

Die Transfusionsausbeute: komplexe Wechselwirkung zwischen verschiedenen Faktoren

G. Canellini, Zentralinstitut der Spitäler, Spital Wallis, Sitten

Einleitung

Die Transfusion von roten Blutkörperchen (RB) kommt den Patienten zugute, indem sie die Sauerstoffzufuhr in das Gewebe bei anämischen Zuständen erhöht. Der Bedarf liegt bei rund 760 Bluteinheiten täglich, was schweizweit einem Transfusionsempfänger alle 2 Minuten entspricht. Doch auch bei vollständiger Berücksichtigung der Blutgruppenkompatibilität wird nicht immer dasselbe Transfusionsergebnis erzielt.

Die Transfusion von roten Blutkörperchen verläuft bei weitem nicht einheitlich.

Transfusionsergebnis

Die Transfusionsausbeute wird über den Anstieg des Hämoglobinwerts (Hb) ermittelt, der nach Transfusion ca. 10 g/l pro Erythrozytenkonzentrat (EK) beträgt. Eine Ausbeute von unter 80 % nach 24 h kann auf eine unwirksame Transfusion hindeuten, doch die Messung ist unvollständig, da sie weder Sauerstoffzufuhr ins Gewebe noch langfristiges Überleben der übertragenen RB berücksichtigt.

Die Ausbeute hängt von vielen Faktoren im Hinblick auf Empfänger, Spender und Blutprodukt ab (Abb. 1).

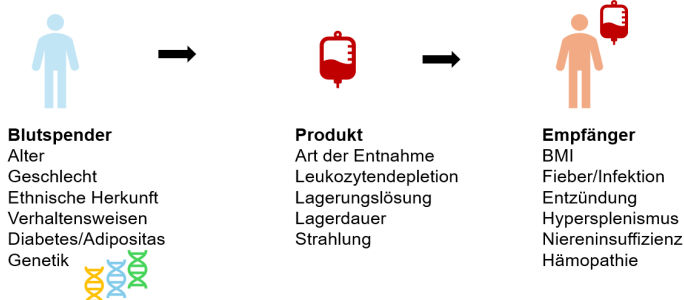


Abb. 1: Faktoren, die die Transfusionsausbeute beeinflussen (rote Blutkörperchen)

Empfänger

Körperoberfläche oder Blutvolumen sind die wichtigsten Faktoren, um den Anstieg des Hämoglobinwerts nach der Transfusion vorauszusagen. Bei Patienten mit einem Gewicht ca. 60 kg sind im Schnitt 10 g/l, bei Empfängern mit einem Gewicht von ca. 70 kg hingegen 7 g/l zu erwarten.

Bestimmte klinische Beschwerden können die Rezirkulation der RB verringern:

- Bei Sepsis, systemischer Entzündung, Fieber oder aktiver Infektion sinkt die Ausbeute mitunter um 20 bis 30 %.
- Hypoxie oder Azidose beeinträchtigen die Verformbarkeit der RB, die in der Mikrozirkulation gefangen bleiben.
- Hypersplenismus kann bis zu 50 % der innerhalb von 24 h transfundierten RB unter Verschluss halten.
- Diabetes und vor allem Hyperglykämie begünstigen die osmotische Hämolyse und die Steifigkeit der RB.
- Chronische Niereninsuffizienz erhöht die Ausscheidung transfundierter RB, während Unterernährung ihr Überleben gefährdet.
- Bei älteren Patienten verringern Durchblutungsstörungen und chronische Entzündungen die Ausbeute um 10 %.
- Patienten mit Blutkrankheiten sprechen weniger gut auf Transfusionen an.

Blutprodukte

Erythrozytenkonzentrate haben eine heterogene Zusammensetzung und weisen je nach Hämatokritwert des Spenders einen unterschiedlichen Hämoglobingehalt auf. Zahlreiche Qualitätsparameter (Hämolyse, K+, Thrombozyten und Restleukozyten, lösliche Lipide, Zytokine, Mikropartikel, freie DNA, Verformbarkeit und Struktur der Erythrozyten) variieren je nach Herstellungsverfahren und Lagerungsbedingungen.

Aus logistischen Gründen werden RB maximal 6 Wochen lang gekühlt gelagert. Sie bleiben metabolisch aktiv, erfahren jedoch bestimmte Veränderungen, die auch als « Lagerungsschäden » bekannt sind. Diese äussern sich in strukturellen (Verringerung der Membranflexibilität) und funktionellen Veränderungen (Verringerung von ATP, 2,3-DPG und antioxidativem Schutz, Anstieg von Mikrovesikeln, freiem Eisen etc.) bei einer Verringerung der Hb-Ausbeute um 8 % am Ende der Lagerung und einer Zunahme der Hämolysezeichen.

Dieser Abfall der Transfusions-Ausbeute hat bislang keine nachgewiesenen Auswirkungen auf Morbidität bzw. Mortalität. Einige Studien legen jedoch nahe, dass die Lagerungsschäden zu Störungen der Mikrozirkulation, Entzündungen und unzureichender Sauerstoffzufuhr vor allem bei vulnerablen Personen wie Neugeborenen, Intensivpatienten oder Patienten mit Hämoglobinopathie beitragen können.

Blutspender

Spender unterscheiden sich vor allem nach Alter und Geschlecht. Von Männern stammende Blutprodukte enthalten aufgrund ihrer Erythrozytenmasse tendenziell mehr Hb, weisen jedoch aufgrund der antioxidativen und schützenden Eigenschaften von Östrogenen einen höheren Hämolysegrad als die von Frauen stammenden auf. Ein höheres Alter des Spenders kann ebenfalls die Qualität des Produkts beeinflussen, da es mit einer verringerten Erythropoese, einer Tendenz zur Erythrozytenaggregation und einer Abnahme der Membranflexibilität verbunden ist.

Auch Unterschiede zwischen Ethnien wurden beobachtet: Afroamerikaner und Asiaten weisen eine höhere Hämolyse nach Lagerung als andere Bevölkerungsgruppen auf.

Zusätzliche Faktoren sind Lebensstil und Gesundheit des Spenders. Schlechte Ernährung, mangelnde Bewegung, Tabaksucht und Alkoholkonsum des Spenders beeinträchtigen die Flexibilität der RB. Auf dieselbe Weise können Kreislauferkrankungen, Adipositas und Diabetes die Erythrozyten über Oxydierung und Glykation der Membranproteine steifer werden lassen.

Unlängst konnten durch die Analyse des Genoms tausender Blutspender genetische Polymorphismen ermittelt werden, die die Stabilität der Erythrozyten während der Lagerung und ihre Rezirkulation nach der Transfusion beeinflussen. Die meisten dieser Mutationen sind verbunden mit Anomalien der Enzyme, der Membran oder des Hämoglobins. So beeinträchtigt ein Mangel an Glucose-6-Phosphat-Dehydrogenase (G6PD) z. B. die Fähigkeit der Erythrozyten, oxidativen Stress zu bewältigen, und erhöht ihre Anfälligkeit für Lagerschäden sowohl bei homo- als auch bei heterozygoten Trägern.

Die kumulative Wirkung mehrerer Faktoren beeinträchtigt die Produktqualität zusätzlich: Ein G6PD-Mangel beim Spender verringert die Ausbeute um ca. 7 %, während bei einem 42 Tage alten EK von einem Spender mit G6PD-Mangel die Ausbeute um 50 % niedriger ausfällt.

Schlussfolgerung

Die zur Transfusionsausbeute erhobenen Daten zeigen, dass die Transfusion von Erythrozytenkonzentraten bei weitem nicht einheitlich erfolgt. Sie zeigen die komplexe Wechselwirkung zwischen verschiedenen Faktoren und der Transfusionswirksamkeit. Es könnte daher sinnvoll sein, nach individuelleren Transfusionsstrategien zu suchen, die sowohl die Qualität der Erythrozytenkonzentrate (Messung ihrer Verformbarkeit) als auch die klinische Situation berücksichtigen, insbesondere bei vulnerablen Patienten oder solchen, die chronisch transfundiert werden.

Quellennachweis

- [1] Längst E. et al. Storage of red blood cell concentrates: Clinical impact. *Transf Clin Biol* 2021; 28 :397–402. <https://doi.org/10.1016/j.tracli.2021.08.34>
- [2] Roubinian NH. Donor genetic and nongenetic factors affecting red blood cell transfusion effectiveness *JCI Insight*. 2022;7(1):e152598. <https://doi.org/10.1172/jci.insight.152598>

Ansprechpartner

Dr. med. Giorgia Canellini

giorgia.canellini@hopitalvs.ch

Die Transfusionsausbeute wird durch Faktoren im Zusammenhang mit Blutprodukten, Spendern und Empfängern beeinflusst.