

Stammzellen aus dem Nabelschnurblut

Jakob R. Passweg*, Yves Chalandon*, Thomas Lehmann**, Vincent Kindler*,
André Tichelli**, Genf und Basel

Einführung

Vor mehr als 20 Jahren ist der Reichtum des Nabelschnurblutes an hämatopoetischen Stammzellen entdeckt worden. Nabelschnurblut (cord blood, CB) ist definiert als die Menge Blut, welche nach Geburt und Abnabelung in der Nabelschnur und in der Plazenta verbleibt und normalerweise entsorgt wird. Diese Entdeckung hat die Verwendung dieser Zellen als Quelle für hämatopoetische Stammzelltransplantation und eine erste Transplantation bei einem Kind mit Fanconi Anämie ermöglicht, das heute als junger Mann immer noch am Leben ist, und hat damit eine neue Ära eingeleitet^{1), 2)}.

Die hämatopoetische Stammzelltransplantation (HSZT) ist eine relativ häufig verwendete Therapieform für maligne und nicht maligne Knochenmarkserkrankungen (z. B. wurden 2008 bei 27 000 Patienten in Europa eine HSZT durchgeführt, davon 11 000 allogene und 16 000 autologe HSZT). Hauptsächlich bei Kindern wird diese Therapieform auch bei zahlreichen kongenitalen metabolischen Erkrankungen und Immundefizienz verwendet.

Die hämatopoetischen Stammzellen (HSZ) stammen aus dem Knochenmark oder dem peripheren Blut nach Mobilisation aus dem Knochenmark mittels Wachstumsfaktoren. Durch die Entdeckung des Reichtums des Nabelschnurblutes an HSZ steht uns eine dritte Stammzellquelle zur Verfügung. Der Grund für diesen Reichtum liegt möglicherweise in der Vorbereitung des Neugeborenen auf das postnatale Leben und seine Umstellung auf eine adulte Hämatopoese. Die HSZ des Nabelschnurblutes entsprechen adulten Stammzellen: Sie sind multipotent und differenzieren sich in alle Zellen des lympho-hämatopoetischen Systems aus, aber es handelt sich nicht um totipo-

tente foetale Stammzellen, sogenannte embryonale Stammzellen, welche sich in alle Zellen des menschlichen Körpers ausdifferenzieren können. Diese Unterscheidung ist wichtig wegen der kürzlichen Diskussion in den Medien, die Forschung mit embryonalen Stammzellen betreffend.

Die HSZ der Nabelschnur werden nach der Geburt und nach der Abnabelung durch Punktion der Nabelschnurgefäße gewonnen, entweder vor oder nach Entbindung der Plazenta. Diese Technik ist für Mutter und Kind ungefährlich. Sie ist nicht schwierig zu erlernen und den Geburtshelfern wird ein Kit für die gerichtete Spende (siehe unten) zur Verfügung gestellt. Nach der Sammlung von ungefähr 100–150 ml Nabelschnurblut in einen mit Antikoagulantien versehenen Beutel, werden die Zellen ins Labor transportiert. Dort wird der Zellgehalt (total nucleated cell count, TNC) sowie der Stammzellgehalt (CD34+ Zellen) gemessen. Übertragbare infektiöse Erkrankungen müssen ausgeschlossen werden³⁾. Vor der Sammlung sind bei der Mutter bereits verschiedene Infektmarker getestet worden und sie ist, auf Grund eines Fragebogens, mit einigen Anpassungen in Hinsicht auf die Nabelschnurblutspende vom Fragebogen der Blutspendenzentren abgeleitet, als spendetauglich erklärt worden. Die Zellen werden HLA (human leukocyte antigens) typisiert. Nach Reduktion von Volumen und Anzahl Erythrozyten (hauptsächlich zur Platzeinsparung), werden die Zellen in Flüssigstickstoff eingefroren. Der Beutel mit den Zellen wird vor der Einlagerung in die Nabelschnurzellbank anonymisiert. Sobald alle Resultate der verschiedenen Untersuchungen eingetroffen sind, wird der Beutel für die Transplantation freigegeben. Diese Freigabe und die weltweite Zurverfügungstellung der Zellen erfolgt über die nationalen Register, in der Schweiz der SBSC (Swiss blood stem cells, www.bloodstemcells.ch), welche mit den internationalen Registern über die

WMDA (world marrow donor association, www.worldmarrow.org) vernetzt ist.

Es gilt drei spezifische Situationen auseinanderzuhalten: die anonyme Spende für die öffentlich zugänglichen Nabelschnurbanken, die gerichtete Spende für ein bereits betroffenes Kind welches möglicherweise eine HSZT benötigen wird und die private Spende für den Eigengebrauch, autologe Nabelschnurbank.

Definitionen

Allogene Stammzelltransplantation: Transplantation von hämatopoetischen Stammzellen von einer Person in eine andere; **Autologe Stammzelltransplantation:** Transplantation von hämatopoetischen Stammzellen einer Person für sich selber; **Syngene Stammzelltransplantation:** Transplantation von hämatopoetischen Stammzellen zwischen eineiigen Zwillingen.

Verwandter Spender: Spender aus der gleichen Familie wie der Empfänger, die Wahrscheinlichkeit der HLA-Verträglichkeit zwischen zwei Geschwistern beträgt 25%, die Resultate der Transplantation von HLA-verträglichen verwandten Spendern ergeben die besten Resultate. Angesichts der Geburtenrate in Westeuropa mit 1–2 Kindern pro Familie ist die Wahrscheinlichkeit, einen Familienspender zu finden, oft niedrig.

Nicht verwandter Spender: Spender nicht aus der gleichen Familie wie der Empfänger stammend. In den 90er Jahren sind Register für nicht verwandte Spender geschaffen worden, um Stammzellen für Patienten ohne Familienspender zur Verfügung zu stellen. Dank Fortschritten in der HLA-Typisierung mit hochauflösender Technologie, haben sich die Ergebnisse der nicht verwandten Transplantation deutlich gebessert und nähern sich den Ergebnissen der Verwandtentransplantation. Aufgrund der Verteilung der HLA-Antigene in verschiedenen Populationen, ist es heute möglich, für etwa 50–60% der Patienten einen passenden Spender zu identifizieren. Je nach ethnischen Hintergrund variiert diese Wahrscheinlichkeit erheblich.

Stammzellquellen

Knochenmark-Entnahme: In Allgemeinnarkose, durch multiple Punktionen am Beckenkamm des Spenders

Peripheres Blut: Mobilisation der Stammzellen aus dem Knochenmark ins Blut

* Service d'Hématologie, Hôpitaux Universitaires de Genève

** Diagnostische Hämatologie, Universitätsspital Basel

	Knochenmark	Periphere Stammzellen	Nabelschnurblut
Sammlung	Allgemeinnarkose	Durch Apherese	unproblematische Sammlung
Nukleäre Zellen	$3 \times 10^8/\text{kg}$	$9 \times 10^8/\text{kg}$	$0.3 \times 10^8/\text{kg}$
CD34+ (Stammzellen)	$2.8 \times 10^6/\text{kg}$	$7 \times 10^6/\text{kg}$	$0.2 \times 10^6/\text{kg}$
T-Lymphozyten	$2.2 \times 10^7/\text{kg}$	$27 \times 10^7/\text{kg}$	$0.4 \times 10^7/\text{kg}$

Tabelle 1: Charakteristika der Stammzelltransplantate aus verschiedenen Stammzellquellen

mittels subkutaner Injektion von hämatopoetischen Wachstumsfaktoren. Sammlung der Zellen nach 4–5 Tagen mittels Apherese (extrakorporelle Zirkulation)

Nabelschnurblut: Sammlung der Stammzellen aus dem Nabelschnurblut bei der Geburt nach Abnabelung

Indikationen für die Transplantation

Die Liste der Indikationen für die allogene Stammzelltransplantation ist lang und schliesst verschiedene maligne Knochenmarkserkrankungen ein, wie Leukämien und Lymphome, nicht maligne Erkrankungen wie die aplastische Anämie, verschiedene kongenitale Erkrankungen, Zellerkrankungen (angeborener Immundefekt, Hämoglobinopathien) sowie metabolische Störungen, welche durch die Transplantation gesunder hämatopoetischer Stammzellen korrigiert werden können. Die Europäische Knochenmarkstransplantationsgesellschaft (EBMT) publiziert regelmässig Listen mit anerkannten Indikationen⁴⁾.

Vor- und Nachteile der Stammzellen aus dem Nabelschnurblut

Zu den Vorteilen gehört, dass die Zellen bereits eingefroren sind und somit schneller zur Verfügung stehen, als Zellen erwachsener Spender. Angesichts ihrer immunologischen Unreife induzieren diese Zellen weniger gegen den Empfänger gerichtete Abwehrreaktionen (Graft versus Host Krankheit), HLA-Inkompatibilitäten werden demzufolge besser toleriert. Ihre Proliferationskapazität ist im Vergleich zu Stammzellen von adulten Spendern erhöht. Für Patienten ohne passenden Fremdsender kann, dank HLA-Typisierung oft eine «verträgliche» Nabelschnurblutspende gefunden werden.

Zu den Nachteilen gehört, dass, auf Grund der kleineren Zahl an Stammzellen im

Vergleich zur Stammzellzahl erwachsener Spender, das Abstossungsrisiko erhöht ist. Die Immunrekonstitution ist wegen der immunologischen Unreife der Zellen verlängert, das Infektrisiko deshalb erhöht (Tabellen 1 + 2). Bei Rückfall oder Abstossung ist es nicht möglich, Zellen vom gleichen Spender wieder zu verwenden.

Anonyme Nabelschnurblutspende für die öffentliche Nabelschnurblutbank

Zurzeit gibt es in der Schweiz zwei öffentliche Nabelschnurblutbanken, in Basel und in Genf. Stammzellen für diese Banken werden in fünf geburtshilflichen Abteilungen gesam-

melt (Bern, Tessin, Liestal, Basel und Genf). Die Gebärenden werden in den erwähnten geburtshilflichen Abteilungen für eine Nabelschnurblutspende rekrutiert. Spenderrekrutierung und Einlagerung in die Banken unterstehen der Kontrolle durch das BAG (Bundesamt für Gesundheit). Die Stammzellen werden nach strikten Kriterien und unter genauester Qualitätskontrolle eingefroren. Im Allgemeinen kann festgehalten werden, dass von vier spendewilligen Gebärenden, zwei spenden dürfen/können und dass von zwei gesammelten Nabelschnurblutspenden schliesslich eine eingefroren wird. Die Gründe für das Nichtspenden/Nichteinfrieren sind vielfältig und reichen von verschiedenen Ausschlusskriterien der Spenderin, nicht ausreichender Zellzahl bis zur fehlenden Laboratoriumskapazität. Die anonymisierten und in Flüssigstickstoff eingefrorenen Beutel können über Jahre ohne Funktionsverlust gelagert werden. Die maximale Lagerungsdauer ist nicht bekannt. Weltweit sind in ca. 100 öffentlichen Nabelschnurblutbanken über 450 000 Einheiten gelagert, unter denen der transplantierende Arzt auswählen kann (www.bmdw.org).

Stammzellen eines nicht verwandten Spenders	Nabelschnurblut
Sammlung in Allgemeinnarkose oder nach Injektion von Wachstumsfaktoren	Ohne Risiko für die Mutter sowie das Neugeborene
Hohe Stammzellzahl, rasches Angehen des Transplantates	Niedrige Stammzellzahl, langsames Angehen des Transplantates, lange Aplasiephase
Zeitintervall um einen Spender zu identifizieren und eine Spende zu organisieren: 3–4 Monate	Rasche Verfügbarkeit der Zellen, da bereits tiefgefroren
Der identifizierte Spender kann die Spende verweigern oder aus medizinischen Gründen spendeuntauglich sein	Die bereits tiefgefrorenen Zellen sind für die Transplantation freigegeben und benötigen keine weiteren Tauglichkeitstests
Der Spender steht für eine zweite Spende oder für die Spende von T-Lymphozyten für eine adoptive Immuntherapie zur Verfügung	Zweite Spende unmöglich
Nach der Sammlung benötigt der Transport eine ausgeklügelte Logistik	Stammzellen können über 10 Jahre tiefgefroren aufbewahrt werden
Benötigt hohe HLA-Kompatibilität, von mindestens 9/10–10/10 der HLA-A, B, C, DR, DQ-Allele	Die hohe HLA-Kompatibilität ist weniger wichtig
Seltene HLA-Haplotypen sind beschränkt vorhanden	Seltene HLA-Haplotypen häufiger weil bessere Rekrutierung ethnischer Minoritäten

Tabelle 2: Vor- und Nachteile von Stammzellen aus Nabelschnurblut und von erwachsenen Fremdspendern

Diese öffentlichen Banken bilden ein Netzwerk, mit dem Ziel weltweit für jeden Patienten die jeweils beste Nabelschnurbluteinheit und damit Stammzellquelle zur Verfügung zu stellen. Es sei erwähnt, dass weltweit 14 Millionen erwachsene Fremdspender in den verschiedenen Registern zur Verfügung stehen. Die Nabelschnurblutbanken haben einen weiteren Vorteil, im Vergleich zu den Registern erwachsener Fremdspender, da sie unter den Gebärenden der öffentlichen Spitäler vermehrt ethnische Minderheiten berücksichtigen können. In den Registern erwachsener Fremdspender sind Kaukasier übervertreten. Die Suche nach kompatiblen Spendern ist für Patienten, die einer ethnischen Minorität angehören, oft schwierig, da die Verteilung der HLA-Antigene vom ethnischen Hintergrund der jeweiligen Population abhängig ist. Zusammen mit der besseren Toleranz für HLA-Inkompatibilitäten und der grösseren HLA-Diversität stellen demzufolge die öffentlichen Nabelschnurblutbanken ein Stammzellenreservoir von unschätzbarem Wert dar.

Gerichtete familiäre Nabelschnurblutspende

Besonders in der Kinderheilkunde ist es nicht so selten, dass ein Kind von einer hämatologischen Krankheit betroffen und die Mutter gleichzeitig wieder schwanger ist. In dieser Situation ist es natürlich sinnvoll, die Stammzellen aus dem Nabelschnurblut des erwarteten Geschwisters zu sammeln und einzulagern und dies natürlich nicht anonym, sondern als Stammzellreserve für das erkrankte Kind. Diese personalisierte Bank muss von der öffentlichen anonymisierten Bank getrennt geführt werden. Selbst wenn das erkrankte Kind in Remission ist, z. B. einer akuten lymphatischen Leukämie, werden die Stammzellen, falls kompatibel, aufbewahrt für den Fall eines Rezidivs⁵⁾.

Mit einer speziellen Situation werden wir konfrontiert, wenn die Eltern eine weitere Schwangerschaft wünschen, mit dem Ziel ein HLA-identisches Geschwister zu zeugen. Dies ist heutzutage mittels in vitro Fertilisation und Embryonenselektion möglich. Diese Praxis ist in der Schweiz verboten, in einigen europäischen Ländern aber erlaubt. Bei malignen Knochenmarkserkrankungen stellt sich diese Frage relativ selten, weil die Dringlichkeit der Behandlung eine solche Verzögerung nicht erlaubt, bei kongenitalen Erkrankungen ist die Situation aber eine andere.

Autologe Nabelschnurblutbank

Die Spende und Einlagerung autologer Stammzellen aus dem Nabelschnurblut wird von den Krankenkassen nicht vergütet. Verschiedene private Nabelschnurblutbanken stellen diese Dienstleistung gegen Entgelt zur Verfügung. Die Fachgesellschaften, insbesondere die Gesellschaften für Knochenmarkstransplantation sowie Geburtshelfer und Pädiater haben sich verschiedentlich mit folgenden Begründungen gegen diese Praxis ausgesprochen: Die Inzidenz der Krankheiten, die im Kindesalter eine Stammzelltransplantation benötigen, ist sehr niedrig. Die Mehrheit der pädiatrischen Stammzelltransplantationen wird mit allogenen und nicht mit autologen Stammzellen durchgeführt. Eine autologe «Stammzellreserve» ist deshalb ohne Nutzen. Im Falle einer geplanten autologen Stammzelltransplantation bei einem Kind können meist erfolgreich autologe Stammzellen mobilisiert und gesammelt werden. Das Werbeversprechen der privaten Stammzellbanken, dass diese Zellen zu einem späteren Zeitpunkt für eine Verwendung in regenerativer Medizin nützlich sein werden, z. B. für die Behandlung von Diabetes, Herzinsuffizienz oder Leberversagen, sind rein spekulativ. Trotz grosser Fortschritte der Forschung auf diesem Gebiet, gibt es zurzeit keinerlei nachgewiesene klinische Anwendung. Schliesslich widerspricht die autologe Stammzellsammlung dem Solidaritätsprinzip der öffentlichen Nabelschnurblutbanken, die allen bedürftigen Personen zur Verfügung stehen. Trotz dieser Bedenken florieren die privaten Nabelschnurblutbanken so ziemlich überall und es wird geschätzt, dass über eine Million Einheiten weltweit in privaten Banken gelagert werden, zweimal mehr als in den öffentlichen Banken^{6), 7)}. Die Anzahl Transplantationen mit Zellen aus privaten Nabelschnurblutbanken ist sehr niedrig, zum Teil auch mit etwas fragwürdiger Indikation. Autologe Nabelschnurblutbanken sind in Italien und Spanien verboten.

Ergebnisse der Stammzelltransplantation mit Zellen aus der öffentlichen Nabelschnurblutbank

Seit der Einführung der Nabelschnurblutbanken hat die Anzahl Transplantationen mit dieser Stammzellquelle in Europa

zugenommen, zurzeit werden ca. 700 Transplantationen jährlich durchgeführt⁸⁾. Im letzten Jahrzehnt betraf dies etwa 20% der Transplantationen bei Kindern und Jugendlichen. Obwohl das Nabelschnurblut prozentual reich ist an HSZ, ist deren Gesamtmenge dennoch niedrig. Dies limitiert den Nutzen für erwachsene Patienten^{9), 10)}. In den letzten Jahren sind Strategien entwickelt worden, um diese Stammzellquelle besser für erwachsene Patienten zu erschliessen und das Risiko der Transplantationsabstossung wegen zu grosser HLA-Inkompatibilität oder zu niedriger Stammzelldosis zu verringern, indem zwei Nabelschnurbluteinheiten kombiniert werden. Mit dieser Methode ist das Abstossungsrisiko geringer, hingegen das Risiko der Graft versus Host Krankheit höher. Klinische Daten zeigen, dass Stammzelldosis und Anzahl HLA-Inkompatibilitäten eine gegensätzliche Wirkung haben. Mit höherer Stammzelldosis kann eine HLA Inkompatibilität leichter überwunden werden, mit guter HLA Kompatibilität kann auch mit niedrigerer Stammzelldosis ein gutes Resultat erzielt werden. Seither nimmt die Verwendung von Nabelschnurblut auch für die Transplantation bei erwachsenen Patienten stetig zu.

Im Übrigen wird diese Stammzellquelle in Europa sehr unterschiedlich beurteilt. Dies zeigt sich darin, dass in Frankreich 16% aller Transplantationen mit HSZ aus dem Nabelschnurblut, in Deutschland aber nur 1% auf diese Weise durchgeführt werden; die Schweiz liegt mit 9% wie üblich irgendwo in der Mitte⁸⁾.

Zahlreiche Studien vergleichen die Ergebnisse der Transplantation mit HSZ erwachsener Spender mit HSZ aus Nabelschnurblut. Diese Vergleiche sind schwierig zu interpretieren, da keine randomisierten Studien vorliegen und da die Stammzelldosis von erwachsenen Spendern stets höher und die Anzahl der HLA-Inkompatibilitäten bei Transplantationen mit HSZ aus Nabelschnurblut stets grösser ist. Insgesamt lassen sich wohl die folgenden Schlüsse ziehen: Eine Transplantation mit HSZ aus Nabelschnurblut hat ein höheres Abstossungsrisiko, eine Situation, welche den Patienten nach hochdosierter Chemoradiotherapie in der schwierigen Lage eines länger dauernden Knochenmarksversagens lässt. Der Antitumor-Effekt der HSZ aus Nabelschnurblut, der «graft versus leukemia effect», ist im Vergleich zu HSZ

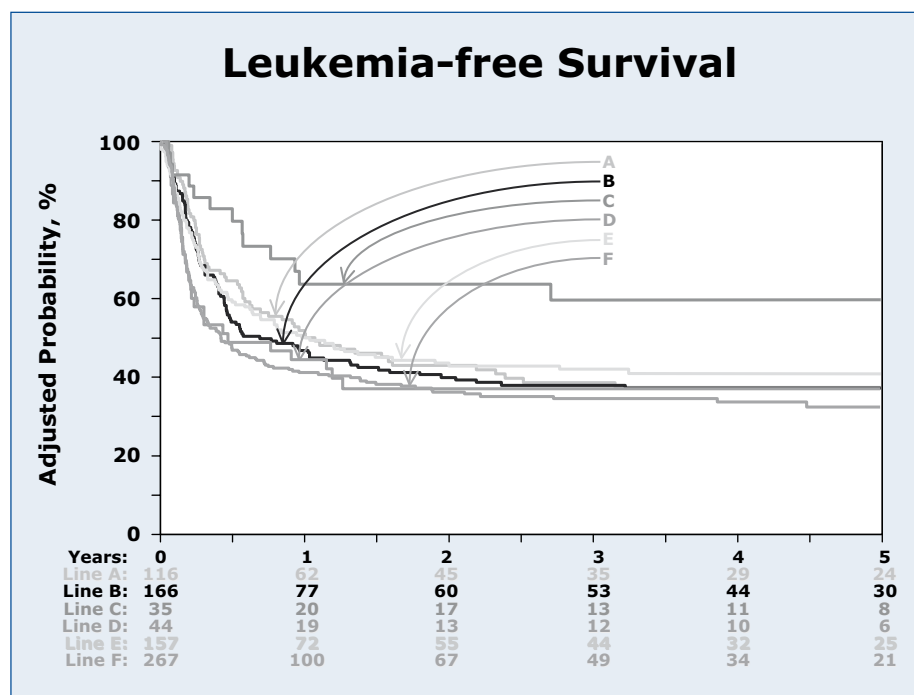


Abbildung 1: Leukämiefreie Fünf-Jahre-Überlebensrate von Kindern mit akuter Leukämie nach Stammzelltransplantation von Knochenmark oder HSZ aus dem Nabelschnurblut, korrigiert für das Krankheitsstadium, nach HLA-Kompatibilität und Zelldosis (mit Erlaubnis von Lancet¹¹). A: Knochenmark, HLA-kompatibel; B: Knochenmark, HLA-inkompatibel; C: CB, HLA-kompatibel; D: CB, HLA-inkompatibel für 1-Antigen, niedrige Dosis ($\leq 0.3 \times 10^8$ /kg kernhaltige Zellen); E: CB, HLA-inkompatibel für 1-Antigen, hohe Dosis ($> 0.3 \times 10^8$ /kg kernhaltige Zellen); F: CB, HLA-inkompatibel für 2 Antigene.

erwachsener Spender in etwa äquivalent, das Risiko der Graft versus Host Krankheit ist mit HSZ aus Nabelschnurblut niedriger, vor allem wenn die HLA Kompatibilität gut ist. Vergleicht man die Langzeitresultate, also ein leukämiefreies Überleben fünf Jahre nach Transplantation, so zeigen die meisten Studien in etwa vergleichbare Resultate oder Ergebnisse die leicht schlechter sind für Transplantation mit HSZ aus Nabelschnurblut. Insgesamt ermöglichen somit die Nabelschnurblutbanken keine deutliche Verbesserung der Resultate, sie offerieren aber eine wertvolle Alternative, insbesondere für Patienten ohne kompatiblen erwachsenen Spender¹¹⁻¹⁵) (Abbildung 1).

Wahl einer Nabelschnurblut-einheit für die Transplantation

Ist der Entscheid getroffen, eine HSZT mit HSZ aus einer Nabelschnurblutbank durchzuführen, muss der transplantierende Arzt entscheiden, ob er eine oder zwei Einheiten verwendet, was vorwiegend vom Gewicht des Empfängers abhängig ist. Er kontaktiert Swiss blood stem cells und diskutiert mit dem nationalen Referenzlabor für Histo-

kompatibilität (Laboratoire de référence national d'histocompatibilité, LNRH) am HUG (Hôpitaux Universitaires de Genève) die Wahl der besten Nabelschnurbluteinheit. Nach Durchführung weiterer Kompatibilitätstests fällt die Wahl schliesslich auf die Einheit mit der höchsten Zellzahl und gleichzeitig der besten Kompatibilität^{16), 17)}.

Forschung

Zahlreiche Forschungsgruppen beschäftigen sich mit der in vitro Expansion hämatopoetischer Stammzellen. Es ist offensichtlich, dass eine solche Expansion das Problem der beschränkten Anzahl Stammzellen, welche in einer Nabelschnurbluteinheit enthalten sind, lösen würde. Diese Forschungsanstrengungen werden aber dadurch erschwert, dass es nicht einfach ist, die Qualitäten einer echten Stammzelle zu definieren. In verschiedenen Versuchen konnte gezeigt werden, dass mit der angestrebten Expansion wohl die Zellzahl vermehrt wird, diese aber den Charakter der Multipotenz und somit den Charakter als Stammzelle verlieren. Ausser an der Expansion wird auch an der Kotrans-

plantation weiterer Zelltypen gearbeitet, welche möglicherweise das Angehen des Transplantates begünstigen können. Diese Versuche haben bis heute noch zu keinen Konsequenzen für die tägliche Praxis geführt. Betreffend der regenerativen Medizin sei vorausgeschickt, dass Arbeiten im Gang sind, die z. B. die Anwendung mesenchymaler Stammzellen aus Nabelschnurblut in der Kardiologie oder der Neurologie erforschen. Alle diese Behandlungen müssen aber als experimentell angesehen werden, und lassen, obwohl insbesondere im präklinischen Bereich in hohem Masse faszinierend, bis anhin bezüglich klinischer Bedeutung für die Zukunft zum jetzigen Zeitpunkt keine Voraussagen zu.

Ausblick

Die öffentlichen Nabelschnurbanken in der Schweiz offerieren das Banking für die Allgemeinheit sowie das Banking für die gerichtete Spende. Hingegen unterstützen die Autoren das private autologe Banking nicht. Die Anzahl Einheiten in den öffentlichen Banken nehmen stetig, wenn auch langsam zu; Unter anderem weil die Finanzierung der Nabelschnurbanken nicht gesichert ist, weder der öffentlichen Banken noch für die gerichtete Spende. Die öffentlichen Banken werden von der Stiftung Swiss Blood Stem Cells (SBSC) und von privaten Stiftungen unterstützt. In den USA hat der Kongress 2005 ein Gesetz erlassen, welches die Finanzierung des amerikanischen Netzwerkes öffentlicher Nabelschnurbanken regelt. Ein ähnliches Gesetz fehlt in der Schweiz. Wir hoffen, dass uns die Fortschritte der Forschung in den nächsten Jahren soweit bringen werden, dass zelluläre Therapien zu einer wirksameren Medizin beitragen. Zurzeit muss weiter in die Forschung investiert werden, aber auch in die Optimierung bereits etablierter Therapien.

Referenzen

Siehe französischer Text.

Korrespondenzadresse

Prof. J. R. Passweg
Service d'Hématologie
Hôpitaux Universitaires de Genève
4, Gabrielle-Perret-Gentil
1211 Genève 14
jakob.passweg@hcuge.ch