

Diplomarbeit

**Einfluss von präexistenten Komorbiditäten auf die Wahl
des Anästhesieverfahrens bei elektiven
Routineoperationen**

eingereicht von

Sophie Schelch

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin der gesamten Heilkunde

(Drⁱⁿ. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt am

Universitätsklinikum für Anästhesie und Intensivmedizin

ausgeführt an der

Klinischen Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin 1

unter der Anleitung von

Dr. med. univ. Alexander Pichler

Assoz. Prof. Priv.-Doz. Dr. med. univ. Andrea Kurz

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Des Weiteren erkläre ich hiermit, dass, sofern bei der Erstellung dieser Arbeit Künstliche Intelligenz (KI) Werkzeuge zur Generierung und/oder Korrektur bestimmter Textpassagen verwendet wurden, dieser Einsatz unter Einhaltung ethischer Grundsätze, akademischer Integrität und den Vorgaben meiner Universität erfolgte, sowie in Folge dies transparent gemacht und in angemessener Weise gekennzeichnet wurde.

Graz, am 15.10.2025

Sophie Schelch eh.

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich von ganzem Herzen all jenen meinen Dank aussprechen, die mich während der vergangenen Jahre meines Studiums sowie bei der Erstellung meiner Diplomarbeit begleitet, unterstützt und ermutigt haben. Jede Hilfe, jeder Rat und jedes aufmunternde Wort haben mir sehr viel bedeutet und mich näher an mein Ziel gebracht.

Mein besonderer Dank gilt meinem Betreuer, FA Dr. Alexander Pichler, der mich mit seiner fachlichen Expertise und seiner konstruktiven Rückmeldung während des gesamten Arbeitsprozesses begleitet und unterstützt hat.

Ein großes Dankeschön gilt auch meinen Eltern, die mir durch ihre Unterstützung das Studium ermöglicht, mich auf meinem gesamten Weg unterstützt und stets an mich geglaubt haben. Ohne ihre Hilfe wäre dieser Erfolg nicht möglich gewesen.

Darüber hinaus möchte ich meinem Partner und meinen Freunden danken, die mir in schwierigen Phasen Kraft geschenkt, Verständnis gezeigt und mich mit ihrem Zuspruch bestärkt haben. Ihr Rückhalt und eure kontinuierliche Unterstützung waren mir eine große Hilfe.

Zusammenfassung

Einleitung: Die Wahl des Anästhesieverfahrens ist bedeutend für die perioperative Sicherheit und den postoperativen Verlauf. Sowohl die Allgemeinanästhesie als auch die Regionalanästhesie sind mit spezifischen Vor- und Nachteilen verbunden, die je nach den unterschiedlichen Komorbiditäten der Patientinnen und Patienten sorgfältig berücksichtigt werden müssen. Dieses Thema besitzt eine hohe klinische Relevanz aufgrund der großen Anzahl an jährlich durchgeführten elektiven Routineoperationen, insbesondere im Bereich orthopädisch-prothetischer, transurethraler und gynäkologischer Operationen. Ziel dieser Arbeit war es, den Einfluss präexistenter Komorbiditäten auf die Wahl des Anästhesieverfahrens zu untersuchen und damit zu einem besseren Verständnis des Wahlprozesses in der klinischen Praxis beizutragen.

Methoden: Es handelt sich um eine retrospektive Studie bezogen auf Patientinnen und Patienten, die im Zeitraum vom 1. Januar 2018 bis 31. Dezember 2021 am Universitätsklinikum Graz operiert wurden. Eingeschlossen wurden Personen ab 45 Jahren, die sich einer transurethralen Operation, einer orthopädisch-prothetischen Operation der unteren Extremität oder einer vaginalen Hysterektomie unterzogen und entweder eine Allgemeinanästhesie oder Spinalanästhesie erhielten. Berücksichtigt wurden Komorbiditäten wie arterielle Hypertonie, koronare Herzkrankheit, chronische Niereninsuffizienz, Diabetes mellitus, periphere arterielle Verschlusskrankheit, ischämischer Schlaganfall in der Vorgeschichte, Herzinsuffizienz, Vorhofflimmerarrhythmie, chronisch obstruktiver Lungenerkrankung (COPD) und/oder Asthma bronchiale sowie ein Alter von oder über 75 Jahren. Die Datenauswertung erfolgte deskriptiv sowie mittels logistischer Regressionsanalyse, die durch schrittweise Selektion (AIC-Kriterium) optimiert wurden.

Ergebnisse: Insgesamt wurden 2.588 Patientinnen und Patienten in die Analyse eingeschlossen. Von den untersuchten Personen wurden 60,8 % unter Allgemeinanästhesie und 39,2 % unter Spinalanästhesie operiert. In der deskriptiven Statistik zeigten sich hinsichtlich der Verteilung von Geschlecht, Alter und Body-Mass-Index (BMI) in Bezug auf die Anästhesieart zwischen den beiden Gruppen keine ausschlaggebenden

Unterschiede. Patientinnen und Patienten der American Society of Anesthesiologists (ASA)-Klassen I–II wurden vermehrt unter Spinalanästhesie operiert, während in den höheren ASA-Klassen III–IV überwiegend eine Allgemeinanästhesie durchgeführt wurde

Die logistische Regressionsanalyse ergab, dass insbesondere das Vorliegen einer Vorhofflimmerarrhythmie die Wahrscheinlichkeit für eine Allgemeinanästhesie signifikant erhöhte. Demgegenüber war bei Patientinnen und Patienten mit COPD oder Asthma eine geringere Rate an Allgemeinanästhesien zu beobachten, was auf eine bevorzugte Wahl der Spinalanästhesie hinweist. Auch die Durchführung einer orthopädisch-prothetischen Operation war mit einer höheren Wahrscheinlichkeit für die Durchführung einer Spinalanästhesie assoziiert. Andere untersuchte Faktoren wie Herzinsuffizienz, Insult in der Vorgeschichte, BMI oder Geschlecht zeigten zwar Trends, erreichten jedoch keine statistische Signifikanz.

Schlussfolgerung: Die Ergebnisse dieser Arbeit verdeutlichen, dass die Komorbidität Vorhofflimmerarrhythmie einen signifikanten Einfluss auf die Wahl des Anästhesieverfahrens ausübt. Bei kardialen Rhythmusstörungen wird diesbezüglich häufiger unter Allgemeinanästhesie operiert. Zudem konnte gezeigt werden, dass insbesondere bei orthopädisch-prothetischen Eingriffen, sowie bei Patientinnen und Patienten mit pulmonalen Komorbiditäten Spinalanästhesien häufiger eingesetzt wurden. Insgesamt unterstreicht diese Arbeit die Notwendigkeit einer patientenzentrierten und individuellen Entscheidungsfindung, die sowohl den Einfluss von Komorbiditäten als auch der unterschiedlichen elektiven Operationen berücksichtigt.

Abstract

Introduction: The choice of the anesthetic technique represents a key factor for perioperative safety and postoperative outcome. Both, general anesthesia and regional anesthesia have specific advantages and disadvantages, which require careful evaluation in the context of the individual patient's clinical status and comorbidities. Given the high number of elective routine procedures, particularly in the fields of orthopedic-prosthetic, transurethral, and gynecological surgery, this topic has important clinical relevance. The aim of this diploma thesis is to evaluate the influence of preexisting comorbidities on the choice of anesthetic technique and thereby contribute to a deeper understanding of this decision-making processes.

Methods: This retrospective study included patients who underwent surgery at the Universitätsklinikum Graz between January 1, 2018 and December 31, 2021. Eligible individuals were aged 45 years or older who underwent a transurethral procedure, an orthopedic-prosthetic surgery of the lower extremity, or a vaginal hysterectomy and received either general or spinal anesthesia. The considered comorbidities included arterial hypertension, coronary artery disease, chronic kidney disease, diabetes mellitus, peripheral arterial occlusive disease, prior ischemic stroke, heart failure, atrial fibrillation, chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and/or bronchial asthma, as well as age of 75 years or older. Data analysis was performed descriptively and by logistic regression, optimized through stepwise selection based on the Akaike Information Criterion (AIC).

Results: A total of 2,588 patients were included in the analysis. 60.8% of the included patients received general anesthesia and 39.2% spinal anesthesia. The distribution of sex, age, and BMI showed no significant differences between the groups. Spinal anesthesia was more frequently administered in patients with ASA classes I–II, whereas general anesthesia dominated in ASA classes III–IV. Logistic regression analysis demonstrated that the presence of atrial fibrillation significantly increased the chance of receiving general anesthesia. In contrast, patients with preexisting COPD and/or asthma were less frequently operated under general anesthesia, which showed a preference for spinal anesthesia in this group. Orthopedic-prosthetic procedures were also associated with a higher probability of

spinal anesthesia. Other variables, such as heart failure, prior stroke, BMI, or gender did not reach statistical significance.

Conclusion: The results of this study illustrate that comorbidities have a significant influence on the choice of anesthesia. Atrial fibrillation was associated with a greater use of general anesthesia, whereas spinal anesthesia was more commonly selected for patients with preexisting COPD and/or asthma, as well as in orthopedic-prosthetic surgical procedures. Overall, these results highlight the importance of patient-centered, individualized decision-making that takes into consideration both comorbidities and the surgical context.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen und deren Erklärung	1
Abbildungsverzeichnis	2
Tabellenverzeichnis	3
1 Einleitung	4
1.1 Anästhesieformen	4
1.2 Allgemeinanästhesie	5
1.2.1 Inhalationsanästhesie	6
1.2.2 Total intravenöse Anästhesie	10
1.2.3 Balancierte Anästhesie	14
1.3 Regionalanästhesie	16
1.3.1 Neuroaxiale Anästhesieverfahren	18
1.3.1.1 Spinalanästhesie	18
1.3.1.2 Epiduralanästhesie	21
1.3.1.3 Kaudalanästhesie	24
1.3.1.4 kombinierte Spinal-Epidural-Anästhesie	25
1.3.2 periphere Nervenblockade	27
1.3.3 intravenöse Regionalanästhesie	30
1.4 Aufzeigen der Kenntnis- und Forschungslücke	31
1.5 Zielsetzung und Einschränkungen	31
2 Material und Methoden	33
2.1 Studiendesign	33
2.1.1 Hypothesen	33
2.1.2 Ethik	34
2.1.3 Ein- und Ausschlusskriterien	34
2.2 Datenverwaltung	36
2.3 Datenauswertung	36

3	Ergebnisse	37
3.1	Ergebnisse der deskriptiven Statistik.....	37
3.2	Ergebnisse der multivariablen logistischen Regressionsanalyse.....	42
4	Diskussion.....	45
4.1	Beantwortung der Forschungsfragen.....	45
4.2	Vergleichende Erläuterungen	45
4.3	Schlussfolgerungen.....	49
4.4	Kritische Reflexion.....	49
4.5	Implikationen für Theorie und Praxis.....	50
4.6	Ausblick und Anregungen für weiterführende Arbeiten	50
5	Literaturverzeichnis	51

Abkürzungen und deren Erklärung

ASA	American Society of Anesthesiologists
BMI	Body-Mass-Index
CESA	kombinierte Spinal-Epidural-Anästhesie
COPD	chronisch obstruktive Lungenerkrankung
GWP	Global Warming Potential
HZV	Herzzeitvolumen
KHK	koronare Herzkrankheit
LAST	Lokalanästhetika Toxizität
OR	Odds Ratios
pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
POCD	postoperative kognitive Dysfunktion
PONV	postoperative Nausea and Vomiting / postoperative Übelkeit und Erbrechen
PRIS	Propofol-Infusionssyndrom
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TCI	Target-Controlled Infusion
TIVA	total intravenöse Anästhesie
TNS	transiente Neurologische Symptome
TURP	Transurethrale Resektion der Prostata

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Forest plot der Prädiktoren für die Allgemeinanästhesie	44
--	----

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einschlusskriterien der Patientinnen und Patienten für die Studie.....	34
Tabelle 2: Ausschlusskriterien der Patientinnen und Patienten der Studie	35
Tabelle 3: Übersicht der Mittelwerte und Mediane der Basisdaten und Komorbiditäten bei Spinal- und Allgemeinanästhesie	39
Tabelle 4: Odds Ratios (OR), 95%-Konfidenzintervallen und p-Werte der relevante Einflussfaktoren auf das Anästhesieverfahren	42

1 Einleitung

1.1 Anästhesieformen

Die Wahl des geeigneten Anästhesieverfahrens von Patientinnen und Patienten, die sich einer elektiven Routineoperation unterziehen, stellt einen wesentlichen Einfluss auf die perioperative Sicherheit sowie den postoperativen Verlauf dar. Eine sorgfältige Abwägung der jeweiligen Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Anästhesieverfahren ist insbesondere bei häufig durchgeführten Eingriffen wie transurethralen Operationen, orthopädisch-prothetischen Operationen der unteren Extremität sowie vaginalen Hysterektomien erforderlich.

Die Bedeutung der Anästhesiewahl lässt sich anhand der Operationszahlen des Instituts für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG) aus dem Jahr 2018 verdeutlichen. In Deutschland wurden in diesem Jahr 239.204 Hüft-Totalendoprothesen (Hüft-TEP) implantiert. Dies entspricht einer Inzidenz von 310,6 Eingriffen pro 100.000 Einwohner. Darüber hinaus erfolgte die Durchführung von 190.427 Knie-Totalendoprothesen (Knie-TEP). Bei den über 65-Jährigen ergibt sich daraus eine Inzidenz von 9,8 Eingriffen pro 1.000 Einwohner. Diese Zahlen zeigen, dass Knie-TEPs ebenfalls eine hohe Relevanz besitzen. Ebenso wurde die transurethrale Resektion der Prostata (TURP), ein etabliertes Verfahren zur Behandlung der benignen Prostatahyperplasie, im Jahr 2018 125.002-mal durchgeführt. Hierbei zeigte sich eine Inzidenz von 174,9 Eingriffen pro 100.000 Männer.⁽¹⁾ Vorbestehende Komorbiditäten wie kardiovaskuläre, pulmonale und nephrologische Erkrankungen sowie Diabetes mellitus können weiters die Wahl des Anästhesieverfahrens maßgeblich beeinflussen.

Die Anästhesiologie bietet zur Durchführung der Anästhesie bei den genannten Operationen verschiedene Methoden, damit eine optimale perioperative Versorgung gewährleistet werden kann. Diese Methoden lassen sich zusammenfassend in die Allgemeinanästhesie und die Regionalanästhesie unterteilen. Während die Allgemeinanästhesie eine vollständige Ausschaltung des Bewusstseins und der Schmerzempfindung bewirkt, ermöglicht die Regionalanästhesie eine gezielte Blockade

peripherer Nerven oder rückenmarksnaher Strukturen, wobei das Bewusstsein der Patientin oder des Patienten während der Operation erhalten bleibt. (2) Beide Verfahren weisen spezifische Vor- und Nachteile auf, welche im Rahmen dieser Diplomarbeit näher erläutert werden. Diese müssen insbesondere bei Patientinnen und Patienten mit vorbestehenden Komorbiditäten sorgfältig berücksichtigt werden müssen. Neuere anästhesiologische Techniken ermöglichen zudem die Kombination unterschiedlicher Anästhesieverfahren, wodurch eine zusätzliche Behandlungsoption geschaffen wird.

1.2 Allgemeinanästhesie

Die Allgemeinanästhesie setzt sich aus den zentralen Komponenten Hypnose, Analgesie und, falls erforderlich, Muskelrelaxation zusammen. Das primäre Ziel der Allgemeinanästhesie besteht darin die Patientinnen und Patienten während einer Operation vollständig von äußeren Reizen abzuschirmen, ihr Schmerzempfinden sowie unkontrollierbare und willkürliche Abwehrreaktionen auszuschalten und sowohl das bewusste als auch das unbewusste Wahrnehmen des operativen Eingriffes zu verhindern. Außerdem sollen vegetative Reaktionen und Bewegungen reduziert oder vollständig unterdrückt werden. Diese drei Hauptkomponenten der Allgemeinanästhesie stehen in einer teils wechselseitigen Beziehung zueinander und müssen bedacht ausbalanciert werden, um eine optimale perioperative Kontrolle zu gewährleisten. (3)

Die Allgemeinanästhesie wird definiert als ein durch pharmakologische Substanzen herbeigeführter, reversibler Zustand. Dabei kommt es zu einem zeitlichen Vorliegen von Bewusstlosigkeit, Amnesie, Antinozizeption sowie Immobilität, während die Homöostase aufrechterhalten bleibt. (3)

Dabei kann man drei Formen der Allgemeinanästhesie unterscheiden:

- die Inhalationsanästhesie,
- die total intravenöse Anästhesie (TIVA)
- sowie die balancierte Anästhesie

1.2.1 Inhalationsanästhesie

In der klinischen Praxis kommen heutzutage reine Inhalationsanästhesien kaum noch zur Anwendung. Basierend auf dem Review von *Varughese S.* namens *Environmental and Occupational Considerations of Anesthesia* ist einer der Hauptgründe dafür, dass viele der am häufigsten verwendeten inhalativen Anästhetika, wie Lachgas (N₂O), Sevofluran, Desfluran und Isofluran, hochpotente Treibhausgase und/oder ozonschädigende Substanzen sind. Zumal inhalative Anästhetika nur zu einem sehr geringen Ausmaß metabolisiert werden entstehen Anästhesiegasabfälle, sogenannte WAGs. Diese können dann sowohl Umwelt- als auch berufsbedingte Gesundheitsrisiken, vor allem für das medizinische Personal, darstellen. Obwohl der Anteil an inhalative Anästhetika an den globalen Treibhausemissionen nur gering ist, sind sie dennoch nicht zu bagatellisieren. (4)

Ein weiterer Auslöser für die seltene Anwendung besteht darin, dass die meisten Inhalationsanästhetika, mit Ausnahme von Lachgas, nur eine sehr geringe analgetische Wirkung besitzen. Zudem wird größtenteils von einer inhalative Narkoseeinleitung aufgrund der potenziellen Atemwegsreizung, abgesehen. Eine Ausnahme ist Sevofluran, da es bei diesem inhalativen Wirkstoff zu keiner Atemwegsirritation kommt und zusätzlich gut verträglich ist. Aus diesem Grund wird es bevorzugt zur Maskeneinleitung verwendet. (2) Ein weiterer Nachteil inhalativer Anästhetika liegt in ihrer Assoziation mit einer erhöhten Inzidenz an postoperativer Übelkeit und Erbrechen (PONV). Daher wird bei Patientinnen und Patienten mit einem entsprechend erhöhten PONV-Risiko eine prophylaktische antiemetischen Therapie empfohlen. Alternativ könnte man bei diesen Patientinnen und Patienten auch ein anderes Anästhesieverfahren, wie z.B. die total intravenöse Anästhesie, in Erwägung ziehen. (5)

Der wesentliche Vorteil der Inhalationsanästhetika liegt vor allem darin, dass diese Gase sehr gut steuerbar sind. Über Inhalation und Exhalation lässt sich der Wirkstoffspiegel und damit auch die Narkosetiefe schnell regulieren und anpassen. Zu den am häufigsten verwendeten Wirkstoffen dieses Anästhesieverfahrens zählen die Flurane Sevofluran, Desfluran, Isofluran und das Edelgas Xenon, deren Eigenschaften nun genauer beleuchtet werden. (6)

Sevofluran

Sevofluran ist ein vielseitiges Inhalationsanästhetikum, welches für die Einleitung und Aufrechterhaltung der Anästhesie in der stationären und ambulanten Chirurgie eingesetzt wird. Aufgrund der guten Steuerbarkeit der Anästhesietiefe angesichts der geringen Blut-Gas-Löslichkeit ist es besonders vorteilhaft für Operationen, die eine rasche Anpassung der Narkosetiefe benötigen. Sevofluran besitzt weiters eine hohe chemische Stabilität, eine geringe Entflammbarkeit, eine bronchodilatatorische Wirkung, sowie einen milden nicht reizenden Geruch und infolgedessen kommt es bei der Anwendung zu keiner Reizung der Atemwege. Zusätzlich hat es nur eine geringe Wirkung auf die meisten Endorgane, beeinflusst den zerebralen Blutfluss nur geringfügig und interagiert kaum mit anderen Arzneimitteln. Außerdem kommt nur im geringen Ausmaß zu kardiovaskulären und respiratorischen Nebenwirkungen. (7)

Ein weiterer Vorteil wird in der Studie von *Delgado-Herrera et al.* beschrieben, darin wird daraufhin gewiesen, dass Patientinnen und Patienten unter eine Anästhesie mit Sevofluran eine geringere Dosis an Opioiden benötigen. Dies steht insbesondere im Vergleich mit Patientinnen und Patienten, die eine Anästhesie mit Propofol oder Isofluran erhielten. (7) Im Weiteren verstärkt Sevofluran die neuromuskuläre Blockade und damit die Wirkung von nicht-depolarisierenden Muskelrelaxantien. Infolgedessen kann die Dosis dieser gesenkt werden und damit können weiters potenzielle Nebenwirkungen reduziert werden. (7)

Zusammenfassend hat Sevofluran im Vergleich mit anderen Inhalationsanästhetika die folgenden Vorteile: einer angenehmen Geruchsqualität, die geringe Reizung der Atemwege, die minimalen kardiovaskulären Nebenwirkungen vor allem in Bezug auf Blutdruck und Herzfrequenz sowie die schnelle Einleitung und Erholung. (7)

Desfluran

Eines der schnell wirksamen Inhalationsanästhetika ist Desfluran. Dieses ermöglicht aufgrund seiner niedrigen Blut-Gas-Löslichkeit ein besonders schnelles Anfluten und dadurch auch eine schnelle Elimination des Wirkstoffs. Es wird insbesondere bei ambulanten Eingriffen und langen Operationen verwendet, da hierbei eine präzise Steuerung der Narkosetiefe und eine schnelle postoperative Erholung mit möglichst kurzer Aufwachzeit erforderlich sind. (8) Allerdings kommt es bei schnellen Konzentrationserhöhungen von Desfluran zu einer Aktivierung des sympathischen Nervensystems und damit zu ausgeprägten kardiovaskulären Reaktionen in Form von signifikanten Erhöhungen von Herzfrequenz und Blutdruck. Des Weiteren führt Desfluran zu einer Reizung der Atemwege und hat einen stechenden unangenehmen Geruch. Aus diesem Grund ist dieses Inhalationsanästhetikum ungeeignet für eine Maskeneinleitung. (8)

Darüber hinaus weist Desfluran mit einem Global Warming Potential (GWP100) von 2540 den höchsten Wert unter den volatilen Anästhetika auf. (9) Das Global Warming Potential (GWP) ist ein Maß dafür, wie stark ein Gas bzw ein Treibhausgas im Vergleich zu Kohlendioxid zur Erderwärmung beiträgt. Kohlendioxid besitzt im Vergleich einen GWP-Wert von 1. Das bedeutet ein höherer GWP-Wert bedeutet ein größerer Erderwärmungspotential. (10) Der Wert von Desfluran liegt somit mehr als zwanzigfach über dem von Sevofluran und deutlich über dem von Isofluran. Aufgrund dieser massiven Umweltbelastung haben zahlreiche Krankenhäuser den Einsatz von Desfluran inzwischen eingeschränkt oder gänzlich eingestellt. (9) Als weiteren Schritt hat bereits das europäische Parlament beschlossen den Einsatz von Desfluran, aufgrund seiner starken umweltschädlichen Wirkung, ab 1.Jänner 2026 in der EU zu verbieten. Ausnahmefälle für den Einsatz sind medizinisch zwingende Notfälle, bei denen keine Alternative infrage kommt oder der Einsatz eines Abscheidesystem bei Verwendung dieses Inhalationsanästhetikum. Damit sollen die negativen Auswirkungen auf das Klima verringert werden.(11)

Isofluran

Ein weit verbreitetes Inhalationsanästhetikum ist Isofluran, welches sich vor allem durch seine ausgeprägte hypnotische und muskelrelaxierende Wirkung auszeichnet. (6) Es besitzt eine schwache analgetische Wirkung und verstärkt wie Sevofluran die Wirkung von vorrangig nicht-depolarisierenden Muskelrelaxanzien. (2) Weiters besitzt Isofluran einen mittleren Blut-Gas-Verteilungskoeffizienten und führt daher zu einer moderaten An- und Abflutung der Anästhesie. (6)

Außerdem führt Isofluran zu einer deutlichen Verminderung des peripheren Gefäßwiderstandes, was einen Abfall des Blutdruckes zur Folge haben kann. Infolgedessen kann es zu einer kompensatorischen Tachykardie kommen. Isofluran kann auch eine Atemdepression verursachen und die Atemwege reizen, deshalb soll es bei Patientinnen und Patienten mit Asthma nur mit Vorsicht bei der Narkoseeinleitung angewendet werden. (2) Weiters kommt bei der Verwendung zu einer geringfügigen Erhöhung des intrakraniellen Drucks (ICP) (2) und einer Vasodilatation der zerebralen Gefäße. (6)

Xenon

Xenon führt bei Patientinnen und Patienten zu einer ausgeprägten hämodynamischen Stabilität und besitzt weiters neuroprotektive Wirkungen. Dieses Inhalationsanästhetikum ermöglicht aufgrund seiner geringen Blut-Gas-Löslichkeit zudem ein rasches Anfluten und damit ein schnelles Einleiten der Narkose sowie auch eine rapide Erholung von der Anästhesie, ohne die zerebrale Autoregulation zu beeinflussen. (12) Im Gegensatz zu den inhalativen Anästhetika Desfluran und Isofluran führt Xenon weder zu einer kardiovaskulären Depression noch zu einer Verlängerung der Wirkdauer von Muskelrelaxanzien. Stattdessen besitzt es zusätzliche kardioprotektive Wirkungen. (12) Zudem zeigen weitere Untersuchungen, dass es in der sehr frühen Phase nach einer Allgemeinanästhesie unter Xenon zu einer geringeren neurokognitiven Beeinträchtigung und weiters zu einer schnelleren Erholung kommt. Damit unterscheidet sich Xenon deutlich von anderen inhalativen Anästhetika wie Isofluran, Desfluran und Sevofluran. Trotz dieser Vorteile ist eine breitere Anwendung von Xenon aufgrund seines hohen Preises und technischer Einschränkungen bei der wirtschaftlichen Bereitstellung begrenzt.

Aus diesem Grund wird es zurzeit vor allem für Hochrisikopatientinnen und -patienten und bei speziellen Indikationen in der Neuro- und Herzchirurgie in Betracht gezogen. (12)

1.2.2 Total intravenöse Anästhesie

In der total intravenösen Anästhesie (TIVA) erfolgt die Aufrechterhaltung der Narkose ausschließlich über intravenös verabreichte Medikamente. Die, bei diesem Verfahren, eingesetzte Medikamentenkombination besteht aus einem Hypnotikum und einem Opioid. Je nach Eingriff wird bei Bedarf zusätzlich ein Muskelrelaxans verabreicht. (6) Das hierbei am häufigsten verwendete Hypnotikum ist das Propofol. Als Opioid werden bevorzugt das kurzwirksame Remifentanyl oder auch Sufentanyl zur Analgesie eingesetzt. (13)

Die TIVA wird maßgeblich durch die günstigen pharmakokinetischen Eigenschaften von Propofol, welches ein kurzwirksames lipophiles Hypnotikum ist, bestimmt. Die Verteilung dieses Wirkstoffes lässt sich über ein Drei-Kompartimente Modell beschreiben. (5)

Zu den drei Kompartimenten zählen:

- das zentrale Kompartiment
- das oberflächliche-periphere Kompartiment
- das tief-periphere Kompartiment (5)

Im zentralen Kompartiment kommt es zu einer raschen Anflutung in gut durchblutete Organe wie Gehirn und Leber, die Halbwertszeit beträgt hierbei 2-4 Minuten. Im oberflächlich-peripheren Kompartiment findet die Verteilung in die Muskulatur und den schnell äquilibrierenden Teilen des viszeralen Fettgewebes statt, die Halbwertszeit hier beträgt 30-45 Minuten. Zum Schluss kommt es zur Anreicherung im tief-peripheren Kompartiment dabei handelt es sich um die langsam äquilibrierenden Teile des Fettgewebes mit einer Halbwertszeit von 3-63 Stunden. (5)

Eine Weiterentwicklung der TIVA ist die Target-Controlled Infusion (TCI). Bei der TCI regulieren computergestützte Infusionspumpen präzise die Plasmakonzentration von Propofol. Dabei kommen pharmakokinetische Modelle wie das Marsh- oder Schnider-

Modell zur Anwendung. Beim Marsh-Modell wird vor allem das Körpergewicht als Berechnungsgrundlage verwendet, im Gegensatz dazu berücksichtigt und integriert das Schnider-Modell zusätzliche Faktoren wie Alter, Körpergröße und Body-Mass-Index. TCI-Systeme ermöglichen eine schrittweise Anpassung der Infusionsrate, wodurch eine stabile Narkosetiefe aufrechterhalten werden kann. Klinische Studien konnten bislang keine eindeutige Prävalenz hinsichtlich des Anästhesieerfolgs oder der Vermeidung intraoperativer Wachheit von TCI gegenüber der bisher herkömmlichen kontinuierlichen Propofol-Infusion nachweisen. Die TCI stellt daher einerseits eine moderne Methode zur präziseren Steuerung der TIVA dar, deren Vorteile jedoch andererseits von individuellen Patientenfaktoren und dem operativen Setting abhängig sind. (5)

Die TIVA bietet einige Vorteile, die sie zur bevorzugten Anästhesiemethode bei bestimmten Patientengruppen, sowie bei spezifischen chirurgischen Eingriffen machen.(5) Der Grund dafür bezieht sich auf die pharmakologischen Eigenschaften von Propofol. Einerseits kommt es nach der intravenösen Injektion innerhalb von 30-40 Sekunden zur Anxiolyse, Amnesie und Bewusstlosigkeit.(5) Andererseits ermöglicht dieser Wirkstoff aufgrund seiner schnellen Elimination ein rasches postoperatives Erwachen mit einem klarem Bewusstsein.(6) Darüber hinaus wirkt Propofol antiemetisch. Die Kombination aus schneller Elimination und antiemetischer Wirkung reduziert die Inzidenz von PONV und wird bei Patientinnen und Patienten mit erhöhten PONV-Risiko empfohlen (5,6) Weiters zeigte sich, dass eine opioidfreie TIVA, welche aus der Kombination Propofol, Ketamin und Dexmedetomidin bestehend, das Risiko für PONV zusätzlich reduzieren kann. (13)

In einer umfangreichen retrospektiven Analyse konnten *Oh et al* nachweisen, dass bei älteren Patientinnen und Patienten, die sich nicht-kardialen Operationen unterzogen, der Einsatz einer Propofol-basierten TIVA mit einer signifikant niedrigeren Ein-Jahres-Mortalität im Vergleich zu inhalative Anästhesieverfahren assoziiert war. Als mögliche Erklärung nennen die Autorinnen und Autoren die mögliche protektive Eigenschaft von Propofol, die Abschwächung ischämisch-reperfusionbedingter Schäden, antiinflammatorische Wirkungen sowie eine Reduktion von oxidativem Stress. (14)

Ein zusätzlicher wesentlicher Vorteil der total intravenösen Anästhesie liegt in der Vermeidung volatiler Anästhetika, wodurch es zu keiner Exposition des OP-Personals mit inhalativen Narkosegasen kommt. Darüber hinaus führt Propofol, während der Narkoseeinleitung und -ausleitung, zu einer Reduktion von Exzitationsphasen sowie der Reflexe. (5) Ein weiterer ausschlaggebender Vorteil der TIVA ist ihre sichere Anwendung bei Patientinnen und Patienten mit bestehender oder vermuteter maligner Hyperthermie. Diese potenziell lebensbedrohliche Erkrankung wird nämlich durch Propofol nicht herbei hervorgerufen und ist somit bei dieser Patientengruppe das Anästhesieverfahren der Wahl. (5) Die TIVA kann außerdem, unter einer geeigneten Überwachung, zu einer stabilen Kreislaufsituation beitragen und noch dazu unabhängig von einem dichten Beatmungssystem angewendet werden. Aus diesem Grund ist sie besonders geeignet für Verfahren, bei denen eine präzise Kontrolle der Atemwegssituation erforderlich ist, wie beispielsweise bei Jet-Ventilationen oder Bronchoskopien. (5)

Propofol beeinflusst ebenfalls den zerebralen Metabolismus und die zerebrale Hämodynamik. Dadurch führt dieser Wirkstoff zu einer Reduktion des intrakraniellen Drucks sowie auch des zerebralen Blutflusses. Dies führt weiteres dazu, dass die zerebrale Autoregulation erhalten bleibt. Aus diesem Grund ist die TIVA besonders bei Patientinnen und Patienten mit erhöhtem intrakraniellen Druck vorteilhaft. (5)

Trotz dieser zahlreichen Vorteile weist die TIVA auch einige potenzielle Risiken auf, die es zu berücksichtigen gilt. Eine bedeutende Limitation ist die fehlende Möglichkeit einer direkten Konzentrationsmessung der verabreichten Anästhetika. Eine Echtzeitbestimmung von Plasmakonzentration und Gewebekonzentration ist dementsprechend derzeit nicht möglich. Die Dosierung basiert im Falle einer TCI auf mathematischen Modellen, um die Plasmakonzentration abzuschätzen. Häufiger wird die Dosierung unter zu Hilfenahme eines prozessierten Elektroenzephalogramms, beispielsweise des Bispektralindex, gesteuert. Diese Unsicherheit kann das Risiko einer Über- oder Unterdosierung erhöhen. Infolgedessen besteht das Risiko, dass es zu einer unzureichenden Narkosetiefe mit der Gefahr einer intraoperativen Wachheit oder zu einer unbeabsichtigten Überdosierung auftritt, die wiederum respiratorischen und hämodynamischen Komplikationen nach sich ziehen kann. (5)

Die hämodynamische Wirkung von Propofol stellt eine weitere Limitation da. Propofol besitzt eine negativ inotrope Wirkung und kann dosisabhängig zu einer peripheren Vasodilatation führen, was in der Folge zu einer ausgeprägten Hypotonie führen kann. Infolge dieser kardiovaskulären Nebenwirkungen ist bei älteren, hypovolämische oder kardiovaskulär vorerkrankten Patientinnen und Patienten eine kontinuierliche hämodynamische Überwachung notwendig, gegebenenfalls ergänzt durch kreislaufstabilisierende Maßnahmen. (5) Ebenfalls ist das Fehlen der analgetischen und muskelrelaxierenden Wirkungen von Propofol ein zusätzlicher Nachteil der TIVA. Folglich ist zur Gewährleistung einer suffizienten Narkosetiefe die zusätzliche Verwendung von Opioiden und Muskelrelaxantien erforderlich. (5)

Das Aufwachverhalten kann nach einer kontinuierlichen Propofol-Infusion, insbesondere bei bestimmten Patientengruppen, schwer vorhersehbar sein. Bei adipösen Patientinnen und Patienten zeigt sich häufig eine verzögerte Erholung, da sich Propofol bevorzugt im Fettgewebe anreichert und seine Eliminationshalbwertszeit dadurch verlängert wird. Im Vergleich zur Inhalationsanästhesie ist der Zeitverlauf der Narkoseausleitung bei diesen Patientinnen und Patienten weniger gut kalkulierbar. (5)

Weiters ist das Propofol-Infusionssyndrom (PRIS) eine seltene, jedoch potenzielle lebensbedrohliche Komplikation, der TIVA. Diese schwere metabolische Entgleisung tritt vorwiegend bei langfristiger hochdosierter Propofol-Infusion auf. Dabei kann es zum Auftreten einer Laktatazidose, Rhabdomyolyse, akuten Herzinsuffizienz sowie zum Nierenversagen kommen. Ein frühzeitiges Erkennen der Symptome und infolgedessen eine sofortige Beendigung der Propofol-Infusion ist in der klinischen Praxis entscheidend. (5)

Bei älteren und geriatrischen Patientinnen und Patienten kann es zu einer verstärkten Wirkung von Propofol kommen. Der Grund dafür ist, dass es bei dieser Patientengruppe zu einem reduziertes Verteilungsvolumens, eine verringertes Serum-Protein-Konzentration sowie eine erhöhte Sensitivität gegenüber sedierenden Substanzen kommt. Zudem kann die altersbedingte verminderte Gefäßreagibilität die blutdrucksenkende Wirkung des Anästhetikums zusätzlich verstärken. (5)

Die TIVA zählt zu den sicheren Alternativen der Inhalationsanästhesie und bietet entscheidende Vorteile bei Patientinnen und Patienten mit hohem PONV-Risiko oder bestehender maligner Hyperthermie. Die Voraussetzungen für die Anwendung ist einerseits die präzise Steuerung der Anästhesietiefe, andererseits ein sorgfältiges hämodynamisches Monitoring sowie zusätzlich eine adäquate Analgesie. (5)

1.2.3 Balancierte Anästhesie

Bei der balancierten Anästhesie handelt es sich um eine Kombination verschiedener Anästhetika, um die gewünschten Effekte einer allgemeinen Anästhesie – Hypnose, Analgesie, Muskelrelaxation, vegetative Stabilität – zu erreichen. (15) Das Ziel der balancierten Anästhesie ist durch die Verwendung verschiedener Wirkstoffe die Dosis der einzelnen verwendet Wirkstoffe zu reduzieren und somit die weilers auch die Abhängigkeit von einem einzelnen Wirkstoff zu vermeiden. Auf diese Weise können bei der Anästhesie die Nebenwirkungen minimiert, aber auch erwünschte Effekte maximiert werden. (3)

Die moderne balancierte Anästhesie stützt sich auf eine Kombination verschiedener Wirkstoffklassen:

- Inhalationsanästhetika (z. B. Sevofluran, Desfluran) zur Induktion und Aufrechterhaltung der Hypnose
- Intravenös verabreichte Opioide (z. B. Remifentanyl, Fentanyl) zur intraoperativen Analgesie
- Muskelrelaxanzien (z. B. Rocuronium) zur Ermöglichung optimaler chirurgischer Bedingungen
- Adjuvante Substanzen (z. B. Dexmedetomidin) die analgetische und sedierende Eigenschaften besitzen (3)

Die balancierte Anästhesie nutzt gezielt die pharmakodynamischen und pharmakokinetischen Interaktionen zwischen den verschiedenen eingesetzten Wirkstoffen. Durch deren Kombination können additive oder sogar teilweise synergistische Wirkungen erzielt werden. Insbesondere die Kombination von GABA-A-Rezeptor-Agonisten mit Substanzen aus anderen Wirkstoffklassen kann eine verstärkte sedierende und hypnotische

Wirkung erzeugen. Weiters ist es möglich durch die Reduktion der eingesetzten Wirkstoffe auch die kardiovaskulären Nebenwirkungen zu minimieren. Zusammenfassend wird durch den kombinierten Einsatz verschiedener Wirkstoffklassen, die an unterschiedliche Rezeptoren binden, eine effektive Narkose ermöglicht und gleichzeitig die Nebenwirkungen der einzelnen Anästhetika reduziert. (15)

Ein entscheidender Vorteil der balancierten Anästhesie liegt in der Möglichkeit die Konzentration von Inhalationsanästhetika zu senken. Auf diese Weise kann die Inzidenz von postoperativer kognitiver Dysfunktion (POCD) und PONV reduziert werden. Patientinnen und Patienten profitieren unter dieser Art der Anästhesie vermehrt von einer besseren kognitiven Erholung als unter der Verwendung von ausschließlich volatilen Anästhetika. (3)

Des Weiteren ist, durch die balancierte Anästhesie, die Möglichkeit gegeben, die Narkosetiefe präzise zu steuern und dadurch den individuellen Medikamentenverbrauch zu reduzieren. Dadurch kann eine beschleunigte Elimination der Anästhetika herbeigeführt werden und die Dauer der Aufwachphase verkürzt werden. Indes kommt es durch dieses Anästhesieverfahren auch zu einer stärkeren sympathischen Aktivierung, durch eine vermehrte Ausschüttung von Stresshormonen wie Adrenalin, Noradrenalin, ACTH und Cortisol. Diese neuroendokrine Reaktion kann jedoch auch von Nachteil sein, insbesondere bei kardiovaskulären Risikopatientinnen und -patienten. (16)

Zusätzlich stellen Inhalationsanästhetika, wie bereits dargelegt, hochwirksame Treibhausgase dar, die nicht nur die Umwelt belasten, sondern auch gesundheitliche Risiken für das medizinische Personal darstellen können. Diese ökologischen und arbeitsmedizinischen Aspekte nehmen immer weiter an Bedeutung zu und beeinflussen neben den patientenspezifischen Faktoren auch maßgeblich die Wahl des Anästhesieverfahrens. (4)

Als eine Weiterentwicklung der balancierten Anästhesie hat sich die multimodale Anästhesie immer mehr etabliert. Bei dieser Art der Anästhesie werden zusätzlich ergänzende Substanzen eingesetzt, damit die Dosis von volatilen Anästhetika und Opioiden, bei Möglichkeit, weiter gesenkt werden kann. Das Ziel hierbei ist es, die

postoperative Schmerztherapie zu optimieren und gleichzeitig die typischen opioidinduzierte Nebenwirkungen zu reduzieren. (3)

Typische ergänzende Wirkstoffe zur balancierten Anästhesie sind:

- Dexmedetomidin: Verstärkt die Analgesie und reduziert den Bedarf an Opioiden und Inhalationsanästhetika
- Magnesium: Verstärkt die Wirkung von NMDA-Antagonisten und Muskelrelaxanzien
- Ketamin: Wirkt über NMDA-Rezeptorblockade und reduziert postoperative Hyperalgesie (3)

Multimodale Ansätze bieten die Möglichkeit, die balancierte Anästhesie gezielt weiter zu optimieren, mit dem Ziel, die postoperativen Komplikationen zu reduzieren und die Erholungsphase der Patientinnen und Patienten zu verkürzen. Dabei darf nicht vergessen werden, dass die Wahl des Anästhesieverfahrens stets an die individuellen Voraussetzungen und medizinischen Erfordernisse der jeweiligen Patientin oder des jeweiligen Patienten angepasst werden muss. (3)

1.3 Regionalanästhesie

Die Regionalanästhesie ist ein Anästhesieverfahren, bei dem gezielt periphere Nerven oder rückenmarksnahen Strukturen blockiert werden, um eine Schmerzausschaltung in einem definierten Körperbereich zu erzielen. Im Gegensatz zur Allgemeinanästhesie bleibt bei der Regionalanästhesie die Patientin oder der Patienten bei Bewusstsein, dadurch können systemische Nebenwirkungen verringert werden. (17)

Die Regionalanästhesie lässt sich in drei Hauptkategorien unterteilen. Die neuroaxiale Anästhesieverfahren bilden den wesentlichsten Teil. Diese Verfahren wirken direkt auf das zentrale Nervensystem und sind besonders weit verbreitet bei operativen Eingriffen an der unteren Körperhälfte. Innerhalb dieser Gruppe unterscheidet man weiters zwischen vier Techniken: die Spinalanästhesie, die Epiduralanästhesie, die Kaudalanästhesie und die kombinierte Spinal- und Epiduralanästhesie. (17)

Neben den neuroaxialen Verfahren gibt es auch noch die periphere Nervenblockade. Bei diesem Verfahren wird entweder ein gesamter Nervenplexus wie z.B. der Plexus brachialis oder auch einzelne Nerven wie z.B. der Nervus femoralis gezielt infiltriert und weiters blockiert. (17)

Als dritte Form der Regionalanästhesie ist die intravenöse Regionalanästhesie, auch als Bier-Block bezeichnet, zu nennen. Diese Art der Anästhesie eignet sich besonders für kurze chirurgische Eingriffe an der oberen oder unteren Extremität. (17)

Die Voraussetzungen für die Durchführung einer Regionalanästhesie entsprechen grundsätzlich denen der Allgemeinanästhesie. Es gibt jedoch spezifische Kontraindikationen, wie die einer hämorrhagische Diathese da aufgrund diese das Risiko der Entwicklung ausgedehnter Hämatome steigert, sowie Infektionen im Bereich der Punktions- und Injektionsstellen. (2)

Die Regionalanästhesie bietet, insbesondere im Vergleich zur Allgemeinanästhesie, einige Vorteile. Besonders hervorzuheben ist die geringere Belastung für das kardiovaskuläre und respiratorische System. Diese Wirkung kann bei Patientinnen und Patienten mit kardialen oder pulmonalen Vorerkrankungen entscheidend sein. (17) Bei Patientinnen und Patienten mit COPD zeigen sich die Vorteile der Regionalanästhesie besonders deutlich. Eine Allgemeinanästhesie ist bei diesen Patientinnen und Patienten mit einem erhöhten Risiko für Atelektasen, Hypoxämien, Pneumonien oder eine prolongierte postoperative Beatmung verbunden. Im Vergleich dazu ist die Regionalanästhesie, laut einer großen retrospektiven Analyse von *Lee et al.*, mit einer geringeren Rate an postoperativen pulmonalen Komplikationen, wie Pneumonien, sowie mit einer kürzeren Beatmungsdauer und weniger ungeplanten Reintubationen assoziiert. (18) Zudem führt die Regionalanästhesie zu einer effektiven postoperativen Analgesie, dadurch kann der Bedarf an systemischen Analgetika, insbesondere von Opioiden, verringert werden. Infolgedessen kommt es nicht nur zu einer besseren Schmerztherapie, sondern auch zu einer geringen Anzahl an Nebenwirkungen wie zum Beispiel Übelkeit und Erbrechen. Weitere Vorteile der Regionalanästhesie sind der verminderte intraoperative Blutverlust und eine frühzeitigere postoperative Mobilisation. (17)

Trotz zahlreicher Vorteile bringt die Regionalanästhesie auch gewisse Nachteile mit sich. Von großer Bedeutung ist hierbei, dass zur Anwendung ein hohes Maß an Präzision benötigt wird, sowie fundierte anatomische Kenntnisse, insbesondere in Bezug auf die Platzierung von Nadeln oder Kathetern. In Bezug auf die neuroaxialen Verfahren können Komplikationen wie beispielsweise eine Hypertonie auftreten. Diese erfordert anschließend eine engmaschige hämodynamische Überwachung. Zudem besteht das Risiko von Nervenverletzungen oder einer unvollständigen Blockade, was gegebenenfalls zu einer erneuten Injektion oder sogar eine Konversion zur Allgemeinanästhesie führen kann. Ein weiteres Problem stellen die häufig auftretenden postpunktionellen Kopfschmerzen dar, die insbesondere nach Spinalanästhesien, bei denen größere Kanülen verwendet wurden, auftreten können. Bei Patientinnen und Patienten mit einer Blutgerinnungsstörungen besteht zudem ein erhöhtes Risiko für die Entstehung von epiduralen Hämatomen, weshalb in diesen Fällen eine genaue Indikationsstellung sowie eine sorgfältige Nutzen-Risiko-Abwägung erforderlich ist. (2)

Die Wahl des jeweiligen Verfahrens der Regionalanästhesie orientiert sich an der sensorischen Innervation des für den chirurgischen Eingriff vorgesehenen Bereichs, damit eine effektive Schmerzausschaltung während des Eingriffes zu gewährleistet werden kann. (2)

1.3.1 Neuroaxiale Anästhesieverfahren

Zu den neuroaxiale Anästhesieverfahren, auch rückenmarksnahe Verfahren genannt, gehören die Spinalanästhesie, Periduralanästhesie, Kaudalanästhesie und kombinierte Spinal- und Epiduralanästhesie. (2)

1.3.1.1 Spinalanästhesie

Die Spinalanästhesie ist ein häufig angewandtes Anästhesieverfahren, bei welchem ein Lokalanästhetikum direkt in den Subarachnoidalraum injiziert wird. Die Injektion erfolgt im lumbalen Bereich meist auf Höhe L3/L4 oder L4/L5 direkt in den Liquorraum, um eine Verletzung des Rückenmarks zu vermeiden. (17) Dadurch erfolgt eine gezielte Blockade der Nervenfasern, die sensorische, motorische und sympathische Signale vermitteln. Die Ausbreitung des Anästhetikums wird von mehreren verschiedenen Faktoren beeinflusst,

dazu zählen die Lagerung der Patientin oder des Patienten, die Art und Dosierung des Lokalanästhetikums sowie die individuellen anatomischen Gegebenheiten. (19) Durch Anpassung und gezieltes Verändern dieser lässt sich die Verteilung des Anästhetikums kontrollieren und somit der Umfang der dadurch betäubten Körperregion beeinflussen und weiters auch steuern. (2) Die Spinalanästhesie kann zu einer effektiven intra- und postoperativen Analgesie führen, eine geringere systemische Belastung ermöglichen und dazu führen, dass Patientinnen und Patienten sich schneller postoperativ erholen können. (19)

Die Wahl des Lokalanästhetikums hat einen entscheidenden Einfluss auf die Dauer und die Intensität der Spinalanästhesie. Die verschiedenen Wirkstoffe werden aufgrund ihrer Wirkdauer, dem individuellen Risikoprofil und der Art des Eingriffes und Einsatzbereiches gewählt. Bupivacain wird hierbei, aufgrund seiner langen Wirkdauer sowie seiner ausgeprägten sensorischen und motorischen Blockade, vorrangig eingesetzt. Aus diesem Grund eignet sich Bupivacain besonders für längere Operationen. Eine mögliche Alternative ist Ropivacain, da es im Vergleich zu Bupivacain über eine geringere kardiotoxische Wirkung verfügt. Dagegen weist es jedoch eine geringe intrathekale Potenz auf, infolgedessen ist sein Einsatz im Rahmen der Spinalanästhesien limitiert. Lidocain, ein früher weit verbreitetes Mittel, wird heutzutage kaum noch intrathekal appliziert und ist daher in der Spinalanästhesie obsolet. Der Grund dafür ist, dass Lidocain im Vergleich zu anderen Lokalanästhetika mit einem erhöhten Risiko für transiente neurologische Symptome (TNS) verbunden ist. (20)

Um die analgetische Wirkung bei der Spinalanästhesie zu verstärken und zu verlängern, werden intraoperativ häufig Adjuvanzien wie Opioide (z. B. Fentanyl, Morphin) und α 2-Agonisten (z. B. Clonidin, Dexmedetomidin) ergänzend verwendet. Diese Wirkstoffe binden an spezifische Rezeptoren im Rückenmark und verstärken sowie verlängern dadurch die Schmerzblockade. Allerdings können Opioide zu Nebenwirkungen wie Übelkeit, Pruritus oder Atemdepression führen, während α 2-Agonisten Hypotonie und Bradykardie hervorrufen können. Frühere Bedenken hinsichtlich einer möglichen Neurotoxizität von Dexmedetomidin konnten durch neuere tierexperimentelle Studien

weitgehend entkräftet werden. Diese zeigten, dass eine einmalige intrathekale Gabe sicher ist und sogar potenziell neuroprotektive Effekte haben kann. (19)

Die Spinalanästhesie kann bei transurethralen Operationen, vaginalen Hysterektomien, (2) orthopädisch-prothetischen Operationen der unteren Extremität sowie allgemeinchirurgischen und gefäßchirurgischen Operationen angewendet werden. (19) Im Vergleich zur Allgemeinanästhesie besitzt die Spinalanästhesie eine bessere postoperative Schmerztherapie, eine geringere Inzidenz an PONV sowie eine schnellere Mobilisation der Patientinnen und Patienten. Zudem führt sie, im Vergleich zur Allgemeinanästhesie, zu einer stabileren kardiovaskulären Funktion, da die sympathische Blockade das perioperativen Stresslevels senkt. (21)

Die Spinalanästhesie beeinflusst das Herz-Kreislauf-System durch eine Blockade der sympathischen Nervenfasen. Dadurch kommt es zu einer ausgeprägten Vasodilatation der arteriellen Widerstandsgefäße als auch der venösen Kapazitätsgefäße. Infolgedessen sinkt der systemische Gefäßwiderstand signifikant ab und es kommt zu einer Reduktion des venösen Rückstroms, was wiederum das Herzzeitvolumen (HZV) vermindert. Diese Blockade bewirkt zusätzlich auch eine Reduktion des perioperativen Stresslevels. (22) Die am häufigsten beschriebene Komplikation der Spinalanästhesie resultiert aus der Beeinflussung des Herz-Kreislauf-Systems und äußert sich als Hypotonie. Sie erfordert ein effektives Management insbesondere bei Patientinnen und Patienten mit kardiovaskulären Vorerkrankungen, (22) wie beispielsweise bei einer koronarer Herzkrankheit (KHK) oder einer Aortenstenose (19). Der Grund dafür ist, dass diese Patientinnen und Patienten eine eingeschränkte kardiovaskuläre Reserve haben und es dadurch zu einer nicht genügenden Perfusion lebenswichtiger Organe kommen kann. (22) In solchen Fällen kann, meist durch eine niedrige dosierte Spinalanästhesie oder durch die Anwendung einer CSE, eine bessere hämodynamische Stabilität erreicht werden. (19) Zur Prophylaxe und Therapie der Hypotonie gibt es mehrere Möglichkeiten wie beispielsweise ein Flüssigkeitsmanagement namens Coloadung. Hierbei wird unmittelbar nach der Durchführung einer Spinalanästhesie Flüssigkeit intravenös verabreicht. Weiters gibt es die Möglichkeit der pharmakologischen Intervention mit Vasopressoren wie Phenylephrin, oder Noradrenalin.

Darüber hinaus können auch physikalischen Maßnahmen in Form von Beinlagerung und Kompressionsstrümpfen zum Einsatz kommen. (22)

Eine weitere Nebenwirkung der Spinalanästhesie ist der postpunktionelle Kopfschmerz. Dieser kann vor allem bei der Verwendung von Nadeln mit einem größeren Durchmesser oder sogenannten Quincke-Nadeln auftreten. Außerdem können darüber hinaus auch neurologische Komplikationen nach intraneuraler Injektion auftreten. Mögliche weitere Begleiterscheinungen wären vaskuläre Fehlinjektionen sowie auch Infektionen. (22)

Zusammenfassend ist die Spinalanästhesie das häufigste und essenziellste Anästhesieverfahren in Bezug auf Eingriffe an der unteren Körperhälfte. Sie erfordert dennoch einen sorgfältigen Umgang, um mögliche Nebenwirkungen wie Hypotonie oder neurologische Komplikationen zu verringern oder sogar zu vermeiden. (22)

1.3.1.2 Epiduralanästhesie

Die Epiduralanästhesie ist ein bedeutendes und häufig eingesetztes Verfahren der Regionalanästhesie. Es wird sowohl in der perioperativen Schmerztherapie als auch als primäre Anästhesieform bei chirurgischen Operationen eingesetzt. Die Vorgehensweise dabei ist, dass ein Lokalanästhetikum in den Epiduralraum injiziert wird. (23) Die Epiduralanästhesie kann entweder als einmalige Injektion im Rahmen der sogenannte Single-Shot-Technik, (2) oder über einen epiduralen Katheter durchgeführt werden. Letzterer ermöglicht eine kontinuierliche Verabreichung von Medikamenten, dadurch lassen sich sensorische, motorische und sympathische Nervenfasern gezielt blockieren. (23) Auf diese Weise ist eine präzise und patientenorientierte Steuerung der Anästhesietiefe und -dauer möglich. (2) Auch eine gezielte und langanhaltende Schmerzlinderung kann durch die kontinuierliche Verabreichung von Lokalanästhetika und Analgetika über den Katheter im Epiduralraum erreicht werden. (24)

Der Epiduralraum erstreckt sich vom Foramen magnum bis zum Sakralhiatus. Seine anatomischen Begrenzungen sind posterior durch das Ligamentum flavum, anterior durch die Dura mater und lateral durch den Wirbelpedikel definiert. Innerhalb dieses Raumes

befindet sich der Batson-Venenplexus, Fettgewebe und die Spinalnerven, die im Rahmen der Epiduralanästhesie gezielt blockiert werden können. Es gibt drei Möglichkeiten zur Platzierung des Katheters, und zwar über den thorakalen, lumbalen und sakralen Zugangsweg, diese werden in Abhängigkeit des Operationsgebietes gewählt. Zur Lokalisierung des Epiduralraums wird die „Loss of Resistance“-Technik angewendet, deren Präzision kann bei Bedarf durch bildgebende Verfahren wie Ultraschall oder Fluoroskopie erhöht werden. (24)

Durch die thorakale Epiduralanästhesie wird die sympathische Innervation des Herzens in den Segmenten T1 bis T5 gehemmt, dies hat eine Reduktion des myokardialen Sauerstoffverbrauchs zur Folge. Diese Wirkung kann zusätzlich zu einer Verbesserung der Koronarperfusion führen und weiters kardiovaskuläre Komplikationen wie perioperative Myokardinfarkte verringern. Außerdem können insbesondere Hochrisikopatientinnen und -patienten aufgrund dieser Blockade von einer verbesserten hämodynamischen Stabilität und möglicherweise auch einer niedrigeren postoperativen Mortalität profitieren. (23)

Bei der Durchführung der Epiduralanästhesie verwendet man bevorzugt Lokalanästhetika wie Bupivacain oder Ropivacain. Lidocain kommt hierbei nur mehr selten zum Einsatz. Die Konzentration dieser Medikamente kann so angepasst werden, dass primär eine sensorische Blockade oder zusätzlich auch eine motorische Blockade erreicht werden kann. Um die Analgesie zu verstärken sowie die Wirkdauer zu verlängern können, ähnlich wie bei der Spinalanästhesie, Opioide wie Fentanyl oder Morphin sowie Adjuvanzien wie Clonidin oder Dexamethason ergänzend werden. (24)

Die Epiduralanästhesie kann als primäres Anästhesieverfahren bei abdominalen, thorakalen, orthopädischen und gynäkologischen Operationen eingesetzt werden, aber auch die Kombination mit einer Allgemeinanästhesie ist möglich. (23) Durch diese Kombination kann überdies eine Reduktion des Bedarfs an Anästhetika erreicht werden. (2)

Die Vorteile der Epiduralanästhesie zeigen sich einerseits durch eine Verbesserung der kardiovaskulären und pulmonalen Funktionen während der Operation, sowie andererseits

durch die Reduktion des Risikos postoperativer kardiovaskulären, pulmonalen und gastrointestinalen Komplikationen. (23) Diese Vorteile sind auf die Reduktion des operationsinduzierten Stresses zurückzuführen, folglich kommt es dann zu einer verminderten Freisetzung von Katecholaminen, Cortisol und proinflammatorischen Zytokinen. Infolgedessen kommt es zu einer günstigeren Immunantwort und dies führt weiters zu einer Senkung der postoperativen Infektionen und beeinflusst die Wundheilung positiv. (24) Zudem ist eine epidurale Anästhesie mit einer potenziellen Reduktion der postoperativen Morbidität und Mortalität nach Operationen assoziiert. (23)

Des Weiteren verbessert die Epiduralanästhesie, durch eine effektive Schmerzreduktion, die Lungenfunktion im postoperativen Verlauf. Resultierend daraus kommt es zu einer Optimierung der Atemmechanik wodurch die Spontanatmung unterstützt und gefördert wird. Dadurch wird weiters das Risiko pulmonaler Infektionen, Atelektasen und einer Hypoxämie verringert. Insbesondere nach thoraxchirurgischen und abdominalen Operationen profitieren die Patientinnen und Patienten von einer schnellen Extubation und eines geringeren Risikos an respiratorischen und pulmonalen Komplikationen. (23)

Demgegenüber stehen potenzielle Risiken und Nebenwirkungen. Am häufigsten kann im Rahmen einer Epiduralanästhesie eine Hypotonie infolge einer sympathischen Blockade auftreten. Ebenfalls möglich sind postpunktionelle Kopfschmerzen, die durch eine irrtümliche Durapunktion entstehen können. Zu den seltenen, aber schwerwiegenden Komplikationen zählen epidurale Hämatome, Infektionen wie Meningitis oder epidurale Abszesse. Bei Patientinnen und Patienten unter Antikoagulation ist daher zur Reduktion des Risikos dieser Komplikationen und von Blutungen eine strenge Indikationsstellung erforderlich. (23) Als absolute Kontraindikation gilt eine vorbestehende Hypovolämie, da eine unzureichende intravasale Flüssigkeitsmenge eine durch die sympathische Blockade ausgelöste Hypotonie verstärken kann. Folglich kann dies die Entstehung einer hämodynamischen Instabilität begünstigen. (2)

Die Epiduralanästhesie ist somit ein wichtiges und wesentliches Verfahren innerhalb der Anästhesie. Sie bietet unter anderem zahlreiche kardiovaskuläre und pulmonale Vorteile. (23) Überdies kann sie auch zu einer signifikanten Reduktion postoperativer

Komplikationen beitragen und so das postoperative Wohlbefinden der Patientin und des Patienten verbessern. (24)

1.3.1.3 Kaudalanästhesie

Die Kaudalanästhesie zählt zu den neuroaxialen Regionalanästhesieverfahren, dabei erfolgt eine Injektion eines Lokalanästhetikum über den Hiatus sacralis in den kaudalen Abschnitt des Epiduralraum. (25) Dieses Verfahren kann sowohl als eigenständige Anästhesiemethode als auch in Kombination mit einer Allgemeinanästhesie angewendet werden und wird vorwiegend bei chirurgischen Eingriffen im Bereich unterhalb des Bauchnabels eingesetzt. (26) Obwohl sie primär in der pädiatrischen Anästhesie verbreitet ist, findet sie auch bei erwachsenen Patientinnen und Patienten Anwendung. Bei Erwachsenen ist die Erfolgsrate der kaudalen Anästhesie jedoch wesentlich niedrig. Dies liegt an der hohen anatomischen Variabilität des sakralen Hiatus beziehungsweise des Os sacrum, der schwierigeren Identifizierung der Einstichstelle aufgrund der im Alter fortschreitenden Verknöcherung der Bandstruktur und der schlechteren Verteilung der Anästhetika aufgrund des festeren epiduralen Fettgewebes (25) Bei erwachsenen Personen wird die Kaudalanästhesie deshalb vor allem in der Schmerztherapie sowie selten bei ausgewählten urologischen Operationen, wie z.B. TURP oder laparoskopischen urologischen Operationen, genutzt. (27)

Ein wesentlicher Vorteil der Kaudalanästhesie besteht darin, dass sie im Vergleich zur lumbalen Epiduralanästhesie eine geringere Inzidenz an Hypotonien und postpunktionellen Kopfschmerzen hat. (26) Darüber hinaus ermöglicht auch sie eine effektive postoperative Schmerztherapie und reduziert somit auch, wie die Spinal- und Epiduralanästhesie, den Bedarf an systemischen Analgetika. Ein weiterer Vorteil bietet das geringere Risiko an schwerwiegenden neurologischen Komplikationen. Zurückzuführen ist dies darauf, dass das Rückenmark oberhalb der Sakralregion endet und somit das Risiko einer direkten Rückenmarksverletzung bei korrekt durchgeführter Kaudalanästhesie äußerst gering ist. (25)

Für die Kaudalanästhesie kommen vorwiegend die Anästhetika Bupivacain, Ropivacain oder Levobupivacain zur Anwendung. Durch die Kombination mit Opioiden wie Fentanyl

oder Morphin sowie mit Adjuvantien wie Ketamin oder Clonidin ist es möglich die Wirkdauer der Anästhesie zu verlängern. Clonidin kann hierbei zur Verstärkung der Analgesie beitragen. In der Schmerztherapie werden zudem Injektionen von Steroiden in den kaudalen Epiduralraum angewendet, um chronische lumbale Schmerzen zu behandeln. (26)

Trotz ihrer Vorteile ist die Kaudalanästhesie nicht für alle Patientinnen und Patienten und Indikationen geeignet. Bei Erwachsenen kann die eingeschränkte kraniale Ausbreitung des Anästhetikums dazu führen, dass höhere Segmente nicht ausreichend erreicht werden, was die Anwendbarkeit dieser Technik bei bestimmten Indikationen einschränkt. (25) Zu den möglichen Komplikationen der Kaudalanästhesie zählen Infektionen, insbesondere bei längerfristiger Katheterlage. In seltenen Fällen kann es zu durch eine versehentliche intrathekale Injektion zu einer totalen Spinalanästhesie kommen. (25)

Die Kaudalanästhesie stellt insgesamt eine effektive und sichere Methode der Regionalanästhesie da, insbesondere etabliert ist ihre Anwendung bei pädiatrischen chirurgischen Eingriffen sowie für die Behandlung chronischer Schmerzen bei Erwachsenen. (26)

1.3.1.4 kombinierte Spinal-Epidural-Anästhesie

Die kombinierte Spinal-Epidural-Anästhesie (CSE) ist eine Kombination aus der Spinalanästhesie und der Epiduralanästhesie, damit lässt sich ein schneller Wirkungseintritt mit einer tiefgreifenden regionalen Blockade erzielen. Diese Methode wird vor allem bei orthopädischen und traumatologischen Operationen der unteren Extremität sowie bei gynäkologischen Operationen eingesetzt. (28)

Für die Durchführung der CSE gibt es drei unterschiedliche Techniken:

- die Nadel-durch-Nadeltechnik
- die separate Nadeltechnik
- die kombinierte Nadeltechnik (28)

Die Nadel-durch-Nadeltechnik ist die am häufigsten angewendete CSE-Technik. Hierbei wird zunächst eine Epiduralnadel in den Epiduralraum eingeführt, durch die anschließend eine dünnere Spinalnadel vorgeschoben wird, um den Subarachnoidalraum zu punktieren. (28) Bei der separaten Nadeltechnik wird die Spinal- und Epiduralanästhesie über zwei unterschiedliche Punktionsstellen durchgeführt, diese sind meist benachbarte Wirbelzwischenräumen. (28) Die sogenannte kombinierte Nadeltechnik verwendet ein eigens entwickeltes, integriertes Nadelsystem, dieses System kombiniert die Spinal- und Epiduralnadel. (28)

Bei der CSE wird der Subarachnoidalraum gezielt blockiert und im selben Verfahren zeitgleich ein Epiduralkatheter platziert. Aufgrund dieser kombinierten Durchführung wird eine schnelle neuraxiale Blockade erreicht. Diese kann im weiteren Verlauf individuell an die Patientin oder den Patienten angepasst werden. (28) Im Optimalfall der CSE werden vorrangig die Vorteile einer Spinal- und Epiduralanästhesie kombiniert, dazu gehören ein zügiger Wirkungseintritt, eine tiefgreifende Blockade, eine niedrige Medikamentendosis, sowie die Möglichkeit die Anästhesie bei Bedarf zu verlängern. Allerdings ist diese Anästhesieart auch eine technisch komplexe Methode und führt zu einer Blockade in mehreren Kompartimenten, dadurch ist Potenzial für einige Komplikationen gegeben. (28) Zu den möglichen Komplikationen der CSE zählen Gewebstraumata durch wiederholte Punktionsversuche mit der Spinalnadel, insbesondere wenn diese nicht korrekt durch das Lumen der Epiduralnadel geführt wurde, sowie eine Verwechslung der Nadeln oder ungewolltes Verschieben des Epiduralkatheters. Weiters kann es nach erfolgter Spinalinjektion schwierig werden die korrekte Lage des Epiduralkatheters zu überprüfen. (28) Besondere Aufmerksamkeit erfordert die potenzielle Interaktion der spinal und epidural verabreichten Medikamente. Eine epidurale Injektion kann die Wirkung des Spinalanästhetikums beeinflussen. Diese Reaktion kann gewünscht sein, aber auch zu unerwarteten Blockaden, Hypotonie oder Atemdepression führen – vor allem wenn die Dosierungen nicht aufeinander abgestimmt sind. Bei längerem Verbleib des Epiduralkatheters besteht zudem ein erhöhtes Risiko für Infektionen. (28) Eine weitere mögliche Komplikation ist die versehentliche Duralpunktion durch die Epiduralnadel, die sowohl postpunktionellen Kopfschmerz oder eine totale Spinalanästhesie verursachen kann. (28)

Bei korrekter Durchführung und Handhabung bietet die kombinierte Spinal- und Epiduralanästhesie die Möglichkeit die wichtigsten Vorteile der Spinal- und Epiduralanästhesie zu kombinieren. Gleichzeitig ist jedoch zu beachten, dass durch die Kombination beider auch potenzielle Nebenwirkungen kombiniert auftreten können. (28) Im Vergleich zur alleinigen Spinalanästhesie besteht bei der CSE außerdem ein erhöhtes Risiko für das Versagen der spinalen Komponente. Im Unterschied zur klassischen Epiduralanästhesie birgt die CSE das Risiko eines postpunktionellen Kopfschmerzes und macht den Einsatz herkömmlicher epiduraler Testdosen in der Praxis schwierig. (28)

Die kombinierte Spinal- und Epiduralanästhesie bewirkt eine Blockade in mehreren Kompartimenten des Rückenmarks. Dadurch kann der Effekt der spinalen Anästhesie durch spätere epidurale Injektionen beeinflusst werden. In manchen Fällen gelangen epidural verabreichte Medikamente auch in den Liquorraum. Diese Besonderheiten lassen sich gezielt therapeutisch nutzen, bergen jedoch auch ein gewisses Risiko für unerwünschte Wirkungen, wenn sie nicht berücksichtigt werden. (28)

1.3.2 periphere Nervenblockade

Die periphere Nervenblockade ist ein häufig angewendetes Verfahren zur intra- und postoperativen Schmerztherapie. Sie umfasst verschiedene Techniken, bei denen gezielt periphere Nerven blockiert werden. Dies erfolgt entweder zur Durchführung der Anästhesie für chirurgische Eingriffe oder zur Analgesie für die postoperativen Schmerztherapie. (29) Durch gezielte Blockaden kann, abhängig vom Operationsgebiet, die periphere Nervenblockade sowohl als primäre Anästhesieform als auch zur ergänzenden Analgesie eingesetzt werden. (30)

Die periphere Nervenblockade wird durch die Injektion eines Lokalanästhetikums in die unmittelbare Nähe eines peripheren Nervs oder Nervengeflechts durchgeführt. Sie kann als einmalige Injektion oder auch als kontinuierliche Infusion über einen perineuralen Katheter erfolgen. (31) Die Anwendung von Ultraschall hat die Präzision dieser Technik signifikant verbessert, da sie eine gezieltere Platzierung des Anästhetikums ermöglicht und gleichzeitig das Risiko möglicher Komplikationen reduziert. (31)

Es gibt unzählige Nervenblockaden, mit speziellen Indikationsstellungen und teils verschiedenen Techniken. An der unteren Extremität werden häufig die folgenden Nervenblockaden durchgeführt:

- **Femoralisblock:** Dieser Block wird häufig für Kniegelenksoperationen und Femurfrakturen verwendet, dadurch werden postoperative Schmerzen stark reduziert. Allerdings kann er zu einer Beeinträchtigung der Quadrizpesfunktion führen. (30)
- **Ischiasnervenblock:** Dieser wird häufig bei Fuß- und Knöcheloperationen eingesetzt und bezieht sich auf den Bereich unterhalb des Knies mit Ausnahme der medialen Seite. (30)
- **Saphenus-Block (Adduktorenkanalblock):** Dieser ist eine motorisch schonendere Alternative zum Femoralisblock. Er wird bevorzugt bei Kniegelenksoperationen eingesetzt. (30)
- **IPACK-Block:** Hierbei kommt es zu einer Infiltration zwischen der Arterie poplitea und der Kniegelenkskapsel. Dieser Block wird vor allem zur Schmerzreduktion bei Kniegelenksoperationen eingesetzt, jedoch kommt es hierbei zu keiner motorischen Beeinträchtigung des Beins. (30)
- **Lumbaler Plexusblock:** Dieser Block wird insbesondere bei Hüftoperationen verwendet und deckt die femoral-, obturator- und lateralen kutanen Nerven des Oberschenkels ab. (30)

Diese Techniken können allein oder in Kombination angewendet werden, damit eine optimale Analgesie bei Operationen der unteren Extremität gewährleistet werden kann. (30)

Die periphere Regionalanästhesie bietet zahlreiche Vorteile, auch gegenüber der Allgemeinanästhesie. Einer der wesentlichen Vorteile ist hierbei die effektive Schmerzlinderung, da die gezielte Blockade der Nerven die postoperativen Schmerzen erheblich reduziert. (32) Ein weiterer Vorteil ist die Reduktion des Opioidverbrauchs. Durch die gezielte Nervenblockaden kann der Bedarf an postoperativen Analgetika und Opioiden erheblich verringert werden. Dies ermöglicht nicht nur eine effektivere

Schmerztherapie, sondern verringert zugleich Nebenwirkungen wie Übelkeit, Erbrechen und Atemdepression. (32)

Außerdem ermöglicht die periphere Regionalanästhesie, insbesondere in der orthopädischen Chirurgie, eine frühzeitiger Mobilisation nach der Operation. Dies kann sich im weiteren Verlauf positiv auf die Krankenhausaufenthaltsdauer auswirken. (30) Des Weiteren senkt diese Anästhesieart die kardiopulmonale Belastung und ist mit einer geringeren Inzidenz an Thrombosen, kardiovaskulären und pulmonalen Komplikationen verbunden, insbesondere bei Hochrisikopatientinnen und -patienten. (32)

Dennoch ist die periphere Regionalanästhesie nicht frei von Risiken und Limitationen. Zu den möglichen Komplikationen zählt das Blockversagen, dabei tritt die gewünschte Nervenblockade unvollständig oder gar nicht ein. Dies kann dann intraoperative Schmerzen zur Folge haben und kann weiters auch zu einer inadäquaten postoperativen Analgesie führen. (30) Eine weitere Komplikation stellt die sogenannte Lokalanästhetika-Toxizität (LAST) dar. Diese tritt auf, wenn ein Lokalanästhetikum versehentliche intravaskuläre injiziert wird und infolgedessen zu einer systemischen toxischen Reaktion führen kann. (31) Zudem besteht das Risiko, dass es aufgrund mechanischer Ursachen oder durch das Anästhetikum bedingt zu Nervenverletzungen kommen kann. In seltenen Fällen können solche Läsionen dauerhafte neurologische Defizite verursachen. (30) Ein weiteres Risiko, insbesondere bei der Anwendung von kontinuierlichen Kathetern, ist das Auftreten von Infektionen oder die Bildung von Hämatomen. (30) Beim Femoralisnervenblock kann es durch die Schwächung des Quadrizeps zusätzlich zu motorischen Defiziten kommen. Dies hat zur Folge, dass sich das postoperative Sturzrisiko erhöhen und die Mobilisation verzögern kann. (31) Schließlich besteht auch bei dieser Art der Regionalanästhesieart die Möglichkeit eines postpunktionellen Kopfschmerzes. Bei der peripheren Nervenblockade kann dieser durch eine versehentliche Durapunktion ausgelöst werden. (31) Die meisten dieser erwähnten Komplikationen treten jedoch selten auf und können durch Ultraschallkontrollen, präoperativer Risikoeinschätzung und der Einhaltung strenger Sicherheitsmaßnahmen weitgehend minimiert werden. (31)

Die periphere Regionalanästhesie gilt als eine effektive und auch sichere Technik zur intra- und postoperativen Schmerztherapie. Sie ermöglicht eine deutliche Schmerzreduktion, eine Reduktion des Opioidbedarfs und eine Besserung der funktionellen Ergebnisse. Trotz der vielen potenziellen Risiken stellt sie eine wichtige Alternative zur Allgemeinanästhesie dar und sollte, insbesondere bei multimorbiden Patientinnen und Patienten, bei der Wahl des Anästhesieverfahrens bevorzugt in Betracht gezogen werden. (31)

1.3.3 intravenöse Regionalanästhesie

Ein weiteres Regionalanästhesieverfahren ist die intravenöse Regionalanästhesie, auch bekannt als Bier-Block. Diese Art der Anästhesie ist besonders für kürzere Operationen an den oberen und unteren Extremitäten geeignet. Hierbei wird zunächst eine Blutsperre, bei der intravenösen Regionalanästhesie ein sogenanntes Tourniquet, proximal an der Extremität angelegt, damit die Durchblutung der Extremität unterbrochen wird. Anschließend wird das Lokalanästhetikum, bevorzugt Prilocain, langsam intravenös injiziert. Die Analgesie hält so lange an, wie die Blutsperre aufrechterhalten wird. (2)

Zur Verbesserung der intravenösen Regionalanästhesie können Adjuvantien wie zum Beispiel Opiode, Muskelrelaxantien, Clonidin oder NSARs zusätzlich verwendet werden. Die intravenöse Regionalanästhesie gilt, bei fachgerechter Durchführung, als ein sicheres Verfahren, da es sehr selten zu schwerwiegenden unerwünschten Ereignissen kommt. Dennoch können neuro- und kardiotoxische Nebenwirkungen auftreten. Diese treten hauptsächlich auf, wenn das Tourniquet versagt oder zu früh geöffnet wird und es dadurch zu einem unkontrollierten systemischen Übertritt des Lokalanästhetikums kommt. Daher sollte nach der Operation ein schrittweises Ablassen des Tourniquet-Drucks erfolgen, um diese Nebenwirkung zu vermeiden. (33)

Regionalanästhesie Zusammenfassung

Die Regionalanästhesie stellt eine gute Ergänzung und teils Alternative zur Allgemeinanästhesie dar. Sie bietet einige Vorteile in Bezug auf die Reduktion systemischer Nebenwirkungen und der Minimierung der postoperativen Schmerztherapie. Ihre Anwendung erfordert jedoch eine sorgfältige Auswahl an Patientinnen und Patienten,

anatomische Expertise und eine angemessene technische Durchführung. Während rückenmarksnahe Verfahren wie die Spinal- und Epiduralanästhesie vor allem bei Operationen an der unteren Körperhälfte von Vorteil sind, eignen sich periphere Nervenblockaden besonders für Eingriffe an allen Extremitäten. Die intravenöse Regionalanästhesie stellt weiters eine gute Methode und Alternative für kürzere Eingriffe dar, es muss jedoch das Risiko einer systemischen Toxizität sorgfältig bedacht werden. Insgesamt ist die Regionalanästhesie ein sehr wichtiges Verfahren in der Anästhesiologie, das durch kontinuierliche Weiterentwicklung und neue Techniken stetig an Bedeutung gewinnt.

1.4 Aufzeigen der Kenntnis- und Forschungslücke

Die Regionalanästhesie ist eine bewährte Alternative zur Allgemeinanästhesie und überzeugt vor allem durch ihre Vorteile bei der postoperativen Analgesie sowie durch eine geringere Belastung des Gesamtorganismus. Darüber hinaus kann sie auch kardiovaskuläre und pulmonale Vorteile bei Patientinnen und Patienten mit entsprechenden Komorbiditäten bieten. Derzeit gibt es jedoch nur sehr wenige publizierte Daten, die den Zusammenhang zwischen den Komorbiditäten der Patientinnen und Patienten und der Wahl des Anästhesieverfahrens untersuchen. Diese Arbeit soll daher die Forschungslücke aufzeigen, wie Vorerkrankungen die Entscheidung des Anästhesieverfahrens beeinflussen.

1.5 Zielsetzung und Einschränkungen

Ziel dieser Arbeit ist es, den Einfluss präexistenter Komorbiditäten, darunter arterielle Hypertonie, koronare Herzkrankheit, chronische Niereninsuffizienz, Diabetes mellitus, periphere arterielle Verschlusskrankheit, ischämischer Schlaganfall in der Anamnese, Herzinsuffizienz, Vorhofflimmerarrhythmie sowie ein Alter von 75 Jahren oder älter, auf die Wahl des Anästhesieverfahrens bei elektiven Routineeingriffen zu analysieren.

Ziel ist es, ein besseres Verständnis für die anästhesiologischen Entscheidungsprozesse im Kontext relevanter Komorbiditäten zu schaffen, evidenzbasierte Kriterien für eine patientenzentrierte Anästhesiewahl abzuleiten und potenzielle Optimierungsmöglichkeiten im perioperativen Management aufzuzeigen.

Die Ergebnisse dieser Arbeit sollen jedoch im Hinblick auf mögliche Einschränkungen wie die retrospektive Datenlage kritisch hinterfragt werden. Die retrospektive Datenerhebung ist mit methodischen Limitationen verbunden, da sich potenzielle Störfaktoren nicht kontrollieren lassen. Ein Selektionsbias kann weiters nicht ausgeschlossen werden, da nur Patientinnen und Patienten eines einzelnen Zentrums berücksichtigt wurden. Zudem lagen keine vollständigen Daten zu intraoperativen Komplikationen vor, die ebenfalls die Wahl des Anästhesieverfahrens beeinflusst haben könnten.

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign

In dieser retrospektiven Studie wird der Einfluss der präexistenten Komorbiditäten auf die Wahl des Anästhesieverfahrens von Patientinnen und Patienten untersucht, die sich im Zeitraum vom 1. Januar 2018 bis einschließlich 31. Dezember 2021 am LKH Universitätsklinikum Graz transurethralen Operationen, orthopädisch-prothetischen Eingriffen an der unteren Extremität sowie vaginalen Hysterektomien unterzogen haben. Hierzu wurden Daten aus den prä- und postoperativen Anästhesieprotokollen herangezogen, um eine detaillierte Auswertung der klinischen Verläufe zu ermöglichen. Durch die Analyse dieser Daten soll ein besseres Verständnis für die optimale Anästhesiewahl in verschiedenen operativen Kontexten gewonnen werden.

2.1.1 Hypothesen

Vorbestehende Komorbiditäten wie eine arterielle Hypertonie, koronare Herzkrankheit, chronische Niereninsuffizienz, Diabetes mellitus, periphere arterielle Verschlusskrankheit, ischämischer Schlaganfall in der Anamnese, Herzinsuffizienz, Vorhofflimmerarrhythmie oder ein Alter von 75 Jahren oder älter beeinflussen die Wahl des Anästhesieverfahrens bei elektiven Routineoperationen wie transurethralen Operationen, orthopädisch-prothetischen Eingriffen an der unteren Extremität sowie vaginalen Hysterektomien. Diese Komorbiditäten könnten die Entscheidung zwischen Allgemeinanästhesie und Spinalanästhesie maßgeblich lenken, da bestimmte Anästhesiemethoden bei bestimmten Vorerkrankungen vorteilhafter sein können. Die vorbestehenden Komorbiditäten könnten somit direkte Auswirkungen auf die Wahl des Anästhesieverfahrens haben. Es wird erwartet, dass Patientinnen und Patienten mit solchen Vorerkrankungen eher unter Allgemeinanästhesie operiert werden. Die Diplomarbeit zielt darauf ab, diesen Einfluss zu untersuchen und ein tieferes Verständnis dafür zu entwickeln, wie präexistente Vorerkrankungen diese Wahl beeinflussen.

2.1.2 Ethik

Ein Ethikkommissionsvotum war zur Beantwortung der Forschungsfrage erforderlich. Dazu wurde ein Ethikantrag an der Medizinischen Universität Graz eingereicht (EK-Nummer 34-455 ex 21/22). Da es sich um eine retrospektive Studie ohne direkten Kontakt zu Patientinnen und Patienten handelte, konnte keine schriftliche Einverständniserklärung eingeholt werden. Der Ethikantrag wurde positiv beurteilt.

2.1.3 Ein- und Ausschlusskriterien

In der vorliegenden Diplomarbeit werden Patientinnen und Patienten untersucht, die im Zeitraum vom 1. Januar 2018 bis einschließlich 31. Dezember 2021 am LKH Universitätsklinikum Graz operiert wurden und eine Spinal- oder Allgemeinanästhesie erhielten.

Kategorie	Kriterium
Mindestalter	Alter \geq 45 Jahre
Eingeschlossene Operationen	Transurethrale Operation orthopädisch-prothetischen Operation der unteren Extremität vaginalen Hysterektomie
Komorbiditäten (mindestens eine erforderlich)	Arterieller Hypertonus Koronare Herzkrankheit Chronische Niereninsuffizienz Diabetes mellitus Periphere arterielle Verschlusskrankheit Ischämischer Schlaganfall in der Anamnese Herzinsuffizienz Vorhofflimmerarrhythmie COPD/Asthma bronchiale Alter von 75 Jahren oder älter

Tabelle 1: Einschlusskriterien der Patientinnen und Patienten für die Studie

In die Studie eingeschlossen wurden Patientinnen und Patienten im Alter von mindestens 45 Jahren, die sich entweder einer transurethralen Operation, einer orthopädisch-prothetischen Operation der unteren Extremität oder einer vaginalen Hysterektomie unterzogen. Zusätzlich war das Vorliegen von mindestens einer der folgenden relevanten Komorbiditäten erforderlich, sofern keine Ausschlusskriterien erfüllt waren. Zu den berücksichtigten Vorerkrankungen zählten arterieller Hypertonus, koronare Herzkrankheit, chronische Niereninsuffizienz, Diabetes mellitus, periphere arterielle Verschlusskrankheit, ein in der Anamnese erlittener ischämischer Schlaganfall, Herzinsuffizienz, Vorhofflimmerarrhythmie sowie chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD) oder Asthma bronchiale. Ebenso wurden Patientinnen und Patienten eingeschlossen, die keine der vorherig genannten Komorbiditäten hatten, jedoch 75 Jahre oder älter waren.

Kategorie	Kriterium
Herzerkrankung	schweren Aortenstenose
Kardiale Funktion	linksventrikulären Ejektionsfraktion von 30 % oder weniger

Tabelle 2: Ausschlusskriterien der Patientinnen und Patienten der Studie

Von der Teilnahme an der Studie ausgeschlossen wurden Patientinnen und Patienten mit einer schweren Aortenstenose sowie jene mit einer linksventrikulären Ejektionsfraktion von 30 % oder weniger.

Die Datenerhebung umfasst alle relevanten Daten aus der präoperativen Narkoseuntersuchung, der Operationsleistung sowie alle intra- und postoperativen Daten, die im Narkosedokumentationssystem erfasst wurden.

2.2 Datenverwaltung

Die Verarbeitung der erhobenen Daten erfolgt in pseudoanonymisierter Form, um den Datenschutz der Patientinnen und Patienten zu gewährleisten. Die zu analysierenden Daten wurden auf Servern der Medizinischen Universität Graz mit Zugriffsbeschränkung gespeichert und im Anschluss ausgewertet

2.3 Datenauswertung

Die statistische Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mit der Statistik- und Analyse Software IBM SPSS Statistics (Version 29, IBM Corporation, Armonk, NY, USA) sowie mit R (Version 4.5.0, R Foundation for Statistical Computing, Wien, Österreich).

Für die deskriptive Statistik kam SPSS zum Einsatz. So konnten Häufigkeiten und wichtige Kennzahlen der deskriptiven Statistik wie Mittelwert, Minimum, Maximum, Median, Standardabweichung ermittelt werden.

Zur Untersuchung potenzieller Einflussfaktoren auf die Wahl des Anästhesieverfahrens wurden in R logistische Regressionsmodelle erstellt. Als mögliche Prädiktoren wurden das Operationsjahr, die chirurgische Abteilung, Alter, Geschlecht, BMI sowie Komorbiditäten (Schlaganfall, Herzinsuffizienz, Vorhofflimmern, arterielle Hypertonie, koronare Herzkrankheit, COPD/Asthma, chronische Niereninsuffizienz, periphere arterielle Verschlusskrankheit und Diabetes mellitus) berücksichtigt.

Die Modellauswahl erfolgte mittels eines schrittweisen Verfahrens auf Basis des Akaike-Informationskriteriums (AIC), beginnend mit dem Nullmodell (nur Interzept) und unter Anwendung sowohl vorwärts- als auch rückwärtsgerichteter Selektion. Dieser Ansatz gewährleistet, dass nur Variablen in das Modell aufgenommen werden, die die Modellgüte verbessern, während unnötige Komplexität vermieden wird.

Das endgültige Modell umfasste die chirurgische Abteilung, Vorhofflimmern, COPD/Asthma, Herzinsuffizienz, BMI, Geschlecht und Schlaganfall. Die Ergebnisse werden als Odds Ratios (OR) mit den zugehörigen 95%-Konfidenzintervallen (KI) berichtet. Ein p -Wert $< 0,05$ wurde als statistisch signifikant definiert. Die Modellanpassung wurde anhand der Deviance-Reduktion und des AIC bewertet.

3 Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der deskriptiven Statistik

Insgesamt wurden 2.588 Patientinnen und Patienten in die Auswertung eingeschlossen. Davon erhielten 1.573 (60,8 %) eine Allgemeinanästhesie und 1.015 (39,2 %) eine Spinalanästhesie. Das Gesamtkollektiv der Patientinnen und Patienten bestand aus 1.469 (56,8 %) männlichen Patienten und 1.119 (43,2 %) weiblichen Patientinnen. Unter den männlichen Patienten wurde in 910 (61,9 %) Fällen eine Allgemeinanästhesie und in 559 (38,1 %) eine Spinalanästhesie durchgeführt. Bei den weiblichen Patientinnen erfolgte in 663 Fällen (59,2 %) eine Allgemeinanästhesie und in 456 Fällen (40,8 %) eine Spinalanästhesie.

Anthropometrische Daten

In Bezug auf das Körpergewicht betrug der Mittelwert aller einbezogenen Patientinnen und Patienten 82 kg (SD 17,8; Spannweite 38–190 kg). In der Gruppe der Spinalanästhesie lag der Mittelwert bei 83,1 kg (Spannweite 38–190 kg) und in der Gruppe der Allgemeinanästhesie bei 81,2 kg (Spannweite 40–165 kg). Die Quartilswerte lagen bei 70,0 kg (25. Perzentil) und bei 92 kg (75. Perzentil). Damit ergab sich nur ein geringfügiger Unterschied zwischen den beiden Gruppen.

Bei der Körpergröße zeigte sich im Gesamtkollektiv ein mittlerer Wert von 169,5 cm (SD 9,3; Spannweite 136–200 cm). Patientinnen und Patienten mit Spinalanästhesie hatten eine mittlere Größe von 169 cm (Spannweite 136–200 cm) und die mit Allgemeinanästhesie 169,8 cm (Spannweite 141–200 cm). Die Quartilswerte betragen 163 cm (25. Perzentil) und 176 cm (75. Perzentil). Auch hier zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

Das Durchschnittsalter der gesamten Patientinnen und Patienten betrug 71,5 Jahre (SD 9,8; Spannweite 45–97 Jahre). In der Spinalanästhesie -Gruppe betrug das mittlere Alter 71,4 Jahre (Spannweite 45–96 Jahre), in der Allgemeinanästhesie-Gruppe 71,6 Jahre (Spannweite 45–97 Jahre). Die Quartilswerte betragen 65 Jahren (25. Perzentil) und 79

Jahren (75. Perzentil). Zwischen den beiden Gruppen zeigten sich hinsichtlich des Alters keine relevanten Unterschiede.

Der BMI lag im Median bei 27,6 kg/m (SD 5,4; Spannweite 15,5–61,6 kg/m²). Patientinnen und Patienten mit Spinalanästhesie hatten durchschnittlich 29,0 kg/m² (Spannweite 15,5–61,6 kg/m²) auf und in der Gruppe der Allgemeinanästhesie 28,1 kg/m² (Spannweite 15,6–47,9 kg/m²). Die Quartilswerte lagen bei 24,7 kg/m² (25. Perzentil) und bei 31,3 kg/m² (75. Perzentil). Somit war der BMI in beiden Gruppen vergleichbar.

Zusammenfassend zeigte die deskriptive Analyse, dass das untersuchte Kollektiv mit 2.588 Patientinnen und Patienten sowohl hinsichtlich Geschlechterverteilung als auch in Bezug auf Alter, Körpergröße, Körpergewicht und BMI und zwischen den beiden Anästhesieverfahren keine wesentlichen Unterschiede erkennbaren waren. Die wichtigsten Merkmale aller eingezogenen Patientinnen und Patienten sowie die Verteilung nach Anästhesieverfahren sind in der folgenden Tabelle 3 zusammengefasst.

	Spinalanästhesie	Allgemeinanästhesie	Gesamtkollektiv
n	1015	1573	2588
Geschlecht			
- männlich	559	910	1469
- weiblich	456	663	1119
Gewicht (kg)	83,1	81,2	82
Größe (cm)	169,0	169,8	169,5
Alter (Jahre)	71,4	71,6	71,5
BMI (kg/m²)	29	28,1	28,5
Alter ≥75 Jahren	37,8 %	62,2 %,	43,8
Herzinsuffizienz	35,8 %	64,2 %	2,0%
VHFA	31,4 %	68,6 %	39,2%
art. Hypertonie	38,7 %	61,3 %	81,6%
KHK	36,3%	63,7%	18,3%
pAVK	31,4%	60,2 %	4,6%
COPD/Asthma	43,3 %	56,7%	15,3%
CKD	35,6%	64,4 %	16,8%
Diabetes mellitus	38,7%	61,3 %	20,2%
Insult	33,3%	66,7 %	5,7%
ASA-Klassifikation			
- 1	62,1 %	37,9%	1,1 %
- 2	40,4 %	59,6%	37,8%
- 3	39,3%	60,7%	50,8%
- 4	31,6%	68,4	10,3%

Tabelle 3: Übersicht der Mittelwerte und Mediane der Basisdaten und Komorbiditäten bei Spinal- und Allgemeinanästhesie

Komorbiditäten

Bei den Patientinnen und Patienten mit einem Alter von 75 Jahren oder älter (n = 1.134) wurden bei 705 (62,2 %) eine Allgemeinanästhesie und bei 429 (37,8 %) eine Spinalanästhesie durchgeführt. In der Gruppe der unter 75-Jährigen (n = 1.454) erhielten 868 (59,7 %) eine Allgemeinanästhesie und 586 (40,3 %) eine Spinalanästhesie.

Unter den Patientinnen und Patienten mit Herzinsuffizienz (n = 53) lag der Anteil der Allgemeinanästhesien bei 34 (64,2 %), und der von den Spinalanästhesien bei 19 (35,8 %). Ohne Herzinsuffizienz (n = 2.535) wurden bei 1.539 (60,7 %) eine Allgemeinanästhesie und bei 996 (39,3 %) eine Spinalanästhesie durchgeführt.

Ein wesentlicher Unterschied zeigte sich bei Vorhofflimmerarrhythmie (n = 417). In Bezug auf das Vorhandensein dieser Komorbidität erhielten 286 Patientinnen und Patienten (68,6 %) eine Allgemeinanästhesie und 131 (31,4 %) eine Spinalanästhesie. Bei den Patientinnen und Patienten, bei denen diese Rhythmusstörung nicht bekannt war (n = 2.171) lag der Anteil der Allgemeinanästhesien bei 1.287 (59,3 %) und jener der Spinalanästhesien bei 884 (40,7 %).

Von der Gruppe der Patientinnen und Patienten mit einer arteriellen Hypertonie (n = 2.113) wurden 1.295 (61,3 %) unter Allgemeinanästhesie und 818 (38,7 %) unter Spinalanästhesie operiert. In der Gruppe ohne arterielle Hypertonie (n = 475) waren die Ergebnisse bei 278 (58,5 %) bzw. 197 (41,5 %) Patientinnen und Patienten.

Bei einer vorbekannten KHK (n = 474) erhielten 302 (63,7 %) Personen eine Allgemeinanästhesie und 172 (36,3 %) eine Spinalanästhesie. In der Gruppe ohne die Komorbidität KHK (n = 2.114) lag der Anteil der Allgemeinanästhesien bei 1.271 (60,1 %) und der Spinalanästhesien bei 843 (39,9 %) Patientinnen und Patienten.

Die prozentuelle Verteilung bei den Personen mit der Komorbidität peripherer arterieller Verschlusskrankheit (pAVK) (n = 118) war nahezu identisch zu jener Personengruppe ohne pAVK. Patientinnen und Patienten mit einer pAVK erhielten in 71 Fällen (60,2 %) eine Allgemeinanästhesie und in 47 Fällen (39,8 %) eine Spinalanästhesie. Ohne eine

pAVK (n = 2.470) lag der Anteil der Allgemeinanästhesien bei 1.502 (60,8 %), während 968 (39,2 %) eine Spinalanästhesie erhielten.

In der Gruppe der pulmonalen Vorerkrankungen mit COPD und/oder Asthma bronchiale (n = 395) erhielten 224 (56,7 %) eine Allgemeinanästhesie und 171 (43,3 %) eine Spinalanästhesie. In der Gruppe ohne die pulmonalen Komorbiditäten (n = 2.193) lag der Anteil bei 1.349 (61,5 %) zu 844 (38,5 %) Patientinnen und Patienten.

Von der Personengruppe mit chronischer Niereninsuffizienz (CKD) (n = 436) wurden 281 (64,4 %) unter Allgemeinanästhesie und 155 (35,6 %) unter Spinalanästhesie operiert. Bei Patientinnen und Patienten ohne CKD (n = 2.152) lag der Anteil bei 1.292 (60,0 %) Allgemeinanästhesien und 860 (40,0 %) Spinalanästhesien.

Bei Diabetes mellitus (n = 522) wurden 320 (61,3 %) mit Allgemeinanästhesie und 202 (38,7 %) mit Spinalanästhesie operiert. In der Gruppe ohne Diabetes (n = 2.066) betrug die Anteile 1.253 (60,6 %) bzw. 813 (39,4 %).

Zuletzt zeigte sich bei Patientinnen und Patienten mit einem Insult in der Anamnese (n = 147), dass 98 (66,7 %) eine Allgemeinanästhesie und 49 (33,3 %) eine Spinalanästhesie erhielten. Bei Personen ohne einen vorbekannten Insult (n = 2.441) lag der Anteil der Allgemeinanästhesien bei 1.475 (60,4 %) und der Spinalanästhesien bei 966 (39,6 %).

Weiters war die Mehrheit der Patientinnen und Patienten den ASA-Klassen II und III zugeordnet. Konkret entfielen 1,1 % auf ASA I, 37,8 % auf ASA II, 50,8 % auf ASA III und 10,3 % auf ASA IV. In der Analyse nach Anästhesieverfahren zeigte sich eine deutliche Verschiebung: Während Patientinnen und Patienten mit niedriger ASA-Klassifikation (I und II) häufiger eine Spinalanästhesie erhielten (62,1 % bei ASA I, 40,4 % bei ASA II), überwog bei höheren ASA-Klassen die Allgemeinanästhesie (60,7 % bei ASA III und 68,4 % bei ASA IV).

3.2 Ergebnisse der multivariablen logistischen Regressionsanalyse

Im Rahmen der multivariablen logistischen Regressionsanalyse wurden die chirurgische Fachrichtung sowie verschiedene patientenbezogene Faktoren hinsichtlich ihres Einflusses auf die Wahl des Anästhesieverfahrens untersucht. Das finale Modell umfasste die chirurgische Abteilung, Vorhofflimmern, COPD bzw. Asthma, Herzinsuffizienz, den BMI, das Geschlecht sowie einen Insult in der Vorgeschichte der Patientinnen und Patienten. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 zusammengefasst und als Odds Ratios (OR) mit 95%-Konfidenzintervallen und zugehörigen p-Werten angegeben.

	OR	95% KI	p-Wert
orthopädisch-prothetischen OPs	0,52	0,28; 0,93	0,033
transurethrale OPs	0,91	0,48; 1,65	0,8
VHFA	1,59	1,25; 2,03	<0,001
COPD/Asthma bronchiale	0,73	0,59; 0,92	0,007
Herzinsuffizienz	1,56	0,99; 2,52	0,063
BMI	0,99	0,98; 1,00	0,090
Insult	1,33	0,98; 1,43	0,080
Frauen	1,18	0,92; 1,97	0,14

Tabelle 4: Odds Ratios (OR), 95%-Konfidenzintervallen und p-Werte der relevante Einflussfaktoren auf das Anästhesieverfahren

In Bezug auf die chirurgische Fachrichtung zeigten sich deutliche Unterschiede. Patientinnen und Patienten, die in der orthopädisch-prothetischen Chirurgie operiert wurden, erhielten signifikant seltener eine Allgemeinanästhesie (OR 0,52; 95%-KI 0,28–0,93; $p = 0,033$). Für transurethrale Eingriffe ergab sich hingegen kein signifikanter Unterschied (OR 0,91; 95%-KI 0,48–1,65; $p = 0,800$).

Ein besonders klarer Effekt zeigte sich beim Vorliegen der Komorbidität Vorhofflimmerarrhythmie. Patientinnen und Patienten mit dieser Rhythmusstörung wurden signifikant häufiger in Allgemeinanästhesie operiert (OR 1,59; 95%-KI 1,25–2,03; $p < 0,001$). Vorhofflimmern stellte damit den stärksten unabhängigen Risikofaktor in diesem Modell dar.

Demgegenüber war bei Patientinnen und Patienten mit COPD oder Asthma signifikant seltener eine Allgemeinanästhesie zu beobachten (OR 0,73; 95%-KI 0,59–0,92; $p = 0,007$). Dies legt nahe, dass bei vorbestehenden pulmonalen Erkrankungen bevorzugt Spinalanästhesien gewählt wurden.

Weitere untersuchte Faktoren zeigten zwar Richtungen von Assoziationen, erreichten jedoch keine statistische Signifikanz. Dazu zählten Herzinsuffizienz (OR 1,56; 95%-KI 0,99–2,52; $p = 0,063$), weibliches Geschlecht (OR 1,18; 95%-KI 0,92–1,97; $p = 0,140$), ein erhöhter Body-Mass-Index (OR 0,99; 95%-KI 0,98–1,00; $p = 0,090$) sowie ein Insult in der medizinischen Vorgeschichte der Patientinnen und Patienten (OR 1,33; 95%-KI 0,98–1,43; $p = 0,080$). Diese Ergebnisse können als Trends interpretiert werden, weisen jedoch keine ausreichende statistische Evidenz auf.

Zusammenfassend zeigte die Analyse, dass sowohl die Zugehörigkeit zur orthopädisch-prothetischen Chirurgie als auch das Vorliegen von COPD oder Asthma mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit für eine Allgemeinanästhesie verbunden waren. Demgegenüber waren es Patientinnen und Patienten mit einer Vorhofflimmerarrhythmie, die mit einer signifikant erhöhten Wahrscheinlichkeit für die Durchführung einer Allgemeinanästhesie assoziiert waren. Die Hauptergebnisse sind in Abbildung 1 (Forest-Plot) nochmals grafisch dargestellt, wobei die Odds Ratios (Quadrate) mit ihren 95%-Konfidenzintervallen (horizontale Linien) auf einer logarithmischen Skala abgebildet sind.

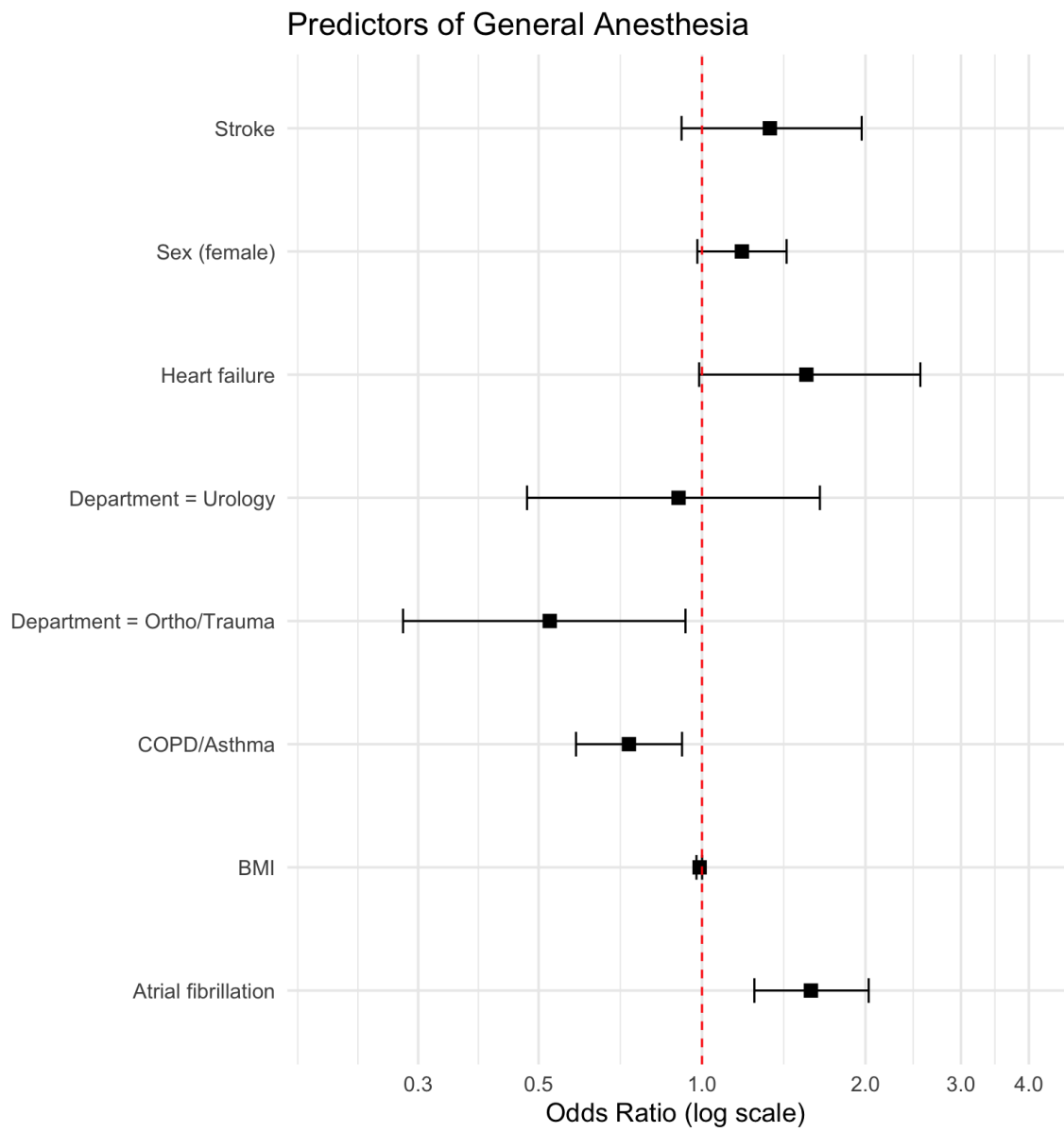


Abbildung 1: Forest plot der Prädiktoren für die Allgemeinanästhesie

4 Diskussion

4.1 Beantwortung der Forschungsfragen

Die vorliegende Diplomarbeit untersuchte den Einfluss von Komorbiditäten auf die Wahl des Anästhesieverfahrens bei elektiven Routineoperationen. Die Ergebnisse zeigten deutlich, dass Patientinnen und Patienten mit bestimmten Komorbiditäten, insbesondere das Vorliegen einer Vorhofflimmerarrhythmie, bevorzugt unter einer Allgemeinanästhesie (OR 1,59; 95%-KI 1,25–2,03; $p < 0,001$) operiert wurden. Umgekehrt wurde bei Patientinnen und Patienten mit COPD oder Asthma bronchiale signifikant häufiger eine Spinalanästhesie (OR 0,73; 95%-KI 0,59–0,92; $p = 0,007$) durchgeführt. Zudem werden auch orthopädisch-prothetische Eingriffe der unteren Extremität signifikant öfter in Spinalanästhesie (OR 0,52; 95%-KI 0,28–0,93; $p = 0,033$) durchgeführt. Hinsichtlich der ASA-Klassifikation zeigt sich, dass bei niedrigeren ASA-Stadien überwiegend eine Spinalanästhesie (62,1 % bei ASA I, 40,4 % bei ASA II) bevorzugt wird, während bei Patientinnen und Patienten mit höheren ASA-Klassifikationen die Allgemeinanästhesie (60,7 % bei ASA III und 68,4 % bei ASA IV) dominiert. Die Größen Alter, Geschlecht, Gewicht und BMI weisen hingegen keinen signifikanten Einfluss auf. Mit diesen Resultaten konnte die Forschungsfrage bejaht werden, ob präexistente Komorbiditäten und weiters auch der operative Kontext die Anästhesiewahl beeinflussen.

4.2 Vergleichende Erläuterungen

Vergleichsstudien zu den Ergebnissen dieser Diplomarbeit sind in der internationalen Literatur nur in sehr geringer Zahl zu. Die Ergebnisse dieser Arbeit stimmen, soweit es Studien dazu gibt, mit dieser früheren Literatur überein. So konnte in einer Studie von *Adiyeye et al.* gezeigt werden, dass Alter und Geschlecht keinen Einfluss auf die Präferenz des Anästhesieverfahrens hatten (jeweils $p > 0,05$), während jedoch in dieser Studie insbesondere der Bildungsgrad sowie die Art des Eingriffs eine signifikante Rolle spielten. Ein höherer Bildungsgrad korrelierte mit einer höheren Präferenz für Regionalanästhesie ($p = 0,001$) und Patientinnen und Patienten die sicher einer Operationen am Fuß oder der Hanz unterzogen wurden auch häufiger unter Regionalanästhesie operiert ($p = 0,003$) (34)

Die Ergebnisse dieser Diplomarbeit deuten ebenfalls darauf hin, dass individuelle Merkmale der Patientinnen und Patienten wie das weibliche Geschlecht (OR 1,18; 95%-KI 0,92–1,97; $p = 0,140$) oder Alter, hierbei lagen die Mediane sehr nah beieinander mit 71,4 Jahren bei der Spinalanästhesie und 71,6 Jahren bei der Allgemeinanästhesie, eine geringere Rolle spielen als beispielsweise der allgemeine Gesundheitszustand und die Art des operativen Eingriffs.

Das signifikanteste Ergebnis dieser Diplomarbeit, dass das Vorliegen der Komorbidität Vorhofflimmerarrhythmie in der Gruppe der Allgemeinanästhesie häufiger beobachtet wurde (12,5% vs 8,3%) als im Vergleich zu der Gruppe der Spinalanästhesie. Diese signifikante Häufung wurde ebenfalls durch die logistische Regressionsanalyse bestätigt (OR 1,59; 95%-KI 1,25-2.03; $p < 0,001$). Jedoch konnte in der Primärliteratur für die Fragestellung, ob die Vorhofflimmerarrhythmie die Wahl zwischen Spinal- und Allgemeinanästhesie determiniert, keine direkte Evidenz gefunden werden. Mehrere Artikel liefern jedoch plausible Gründe, weshalb Patientinnen und Patienten mit VHFA häufiger unter Allgemeinanästhesie operiert wurden. Darunter ist der Artikel von *Ashken et al.*, hierbei wird beschrieben, dass Patientinnen und Patienten mit Vorhofflimmern meist eine dauerhafte orale Antikoagulation haben. Bei der Durchführung von neuroaxialen Regionalanästhesieverfahren gibt es bei hierbei strenge Sicherheitsanforderungen, aufgrund des Risikos des insgesamt seltenen, aber falls auftretenden verheerenden vertebrealen Kanalhämatoms. Dieses Risiko ist unter oraler Antikoagulation erhöht. (35) Der Artikel von *Horlocker et al.* betont deshalb das Einhalten verbindlicher Absetz- und Wiederaufnahmeintervalle bei oralen Antikoagulationen, welche oft logistisch anspruchsvoll sind und bei dringenden und komplexen Eingriffen die Durchführung neuroaxialer Techniken einschränken. (36) Aus diesem Grund könnte in der klinischen Praxis häufiger eine Allgemeinanästhesie gewählt werden.

Die Ergebnisse dieser Diplomarbeit zeigten, dass Patientinnen und Patienten mit pulmonalen Komorbiditäten (COPD/Asthma bronchiale) seltener unter Allgemeinanästhesie operiert wurden (OR 0,73; 95%-KI 0,59-0,92; $p = 0,007$). In der deskriptiven Analyse zeigte sich auch ein höherer Anteil an Spinalanästhesien (43,3% vs 38,5% ohne pulmonale Vorerkrankungen). Diese Beobachtungen lassen sich mit den Ergebnissen der retrospektiven, bevölkerungsbasierten Kohortenstudie von *Neuman et al.*

in Einklang bringen. Diese Studie untersuchte bei Patientinnen und Patienten mit Hüftfrakturen den Vergleich zwischen Regionalanästhesie und Allgemeinanästhesie hinsichtlich der Mortalität sowie pulmonaler und kardiovaskulärer Komplikationen. Insgesamt umfasste die Studie 18.158 Patientinnen und Patienten, davon wurden 29% unter Regional- und 71% unter Allgemeinanästhesie operiert. Es zeigte sich jedoch, dass Patientinnen und Patienten mit COPD häufiger unter Regionalanästhesie operiert wurden (24,4% vs. 20,2%; $p < 0,0001$). (37) Ein direkter Vergleich dieser Studie mit dieser Diplomarbeit ist jedoch nicht möglich, da *Neuman et al.* den Outcome-Vorteil der Regionalanästhesie bei pulmonalen Endpunkten untersucht, während diese Analyse den Einfluss der Komorbidität auf die Anästhesieverfahrenswahl analysiert. Weiters ist das Kollektiv bei *Neuman et al.* deutlich größer mit 18.158 zu 2.588 Patientinnen und Patienten, dies erhöht außerdem die Präzision. Zuletzt ist die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf diese Diplomarbeit beschränkt, da diese Arbeit ein heterogenes Kollektiv in Bezug auf die Operationen bietet.

Die Ergebnisse dieser Diplomarbeit in Bezug auf die chirurgische Fachrichtung zeigten, dass Patientinnen und Patienten, bei denen eine orthopädisch-prothetischen Operation durchgeführt wurde, diese signifikant seltener unter Allgemeinanästhesie (OR 0,52; 95%-KI 0,28–0,93; $p = 0,033$) erfolgte. Diese Beobachtung wird auch in der retrospektive, populationsbasierte Kohortenstudie von *Bourget-Murray et al.* beschrieben. In dieser Studie wurde Patientinnen und Patienten im Vergleich von Spinalanästhesie gegenüber Allgemeinanästhesie untersucht, die eine primäre Hüft- oder Knieendoprothese (Arthroplastik-Population) erhielten hinsichtlich der perioperativen Ergebnisse. Zur besseren Vergleichbarkeit von den Anästhesiearten wurden Propensity-Score-gematchte 1:1 Kohorten gebildet und in Modellen adjustiert. Die Studie umfasste 11.680 Patientinnen und Patienten. Es zeigte sich vor dem Matching eine vermehrte Durchführung der Operationen unter Spinalanästhesie. Bei der Totalendoprothese der Hüfte wurden 82,8% in Spinalanästhesie operiert. Ein ähnliches Muster zeigte sich bei den Totalendoprothesen der Knie, dabei wurden 88,9% unter Spinalanästhesie operiert. (38) Die von *Bourget-Murray et al.* beobachteten sehr hohen Spinalanästhesieanteile liegen deutlich über den Gesamt Spinalanästhesieanteilen dieser Diplomarbeit, dies ist darauf zurückzuführen, dass hier ein heterogenes Kollektiv bei den Operationen vorhanden ist. Die Richtung, dass orthopädisch-prothetische Operationen vermehrt unter Spinalanästhesie durchgeführt

werden wird in dieser Studie bestätigt. Die Ergebnisse der Studie von *Bourget-Murray et al.* ist jedoch nur eingeschränkt aufgrund des homogenen Kollektivs und der unterschiedlichen Ansätze auf diese Diplomarbeit übertragbar.

In dieser Diplomarbeit erhielten Patientinnen und Patienten mit niedrigeren ASA-Klassen (ASA I-II) häufiger eine Spinalanästhesie (ASA I: 62,1%; ASA II: 40,4% Spinalanästhesie), während Patientinnen und Patienten in einer höheren ASA-Klasse (III-IV) überwiegend unter Allgemeinanästhesie (ASA III: 60,7%; ASA IV: 68,4%, Allgemeinanästhesie) operiert wurden. Diese Ergebnisse der deskriptiven Statistik wurden durch die Daten von *Yap et al.* gestützt. In dieser multizentrischen, retrospektiven Kohortenstudie wurde der Einfluss zwischen der neuroaxialen Anästhesie und der Allgemeinanästhesie bei Patientinnen und Patienten mit ambulanter Hüft- und Knieendoprothetik auf die 30-Tage-Komplikationen untersucht. Die Größe der Studie betrug 11.523 Patientinnen und Patienten, davon wurden 10.003 unter neuroaxialer Anästhesie und 1.520 unter Allgemeinanästhesie operiert. Hierbei zeigte sich, dass Patientinnen und Patienten mit ASA I und II häufiger eine neuroaxiale Anästhesie (ASA I: 1,7% neuroaxial vs 0,5 % Allgemeinanästhesie; ASA II: 61,8% neuroaxial vs 45,5% Allgemeinanästhesie) erhielten als Patientinnen und Patienten in höheren ASA-Klassen (ASA III: 36,1% neuroaxial vs 51,8% Allgemeinanästhesie und ASA IV: 0,5% neuroaxial zu 2,2% Allgemeinanästhesie). (39) Die Kohortenstudie von *Yap et al.* ist deutlich größer im Vergleich zu der Kohorte dieser Diplomarbeit, dies erhöht die Präzision der Ergebnisse. Jedoch handelt es sich nur um Patientinnen und Patienten, die eine Hüft- oder Knieendoprothese erhielten. Somit ist die Übertragbarkeit auf das Kollektiv dieser Diplomarbeit begrenzt, da hier nicht nur orthopädische-prothetische Operationen miteinbezogen wurden, sondern auch gynäkologische und transurethrale Operationen. Insgesamt ist die Aussage der Studie von *Yap et al.* limitiert in Bezug auf die Einflussgröße der Anesthesiewahl im gemischten elektiven Kontext.

Dass Komorbiditäten nicht nur die Wahl des Anästhesieverfahrens, sondern auch das perioperative Risiko beeinflussen, verdeutlichte die prospektive Kohortenstudie von *Roche et al.* Untersucht wurden dabei 2448 Patientinnen und Patienten mit oder über 60 Jahren mit einer Hüftfraktur. Deren Komorbiditäten, postoperative Komplikationen und Mortalität bis ein Jahr nach der Operation wurden prospektiv erfasst. Hier zeigte sich, dass

insbesondere das Vorliegen von drei oder mehr Vorerkrankungen (HR 2,5; 95% KI 1,6-3,9; $p < 0,01$) sowie respiratorischen Erkrankungen (HR 1,8; 95% KI 1,3-2,5; $p < 0,01$) mit einer signifikant erhöhten 30-Tage-Mortalität nach einer Hüftfraktur assoziiert waren. (40) Allerdings wurde die Anästhesiewahl, Spinalanästhesie gegenüber Allgemeinanästhesie, in dieser Studie nicht untersucht, sodass direkte Vergleiche dazu nicht möglich sind. Dennoch stützen diese Daten die klinische Plausibilität, der in dieser Diplomarbeit beobachteten Ergebnisse, dass bei multimorbiden oder pulmonal vorerkrankten Patientinnen und Patienten eine Spinalanästhesie profitieren könnte, um das perioperative Risiko zu reduzieren.

4.3 Schlussfolgerungen

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die vorliegende Arbeit spezifische Muster in der Anästhesiewahl aufzeigen konnte, die Teile mit der internationalen Literatur, soweit vorhandenen, übereinstimmen. Während Vorhofflimmern häufig zur Wahl der Allgemeinanästhesie führte, sprachen pulmonale Vorerkrankungen für den Einsatz des spinalen Anästhesieverfahrens. Alter und Geschlecht spielten hingegen keine wesentliche Rolle für die Wahl der Anästhesieart. Die Ergebnisse dieser Diplomarbeit zeigen die Notwendigkeit einer patientenzentrierten und auch individuellen Anästhesiewahl, die sowohl Komorbiditäten als auch die Art der Operation gleichermaßen berücksichtigt.

4.4 Kritische Reflexion

Eine Stärke der vorliegenden Arbeit ist die große Anzahl der einbezogenen Patientinnen und Patienten. Dies ermöglicht eine möglichst genaue Beobachtung, wie sich diese Vorerkrankungen konkret auf die Anästhesiewahl auswirken.

Limitationen bestehen jedoch in der retrospektiven Datenerhebung sowie in der Homogenität der eingesetzten Regionalanästhesie-Technik und der Heterogenität der durchgeführten Operationen. Zudem fehlen Informationen über die Präferenzen der

Patientinnen und Patienten oder organisatorische Faktoren, die ebenfalls Einfluss auf die Entscheidung haben können. Schließlich wurden klinische Endpunkte wie postoperative Komplikationen oder funktionelle Ergebnisse nicht analysiert, sodass keine direkten Aussagen zu Outcome-Unterschieden zwischen Spinalanästhesie und Allgemeinanästhesie getroffen werden können.

4.5 Implikationen für Theorie und Praxis

Die Ergebnisse dieser Arbeit können einen entscheidenden Einfluss auf die klinische Praxis haben, da sie zeigen, dass es bestehende Komorbiditäten gibt, die einen signifikanten Einfluss auf die Wahl des Anästhesieverfahrens haben. Durch dieses Wissen könnte die perioperative Sicherheit erhöht werden und eventuell auch das postoperative Outcome und damit die langfristige Versorgungsqualität von Patientinnen und Patienten verbessert werden.

4.6 Ausblick und Anregungen für weiterführende Arbeiten

Künftige Arbeiten sollten sich mit dem postoperativen Outcome der Patientinnen und Patienten nach unterschiedlichen Anästhesieverfahren befassen und diese analysieren, um den Einfluss der Anästhesieart auf Komplikationsraten, Lebensqualität, sowie die postoperative Erholung valide beurteilen zu können. Darüber hinaus könnte auch die Qualifikation und der Ausbildungsstand der behandelnden Anästhesistinnen und Anästhesisten in zukünftige Analysen einbezogen werden, um potenzielle Zusammenhänge zwischen Expertise, Entscheidungsfindung und klinischen Behandlungsergebnissen zu untersuchen.

5 Literaturverzeichnis

Zur sprachlichen Optimierung des Textes wurde folgendes Tool verwendet: ChatGPT (Version GPT-5) der Firma OpenAI (Verwendung im Zeitrahmen Februar 2025 bis September 2025; verfügbar unter <https://chat.openai.com>)

1. Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG). Auswahl von Eingriffen für das Zweitmeinungsverfahren nach § 27b SGB V - Rapid Report [Internet]. Köln:IQWiG; 2021 [zitiert 11. März 2025].Verfügbar unter: <https://www.iqwig.de/projekte/v20-01.html>
2. Schulte am Esch J, Bause H, Kochs E, Scholz J, Standl T, Werner C. Duale Reihe Anästhesie: Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie [Internet]. 4. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2011[zitiert 31. Juli 2024]. 677 S. Verfügbar unter: <https://eref.thieme.de/ebooks/830525>
3. Brown EN, Pavone KJ, Naranjo M. Multimodal General Anesthesia: Theory and Practice. *Anesth Analg*. 2018;127(5):1246–58.
4. Varughese S, Ahmed R. Environmental and Occupational Considerations of Anesthesia: A Narrative Review and Update. *Anesth Analg*. Oktober 2021;133(4):826–35.
5. Hoetzel, A. Clinical significance of total intravenous anaesthesia (TIVA) and inhalation anaesthesia. *Anesthesiologie und Intensivmedizin*. 2019;60:174-189.10.19224/ai2019.174.
6. Laux G, Rex S. Allgemeinanästhesie. In: *Die Anästhesiologie* [Internet]. Springer, Berlin, Heidelberg; 2012 [zitiert 31. Juli 2024]. S. 589–611. Verfügbar unter: https://link-1springer-1com-1001090ws0531.han.medunigraz.at/chapter/10.1007/978-3-642-21125-6_34
7. Delgado-Herrera L, Ostroff RD, Rogers SA. Sevoflurane: Approaching the Ideal Inhalational Anesthetic A Pharmacologic, Pharmacoeconomic, and Clinical Review. *CNS Drug Rev*. 2001;7(1):48–120.

8. Bedfordth NM, Hardman JG, Nathanson MH. Cerebral Hemodynamic Response to the Introduction of Desflurane: A Comparison with Sevoflurane. *Anesth Analg.* 2000;91(1):152.
9. American Society of Anesthesiologists, ASA Committee on Environmental Health. The Environmental Impact of Inhaled Anesthetics [Internet]. 2024 [zitiert 15. September 2025]. Verfügbar unter: <https://www.asahq.org/about-asa/governance-and-committees/asa-committees/environmental-sustainability/greening-the-operating-room/inhaled-anesthetics>
10. Statistisches Bundesamt (Destatis). Global Warming Potential (GWP). [Internet] Wiesbaden: Destatis; [zitiert 21. September 2025]. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Glossar/gwp.html>
11. Europäisches Parlament. Änderungsantrag 156 zum Bericht A9-0048/2023 über die Verordnung über fluoridierte Gase (COM(2022)0150 – C9-0142/2022 – 2022/0099(COD)). Änderungsantrag 156;2023.
12. Derwall M, Coburn M, Rex S, Hein M, Rossaint R, Fries M. Xenon: recent developments and future perspectives. *MINERVA Anesthesiol.* 2009;75(1).
13. Miller TE, Gan TJ. Total Intravenous Anesthesia and Anesthetic Outcomes. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 1. Juni 2015;29:S11–5.
14. Oh AR, Park J, Lee JH, Ahn J, Lee D, Yoo SY. Effects of inhalation versus total intravenous anaesthesia on long-term mortality in older patients after noncardiac surgery: a retrospective observational study. *Br J Anaesth.* 2024;133(4):776–84.
15. Zhou Y, Roth DM, Patel HH. 1 + 1 = 4? Balanced anaesthesia: A sum that is greater than its parts. *Br J Pharmacol.* Dezember 2019;176(24):4785–6.
16. Ledowski T, Bein B, Hanss R, Paris A, Fudickar W, Scholz J, u. a. Neuroendocrine stress response and heart rate variability: a comparison of total intravenous versus balanced anesthesia. *Anesth Analg.* Dezember 2005;101(6):1700–5.

17. Craß D, Gerheuser F, Schwemmer U. Regionalanästhesie. In: Die Anästhesiologie [Internet]. Springer, Berlin, Heidelberg; 2012 [zitiert 31. Juli 2024]. S. 612–715. Verfügbar unter: [https://link-1springer-1com-1001090ws0531.han.medunigraz.at/chapter/10.1007/978-3-642-21125-6_35](https://link-1.springer-1.com-1001090ws0531.han.medunigraz.at/chapter/10.1007/978-3-642-21125-6_35)
18. Lee B, Qiao W, McCracken S, Singleton M, Goman M. Regional Anesthesia Techniques for Shoulder Surgery in High-Risk Pulmonary Patients. *J Clin Med*. 16. Mai 2023;12:3483.
19. Prasanna Vadhanan. Recent Updates in Spinal Anesthesia-A Narrative Review. *Asian J Anesthesiol*. 1. Juni 2021;59(2).
20. Forget P, Borovac JA, Thackeray EM, Pace NL. Transient neurological symptoms (TNS) following spinal anaesthesia with lidocaine versus other local anaesthetics in adult surgical patients: a network meta-analysis. *Cochrane Database Syst Rev*. 1. Dezember 2019;12(12):CD003006.
21. Li L, Pang Y, Wang Y, Li Q, Meng X. Comparison of spinal anesthesia and general anesthesia in inguinal hernia repair in adult: a systematic review and meta-analysis. *BMC Anesthesiol*. 10. März 2020;20(1):64.
22. Wong CA. Spinal anesthesia-induced hypotension: is it more than just a pesky nuisance? *Am J Obstet Gynecol*. 1. November 2020;223(5):621–3.
23. Moraca RJ, Sheldon DG, Thirlby RC. The role of epidural anesthesia and analgesia in surgical practice. *Ann Surg*. November 2003;238(5):663–73.
24. Bauer M, George JE, Seif J, Farag E. Recent advances in epidural analgesia. *Anesthesiol Res Pract*. 2012;2012:309219.
25. Jöhr M, Berger TM. Caudal blocks. *Pediatr Anesth*. 2012;22(1):44–50.
26. Dua A, Afzal M. Caudal Anesthesia. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 [zitiert 25. Februar 2025]. Verfügbar unter: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK551693/>

27. Chen K, Sim A, Kan AF. The effect of adjunct caudal block on postoperative analgesia in robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy: A prospective randomized controlled, single blinded pilot study in a tertiary centre. *Asian J Urol.* 2018;5(2):122–6.
28. Cook TM. Combined spinal–epidural techniques. *Anaesthesia.* 2000;55(1):42–64.
29. Kessler J, Marhofer P, Hopkins PM, Hollmann MW. Peripheral regional anaesthesia and outcome: lessons learned from the last 10 years. *Br J Anaesth.* 2015;114(5):728–45.
30. Kamel I, Ahmed MF, Sethi A. Regional anesthesia for orthopedic procedures: What orthopedic surgeons need to know. *World J Orthop.* 2022;13(1):11–35.
31. Helander EM, Kaye AJ, Eng MR, Emelife PI, Motejunas MW, Bonneval LA, u. a. Regional Nerve Blocks—Best Practice Strategies for Reduction in Complications and Comprehensive Review. *Curr Pain Headache Rep.* 2019;23(6):43.
32. Chen YYK, Boden KA, Schreiber KL. The role of regional anaesthesia and multimodal analgesia in the prevention of chronic postoperative pain: a narrative review. *Anaesthesia.* 2021;76(Suppl 1):8–17.
33. Löser B, Petzoldt M, Löser A, Bacon DR, Goerig M. Intravenous Regional Anesthesia: A Historical Overview and Clinical Review. *J Anesth Hist.* 2019;5(3):99–108.
34. Adıyeke E, Adıyeke L. Factors affecting general or regional anesthesia preference in patients with elective surgery. *Med Sci Discov.* 2020;7(7):570–4.
35. Ashken T, West S. Regional anaesthesia in patients at risk of bleeding. *BJA Educ.* 1. 2021;21(3):84–94.
36. Horlocker TT, Vandermeulen E, Kopp SL, Gogarten W, Leffert LR, Benzon HT. Regional Anesthesia in the Patient Receiving Antithrombotic or Thrombolytic Therapy: American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Evidence-based Guidelines (Fourth Edition). *Obstet Anesth Dig.* 2019;39(1):28–9.
37. Neuman MD, Silber JH, Elkassabany NM, Ludwig JM, Fleisher LA. Comparative effectiveness of regional versus general anesthesia for hip fracture surgery in adults. *Anesthesiology.* 2012;117(1):72–92.

38. Bourget-Murray J, Halpenny D, Mahdavi S, Piroozfar S (Ghashang), Sharma R. Perioperative outcomes associated with general and spinal anesthesia after total joint arthroplasty for osteoarthritis: a large, Canadian, retrospective cohort study. *Can J Surg.* 2022;65(4):E460–7.
39. Yap E, Wei J, Webb C, Ng K, Behrends M. Neuraxial and general anesthesia for outpatient total joint arthroplasty result in similarly low rates of major perioperative complications: a multicentered cohort study. *Reg Anesth Pain Med.* 2022;47(5):294–300.
40. Roche JJW, Wenn RT, Sahota O, Moran CG. Effect of comorbidities and postoperative complications on mortality after hip fracture in elderly people: prospective observational cohort study. *BMJ.* 2005;331(7529):1374.