

Anaesthesiologie 2023 · 72:13–20
<https://doi.org/10.1007/s00101-022-01211-x>
 Eingegangen: 4. März 2022
 Überarbeitet: 9. August 2022
 Angenommen: 6. September 2022
 Online publiziert: 15. November 2022
 © Der/die Autor(en) 2022



Die Kosten der präoperativen Anämie bei Hüftgelenk-revisionsoperationen

Gerald Vorderwülbecke¹ · Claudia Spies¹ · Christian von Heymann^{1,2} · Jochen Kruppa⁴ · Daniel Fürstenau^{3,5} · Lutz Kaufner¹ · Sven Werner⁶ · Moritz Höft¹ · Felix Balzer^{1,5}

¹ Klinik für Anästhesiologie mit Schwerpunkt operative Intensivmedizin, Charité – Universitätsmedizin Berlin (corporate member of Freie Universität Berlin, Humboldt-Universität zu Berlin, and Berlin Institute of Health), Berlin, Deutschland; ² Klinik für Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, Vivantes Klinikum im Friedrichshain, Berlin, Deutschland; ³ Department of Digitalization, Copenhagen Business School, Copenhagen, Dänemark; ⁴ Institut für Biometrie und Klinische Epidemiologie, Charité – Universitätsmedizin Berlin (corporate member of Freie Universität Berlin, Humboldt-Universität zu Berlin, and Berlin Institute of Health), Berlin, Deutschland; ⁵ Institut für Medizinische Informatik, Charité – Universitätsmedizin Berlin (corporate member of Freie Universität Berlin, Humboldt-Universität zu Berlin, and Berlin Institute of Health), Campus Charité Mitte, Berlin, Deutschland; ⁶ Geschäftsbereich Unternehmenscontrolling – Klinikcontrolling, Charité – Universitätsmedizin Berlin, Berlin, Deutschland

Zusammenfassung

Hintergrund: Die Anämie hat eine hohe Prävalenz bei Patienten vor Hüftgelenkrevisionsoperation und ist mit einer erhöhten Komplikationsrate assoziiert. Die vorliegende Arbeit untersucht erstmals den Zusammenhang von Kosten, realen DRG-Erlösen und Falldeckung der präoperativen Anämie bei elektiven Hüftgelenkrevisionsoperationen.

Methoden: Für alle Patienten, die sich von 2010 bis 2017 an 2 Campi der Charité – Universitätsmedizin Berlin einer Hüftgelenkrevisionsoperation unterzogen, wurden Daten zu Patienten sowie Transfusionen, Kosten und Erlösen gesammelt. Subgruppen- und lineare Regressionsanalysen untersuchten die Falldeckung anämischer und nichtanämischer Patienten.

Ergebnisse: Von 1187 eingeschlossenen Patienten waren 354 (29,8%) präoperativ anämisch. Insgesamt wurden 565 (47,6%) Patienten, mit einem deutlichen Überwiegen anämischer Patienten (72,6% vs. 37,0%, $p < 0,001$), transfundiert. Kosten (12.318 € [9027;20.044 €] vs. 8948 € [7501;11.339 €], $p < 0,001$) und Erlöse (11.788 € [8992;16.298 €] vs. 9611 € [8332;10.719 €], $p < 0,001$) waren für anämische Patienten höher, die Fallkostendeckung defizitär (–1170 € [–4467;1238 €] vs. 591 € [–1441;2103 €], $p < 0,001$). Bei anämischen Patienten nahm die Falldeckung mit zunehmender Transfusionsrate ab ($p \leq 0,001$). Komorbiditäten hatten keinen signifikanten ökonomischen Einfluss.

Schlussfolgerung: Die präoperative Anämie und perioperative Transfusionen bei Hüftgelenkrevisionsoperationen sind mit erhöhten Behandlungskosten und einer finanziellen Unterdeckung für Kostenträger im Gesundheitswesen verbunden. Konzepte zur Behandlung der präoperativen Anämie (z. B. Patient Blood Management) könnten mittelfristig Behandlungskosten senken.

Schlüsselwörter

Patient Blood Management · Erythrozyten · Transfusion · Erlöse · DRG-System

Zusatzmaterial online

Die Online-Version dieses Beitrags (<https://doi.org/10.1007/s00101-022-01211-x>) enthält weitere Tabellen und eine Abbildung.



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Hinführung zum Thema

Der Maßnahmenkatalog „Patient Blood Management“ zum individuellen Ausgleich einer präoperativen Anämie wird in immer mehr Kliniken etabliert. Dennoch

wird häufig noch die allogene Transfusion von Erythrozytenkonzentraten (EK) als schnellverfügbare Therapie der akuten und chronischen Anämie genutzt [17]. Während die medizinischen Komplikationen von Anämie und Transfusion gut

erforscht sind, fehlen Daten zu finanziellen Aspekten von Anämie und Transfusion in der perioperativen Medizin. Die folgende Arbeit analysiert anhand von Behandlungskosten, DRG-Erlösen und den resultierenden Falldeckungen den ökonomischen Einfluss von präoperativer Anämie und EK-Transfusion.

Einleitung

Die Anämie ist insbesondere im höheren Lebensalter eine der Erkrankungen mit der höchsten Prävalenz in den industrialisierten Ländern. Gleichzeitig weisen Hüftgelenkersatzoperationen in den letzten Jahren eine deutliche Zunahme auf [26]. Dies hat zur Folge, dass auch die Zahl der Hüftgelenkrevisionsoperationen (HGRO) weiter zunimmt [13]. Dabei weisen Patienten, die sich einer HGRO unterziehen müssen, neben mehr Komorbiditäten insbesondere eine höhere Anämierate auf [11]. Die präoperative Anämie ist bei diesen Patienten mit einem erhöhten perioperativen Komplikations- und Sterberisiko [5], einem verlängerten Krankenhausaufenthalt [15, 16] und einer höheren EK-Transfusions-Rate [25] assoziiert.

Während die medizinischen Komplikationen einer präoperativen Anämie gut untersucht sind [11, 15, 16, 24], liegen für die Kosten, die eine Anämie vor elektiven Operationen verursacht, bislang wenige, v. a. US-amerikanische, Berechnungen vor. Diese belegen konsistent eine Erhöhung der stationären Behandlungskosten gegenüber nichtanämischen Patienten [8, 10, 20]. Demgegenüber wurden für ein australisches Krankenhaus höhere Nettoerlöse durch PBM vor kolorektaler Chirurgie nachgewiesen [21]. Für Deutschland sind bisher Berechnungen der Kosten der präoperativen Anämie hinsichtlich einer Transfusion im Rahmen der Implementierung eines „Patient-Blood-Management“(PBM)-Konzepts auf krankenhauses- bzw. gesellschaftlicher Ebene publiziert worden [6, 12]. Detaillierte Berechnungen, die die Kosten der präoperativen Anämie den realen DRG-Erlösen gegenüberstellen, existieren nach Wissen der Autoren derzeit für den deutschen Krankenhausesektor nicht.

Der Gegenstand der vorliegenden Untersuchung ist daher die Analyse von stationären Behandlungskosten, DRG-Erlösen

und der resultierenden Falldeckung von präoperativ anämischen Patienten, die sich einer HGRO unterzogen.

Methoden

Datenquellen

Die vorliegende Arbeit ist eine retrospektive Kohortenstudie aus der Charité – Universitätsmedizin Berlin. Das Votum der Ethikkommission (EA1/343/16) wurde vor Erstellung der Datenbank und statistischer Analyse eingeholt. Aufgrund des Studiendesigns entfiel der Bedarf für eine Patienteneinwilligung. Routinedaten aller Patienten, die sich von 2010 bis einschließlich 2017 an den Campi Charité Campus Mitte und Charité Campus Virchow-Klinikum einer operativen Endoprothesenrevision des Hüftgelenks unterzogen hatten, wurden aus 3 elektronischen Patientendatenmanagementsystemen erhoben (COPRA System GmbH, Sasbachwalden, MEDLINQ Softwaresysteme GmbH, Hamburg, und SAP AG, Walldorf). Der Zeitraum wurde gewählt, um ein ausreichend aussagekräftiges Patientenkollektiv zu generieren und gleichzeitig Änderungen in den Operationsprozeduren möglichst niedrig zu halten.

Für die identifizierten Fälle stellte das Klinikcontrolling Kostendaten zur Verfügung. Dabei handelte es sich bei jedem Patienten um die Kosten des gesamten stationären Behandlungsfalles sowie des auf Grundlage der DRG-Einordnung erwirtschafteten Erlöses. Die Falldeckung errechnete sich als Differenz von Erlös und Kosten.

Studienpopulation

Eingeschlossen wurden alle Patienten, für die im Untersuchungszeitraum einer der OPS-Codes 5-820 (*Implantation einer Endoprothese am Hüftgelenk*) und 5-821 (*Revision, Wechsel und Entfernung einer Endoprothese am Hüftgelenk*) dokumentiert war. Im Falle des Codes 5-820 war auch die ICD-10-Diagnose T84 (*Komplikationen durch orthopädische Endoprothesen, Implantate oder Transplantate*) erforderlich, um Ersteingriffe auszuschließen. Bei wiederholt operierten Patienten wurde nur die erste Revisionsoperation berücksichtigt, um eine Verfälschung der

Ergebnisse durch mehrfachen Einschluss identischer Patienten zu verhindern. Datensätze von Patienten ohne eine präoperative Hämoglobinmessung oder mit unvollständigen Kostendaten wurden ausgeschlossen, ebenso Fälle, in denen die Ursache der Revision weder als mechanisch noch infektiös kategorisiert worden war, um die Unterscheidung zwischen septischer und aseptischer Indikation als möglichem Confounder berücksichtigen zu können.

Definitionen

Anämie

Die binäre Einteilung nach Anämie bei Aufnahme basierte auf dem ersten bei stationärer Aufnahme gemessenen Hämoglobinwert und erfolgte gemäß WHO-Kriterien (Hb < 12 g/dl für Frauen bzw. 13 g/dl für Männer) [4].

Intra- vs. perioperative Transfusion

Die ermittelte Anzahl der pro Patient verabreichten EK basiert auf der Datenbank des Zentrums für Transfusionsmedizin und Zelltherapie der Charité. Um den Einfluss von akutem Blutverlust als Transfusionstrigger zu minimieren, wurde angenommen, dass perioperative, also prä- und/oder postoperativ verabreichte, Transfusionen dem Ausgleich einer chronischen Anämie dienen und intraoperative Transfusionen primär zum Ausgleich eines intraoperativ auftretenden Blutverlusts verabreicht wurden. Da die Indikation zur intraoperativen Transfusion retrospektiv aber nie exakt zwischen präoperativer Anämie und intraoperativem Blutverlust trennen kann, wurde ebenfalls die Berechnung unter Einschluss der intraoperativen Transfusionen durchgeführt (Zusatzmaterial online, Box am Anfang des Artikels). Die Unterscheidung bezüglich des Transfusionszeitpunktes erfolgte anhand der Narkoseprotokolle, welche entweder elektronisch oder in Papierform vorlagen.

Die Transfusion von Blutprodukten außer EK, z. B. Frischplasma oder Thrombozytenkonzentrate, wurde für die Datenbankanalyse und Ergebnisinterpretation nicht berücksichtigt, da diese nicht zur Therapie einer präoperativen Anämie gehören.

Tab. 1 Basischarakteristika aller eingeschlossenen Patienten				
	Alle	Keine Anämie	Anämie	p-Wert
	n = 1187	n = 833	n = 354	
Alter	71,0 [61,0;77,0]	70,0 [60,0;76,0]	74,0 [65,2;79,0]	< 0,001
Weibliches Geschlecht	729 (61,4 %)	543 (65,2 %)	186 (52,5 %)	< 0,001
Hb bei Aufnahme in g/dl	13,3 [12,0;14,2]	13,8 [13,2;14,6]	11,1 [10,0;11,8]	< 0,001
ASA > 2	471 (40,6 %)	260 (32,0 %)	211 (60,6 %)	< 0,001
Mechanische Genese der Hüftkomplikation	831 (70,0 %)	673 (80,8 %)	158 (44,6 %)	< 0,001
Diabetes	205 (17,3 %)	110 (13,2 %)	95 (26,8 %)	< 0,001
Adipositas	144 (12,1 %)	91 (10,9 %)	53 (15,0 %)	0,063
Hypertonus	748 (63,0 %)	492 (59,1 %)	256 (72,3 %)	< 0,001
Herzinsuffizienz	135 (11,4 %)	71 (8,5 %)	64 (18,1 %)	< 0,001
COPD	49 (4,1 %)	28 (3,4 %)	21 (5,9 %)	0,060
CNV	164 (13,8 %)	70 (8,4 %)	94 (26,6 %)	< 0,001
KHK	146 (12,3 %)	90 (10,8 %)	56 (15,8 %)	0,021
Transfusionen, insgesamt	628 (52,9 %)	337 (40,5 %)	291 (82,2 %)	< 0,001
Perioperative Transfusionen	565 (47,6 %)	308 (37,0 %)	257 (72,6 %)	< 0,001
Anzahl intraoperativer EK	0 [0;0]	0 [0;0]	1 [0;2]	< 0,001
Anzahl perioperativer EK	0 [0;2]	0 [0;2]	2 [0;5]	< 0,001
Gesamtzahl der EK	1 [0;3]	0 [0;2]	3 [2;6]	< 0,001

Statistische Analysen

Eine Prüfung des Datensatzes auf Normalverteilung wurde mit dem Shapiro-Wilk-Test vorgenommen. Normal verteilte Ergebnisse werden als Mittelwert \pm Standardabweichung, nicht normal verteilte Ergebnisse als Median und Quartile sowie qualitative Ergebnisse als Häufigkeiten und Prozentanteile dargestellt. Für normal verteilte Größen wurde ein zweiseitiger *t*-Test, für nicht normal verteilte der exakte nonparametrische Kruskal-Wallis-Test zur univariaten Analyse der Unterschiede zwischen den Gruppen genutzt. Das Signifikanzniveau betrug $p < 0,05$.

Mit unterschiedlichen linearen Regressionsmodellen wurde der Zusammenhang zwischen Endpunkten und Basischarakteristika untersucht. Die Modellauswahl erfolgte anhand einer schrittweisen Rückwärtsselektion unter Nutzung des Akaike-Informationskriteriums (AIC).

In einem weiteren Schritt wurde für die abhängigen Variablen Kosten, Erlös und Deckung jeweils ein Regressionsmodell mit den unabhängigen Variablen Anämie bei Aufnahme, Anzahl der perioperativ transfundierten EK und dem Produkt der beiden als Interaktionsterm berechnet, um so ggf. einen Moderatoreffekt zu detektieren. Dieser entsteht, wenn eine

unabhängige Variable, hier also die präoperative Anämie, den Effekt mindestens einer anderen unabhängigen (der Anzahl der transfundierten EK) auf eine abhängige Variable (Kosten, Erlös bzw. Deckung) beeinflusst [23]. Bei einer solchen Berechnung mit Interaktionsterm sind die Zahlenwerte der Haupteffekte nur begrenzt interpretierbar; anhand des *p*-Wertes lässt sich jedoch eine Aussage treffen, ob eine signifikante Interaktion vorliegt.

Um den Effekt der Transfusion unabhängig von der Anzahl der transfundierten Einheiten zu erfassen, wurde im deskriptiven Gruppenvergleich das Vorliegen einer perioperativen Transfusion als binäre Variable behandelt. In die lineare Regression hingegen floss für eine höhere Aussagekraft die genaue Anzahl der perioperativ transfundierten Einheiten an EK ein.

Ergebnisse

Patientencharakteristika

Nach Ausschluss von operativen Prozeduren, die nicht den oben genannten Einschlusskriterien entsprachen, verblieben 1187 vollständig dokumentierte Behandlungsfälle (729 Frauen, 458 Männer). Das mediane Alter bei Aufnahme betrug 71,0 Jahre. Bei 354 (29,8%) der eingeschlossenen Patienten lag zum Zeitpunkt

der Aufnahme eine präoperative Anämie vor. Die Basischarakteristika dieser Kohorte unterschieden sich deutlich von der präoperativ nichtanämischen Gruppe (■ Tab. 1): Der Frauenanteil war höher (und lag dabei in beiden Gruppen bei über der Hälfte), die Patienten waren im Mittel älter, hatten häufiger einen ASA-Score von 3 oder höher und eine infektiöse Genese ihrer HGRO. Ferner wiesen diese Patienten eine höhere Zahl an Komorbiditäten auf.

Mit 565 Patienten (47,6%) wurde fast die Hälfte aller Patienten außerhalb der Operation transfundiert, mit einer höheren Transfusionsrate der präoperativ anämischen Patienten (257 Patienten (72,6%) vs. 308 Patienten (37,0%), $p < 0,001$). Das relative Risiko präoperativ anämischer Patienten, perioperativ eine Bluttransfusion zu erhalten, war annähernd verdoppelt (RR = 1,96; 95%-KI 1,76–2,19; $p < 0,001$).

Outcomes

Pro Fall entstanden Kosten in Höhe von 9475 € [7826;12.858] € (in ■ Abb. 1 mit ① markiert); der Erlös lag bei 9853 € [8514;12.304] € ②, die Falldeckung aller Patienten bei 68 [–2169,88;1926] € ③.

Die Gesamtkosten präoperativ anämischer Patienten waren signifikant höher (im Median 12.318 € [9027;20.044] € ④ vs. 8948 € [7501;11.339] ⑤, $p < 0,001$), ebenso

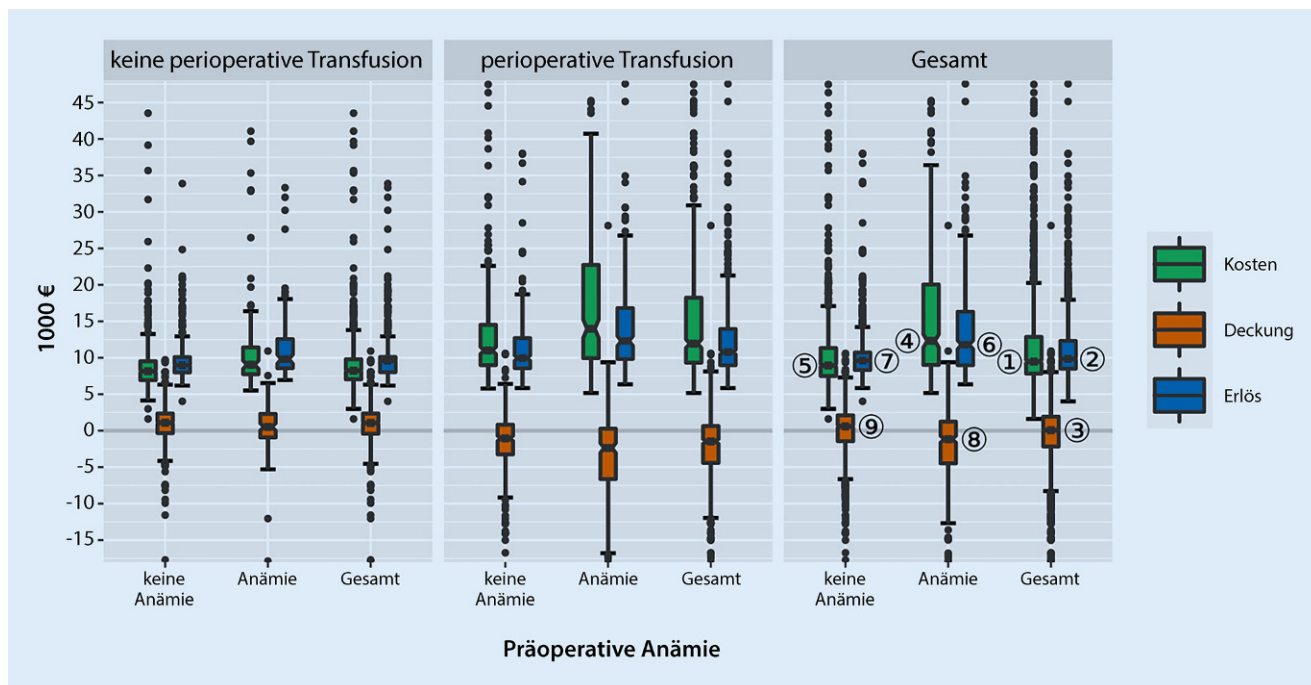


Abb. 1 ▲ Kosten, Deckung und Erlös, abhängig von Anämie- und Transfusionsstatus

der Gesamterlös (11.788 [8992;16.298] € ⑥ vs. 9611 [8332;10.719] € ⑦, $p < 0,001$), die Gesamtdeckung dagegen signifikant niedriger (−1170 [−4467;1238] € ③ vs. 591 [−1441;2103] € ⑨, $p < 0,001$).

Die perioperative Transfusion im Gesamtkollektiv und in den Subgruppen der anämischen bzw. nichtanämischen Patienten (Tab. 2) ging mit signifikant niedrigeren Erlösen, Falldeckungen sowie erhöhten Kosten und verlängerten Liegedauern, bezogen auf den Gesamtaufenthalt und die intensivstationäre Behandlung, einher. Ein vollständiger Gruppenvergleich in Abhängigkeit von der präoperativen Anämie findet sich im Zusatzmaterial online (Box am Anfang des Artikels).

In der linearen Regression war die präoperative Anämie signifikant mit höheren Fallkosten (2382 €; 95 %-KI 750–4013 €; $p = 0,004$), höherem Erlös (1473 €; 95 %-KI 78–2868 €; $p = 0,039$) und einer niedrigeren Falldeckung (−995 €; 95 %-KI −1679–−312 €; $p = 0,004$) verbunden (Tab. 3). Das Vorliegen mindestens einer perioperativen Transfusion war im Median mit einer Erhöhung der Fallkosten um 5242 € (95 %-KI 3796–6688 €; $p < 0,001$) und des Erlöses um 2814 € (95 %-KI 1578–4050 €; $p < 0,001$) verbun-

den; die Falldeckung war mit −2455 € defizitär (95 %-KI −3076–−1833 €; $p < 0,001$).

Neben präoperativer Anämie und perioperativer Transfusion erhöhten eine Infektion der Hüftgelenkprothese als Operationsindikation und das Lebensalter signifikant die Fallkosten und Erlöse, bei negativer Falldeckung (Tab. 3). Komorbiditäten hatten keinen signifikanten Einfluss auf Kosten, Erlöse oder Falldeckung.

Interaktionsanalyse

In Abhängigkeit von der Anzahl der Transfusionen stiegen bei anämischen und nichtanämischen Patienten die mittleren Fallkosten.

Wie in Abb. 2 dargestellt, war hinsichtlich der Fallkosten keine Interaktion von präoperativer Anämie und der Anzahl perioperativ transfundierter EK nachweisbar ($p = 0,868$). Bezüglich des Fallerlöses zeigte sich eine schwache, jedoch nicht signifikante Interaktion ($p = 0,075$): Bei mehr perioperativen EK-Transfusionen stieg der durchschnittliche Erlös bei präoperativ anämischen Patienten in geringerem Ausmaß als bei nichtanämischen an.

Eine signifikante Interaktion schließlich fand sich bei der Falldeckung ($p < 0,001$). Wurden perioperativ keine EK verabreicht, war die Deckung für anämische und nicht-

anämische Patienten beinahe identisch. Mit Zunahme der Zahl an EK-Transfusionen nahm die Unterdeckung, also das Defizit, für anämische Patienten stärker zu als für nichtanämische. Auch dieses Ergebnis ist unter Einbezug intraoperativer Transfusionen reproduzierbar (Daten im Zusatzmaterial online, Box am Anfang des Artikels).

Diskussion

Die Ergebnisse unserer Analyse zeigen zum ersten Mal für das deutsche DRG-System, dass die präoperative Anämie, die eine perioperative EK-Transfusion zur Folge hat, erhöhte Kosten, Erlöse und eine resultierend defizitäre Falldeckung bei Patienten verursacht, die sich einer HGRO unterziehen, wohingegen diese ohne eine perioperative Transfusion kostendeckend ist.

Ein wichtiger Kostentreiber ist dabei die Liegedauer, die bezüglich des Gesamtaufenthalts und der intensivstationären Behandlung bei präoperativer Anämie und perioperativer Transfusion signifikant verlängert war. Dadurch erklärt sich in der Folge die niedrigere Falldeckung. Der mit jedem transfundierten EK steigende Fallerlös wurde dabei nicht durch das Vorliegen einer Anämie beeinflusst.

Tab. 2 Kostendaten und Liegedauern in Abhängigkeit von perioperativer Transfusion				
	Gesamt	Keine perioperative Transfusion	Perioperative Transfusion	p-Wert
<i>Alle Patienten</i>	<i>n = 1187</i>	<i>n = 622</i>	<i>n = 565</i>	–
Kosten [€]	9475 [7826;12.858]	8238 [7043;9797]	11.934 [9332;18.235]	<0,001
Erlös [€]	9853 [8514;12.304]	9572 [8029;10.109]	10.779 [8992;13.939]	<0,001
Deckung [€]	68 [–2170;1926]	1060 [–408;2356]	–1464 [–4407;639]	<0,001
Liegedauer [Tage]	11 [9;15]	10 [9;12]	14 [11;21]	<0,001
ITS-Dauer [Tage]	0 [0;8]	0 [0;0]	5 [0;19]	<0,001
<i>Präoperativ anämische Patienten</i>	<i>n = 354</i>	<i>n = 97</i>	<i>n = 257</i>	–
Kosten [€]	12.318 [9027;20.044]	9049 [7747;11.425]	13.978 [9949;22.734]	<0,001
Erlös [€]	11.788 [8992;16.298]	9816 [8576;12.546]	12.304 [9850;16.796]	<0,001
Deckung [€]	–1170 [–4467;1238]	520 [–922;2295]	–2366 [–6631;283]	<0,001
Liegedauer [Tage]	15 [11;23]	11 [9;14]	16 [12;27]	<0,001
ITS-Dauer [Tage]	4 [0;21]	0 [0;4]	8 [0;29]	<0,001
<i>Präoperativ nichtanämische Patienten</i>	<i>n = 833</i>	<i>n = 525</i>	<i>n = 308</i>	–
Kosten [€]	8948 [7501;11.339]	8152 [6942;9524]	11.005 [8996;14.511]	<0,001
Erlös [€]	9611 [8332;10.719]	8992 [8002;10.093]	9957 [8576;12.700]	<0,001
Deckung [€]	591 [–1441;2103]	1098 [–333;2357]	–1056 [–3242;823]	<0,001
Liegedauer [Tage]	11 [9;14]	10 [9;12]	13 [10;16]	<0,001
ITS-Dauer [Tage]	0 [0;4]	0 [0;0]	3 [0;15]	<0,001

Tab. 3 Lineare Regression der Faktoren, die auf Behandlungskosten, -deckung und -erlös Einfluss haben				
	Schätzwert	2,5 %	97,5 %	p-Wert
<i>Kosten</i>				
(Intercept)	7175 €	6152 €	8197 €	<0,001
ASA > 2	1371 €	–97 €	2839 €	0,067
Anämie bei Aufnahme	2382 €	750 €	4013 €	0,004
Infektion der Hüftgelenkprothese	5452 €	3882 €	7022 €	<0,001
Diabetes	1526 €	–297 €	3348 €	0,101
CNV	1615 €	–392 €	3623 €	0,115
Perioperative Transfusion	5242 €	3796 €	6688 €	<0,001
<i>Erlös</i>				
(Intercept)	8647 €	7775 €	9519 €	<0,001
ASA > 2	1124 €	–106 €	2355 €	0,073
Anämie bei Aufnahme	1473 €	78 €	2868 €	0,039
Infektion der Hüftgelenkprothese	3567 €	2228 €	4907 €	<0,001
Chronisches Nierenversagen	1632 €	–79 €	3343 €	0,061
Perioperative Transfusion	2814 €	1578 €	4050 €	<0,001
<i>Deckung</i>				
(Intercept)	3700 €	2061 €	5339 €	<0,001
Alter	–37 €	–61 €	–12 €	0,003
Anämie bei Aufnahme	–995 €	–1679 €	–312 €	0,004
Infektion der Hüftgelenkprothese	–1924 €	–2597 €	–1251 €	<0,001
Diabetes	–607 €	–1377 €	164 €	0,123
Herzinsuffizienz	770 €	–154 €	1693 €	0,102
Perioperative Transfusion	–2455 €	–3076 €	–1833 €	<0,001
Die jeweils eingeschlossenen Variablen wurden mittels AIC-Selektion ermittelt. Daher sind nicht in allen Regressionen dieselben Variablen enthalten				

Schätzungen bezüglich der Kosten von EK-Transfusionen, in Europa zwischen etwa 150 € [12] und 440 € [1], berücksichtigen ausschließlich die Kosten der stationären Behandlung und der Produktion, Bereitstellung, intrahospitalen Logistik und Transfusion von EK, während unsere Arbeit, basierend auf einer Kosten- und Erlösanalyse, eine exakte Berechnung der defizitären Falldeckung präoperativ anämischer Patienten in Abhängigkeit von der Anzahl perioperativer Transfusionen zeigt. Eine vergleichbare Analyse für eine spezifische Komorbidität (die präoperative Anämie) in einem hinsichtlich des untersuchten Eingriffs einheitlichen Kollektiv wurde nach Kenntnis der Autoren bislang nicht publiziert.

Zur Vermeidung der Mehrkosten für Krankenhaus und Volkswirtschaft könnte es sinnvoll sein, die präoperative Anämie vor elektiven Eingriffen ursachengerecht zu therapieren und Transfusionszahlen zu senken [14], wie dies klinische PBM-Konzepte bzw. die deutsche S3-Leitlinie vorsehen [5]. Wenn auch bei diesen Behandlungskonzepten zunächst Kosten für die Implementierung, Anämiediagnostik und -therapie entstehen, wird eine mittelfristige Amortisation in einer deutschen Kosten-Nutzen-Analyse für möglich gehalten [12], müsste jedoch in einer prospektiven randomisierten und multizentrischen Stu-

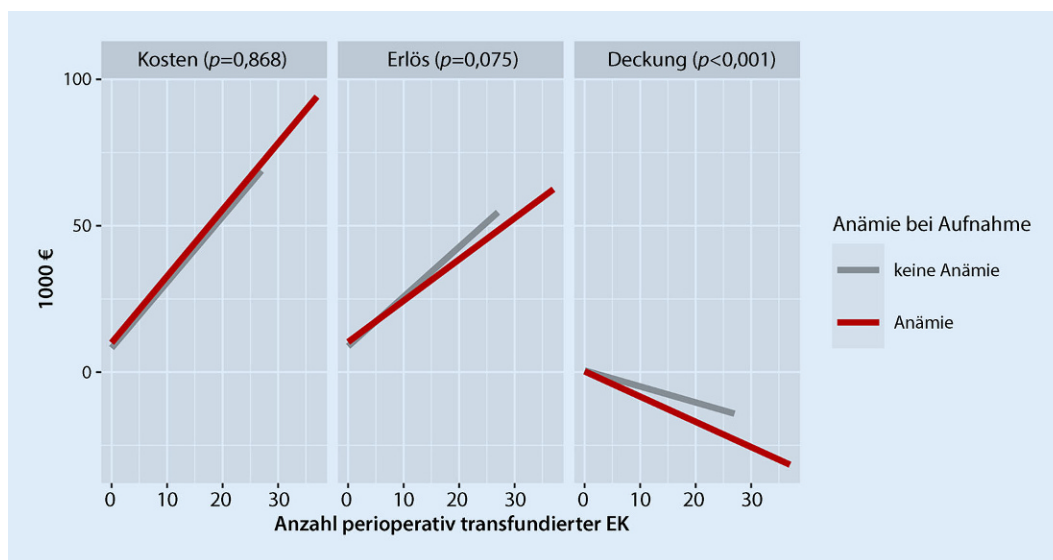


Abb. 2 ◀ Regressionsgeraden für Fallkosten, -erlös und -deckung in Abhängigkeit von der Anzahl der perioperativ transfundierter EK und dem Anämiestatus bei Aufnahme. In Klammern die p -Werte der Interaktionen von EK-Anzahl und Anämiestatus

die bestätigt werden. Die Schlussfolgerung einer englischen Metaanalyse von 2019, laut der keine Studie eine Kosteneffizienz von PBM nachweisen konnte [18], wurde für ihr Design und Ungenauigkeiten kritisiert [7, 9]. Daten aus Australien und Deutschland von 2021 lassen eine solche Effizienz vermuten [2, 22].

Innerhalb des Analysezeitraums änderten sich die erstatteten Fallwerte. Der Anstieg der Erstattungen betrug beispielsweise für die Fallgruppe I64B („Prothesenwechsel am Hüftgelenk ohne äußerst schwere CC, ohne Eingriff an mehreren Lokalisationen, mit periprothetischer Fraktur“) jährlich etwa 1–3% [3]. Bis auf einen Inflationsausgleich bleiben die Zahlen also vergleichbar.

Auch wenn die Ergebnisse der vorliegenden Studie eine klare Tendenz aufweisen, sollten folgende Limitationen der Methodik beachtet werden:

- Die analysierten Daten wurden zwar digital ausgelesen, unterliegen jedoch – wie jede Datenbank – einer gewissen Fehleranfälligkeit während der manuellen Eingabe. Da die Datenbankeingabe jedoch ausschließlich durch speziell geschultes Personal (Medizinische Dokumentationsassistent*innen) vorgenommen wurde, sind größere oder systematische Fehleingaben als wenig wahrscheinlich anzusehen.
- Durch Untercodierung könnten ICD-10-Diagnosen in den Patientendaten, die möglicherweise die Verteilung der Basischarakteristika beeinflusst haben,

fehlen. Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit, nämlich der Einfluss der präoperativen Anämie und perioperativer Transfusionen auf Kosten, Erlös und Falldeckung, bleibt davon unbeeinträchtigt.

- Wie in Tab. 1 ersichtlich ist, waren präoperativ anämische Patienten auch signifikant häufiger vorerkrankt. Da sich die Ergebnisse bezüglich Kosten, Erlös und Deckung auch nach einem Nearest Neighbor Propensity Score Matching (nicht angehängt) mit den Kovariaten Alter, Geschlecht, ASA-Score >2 und Art der Hüftkomplikation – also nach Zuordnung jedes anämischen Patienten zu genau einem nichtanämischen, der diesem in Bezug auf die genannten Kovariaten am meisten ähnelte – replizieren ließen, gehen wir davon aus, dass die präoperative Anämie keinen bloßen Indikator für allgemein schwerer erkrankte Patienten darstellt.
- Die vorliegende Studie berücksichtigt nur Fremdbluttransfusionen, nicht jedoch die Retransfusion von gewaschenem Wundblut mit der maschinellen Autotransfusion. Für die Analyse der Kosten, Erlöse und Deckungen von präoperativer Anämie und perioperativer EK-Transfusion scheint dies vertretbar: In einer Studie an 191 Patienten, die sich einer Lebertransplantation unterzogen, erwiesen sich Fremdbluttransfusionen als stärkster unabhängiger Prädiktor der Gesamtkosten, während die

maschinelle Autotransfusion keinen Einfluss auf die Gesamtkosten hatte [19].

- Die lineare Regression diente dem Zweck, Nebenerkrankungen als Störfaktoren auszuschließen. Durch die Begrenzung der Auswahl ist es naturgemäß möglich, dass nicht alle Störfaktoren (Confounder) berücksichtigt wurden.
- Eine evtl. präoperative Anämiebehandlung wurde elektronisch nicht erfasst und konnte somit auch nicht ausgelesen werden. Da eine präoperative Anämiebehandlung aufgrund einer fehlenden Finanzierung bisher nicht flächendeckend etabliert ist und im Beobachtungszeitraum die deutsche S3-Leitlinie „Präoperative Anämie“ noch nicht publiziert war [5], ist hier von keinem hohen Fehlerpotenzial auszugehen.

Fazit für die Praxis

Zusammenfassend ist das Ergebnis dieser Arbeit, die als Erste unter den Bedingungen des deutschen DRG-Systems die Kosten, Erlöse und Falldeckung von präoperativer Anämie und Fremdbluttransfusion bei Patienten mit Hüftgelenkprothesenrevisionsoperationen analysiert, dass präoperative Anämie und perioperative Fremdbluttransfusion mit signifikant höheren Kosten und einer niedrigeren Falldeckung assoziiert sind. Patienten mit perioperativer Transfusion wiesen längere Liegedauern und im Median eine negative Falldeckung auf. Die sorgfältige Implemen-

tierung eines Konzepts zu Diagnostik und Therapie der präoperativen Anämie zur Vermeidung perioperativer EK-Transfusionen könnte mittelfristig eine Entlastung sowohl für die Krankenhäuser als auch die Krankenkassen erzielen.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Christian von Heymann, DEAA

Klinik für Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, Vivantes Klinikum im Friedrichshain
Landsberger Allee 49, 10249 Berlin, Deutschland
cvheyman@icloud.com

Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. Felix Balzer

Institut für Medizinische Informatik, Charité – Universitätsmedizin Berlin (corporate member of Freie Universität Berlin, Humboldt-Universität zu Berlin, and Berlin Institute of Health), Campus Charité Mitte
Charitéplatz 1, 10117 Berlin, Deutschland
felix.balzer@charite.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. C. Spies reports grants from Deutsche Forschungsgemeinschaft/German Research Society, grants from Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)/German Aerospace Center, grants from Einstein Stiftung Berlin/Einstein Foundation Berlin, grants from Gemeinsamer Bundesausschuss/Federal Joint Committee (G-BA), grants from Inneruniversitäre Forschungsförderung/Inner University Grants, grants from Projektträger im DLR/Project Management Agency, grants from Stifterverband/Non-Profit Society Promoting Science and Education, grants from European Society of Anaesthesiology and Intensive Care, grants from Baxter Deutschland GmbH, grants from Cytosorbents Europe GmbH, grants from Edwards Lifesciences Germany GmbH, grants from Fresenius Medical Care, grants from Grünenthal GmbH, grants from Masimo Europe Ltd., grants from Pfizer Pharma PFE GmbH, personal fees from Georg Thieme Verlag, grants from Dr. F. Köhler Chemie GmbH, grants from Sintetica GmbH, grants from Stifterverband für die deutsche Wissenschaft e. V./Philips, grants from Stiftung Charité, grants from AGUETTANT Deutschland GmbH, grants from AbbVie Deutschland GmbH & Co. KG, grants from Amomed Pharma GmbH, grants from InTouch Health, grants from Copra System GmbH, grants from Correvio GmbH, grants from Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e. V., grants from Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie & Intensivmedizin (DGAI), grants from Stifterverband für die deutsche Wissenschaft, from Deutsche Forschungsgemeinschaft/German Research Society, grants from Drägerwerk AG & Co. KGaA, outside the submitted work. In addition, Claudia Spies has a patent 10 2014 215 211.9 licensed, a patent 10 2018 114 364.8 licensed, a patent 10 2018 110 275.5 licensed, a patent 50 2015 010 534.8 licensed, a patent 50 2015 010 347.7 licensed, and a patent 10 2014 215 212.7 licensed. C. von Heymann

gibt zum Thema der präoperativen Anämie sowie der perioperativen Häm- und Gerinnungstherapie folgende Interessenkonflikte an: Seniorautorschaft der AMWF-Leitlinie „Präoperative Anämie“ 2018 (aktuell Updateprozess); Mitautorschaft der Leitlinie der EACTA/ECTVS on „Patient Blood Management in cardiac surgery“ 2017; Mitautor der Querschnitleitlinie Hämotherapie der BÄK (Kapitel Therapeutisches Plasma und Prokoagulatoren) 2020; Mitautor der europäischen Leitlinie „Regional anaesthesia in patients on antithrombotic drugs“ 2022; Mitautor der europäischen Leitlinie „Clinical guideline on reversal of direct oral anticoagulants with life-threatening bleeding“ (work in progress); Mitglied des Redaktionskomitees der Richtlinien Hämotherapie der BÄK; Mitglied des Redaktionskomitees der Querschnitleitlinien Hämotherapie; Vertreter des Berufsverbandes der deutschen Anästhesisten im Arbeitskreis Blut des Robert Koch-Instituts; Sprecher des Arbeitsausschusses Bluttransfusion der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) und des Berufsverbandes der Deutschen Anästhesisten (BDA). Außerhalb des Themas berichtet C. von Heymann den Erhalt von Vortrags- und Beratungshonoraren, Reise- und Unterbringungskosten von den folgenden Firmen: Bayer Pharma AG, CSL Behring, Daiichi Sankyo, Grünenthal GmbH, HICC GbR, Mitsubishi Pharma GmbH, Sobi Pharma, Shionogi Pharma GmbH und Novo Nordisk Pharma GmbH. L. Kaufner reports personal fees from HICC Deutschland GbR, personal fees from Novo Nordisk, personal fees from CSL Behring, outside the submitted work. F. Balzer reports grants from Vifor Pharma, during the conduct of the study; grants from German Federal Ministry of Education and Research, grants from German Federal Ministry of Health, grants from Berlin Institute of Health, personal fees from Elsevier Publishing, grants from Hans Böckler Foundation, other from Robert Koch Institute, grants from Einstein Foundation, grants from Berlin University Alliance, outside the submitted work. G. Vorderwülbecke, J. Kruppa, D. Fürstenau, S. Werner und M. Höft geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Diese retrospektive Studie erfolgte nach Konsultation der zuständigen Ethikkommission und im Einklang mit nationalem Recht.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. Abraham I, Sun D (2012) The cost of blood transfusion in Western Europe as estimated from six studies. *Transfusion* 52:1983–1988
2. Althoff FC, Neb H, Herrmann E et al (2019) Multimodal patient blood management program based on a three-pillar strategy: a systematic review and meta-analysis. *Ann Surg* 269:794–804
3. <https://app.reimbursement.info/drgs/146B>. Zugegriffen: 15. Juni 2022
4. Blanc B, Finch C, Hallberg L et al (1968) Nutritional anaemias. Report of a WHO scientific group. *World Health Organ Tech Rep Ser* 405:5–37
5. Deutsche Gesellschaft Für Anästhesiologie Und Intensivmedizin (Dgai) in Kooperation Mit Der Arbeitsgemeinschaft Der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (Awmf) (2018) S3 Leitlinie Präoperative Anämie. In: Kaufner L (ed) Registernummer 001–024.
6. Drabinski T (2018) Patienten Blood Management – Gesundheitsökonomischer Fußabdruck. Vorläufige Studienergebnisse aus dem gleichnamigen Gutachtenprojekt. Institut für Mikrodaten-Analyse (IfMDA), Berlin
7. Faraoni D, Gross I, Shander A (2021) Network meta-analysis of isolated patient blood management interventions leads to uncertain interpretation. *Comment on Br J Anaesth* 2020. *Br J Anaesth* 126:e1–e2. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2020.04.087>
8. Feng S, Greenberg J, Moloo H et al (2019) Hospital cost associated with anemia in elective colorectal surgery: a historical cohort study. *Can J Anaesth* 66:877–885
9. Javidrooz M, Hardy JF, Ozawa S (2021) Patient blood management interventions lead to important benefits for major surgery. *Comment on Br J Anaesth* 2020. *Br J Anaesth* 126:e4–e5
10. Karas V, Kildow BJ, Baumgartner BT et al (2018) Preoperative patient profile in total hip and knee Arthroplasty: predictive of increased medicare payments in a bundled payment model. *J Arthroplasty* 33:2728–2733.e3
11. Kasivisvanathan R, Ramesh V, Baikady RR et al (2016) Preoperative anaemia is associated with increased allogeneic pack red cell transfusion in revision hip and knee joint arthroplasty: a retrospective analysis of 5387 patients over a 10-year period at a single high volume centre. *Transfus Med* 26:271–277
12. Kleinerüschkamp AG, Zacharowski K, Ettwein C et al (2016) Kostenanalyse eines Patient-Blood-Management-Konzepts. *Anaesthesist* 65:438–448
13. Kurtz S, Ong K, Lau E et al (2007) Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. *J Bone Joint Surg Am* 89:780–785
14. Lapar DJ, Crosby IK, Ailawadi G et al (2013) Blood product conservation is associated with improved outcomes and reduced costs after cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 145:796–803 (discussion 803–794)
15. Liodakis E, Bergeron SG, Zukor DJ et al (2015) Perioperative complications and length of stay after revision total hip and knee arthroplasties: an analysis of the NSQIP database. *J Arthroplasty* 30:1868–1871
16. Lu M, Sing DC, Kuo AC et al (2017) Preoperative anemia independently predicts 30-day complications after aseptic and septic revision total joint arthroplasty. *J Arthroplasty* 32:S197–S201
17. Muñoz M, Gómez-Ramírez S, Kozek-Langenecker S et al (2015) ‘Fit to fly’: overcoming barriers

- to preoperative haemoglobin optimization in surgical patients. *Br J Anaesth* 115:15–24
18. Roman MA, Abbasciano RG, Pathak S et al (2021) Patient blood management interventions do not lead to important clinical benefits or cost-effectiveness for major surgery: a network meta-analysis. *Br J Anaesth* 126:149–156
 19. Ruiz J, Dugan A, Davenport DL et al (2018) Blood transfusion is a critical determinant of resource utilization and total hospital cost in liver transplantation. *Clin Transplant*. <https://doi.org/10.1111/ctr.13164>
 20. Schroer WC, Diesfeld PJ, Lemarr AR et al (2018) Modifiable risk factors in primary joint arthroplasty increase 90-day cost of care. *J Arthroplasty* 33:2740–2744
 21. Trentino KM, Mace H, Symons K et al (2021) Associations of a preoperative anemia and sub-optimal iron stores screening and management clinic in colorectal surgery with hospital cost, reimbursement, and length of stay: a net cost analysis. *Anesth Analg* 132:344–352
 22. Trentino KM, Mace HS, Symons K et al (2021) Screening and treating pre-operative anaemia and suboptimal iron stores in elective colorectal surgery: a cost effectiveness analysis. *Anaesthesia* 76:357–365
 23. Urban D, Mayerl J (2018) *Angewandte Regressionsanalyse: Theorie, Technik und Praxis*. VS, Wiesbaden
 24. von Heymann C, Kaufner L, Sander M et al (2016) Does the severity of preoperative anemia or blood transfusion have a stronger impact on long-term survival after cardiac surgery? *J Thorac Cardiovasc Surg* 152:1412–1420
 25. Walsh TS, Palmer J, Watson D et al (2012) Multicentre cohort study of red blood cell use for revision hip arthroplasty and factors associated with greater risk of allogeneic blood transfusion. *Br J Anaesth* 108:63–71
 26. Wengler A, Nimptsch U, Mansky T (2014) Hip and knee replacement in Germany and the USA: analysis of individual inpatient data from German and US hospitals for the years 2005 to 2011. *Dtsch Arztebl Int* 111:407–416

The costs of preoperative anemia in hip joint revision surgery

Background: Anemia is highly prevalent in patients before hip joint revision surgery (HJRS) and is associated with an increased complication rate. This paper is the first to investigate costs, real diagnosis-related group (DRG) revenues and case coverage of preoperative anemia in elective HJRS.

Methods: Medical data, transfusions, costs, and revenues of all patients undergoing HJRS at two campuses of the Charité –Universitätsmedizin Berlin between 2010 and 2017 were used for subgroup analyses and linear regressions.

Results: Of 1187 patients included 354 (29.8%) showed preoperative anemia. A total of 565 (47.6%) patients were transfused with a clear predominance of anemic patients (72.6% vs. 37.0%, $p < 0.001$). Costs (12,318€ [9027;20,044€] vs. 8948€ [7501;11,339€], $p < 0.001$) and revenues (11,788€ [8992;16,298€] vs. 9611€ [8332;10,719€], $p < 0.001$) were higher for preoperatively anemic patients and the coverage was deficient (–1170€ [–4467;1238€] vs. 591€ [–1441;2103€], $p < 0.001$). In anemic patients, case contribution margins decreased with increasing transfusion rates ($p \leq 0.001$). Comorbidities had no significant economic impact.

Conclusion: Preoperative anemia and perioperative transfusions in HJRS are associated with increased treatment costs and a financial undercoverage for healthcare providers and health insurance companies. Concepts for the treatment of preoperative anemia (e.g. patient blood management) could reduce treatment costs in the medium term.

Keywords

Patient blood management · Red blood cells · Transfusion · Revenue · DRG system