

**Aus der Orthopädischen Universitätsklinik Tübingen
Abteilung Allgemeine Orthopädie mit Poliklinik
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. N. Wülker**

Vor- und Nachteile autologer Transfusionsverfahren

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen**

**vorgelegt von
Dominick Felix Endeke**

aus

Hechingen

2005

Dekan:

Professor Dr. C. D. Claussen

1. Berichterstatter:

Professor Dr. N. Wülker

2. Berichterstatter:

Professor Dr. H. Northoff

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Abkürzungen und Symbole	4
1. Einleitung.....	6
1.1. Historischer Rückblick	7
1.2. Rücktransfusion von gewonnenem Drainageblut	8
1.2.1. Maschinelle Autotransfusion	8
1.2.2. Direkte, postoperative Rücktransfusion.....	11
1.3. Präoperative Eigenblutspende	16
1.3.1. Wirkprinzip der präoperativen Eigenblutspende.....	16
1.3.2. Ablauf der Eigenblutspende in der Transfusionsmedizin Tübingen. 16	
1.3.3. Auswirkung einer Eisensupplementierung	18
1.3.4. Vorteile der präoperativen Eigenblutspende	18
1.3.5.. Nachteile der präoperativen Eigenblutspende.....	20
1.3.6.. Kontraindikationen der präoperativen Eigenblutspende	23
1.4. Akute normovolämische Hämodilution	24
1.4.1. Wirkprinzip der akuten normovolämische Hämodilution.....	24
1.4.2. Ablauf der akuten normovolämische Hämodilution in der Orthopädie Tübingen	25
1.5. Alternativen zur Bluttransfusion.....	25
1.6. Zielsetzung	26
2. Patienten und Methoden	27
2.1. Patienten	27
2.2. Methoden	34
2.2.1. Statistische Analyse	34
2.2.1. Erhebungsmethode	36
2.2.3 Berechnungen	38

3. Ergebnisse	40
3.1. Vergleich der Gruppen I und II –	40
Auswirkung der maschinellen Autotransfusion	40
3.1.1. Bedarf an allogenen Bluttransfusionen.....	40
3.1.2. Postoperative Laborwertverläufe.....	40
3.2. Vergleich der Gruppen I und III –	41
Auswirkung der direkten, postoperativen Rücktransfusion	41
3.2.1. Bedarf an allogenen Bluttransfusionen.....	41
3.2.2. Postoperative Laborwertverläufe.....	42
3.3. Vergleich der Gruppen I und IV –	43
Auswirkung der MAT kombiniert mit der PORT	43
3.3.1. Bedarf an allogenen Bluttransfusion.....	43
3.3.2. Postoperative Laborwertverläufe.....	44
3.4. Vergleich der Gruppen I und V –	45
Auswirkungen der Eigenblutspende	45
3.4.1. Bedarf an allogenen Bluttransfusionen.....	45
3.4.2. Postoperative Laborwertverläufe.....	46
3.5. Vergleich der Gruppen I und VI –	47
Auswirkung der PEBS kombiniert mit der MAT	47
3.5.1. Bedarf an allogenen Bluttransfusionen.....	47
3.5.2. Postoperative Laborwertverläufe.....	47
3.6. Vergleich der Gruppen I und VII –	48
Auswirkung der PEBS kombiniert mit der Port	48
3.6.1. Bedarf an allogenen Bluttransfusionen.....	48
3.6.2. Postoperative Laborwertverläufe.....	49
3.7. Vergleich der Gruppen I und VIII –	50
Auswirkung der PEBS kombiniert mit der MAT und der PORT	50
3.7.1. Bedarf an allogenen Bluttransfusionen.....	50
3.7.2. Postoperative Laborwertverläufe.....	50

3.8. Auswirkung der Eigenblutspende auf die präoperativen Laborwerte.....	51
3.8.1. Hämoglobin	52
3.8.2. Hämatokritwert	53
3.8.3. Thrombozytenanzahl.....	54
3.9. Blutverlust und Blutbedarf in den einzelnen Gruppen	55
3.10. Operation.....	59
3.10.1. Operationsdauer.....	59
3.10.2. Narkose.....	60
3.10.3. Postoperative Komplikationen.....	61
3.10.4. Schaftvariante	62
3.11. Verworfen autologe Einheiten	63
4. Diskussion	64
4.1. Die maschinelle Autotransfusion	64
4.2. Direkte, postoperative Rücktransfusion.....	65
4.3. Maschinelle Autotransfusion und direkte, postoperative Rücktransfusion .	65
4.4. Die präoperative Eigenblutspende	66
4.5. Maschinelle Autotransfusion und präoperative Eigenblutspende	69
4.6. Direkte, postoperative Rücktransfusion und präoperative Eigenblutspende	69
4.7. MAT, PORT und PEBS	70
4.8. Schlussfolgerung.....	70
5. Zusammenfassung.....	71
Literaturverzeichnis	73
Danksagung	81
Lebenslauf.....	82

Abkürzungen und Symbole

%	Prozent
µm	Mikrometer
A	Jahre
art.	Arteriell
Charr	Charrière, Maßeinheit für die Dicke von Katheter
dl	Deziliter
EK	Erythrozytenkonzentrat
gr	Gramm
h	Stunden
Hb	Hämoglobinkonzentration
Hk	Hämatokritwert
HTP	Hüfttotalendoprothese
IE	Internationale Einheit
Insuff.	Insuffizienz
IL	Interleukin
kg	Kilogramm
KHK	Koronare Herzkrankheit
KHT	Krankenhaustag
Konz.	Konzentration
m	Meter
MAT	Maschinelle Autotransfusion
ml	Milliliter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
MW	Mittelwert
n	Anzahl
p	Probability, p-Wert
PEBS	Präoperative Eigenblutspende

PORT	Direktes, postoperatives Retransfusionsystem
QALY	Quality-adjusted life year
STAB	Standardabweichung
TNF α	Tumornekrosefaktor alpha
VA	Varianzanalyse
VSO	Very severe outcome, hier: eine Komplikation einer Blutspende, die einen Krankenhausaufenthalt nötig machte

1. Einleitung

Die aktuellen Richtlinien zur Gewinnung von Blut und Blutbestandteilen und zur Anwendung von Blutprodukten (Hämotherapie) enthalten die Vorgabe, Patienten auf die Möglichkeit autologer Verfahren hinzuweisen: „Besteht bei planbaren Eingriffen die Wahrscheinlichkeit von mindestens 10% für die Notwendigkeit einer Transfusion, ist der Patient über das Risiko allogener Bluttransfusionen aufzuklären und rechtzeitig auf die Möglichkeit der Anwendung autologer Hämotherapieverfahren hinzuweisen.“(64).

Die Implantation einer Hüfttotalendoprothese geht mit hohem Blutverlust und einer daraus resultierenden hohen Wahrscheinlichkeit der Bluttransfusion einher. In der Orthopedic Surgery Transfusion Hemoglobin European Overview (OSTHEO) Study geben Rosencher et al (2003) den durchschnittlichen, errechneten Blutverlust bei einer primären Hüfttotalendoprothesenoperation mit 2143 ml, bei einer Revisionsoperation einer Hüfttotalendoprothese mit 3060 ml an, die Wahrscheinlichkeit einer Bluttransfusion im Verlauf einer dieser Operationen wird mit 69% angegeben (65). Dieser hohe Blutverlust, die hohe Wahrscheinlichkeit eine Bluttransfusion zu erhalten und der elektive Charakter der Hüfttotalendoprothesenoperation prädestiniert diese für den Einsatz autologer Transfusionsverfahren.

Autologes Blut kann zu verschiedenen Zeitpunkten gewonnen werden. Präoperativ wird die Eigenblutspende durchgeführt, intraoperativ die Hämodilution und die maschinelle Autotransfusion und postoperativ die direkte, also ungewaschene Retransfusion von gewonnenem Wundblut.

1.1. Historischer Rückblick

Während der Aderlass schon zu Zeiten Hippokrates (~430 v.Chr) eine gebräuchliche Therapie verschiedenster Gebrechen war, hielt die Transfusion von Blut erst mit dem Anfang des 20. Jahrhunderts Einzug in die Medizin. Sicher liegt es hauptsächlich daran, dass für eine funktionierende Bluttransfusion die grundlegende Zusammensetzung des Blutes und die Physiologie des Blutkreislaufes bekannt sein muss. 1666 übertrug R. Lower Blut von Hund zu Hund und als J.-B. Denis 1667 über die geglückte Transfusion von Lammblood auf einen 16jährigen Jungen berichtete, kam es nach diesen Erfolgen zu zahlreichen tödlichen Zwischenfällen, so dass z.B. in Paris der Stadtrat 1670 alle Formen der Bluttransfusion verbot und der Papst die Transfusionspraktiker aus der katholischen Kirche verbannte. Erst hundert Jahre später wurden die Versuche mit autologem Blut wieder aufgenommen. 1818 transfundierte James Blundell das erste Mal Blut eines Menschen einem anderen Menschen. Mit der Entdeckung der ABO Blutgruppen 1901 durch Karl Landsteiner wurde der Grundstein der allogenen Bluttransfusion gelegt. Um die wachsende Nachfrage nach Blutkonserven zu decken, wurde 1937 im Cook County Hospital, Chicago die erste Blutbank geöffnet.

Angetrieben von der Furcht vor Krankheiten, die durch allogene Blutkonserven übertragen werden, also in erster Linie das Acquired Immunodeficiency Syndrome AIDS, und Hepatitis C, fing die Nachfrage nach autologem Blut erst in den achtziger Jahren zu wachsen an, obwohl die Idee der autologen Transfusion sicher nicht neu ist. Milles et al. (1962) berichten in einer Studie von 78 autologen Blutkonserven, die 53 Patienten bis zu 9 Tage vor einer Operation gespendet hatten und die ihnen nach der Operation erfolgreich retransfundiert wurden (30). Heutzutage sind 5 % der weltweit transfundierten Blutkonserven autolog (60). Die ersten Versuche, Geräte zur intraoperativen Gewinnung und Rücktransfusion von autologem Blut zu entwickeln, gehen auf das Jahr 1966 zurück (19).

1.2. Rücktransfusion von gewonnenem Drainageblut

Bei der autologen Rücktransfusion von gesammeltem Blut lassen sich grundsätzlich zwei verschiedene Arten unterscheiden: entweder wird das Blut nach der Sammlung lediglich gefiltert und dann ohne weitere Aufbereitung direkt retransfundiert (direkte Retransfusion) oder zuvor durch Waschung und durch Zellseparation maschinell aufbereitet (maschinelle Autotransfusion). Während die direkte Retransfusion von Wundblut hauptsächlich postoperativ bei Drainageblut erfolgt, werden maschinelle Autotransfusionsverfahren üblicherweise intraoperativ eingesetzt. Die Zusammensetzung des retransfundierten Blutes unterscheidet sich dabei erheblich (3,4,5,6,7,22).

1.2.1. Maschinelle Autotransfusion

1.2.1.1. Wirkprinzip der maschinellen Autotransfusion

Bei der maschinellen Autotransfusion wird das gesammelte Wundblut in einer automatischen Waschzentrifuge zentrifugiert, mit einer Waschlösung gewaschen und anschließend retransfundiert. Physikalische Grundlage der MAT ist die Zellseparation durch Zentrifugation, bei der die korpuskulären Elemente aufgrund der unterschiedlichen Sedimentationsdichte angereichert werden. Gerätetechnisch lassen sich zwei Methoden unterscheiden. Beiden gemeinsam ist, dass das Blut in einem Reservoir gesammelt, gefiltert und entschäumt wird. Unterschiedlich ist das weitere Vorgehen. Beim diskontinuierlichen Verfahren (z.B. Cell Saver®, Haemonetics) wird jeweils das Füllungsvolumen einer Waschglocke aufbereitet, so dass eine ausreichende Menge an Wundblut zum Füllen der Glocke gesammelt worden sein muss. Beim kontinuierlichen Verfahren (C.A.T.S®, Fresenius) wird ein kupplungsfreies Schlauchsystem mit einem Trennring verwendet, wie es ähnlich auch bei Blutzellseparatoren eingesetzt wird.

Eine Mindestmenge an Wundblut ist hierbei nicht notwendig, so dass auch die Verarbeitung kleinerer Volumina möglich ist. Bei der maschinellen Aufarbeitung von Wundblut entfernt das Zentrifugieren nahezu vollständig sowohl die zum Waschen der Erythrozyten zugesetzte Spülflüssigkeit (üblicherweise Kochsalzlösung 0,9%) als auch nahezu alle die Produkte, die bei der direkten Drainageblutrettransfusion als potentiell schädlich diskutiert werden, sowie fast die gesamte Plasmafraktion. Die verschiedenen zur Verfügung stehenden Geräte unterscheiden sich in ihren Eliminationsraten von Wundblutbestandteilen nicht grundsätzlich voneinander. Das Endprodukt der MAT ist ein gereinigtes, gewaschenes, autologes Erythrozytenkonzentrat (7, 37, 40, 41, 50).

1.2.1.2. Anwendung der maschinellen Autotransfusion in der Orthopädischen Universitätsklinik Tübingen

Zur maschinellen Autotransfusion wurde der Cellsaver 5 ® der Firma Haemonetics verwendet. Der Cellsaver 5 ® arbeitet nach dem schon weiter oben beschriebenen diskontinuierlichen Verfahren, bei dem jeweils das ganze Füllungsvolumen einer Waschglocke aufbereitet wird, so dass erst nach Sammeln von mindestens 1000 ml Drainageblut mit der Aufbereitung, also der Zentrifugation und Entschäumung, des Drainageblutes, begonnen werden kann. Als Spülflüssigkeit werden je nach Menge des gesammelten Drainageblutes zwischen drei und sechs Liter physiologische Kochsalzlösung verwendet. Antikoaguliert wird mit 25 000 IE Heparin pro Liter Kochsalzlösung. Das durch maschinelle Autotransfusion gewonnene, gewaschene Erythrozytenkonzentrat muss in einem Zeitraum von maximal 6 h dem Patienten retransfundiert werden. Dies geschieht normalerweise im Aufwachraum der Anästhesie. Die MAT kam bei allen Patienten der vorliegenden Studie zur Anwendung. Wurde aber während der Operation weniger als 1000 ml Drainageblut gesammelt, musste dieses verworfen werden, da die Menge für eine Aufbereitung zu gering war.

1.2.1.3. Vorteile der maschinellen Autotransfusion

Reduktion des Einsatzes von allogenem Blut

Huet et al. geben in einer Metaanalyse zur Effektivität der Autotransfusion, die Wahrscheinlichkeit, eine allogene Transfusion zu erhalten, mit 23% an. Dies bezieht sich auf orthopädische Patienten, die mit Blut, gesammelt durch maschinelle Autotransfusion, retransfundiert wurden. Die Wahrscheinlichkeit eine allogene Transfusion zu erhalten, lag in der Kontrollgruppe bei 70 % (41).

Heddle et al. untersuchten die Effizienz der MAT am Beispiel der Kniegelenkersatzoperation. Patienten, behandelt mit der MAT erhielten nur durchschnittlich 0,4 allogene Erythrozytenkonzentrate. Dem gegenüber wurden den Patienten der Kontrollgruppe durchschnittlich 1,2 allogene Eks transfundiert (40).

Erythrozytenqualität

Im Vergleich zu gelagerten Erythrozytenkonzentrate ist der 2,3-Diphosphoglyzerat-Gehalt der durch die maschinelle Autotransfusion gesammelten Erythrozyten höher. Es kommt nicht zur Linksverschiebung der Sauerstoffbindungskurve mit schlechterer O₂-Abgabe wie nach der Transfusion von gelagertem Konservenblut (69). Die Überlebensrate der retransfundierten Erythrozyten ist mit der Überlebensrate zirkulierender Erythrozyten vergleichbar und damit besser als die Überlebensrate von Erythrozytenkonserven, die länger als eine Woche gelagert wurden (46).

1.2.1.4. Nachteile der maschinellen Autotransfusion

Aktivierete Leukozyten

Zwar werden die im Drainageblut vorhandenen Zytokine, Komplementfaktoren und Entzündungsmediatoren durch die Waschung fast vollständig entfernt, der Anteil an Leukozyten wird aber nur um 50 % bis 94 % reduziert (28, 59).

Durch Kontakt mit Fremdoberflächen, Trauma beim Absaugen oder der Zentrifugation können die Leukozyten aktiviert werden.

Diese aktivierten Leukozyten setzen vermehrt Entzündungsmediatoren frei, außerdem können sie im pulmonalen Strombett aggregieren und sind somit für die meisten Komplikationen der maschinellen Autotransfusion verantwortlich.

1.2.1.5. Kontraindikationen der maschinellen Autotransfusion

Die MAT gilt als relativ kontraindiziert bei keimbelasteten Operationsgebieten und in der Tumorchirurgie. Aber durch Bestrahlung des autologen Blutes mit einer Dosis von 50 Gy kann die MAT auch für die Tumorchirurgie nutzbar gemacht werden (37). Beim Einsatz der MAT für traumatologische und orthopädische Eingriffe ist zu beachten, dass derzeit lediglich das C.A.T.S.[®]-System in der Lage ist, Fettpartikel vollständig zu eliminieren und damit das Fettemboliesyndrom, das mit schweren pulmonalen Störungen verbunden ist, zu verhindern.

1.2.2. Direkte, postoperative Rücktransfusion

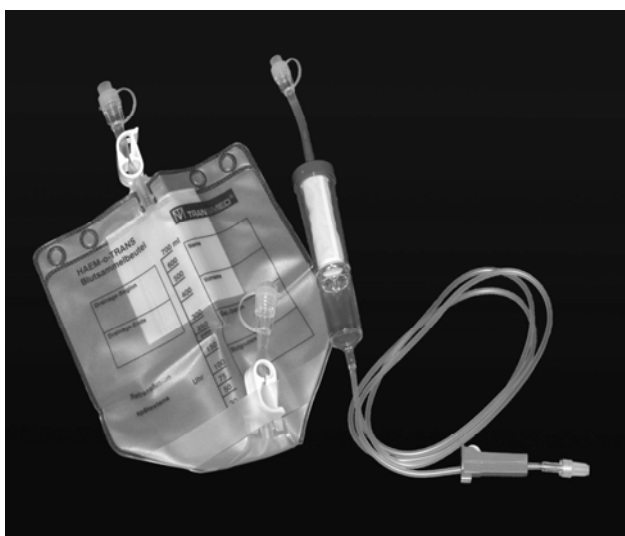
1.2.2.1. Wirkprinzip der direkten, postoperativen Rücktransfusion

Vom technischen Aspekt her handelt es sich bei der direkten Wundblutretrotransfusion um ein geschlossenes System, bei dem intraoperativ eine Drainage in den Wundbereich eingelegt und mit einem Sammelgefäß verbunden wird. Das anschließende Sammeln erfolgt entweder durch Sog oder allein durch die Schwerkraft. Zellpartikel werden durch einen Filter zurückgehalten. Das Drainageblut ist durch Koagulation und anschließender Fibrinolyse im Bereich der Wundfläche defibrinisiert, man benötigt also keine Antikoagulation (9). Nachdem eine ausreichende Menge an Blut (>200ml) gesammelt wurde, wird das System gewendet und das gesammelte

Drainageblut wird über einen Filter (10µm –40µm Porengröße) dem Patienten retransfundiert.

1.2.2.2. Anwendung der direkten, postoperativen Rücktransfusion in der Orthopädischen Universitätsklinik Tübingen

Zur direkten, postoperativen Rücktransfusion von Drainageblut findet in der orthopädischen Universitätsklinik das geschlossene Niedervakuumsystem Haem-o-Trans[®] der Firma Transmed der Sarstedt-Gruppe seine Anwendung. Das Haem-o-Trans[®] besteht aus einem Drainageanschluss (8-16 Charr.) zur Verbindung mit dem wundseitigen Drainageschlauch, einem Saugbalg mit Rücklaufsperrung zur Erzeugung des Niedervakuums (ca. 70mmHg) und einem Blutsammelbeutel mit 175µm Vorfilter. Die Retransfusion des gesammelten Drainageblutes erfolgt spätestens nach sechs Stunden über ein Transfusionsgerät mit integriertem Kaskadenfilter (175, 40 und 10µm). Retransfundiert wird ab einer Mindestmenge von 250ml, die Maximalmenge wurde mit 1000 ml festgelegt. Nicht mehr für die Retransfusion benötigtes Blut kann in dem Drainagebeutel weiter gesammelt werden.



Grafik 1 – PORT-System Haem-o-Trans[®] der Firma Transmed

1.2.2.3. Vorteile der direkten postoperativen Rücktransfusion

Einsparung von allogenen Blut

In der Literatur wird die Einsparung an allogenen Blut, die durch die postoperative Rücktransfusion erreicht werden kann, mit zwischen 30% und 80% angegeben (9, 12, 20, 27, 58).

Schnelle Verfügbarkeit des Retransfusionsbluts

Nach Erreichen einer angemessenen Sammelmenge, mindestens 250 ml, wird das gesammelte Drainageblut direkt im Aufwachraum oder im Wachzimmer retransfundiert. Dabei wird das Sammelsystem einfach gewendet und das gewonnene Wundblut wird über einen Filter retransfundiert (7). Da das Blut nie das Patientenbett verlässt, kann somit eine Verwechslung des Blutes nahezu ausgeschlossen werden.

Zwischen der Einlage der Drainage und der Retransfusion des Wundblutes sollten nicht mehr als sechs Stunden liegen.

1.2.2.4. Nachteile der direkten, postoperativen Rücktransfusion

Nebenwirkungen und Komplikationen

Die Häufigkeit von unerwünschten Nebenwirkungen im Zusammenhang mit der direkten, ungewaschenen Drainageblutretansfusion liegt je nach Literatur zwischen 0% und 54% (18, 20). Am häufigsten werden febrile Reaktionen beschrieben, die bereits während der Retransfusion oder innerhalb weniger Stunden nach Retransfusion auftreten. Andere Nebenwirkungen sind hämodynamische Instabilität mit Hypotension, Tachykardie und Hypothermie. Von Relevanz ist dabei sicher die Dauer der Sammelperiode und somit die Lagerung des Drainageblutes. Während die Beschränkung der Sammeldauer auf maximal 6 h nur zu 2% febrilen Reaktionen führte, lag die Häufigkeit nach längerer Sammeldauer bei 22% (22).

Beeinflussung des Gerinnungssystems

Gesammeltes Wundblut enthält zahlreiche aktivierte koagulatorische und fibrinolytische Gerinnungsfaktoren in erhöhter Konzentration. Hierzu gehören Thrombin-Antithrombin-Komplex, Prothrombinfragmente, lösliches Fibrin D-Dimere und erhebliche Mengen an Fibrinospaltprodukten (48). Insbesondere Fibrinospaltprodukte werden im Zusammenhang mit der Retransfusion als potentiell schädlich eingestuft, weil sie die Fibrinpolymerisation und die Funktion der verbliebenen Thrombozyten beeinträchtigen können. Durch die Retransfusion des gesammelten Drainageblutes wird das Gerinnungssystem des Patienten beeinflusst. Nachgewiesen sind eine Verminderung von Fibrinogen und Thrombozyten, eine Verlängerung der Prothrombinzeit und der partiellen Thrombinzeit (67).

Beeinflussung des Immunsystems

Im gesammelten Drainageblut sind sowohl humorale als auch zelluläre Komponenten des Immunsystems aktiviert. Die Aktivierung des Komplementssystems wird deutlich an erhöhten Konzentrationen von C3a und C5a, sowie des terminalen Komplementkomplexes bei gleichzeitig verminderten Konzentrationen von C1, C3 und C5 (3, 6). Die Leukozytenzahl im gesammelten Wundblut entspricht im Wesentlichen derjenigen im Patientenblut. Allerdings ist ihre Aktivierung im Wundblut erheblich größer als im zirkulierenden Blut, erkennbar beispielsweise an vermehrten Leukozyten-adhäsionsrezeptoren und der erhöhten Menge von PMN-Elastase (3, 4). Deutlich wird die Aktivierung der Leukozyten auch an der Menge und Art der ausgeschütteten Zytokine. Während für TNF α , IL-4, IL-8 und IL-10 im Wundblut im Wesentlichen unveränderte bis gering erhöhte Konzentrationen gefunden werden (3, 5), ist die Konzentration von IL-6 deutlich erhöht. Insbesondere IL-6 soll für das Auftreten von nicht hämolytischen febrilen Transfusionsreaktionen nach Retransfusion von Drainageblut verantwortlich sein.

Möglichkeit der Verunreinigung

Gerade bei orthopädischen Operationen kommt es zur Verunreinigung des Drainageblutes durch Knochenzement- und Fettpartikel. Zwar wurden Methylmethacrylatmonomerpartikel im Drainageblut gefunden, doch der Nachweis beschränkte sich auf die ersten Minuten der Wundblutdrainage.

Weder im Drainageblut nach 6 h Sammelzeit noch nach Retransfusion im Patienten ließen sich Knochenzementpartikel nachweisen (39). Unter normalen klinischen Bedingungen ist daher davon auszugehen, dass keine Infusion von Knochenzementpartikeln stattfindet. Fettpartikel dagegen lassen sich sowohl im Drainageblut als auch noch 12 h nach Retransfusion im Patienten nachweisen (39). Hierbei handelte es sich insbesondere um kleinere Fettpartikel mit einer Größe von weniger als 9 µm. Die klinische Relevanz dieser kleinen Fettpartikel ist bisher noch ungeklärt. Weniger begründet ist dagegen die Sorge vor einer bakteriellen Kontamination des Drainageblutes. Hinweise auf vermehrte postoperative Infektionen, die durch bakteriell kontaminiertes, direktes Drainageblut verursacht wurden, konnten in der Literatur nicht gefunden werden (9, 20, 22, 27, 36, 38, 58, 67).

1.2.2.5. Kontraindikationen der postoperativen Rücktransfusion

Als Kontraindikationen für die postoperative Rücktransfusion gelten Infektionen im Wundbereich, Koagulopathien, maligne Tumore im OP-Gebiet, Herzinsuffizienz > NYHA II, Medikamente im Wundbereich, die nicht zur intravenösen Gabe geeignet sind, sowie Niereninsuffizienz, da das Drainageblut eine erhöhte Konzentration an freiem Hämoglobin enthält und freies Hämoglobin nephrotoxisch ist.

1.3. Präoperative Eigenblutspende

1.3.1. Wirkprinzip der präoperativen Eigenblutspende

Das grundlegende Prinzip der präoperativen Eigenblutspende beruht auf der Annahme, dass Blut, welches von einem elektiven chirurgischen Patienten präoperativ gespendet wurde, postoperativ durch eine erhöhte Erythropoese teilweise oder ganz wieder ersetzt wird. Die Menge an ersetzttem Blut ist von Patient zu Patient unterschiedlich und hängt wahrscheinlich von Faktoren wie Alter, Geschlecht und Zeitintervall zwischen erster Spende und Operation zusammen. Kasper et al. (1997) untersuchten die erhöhte Erythropoese bei 225 Patienten, die für drei Wochen jeweils eine Einheit pro Woche spendeten. Kaspar errechnete einen Erythrozytenzuwachs von 351 (\pm 143) ml (44). Andere Autoren ließen bis zu 4 Einheiten präoperativ spenden und beschreiben eine Steigerung der Erythrozytenproduktion um bis zu 600 ml (29, 34)

1.3.2. Ablauf der Eigenblutspende in der Transfusionsmedizin Tübingen

Anlässlich der orthopädischen Voruntersuchung und der Indikationsstellung zur operativen Behandlung werden die Patienten über die Möglichkeit der Eigenblutspende aufgeklärt. Die Eigenblutspende wird nach den Maßgaben der „Richtlinien zur Gewinnung von Blut und Blutprodukten und zur Anwendung von Blutprodukten (Hämotherapie)“ durchgeführt. Pro Spendetermin werden dem Patienten, nach einer kurzen Anamnese, einer körperlichen Untersuchung, sowie der Bestimmung der Hämoglobinkonzentration und dem Hämatokritwert, 450ml bis 550 ml Vollblut in ein Beutelsystem mit CPD-A1-Stabilisator entnommen.

Diese Grundeinheit wird nach Entnahme aufgetrennt in ein buffy-coat-armes Erythrozytenkonzentrat von ca. 230ml, einen buffy-coat und in eine Plasmaeinheit von etwa 230 ml. Während der buffy-coat verworfen wird, wird das buffy-coat-arme Erythrozytenkonzentrat bei 4°C maximal 35 Tage in einem Kühlschrank, in dem kein Fremdblut aufbewahrt wird, gelagert. Das Plasma wird möglichst schnell nach Separation, jedoch spätestens innerhalb von 4 h bei -70°C schockgefroren und für maximal ein Jahr (minus ein Tag) bei -40°C ebenfalls separat von Quarantäneplasma gelagert. Der Patient erhält eine perorale Eisensubstitution (100 mg). Folgende Eisentabletten wurden während der Studie verwendet: Plastufer®, Aktiferrin® N Dragees, Ferrlecit® 2, Ferro sanol duodenal®.

Durch eine mittelfristige Operationsplanung (~4 Wochen) wird angestrebt, im Regelfall pro Patient 2 autologe Einheiten zu gewinnen. Bei der Terminvergabe zur Eigenblutspende wurde darauf geachtet, dass ein kurzer Abstand (3 bis 4 Tage) zwischen den Entnahmen sowie wenn möglich ein 3-wöchiger Abstand zwischen der letzten Abnahme und dem Termin des Eingriffes besteht.



Grafik 2 – Eigenblutspende in der
Transfusionsmedizin Tübingen



Grafik 3 - Eigenblutbeutelssystem

1.3.3. Auswirkung einer Eisensupplementierung

Eisen ist ein essentieller Bestandteil jeder menschlichen Zelle und notwendig für eine Vielzahl biochemischer Reaktionen, wie zum Beispiel im oxidativen Energiestoffwechsel, beim Zellwachstum und der Zellproliferation. Eisen wird im Duodenum und im proximalen Jejunum aktiv resorbiert. Dabei ist das zweiwertige Eisen (FE^{2+}) besser resorbierbar. Im Blutplasma wird Eisen in dreiwertiger Form (FE^{3+}) an Transferrin gebunden und transportiert. Eisen wird in mononuklearen phagozytären Zellen des Knochenmarks, der Milz und der Leber und in hepatischen parenchymalen Zellen in Form von Ferritin oder seines Degradationsproduktes Hämosiderin gespeichert.

Durch das Hormon Erythropoetin (EPO) stimuliert, differenzieren erythropoetische Precursorzellen im Knochenmark und reifen. Während des Reifungsprozesses akkumulieren die Proerythroblasten mRNA und tRNA um Hämoglobin zu synthetisieren. Das für die Hämoglobinsynthese benötigte Eisen wird der Zelle mit Hilfe des Transferrinrezeptors zur Verfügung gestellt.

Sind die oben beschriebenen Eisenspeicher voll aufgefüllt, kann die Erythropoese mit einer, gegenüber der Basalrate, bis zu 3fach erhöhten Geschwindigkeit ablaufen. Wird zusätzlich noch Erythropoetin supplementiert, kann sich die Basalrate der Erythropoese bis auf das 4fache erhöhen (32).

Kasper et al. (1998) zeigten in einer Doppelblindstudie eine signifikant erhöhte Erythropoese bei Patienten mit oraler oder parenteraler Eisensubstitution im Vergleich zu den Patienten der Placebogruppe (45).

1.3.4. Vorteile der präoperativen Eigenblutspende

Reduktion des Einsatzes von allogenen Blut

Die Reduzierung des Einsatzes von allogenen Blut und damit eine Reduktion der Risiken, die mit der Transfusion von allogenen Blut einhergehen, ist das Hauptziel der präoperativen Eigenblutspende.

Borghi et al. (1997) untersuchten 1785 orthopädische Patienten, die sich entweder einem hüft- oder knieendoprothetischen Eingriff unterzogen und davor Eigenblut spendeten. Von diesen 1785 Patienten erhielten nur 131 (7,3%) allogenes Blut (11). Feagan et al. geben die allogene Transfusionswahrscheinlichkeit bei einer HTP-Operation für Eigenblutpatienten mit 7,4% an (23).

Reduktion von Krankheitsübertragung

Patienten, die allogene Blutkonserven erhalten, haben die größte Angst vor einer Ansteckung mit einer durch das Blut übertragenen Krankheit. In der Literatur wird das Risiko einer Ansteckung durch eine allogene Blutkonserve mit dem Human Immunodeficiency Virus mit 1 zu 200 000 bis 1 zu 800 000 beschrieben (14). Das Risiko einer Übertragung von Hepatitis B liegt bei 1 zu 200 000 und von Hepatitis C 1 zu 3000 bis 1 zu 5000 (18). Weitere Erreger von Infektionskrankheiten, die prinzipiell mit einer allogenen Blutkonserve übertragen werden können, sind das HTLV (human T-cell leukemia-lymphoma virus 1:200 000) (47), Malaria, Zytomegalievirus und Toxoplasmose.

Reduktion von postoperativen Infektionen

Ein weiterer Vorteil der präoperativen Eigenblutspende ist die Reduktion des Risikos einer Immunmodulation durch die Transfusion von allogenen Blut.

Bei der Immunmodulation, einer Veränderung des Immunsystems, ausgelöst durch die Transfusion von allogenen Blutkonserven kommt es zu veränderter Funktion von Makrophagen, einer Suppression der lymphatischen Antwort auf Antigene und zu einem erniedrigten Verhältnis von T-Helfer-Zellen zu T-Suppressor-Zellen (10, 24). Dies führt hauptsächlich zu einer Immunsuppression, so dass sich nach Transfusion von allogenen Blut im Gegensatz zu autologem Blut um den Faktor 6 vermehrt postoperative Infektionen entwickeln (25, 54).

Optimierte postoperative Erythropoese

Wie anfangs schon erwähnt kommt es durch die präoperative Eigenblutspende zur erhöhten Erythropoese (29, 34, 44).

So beschreiben Levine et al., dass Patienten, die Eigenblut spendeten, sich, trotz der durch die Eigenblutspende präoperativ erniedrigten Hämoglobinkonzentration und des Hämatokritwertes, von dem durch die Operation verursachten Blutverlust in kürzerer Zeit erholten als die Patienten, die präoperativ kein Blut spendeten (51).

Positiver psychologischer Effekt

Letztendlich darf der positive psychologische Effekt für den Patienten, dass er durch die Eigenblutspende aktiv an seiner Behandlung teilnehmen kann, nicht vernachlässigt werden (49). Außerdem vergrößert die Eigenblutspende auch die Menge an Blutkonserven, auf die bei einer Operation zurückgegriffen werden kann. Von allen Blutkonserven, die 1997 in Europa gesammelt wurden, waren 4,2 % autologe Blutkonserven. Dabei wurde eine präoperative Eigenblutspende vor allem in Italien (8,9%), in Deutschland (7,1%) und in Frankreich (6,6%) durchgeführt (60).

1.3.5. Nachteile der präoperativen Eigenblutspende

Risiken der Spende

Als Komplikationen des Spendevorganges können Schmerz, Hämatome und Infektionen an der Einstichstelle auftreten. Seltene, aber ernsthafte Komplikationen der Spende können vasovagale Reaktionen sein, die von der milden subklinischen Bradykardie und Hypotension bis zum Bewusstseinsverlust reichen können.

Popovsky et al. (1995) stellten bei 4,1 Millionen untersuchten allogenen und autologen Blutspenden 33 mal ein „very severe outcome (VSO)“, also eine Komplikation der Blutspende, die einen Krankenhausaufenthalt erforderlich machte, fest. Das Auftreten einer VSO wird bei einer allogenen Spende mit 1

zu 198 119 (0,0005%) angegeben, bei der autologen Spende war das Verhältnis 1 zu 16 783 (0,006%). Damit ist das Auftreten von Komplikationen, die ernsthaft genug sind, um einen Krankenhausaufenthalt erforderlich zu machen bei der autologen Spende 12 mal höher als bei der allogenen Spende (61).

Erhöhter administrativer Aufwand

Die Blutspende und später die Bluttransfusion, ob allogenen oder autolog, erfordern einen hohen administrativen und logistischen Aufwand um zu gewährleisten, dass nur kompatible Blutkonserven dem Patienten transfundiert werden. Trotz dieses hohen Aufwandes treten Fehler auf, deren Auswirkungen zwar meistens folgenlos sind, zum Teil aber auch fatal enden können. Wird eine beliebige Blutkonserve einem Patienten transfundiert, so liegt rein rechnerisch die Wahrscheinlichkeit, dass diese Konserve inkompatibel ist, bei 36%. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Patient, der eine inkompatible Blutkonserve erhält, eine fatale hämolytische Reaktion entwickelt, liegt unter 10 % (52). Linden et al. (2000) untersuchten von 1990 bis 1998 transfusionsassoziierte Komplikationen im Bundesstaat New York. In diesen 10 Jahren wurden ca. 9 000 000 Blutkonserven gesammelt und transfundiert. Linden berichtet von 462 Vorfällen, in denen es zu einem administrativen Fehler kam, das ergibt eine Wahrscheinlichkeit von 1 zu 19 000. In 237 Fällen führte ein administrativer Fehler dazu, dass einem Patienten AB0- inkompatibles Blut transfundiert wurde, 5 dieser Fälle endeten in einer fatalen hämolytischen Reaktion (1 zu 1 800 000) (53).

Risiko der perioperativen Anämie

Kanter et al. (1996) stellten fest, dass Patienten, die Eigenblut spendeten, am Operationstag eine signifikant erniedrigte Hämoglobinkonzentration im Vergleich zur Kontrollgruppe, die kein Eigenblut spendete, hatten (11,9 g/dl gegenüber 13,2 g/dl; $p < 0.05$) (43). Dies kann vor allem dann zur perioperativen Anämie führen, wenn zu viel Blut präoperativ gespendet wurde, wenn Blut gespendet wurde trotz einer erniedrigten Hämoglobinkonzentration vor der Spende, wenn der Patient wegen einer chronischen Krankheit oder einem Eisen-, Folsäure- oder Vitamin B12-Mangel das gespendete Blut nur ungenügend ersetzen kann oder wenn das Intervall zwischen Spende und Operation zu kurz ist.

Risiko der bakteriellen Verunreinigung

In der Literatur wird immer wieder von Komplikationen der Bluttransfusion durch verunreinigte Erythrozytenkonzentrate berichtet. So beschreiben Dinse und Deutsch (1996) den Fall einer Patientin, die nach einer komplikationslos verlaufenen vaginalen Hysterektomie eine diseminierte intravasale Gerinnung, Fieber und einen septischen Schock entwickelte. Die Patientin hatte zuvor 2 Einheiten autologen Blutes erhalten. Eine Blutkultur von ihr und den gebrauchten Blutbeuteln ergab den Nachweis von *Pseudomonas cepacia* und *Serratia marcescens* (17). Sugai et al (2001) untersuchten die bakterielle Verunreinigung von autologen Blutkonserven. Sugai gibt für die präoperative Eigenblutspende eine Wahrscheinlichkeit der bakteriellen Verunreinigung von 3,4% an (68). Alvarez et al. (1995) geben die bakterielle Kontamination von allogenen Blutkonserven mit 1,3 % an (2).

Risiko der Übertransfusion

Forgie et al (1996) zeigten in einer Metaanalyse, dass Patienten die Eigenblut spenden, eher Blut postoperativ erhalten als Patienten, die kein Eigenblut gespendet hatten (26). Kanter et al (1996) stellten fest, dass Patienten, die zuvor Eigenblut gespendet hatten, das höchste Risiko hatten, eine Transfusion zu erhalten.

Eigenblutspenderinnen, die sich einer elektiven abdominalen/vaginalen Hysterektomie unterzogen, erhielten häufiger eine Transfusion (25/140) als Patientinnen, die sich dem gleichen Eingriff unterzogen und im Vorfeld kein Eigenblut gespendet hatten (1/123) (43).

Hohe Kosten, verworfene Einheiten

Politis und Richardson untersuchten die autologen Transfusionspraktiken in Europa und geben an, dass von 670 339 gesammelten autologen Einheiten in Europa im Jahre 1997, 123 446 Einheiten verworfen wurden. Dies entspricht 18,5%. In Italien, wo 8,9% aller gespendeten Einheiten, autologe Einheiten sind, wurden 35,4 % der gespendeten autologen Einheiten verworfen (60).

Es gibt viele Kosten-Nutzen-Studien, die sich mit der Verwendung von autologem Blut für die verschiedensten Operationen befassen. Als Maß für die Wirtschaftlichkeit der autologen Transfusion für die jeweilige Operation stehen die Kosten für ein QALY (quality-adjusted life year). Ein medizinischer Eingriff wird dann als ökonomisch sinnvoll erachtet, wenn die Kosten für ein QALY unter \$50 000 liegen. Einschätzungen der Kosten für ein QALY durch die präoperative Eigenblutspende für die Hüftendoprothetik liegen zwischen \$235 000 und \$740 000 (8).

1.3.6. Kontraindikationen der präoperativen Eigenblutspende

Als Kontraindikationen gelten, unter Wertung des Einzelfalles, akute Infektionen mit der Möglichkeit einer hämatogenen Streuung, insbesondere infektiöse Magen-Darm-Erkrankungen. Richards et al. (1992) berichteten von einer durch die präoperative Eigenblutspende übertragenen Infektionen mit *Yersinia enterocolitica*, obwohl der Spender zum Spendezeitpunkt keinerlei Beschwerden hatte (63).

Des Weiteren zählen Erkrankungen unklarer Genese, frischer Herzinfarkt (<3 Monate), instabile Angina pectoris, Hauptstammstenose der Koronarien, klinisch wirksame Aortenstenose, dekompensierte Herzinsuffizienz und Synkopen unklarer Genese als weitere Kontraindikationen. Ebenso sollte bei Verdacht auf fokale Infektionen keine Eigenblutentnahme erfolgen (56).

1.4. Akute normovolämische Hämodilution

1.4.1. Wirkprinzip der akuten normovolämische Hämodilution

Bei der normovolämischen Hämodilution wird die Erythrozytenkonzentration verdünnt, ohne das intravaskuläre Volumen zu verringern. Dieses Verfahren wird im Operationssaal, nach Einleitung der Anästhesie, angewandt. Dabei können, bei gleichzeitiger Gabe eines Plasmaexpanders bis zu vier Blutkonserven entnommen werden, die dem Patienten intraoperativ oder postoperativ retransfundiert werden können. Durch die Entfernung kolloidaler und korpuskulärer Blutbestandteile bei Isovolämie fällt der Hämatokritwert ab. Damit verbunden ist eine Reduktion der Hämoglobinkonzentration sowie des arteriellen Sauerstoffgehaltes. In tierexperimentellen und klinischen Untersuchungen wurde jedoch nachgewiesen, dass es unter Hämodilution bis auf einen Hämatokritwert von 30% zu keinem negativen Effekt auf die nutritive Organdurchblutung und Gewebe-Sauerstoffversorgung kommt. Selbst bei einem Hämatokrit von 20-25% liegt eine ausreichende Gewebeoxygenierung vor. Das bei der normovolämischen Hämodilution gewonnene Blut ist Vollblut. Es wird üblicherweise intraoperativ oder kurz nach der Operation im Aufwachraum retransfundiert.

1.4.2. Ablauf der akuten normovolämische Hämodilution in der Orthopädie Tübingen

Die akute normovolämische Hämodilution findet in der Orthopädischen Universitätsklinik Tübingen keine Anwendung.

1.5. Alternativen zur Bluttransfusion

Der Blutverlust sollte möglichst gering gehalten werden.

Die wichtigste Möglichkeit, Blutverluste und damit die Notwendigkeit, Blut zu transfundieren zu reduzieren, ist eine sorgfältige und gewebsschonende Operationstechnik bei gleichzeitiger Blutstillung. Eine sorgfältige Patientenlagerung während der Operation reduziert das Risiko von venösen Stauungen im Operationsgebiet und eine präoperative Planung des Eingriffes verkürzt die Operationszeit (58). Auch die Wahl der Anästhesie kann sich auf den Blutverlust auswirken. Nelson und Bowen wendeten bei 100 Zeugen Jehovas während einer Hüfttotalendoprothesenoperation eine hypotensive Anästhesie an und konnten dadurch den Blutverlust um 40% reduzieren (56). Als Wirkstoffe für dieses Verfahren stehen Nitroprussid, Nitroglycerin und die tiefe Isofluran-Anästhesie zur Verfügung (57). Die Implantation einer zementierten Hüfttotalendoprothese wird mit geringerem Blutverlust assoziiert als die Implantation einer unzementierten Prothese (65).

Weiterhin können unterschiedliche pharmakologische Wirkstoffe zur Reduzierung des Blutverlustes eingesetzt werden. Vasopressin oder sein Analogon Desmopressin induzieren erhöhte Konzentrationen des Faktors VIII im Blut, was theoretisch den Blutverlust während der Operation reduziert. Johnson und Murphy berichten von niedrigerem Blutverlust bei einer lumbalen Arthrodesse unter Verwendung von Vasopressin (42). Weitere Wirkstoffe, die den intraoperativen Blutverlust reduzieren können, sind Aprotinin, Prostacyclin und Pentoxifyllin (16).

Das Glykoprotein Erythropoetin wird von der Niere als Antwort auf Hypoxämie und hämorrhagischen Stress ausgeschüttet und stimuliert die Erythropoese, indem es sich an den Erythropoetinrezeptor von Erythroblasten im Knochenmark bindet und dadurch die Bildung von Erythrozyten stimuliert. In vielen Studien wurde das Potential von Erythropoetin, allogene Transfusionen zu minimieren, beschrieben(21, 32, 35).

1.6. Zielsetzung

Bisher fanden die präoperative Eigenblutspende und die maschinelle Autotransfusion von Drainageblut ihre Anwendung in der Orthopädischen Universitätsklinik Tübingen. Ab August 2002 wurde ein System zur direkten, postoperativen Rücktransfusion von ungewaschenem Drainageblut eingeführt. Diese Arbeit hat zum Ziel, die Grenzen und Möglichkeiten der präoperativen Eigenblutspende, der maschinellen Autotransfusion und der direkten, postoperativen Rücktransfusion von ungewaschenem Drainageblut bei der Implantation einer Hüft-Totalendoprothese zu untersuchen.

2. Patienten und Methoden

Es wurden retrospektiv die Krankenakten von allen Patienten der Orthopädischen Universitätsklinik Tübingen, die sich im Zeitraum Juni 2001 bis Februar 2002 einem geplanten orthopädischen Eingriff mit totalem Hüftgelenksersatz unterzogen, ausgewertet. In diesem Zeitraum kamen als autologe Verfahren die präoperative Eigenblutspende und die maschinelle Autotransfusion zur Anwendung. Ab August 2002 wurde zusätzlich ein System zur direkten, postoperativen Rücktransfusion von Drainageblut in der Orthopädischen Universitätsklinik Tübingen eingeführt. Der Einsatz dieses Systems wurde in einem zweiten Teil für den Zeitraum von August 2002 bis Juni 2003 untersucht.

2.1. Patienten

Insgesamt wurden die Krankenakten von 241 Patienten, die sich während einer der oben genannten Zeiträume einem geplanten orthopädischen Eingriff mit totalem Hüftgelenksersatz unterzogen, ausgewertet. Von diesen 241 Patienten waren 123 (51%) weiblich und 118 (49%) männlich. Die Patienten waren durchschnittlich 63,9 (STAB 12,1) Jahre alt, sie wogen 76,8 (STAB 13,8) kg und waren im Durchschnitt 169 (STAB 9,1) cm groß.

Ihr präoperatives Blutvolumen lag bei 4640 ml (STAB 790 ml), ihr Blutverlust betrug durchschnittlich 2004 ml (STAB 774 ml).

Je nach angewendetem Transfusionsregime wurden die Patienten auf acht verschiedene Gruppen aufgeteilt, die sich folgendermaßen darstellen:

Gruppe I

- **keine Eigenblutspende**
- **keine direkte, postoperative Rücktransfusion**
- **keine maschinelle Autotransfusion**

Die Gruppe I besteht aus 55 Patienten, 35 weiblichen und 20 männlichen.

Die Patienten der Gruppe I sind durchschnittlich 68,7 Jahre (STAB 10,6 Jahre) alt, 77,1 kg (STAB 13,7 kg) schwer, 167 cm (STAB 14 cm) groß. Ihr errechnetes, präoperatives Blutvolumen beträgt durchschnittlich 4552 ml (STAB 783 ml).

Gruppe II:

- **keine Eigenblutspende**
- **keine direkte, postoperative Rücktransfusion**
- **maschinelle Autotransfusion**

Die Gruppe II besteht aus 61 Patienten, 35 weiblich, 26 männlich.

Die Patienten der Gruppe II sind durchschnittlich 70,0 Jahre (STAB 11,2 Jahre) alt, 73,9 kg (STAB 11,7 kg) schwer, 167 cm (STAB 9 cm) groß. Ihr errechnetes, präoperatives Blutvolumen beträgt durchschnittlich 4480 ml (STAB 760 ml).

Gruppe III:

- **keine Eigenblutspende**
- **direkte, postoperative Rücktransfusion**
- **keine maschinelle Autotransfusion**

Die Gruppe III besteht aus 21 Patienten, 13 weiblichen, 8 männlichen.

Die Patienten der Gruppe III sind durchschnittlich 66,2 Jahre (STAB 12,6 Jahre) alt, 70,9 kg (STAB 14,4 kg) schwer, 167 cm (STAB 9 cm) groß. Ihr errechnetes, präoperatives Blutvolumen beträgt durchschnittlich 4330 ml (STAB 770 ml).

Gruppe IV:

- **keine Eigenblutspende**
- **direkte, postoperative Rücktransfusion**
- **maschinelle Autotransfusion**

Die Gruppe IV besteht aus 11 Patienten, 3 weiblichen, 8 männlichen.

Die Patienten der Gruppe IV sind durchschnittlich 66,4 Jahre (STAB 11,4 Jahre) alt, 79,4 kg (STAB 13,5 kg) schwer, 172 cm (STAB 12 cm) groß. Ihr errechnetes Blutvolumen beträgt durchschnittlich 4940 ml (STAB 890 ml).

Gruppe V:

- **Eigenblutspende**
- **keine direkte, postoperative Rücktransfusion**
- **keine maschinelle Autotransfusion**

Die Gruppe V besteht aus 39 Patienten, 20 weiblichen, 19 männlichen.

Die Patienten der Gruppe IV sind durchschnittlich 57,1 Jahre (STAB 8,8 Jahre) alt, 79,0 kg (STAB 14,3 kg) schwer, 170 cm (STAB 8 cm) groß. Ihr errechnetes, präoperatives Blutvolumen beträgt durchschnittlich 4740 ml (STAB 780 ml).

Gruppe VI

- **Eigenblutspende**
- **keine direkte, postoperative Rücktransfusion**
- **maschinelle Autotransfusion**

Die Gruppe IV besteht aus 27 Patienten, 10 weiblichen, 17 männlichen.

Die Patienten der Gruppe IV sind durchschnittlich 56,7 Jahre (STAB 8,1 Jahre) alt, 81,9 kg (STAB 17,6 kg) schwer, 171 cm (STAB 8 cm) groß. Ihr errechnetes Blutvolumen beträgt durchschnittlich 4940 ml (STAB 910 ml).

Gruppe VII:

- **Eigenblutspende**
- **direkte, postoperative Rücktransfusion**
- **keine maschinelle Autotransfusion**

Die Gruppe IV besteht aus 23 Patienten, 8 weiblichen, 16 männlichen.

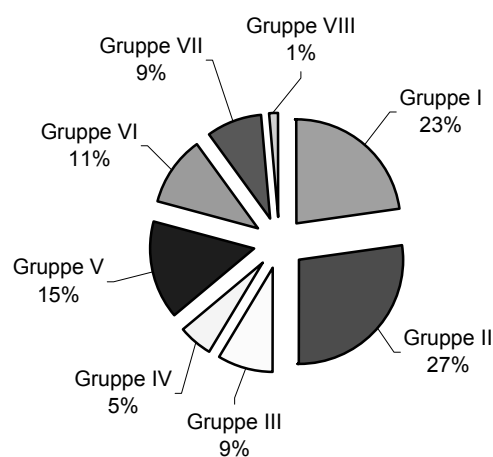
Die Patienten der Gruppe IV sind durchschnittlich 52,7 Jahre (STAB 10,7 Jahre) alt, 76,2 kg (STAB 9,5 kg) schwer, 171 cm (STAB 7 cm) groß. Ihr errechnetes Blutvolumen beträgt durchschnittlich 4780 ml (STAB 500 ml).

Gruppe VIII:

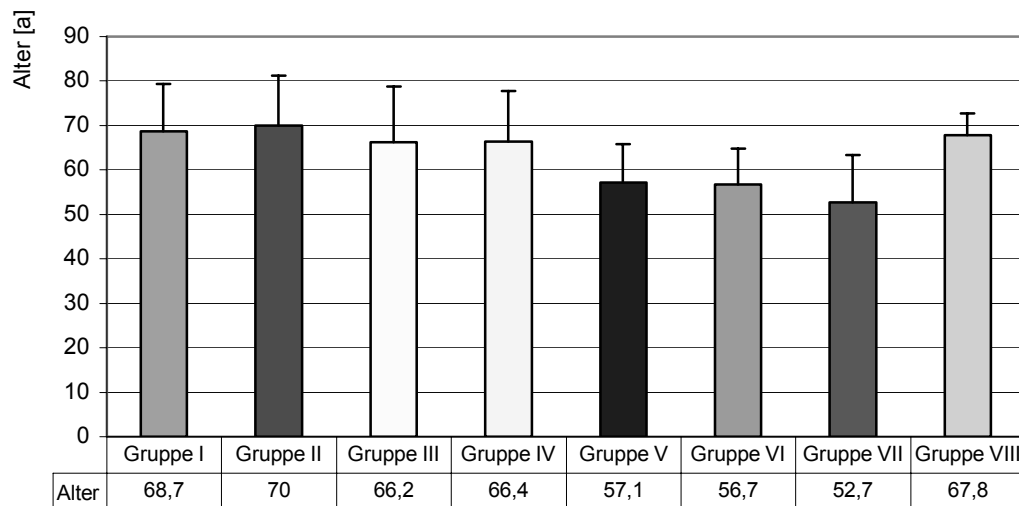
- **Eigenblutspende**
- **direkte, postoperative Rücktransfusion**
- **maschinelle Autotransfusion**

Die Gruppe IV besteht aus 4 Patienten, 0 weiblichen, 4 männlichen.

Die Patienten der Gruppe IV sind durchschnittlich 67,8 Jahre (STAB 5,0 Jahre) alt, 88,3 kg (STAB 20,4 kg) schwer, 175cm (STAB 7 cm) groß. Ihr errechnetes Blutvolumen beträgt durchschnittlich 5430 ml (STAB 880 ml).

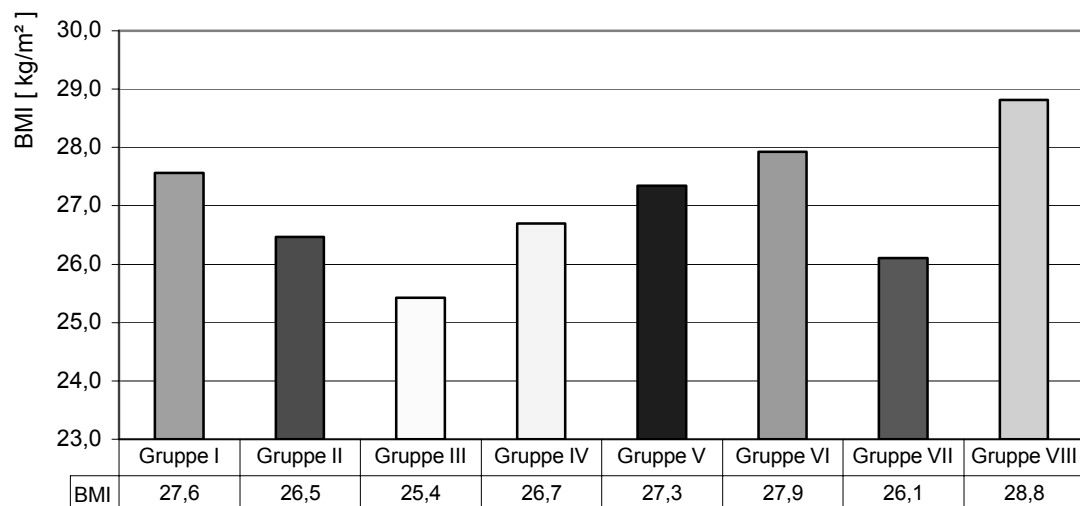


Grafik 4 - Prozentuale Aufteilung der Gruppengröße.



Grafik 5 – Mittelwert und STAB des Alters zum Operationszeitpunkt

Die Patienten, die Eigenblut gespendet hatten, sind deutlich jünger als die Patienten, die kein Eigenblut gespendet hatten. Eine Ausnahme stellen die 4 Patienten der Gruppe VIII dar. Ihr Alter ist mit dem Alter der Patienten vergleichbar, die kein Eigenblut gespendet hatten.



Grafik 6 – Mittelwert des BMI zum Operationszeitpunkt

Geschlechtsverteilung

Anzahl	weiblich	männlich	Summe
Prozentzahl			
I	35 63.6%	20 36.4%	55
II	35 57.4%	26 42.6%	61
III	13 61.9%	8 38.1%	21
IV	3 27.3%	8 72.7%	11
V	20 51.3%	19 48.7%	39
VI	10 37%	17 63%	27
VII	7 30.4%	16 69.6%	23
VIII	0 0%	4 100%	4
Summe	123	118	241

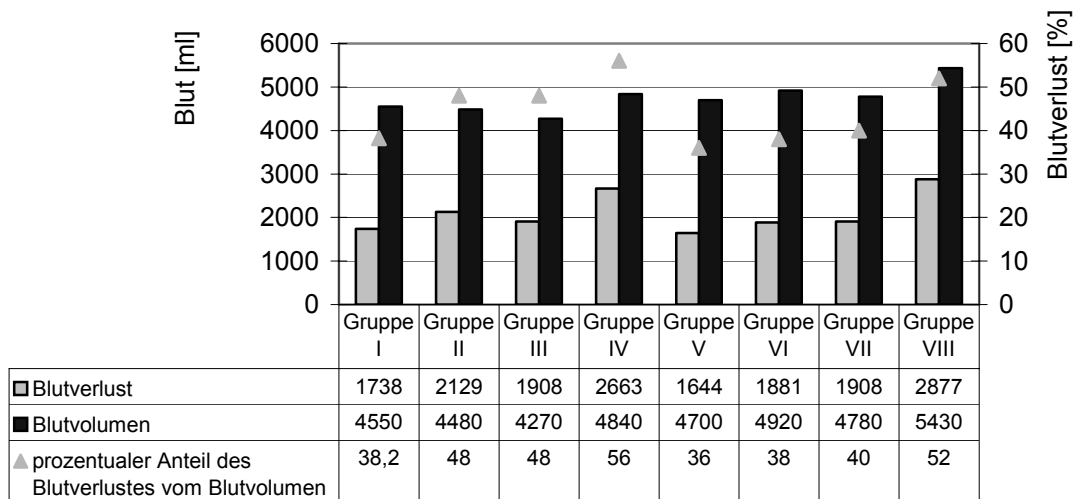
Tabelle 1 – Geschlechtsverteilung in den jeweiligen Gruppen: Anzahl und Prozentsatz an der Gesamtgruppengröße.

Insgesamt wurden 123 weibliche und 118 männliche Patienten untersucht. Die weiblichen Patienten sind vorwiegend in den Gruppen zu finden, die kein Eigenblut gespendet hatten. So finden sich von den 123 weiblichen Patienten 86 in den Gruppen I bis IV. Dies entspricht einem Prozentsatz von 69,9 %. Von den 118 untersuchten männlichen Patienten befinden sich 62 in den Gruppen I bis IV. Dies entspricht einem Prozentsatz von 52,5%.

Gruppe	art. Hypertonus	KHK	Thrombose	Gerinnungsstörungen	Leberinsuffizienz	Niereninsuffizienz
I	38 69,1%	6 10,9%	2 3,6%	0 0%	0 0%	1 1,8%
II	35 51,4%	9 14,8%	4 6,6%	2 3,3%	1 1,6%	2 3,3%
III	14 66,7%	3 14,3%	1 4,8%	0 0%	0 0%	1 4,8%
VI	7 63,6%	1 9,1%	2 18,2%	0 0%	0 0%	0 0%
V	13 33,3%	1 2,6%	1 2,6%	0 0%	0 0%	0 0%
VI	8 29,6%	2 7,4%	1 3,7%	0 0%	0 0%	0 0%
VII	8 34,8%	1 4,3%	1 4,3%	0 0%	0 0%	0 0%
VIII	1 25%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%

Tabelle 2 – Nebendiagnosen

Die Patienten, die Eigenblut spendeten, hatten im Durchschnitt weniger Nebendiagnosen als die Patienten, die kein Eigenblut gespendet hatten. Bei den Patienten der Gruppe I wurden am häufigsten Nebendiagnosen festgestellt.



Grafik 7 - Mittelwerte des Blutverlustes, des präoperativen Blutvolumen und der Prozentsatz des Blutverlustes vom präoperativen Blutvolumen.

2.2. Methoden

2.2.1. Statistische Analyse

Die Ergebnisse wurden in einer Datenbank mit der Software Excel 2000 digitalisiert und mit dem Statistikprogramm JMP 5.0 ausgewertet. Als statistische Verfahren kamen zum einen die beschreibende Statistik, der t-Test für unverbundene Stichproben und die Varianzanalyse mit anschließendem Vergleich mit dem Tukey posthoc Test (bei 3 und mehr zu vergleichenden Gruppen) zur Anwendung.

Als Signifikanzniveau wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p=0,05$ angesehen.

Hierbei galt folgende Unterteilung:

$p < 0,05$	und	$p > 0,01$	schwach signifikant
$p \leq 0,01$	und	$p > 0,001$	moderat signifikant
$p \leq 0,001$			hoch signifikant

Effizienz der einzelnen Verfahren

Die Effizienz der einzelnen Transfusionsverfahren - alleine oder kombiniert - wurde auf zweierlei Art bewertet:

1. über den Bedarf an allogenen Bluttransfusionen in den jeweiligen Gruppen
2. über den postoperativen Verlauf der erhobenen Laborparameter

ad 1. der Verbrauch an allogenen EKs der Gruppen II-VIII wurden mit dem Verbrauch der Gruppe I mittels eines t-Testes für unverbunden Stichproben verglichen und der jeweilige p-Wert ermittelt.

ad 2. für die Laborwerte wurde ein jeweiliges postoperatives Minimum und Maximum in den einzelnen Gruppen ermittelt. Dann wurden die Laborwerte der Gruppen am Operationstag, am postoperativen Minimum und am postoperativen Maximum mit einer Varianzanalyse und dem Tukey posthoc-Test miteinander verglichen.

Präoperative Laborwerte bei Eigenblutspendern

Um festzustellen, ob die präoperative Hämoglobinkonzentration, der Hämatokritwert und die Thrombozytenanzahl durch die Eigenblutspende gesenkt wird, wurden die Patienten in zwei Gruppen aufgeteilt. Die erste Gruppe enthielt alle Patienten, die kein Eigenblut spendeten (n=148), die zweite Gruppe enthielt alle die Patienten, die Eigenblut spendeten (n=93).

Die präoperative Hämoglobinkonzentration, der Hämatokritwert und die Thrombozytenanzahl, gemessen am ersten Krankenhaustag, wurden in beiden Gruppen mittels eines t-Testes für unverbundene Stichproben verglichen. Für elf Patienten konnten für den ersten Krankenhaustag keine Werte für die Thrombozytenanzahl ermittelt werden, diese Patienten wurden nicht in diesen Test mit aufgenommen.

2.2.1. Erhebungsmethode

Die Patienten wurden aus dem Operationsbuch der Orthopädischen Universitätsklinik erfasst. Mittels eines vor dem Beginn der Studie festgelegten Erhebungsbogens wurden die Krankenakten der orthopädischen, und sofern nötig, der transfusionsmedizinischen Klinik ausgewertet.

Unter Verwendung dieser Krankenakten wurden folgende Punkte ermittelt:

1. Geschlecht
2. Gewicht
3. Alter zum Operationszeitpunkt

4. Begleitdiagnosen

Hier wurden folgende Diagnosen mit aufgenommen:

- arterieller Hypertonus
- Koronare Herzkrankheit
- Thrombosen
- Gerinnungsstörungen
- Leberinsuffizienz
- Niereninsuffizienz

5. Anästhesiebeurteilung nach ASA Klassifikation

6. Laborparameter

Es wurden die Hämoglobinkonzentration, der Hämatokritwert, die Thrombozytenanzahl, der Quick- und PTT-Wert jeweils im Verlauf von , soweit Eigenblut gespendet wurde, der ersten Blutspende bis zum einschließlich achten postoperativen Tag erfasst. Die Laborwerte der Eigenblutpatienten für den jeweiligen Spendetermin, wurden der Akte der transfusionsmedizinischen Klinik entnommen.

7. Operationsbedingte Komplikationen

Folgende Komplikationen wurden aufgenommen:

- Hämatom
- Serom
- Thrombose
- Embolie

8. Menge an gespendeten Eigenbluteinheiten in Stück

9. Dauer der Spendezeit in Tagen

Gemessen vom ersten Spendetermin bis zum Operationstermin

10. Menge an erhaltenen allogenen Erythrozytenkonzentraten in Stück und in ml

11. Menge an erhaltenen autologen Erythrozytenkonzentraten in Stück und in ml

12. Menge an erhaltenem Blut, gewonnen durch maschinelle Autotransfusion in ml

13. Menge an erhaltenem Blut, gewonnen durch direkte Retransfusion in ml

14. Dauer der Operation in Minuten

15. Schaftvariante

Bei der Schaftvariante wurde unterschieden zwischen:

- zementierter Schaft
- zementfreier Schaft

16. Anästhesieverfahren

Hier wurde zwischen Intubationsnarkose (ITN) und Periduralanästhesie (PDA) unterschieden

2.2.3 Berechnungen

2.2.3.1. Errechnetes Blutvolumen

Um das präoperative Blutvolumen zu errechnen, wurde die Formel nach Nadler (50) verwendet:

$$\begin{aligned} \text{Blutvolumen für Männer in Liter=} \\ = (0,3669 * (\text{Größe}[m])^3) + (0,03219 * (\text{Körpergewicht}[kg])) + 0,6041 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Blutvolumen für Frauen in Liter=} \\ = (0,3561 * (\text{Größe}[m])^3) + 0,03308 * (\text{Körpergewicht}[kg]) + 0,1833 \end{aligned}$$

Größe in Meter; Körpergewicht in Kilogramm

2.2.3.2. Errechneter Blutverlust

Um den Blutverlust zu errechnen, wurde die Formel nach Brecher et al verwendet (12):

$$\begin{aligned} \text{Errechneter Blutverlust=} \\ = \text{errechnetes Blutvolumen} * \ln(\text{Hw1}[\%]/\text{Hw2}[\%]) + (\text{transfundiertes allogenes} \\ \text{und autologes Blut [ml]} + \text{transfundiertes Drainageblut [ml]}) \end{aligned}$$

ln = natürlicher Logarithmus

Hw1= Hämatokritwert, bestimmt am ersten Krankenhaustag

Hw2= Hämatokritwert, bestimmt am ersten postoperativen Tag

2.2.3.3. Präoperative Erythrozytenproduktion

Die präoperative Erythrozytenproduktion wurde über die Gesamtmenge an gespendeten Erythrozyten abzüglich der Differenz des zirkulierenden Erythrozytenvolumens zwischen dem erstem Spendetermin und dem ersten präoperativen Krankenhaustag ermittelt (39). Das Produkt der Menge an gespendetem Vollblut mit dem jeweiligen peripheren, venösen Hämatokrit des Spendetages ergab das gespendete Erythrozytenvolumen. Das zirkulierende Erythrozytenvolumen wurde durch das Produkt des errechneten Blutvolumens des Patienten mit dem Körperhämatokritwert bestimmt. Der Körperhämatokrit errechnet sich aus dem peripheren venösen Hämatokrit multipliziert mit 0,91 (14).

$$E(Prod) = EV(gesp)[ml] - \{EV(1.Spende)[ml] - EV(1.KHT)[ml]\}$$

$$EV(gesp) = VB1 * Hk1 + VB2 * Hk2$$

$$EV(1.Spende) = eBV * Hk1 * 0,91$$

$$EV(1.KHT) = eBV * Hk3 * 0,91$$

E(Prod)=	Erythrozytenproduktion
EV(gesp)=	gespendetes Erythrozytenvolumen
EV(1.Spende)=	Erythrozytenvolumen am ersten Spendetag
EV(1.KHT)=	Erythrozytenvolumen am ersten, präoperativen Krankenhaustag
VB1;2=	gespendetes Vollblut erster; zweiter Spendetermin
HK1;2;3=	Hämatokritwert erster; zweiter Spendetermin; erster präoperativer Krankenhaustag
eBV=	errechnetes Blutvolumen

3. Ergebnisse

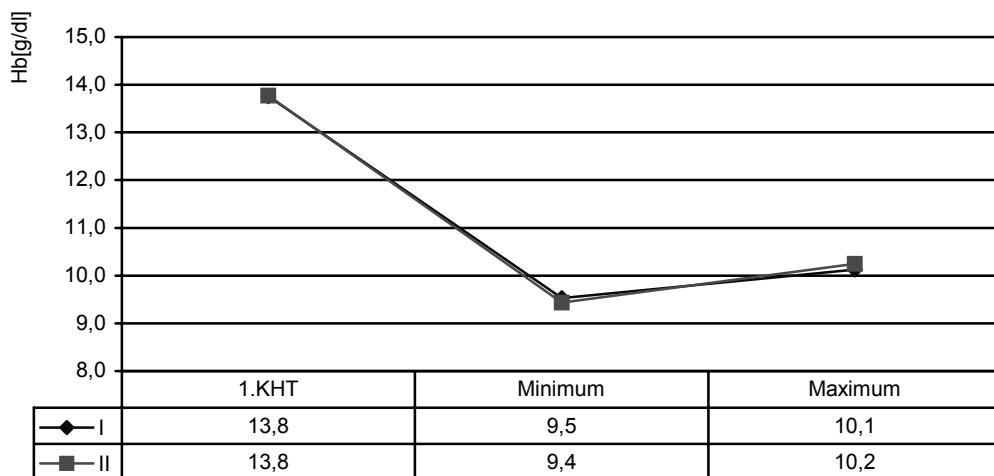
3.1. Vergleich der Gruppen I und II – Auswirkung der maschinellen Autotransfusion

3.1.1. Bedarf an allogenen Bluttransfusionen

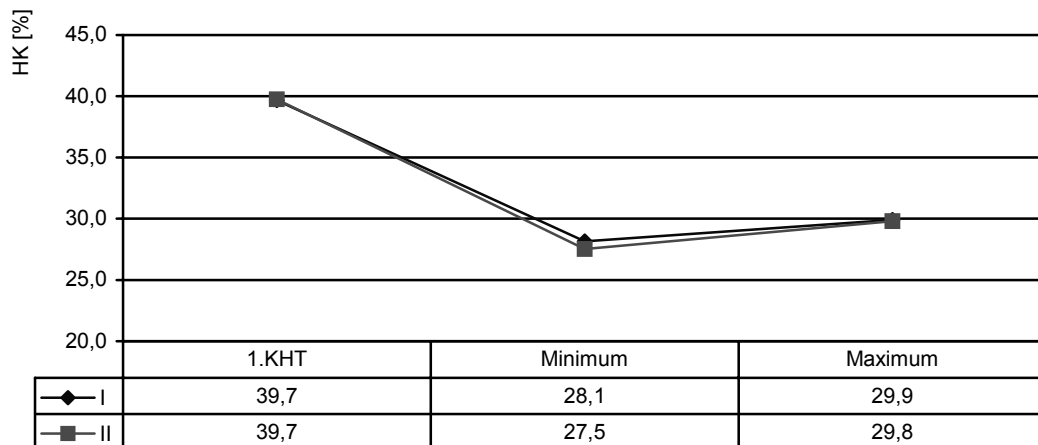
Die maschinelle Autotransfusion alleine senkt die Wahrscheinlichkeit im Laufe einer HTP-Operation eine allogene Bluttransfusion zu erhalten nicht signifikant ($p=0,5373$).

Von den 55 Patienten der Gruppe I erhielten 35 Patienten insgesamt 92 allogene Erythrozytenkonzentrate, d.h. die Wahrscheinlichkeit ein allogenes Erythrozytenkonzentrat zu erhalten, lag bei 63,7%. Von den 61 Patienten der Gruppe II erhielten 32 Patienten insgesamt 90 allogene Erythrozytenkonzentrate. Hier betrug die Wahrscheinlichkeit ein allogenes Erythrozytenkonzentrat zu erhalten 52,5 %.

3.1.2. Postoperative Laborwertverläufe



Grafik 8 – Vergleich der postoperativen Hb-Konz. der Gruppen I und II



Grafik 9 – Vergleich der postoperativen Hk-Werte der Gruppen I und II

Wie aus den Grafiken 8 und 9 ersichtlich gab es im Bezug auf den postoperativen Verlauf der Hb-Konzentration und des Hk-Wertes keine signifikanten Unterschiede.

3.2. Vergleich der Gruppen I und III – Auswirkung der direkten, postoperativen Rücktransfusion

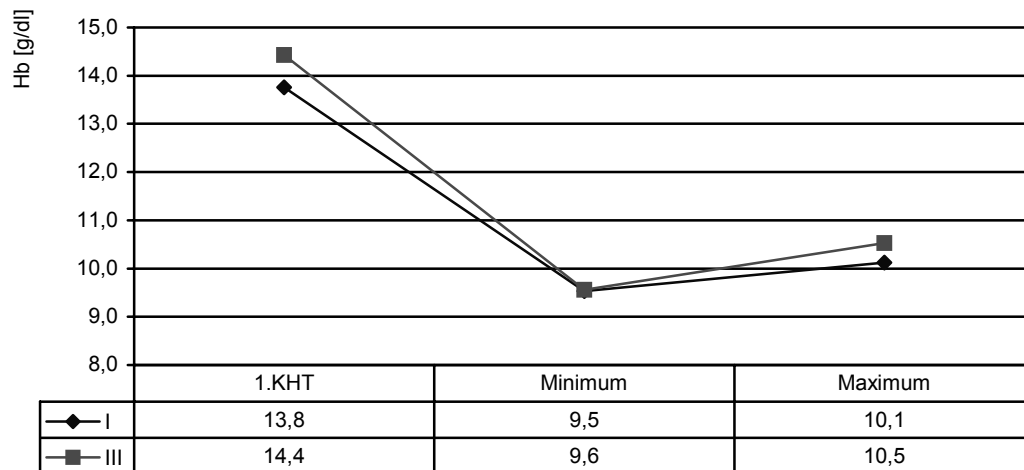
3.2.1. Bedarf an allogenen Bluttransfusionen

Die direkte, postoperative Rücktransfusion senkt die Wahrscheinlichkeit im Laufe einer HTP-Operation eine allogene Bluttransfusion zu erhalten signifikant ($p=0,0075$).

Von den 55 Patienten der Gruppe I erhielten 35 Patienten insgesamt 92 allogene Erythrozytenkonzentrate, d.h. die Wahrscheinlichkeit ein allogenes Erythrozytenkonzentrat zu erhalten, lag bei 63,7%.

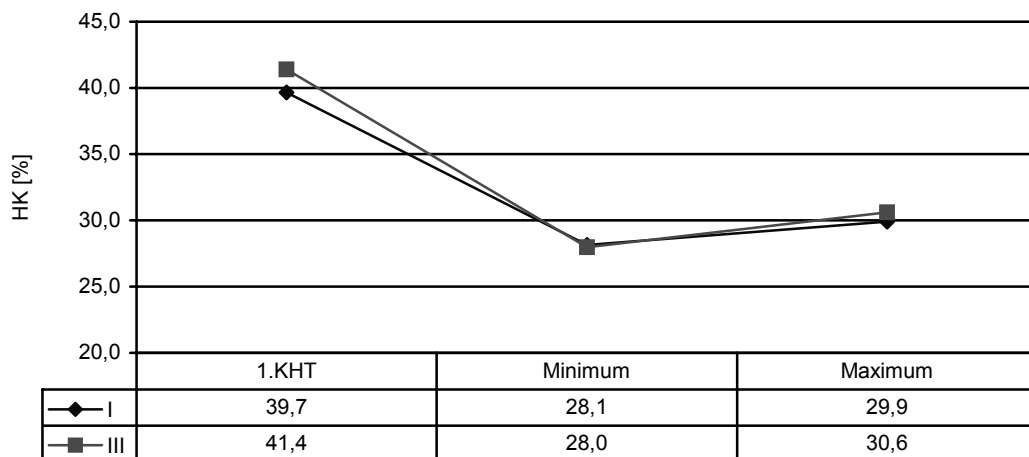
Von den 21 Patienten der Gruppe III erhielten 7 Patienten insgesamt 14 allogene Erythrozytenkonzentrate. Hier betrug die Wahrscheinlichkeit ein allogenes Erythrozytenkonzentrat zu erhalten 33,3 %.

3.2.2. Postoperative Laborwertverläufe



Grafik 10 - Vergleich der postoperativen Hb-Konz. der Gruppen I und III

Zwar haben die Patienten der Gruppe III eine höhere durchschnittliche präoperative Hb-Konzentration als die Patienten der Gruppe I, das postoperativ erreichte Minimum ist jedoch in beiden Gruppen vergleichbar. Das Maximum der Gruppe III liegt leicht über dem der Gruppe I, signifikant ist der Unterschied aber nicht ($p=0,3508$). Der Verlauf der Hk-Werte entspricht dem Verlauf der Hb-Konzentrationen.



Grafik 11 - Vergleich der postoperativen Hk-Werte der Gruppen I und III

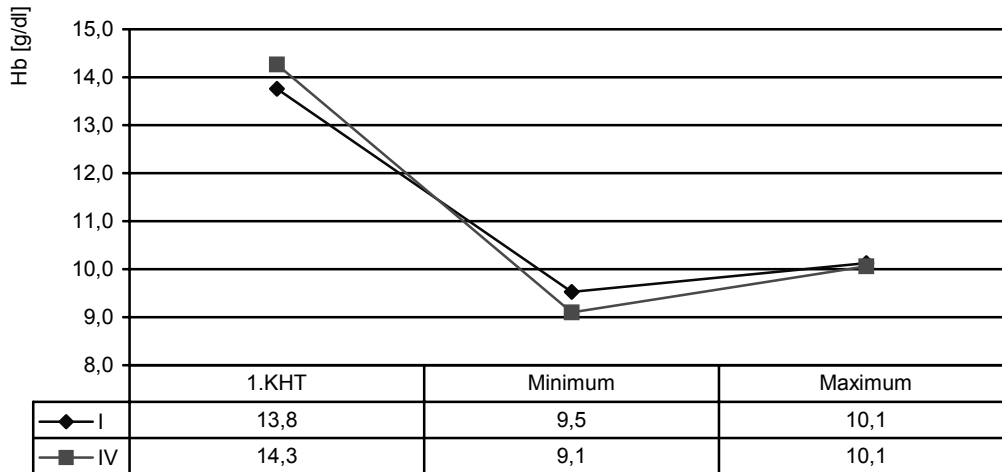
3.3. Vergleich der Gruppen I und IV – Auswirkung der MAT kombiniert mit der PORT

3.3.1. Bedarf an allogenen Bluttransfusion

Die MAT kombiniert mit der PORT senkt die Wahrscheinlichkeit, im Laufe einer HTP-Operation eine allogene Bluttransfusion zu erhalten, nicht signifikant: so wurden den Patienten der Gruppe I durchschnittlich 1,67 allogene Eks transfundiert, den Patienten der Gruppe IV 1,18. Der p-Wert beträgt hierbei $p=0,3284$.

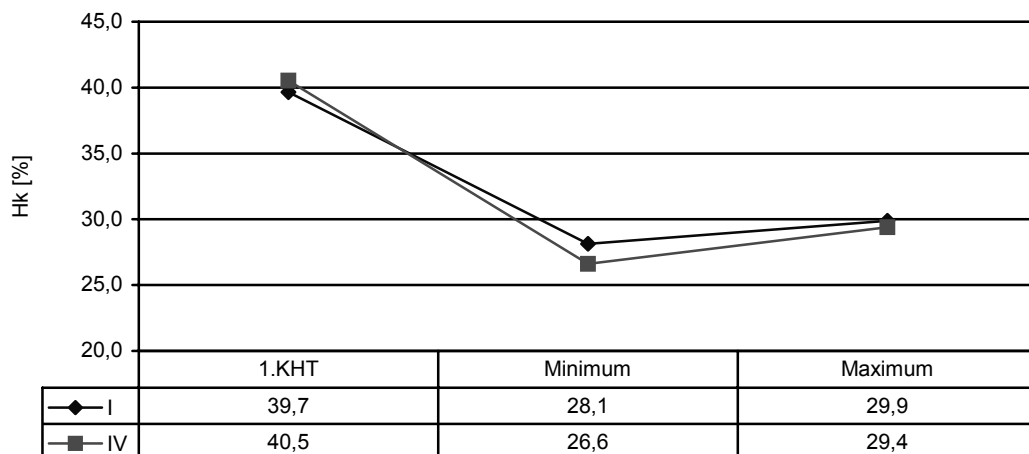
Von den 55 Patienten der Gruppe I erhielten 35 Patienten insgesamt 92 allogene Erythrozytenkonzentrate, d.h. die Wahrscheinlichkeit, ein allogenes Erythrozytenkonzentrat zu erhalten, lag bei 63,7%. Von den 11 Patienten der Gruppe IV erhielten 6 Patienten insgesamt 13 allogene Erythrozytenkonzentrate. Hier betrug die Wahrscheinlichkeit, ein allogenes Erythrozytenkonzentrat zu erhalten 54,5%.

3.3.2. Postoperative Laborwertverläufe



Grafik 12 - Vergleich der postoperativen Hb-Konz. der Gruppen I und IV

Die Patienten der Gruppe IV haben eine höhere präoperative Hb-Konzentration als die Patienten der Gruppe I. Im postoperativen Verlauf fällt die Gruppe IV auf ein tieferes Minimum ab, um dann aber wieder ein gleiches Maximum wie die Gruppe I zu erreichen. Der Verlauf des Hk-Wertes ist dem der Hb-Konzentration vergleichbar. Beide Laborparameterverläufe unterscheiden sich nicht signifikant im Bezug auf Gruppe I.



Grafik 13 - Vergleich der postoperativen Hk-Werte der Gruppen I und IV

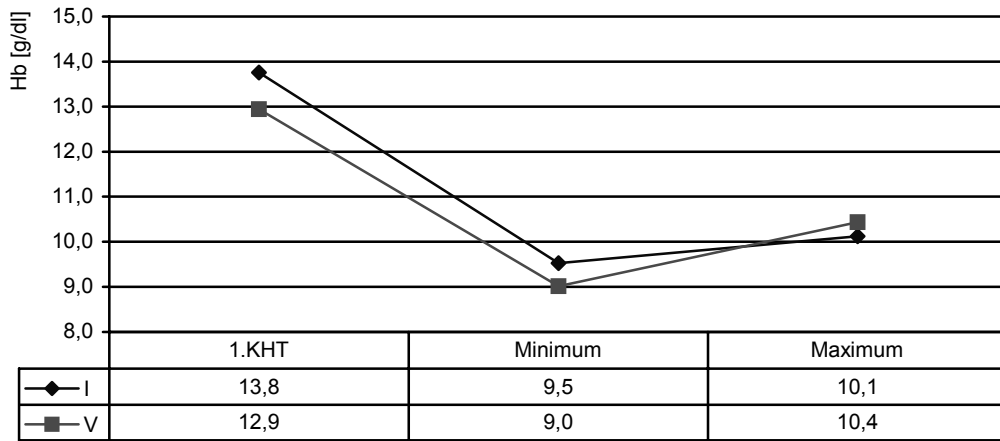
3.4. Vergleich der Gruppen I und V – Auswirkungen der Eigenblutspende

3.4.1. Bedarf an allogenen Bluttransfusionen

Die präoperative Eigenblutspende senkte den Bedarf allogener EKs im Laufe einer HTP-Operation signifikant: so wurden den Patienten der Gruppe I durchschnittlich 1,67 allogene Eks transfundiert, den Patienten der Gruppe V durchschnittlich 0,13. Der p-Wert beträgt hierbei $p < 0,0001$.

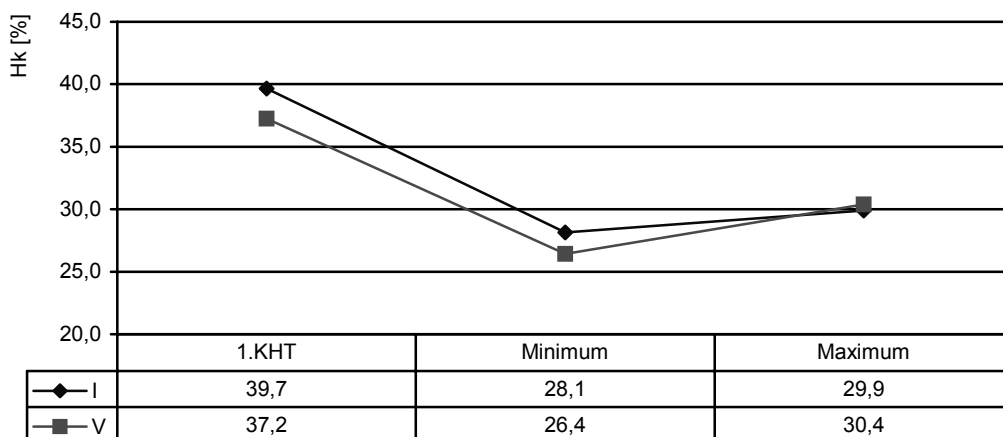
Von den 55 Patienten der Gruppe I erhielten 35 Patienten insgesamt 92 allogene Erythrozytenkonzentrate, d.h. die Wahrscheinlichkeit, ein allogenes Erythrozytenkonzentrat zu erhalten, lag bei 63,7%. Von den 39 Patienten der Gruppe V erhielten 3 Patienten insgesamt 5 allogene Erythrozytenkonzentrate. Hier betrug die Wahrscheinlichkeit, ein allogenes Erythrozytenkonzentrat zu erhalten 7,7 %.

3.4.2. Postoperative Laborwertverläufe



Grafik 14 – Vergleich der postoperativen Hb-Konz. der Gruppen I und V

Die Patienten der Gruppe V haben eine signifikant niedrigere präoperative Hb-Konzentration als die Patienten der Gruppe I ($p=0,0013$). Im postoperativen Verlauf fällt die Gruppe V auf ein tieferes Minimum ab, erreicht jedoch ein höheres Maximum als die Gruppe I. Der Verlauf des Hk-Wertes ist dem der Hb-Konzentration vergleichbar.



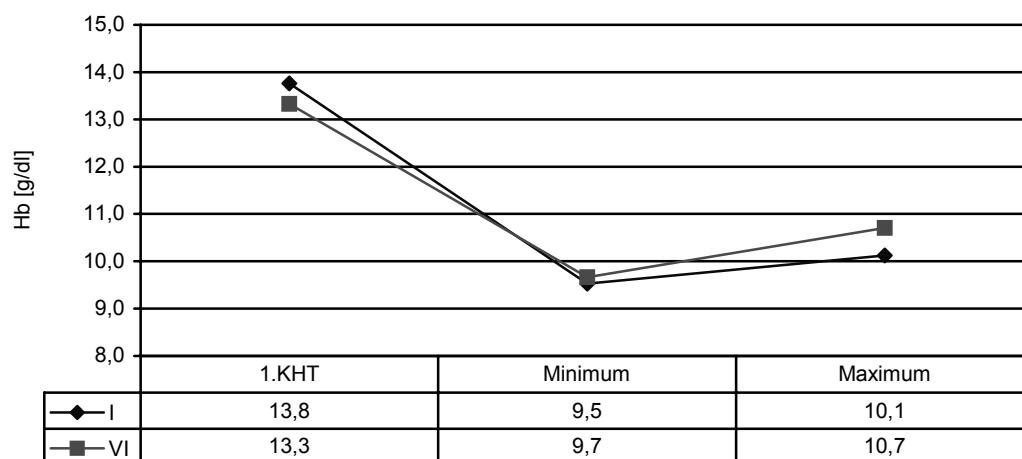
Grafik 15 - Vergleich der postoperativen Hk-Werte der Gruppen I und V

3.5. Vergleich der Gruppen I und VI – Auswirkung der PEBS kombiniert mit der MAT

3.5.1. Bedarf an allogenen Bluttransfusionen

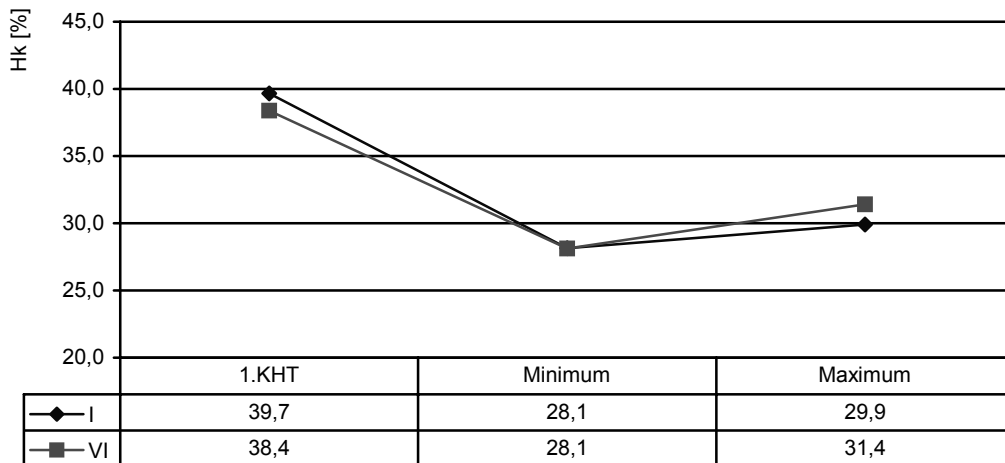
Die PEBS kombiniert mit der MAT senkt die Wahrscheinlichkeit im Laufe einer HTP-Operation eine allogene Bluttransfusion zu erhalten signifikant ($p=0,0001$). Von den 55 Patienten der Gruppe I erhielten 35 Patienten insgesamt 92 allogene Erythrozytenkonzentrate, d.h. die Wahrscheinlichkeit ein allogenes Erythrozytenkonzentrat zu erhalten, lag bei 63,7%. Von den 27 Patienten der Gruppe VI erhielt 1 Patient insgesamt 2 allogene Erythrozytenkonzentrate. Hier betrug die Wahrscheinlichkeit, ein allogenes Erythrozytenkonzentrat zu erhalten 3,7%.

3.5.2. Postoperative Laborwertverläufe



Grafik 16 - Vergleich der postoperativen Hb-Konz. der Gruppen I und VI

Die Patienten der Gruppe V haben eine niedrigere präoperative Hb-Konzentration als die Patienten der Gruppe I. Im postoperativen Verlauf fällt die Gruppe VI auf ein der Gruppe I vergleichbares Minimum ab, erreicht jedoch ein höheres Maximum als die Gruppe I. Der Verlauf des Hk-Wertes ist dem der Hb-Konzentration vergleichbar.



Grafik 17 - Vergleich der postoperativen Hk-Werte der Gruppen I und VI

3.6. Vergleich der Gruppen I und VII – Auswirkung der PEBS kombiniert mit der Port

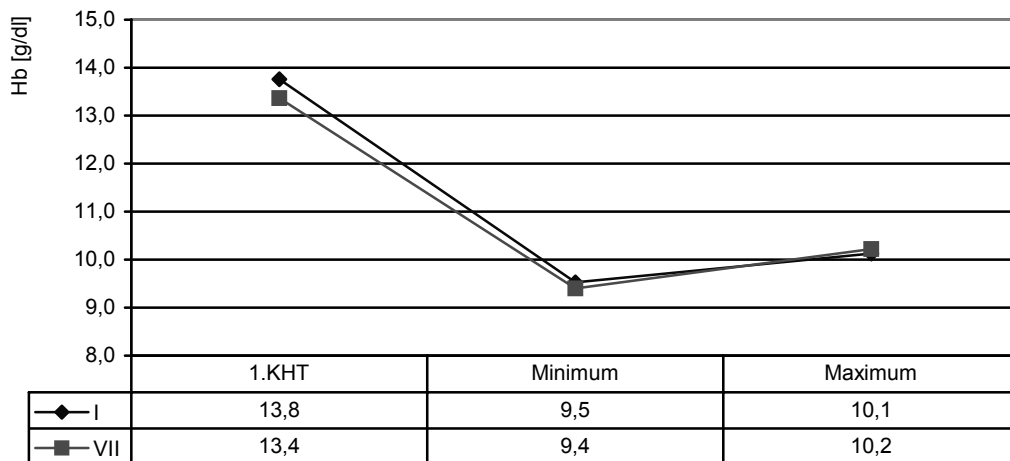
3.6.1. Bedarf an allogenen Bluttransfusionen

Die PEBS kombiniert mit der PORT senkt die Wahrscheinlichkeit, im Laufe einer HTP-Operation eine allogene Bluttransfusion zu erhalten, signifikant ($p=0,0001$).

Von den 55 Patienten der Gruppe I erhielten 35 Patienten insgesamt 92 allogene Erythrozytenkonzentrate, d.h. die Wahrscheinlichkeit, ein allogenes Erythrozytenkonzentrat zu erhalten, lag bei 63,7%. Von den 23 Patienten der Gruppe VII erhielt 1 Patient insgesamt 1 allogenes Erythrozytenkonzentrat.

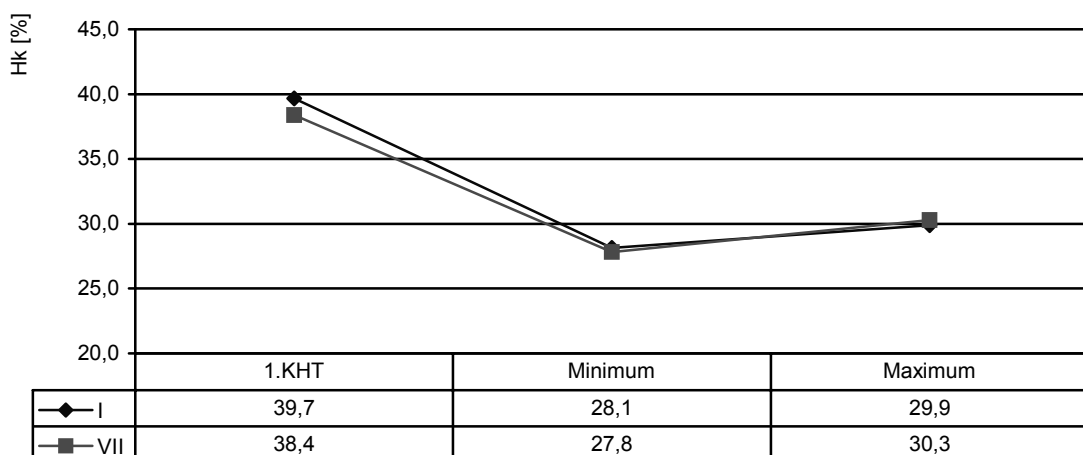
Hier betrug die Wahrscheinlichkeit, ein allogenes Erythrozytenkonzentrat zu erhalten, 4,3%.

3.6.2. Postoperative Laborwertverläufe



Grafik 18 - Vergleich der postoperativen Hb-Konz. der Gruppen I und VII

Wie aus den Grafiken 18 und 19 ersichtlich, gab es im Bezug auf den postoperativen Verlauf der Hb-Konzentration und des Hk-Wertes keine signifikanten Unterschiede.



Grafik 19 - Vergleich der postoperativen Hk-Werte der Gruppen I und VII

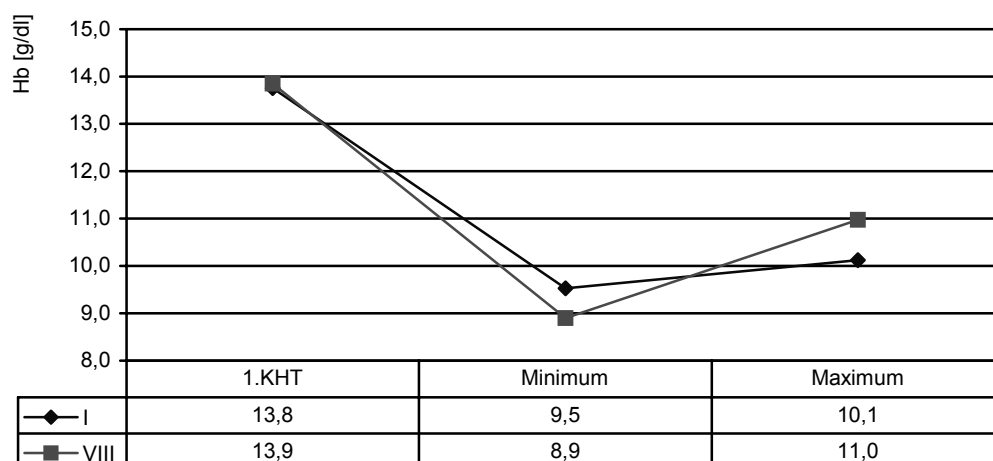
3.7. Vergleich der Gruppen I und VIII – Auswirkung der PEBS kombiniert mit der MAT und der PORT

3.7.1. Bedarf an allogenen Bluttransfusionen

Die PEBS kombiniert mit der MAT und der PORT senkt die Wahrscheinlichkeit, im Laufe einer HTP-Operation eine allogene Bluttransfusion zu erhalten, signifikant ($p < 0,0001$).

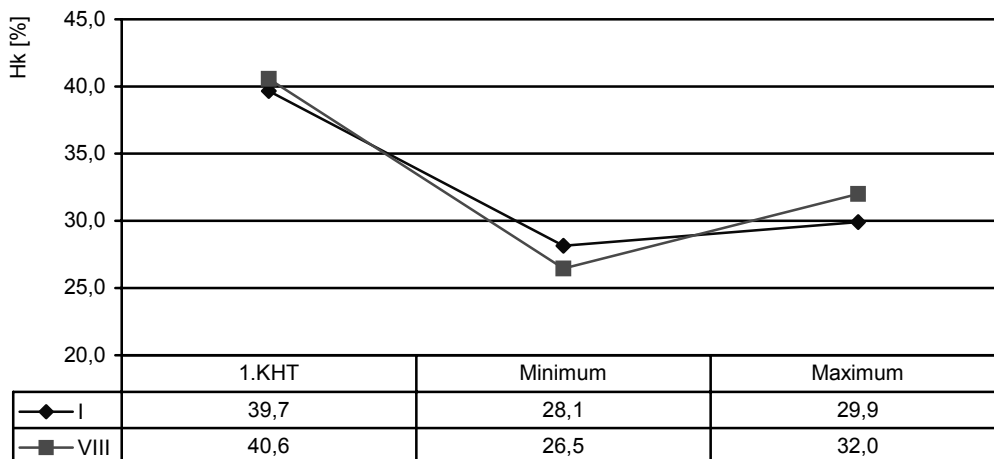
Von den 55 Patienten der Gruppe I erhielten 35 Patienten insgesamt 92 allogene Erythrozytenkonzentrate, d.h. die Wahrscheinlichkeit ein allogenes Erythrozytenkonzentrat zu erhalten, lag bei 63,7%. Von den 4 Patienten der Gruppe VIII musste keinem Patienten allogene Erythrozytenkonzentrate transfundiert werden. Die Wahrscheinlichkeit ein, allogenes Erythrozytenkonzentrat zu erhalten betrug also 0%.

3.7.2. Postoperative Laborwertverläufe



Grafik 20 - Vergleich der postoperativen Hb-Konz. der Gruppen I und VIII

Beide Gruppen haben eine gleiche präoperative Hb-Konzentration. Die Gruppe VIII sinkt jedoch auf ein niedrigeres postoperatives Minimum, erholt sich aber schneller und hat dem entsprechend ein höheres Maximum. Der Verlauf des Hk-Wertes ist dem der Hb-Konzentration vergleichbar.



Grafik 21 - Vergleich der postoperativen Hk-Werte der Gruppen I und VIII

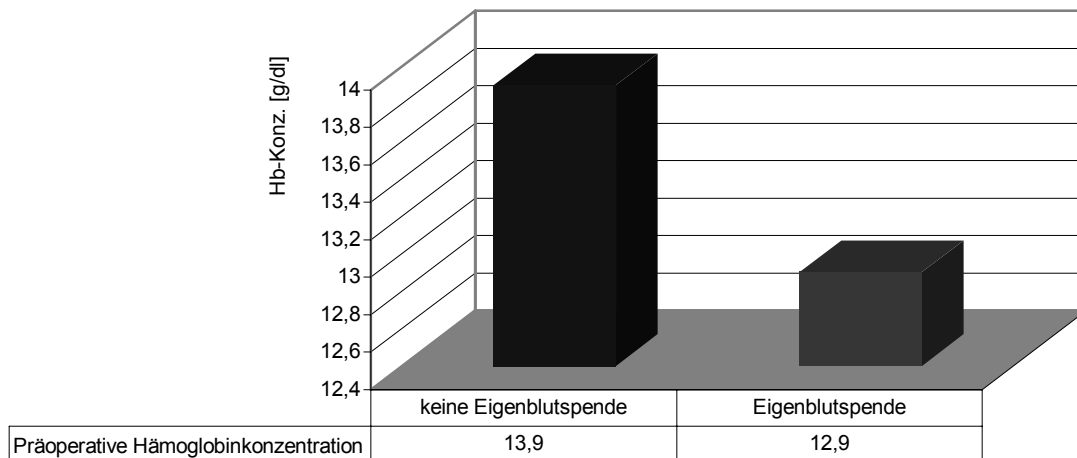
3.8. Auswirkung der Eigenblutspende auf die präoperativen Laborwerte

Die Eigenblutspende senkt die präoperative Hb-Konzentration ($p < 0,0001$) und den präoperativen Hk-Wert ($p < 0,0001$) signifikant. Die Thrombozytenanzahl der Patienten, die Eigenblut gespendet hatten, war nicht signifikant erhöht ($p = 0,0719$).

Die präoperative Eigenblutspende erhöht die prä- und postoperative Erythrozytenproduktion. So betrug der errechnete Erythrozytenzuwachs der Eigenblutspender, die zwei Einheiten gespendet hatten, im Durchschnitt 167 ml (STAB 96 ml), der Median lag bei 177 ml.

3.8.1. Hämoglobin

Die präoperativ gemessene Hämoglobinkonzentration betrug bei den Patienten, die kein Eigenblut gespendet hatten durchschnittlich 13,9 g/dl. Bei den Patienten, die Eigenblut gespendet hatten, betrug die präoperative Hämoglobinkonzentration durchschnittlich 12,9 g/dl. Die präoperative Hämoglobinkonzentration ist in der Gruppe, die Eigenblut gespendet hatte, signifikant erniedrigt ($p < 0,0001$).



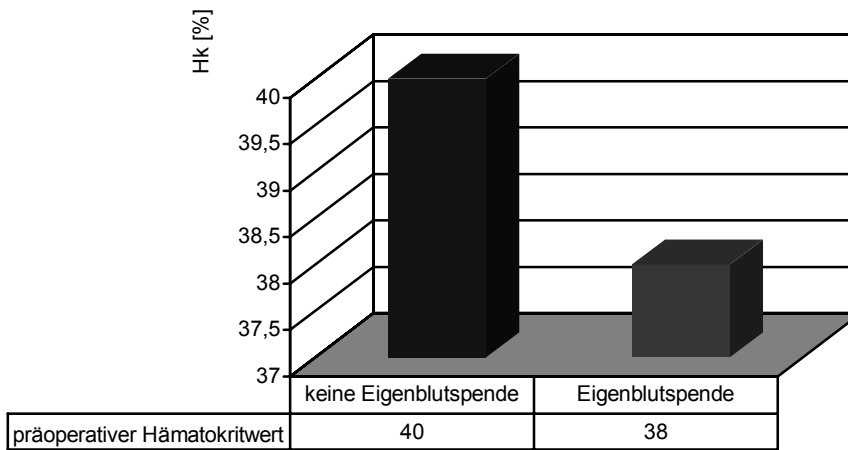
Grafik 22 – Mittelwerte der Hämoglobinkonzentration gemessen präoperativ am ersten Krankenhaustag bei den Patienten, die Eigenblut spendeten und bei denen, die keines spendeten.

Gruppe	Hb-Konz.	STAB	Lower 95%	Upper 95%
Keine PEBS	13,9	1,22	13,7	14,0
PEBS	12,9	1,25	12,9	13,5

Tabelle 3 – Hb-Konzentrationen in g/dl gemessen am ersten Krankenhaustag.

3.8.2. Hämatokritwert

Der präoperativ gemessene Hämatokritwert betrug bei den Patienten, die kein Eigenblut gespendet hatten durchschnittlich 40 %. Bei den Patienten, die Eigenblut gespendet hatten, betrug der präoperative Hämatokritwert durchschnittlich 38 %. der präoperative Hämatokritwert ist in der Gruppe, die Eigenblut gespendet hatte, signifikant erniedrigt ($p < 0,0001$).



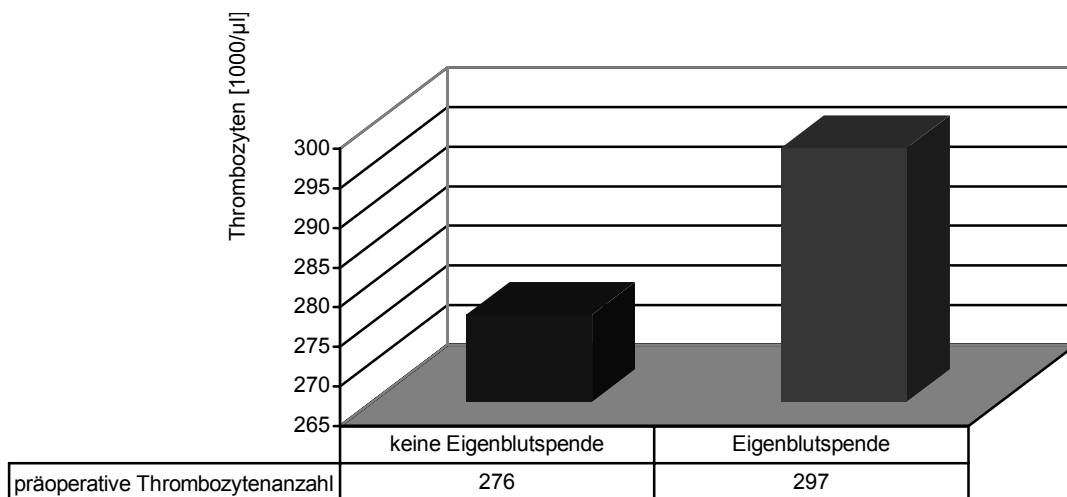
Grafik 23 - Mittelwerte des Hämatokritwertes, gemessen präoperativ am ersten Krankenhaustag bei den Patienten, die Eigenblut spendeten und bei denen, die keines spendeten.

Gruppe	Hk-Wert	STAB	Lower 95%	Upper 95%
Keine PEBS	40,0	3,48	39,4	40,6
PEBS	38,0	3,34	37,3	38,7

Tabelle 4 – Hk-Werte in % gemessen am ersten Krankenhaustag.

3.8.3. Thrombozytenanzahl

Die präoperativ gemessene Thrombozytenanzahl betrug bei den Patienten, die kein Eigenblut gespendet hatten durchschnittlich 276 000/ μ l. Bei den Patienten, die Eigenblut gespendet hatten, betrug die präoperative Thrombozytenanzahl durchschnittlich 297000/ μ l. Die präoperative Thrombozytenanzahl ist in der Gruppe, die Eigenblut gespendet hatte, nicht signifikant erhöht ($p=0,0719$).



Grafik 24 - Mittelwerte der Thrombozytenanzahl, gemessen präoperativ am ersten Krankenhaustag bei den Patienten, die Eigenblut spendeten und bei denen die keines spendeten.

Gruppe	Thrombozytenanzahl	STAB	Lower 95%	Upper 95%
Keine PEBS	276	96,3	260	291
PEBS	297	74,9	281	312

Tabelle 5 – Thrombozytenanzahl, gemessen am ersten Krankenhaustag.

3.9. Blutverlust und Blutbedarf in den einzelnen Gruppen

Gruppe I

Der Blutverlust in der Gruppe I betrug durchschnittlich 1737 ml (STAB 595 ml), dies entspricht 38,2 % des präoperativen Blutvolumens.

Den Patienten der Gruppe I wurden durchschnittlich 552 ml (STAB 512 ml) allogenes Blut transfundiert. Somit wurden 31,8 % des Blutverlustes durch allogenes Blut ersetzt.

Gruppe II

Der Blutverlust in der Gruppe II betrug durchschnittlich 2160 ml (STAB 873 ml), dies entspricht 48,7% des präoperativen Blutvolumens.

Den Patienten der Gruppe II wurden durchschnittlich 360 ml (STAB 218 ml) MAT-Blut und 488 ml (STAB 611 ml) allogenes Blut transfundiert. Somit wurden 39,3 % des Blutverlustes durch Bluttransfusionen ersetzt. 22,6 % des Blutverlustes wurde durch allogenes Blut und 16,7 % durch autologes MAT-Blut ersetzt.

Gruppe III

Der Blutverlust in der Gruppe III betrug durchschnittlich 1895 ml (STAB 487 ml), dies entspricht 44,7% des präoperativen Blutvolumens.

Den Patienten der Gruppe III wurden durchschnittlich 400 ml (STAB 135 ml) PORT-Blut und 221 ml (STAB 337 ml) allogenes Blut transfundiert. Somit wurden 32,8 % des Blutverlustes durch Bluttransfusionen ersetzt. 11,7 % des Blutverlustes wurde durch allogenes Blut und 21,2 % durch autologes PORT-Blut ersetzt.

Gruppe IV

Der Blutverlust in der Gruppe IV betrug durchschnittlich 2607 ml (STAB 989 ml), dies entspricht 54,3% des präoperativen Blutvolumens.

Den Patienten der Gruppe IV wurden durchschnittlich 394 ml (STAB 122 ml) MAT-Blut, 394 ml (STAB 122 ml) PORT-Blut und 390 ml (STAB 413 ml) allogenes Blut transfundiert. Somit wurden 45,0% des Blutverlustes durch Bluttransfusionen ersetzt. 15,0 % des Blutverlustes wurde durch allogenes Blut und 30,1% durch autologes Blut ersetzt.

Gruppe V

Der Blutverlust in der Gruppe V betrug durchschnittlich 1806 ml (STAB 624 ml), dies entspricht 39,2% des präoperativen Blutvolumens.

Den Patienten der Gruppe V wurden durchschnittlich 380 ml (STAB 317 ml) PEBS-Blut und 43 ml (STAB 155 ml) allogenes Blut transfundiert. Somit wurden 23,4% des Blutverlustes durch Bluttransfusionen ersetzt. 2,4 % des Blutverlustes wurde durch allogenes Blut und 21,0% durch autologes Blut ersetzt.

Gruppe VI

Der Blutverlust in der Gruppe VI betrug durchschnittlich 1934 ml (STAB 721 ml), dies entspricht 38,5% des präoperativen Blutvolumens.

Den Patienten der Gruppe VI wurden durchschnittlich 403 ml (STAB 294 ml) PEBS-Blut, 322 ml (STAB 149 ml) MAT-Blut und 23 ml (STAB 125 ml) allogenes Blut transfundiert. Somit wurden 38,7% des Blutverlustes durch Bluttransfusionen ersetzt, Der allogene Teil belief sich auf 1,2% des Blutverlustes, der autologe auf 37,5%.

Gruppe VII

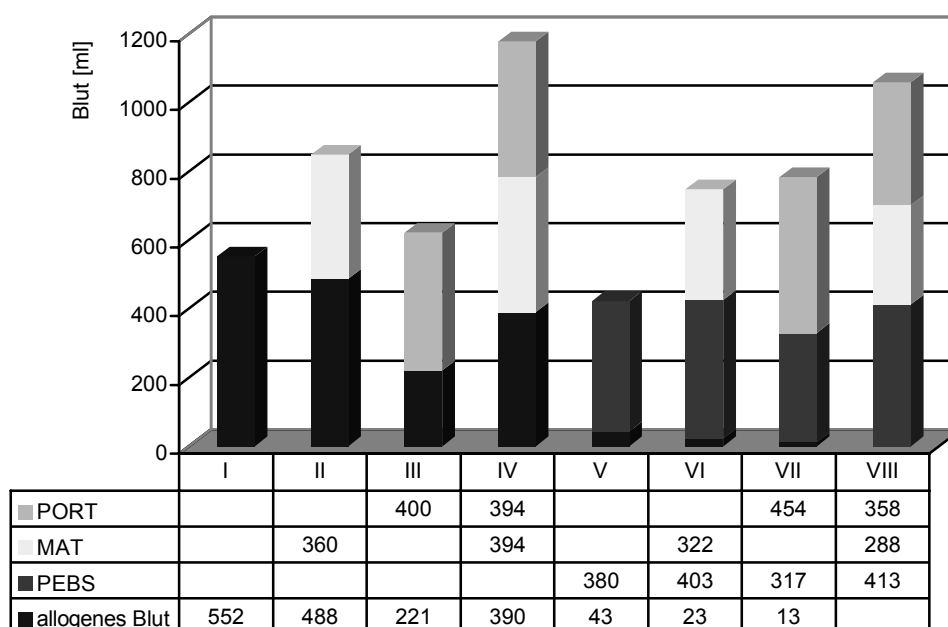
Der Blutverlust in der Gruppe VII betrug durchschnittlich 2031 ml (STAB 493 ml), dies entspricht 42,6% des präoperativen Blutvolumens.

Den Patienten der Gruppe VII wurden durchschnittlich 317 ml (STAB 307 ml) PEBS-Blut, 454 ml (STAB 172 ml) PORT-Blut und 13 ml (STAB 69 ml) allogenes Blut transfundiert. Bei ihnen wurden 38,7 % vom Blutverlust durch Bluttransfusionen ersetzt. 0,7 % durch allogenes Blut und 38,0 % durch autologes.

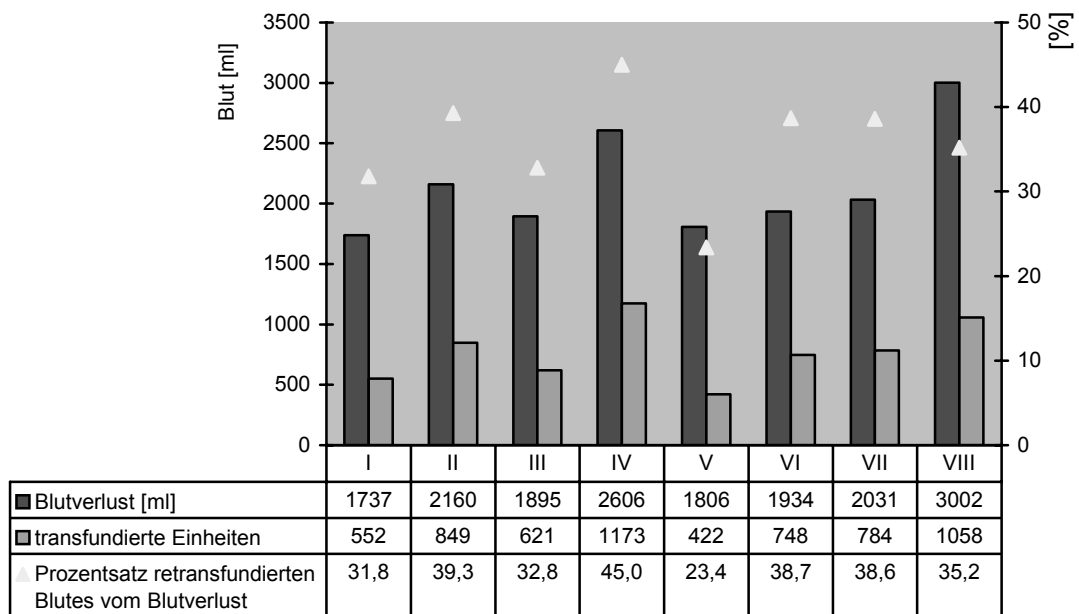
Gruppe VIII

Der Blutverlust in der Gruppe VIII betrug durchschnittlich 3002 ml (STAB 1073 ml), dies entspricht 54,2% des präoperativen Blutvolumens.

Den Patienten der Gruppe VIII wurden durchschnittlich 413 ml (STAB 317 ml) PEBS-Blut, 288 ml (STAB 25 ml) MAT-Blut und 358 ml (STAB 150 ml) PORT-Blut transfundiert. Auf allogene Blutkonserven konnte in dieser Gruppe verzichtet werden. Somit wurde insgesamt 35,2 % des Blutverlustes durch autologe Bluttransfusionen ersetzt.



Grafik 25 - Mittelwerte des retransfundiertes Blutes je Gruppe.

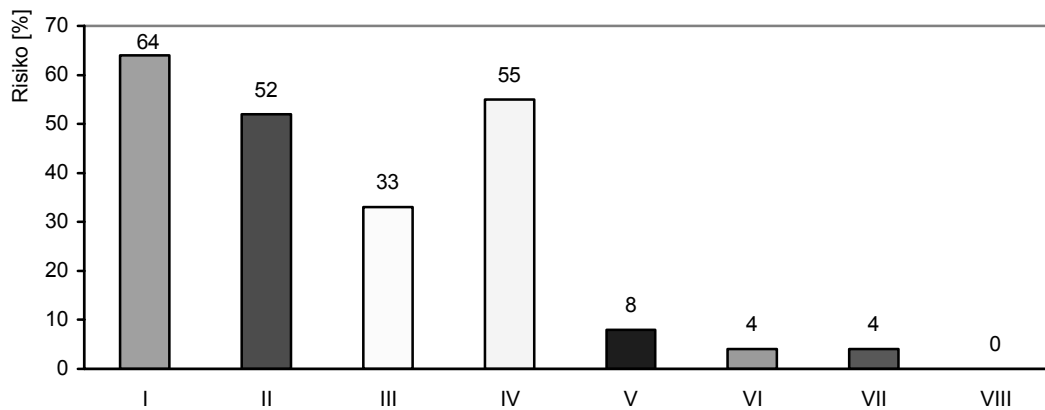


Grafik 26 - Mittelwerte des Blutverlustes und der Gesamtmenge des transfundierten Blutes. Prozentsatz des retransfundierten Blutes vom Blutverlust.

Vergleicht man den durchschnittlichen Blutverlust der Gruppen II-VIII mit dem der Gruppe I erhält man folgende p-Werte:

Gruppenvergleich	p
I und II	p=0,0053
I und III	p=0,2974
I und IV	p=0,0005
I und V	p=0,5994
I und VI	p=0,2079
I und VII	p=0,0464
I und VIII	p=0,0003

Tabelle 6 – p-Wertevergleich des Blutverlustes der Gruppe I mit den Gruppen II-VIII



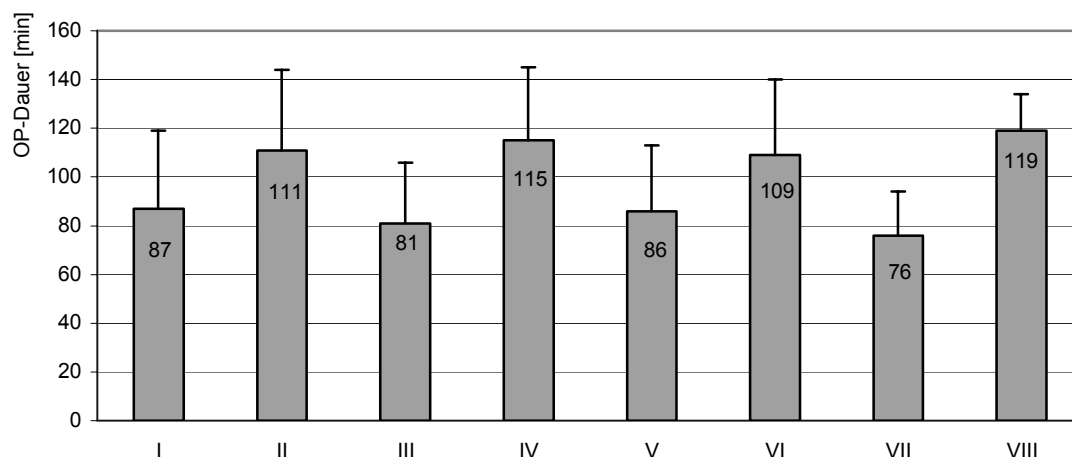
Grafik 27 – Risiko eine allogene Transfusion zu erhalten

Die Patienten der Gruppe I hatten mit 64 % die höchste Wahrscheinlichkeit, eine allogene Bluttransfusion zu erhalten. Durch den Einsatz des PORT konnte das Risiko, eine allogene Bluttransfusion zu erhalten, auf 33 % gesenkt werden. Am deutlichsten kam es aber in den Gruppen, die präoperativ Eigenblut gespendet hatten, zur Reduktion dieses Risikos.

3.10. Operation

3.10.1. Operationsdauer

Beim Vergleich der Operationsdauer fiel auf, dass die Gruppen, die MAT-Blut erhielten, also Gruppe II, IV, VI und VIII, eine signifikant ($p < 0,05$) längere Operationszeiten aufwiesen als die anderen Gruppen.



Grafik 28 – Mittelwert und STAB der jeweiligen Operationsdauer pro Gruppe.

3.10.2. Narkose

Insgesamt wurde bei den 241 untersuchten Patienten 196 (81,3 %) Patienten in Intubationsnarkose und 45 (18,7 %) mit Periduralanästhesie operiert.

Wie aus der Tabelle 7 hervorgeht, sind die Gruppen I-VII im Bezug auf die Art des angewendeten Anästhesieverfahrens miteinander vergleichbar. Dass die Gruppe VIII zu 100 % in Intubationsnarkose operiert wurde, ist sicher zufällig und damit auch durch die kleine Gruppengröße bedingt.

Gruppe	ITN	PDA
I	44 80 %	11 20 %
II	48 78,7%	13 21,3%
III	16 76,2%	5 23,8%
IV	10 90,9%	1 9,1%
V	34 87,2%	5 12,8%
VI	21 77,8%	6 22,2%
VII	19 82,6%	4 17,4%
VIII	4 100%	0 0%

Tabelle 7 - angewandtes Narkoseverfahren pro Gruppe.

3.10.3. Postoperative Komplikationen

Unter den postoperativ aufgetretenen Komplikationen kam es am häufigsten zu Hämatomen (10%) und Seromen (2%). Bei den 241 untersuchten Patienten kam es nie postoperativ zu Thrombosen oder Embolien. In der Gruppe VI, in der die Patienten PEBS-Blut und PORT-Blut erhielten, kam es am häufigsten zum Auftreten postoperativer Komplikationen.

	Gruppengröße	Hämatom	Serom	Thrombose	Embolie
Gruppe I	55	4 7%	0 0%	0 0%	0 0%
Gruppe II	61	9 15%	1 2%	0 0%	0 0%
Gruppe III	21	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%
Gruppe IV	11	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%
Gruppe V	39	4 10%	1 3%	0 0%	0 0%
Gruppe VI	27	6 22%	3 11%	0 0%	0 0%
Gruppe VII	23	2 9%	0 0%	0 0%	0 0%
Gruppe VIII	4	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%
Summe	241	25 10%	5 2%	0 0%	0 0%

Tabelle 8 - postoperative Komplikationen

3.10.4. Schaftvariante

Wie aus Tabelle 9 hervorgeht, sind die Gruppen im Bezug auf die implantierte Schaftvariante nicht miteinander vergleichbar.

Gruppe	zementiert	zementfrei
I	22 40,0%	33 60,0%
II	40 65,6%	21 34,4%
III	12 57,1%	9 42,9%
IV	9 81,8%	2 18,2%
V	6 15,4%	33 84,6%
VI	1 3,7%	26 96,3%
VII	5 21,7%	18 78,3%
VIII	3 75,0%	1 25,0%

Tabelle 9 - Anzahl und Prozentsatz der verwendeten Schaftvarianten in der jeweiligen Gruppe.

3.11. Verworfenene autologe Einheiten

Von 171 präoperativ gespendeten Erythrozytenkonzentraten mussten 66, also 39,1%, verworfen werden. In der Gruppe VII, in der neben der präoperativen Eigenblutspende auch die maschinelle Autotransfusion eingesetzt wurde, musste fast jedes zweite präoperativ gespendete Erythrozytenkonzentrat verworfen werden.

	Gruppengröße	gespendete autologe EK	verworfenene autologe EK	in %
Gruppe I	55	0	0	0
Gruppe II	61	0	0	0
Gruppe III	21	0	0	0
Gruppe IV	11	0	0	0
Gruppe V	39	69	24	34,8
Gruppe VI	27	51	18	35,3
Gruppe VII	23	43	21	48,8
Gruppe VIII	4	8	3	37,5
Summe	241	171	66	
Mittelwert				39,1

Tabelle 10 – verworfene, autologe Erythrozytenkonzentrate.

4. Diskussion

4.1. Die maschinelle Autotransfusion

Huet et al. zeigen in einer Metaanalyse zur Effektivität der MAT bei orthopädischen Operationen, dass durch alleinige Verwendung der MAT die Wahrscheinlichkeit eine allogenen Bluttransfusion zu erhalten, bei 23% liegt. In der Kontrollgruppe, in der keine autologen Transfusionsverfahren angewendet wurden, betrug die Wahrscheinlichkeit eine allogene Bluttransfusion zu erhalten 70% (41). Heddle et al. geben einen, durch die MAT bedingten dreifach niedrigeren Bedarf an allogenen EKs an (0,4 gegenüber 1,2; $p=0,0007$) (40). Kontrovers dazu beschreiben Abilgaard et al. die Effizienz der MAT. Hier konnten nur durchschnittlich 23% des gesamten Blutverlustes (intra- und postoperativ) bei Skolioseoperationen durch die intraoperative Anwendung der MAT ersetzt werden. Von den 43 untersuchten Patienten dieser Studie mussten 36 Patienten mit allogenen EKs transfundiert werden (1). Lehner et al. gaben den durch MAT ersetzten Blutverlust mit 20% an (50). Ähnlich auch in der vorliegenden Studie: durch den alleinigen Einsatz der MAT bei der HTP-Operation konnten nur 22,6% des intra- und postoperativ verlorenen Blutes ersetzt werden. Weiterhin führte die Anwendung der MAT zu keiner signifikanten Reduzierung des Bedarfs an allogenen EKs (Gruppe I 558ml allogenes Blut gegenüber Gruppe II 488ml; $p=0,5373$). Von den 61 Patienten der Gruppe II erhielten 32 Patienten insgesamt 90 allogene Erythrozytenkonzentrate. Da die Patienten der Gruppe II vergleichbar mit den Patienten der Gruppe I im Bezug auf Alter (I: 68,7 gegenüber II: 70,0; $p=0,5308$), präoperatives Blutvolumen (I: 4552ml gegenüber II: 4480ml; $p=0,6173$) und prä- und postoperativen Verlauf der Hb-Konzentration und des Hk-Wertes sind, könnte der hohe Bedarf an allogenen Eks mit dem im Vergleich zur Gruppe I signifikant erhöhtem Blutverlust (I:1737ml gegenüber II:2160ml; $p=0,0053$) und der signifikant längeren Operationsdauer (I:87min gegenüber II:111min; $p<0,0001$) zusammenhängen. Obwohl die MAT bei allen

241 untersuchten Patienten zum Einsatz kam, konnten nur bei 103 Patienten (42.7%) genügend Blut für eine Aufbereitung und Transfusion gesammelt werden.

4.2. Direkte, postoperative Rücktransfusion

Grosvenor et al. untersuchten den Einsatz der PORT bei der einseitigen HTP-Operation. Die Effektivität wurde durch die Reduzierung des Bedarfs an allogenen EKs beschrieben. Die alleinige Anwendung der PORT senkte zum einen den Bedarf an allogenen EKs signifikant ($p < 0,0001$) und zum anderen den perioperativen Blutverlust ($p = 0,002$) (36). Andere Autoren geben die Einsparung an allogem Blut, die durch den Einsatz der PORT erreicht werden kann, mit zwischen 30% und 80% an (9, 12, 20, 27, 58).

Diese Zahlen werden auch durch die vorliegende Studie bestätigt: der alleinige Einsatz der PORT senkte den Bedarf an allogenen Bluttransfusionen im Laufe einer HTP-Operation signifikant (I:1,67 gegenüber III:0,67; $p = 0,0075$) und dies bei vergleichbaren postoperativen Hb-Konzentrationen und Hk-Werten mit der Kontrollgruppe. Zu einer wie durch Grosvenor et al. beschriebenen Reduzierung des Blutverlustes (36) kam es jedoch nicht (I:1737ml gegenüber III:1895ml; $p = 0,2974$).

4.3. Maschinelle Autotransfusion und direkte, postoperative Rücktransfusion

Die Kombination der MAT mit der PORT senkte den Bedarf an allogenen EKs nicht signifikant (I:1,67 gegenüber IV:1,18; $p = 0,3284$). Dies mag an dem signifikant höheren Blutverlust (I:1737ml gegenüber IV:2606ml; $p = 0,0005$) und der längeren Operationszeit (I:87min gegenüber IV:115min; $p = 0,0085$) der Gruppe IV im Vergleich zur Gruppe I gelegen haben, denn im Bezug auf das

Alter (I:68,7 gegenüber IV:66,4;p=0,5177), prä- und postoperativen Verläufen der erhobenen Laborparameter und präoperativen Blutvolumen (I:4551ml gegenüber IV:4940ml; p=0,1462) gab es zwischen den beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede.

4.4. Die präoperative Eigenblutspende

Borghi et al. (1997) untersuchten 1785 orthopädische Patienten, die sich entweder einem hüft- oder knieendoprothetischen Eingriff unterzogen und davor zwei bis drei Einheiten Eigenblut spendeten. Von diesen 1785 Patienten erhielten nur 131 (7,3%) allogenes Blut (11). Feagan et al. geben die allogene Transfusionswahrscheinlichkeit bei einer HTP-Operation für Eigenblutpatienten mit 7,4% an (23). Dem gleichen die Ergebnisse der vorliegenden Studie: die präoperative Eigenblutspende senkte den Bedarf allogener EKs bei der HTP-Implantation signifikant (I:1,67 gegenüber V:0,13; p<0,0001). Von den 39 Patienten der Gruppe V erhielten 3 Patienten insgesamt 5 allogene Erythrozytenkonzentrate. Hier betrug die Wahrscheinlichkeit ein allogenes Erythrozytenkonzentrat zu erhalten 7,7 %. Mitverantwortlich für diese, im Vergleich zu den anderen Verfahren, dramatische Reduktion des allogenen Blutbedarfs, könnte sicherlich auch das jüngere Alter (keine PEBS:68,7 gegenüber PEBS:56,3; p<0,0001) und die weniger häufig auftretenden Nebendiagnosen (siehe Tabelle 12) der Eigenblutpatienten sein.

Gruppe	art. Hypertonus	KHK	Thrombose	Gerinnungsstörung	Leberinsuffizienz	Niereninsuffizienz
Keine PEBS	30 32,3%	4 4,3%	3 3,2%	0 0%	0 0%	0 0%
PEBS	94 63,5%	19 12,8%	9 6,1%	2 1,4%	1 0,7%	4 2,7%

Tabelle 11 - Nebendiagnosen

Wie auch von Kanter et al. beschrieben, senkte die PEBS die präoperative Hb-Konzentration und den Hk-Wert (43): so hatten die Eigenblutpatienten eine präoperative Hb-Konzentration von 13,2 g/dl und die Patienten, die kein Eigenblut gespendet hatten, einen präoperativen Wert von 13,9 g/dl ($p < 0,0001$).

Ähnlich war es beim Hämatokritwert: die Patienten, die Eigenblut gespendet hatten, hatten einen präoperativ deutlich erniedrigten Hämatokritwert im Vergleich zu den Patienten, die kein Eigenblut gespendet hatten (PEBS: 38% gegenüber kein PEBS: 40%; $p < 0,0001$).

Bezüglich des präoperativen Hk-Wertes, beziffern Goh et al. bei Eigenblutspendern, die sich einer radikalen Prostatektomie unterzogen, mit 40% gegenüber 42% in der Kontrollgruppe ($p < 0,05$) (31).

Diese relative, präoperative Anämie hatte aber auf den postoperativen Verlauf der Hb-Konzentration und des Hk-Wertes keinen Einfluss. So wurden in den Eigenblutgruppen, trotz präoperativ erniedrigten Laborwerten jeweils ein, zwar nicht signifikant, aber dennoch insgesamt höheres Maximum für die Hämoglobinkonzentration und den Hämatokritwert erreicht. Dies wird so auch von Grosvenor et al. beschrieben (36). Verantwortlich für diese relativ schnellere Erholung der Laborwerte könnte eine durch die PEBS gesteigerte Erythropoese sein, die auch die postoperative Bildung von Erythrozyten optimiert. So beschreiben Levine et al., dass Patienten, die Eigenblut spendeten, sich, trotz der durch die Eigenblutspende präoperativ erniedrigten Hämoglobinkonzentration und des Hämatokritwertes, von dem durch die Operation verursachten Blutverlust in kürzerer Zeit erholten, als die Patienten die präoperativ kein Blut spendeten (51).

Diese gesteigerte Erythropoese wurde auch von Kasper et al. (1997) untersucht. Sie errechneten bei jeweils drei gespendeten Einheiten einen Erythrozytenzuwachs von 351 (± 143) ml (44). Andere Autoren ließen bis zu 4

Einheiten präoperativ spenden und beschreiben eine Steigerung der Erythrozytenproduktion bis zu 600 ml (29, 33).

In der vorliegenden Studie betrug der errechnete Erythrozytenzuwachs bei zwei gespendeten Einheiten durchschnittlich 167ml (STAB 96ml). Diese unterschiedliche Menge hängt wahrscheinlich von Faktoren wie der Menge an präoperativ gespendeten EKs, dem Zeitintervall zwischen erster Spende und Operation, dem Patientenalter und Geschlecht zusammen.

Ein oft genannter Nachteil der PEBS ist die Überversorgung mit Bluttransfusionen.

So zeigten Forgie et al (1996) in einer Metaanalyse, dass Patienten die Eigenblut spenden, eher Blut postoperativ erhalten als Patienten, die kein Eigenblut gespendet hatten (26). Kanter et al (1996) stellten fest, dass Patienten, die zuvor Eigenblut gespendet hatten, das höchste Risiko hatten, eine Transfusion zu erhalten. Eigenblutspenderinnen, die sich einer elektiven abdominalen/vaginalen Hysterektomie unterzogen, erhielten häufiger eine Transfusion (25/140) als Patientinnen, die sich dem gleichen Eingriff unterzogen und im Vorfeld kein Eigenblut gespendet hatten (1/123) (43).

Dem widersprechen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit: Patienten der Gruppe V erhielten, bei vergleichbarem Blutverlust (I:1737ml gegenüber V:1806ml;p=0,5999) sogar geringfügig weniger Transfusionen als Patienten der Gruppe I (I:552ml gegenüber V:422ml;p=0,1635).

Ein weiterer Nachteil in der Anwendung der PEBS bei der HTP-Operation liegt in dem hohen Anteil an postoperativ nicht transfundierten, verworfenen Einheiten. Politis und Richardson untersuchten die autologen Transfusionspraktiken in Europa und geben an, dass von 670 339 gesammelten autologen Einheiten in Europa im Jahre 1997, 123 446 Einheiten verworfen wurden. Dies entspricht 18,5%. In Italien, wo 8,9% aller gespendeten Einheiten autologe Einheiten sind, wurden 35,4 % der gespendeten, autologen Einheiten verworfen (60). Renner et al. geben den Prozentsatz an verworfenen, autologen EKs mit 40% an (62).

Ähnliche Ergebnisse erzielte auch die vorliegende Arbeit: in den Eigenblutgruppen wurden von 171 gespendeten autologen EKs 66 EKs verworfen (39%).

4.5. Maschinelle Autotransfusion und präoperative Eigenblutspende

Bei den Patienten der Gruppe VI kam es zur einer signifikanten Senkung des allogenen Blutbedarfs (I:552 gegenüber VI:24ml; $p < 0,0001$). Für diese Senkung des allogenen Blutbedarfs ist aber sicher die Eigenblutspende im höheren Maße verantwortlich als die maschinelle Autotransfusion. Vergleicht man die Mittelwerte des insgesamt transfundierten Blutes der Gruppen V und VI miteinander, wird deutlich, dass durch den kombinierten Einsatz der MAT und der PEBS der Bedarf an allogenen Blut nur geringfügig weiter gesenkt werden konnte (V:43 ml gegenüber VI:24ml; $p = 0,6222$), die Menge an insgesamt retransfundiertem Blut aber deutlich anstieg (V:422ml gegenüber VI:748ml; $p < 0,0001$).

4.6. Direkte, postoperative Rücktransfusion und präoperative Eigenblutspende

Der kombinierte Einsatz der PORT und der PEBS senkte den Bedarf an allogenen EKs signifikant (I:552ml gegenüber VII:14ml; $p < 0,0001$). Der Bedarf an präoperativ gespendeten EKs wurde ebenfalls leicht gesenkt (V:380ml gegenüber VII:317ml; $p = 0,4494$). Dies erhöhte jedoch die Anzahl der autologen Einheiten, die nicht transfundiert wurden und verworfen werden mussten (V:34,8% gegenüber VII:48,8%).

4.7. MAT, PORT und PEBS

Bei den Patienten der Gruppe VIII (MAT, PORT und PEBS) musste kein allogenes Blut retransfundiert werden. Hierbei zu beachten ist aber, dass auf Grund der kleinen Größe dieser Gruppe (n=4) wohl keine statistisch aussagekräftigen Rückschlüsse gezogen werden können.

4.8. Schlussfolgerung

Die PEBS reduziert den Bedarf an allogenen EKs bei der HTP-Operation am signifikantesten. Die durch die PEBS verursachte präoperative Anämie hat auf den postoperativen Verlauf der Hb-Konz. und des Hk-Wertes keinen Einfluss. Die MAT konnte den Bedarf an allogenen Blut nicht signifikant reduzieren und sollte deshalb nicht mehr generell bei jeder HTP-Operation eingesetzt werden. Ihr Einsatz sollte sich eher Risikopatienten oder auf Operationen mit höherem zu erwartenden Blutverlust, wie die Revision einer HTP oder Skolioseoperationen beschränken. Die PORT senkte den Bedarf an allogenen Bluttransfusionen signifikant.

5. Zusammenfassung

In erster Linie sollte der Blutverlust bei Operationen so gering wie möglich gehalten werden. Wenn Blut transfundiert werden muss, ist autologes Blut zu favorisieren. Die präoperative Eigenblutspende senkt zwar die perioperative Hämoglobinkonzentration und den Hämatokritwert, die postoperativen Verläufe dieser Laborparameter sind aber in allen Gruppen vergleichbar. Alle drei untersuchten autologen Transfusionsverfahren senken den Bedarf an allogenen Bluttransfusionen.

PEBS

Von allen untersuchten Transfusionsverfahren senkt die präoperative Eigenblutspende den Bedarf an allogenen Blut am effizientesten. Die Patienten, die Eigenblut spendeten, waren im Durchschnitt wesentlich jünger und hatten weniger Nebendiagnosen als die Patienten, die kein Eigenblut spendeten. Diese Faktoren verhalten sich aber umgekehrt proportional zum Risiko, eine allogene Bluttransfusion zu erhalten, d.h. die jüngsten Patienten, die die wenigsten Begleiterkrankungen haben und damit von sich aus das geringste Risiko einer allogenen Transfusion haben, sind diejenigen die am ehesten präoperativ Eigenblut spenden. Eigenblutpatienten erhalten im Durchschnitt mehr Blut als Patienten, die kein Eigenblut gespendet hatten. Daher kann es möglich sein, dass die Teilnahme an einer Eigenblutspende, gerade für jüngere Patienten, die ein geringes Risiko einer allogenen Transfusion haben, mehr Risiken als Vorteile mit sich bringt. Eine genaue Indikationsstellung und Risikoabwägung für jeden Patienten ist hier empfehlenswert.

MAT

Die maschinelle Autotransfusion senkt den Bedarf an allogenen Bluttransfusionen nicht signifikant. Sie ist ein aufwendiges und teures Verfahren und sollte deswegen nicht grundsätzlich bei jedem Eingriff mit totalem Hüftgelenkersatz erfolgen. Wünschenswert wäre beim Einsatz der maschinellen Autotransfusion eine genauere Indikationsstellung, in die das Patientenalter, das präoperative Blutvolumen, die Hämoglobinkonzentration und der Hämatokritwert mit einfließen.

PORT

Die direkte, postoperative Rücktransfusion von Drainageblut ist eine einfache und effektive Möglichkeit, ansonsten verloren gehendes autologes Blut dem Patienten wieder zurückgeben zu können. Trotz der hohen Belastung an aktivierten Komponenten des Immunsystems und an aktivierten koagulatorischen und fibrinolytischen Gerinnungsfaktoren scheint die Komplikationsrate der direkten, postoperativen Rücktransfusion gering. Leider fehlen hierzu noch große, kontrollierte Studien, die die Komplikationsrate genauer angeben könnten. Deswegen sollte das gesammelte PORT-Blut nur im Wachzimmer unter Aufsicht retransfundiert werden, dabei sollten die angegebene Maximalsammelzeit von sechs Stunden und die Maximalsammelmenge von 1000 ml nicht überschritten werden.

Literaturverzeichnis

- (1) Abildgaard L; Aaro S; Lisander B. (2001)
Limited effectiveness of intraoperative autotransfusion in major back surgery.
Eur J Anaesthesiol;18(12):823-828
- (2) Alvarez FE; Rogge KJ; Tarrand J; Lichtiger B. (1995)
Bacterial contamination of cellular blood components. A retrospective review at a large cancer center.
Ann Clin Lab Sci;25(4):283-290
- (3) Arnestad JP, Bengtsson A, Bengtson JP, Johansson S, Redl H, Schlag G. (1995)
Release of cytokines, polymorphonuclear elastase and terminal C5b-9 complement complex by infusion of wound drainage blood.
Acta Orthop Scand 66: 334–338
- (4) Arnold JP, Haeger M, Bengtson JP, Bengtsson A, Lisander B. (1995)
Release of inflammatory mediators in association with collection of wound drainage blood during orthopedic surgery.
Anaesth Intensive Care 23: 683–686
- (5) Avall A, Hyllner M, Bengtson JP, Carlsson L, Bengtsson A. (1997)
Postoperative inflammatory response after autologous and allogeneic blood transfusion.
Anesthesiology 87(3):511-516.
- (6) Bengtson JP, Backman L, Stenqvist O, Heideman M, Bengtsson A. (1990)
Complement activation and reinfusion of wound drainage shed blood after total joint arthroplasty.
Clin Orthop 286:15-17
- (7) Biedler A, Wilhelm W. (2001)
Erythrocyte quality following mechanical autotransfusion with collected wound drainage blood.
Anaesthesist 50 Suppl 1:S24-29.
- (8) Birkmeyer JD, Goodnough LT, AuBuchon JP. (1993)
The cost-effectiveness of preoperative autologous blood donation for total hip and knee replacement.
Transfusion; 33:544-551.

- (9) Blevins FT; Shaw B; Valeri CR; Kasser J; Hall J. (1993)
Reinfusion of shed blood after orthopaedic procedures in children and adolescents.
J. Bone and Joint Surg.; 75-A:363-371.
- (10) Blumberg N, Heal JM. (1989)
Transfusion and recipient immune function.
Arch. Pathol.and Lab.; 113:246-253.
- (11) Borghi B, Pignotti E, Montebugnoli M, Bassi A, Corbascio M, de Simone N, Elmar K, Righi U, Laguardia AM, Bugamelli S, Cataldi F, Ranocchi R, Feoli MA, Bombardini T, Gargioni G, Franchini AG, Caroli GC. (1997)
Autotransfusion in major orthopaedic surgery: experience with 1785 patients.
Br J Anaesth;79(5):662-664.
- (12) Breakwell LM, Getty CJ, Dobson P. (2000)
The efficacy of autologous blood transfusion in bilateral total knee. Arthroplasty; 7(3):145-147.
- (13) Brecher ME, Monk T, Goodnough LT. (1997)
A standardized method for calculating blood loss.
Transfusion; 37:1070-1074.
- (14) Centers for Disease Control: Mortality attributable to HIV infection/AIDS — United States, 1981-1990. (1991)
J. Am. Med. Assn; 265:848-849.
- (15) Chaplin HJ, Mollison PL, Vetter H.(1953)
The body venous hematocrit ratio: its constancy over a wide hematocrit range.
J Clin Invest; 32:1309-1316.
- (16) D'Ambra MN, Risk SC. (1990)
Aprotinin, erythropoietin, and blood substitutes.
Internat. Anesthesiol. Clin, 28: 237-240.
- (17) Dinse H, Deutsch H. (1996)
Sepsis following autologous blood transfusion.
Anaesthesist;45(5):460-3.
- (18) Duncan SE, Edwards WH, Dale WA. (1974)
Caution regarding autotransfusion.
Surgery; 76:1024-1030.
- (19) Dyer RH. (1966)
Intra-operative autotransfusion. A preliminary report and a new method.
Am J Surg; 112, 874.

- (20) Evans RL, Rubash HE, Albrecht SA. (1993)
The efficacy of postoperative autotransfusion on total joint arthroplasty.
Orthop Nurs; 12:11-18.
- (21) Faris PM, Ritter MA, Abels RI. (1996).
The effects of recombinant human erythropoietin on perioperative
transfusion requirements in patients having a major orthopaedic
operation. The American Erythropoietin Study Group.
J Bone Joint Surg Am;78(1):62-72.
- (22) Faris PM, Ritter MA, Keating EM, Valeri CR. (1991)
Unwashed filtered shed blood collected after knee and hip arthroplasties.
A source of autologous red blood cells.
J Bone Joint Surg Am; 73(8):1169-78.
- (23) Feagan BG, Wong CJ, Lau CY, Wheeler SL, Sue-A-Quan G, Kirkley A.
(2001)
Transfusion practice in elective orthopaedic surgery.
Transuf Med;11:81-95.
- (24) Fernandez LA, MacSween JM, You CK, Gorelick M. (1992)
Immunologic changes after blood transfusion in patients undergoing
vascular surgery.
Am. J. Surg.; 163:263-269.
- (25) Fernandez MC, Gottlieb M, Menitove JE. (1992)
Blood transfusion and postoperative infection in orthopedic patients.
Transfusion; 32:318-322.
- (26) Forgie MA, Wells PS, Laupacis A, Fergusson D. (1998)
Preoperative autologous donation decreases allogeneic transfusion but
increases exposure to all red blood cell transfusion: results of a meta-
analysis. International Study of Perioperative Transfusion (ISPOT)
Investigators.
Arch Intern Med 23;158(6):610-616.
- (27) Gannon DM, Lombardi AV, Mallory TH, Vaughn BK, Finney CR, Niemcryk
S. (1991)
An evaluation of the efficacy of postoperative blood salvage after total
joint arthroplasty. A prospective randomized trial.
J Arthroplasty; 6(2):109-14.
- (28) Geiger P, Platow K, Bartl A, Völk C, Junker K, Mehrkens HH. (1998)
New developments in autologous transfusion systems.
Anaesthesia; 53S2: 32-35.

- (29) Gesemann M, Gentner PR, Scheiermann N. (1999)
Association of erythropoiesis during autologous blood donation with initial hemoglobin concentration and length of donation period infusionsther
Transfusionmed; 26(6):353-359.
- (30) Giangrande PL. (2000).
The history of blood transfusion.
Br J Haematol;110(4):758-767.
- (31) Goh M, Kleer CG, Kielczewski P, Wojno KJ, Kim K, Oesterling JE. (1997)
Autologous blood donation prior to anatomical radical retropubic prostatectomy: Is it necessary?
Urology; 49:569-573.
- (32) Goodnough LT, Marcus RE. (1998)
Erythropoiesis in patients stimulated with erythropoietin: the relevance of storage iron.
Vox Sang; 75(2) p128-133.
- (33) Goodnough LT, Mercuriali F. (1998)
Compensatory eythropoiesis during routine autologous blood donation.
Transfusion; 38(6):613-615 .
- (34) Goodnough LT, Price TH, Rudnick S, Soegiarso RW. (1992)
Preoperative red cell production in patients undergoing aggressive autologous blood phlebotomy with and without erythropoietin therapy.
Transfusion; 23:441-445.
- (35) Goodnough LT. (1993)
Erythropoietin – does it increase the efficiency of autologous blood donation?
Beitr Infusionsther; 29:240-250.
- (36) Grosvenor D, Goyal V, Goodman S. (2000)
Efficiency of postoperative blood salvage following total hip arthroplasty in patients with and without deposited autologous blood units.
J Bone Joint Surg;82-A(7):951-954.
- (37) Hansen E, Knuechel R, Altmepfen J, Taeger K. (1999)
Blood irradiation for intraoperative autotransfusion in cancer surgery: demonstration of efficient elimination of contaminating tumor cells.
Transfusion; 39:608-615.
- (38) Healy WL, Pfeifer BA, Kurtz SR, Johnson C, Johnson W, Johnston R, Sanders D, Karpman R, Hallack GN, Valeri CR. (1994)
Evaluation of autologous shed blood for autotransfusion after orthopaedic surgery.
Clin Orthop; 299:53-59.

- (39) Healy WL, Wasilewski SA, Pfeifer BA, Kurtz SR, Hallack GN, Valerio M, Valeri R. (1993)
Methylmethacrylate monomer and fat content in shed blood after total joint arthroplasty.
Clin Orthop; 286: 15–17.
- (40) Heddle NM, Brox WT, Klama LN, Dickson LL, Levine MN. (1992)
A randomized trial on the efficacy of an autologous blood drainage and transfusion device in patients undergoing elective knee arthroplasty.
Transfusion ;32(8):742-746.
- (41) Huet C, Salmi LR, Fergusson D, Koopman-van Gemert AWM, Rubens F, Laupacis A. (1999)
A meta-analysis of the effectiveness of cell salvage to minimize perioperative allogeneic blood transfusion in cardiac and orthopedic surgery.
Anaesth Analg; 89:861-869.
- (42) Johnson RG, Murphy JM. (1990)
The role of desmopressin in reducing blood loss during lumbar fusions.
Surg., Gynec. And Obstet., 171: 223-226.
- (43) Kanter MH, van Maanen D, Anders KH, Castro F, Mya WW, Clark K. (1996)
Preoperative autologous blood donations before elective hysterectomy.
JAMA; 11;276(10):798-801.
- (44) Kasper SM, Gerlich W, Buzello W. (1997)
Preoperative red cell production in patients undergoing weekly autologous blood donation.
Transfusion ;37(10):1058-62.
- (45) Kasper SM, Lazansky H, Stark C, Klimek M, Laubinger R, Borner U. (1998)
Efficacy of oral iron supplementation is not enhanced by additional intravenous iron during autologous blood donation.
Transfusion; 38(8):764-770.
- (46) Kent P, Ashley S, Thorley PF, Shaw A, Parkin A, Kester RC. (1991)
24-hour survival of autotransfused red cells in elective aortic surgery: a comparison of two intraoperative autotransfusion systems.
Br J Surg; 78: 1473-1475.
- (47) Klein HG. (1995)
Allogeneic Transfusion Risks in the Surgical Patient.
Am J Surg; 170:21-26.

- (48) Kristiansson M, Soop M, Saraste L, Sundqvist KG, Suontaka AM, Blombäck M. (1995)
Cytokine and coagulation characteristics of retrieved blood after arthroplasty.
Intensive Care Med; 21: 989–995.
- (49) Lee SJ, Liljas B, Churchill WH, Popovsky MA, Stowell CP, Cannon ME, Johannesson M. (1998)
Perceptions and preferences of autologous blood donors.
Transfusion; 38(8):757-763.
- (50) Lehner JT, Van Peteghem PK, Leatherman KD, Brink MA. (1981)
Experience with an intraoperative autogenous blood recovery system in scoliosis and spinal surgery.
Spine;6(2):131-133.
- (51) Levine E, Rosen A, Seghal L, Gould S, Moss G. (1990)
Accelerated erythropoiesis: the hidden benefit of autologous donation.
Transfusion; 40: 269-297.
- (52) Linden JV, Paul B, Dressler KP. (1992)
A report of 104 transfusion errors in New York State.
Transfusion; 32:601-606.
- (53) Linden JV, Wagner K, Voytovich AE, Sheehan J. (2000)
Transfusion errors in New York State: an analysis of 10 years' experience.
Transfusion; 40(10):1207-1213.
- (54) Mezrow CK, Bergstein I, Tartter PI. (1992)
Postoperative infections following autologous and homologous blood transfusions.
Transfusion; 32:27-30.
- (55) Nadler SB, Hidalgo JU, Bloch T. (1962)
Prediction of blood volume in normal human adults.
Surgery;51: 224.
- (56) Nelson CL, Bowen WS. (1986)
Total hip arthroplasty in Jehovah's Witnesses without blood transfusion.
J Bone and Joint Surg.;68-A: 350-353.
- (57) Nelson CL, Frontenot HJ (1995)
Ten strategies to reduce blood loss in orthopedic surgery.
Am J Surg; 170: 64-68.
- (58) Pertl D, Kaltenecker G. (2001)
Minimizing allogeneic blood transfusion in knee prosthesis implantation.
Unfallchirurg;104(9):808-812.

- (59) Perttilä J, Leino L, Pöyhönen M, Salo M. (1995)
Leucocyte content in blood processed by autotransfusion devices during open-heart surgery.
Acta Anaesthesiol Scand; 39: 445-448.
- (60) Politis C, Richardson C. (2001).
Autologous blood donation and transfusion in Europe.
Vox Sang; 81(2):119-123.
- (61) Popovsky MA, Whitaker B, Arnold NL. (1995)
Severe outcomes of allogeneic and autologous blood donation: frequency and characterization.
Transfusion; 35(9):734-737.
- (62) Renner SW, Howanitz PJ, Bachner P. (1992)
Preoperative autologous blood donation in 612 hospitals. A College of American Pathologists' Q-probes study of quality issues in transfusion practice.
Arch Pathol and Lab Med; 116: 613-619.
- (63) Richards C, Kolins J, Trindade CD. (1992)
Autologous transfusion-transmitted Yersinia enterocoloca.
JAMA; 268:1541-1542.
- (64) Richtlinien zur Gewinnung von Blut und Blutbestandteilen und zur Anwendung von Blutprodukten (Hämotherapie) vom Juli 2000.
- (65) Rosencher N, Kerckamp HEM, Macheras G, Munuera LM, Menichella G, Barton DM, Cremers S, Abraham IL. (2003)
Orthopedic Surgery Transfusion Hemoglobin European Overview (OSTHEO) study: blood management in elective knee and hip athroplasty in europe.
Transfusion; 43:459-469.
- (66) Semkiw LB , Schurman DJ, Goodman SB, Woolson ST. (1989)
Postoperative blood salvage using the Cell Saver after total joint arthroplasty.
J Bone Joint Surg;71-A: 823-827.
- (67) Southern EP, Huo MH, Mehta JR, Keggi KJ. (1995)
Unwashed wound drainage blood. What are we giving our patients?
Clin Orthop; 320: 235-246.
- (68) Sugai Y, Sugai K, Fuse A. (2001)
Current status of bacterial contamination of autologous blood for transfusion.
Transfus Apheresis Sci; 24(3):255-259.

- (69) Wiegand-Löhner C, Reinhart K. (1988)
Zum Einfluss der intraoperativen Autotransfusion auf die
Sauerstoffaffinität der Erythrozyten.
Anaesthesist; 37: 30-35.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich **Herrn Professor Dr. med. N. Wülker** danken, der mir das Thema dieser Arbeit überlassen hat und mir zu jeder Zeit mit wertvollem Rat zur Seite stand.

Herrn Dr. P. Reize danke ich für die ausgezeichnete Betreuung und engagierte Unterstützung bei der Durchführung der Studie.

Herrn Prof. Dr. K. Dietz vom Institut für Medizinische Biometrie danke ich für die gewissenhafte Auswertung der Patientendaten.

Des weiteren möchte ich den Mitarbeitern der Orthopädischen Klinik der Universität Tübingen für die hilfsbereite Zusammenarbeit danken. Einen Dank an alle Kommilitonen für den Austausch von Erfahrungen und Anregungen.

Schließlich gilt mein Dank meinen Eltern und meiner Freundin Sandra Haid, die mich in jeglicher Hinsicht unterstützten und die Korrekturlesung meiner Arbeit bereitwillig übernahmen.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Geburtsdatum	28.08.1976
Geburtsort	Hechingen
Eltern und Geschwister	Dr. Lothar Endele, geb. 21.04.1937, Karin Endele, geb. 21.02.1945 Thomas Endele, geb. 12.06.1973 Roman Endele, geb. 05.12.1979

Ausbildungsdaten

1983-1987	Grundschule Hechingen-Stetten
1987-1997	Gymnasium Hechingen
1993-1994	Highschool-Jahr in Dayton, Ohio, USA durch ein Stipendium des amerikanischen Kongresses und des deutschen Bundestages
1997-98	Zivildienst in der individuellen Schwerstbehindertenbetreuung (ISB) der Körperbehinderten-förderung Neckar-Alb (Kbf)
WS 1998/99	Beginn des Studiums der Humanmedizin an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen
31.08.2000	Ärztliche Vorprüfung
28.08.2001	Erstes Staatsexamen
29.03.2004	Zweites Staatsexamen
25.05.2005	Drittes Staatsexamen