNE, R. MUNGER, *Functional human corneal equivalents constructed from cell lines,* Science 1999, 286, 2169-2172; N. S. ROY, S. WANG, L. JIANG u.a., *In vitro neurogenesis by progenitor cells isolated from the adult hippocampus*, Nature Medicine 2000, 6, 271-277; M. NOBLE, *Can neural stem cells be used as therapeutic vehicles in the treatment of brai tumors?*, ebd., 369-370; I. L. WEISSMAN, *Translating stem and progenitor cell biology to the clinic: barriers and opportunities,* Science 2000, 287, 1442-1446; P. SERUP, *Panning for pancreatic stem cells*, Nature Genetics 2000, 25, 134-135.

(12) E. MARSHALL, *The business of Stem Cells,* Science 2000, 287, 1419-1421.

(13) Vgl. O. BRUSTLE, K. N. JONES, R. D. LEARISH et al., *Embryonic stem cell-derived glial precursors: a source of myelinating transplants,* Science 1999, 285, 754-756; J. W. McDONALD, X-Z LIU, Y. QU u.a., *Transplanted embryonic stem cells survive, differentiate and promote recovery in injured rat spinal cord,* Nature Medicine 1999, 5, 1410-1412.

(14) Vgl.A. SERRA , R. COLOMBO, *Identity and Status of the Human mbryo: the*

Contribution of Biology, in: PONTIFICIA ACADEMIA PRO VITA, *Identità and Statute of Human Embryo,* Libreria Editrice Vaticana, Città del Vaticano 1998, 106-158.

(15) Vgl. I. CARRASCO de PAULA, *Il rispetto dovuto all'embrione umano: prospettiva storico-dottrinale*, in aaO., 9-33; R. LUCAS LUCAS, *Statuto antropologico dell'embrione umano,* in Id.., 159-185; M. COZZOLI, *L'embrione umano: aspetti etico normativi,* in Id.., 237- 273; L. EUSEBI, *La tutela dell'embrione umano: profili giuridici,* in aaO., 274-286.

(16) JOHANNES PAUL II, *Enzyklika "Evangelium Vitae"* (25. März 1995), Acta Apostolicae Sedis 1995, 87,401-522; vgl. a. KONGREGATION FÜR DIE GLAUBENSLEHRE, *Instruktion über die Achtung vor dem beginnenden menschlichen Leben und die Würde der Fortpflanzung "Donum Vitae"* (22. März 1987), Acta Apostolicae Sedis 1988, 80, 70-102.

(17) Vgl. KONGREEGATION FÜR DIE GLAUBENSLEHRE, oben zit., I, n.6; C.B.COHEN (Hrsg.), *Special Issue: Ethics and the cloning of human embryos,* Kennedy Institute of Ethics Journal 1994, n.4, 187-282; H. T. SHAPIRO, *Ethical and policy issues of human cloning*, Science 1997, 277, 195-196; M.L. DI PIETRO, *Dalla clonazione animale alla clonazione dell'uomo?,* Medicina e Morale 1997, n.6, 1099-2005; A. SERRA, *Verso la clonazione dell'uomo? Una nuova frontiera della scienza,* La Civiltà Cattolica 1998 I, 224-234; Ders., *La clonazione umana in prospettiva "sapienziale"*, ebd., 329-339.

