

Correlation between blood pressure and regional cerebral oxygen saturation measured by near-infrared spectroscopy in operations in beach chair position with permissive hypotension

F. Fuchsguber · L. Tölke · P. Friederich

► **Zitierweise:** Fuchsguber F, Tölke L, Friederich P: Zusammenhang zwischen Blutdruck und mittels Nahinfrarotspektroskopie gemessener zerebraler regionaler Sauerstoffsättigung bei Operationen in Beach-Chair-Position mit permissiver Hypotonie. *Anästh Intensivmed* 2020;61:285–294. DOI: 10.19224/ai2020.285

Zusammenhang zwischen Blutdruck und mittels Nahinfrarotspektroskopie gemessener zerebraler regionaler Sauerstoffsättigung bei Operationen in Beach-Chair-Position mit permissiver Hypotonie

Klinik für Anästhesiologie, operative Intensivmedizin und Schmerztherapie, Klinikum Bogenhausen, Lehrkrankenhaus der Technischen Universität München (Ärztliche Leitung: Prof. Dr. P. Friederich)

Zusammenfassung

Hintergrund: Nach Operationen in Beach-Chair-Position bei orthopädischen Patienten wurde wiederholt über das Auftreten schwerwiegender zerebraler Komplikationen berichtet. Ursächlich hierfür wurde zumeist ein zu niedriger systolischer Blutdruck angesehen. Dies führte zu der Empfehlung, den systolischen Blutdruck um nicht mehr als 20% vom Ausgangswert in Rückenlage abfallen zu lassen. Aufgrund der fehlenden Evidenz dieser Empfehlung war es Ziel unserer Studie, die Auswirkungen eines systolischen Blutdruckabfalls um mehr als 20% auf die zerebrale regionale Sauerstoffsättigung (rSO_2), die mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) gemessen wurde, bei kardiovaskulär gesunden Patienten zu untersuchen. Hierfür wurde die Steigung der sich ergebenden Regressionsgeraden (R) zwischen Patienten ohne und mit pathologischen rSO_2 -Werten (cerebrales Desaturationsereignis, CDE) verglichen.

Methodik: Insgesamt 70 Patienten wurden eingeschlossen. Nach Erfassung der Ausgangswerte in Rückenlage erfolgte die Messung von rSO_2 -Werten und systolischen Blutdruckwerten in Beach-Chair-Position. Als CDE wurde eine Abnahme der $rSO_2 > 20\%$ oder ein Wert $< 50\%$ definiert. Zur Beschreibung der unterschiedlichen Korrelation von rSO_2 und systolischem Blutdruck zwischen Patienten ohne und mit CDE wurde die Steigung der entsprechenden R sowie die Fläche unter der Kurve (AUC) ermittelt.

Ergebnisse: Die Steigung war bei Patienten ohne CDE (0,11; Q1: 0,05; Q3: 0,20; n=32) signifikant kleiner als bei Patienten mit CDE (0,22; Q1: 0,16; Q3: 0,36; n=27; $p < 0,01$). Die ROC ergab eine AUC von 0,74. Bei Patienten ohne CDE fiel der systolische Blutdruck im Median um -41,9 mmHg (Q1: -32,4; Q3: -50,2; n=32), mit CDE um -47,2 mmHg (Q1: -37,5; Q3: -55,7; n=27; $p = 0,29$).

Schlussfolgerung: Die Ergebnisse der vorliegenden Studie legen nahe, dass Patienten mit CDE in Beach-Chair-Position eine stärkere Abhängigkeit der rSO_2 vom systolischen Blutdruck aufweisen als Patienten ohne CDE.

Summary

Background: Severe cerebral ischaemia in orthopaedic patients undergoing shoulder surgery in beach chair position has been attributed to an inappropriately low systolic blood pressure. As a consequence it is currently recommended that the systolic blood pressure should not drop by more than 20% below the preoperative value measured in the supine position. The aim of our study was to show the effects of a drop in systolic blood pressure of more than 20% on cerebral oxygen saturation (rSO_2) measured by near-infrared spectroscopy (NIRS) based on slope deviations of the regression lines for both parameters.

Methods: Included were 70 patients without cardiovascular health problems. Systolic blood pressure and rSO_2 values were measured in beach chair position and mean values determined. Decreases

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei allen Ärztinnen und Ärzten sowie allen Pflegekräften, die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung an durchgeführten Operationen beteiligt waren.

Interessenkonflikt

Ein Teil der Elektroden zur Messung der rSO_2 mittels NIRS wurde von der Firma Medtronic (Zürich, Schweiz) zur Verfügung gestellt.

Schlüsselwörter

Beach-Chair-Position –
Permissive Hypotonie –
Zerebrale Sauerstoffsättigung

Keywords

Beach Chair Position –
Permissive Hypotension –
Cerebral Oxygen Saturation

in rSO_2 of $>20\%$ or an absolute value $<50\%$ were defined as a cerebral desaturation event (CDE). The slope of the regression lines between systolic blood pressure and rSO_2 was used to describe correlation differences between rSO_2 and systolic blood pressure values of patients with and without CDE.

Results: In patients without CDE, the median systolic blood pressure decreased by 41.9 mmHg (Q1: 32,4; Q3: 50,2; $n=32$) and by 47.2 mmHg (Q1: 37,5; Q3: 55,7; $n=27$; $p=0,29$) in patients with CDE. The slope of the regression line was 0.11 (Q1: 0.05, Q3: 0.20; $n=32$) for patients without pathological rSO_2 values and 0.22 (Q1: 0.16, Q3: 0.36; $n=27$; $p<0,01$) for patients with CDE. The receiver operating characteristic (ROC) curve for the different slope of the regression line for patients with or without CDE resulted in an area under the curve of 0.74.

Conclusion: Permissive hypotension in the beach chair position led to a CDE in some cardiovascular healthy patients ($n=27$) while others were unaffected ($n=32$). Both groups revealed no significant difference in systolic blood pressure. The significantly smaller slope of the regression line in patients without CDE indicates a comparatively lower dependence of rSO_2 on systolic blood pressure relative to patients with CDE.

Einleitung

Neben der lateralen Dekubitusposition werden orthopädische Operationen der Schulter überwiegend in der Beach-Chair-Position durchgeführt [1]. Im Vergleich zur seitlich liegenden Positionierung des Patienten wird dieser bei Letzterer mit bis zu 90 Grad über die Horizontale aufgesetzt und der Kopf anschließend in einer Kopschale fixiert. Die Beach-Chair-Position bietet dem Chirurgen zahlreiche Vorteile, zum Beispiel eine schnelle und einfache Darstellung aller relevanten Strukturen, und sie reduziert damit das Risiko von Nervenverletzungen erheblich.

In den letzten Jahren wurde wiederholt über Komplikationen nach Operationen

an der Schulter in Beach-Chair-Position berichtet, die in einem möglichen Zusammenhang mit dieser Lagerung stehen [1–4]. Neben Parästhesien und Beschwerden im Nacken traten postoperativ Sehstörungen und Visusverlust auf. Ebenfalls wurde vom Auftreten zerebraler Ischämien berichtet [4,5]. Als mögliche Ursachen wurden eine kritische Verringerung der zerebralen Perfusion, ein unzureichender zerebraler Perfusionsdruck und eine Kompression der Hirngefäße angesehen [1,3,4].

Das Aufsetzen von der Rückenlage in die Beach-Chair-Position geht mit zahlreichen hämodynamischen Veränderungen einher. Die Umverteilung des Blutvolumens von den zentralen hin zu den peripheren Kompartimenten verringert die kardiale Vorlast [6–8]. Dies führt zu einem verringerten Schlagvolumen und einem konsekutiven Blutdruckabfall [7,9]. Kommt es in der Folge zu einer Unterschreitung der unteren Grenze der zerebralen Autoregulation, so folgt der zerebrale Blutfluss passiv dem zerebralen Perfusionsdruck nach [10]. Um dies zu verhindern wurde empfohlen, einen Blutdruckabfall von mehr als 20% gegenüber den Ausgangswerten in Rückenlage zu vermeiden beziehungsweise höhere Blutdruckwerte anzustreben [4,10]. In einer 2015 publizierten Studie wurde darüber hinaus eine hin zu höheren Werten verschobene untere Grenze der zerebralen Autoregulation bei Patienten, die in Beach-Chair-Position operiert wurden, gezeigt [11].

Trotz zahlreicher Studien zum Thema intraoperative Hypotension und der damit verbundenen klinischen Bedeutung für die zerebrale Perfusion fehlen bislang sowohl eine einheitliche Definition der intraoperativen Hypotension sowie eine nominelle Grenze für den Blutdruck, unterhalb derer eine zerebrale Unterversorgung mit Sauerstoff auftreten kann [1,6,12–15].

In unserer Klinik werden orthopädische Operationen an der Schulter in Beach-Chair-Position seit mehr als 15 Jahren routinemäßig in permissiver Hypotension durchgeführt. Dies bedeutet, dass bei Patienten ohne kardiovaskuläre Begleit-

erkrankungen ein Abfall des systolischen Blutdrucks von über 20% vom Ausgangswert toleriert wird. Dieser Ansatz wird von den Operateuren gefordert, da er bessere Operationsbedingungen schafft [16]. Die Beziehung zwischen Blutdruck und zerebraler Sauerstoffsättigung vor dem Hintergrund eines Blutdruckabfalls um mehr als 20% wurde bislang nicht wissenschaftlich untersucht. Das Risiko, das mit einem derartig definierten Blutdruckabfall für Patienten in Beach-Chair-Position einhergeht, ist somit aktuell unklar.

Das Ziel unserer Studie war es daher, die Beziehung zwischen der mittels NIRS gemessenen rSO_2 und dem Blutdruck bei kardiovaskulär gesunden orthopädischen Patienten, die sich einer Schulteroperation in Beach-Chair-Position mit begleitender intraoperativer Hypotension unterziehen, zu beschreiben. In diesem Zusammenhang haben wir die Hypothese aufgestellt, dass orthopädische Patienten ohne kardiovaskuläre Risikofaktoren keineswegs einheitlich in ihrer zerebralen Sauerstoffversorgung auf Blutdruckabfälle reagieren, sondern eine inhomogene Gruppe darstellen.

Unserer Hypothese zufolge ist damit nicht der absolut gemessene Blutdruckabfall für die zerebrale Sauerstoffversorgung und das mögliche Auftreten einer Ischämie ausschlaggebend, sondern die bei jedem Patienten unterschiedliche Abhängigkeit der rSO_2 vom Blutdruck.

Methoden

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine prospektive, observierende und nicht-invasive Untersuchung. Entsprechende Anträge und Untersuchungsprotokolle wurden durch die Ethikkommission der Bayerischen Landesärztekammer genehmigt (München, Nr. 11001, Zulassungsdatum: 13.04.2011, Prof. Dr. med. J. Hasford). Beginn der Patientenrekrutierung für diese Studie war der 13.07.2011. Nach Einholung der schriftlichen Einwilligung wurden 70 erwachsene Patienten, die sich einer offenen oder arthroskopischen Operation an der Schulter in Beach-Chair-Position

unterzogen, in die Studie eingeschlossen. Ausschlusskriterien waren Alter unter 18 Jahren, ASA-Klassifikation >2, Revised Cardiac Risk Index (RCRI) >1, Anämie (Männer: Hämoglobin <14 g/dl, Frauen: <12 g/dl) und eine bestehende arterielle Hypertonie [17–19]. Letztere wurde als fehlend betrachtet, wenn weder Aktenstudie des Patienten noch die Medikation des Patienten Hinweise auf eine arterielle Hypertonie gaben und der Patient selbst auf direkte Nachfrage einen „Bluthochdruck“ verneinte und auch keine darauf hinweisenden Symptome angab. Demografische Faktoren wie Alter, Größe und Gewicht der Patienten wurden gemessen und später verglichen. Ebenso wurde die Hämoglobinkonzentration, ein Faktor des Sauerstoffangebotes, präoperativ bestimmt.

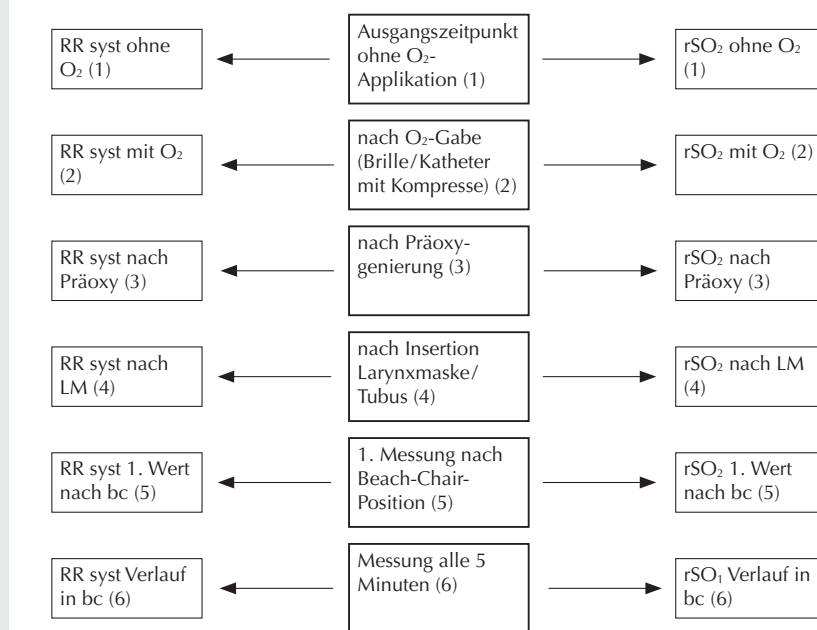
Bei allen Patienten erfolgte eine standardmäßige intraoperative Überwachung der Kreislaufparameter, bestehend aus nicht-invasiver Blutdruckmessung am nicht-operierten Arm, Elektrokardiographie und Pulsoximetrie (SpO₂). Für die Messung der rSO₂ wurden jeweils NIRS-Elektroden bilateral im frontotemporalen Bereich auf der rechten und linken Seite angebracht und zur Überwachung und Aufzeichnung von Daten an ein Invos 5100 NIRS-Gerät (Medtronic, Minneapolis, Minnesota, USA) angeschlossen. Unilateral oder hemisphärisch gemessene rSO₂-Werte unterhalb einer kritischen Schwelle (>20% Abnahme vom Ausgangswert oder Absolutwert <50%) wurden als cerebrales Desaturierungsereignis (CDE) definiert und als pathologisch gewertet [13,14,20–22]. Um nicht fälschlicherweise durch Störartefakte oder kurzfristige Kontaktprobleme verminderte rSO₂-Werte als CDE zu werten, musste die Dauer der Unterschreitung der oben genannten Grenzwerte mindestens 3 Sekunden betragen. Die mittels NIRS gemessenen Werte beider Hemisphären wurden auf einem eigens dafür vorgesehenen Untersuchungsprotokoll dokumentiert. Der für die Durchführung der Narkose verantwortliche Anästhesiologe erhielt keinen Einblick in diese ermittelten Werte. Die Referenzwerte für beide Hemisphären wurden fünf Sekunden nach Anbringen der Elektroden

unter Raumluft gemessen. Ebenso wurde der Ausgangswert für den systolischen, diastolischen und mittleren arteriellen Blutdruck in Rückenlage vor Einleitung der Narkose und Lagerung des Patienten bestimmt.

Nach Messung der Ausgangswerte für rSO₂ und Blutdruck (T1) erhielten die Patienten Sauerstoff mittels Sauerstoffkatheter mit Kompresse oder Nasenbrille (3 bis 4 l/min; T2). Vor Narkoseeinleitung erfolgte die standardmäßige Präoxygenierung mit Sauerstoff über eine Beatmungsmaske (10 bis 12 tiefe Atemzüge; T3). Die Einleitung der Narkose erfolgte mittels Fentanyl 100 bis 150 µg, Propofol 1,5 bis 2,5 mg/kg KG vor dem Einsetzen der Larynxmaske (LMA) sowie Atracurium 0,5 mg/kg bei orotrachealer Intubation. Die Aufrechterhaltung der Narkose erfolgte mittels volatiler Anästhetika (1,5 bis 2,5% Sevofluran oder 0,8 bis 1,5% Isofluran) und Bolusgaben Fentanyl. Als Zielwert für die inspiratorische Sauerstoffkonzentration (FiO₂) wurde 0,5 und für den endtidalen Kohlenstoffdioxidpartialdruck (petCO₂) 35 bis 45 mmHg vorgegeben. Messzeit-

punkt T4 beschreibt die nach Insertion der Larynxmaske beziehungsweise des Tubus gewonnenen Werte. Die Patienten wurden anschließend im OP-Saal in Beach-Chair-Position gelagert (50 bis 70 Grad aus der Horizontalen; T5). Kopf und Hals wurden in neutraler Position fixiert, um sicherzustellen, dass die zerebrale Venendrainage nicht beeinträchtigt war. In der Beach-Chair-Position wurden in Abständen von fünf Minuten die genannten Parameter bis zur Extubation aufgezeichnet und es wurde jeweils der Mittelwert dieser Daten berechnet (T6). T1 und T2 wurden gemessen, um zu zeigen, ob es bereits in Rückenlage mit und ohne Sauerstoffanwendung signifikante Unterschiede für rSO₂ bei Patienten mit und ohne CDE im weiteren Verlauf in Beach-Chair-Position gab. Aufgrund der unterschiedlichen Dauer der einzelnen Operationen haben wir den gesamten in Beach-Chair-Position verbrachten Zeitraum als T6 ausgewählt, da dies die Vergleichbarkeit der Daten verbessert und erleichtert hat. Abbildung 1 stellt den zeitlichen Verlauf mit den entsprechenden Messungen dar.

Abbildung 1



Messzeitpunkte und zugehörige Werte für systolischen Blutdruck (RR syst) und regionale zerebrale Sauerstoffsättigung (rSO₂).

War der durchschnittliche systolische Blutdruck gemessen in Beach-Chair-Position (T6) $\leq 80\%$ des Ausgangswertes (T1), so wurde der entsprechende Patient der Gruppe A1 (permissive Hypotonie in Beach-Chair-Position) zugeordnet. Wenn der systolische Blutdruck innerhalb von 20% vom Ausgangswertes lag, wurde der entsprechende Patient der Gruppe A2 zugeordnet (Abb. 2). Die Fallzahl der Patienten in Gruppe A2 (n=11) war insgesamt zu gering, um mit einer statistischen Teststärke von $>0,8$ eine Aussage bezüglich eines möglichen signifikanten Unterschiedes hinsichtlich weiterer Ergebnisse treffen zu können. Patienten dieser Gruppe wurden im weiteren Verlauf lediglich hinsichtlich des Auftretens pathologischer rSO_2 -Werte in Beach-Chair-Position untersucht.

Um die sich ergebenden lagebedingten Veränderungen der rSO_2 und des systolischen Blutdrucks zu zeigen, wurde die Differenz der Messungen zum Zeitpunkt T1 und T6 berechnet und zwischen Patienten mit und ohne CDE verglichen.

Entschied sich der behandelnde Anästhesiologe aufgrund von als zu niedrig erachteten Blutdruckwerten zur medikamentösen Anhebung des Blutdrucks, so erfolgte dies durch die Verabreichung

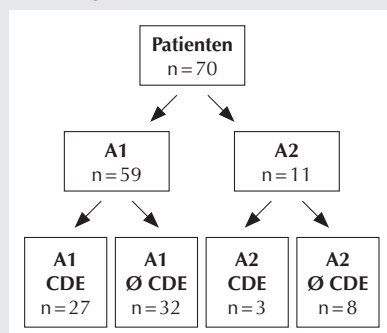
von kristalloiden oder kolloidalen Infusionslösungen (Ringeracetat, Hydroxyethylstärke) oder der fraktionierten Gabe von Noradrenalin. Zeit, Anzahl und Art der Interventionen zur Behandlung von niedrigen systolischen oder mittleren arteriellen Blutdruckwerten wurden vom wissenschaftlichen Mitarbeiter aufgezeichnet.

Zur Beschreibung der Korrelation von rSO_2 und systolischem Blutdruck wurde die Steigung der R zwischen der unabhängigen Variablen (systolischer Blutdruck) und der abhängigen Variablen (rSO_2) bestimmt. Die Steigung der R wurden in der vorliegenden Arbeit für die Werte aus systolischem Blutdruck und zugehöriger rSO_2 für jeden Patienten über den gesamten Operationsverlauf hinweg berechnet. Es wurden dabei alle Werte berücksichtigt, begonnen ab dem ersten Wert – gemessen vor Applikation von Sauerstoff und Beginn der Narkoseeinleitung in Rückenlage – bis hin zum Letzten, der dem Wert nach Extubation und erneuter Rückenlagerung entspricht. Die Messung der rSO_2 -Werte erfolgte mittels NIRS. Es wurde der Mittelwert aus rechter und linker Hemisphäre verwendet. Abbildung 3 zeigt beispielhaft diese Gegenüberstellung von systolischem Blutdruck, rSO_2 und sich ergebender Steigung der R für einen Patienten ohne CDE und einen Patienten mit CDE in Beach-Chair-Position. Anschließend erfolgte eine Gegenüberstellung der gewonnenen Werte zwischen Patienten ohne und mit CDE in Beach-Chair-Position.

Im Rahmen einer Pilotstudie wurde ein Unterschied in der Steigung der R für Patienten ohne und mit pathologischen rSO_2 -Werten in Beach-Chair-Position von 100% detektiert. Unter der Annahme eines klinisch relevanten Unterschieds für die Steigung der R von 25% zwischen Patienten mit und ohne pathologischen rSO_2 -Werten in Beach-Chair-Position und einer Standardabweichung (SD) von 20% wurde eine Stichprobengröße von mindestens 20 Patienten als ausreichend ermittelt, um einen klinisch relevanten Unterschied in der Steigung der R zu erkennen und eine statistische Potenz von 0,8 und ein α von 0,05 zu erreichen. Da im Vorfeld nicht genau abgeschätzt werden konnte, bei wie vielen Patienten der systolische Blutdruck in der Beach-Chair-Position um mehr als 20% sinken würde, wurden insgesamt 70 Patienten eingeschlossen.

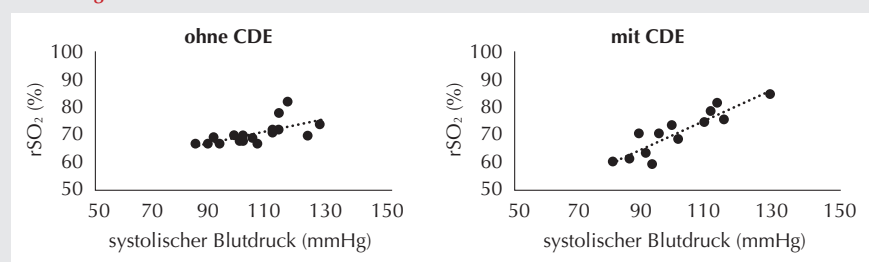
Die statistische Auswertung wurde mittels Excel® (Microsoft Corporation, Redmond, USA) durchgeführt. Die Daten wurden unter Verwendung des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung getestet. Die gemessenen Daten werden als Median und Quartile dargestellt. Normalverteilte Daten wurden mit dem ungepaarten t-Test (t) verglichen. Daten, die nicht normalverteilt waren, wurden unter Verwendung des Mann-Whitney-U-Tests (M) zwischen zwei Gruppen verglichen. SPSS Sample Power Version 3.0.1 (Michael Borenstein, Ehingen, Deutschland) und G*Power Version 3.1.5 (Franz Faul, Universität Kiel, Deutschland) wurden zur Berechnung der Effektgröße und der statistischen Leistung verwendet.

Abbildung 2



70 Patienten wurden in die Studie eingeschlossen: Bei 59 Patienten (A1) lag der systolische Blutdruck bei $<80\%$ im Vergleich zu den in Rückenlage gemessenen Werten (Ausgangswert); bei 11 Patienten (A2) betrug der systolische Blutdruck $\geq 80\%$ im Vergleich zu den Ausgangswerten. In Gruppe A1 litten 27 Patienten an einer zerebralen Desaturierung (CDE), 32 waren nicht betroffen. In Gruppe A2 waren 3 Patienten von einer CDE betroffen.

Abbildung 3



Gegenüberstellung der Messwerte für systolischen Blutdruck (RR syst) und rSO_2 für Patient ohne CDE und Patient mit CDE in Beach-Chair-Position; durchgezogene Linie: Darstellung der Regressionsgeraden.

Für den Parameter Steigung der R wurde eine relative Häufigkeitsverteilung in Form von Sensitivität und Spezifität ermittelt. In einem Diagramm wurden Sensitivität (Richtig-Positiv-Rate) als Ordinate und Spezifität (Falsch-Positiv-Rate) als Abszisse gegeneinander aufgetragen und die Receiver-Operating-Characteristic-Kurve (ROC) bestimmt. Die zur Berechnung der Steigung der R notwendigen Werte für rSO₂ und systolischen Blutdruck wurden während des gesamten Operationsverlaufs, d. h. 1. Messung nach Lagerung des Patienten in Rückenlage vor Applikation von Sauerstoff und Narkoseeinleitung bis hin zur Beendigung der Operation und Extubation des Patienten ermittelt. Die Berechnung der ROC-Kurven erfolgte mittels „R Version 3.3.2“ (Wien, Österreich). Für die Anwendung der ROC-Kurve als Qualitätsmaß wurde die Fläche unter der Kurve (AUC) berechnet. Innerhalb der berechneten ROC-Kurve der Steigung von Patienten ohne und mit CDE einer Gruppe wurde der Cut-off-Punkt bestimmt, bei dem eine Sensitivität >0,8 vorlag. Anhand eines Chi-Quadrat-Tests erfolgte die Berechnung der Odds Ratio, des relativen Risikos und des positiv prädiktiven Werts (PPV) für das Vorliegen einer Krankheit (CDE) und eines Risikofaktors (Steigung > bestimmter Cut-off-Wert). Ein Wert von p<0,05 wurde als statistisch signifikant angesehen. Die Ergebnisse und statistischen Berechnungen wurden sowohl durch einen unabhängigen Statistiker als auch durch Statistiker der Technischen Universität München überprüft.

Die neurologische Untersuchung erfolgte postoperativ im Rahmen der routinemäßig durchgeführten orthopädischen Untersuchung vier bis sechs Wochen nach der Operation durch die Abteilung für Orthopädie und Unfallchirurgie. Untersucht wurden neu aufgetretene postoperative motorische Störungen oder Einschränkungen. Ebenso erfolgte eine neurologische Beurteilung. Hierbei wurden die Orientierung des Patienten zu Ort, Zeit, Person und Situation bewertet und eine mögliche Gang- oder Standunsicherheit untersucht. Diese Untersuchung erfolgte stets durch den-

selben ärztlichen Kollegen. Hierdurch sollten unterschiedliche Beurteilungen durch verschiedene Untersucher ausgeschlossen werden. Bei Auffälligkeiten sollte eine Vorstellung des Patienten in der Abteilung für Neurologie zur weiteren Abklärung erfolgen. Bezüglich stattgefundener CDE wurde der Kollege der Abteilung für Orthopädie und Unfallchirurgie vor der Untersuchung nicht informiert. Außerdem wurde die postoperative Liege- bzw. Krankenhauserweildauer aller teilnehmenden Patienten untersucht.

Ergebnisse

Bei 27 der 59 (46%) Patienten der Gruppe A1 wurde ein CDE beobachtet (Abb. 2).

Bezüglich demografischer Merkmale gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen Patienten mit (n=27) und ohne (n=32) CDE in Beach-Chair-Position in Bezug auf Alter (p=0,12), Größe (p=0,18) und Gewicht (p=0,14). Die präoperativ gemessene Hämoglobinkonzentration zeigte ebenfalls keinen signifikanten Unterschied (p=0,62). Weder in der Gruppe ohne (n=32) noch in der Gruppe mit (n=27) CDE ergab sich ein signifikanter Unterschied bezüglich der Häufigkeit eines Geschlechts. Die Tabellen 1 und 2 zeigen die demografischen Daten im Vergleich. Auch die insgesamt in Beach-Chair-Position verbrachte Zeit unterschied sich nicht signifikant zwischen Patienten mit (n=27) und ohne

(n=32) CDE (85 vs. 91 min, p=0,98).

Das mediane etCO₂ betrug 35 mmHg (Q1=32,0 mmHg; Q3=37,8 mmHg; n=32) bei Patienten ohne CDE und 34 mmHg (Q1=33,0 mmHg; Q3=35,0 mmHg; n=27) bei Patienten mit CDE (p=0,41) in Beach-Chair-Position.

Tabelle 3 und Abbildung 4 zeigen den Verlauf des systolischen Blutdrucks für Patienten aus Gruppe A1. Dabei ergab sich zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Unterschied zwischen Patienten ohne (n=32) und Patienten mit (n=27) CDE. In Beach-Chair-Position (T6) betrug der mediane systolische Blutdruck 92,4 mmHg (Q1=86,9 mmHg; Q3=99,8 mmHg; n=32) für Patienten ohne CDE und 90,7 mmHg (Q1=86,7 mmHg; Q3=96,8 mmHg; n=27) für Patienten mit CDE (p=0,16). Tabelle 4 und Abbildung 5 zeigen in einer Gegenüberstellung den entsprechenden rSO₂-Verlauf für Patienten ohne (n=32) und mit (n=27) CDE in Beach-Chair-Position. Ein signifikanter Unterschied ergab sich für das in Beach-

Tabelle 2

Geschlechtsverteilung der Patienten aus Gruppe A1 ohne (n=32) und mit (n=27) pathologischen rSO₂-Werten: p=1,000; Odds Ratio: 1,029 (KI 95%: 0,3666–2,886); relatives Risiko: 1,013 (KI 95%: 0,6412–1,596)

Pathologie	Männer	Frauen	Gesamt
oP	18	14	32
mP	15	12	17
Gesamt	33	26	59

Tabelle 1

Demografische Daten der Gruppe A1 ohne (n=32) und mit (n=27) pathologischen rSO₂-Werten in Beach-Chair-Position; †=t-Test

	Pathologie	Median	Q ₂₅	Q ₇₅	P
Alter (Jahre)	oP	47,0	37,0	60,5	0,1187 [†]
	mP	56,0	46,0	62,0	
Größe (cm)	oP	176,0	165,0	182,8	0,1775 [†]
	mP	171,0	160,0	180,0	
BMI (kg/m ²)	oP	25,3	21,8	27,7	0,1392 [†]
	mP	26,1	24,7	28,4	
Hb (g/dl)	oP	14,8	13,8	15,4	0,6179 [†]
	mP	14,4	13,6	15,7	

Tabelle 3

Verlauf systolischer Blutdruck (RR syst) in Gruppe A1 ohne (oP; n=32) und mit (mP; n=27) pathologischen rSO₂-Werten in Beach-Chair-Position; **Messzeitpunkte:** 1: vor Sauerstoffgabe, 2: mit Sauerstoff, 3: nach Präoxygenierung, 4: nach Insertion Larynxmaske (LM), 5: 1. Wert nach Lagerung in Beach-Chair-Position (bc), 6: Verlauf in bc; †=t-Test.

Zeitpunkt	Pathologie	Median	Q ₂₅	Q ₇₅	P
1	oP	137,0	129,5	143,0	0,7428†
	mP	137,0	128,0	151,0	
2	oP	134,5	125,0	147,0	0,9775†
	mP	133,0	125,0	144,0	
3	oP	132,0	119,5	146,8	0,3905†
	mP	140,0	120,0	149,0	
4	oP	112,5	95,8	120,8	0,4755†
	mP	112,0	98,0	118,0	
5	oP	97,0	76,3	107,0	0,5713†
	mP	100,0	85,0	105,0	
6	oP	92,4	86,9	99,8	0,1576†
	mP	90,7	86,7	96,8	

Tabelle 4

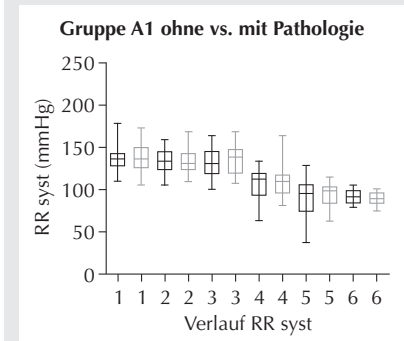
Verlauf rSO₂ in Gruppe A1 ohne (n=32) und mit (n=27) pathologischen rSO₂-Werten in Beach-Chair-Position; **Messzeitpunkte:** 1: vor Sauerstoffgabe, 2: mit Sauerstoff, 3: nach Präoxygenierung, 4: nach Insertion Larynxmaske (LM), 5: 1. Wert nach Lagerung in Beach-Chair-Position (bc), 6: Verlauf in bc; †=t-Test.

Zeitpunkt	Pathologie	Median	Q ₂₅	Q ₇₅	P
1	oP	69,5	66,6	77,5	0,3527†
	mP	73,5	66,0	80,5	
2	oP	74,3	71,1	84,1	0,5297†
	mP	77,5	72,0	83,0	
3	oP	77,5	69,9	85,0	0,7458†
	mP	77,5	74,0	83,5	
4	oP	80,8	74,5	88,6	0,9605†
	mP	79,5	77,0	87,0	
5	oP	78,0	70,1	85,8	0,3671†
	mP	75,0	69,0	81,0	
6	oP	75,9	71,1	82,3	0,0002†
	mP	67,5	63,3	73,1	

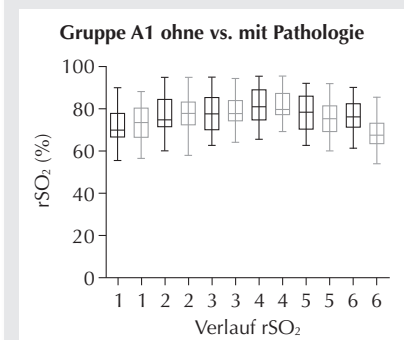
Chair-Position verbrachte Zeitintervall (T6; p=0,0002). Hier betrug die mediane rSO₂ 75,9 (Q1=71,1; Q3=82,3; n=32) für Patienten ohne CDE und 67,5 (Q1=63,3; Q3=73,1; n=27) für Patienten mit CDE. Der Unterschied war signifikant (p=0,0002).

Die Veränderung des systolischen Blutdrucks – gemessen in Beach-Chair-Position (T6) verglichen mit dem Ausgangs-

wert in Rückenlage (T1) – ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen Patienten ohne pathologische rSO₂-Werte in Beach-Chair-Position und solchen, die vom Auftreten eines CDE betroffen waren (p=0,29). Der Unterschied für den systolischen Blutdruck betrug im Median -41,9 mmHg (Q1=-32,4 mmHg; Q3=-50,2 mmHg; n=32) für Patienten ohne CDE und -47,2 mmHg (Q1=-37,5 mmHg; Q3=-55,7 mmHg; n=27) für

Abbildung 4

Verlauf systolischer Blutdruck der Gruppe A1 ohne (n=32; schwarz) und mit (n=27; grau) pathologischen rSO₂-Werten in Beach-Chair-Position; **Messzeitpunkte:** 1: vor Sauerstoffgabe (p=0,7428), 2: mit Sauerstoff (p=0,9775), 3: nach Präoxygenierung (p=0,3905), 4: nach Insertion Larynxmaske (LM) (p=0,4755), 5: 1. Wert in Beach-Chair-Position (bc) (p=0,5713), 6: Verlauf in bc (p=0,1576).

Abbildung 5

Verlauf rSO₂ der Gruppe A1 ohne (n=32; schwarz) und mit (n=27; grau) pathologischen rSO₂-Werten in Beach-Chair-Position; **Messzeitpunkte:** 1: vor Sauerstoffgabe (p=0,3527), 2: mit Sauerstoff (p=0,5297), 3: nach Präoxygenierung (p=0,7458), 4: nach Insertion Larynxmaske (LM) (p=0,9605), 5: 1. Wert nach in Beach-Chair-Position (bc) (p=0,3671), 6: Verlauf in bc (p=0,0002).

Patienten mit CDE (Tab. 5). Die Veränderung der rSO₂ wies zwischen Patienten ohne und mit CDE einen signifikanten Unterschied auf. So stieg die rSO₂ bei Patienten ohne CDE im Median um 5,7% (Q1=1,4%; Q3=9,6%, n=32), während bei Patienten mit CDE der rSO₂-Wert um 5,7% abnahm (Median; Q1=-8,5%; Q3=-1,9%; n=27; p<0,01) (Tab. 5).

Die Steigung der R, welche die Beziehung zwischen rSO₂-Werten und systoli-

schem Blutdruck beschreibt, wies einen statistisch signifikanten Unterschied auf ($p < 0,01$). Bei Patienten ohne CDE in Beach-Chair-Position betrug der aus beiden Seiten gemittelte Wert 0,11 (Q1: 0,05; Q3: 0,20; $n = 32$). Bei Patienten mit pathologischen rSO_2 -Werten während der Lagerung in Beach-Chair-Position betrug die Steigung der R 0,22 (Q1: 0,16; Q3: 0,36; $n = 27$) für den Mittelwert der linken und rechten Seite (Tab. 6 und Abb. 6).

Die ROC-Kurven für die verschiedenen Steigungen der R für Patienten mit oder ohne pathologische rSO_2 -Werte in Beach-Chair-Position ergaben eine AUC

von 0,74 für den Mittelwert aus linker und rechter Seite. Die Steigung der R, die die Patienten in Gruppen mit einer Sensitivität von $> 0,8$ zum Nachweis von CDE einteilt, betrug für den Mittelwert aus linker und rechter Seite 0,1121. Die entsprechende Odds Ratio und das relative Risiko betragen 5,3 und 2,9. Abbildung 7 zeigt eine ROC-Kurve für die Steigung der Regressionsgeraden für Patienten ohne ($n = 32$) und mit ($n = 27$) CDE in Beach-Chair-Position. Tabelle 7 zeigt eine Gegenüberstellung von Patienten ohne und mit pathologischen rSO_2 -Werten, wenn als Cut-off-Wert für die Steigung der R der Wert verwendet

wird, der anhand einer Analyse der ROC-Kurve eine Sensitivität von 80% erreicht.

Die im Rahmen der orthopädischen Nachuntersuchung durchgeführte neurologische Untersuchung ergab bei keinem Patienten einen auffälligen Befund, unabhängig davon, ob er während der Lagerung in Beach-Chair-Position vom Auftreten pathologischer rSO_2 -Werte betroffen war oder nicht. Die postoperative Liegedauer im Krankenhaus betrug im Median 3,5 Tage für Patienten ohne pathologische rSO_2 -Werte ($n = 32$) und 4,0 Tage bei Patienten mit CDE ($n = 27$) in Beach-Chair-Position. Das Ergebnis war nicht signifikant ($p = 0,38$).

Tabelle 5

Veränderung des systolischen Blutdrucks gemessen in Beach-Chair-Position (T6) verglichen mit dem Ausgangswert in Rückenlage (T1); †: ungepaarter T-Test; †: Mann-Whitney-U-Test; CDE: cerebral desaturation event.

Differenz T1–T6	CDE	Median	Q ₂₅	Q ₇₅	P
RR syst (mmHg)	Nein	-41,9	-32,4	-50,2	0,2909 ^M
	Ja	-47,2	-37,5	-55,7	
rSO ₂ (%)	Nein	+5,7	+1,4	+9,6	<0,01 [†]
	Ja	-5,0	+8,5	+1,9	

Tabelle 6

Steigung der Regressionsgeraden: Gruppe A1 ohne (oP; $n = 32$) und mit (mP; $n = 27$) pathologischen rSO_2 Werten in beach chair Position; †=t-Test.

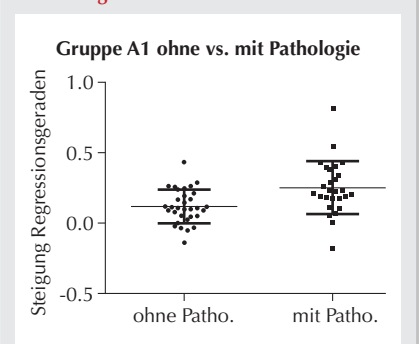
A1	Pathologie	Median	Q ₂₅	Q ₇₅	P
Steigung	oP	0,11	0,05	0,20	0,0019 [†]
	mP	0,22	0,16	0,36	

Tabelle 7

Vergleich der Steigung der Regressionsgeraden zwischen Patienten aus Gruppe A1 ohne ($n = 32$) und mit ($n = 27$) pathologischem rSO_2 -Verlauf während der Lagerung in Beach-Chair-Position: Cut-off-Wert: 0,1121; Odds Ratio: 5,343 (KI 95%: 1,607–17,17); relatives Risiko: 2,961 (KI 95%: 1,261–6,953); Positiv prädiktiver Wert (PPV): 0,5484 (KI 95%: 0,3603–0,7268)

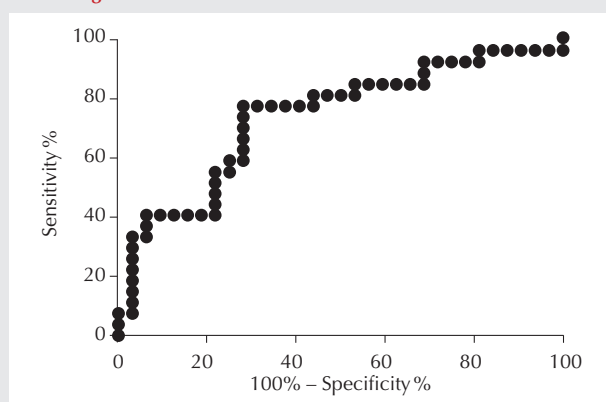
Gruppe A1	Steigung <0,1121	Steigung >0,1121	Gesamt
oP	17	15	32
mP	5	22	27
Gesamt	22	37	59

Abbildung 6



Vergleich der Steigung der Regressionsgeraden bei Patienten ohne (links, $n = 32$) und mit (rechts, $n = 27$) pathologischen Werten der regionalen zerebralen Sauerstoffsättigung (rSO_2) in Beach-Chair-Position. Die Linien beschreiben die Werte Median, Quartil 25% und Quartil 75% ($p < 0,01$). Die Punkte beschreiben die Ergebnisse für jeden einzelnen Patienten. Effect size $d = 0,83$; Power: 0,88.

Abbildung 7



Receiver Operating Characteristic (ROC)-Kurve für Patienten der Gruppe A1 ohne ($n = 32$) und mit ($n = 27$) pathologischen rSO_2 -Werten in Beach-Chair-Position: Steigung der Regressionsgeraden für die Abhängigkeit von rSO_2 und systolischem Blutdruck; AUC = 0,74; Sensitivität $> 80\%$: Steigung $> 0,1121$; Spezifität hier: 56,25%.

Diskussion

Die oben genannten Komplikationen nach Operationen an der Schulter in Beach-Chair-Position führten zu einer Vielzahl von Untersuchungen. So wurde die Inzidenz pathologischer rSO_2 -Werte zwischen Patienten, die in Beach-Chair-Position operiert wurden, mit der Inzidenz von Patienten, die in Seitenlagerung operiert wurden, verglichen [12]. Anhand einer Fallserie von 20 Patienten untersuchten Moerman et al. die Auswirkungen der Lagerung in Beach-Chair-Position auf die mittels NIRS gemessene rSO_2 [14]. Ziel war es, die Inzidenz pathologischer rSO_2 -Werte in Beach-Chair-Position aufzuzeigen. Trotz dieser und weiterer Untersuchungen an Patienten in Beach-Chair-Position, die Murphy et al. in einer Übersichtsarbeit zum Thema Patientensicherheit in Beach-Chair-Position darstellten, ist die vorliegende Studie die erste, die gezielt Veränderungen der rSO_2 bei Patienten ohne kardiovaskuläres Risikoprofil charakterisiert, die in Beach-Chair-Position bei bestehender permissiver Hypotonie operiert werden [1].

Nahezu 50% der Patienten mit einem Blutdruckabfall von mehr als 20% gegenüber den in Rückenlage gemessenen Ausgangswerten wiesen in Beach-Chair-Position in der Folge pathologische rSO_2 -Werte auf. Betrachtet man dabei den Blutdruckverlauf zwischen Patienten ohne und mit CDE in Beach-Chair-Position, so zeigt sich zu keinem der Messzeitpunkte 1–6 ein signifikanter Unterschied (Abb. 4, Tab. 3). Der Verlauf der rSO_2 zeigt während der Lagerung in Beach-Chair-Position (6) einen signifikant kleineren Wert für Patienten mit CDE (Abb. 5, Tab. 4).

Patienten mit pathologischen rSO_2 -Werten zeigten dabei entgegen der möglichen Annahme, ein stärkerer Blutdruckabfall sei für das Auftreten pathologischer rSO_2 -Werte in Beach-Chair-Position verantwortlich, keinen signifikant größeren relativen oder absoluten Abfall des systolischen Blutdrucks im Vergleich zu Patienten ohne CDE bei gleichzeitig signifikant größerem Abfall der rSO_2 (Tab. 5). Unsere Ergebnisse

zeigen, dass kardiovaskulär gesunde Patienten keineswegs gleichmäßig auf Lageveränderungen und damit einhergehende Blutdruckveränderungen mit Veränderungen der zerebralen Perfusion und der rSO_2 reagieren und somit entgegen bisheriger Annahmen keine homogene Patientengruppe darstellen. Die hierfür verantwortliche unterschiedliche Abhängigkeit der rSO_2 vom systolischen Blutdruck wird dabei durch einen signifikanten Unterschied in der Steigung der R zwischen Patienten ohne und mit pathologischen rSO_2 -Werten in Beach-Chair-Position dargestellt. Patienten ohne pathologische rSO_2 -Werte in Beach-Chair-Position wiesen eine signifikant kleinere Steigung der R (0,11) auf. Dies bedeutet, die rSO_2 reagierte bei diesen Patienten auf Veränderungen des systolischen Blutdrucks weniger ausgeprägt als bei Patienten mit CDE in Beach-Chair-Position, bei denen eine signifikant größere Abhängigkeit der rSO_2 vom systolischen Blutdruck vorlag.

In der Literatur wird eine durch intraoperative Hypotonie verursachte zerebrale Hypoperfusion als Hauptursache für neurologische Komplikationen nach Operationen in Beach-Chair-Position angesehen [10,14,23]. In der Folge ergab sich als Interventionsgrenze für den Abfall des systolischen Blutdrucks ein Wert $>20\%$ verglichen mit dem zuvor in Rückenlage ermitteltem präoperativen Wert, um eine Unterschreitung der unteren Grenze der zerebralen Autoregulation zu vermeiden [10,23].

Laflam et al. berichteten in diesem Zusammenhang über eine beeinträchtigte zerebrale Autoregulation und niedrigere rSO_2 -Werte bei Patienten, die in Beach-Chair-Position ohne zulässige permissive Hypotonie operiert wurden, verglichen mit Patienten in Seitenlagerung [11]. Darüber hinaus zeigten Patienten, die in Beach-Chair-Position operiert wurden, eine steilere Korrelation zwischen rSO_2 -Werten und systolischen Blutdruckwerten als Patienten in Seitenlage [11]. Diese Ergebnisse deuten auf eine möglicherweise veränderte zerebrale Autoregulation beziehungsweise verschobene Grenzen der zerebralen Autoregulation in Beach-Chair-Position hin.

Durch den Aufsetzvorgang des Patienten aus der liegenden in die Beach-Chair-Position kommt es zu einem hydrostatischen Druckgefälle zwischen linkem Ventrikel und äußerem Gehörgang. Dessen Auswirkungen auf den Blutdruck und resultierend auf den zerebralen Perfusionsdruck sind noch nicht abschließend geklärt [6,24]. Der Wasserfallhypothese entsprechend ist daher eine Anpassung des auf Herzhöhe gemessenen systolischen Blutdrucks entsprechend der hydrostatischen Druckdifferenz erforderlich, während dies bei Anwendung der Siphonhypothese aufgrund eines in sich geschlossenen Röhrensystems vernachlässigbar ist [6,24].

In Anlehnung an die Siphonhypothese wurde in der vorliegenden Arbeit keine Anpassung des auf Herzhöhe gemessenen systolischen Blutdrucks durchgeführt. Der Vergleich des systolischen Blutdrucks zwischen Patienten ohne und Patienten mit CDE ergab in unserer Studie keinen signifikanten Unterschied während der Lagerung in Beach-Chair-Position (T6; $p=0,15$). Im Vergleich zu den am Gehörgang gemessenen Blutdruckwerten müssten die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung gemessenen Werte gemäß der Wasserfallhypothese um ungefähr -20 bis -30 mmHg korrigiert werden. In der Folge würden sowohl Patienten ohne als auch Patienten mit CDE in der vorliegenden Untersuchung die Untergrenze der zerebralen Autoregulation von 60 mmHg unterschreiten. Unsere Daten zeigen somit, dass selbst Blutdruckwerte unterhalb des akzeptierten Niveaus der unteren Grenze der zerebralen Autoregulation nicht notwendigerweise CDE verursachen. Die Siphonhypothese könnte das Fehlen nachteiliger Auswirkungen einer permissiven Hypotonie bei Patienten ohne CDE erklären [13,20].

Die Durchführung einer permissiven Hypotonie während Operationen in Beach-Chair-Position ist nach wie vor umstritten [20,25]. Die derzeitige Praxis der Blutdrucktherapie und die Empfehlungen zur Behandlung der intraoperativen Hypotonie beruhen dabei hauptsächlich auf Expertenmeinungen [4,25]. Eine permissive Hypotonie,

definiert als ein Blutdruckabfall $>20\%$ vom Ausgangswert, wie er in unserer Studie auftrat, war in 27 Fällen mit dem Auftreten eines CDE in Beach-Chair-Position assoziiert und stellt daher möglicherweise ein Risiko für das Auftreten pathologischer rSO_2 -Werte in Beach-Chair-Position dar. Betrachtet man Patienten der Gruppe A2 ohne permissive Hypotension, so zeigt sich, dass auch hier pathologische rSO_2 -Werte mit einer Inzidenz von 38% auftraten. Das Auftreten einer permissiven Hypotension ohne strikte Gegenregulation oder Intervention führte in ähnlichen Untersuchungen in Beach-Chair-Position in bis zu 80% zum Auftreten pathologischer rSO_2 -Werte [13,14]. Eine isolierte Betrachtung des systolischen Blutdrucks gemessen in Beach-Chair-Position erlaubt anhand der Ergebnisse unserer Studie keine Einschätzung bezüglich des Auftretens eines CDE in Beach-Chair-Position. Ein Vergleich mit der von Jeong et al. durchgeführten Untersuchung an 40 in Beach-Chair-Position operierten Patienten bekräftigt dieses Ergebnis [26]. Im Rahmen der Allgemeinanästhesie erhielt hier ein Teil der Patienten Sevofluran und Distickstoffmonoxid, ein anderer Teil Propofol und Remifentanyl. Bei erstgenannten Patienten kam es signifikant seltener zum Auftreten einer intraoperativen Hypotension, definiert als ein MAP <50 mmHg. Bezüglich des Auftretens pathologischer rSO_2 -Werte in Beach-Chair-Position konnte kein signifikanter Unterschied gezeigt werden, d.h. eine intraoperative Hypotension führte nicht zu einem signifikant häufigeren Auftreten pathologischer rSO_2 -Werte bei Patienten in Beach-Chair-Position [23,26].

Die sich ergebende klinische Bedeutung der auftretenden CDE bleibt spekulativ. Die Auswirkungen einer kontrollierten Hypotonie auf die zerebrale Perfusion während einer arthroskopischen Schulteroperation und mögliche neurologische Folgeschäden wurden zuvor von Gillespie et al. analysiert [25]. Der angestrebte systolische Blutdruck für die Patienten betrug während der Lagerung in Beach-Chair-Position 90 bis 100 mmHg. Der durchschnittliche Abfall des

systolischen Blutdrucks gegenüber dem Ausgangswert betrug 36% [25]. Bei drei von 52 aufeinanderfolgenden Patienten kam es zu Ischämie-typischen Veränderungen in der Elektroenzephalographie. Neurologische Folgeschäden wurden nicht beobachtet [25]. Unklar bleibt daher, ab welchem Zeitraum eine Unterschreitung der genannten Grenzwerte für die rSO_2 tatsächlich auch mit dem Auftreten postoperativer Folgeschäden assoziiert ist. Dies sollte in der tatsächlichen Risikobewertung für die Durchführung einer Operation in permissiver Hypotonie berücksichtigt werden und bedarf weiterer Untersuchungen [27]. Keinem unserer Patienten, die während der Lagerung in Beach-Chair-Position von einem CDE betroffen waren, wurde in der Nachuntersuchung ein neurologisches Defizit bzw. Auffälligkeiten attestiert. Wenn auch diese Untersuchung nicht anhand strikter neurologischer Tests durchgeführt wurde, so zeigt sie doch ein einheitliches Bild. Auch in den Untersuchungen von Moerman et al. [14] und Salazar et al. [13] wiesen die Patienten trotz einer Inzidenz von bis zu 80% für das Auftreten eines CDE in Beach-Chair-Position postoperativ keinerlei neurologische Auffälligkeiten auf. Patienten mit CDE während der Lagerung in Beach-Chair-Position unterschieden sich nicht signifikant von Patienten ohne CDE im Hinblick auf die postoperative Liege- bzw. Krankenhausverweildauer.

Die Ergebnisse unserer Studie in Verbindung mit den von Laflam et al. [11], Lee et al. [20] und Gillespie et al. [25] durchgeführten Untersuchungen sowie die jahrzehntelange klinische Erfahrung legen nahe, dass kardiovaskulär gesunde Patienten, die in Beach-Chair-Position operiert werden, eine signifikante Senkung des systolischen Blutdrucks ohne negative zerebrale Schäden tolerieren, selbst wenn es zum Auftreten eines CDE kam. Die isolierte Betrachtung des gemessenen Blutdruckwertes lässt dabei nur bedingt Rückschlüsse auf eine mögliche zerebrale Unterversorgung mit Sauerstoff, dargestellt durch erniedrigte rSO_2 -Werte, zu. Verantwortlich hierfür scheint die interindividuell unterschiedliche Abhängigkeit der rSO_2 vom systo-

lischen Blutdruck zu sein. Patienten mit CDE während der Lagerung in Beach-Chair-Position haben den Ergebnissen unserer Studie entsprechend eine höhere Abhängigkeit der rSO_2 vom systolischen Blutdruck als Patienten ohne CDE, dargestellt durch eine entsprechend größere Steigung der entsprechenden R.

Wie zuvor erwähnt, unterschied sich die Steigung der R von rSO_2 und systolischem Blutdruck signifikant zwischen Patienten ohne und mit pathologischen rSO_2 -Werten in Beach-Chair-Position. Durch eine Weiterentwicklung des aktuellen anästhesiologischen Monitorings mit dem Ziel einer parallelen Messung von systolischem Blutdruck und rSO_2 und gleichzeitiger Berechnung der sich ergebenden Steigung der R könnte diese Abhängigkeit bereits intraoperativ bestimmt und das weitere Blutdruckmanagement dementsprechend durchgeführt werden. Pathologische rSO_2 -Werte beziehungsweise kritische Veränderungen des systolischen Blutdrucks ließen sich dadurch frühzeitig erkennen und vorhersagen. Durch die Analyse der zugehörigen ROC-Kurven kann die Steigung der R mit der höchsten Sensitivität ermittelt werden, das heißt Patienten mit pathologischen rSO_2 -Werten auch als solche zu erkennen (Abb. 7, Tab. 6).

Zeitpunkt, Anzahl und Art der Interventionen zur Behandlung von niedrigen systolischen oder mittleren arteriellen Blutdruckwerten durch den behandelnden Anästhesiologen während der Operation wurden aufgezeichnet, jedoch nicht weiter analysiert. Da die Anwendung von Noradrenalin als Vasopressor auch zu einer Abnahme der rSO_2 führen kann, kann dies als möglicher Störfaktor angesehen werden. 21 Patienten, die ein CDE in Beach-Chair-Position erlitten, wurden mit Noradrenalin aufgrund einer Hypotonie behandelt. Bei den anderen 6 Patienten erfolgte keine Intervention.

Schlussfolgerung

Zusammenfassend zeigen unsere Ergebnisse, dass eine vermeintlich homogene Patientengruppe ohne kardiovaskuläres Risiko, die in Beach-Chair-Position operiert wird, auf einen Blutdruckabfall im

Rahmen einer permissiven Hypotonie unterschiedlich mit Veränderungen der rSO_2 reagiert. Bei rund 50% unserer Patienten traten während der permissiven Hypotonie pathologische rSO_2 -Werte auf. Den Ergebnissen unserer Studie zufolge resultierten diese aus einer signifikant stärkeren Abhängigkeit der rSO_2 vom systolischen Blutdruck bei Patienten mit als bei Patienten ohne CDE. Durch die gleichzeitig zur Messung von rSO_2 und Blutdruck ermittelte Steigung der entsprechenden R könnte diese interindividuell unterschiedliche Abhängigkeit der rSO_2 vom systolischen Blutdruck bereits intraoperativ bestimmt und das weitere Blutdruckmanagement entsprechend gestaltet werden.

Literatur

- Murphy GS, Greenberg SB, Szokol JW: Safety of beach chair position shoulder surgery: a review of the current literature. *Anesth Analg* 2019;129:101–118
- Kobborg TK, Pedersen AB, Larsen JK: Cerebral infarction can be a consequence of anaesthesia in beach chair position. *Ugeskr Laeger* 2015;177:V10140573
- Rains DD, Rooke GA, Wahl CJ: Pathomechanisms and complications related to patient positioning and anesthesia during shoulder arthroscopy. *Arthroscopy* 2011;27:532–541
- Pohl A, Cullen DJ: Cerebral ischemia during shoulder surgery in the upright position—a case series. *J Clin Anaesth* 2005;17:463–469
- Dippmann C, Winge S, Nielsen HB: Severe cerebral desaturation during shoulder arthroscopy in the beach-chair position. *Arthroscopy* 2010;26:148–150
- Weyland A, Grüne F: Intraoperative Hypotension – Pathophysiologie und Konsequenzen. beach chair Position
- Budget MI, Atalar AC, Edipoglu IS, Sungar Z, Sivrikoz N, Karadeniz M et al: Patient state index and cerebral blood flow changes during shoulder arthroscopy in beach chair position. *Braz J Anesthesiol*. 2016;66:470–474
- Buhre W, Weyland A, Buhre K, Kazmaier S, Mursch K, Schmidt M et al: Effects of the sitting position on the distribution of blood volume in patients undergoing neurosurgical procedures. *Br J Anaesth* 2000;84:354–357
- Jeong H, Lee SH, Jang EA, Chung SS, Lee J, Yoo KY: Haemodynamics and cerebral oxygenation during arthroscopic shoulder surgery in beach chair position under general anesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand* 2012;56:872–879
- Cullen DJ, Kirby RR: Beach Chair position may decrease cerebral perfusion. *J Anesth patient safety foundation* 2007;22:25–40
- Laflam A, Joshi B, Brady K, Yenokyan G, Brown C, Everett A, et al: Shoulder surgery in the beach chair position is associated with diminished cerebral autoregulation but no differences in postoperative cognition or brain injury biomarker levels compared with supine positioning: the anesthesia patient safety foundation beach chair study. *Anesth Analg* 2015;120:176–185
- Murphy GS, Szokol JW, Marymont JH, Greenberg SB, Avram MJ, Vender JS, et al: Cerebral oxygen desaturation events assessed by near-infrared spectroscopy during shoulder arthroscopy in the beach chair and lateral decubitus positions. *Anesth Analg* 2010;111:496–505
- Salazar D, Sears BW, Aghdasi B, Only A, Francois A, Tonino P, et al: Cerebral desaturation events during shoulder arthroscopy in the beach chair position: patient risk factors and neurocognitive effects. *J Shoulder Elbow Surg* 2013;1–8
- Moerman AT, De Hert SG, Jacobs TF, De Wilde LF, Wouters PF: Cerebral oxygen desaturation during beach chair position. *Eur J Anaesthesiol* 2012;29:82–87
- Monk TG, Saini V, Weldon BC, Sigl JC: Anesthetic management and one-year mortality after noncardiac surgery. *Anesth Analg* 2005;100:4–10
- Morrison DS, Schaefer RK, Friedman RL: The relationship between subacromial space pressure, blood pressure, and visual clarity during arthroscopic subacromial decompression. *Arthroscopy* 1995;11:557–560
- Lee TH, Marcantonio ER, Mangione CM, Thomas EJ, Polanczyk CA, Cook EF, et al: Derivation and prospective validation of a simple index for prediction of cardiac risk of major noncardiac surgery. *Circulation* 1999;100:1043–1049
- Saklad M: Grading of patients for surgical procedures. *Anesthesiology* 1941;2:281–284
- Wolters U, Wolf T, Stützer H, Schröder T: ASA classification and perioperative variables as predictors of postoperative outcome. *Br J Anaesth* 1996;77:217–222
- Lee JH, Min KT, Chun YM, Kim EJ, Choi SH: Effects of beach-chair position and induced hypotension on cerebral oxygen saturation in patients undergoing arthroscopic shoulder surgery. *Arthroscopy* 2011;27:889–894
- Murkin JM, Adams SJ, Novick RJ: Monitoring brain oxygen saturation during coronary bypass surgery: a randomized, prospective study. *Anesth Analg* 2007;104:51–58
- Casati A, Fanelli G, Pietropaoli P: Continuous monitoring of cerebral oxygen saturation in elderly patients undergoing major abdominal surgery minimizes brain exposure to potential hypoxia. *Anesth Analg* 2005;101:740–747
- Tange K, Kinoshita H, Mionishi T, Hatakeyama N, Matsuda N, Yamazaki M et al: Cerebral oxygenation in the beach chair position before and during general anesthesia. *Minerva Anesthesiol* 2010;76:485–490
- Hicks J, Munis J: The siphon controversy counterpoint: the brain need not be baffling. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2005;289:629–632
- Gillespie R, Shishani Y, Streit J, Wanner JP, McCrum C, Syed T et al: The safety of controlled hypotension for shoulder arthroscopy in the beach-chair position. *J Bone Joint Surg Am* 2012;94:1284–1290
- Jeong H, Jeong S, Lim HJ, LEE J, Yoo KY: Cerebral oxygen saturation measured by near-infrared spectroscopy and jugular venous bulb oxygen saturation during arthroscopic shoulder surgery in beach chair position under sevoflurane-nitrous oxide or propofol-midazolam anesthesia. *Anesthesiology* 2012;116:1047–1056
- Kurth CD, McCann JC, Wu J, Miles L, Loepke AW: Cerebral oxygen saturation-time threshold for hypoxic-ischemic injury in piglets. *Anesth Analg* 2009;108:1268–1277.

Korrespondenz- adresse



**Dr. med.
Florian Fuchsgruber**

Klinik für Anästhesiologie,
operative Intensivmedizin und
Schmerztherapie
Klinikum Bogenhausen
Lehrkrankenhaus der Technischen
Universität München
Englschalkinger Straße 77
81925 München, Deutschland
Tel.: 089 9270-2167
Fax: 089 9270-2161
E-Mail: Florian.Fuchsgruber@
muenchen-klinik.de
ORCID-ID: 0000-0002-4455-3462