

Aus der Klinik für Herzchirurgie, herzchirurgische Intensivmedizin und
Thoraxchirurgie der Universität zu Köln
Direktor: Universitätsprofessor Dr. med. Lenard Conradi

Einfluss des Alters auf die Krankenhausletalität nach aortokoronarer Bypass-Operation bei Patienten mit akutem Koronarsyndrom

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Asya Mesme Karanlik
aus Bergheim

promoviert am 30. September 2025

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln

2025

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. G. R. Fink
1. Gutachter: Professor Dr. med. O. J. Liakopoulos
2. Gutachter: Privatdozent Dr. med. K. Eghbalzadeh

Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich Unterstützungsleistungen von folgenden Personen erhalten.

Herr Prof. Dr. Oliver J. Liakopoulos

Weitere Personen waren an der Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe einer Promotionsberaterin/eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertationsschrift stehen.

Die Dissertationsschrift wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Der dieser Arbeit zugrunde liegende Datensatz wurde unter meiner Mitarbeit in der Klinik für Herz- und Thoraxchirurgie der Uniklinik erstellt. Die Operationen an den Patienten sind allesamt von Oberärzten der Klinik durchgeführt worden. Die perioperativ bestimmten Parameter und Laborwerte stammen aus den entsprechenden Patientenakten des Herzzentrums der Uniklinik Köln.
Die statistische Auswertung erfolgte mittels SPSS.

Erklärung zur guten wissenschaftlichen Praxis:

Ich erkläre hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten (Amtliche Mitteilung der Universität zu Köln AM 132/2020) der Universität zu Köln gelesen habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen.

Köln, den 25.05.2025

Danksagung

Es gibt viele Menschen, denen ich für ihre Unterstützung während meiner Doktorarbeit von Herzen danken möchte. Ohne ihre Hilfe und ihren Glauben an mich wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater, Prof. Dr. Liakopoulos, für seine unermüdliche Unterstützung, seine wertvollen Ratschläge und seine Geduld. Durch seine fachliche Expertise und sein stetiges Vertrauen in meine Arbeit konnte ich viele Herausforderungen überwinden und meine Forschung erfolgreich abschließen.

Ich danke meiner Familie, insbesondere meinen Eltern und meiner Schwester, für ihre bedingungslose Liebe, Geduld und Unterstützung, die mir während der gesamten Zeit stets den Rücken gestärkt haben.

Ich danke euch für eure unerschütterliche Zuversicht, die mich immer wieder motiviert hat, weiterzumachen.

In Liebe meinen Großeltern gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	7
1. ZUSAMMENFASSUNG	9
2. EINLEITUNG	12
2.1. Das akute Koronarsyndrom	13
2.1.1. Instabile Angina pectoris	13
2.1.2. Myokardinfarkt: STEMI und NSTEMI	15
2.2. Therapiemöglichkeiten und Risiken des akuten Koronarsyndroms	15
2.2.1. Perkutane koronare Intervention	16
2.2.2. Aortokoronare Bypass-Operation	17
2.2.3. Mortalität und schwerwiegende unerwünschte kardiozerebrale Ereignisse	18
2.2.4. Einfluss des Patientenalters auf die klinischen Ergebnisse im ACS	19
2.3. Fragestellung und Ziel der Arbeit	21
3. MATERIAL UND METHODEN	22
3.1. Material	22
3.2. Methoden	23
4. ERGEBNISSE	25
4.1. Demographische Charakteristika und präoperative Daten des Gesamtkollektivs	25
4.1.1. Präoperative Unterschiede zwischen den Altersgruppen	25
4.2. Intra- und postoperative Daten des Gesamtkollektivs und in den Altersgruppen	27
4.3. Krankenhausmortalität und Schwerwiegende Komplikationen (MACCE)	28
5. DISKUSSION	30
5.1. Patientenkollektiv und Komorbiditäten	31
5.2. Empfehlungen für weiterführende Forschung	40

5.3.	Limitation	41
6.	LITERATURVERZEICHNIS	42
7.	ANHANG	49
7.1.	Tabellenverzeichnis	49

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
ACS	Akutes Koronarsyndrom
ASS	Acetylsalicylsäure
BMI	Body-mass-index
BNP	Brain natriuretic peptide
ca.	Circa
CABG	Coronary artery bypass grafting (aortokoronare Bypass-Operation)
CKD-EPI	Chronic kidney disease epidemiology collaboration
COPD	Chronic obstructive pulmonary disease (Chronisch obstructive Lungenerkrankung)
CPR	Cardiopulmonary resuscitation (Kardiopulmonale Reanimation)
DAPT	Duale antithrombozytäre Therapie
DGTHG	Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie
dl	Deziliter
EACTS	European Association for Cardio-Thoracic Surgery
ECMO	Extracorporeal membrane oxygenation (extrakorporale Membranoxygenierung)
eGFR	Estimated glomerular filtration rate (geschätzte glomeruläre Filtrationsrate)
EK	Erythrozytenkonzentrate
EKG	Elektrokardiogramm
ESC	European Society of Cardiology
EuroSCORE	European System for Cardiac Operative Risk Evaluation
GFR	Glomeruläre Filtrationsrate
GPIIb/IIIa	Glykoprotein IIb/IIIa
GRACE-Score	Global Registry of Acute Coronary Events
h	Hour(s) (Stunde(n))
HLM	Herz-Lungen-Maschine
IABP	Intra-aortic balloon pump (intraaortale Ballonpumpe)
i.v.	Intravenös
KHK	Koronare Herzkrankheit
KMD	Koronare mikrovaskuläre Dysfunktion
LCOS	Low-cardiac-output-Syndrom
LIMA	Left internal mammary artery (Arteria mammaria interna sinistra)
LVEF	Linksventrikuläre Ejektionsfraktion
MACCE	Major adverse cardiac and cerebrovascular events (schwerwiegende kardiale und zerebrovaskuläre Komplikationen)

mg	Milligramm
mg/d	Milligrams per day/ Milligramm pro Tag
min	Minute(n)
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
mmol	Millimol
NSTEMI	Nicht-ST-Hebungsinfarkt
OPCAB	Off-pump coronary artery bypass (aortokoronare Bypass-operation ohne Herz-Lungen-Maschine)
pAVK	Periphere arterielle Verschlusskrankheit
PCI	Perkutane Koronarintervention
RIVA	Ramus interventricularis anterior
RIMA	Right internal mammary artery (Arteria mammaria interna dextra)
STEMI	ST-Hebungsinfarkt
STS	Society of Thoracic Surgeons
vs.	versus

1. Zusammenfassung

Einführung:

Die aortokoronare Bypass-Operation (CABG) wird routinemäßig zur Behandlung von Patienten mit koronarer Herzkrankheit (KHK) durchgeführt. Besonders bei KHK-Patienten mit akutem Koronarsyndrom (ACS) ist die chirurgische Myokardrevaskularisation weiterhin ein zentraler Bestandteil der möglichen Therapiestrategien. Die perioperative Morbidität und Mortalität von bypassoperierten Patienten wird durch zahlreiche Faktoren beeinflusst. Eine möglicher Einflussfaktor für den Erfolg einer Operation, der zunehmend in unserer alternden Gesellschaft an Bedeutung gewinnt, ist das Alter der Patienten. Die Frage, inwieweit das Alter die Krankenhausletalität nach einer CABG bei Patienten mit ACS beeinflusst, hat eine hohe klinische Relevanz und ist derzeit wenig erforscht. Ältere Patienten zeigen häufig ein höheres Risiko für schwerwiegende perioperative Komplikationen nach Herzoperationen aufgrund von altersbedingten Begleiterkrankungen und dem Vorliegen von mehreren Systemerkrankungen. Aus diesem Grund ist eine differenzierte perioperative Risikobewertung älterer Patienten mit ACS von entscheidender Bedeutung, um das optimale Therapieverfahren für dieses Hochrisiko-Kollektiv zu identifizieren.

Zielsetzung und Methodik:

Das Ziel dieser monozentrischen, retrospektiven Studie ist es, den Einfluss des Alters auf die perioperative Morbidität und Krankenhausletalität nach aortokoronarer Bypass-Operation bei Patienten mit ACS zu analysieren. Dabei wurden relevante prä-, intra- und postoperativen Merkmale in verschiedenen Altersgruppen (Gruppe 1: bis 65 Jahre; Gruppe 2: 66-79 Jahre, Gruppe 3: 80 Jahre oder älter) miteinander verglichen, um mögliche Risikofaktoren für eine erhöhte perioperative Komplikationsrate zu identifizieren. Als übergeordneter klinischer Endpunkt wurde die Mortalität im Krankenhaus definiert und eine Regressionsanalyse zur Bestimmung von unabhängigen Prädiktoren, inklusive des Patientenalters, durchgeführt. Dies erfolgte über die retrospektive Analyse von insgesamt 1064 Patienten, die im Zeitraum zwischen Januar 2010 und Dezember 2016 an der Klinik für Herz- und Thoraxchirurgie des Universitätsklinikums Köln, aufgrund eines ACS eine Bypass-Operation erhalten haben. Die statistische Analyse erfolgte mittels SPSS, wobei relevante prä-, intra- und postoperative Parameter univariat verglichen wurden. Zur Identifikation unabhängiger Prädiktoren für die perioperative Mortalität und für das Auftreten von schwerwiegenden Komplikationen wurde eine multivariate logistische Regressionsanalyse durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Altersgruppenverteilung des untersuchten Kollektivs zeigte, dass 37,6 % der Patienten der Gruppe 1 (≤ 65 Jahre) angehörten – also dem jüngsten Drittel mit vergleichsweise geringerer Komorbiditätslast –, während 53,7 % der Patienten in Gruppe 2 (66–79 Jahre) und 8,7 % in Gruppe 3 (≥ 80 Jahre) fielen. Das Durchschnittsalter des gesamten Patientenkollektivs betrug 67 ± 11 Jahre, mit einem Anteil von 77,8 % männlicher Patienten. Häufige Begleiterkrankungen waren arterielle Hypertonie (83,7%), Hyperlipidämie (47,7%) und ein Diabetes mellitus (31,9%). Die meisten Patienten litten an einer Dreifäßerkrankung (78,8%) und circa die Hälfte (49,9%) hatten einen NSTEMI. Patienten über 80 Jahre hatten häufiger einen NSTEMI, eine koronare Dreifäßerkrankung, eine Hauptstammstenose, einen Diabetes, ein Vorhofflimmern, einen Schlaganfall, eine periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK) und einen höheren präoperativen Kreatininwert. Mit steigendem Alter war eine häufigere Gabe von Betablockern präoperativ zu beobachten, während Statine und ASS altersunabhängig eingesetzt wurden.

Die Operation wurde bei älteren Patienten seltener als OPCAB durchgeführt und es wurden mehr venöse Grafts verwendet. Mit steigendem Alter erhöhte sich die postoperative Reintubationsrate, die Dauer einer postoperativen Katecholamintherapie und die Notwendigkeit für eine Dialyse. Die Krankenhausletalität war in der ältesten Patientengruppe (≥ 80 Jahre) 20,4% und somit signifikant höher als in den beiden anderen Gruppen. Die Rate der schwerwiegenden Komplikationen (MACCE) war ebenfalls in der ältesten Patientengruppe mit 31,2% deutlich höher im Vergleich zu den beiden jüngeren Altersgruppen. Als unabhängiger Prädiktor für die Krankenhausletalität wurden das Alter (≥ 80 Jahre; OR: 2,59; 95%-KI: 1,32-5,10; $p=0,006$), der Einsatz von Katecholaminen (OR: 4,22; 95%-KI: 2,27-7,85; $p<0,001$), das Vorliegen einer pAVK (OR: 2,07; 95%-KI: 1,14-3,74; $p=0,017$) und Niereninsuffizienz (CKD-EPI Grad III-IV; OR: 1,73; 95%-KI: 1,02-2,93; $p=0,043$) identifiziert. Für das Auftreten von schwerwiegenden kardiozerebralen Komplikationen (MACCE) waren eine Reanimation (OR: 2,04; 95%-KI: 1,16-3,60; $p=0,014$), der Einsatz von Katecholaminen (OR: 5,85; 95%-KI: 3,57-9,57; $p<0,001$), eine pAVK (OR: 1,85; 95%-KI: 1,16-2,97; $p=0,010$) und eine Niereninsuffizienz (CKD-EPI Grad III-IV; OR: 1,69; 95%-KI: 1,15-2,47; $p=0,007$) signifikant unabhängige Prädiktoren.

Die Ergebnisse unserer retrospektiven Analyse zeigen, dass das Alter ein entscheidender Prädiktor für die Krankenhausletalität nach einer Bypass-Operation bei Patienten mit akutem Koronarsyndrom ist, insbesondere bei Patienten ≥ 80 Jahren. Die höhere Mortalität in dieser Altersgruppe ist aufgrund von begleitenden Komorbiditäten zu erklären. Patienten ≥ 80 Jahren hatten häufiger einen NSTEMI und eine koronare Dreifäßerkrankung. Die älteste Patientenkohorte wies eine signifikant höhere Rate an präoperativen Begleiterkrankungen wie Diabetes mellitus und Vorhofflimmern auf.

Zusammenfassend könnten wir in unserer retrospektiven Analyse demonstrieren, dass bei Patienten mit ACS mit Indikation zur Bypass-Operation das Patientenalter (≥ 80 Jahre) ein unabhängiger Prädiktor für eine erhöhte Krankenhausletalität ist. Insgesamt ist eine aortokoronare Bypass-Operation aufgrund eines ACS in diesem Hochrisiko-Patientenkollektiv mit einer 20,2% Mortalität und 31,2% MACCE Rate vergesellschaftet. Interessanterweise zeigte das Alter jedoch keinen signifikanten Einfluss auf das Auftreten von MACCE. Neben dem Alter müssen weitere Risikofaktoren wie unter anderem eine pAVK und eine Niereninsuffizienz bei der präoperativen Risikostratifizierung berücksichtigt werden.

2. Einleitung

2.1. Das akute Koronarsyndrom

Trotz erheblicher Fortschritte in der Diagnostik und Therapie bleiben kardiovaskuläre Erkrankungen weltweit die führende Todesursache, wobei nahezu die Hälfte dieser Todesfälle auf die koronare Herzkrankheit (KHK) zurückzuführen ist ¹. Im Jahr 2019 wurden in den 57 Mitgliedsstaaten der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie (ESC) schätzungsweise 5,8 Millionen Patienten mit der koronaren Herzkrankheit neudiagnostiziert. Kardiovaskuläre Erkrankungen waren verantwortlich für 2,2 Millionen Todesfälle bei Frauen und 1,9 Millionen Todesfälle bei Männern in diesen Mitgliedsstaaten. Der Anteil an Todesfällen aufgrund einer KHK lag bei Frauen bei ca. 38% und bei Männern bei ca. 44% ².

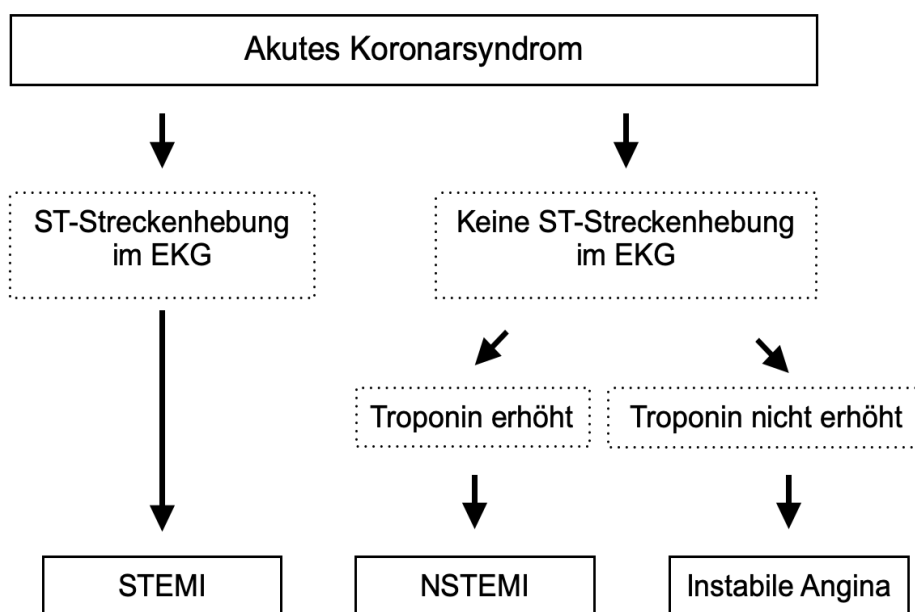
Bei dem akuten Koronarsyndrom (ACS) handelt es sich um eine lebensbedrohliche Phase der koronaren Herzkrankheit. Der akute Thoraxschmerz- welcher als Schmerz, Engegefühl oder Druck im Bereich der linken Brust beschrieben werden kann - gilt als Kardinalsymptom gemeinsam mit der Luftnot. Nach der Beurteilung des ST-Strecken-Verlaufs im EKG werden zwei Kategorien des ACS unterschieden. Zum einen der STEMI, welcher in der Regel durch einen Verschluss der Koronararterie eine ST-Strecken-Hebung zufolge hat und zum anderen den NSTEMI, bei der eine ST-Strecken-Hebung nicht vorhanden ist. Anhaltende oder dynamische ST-Strecken-Senkungen oder unauffällige EKG- Befunde werden nach dem Vorliegen der Troponin-Werte weiter in einen NSTEMI und in eine instabilen Angina pectoris unterteilt ³. Eine vereinfachte Darstellung befindet sich unter **Abbildung 1**.

Die häufigste Ursache eines akuten Koronarsyndroms ist neben einer Embolie der Koronararterien und einem Koronarspasmus, welche ca. 3-5% der Fälle ausmacht, eine lokale Thrombusbildung im Bereich einer rupturierten atherosklerotischen Plaque. Bei einem STEMI blockiert in der Regel ein Thrombus den Blutfluss in einem relevanten Koronargefäß, während beim NSTEMI der Blutfluss meist nur vermindert ist und sich ein lokaler Abscheidungsthrombus bildet ³.

Zu den führenden Risikofaktoren weltweit gehören unter anderem ein Nikotinabusus, ein Diabetes mellitus, eine arterielle Hypertonie, ein erhöhter BMI, sowie eine Hyperlipoproteinämie. Diese Faktoren erhöhen nicht nur das Risiko für ein akutes Koronarsyndrom, sondern wirken sich auch negativ auf die Prognose der Erkrankung aus. Studien zeigen, dass insbesondere der Diabetes mellitus und die Hypercholesterinämie sowohl das Risiko für wiederkehrende Ereignisse als auch für postoperative Komplikationen nach einer CABG erhöhen. Auch mangelnde körperliche Aktivität und psychosoziale Faktoren können zu einer signifikanten Erhöhung des kardiovaskulären Risikos führen und somit die Langzeitprognose nach einem Akutereignis verschlechtern ⁴.

Mit verschiedenen Risiko-Scores, wie das Global Registry of Acute Coronary Events (GRACE), kann das Mortalitätsrisiko der Patienten aufgrund einer ACS abgeschätzt werden. Parameter, die einen negativen Einfluss auf die 6-Monats-Mortalität haben, sind ein höheres Patientenalter, ein Myokardinfarkt, eine Herzinsuffizienz in der Anamnese, ein hoher Puls und niedriger systolischer Blutdruck, erhöhte Werte des Serumkreatinin und Troponin, ST-Streckenensenkungen und keine durchgeführte PCI (perkutane Koronarintervention) nach der Aufnahme des Patienten im Krankenhaus⁵. Einige Faktoren aus anderen Scores inkludieren zudem die wiederkehrende Angina, eine sich verschlechternde Mitralklappeninsuffizienz, eine hämodynamische Instabilität, eine anhaltende ventrikuläre Tachykardie, ein Diabetes mellitus und eine Herzinsuffizienz⁶. Die genannten Risikofaktoren wie ein Diabetes mellitus oder eine Hypertonie beeinflussen nicht nur die Entstehung des ACS, sondern haben auch erhebliche Auswirkungen auf das perioperative Risiko. So zeigen Patienten mit Diabetes mellitus ein erhöhtes Risiko für Wundheilungsstörungen und Infektionen, während eine Hypertonie mit einer höheren Rate an postoperativen kardiovaskulären Komplikationen assoziiert ist⁷.

Abbildung 1: Einteilung des akuten Koronarsyndroms



NSTEMI: Nicht-ST-Hebungsinfarkt, STEMI: ST-Hebungsinfarkt

2.1.1. Instabile Angina pectoris

Die instabile Angina pectoris, die durch eine inkonstante Symptomatik gekennzeichnet wird, wird durch das Missverhältnis von Sauerstoffbedarf und -angebot der Kardiomyozyten

ausgelöst. Sie kann zu einer Koronarinsuffizienz mit typischer Brustschmerz-Symptomatik führen. Häufige Ursachen für die verminderte Blutversorgung sind Koronarplaques in Folge einer Atherosklerose, Thromben, ein erhöhter Blutdruck, und Koronarspasmen, auch bekannt als Prinzmetal-Angina⁸. Eine weitere Sonderform der Angina pectoris ist die Walking-Through-Angina. Sie ist charakterisiert durch einen pectanginösen Belastungsschmerz, der bei weiterer Belastung durch die Freisetzung vasodilatierender Metabolite wieder abklingt⁹.

Hinweise für eine instabile Angina pectoris im EKG sind eine hyperakute T-Welle, eine Abflachung der T-Welle, eine diskordante T-Welle oder eine ST-Senkung. Eine ST-Hebung mit Troponin Ausschüttung spricht für einen STEMI und somit gegen den Befund einer instabilen Angina pectoris.

Im Rahmen der laborchemischen Untersuchung wird der Troponin-Wert als Biomarker für eine Myokardschädigung kontrolliert, um eine Infarzierung mit Nekrose des Myokards auszuschließen. Zusätzlich werden kardiale Marker wie das B- Typ-natriuretische Peptid oder N-terminales pro BNP kontrolliert, da Patienten mit instabiler Angina pectoris bei begleitender Herzinsuffizienz signifikant höhere Spiegel aufweisen können. Die Kombination von Messungen des BNP oder NT-pro-BNP verbessern auch die Risikoabschätzung bei einer instabilen KHK¹⁰.

2.1.2. Myokardinfarkt: STEMI und NSTEMI

Durch die Imbalance zwischen Sauerstoffbedarf und Sauerstoffversorgung entwickelt sich bei dem STEMI bzw. NSTEMI eine manifeste Ischämie des Herzmuskels, die ohne adäquate Therapie folglich zu einem Myokardinfarkt führt. Nicht jeder Patient präsentiert allerdings immer die typischen Herzinfarkt-Symptome. Durchaus kommt es vor, dass insbesondere bei Patienten über 75 Jahren mit Diabetes mellitus, einer Niereninsuffizienz, Demenz und bei Frauen die typischen pectanginösen Beschwerden für einen Herzinfarkt ausbleiben^{11 12}.

Neben den o.g. EKG-Veränderungen ist laut den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie (ESC-DGK) zum Nachweis eines Myokardinfarktes bei einem STEMI der Anstieg und/oder Abfall der Troponin-Konzentration mit mindestens einer Erhöhung oberhalb der 99. Perzentile obligat. Ist keine Troponin-Bestimmung verfügbar, so gelten die gleichen Bedingungen mit dem Unterschied, dass die CK-MB als älterer Biomarker gemessen wird. Beim STEMI wird eine sofortige Reperfusionstherapie mittels perkutaner Koronarintervention (PCI) empfohlen, da durch eine Rekanalisation des betroffenen Koronargefäßes die Prognose für den Patienten erheblich verbessert wird. Die PCI sollte innerhalb der ersten 6-12 Stunden nach Symptombeginn durchgeführt werden¹³. Eine Fibrinolyse kommt erst in Betracht, wenn innerhalb der ersten 120 Minuten nach Diagnosestellung keine PCI ausgeführt werden kann. Vor der primären PCI sollte eine dualen antithrombozytäre Therapie (DAPT)

mittels ASS, einem P2Y12-Antagonisten wie Ticagreol oder Prasugrel erfolgen ¹⁴.

Auch beim NSTEMI zeigt eine durchgeführte PCI und erfolgreiche Reperfusion innerhalb der ersten 6-72 Stunden nach Symptombeginn eine deutlich niedrigere Mortalität ⁸. Dennoch haben Patienten mit einem NSTEMI im Vergleich zu Patienten mit einer instabilen Angina pectoris eine höhere 6-Monats-Mortalität ¹¹. Während die führende Ursache der Diskrepanz zwischen Sauerstoffangebot und -bedarf beim STEMI ein rupturierter Plaque mit anschließender Thrombusbildung ist, kann es beim NSTEMI durchaus andere Ursachen geben. Beispielsweise Koronarembolien oder eine Arteriitis ¹¹. Modifizierbare Risikofaktoren bezüglich des Myokardinfarktes sind unter anderem Nikotinkonsum, Hypertension, Diabetes mellitus, Adipositas, psychosoziale Faktoren, sportliche Aktivität und Alkoholkonsum ¹⁵. Circa 90% aller Myokardinfarkte entstehen durch die Vermeidung eines gesunden Lebensstils ⁴. Nicht modifizierbare Risikofaktoren sind das Geschlecht, Alter und die Familienanamnese ¹⁶.

2.2. Therapiemöglichkeiten und Risiken des akuten Koronarsyndroms

Die Therapie variiert gemäß den aktuellen Leitlinien der Europäischen und deutschen kardiologischen Fachgesellschaften zwischen den Typen des ACS ¹⁷. Die allgemeinen Maßnahmen sind in beiden klinischen Bildern jedoch ähnlich. Bei einer Sauerstoffsättigung unter 90% erfolgt die Sauerstoffgabe über eine Nasensonde (4-8 l/min). Zeitgleich kann Nitroglycerin zur Vasodilatation eingesetzt werden, um die linksventrikuläre Vor- und Nachlast und somit den Sauerstoffbedarf zu senken. Eine weitere gemeinsame Maßnahme ist die Verabreichung eines Thrombozytenaggregationshemmers - alle Patienten mit einem akuten Koronarsyndrom erhalten initial Acetylsalicylsäure. Bei einem STEMI wird unmittelbar nach Diagnosestellung eine PCI zur zügigen Revaskularisation angestrebt und durchgeführt, während der NSTEMI nach Risikokriterien eingeteilt und das Intervall zur PCI definiert. Um den NSTEMI entsprechend zu kategorisieren und um die Prognose zu beurteilen, wird parallel zur ST-T-Wellenveränderung auch der GRACE-Score angewendet.

In der ESC-Leitlinie ist als Klasse-IC-Empfehlung bezüglich der Revaskularisation beim NSTEMI eine dringliche Koronarangiographie (<2 Stunden) bei Patienten mit sehr hohem Ischämie-Risiko aufgeführt. Zudem wird als Klasse-IA-Empfehlung eine frühe invasive Strategie (<24 Stunden) bei Patienten mit mindestens einem Hochrisiko-Kriterium und eine invasive Strategie (<72 Stunden nach Vorstellung) bei Patienten mit mindestens einem mittelgradigen Risikokriterium oder wiederkehrenden Symptomen empfohlen ¹⁸. Hinsichtlich STEMI wird in der Leitlinie auch als Klasse-IA-Empfehlung hervorgehoben, dass eine

Reperfusionstherapie bei allen Patienten mit Symptomen einer Ischämie <12 Stunden Dauer indiziert ist.

Im Falle einer interventionellen Revaskularisation muss die prognostische und symptomatische Indikation unter Beachtung des SYNTAX-Scores beachtet werden. Zu der prognostischen Indikation für eine PCI gehört neben einer linken Hauptstammstenose (>50%) eine relevante Ein-, Zwei- oder nicht-komplexe Dreigefäßerkrankung sowie eine linksventrikuläre Ejektionsfraktion (LVEF) $\leq 35\%$. Die symptomatische Indikation wäre jede Stenose >50% mit einer limitierenden Angina unter einer optimalen medikamentösen Therapie.

Die STS (Society of Thoracic Surgeons) entwickelte einen Risikorechner, um abschätzen zu können, wie hoch die Risiken und die Mortalität bei einem Patienten ist, der am Herzen z.B. aufgrund einer KHK operiert wird ¹⁹. Der STS-Score wird durch Faktoren wie das Alter des Patienten, dem Schweregrad der KHK, diversen Vorerkrankungen wie z.B. Diabetes mellitus und Niereninsuffizienz berechnet. Die Komplexität der KHK wird mittels SYNTAX-Score ermittelt und dient als Hilfestellung bei der Therapieentscheidung zwischen einer PCI oder CABG.

Bei Ein- und Zweigefäßerkrankungen mit einer proximalen RIVA-Stenose und einer Hauptstammstenose mit dem SYNTAX-Score ≤ 22 könnten sowohl eine PCI, als auch eine CABG in Frage kommen. Eine PCI ist die Therapie der Wahl bei Ein- und Zweigefäßerkrankungen ohne eine proximale RIVA-Stenose. Eine CABG wird bei Patienten mit einem Diabetes mellitus, einem LVEF $\leq 35\%$, eine Kontraindikation für eine DAPT, eine In-Stent-Restenose und eine komplexe Dreigefäßerkrankung mit einem SYNTAX-Score von 23-32 vorgezogen. Eine koronare mikrovaskuläre Dysfunktion (KMD) mit einem SYNTAX-Score ≥ 23 , eine Kalzifikation der Koronararterien und eine ungeeignete Anatomie für eine PCI sprechen auch zugunsten einer chirurgischen Bypass-Operation. Bei der ESC-Empfehlung für die Wahl zwischen einer CABG-Operation und einer PCI steht die Bewertung des chirurgischen Risikos und zum anderen die Bewertung der KHK-Komplexität im Vordergrund. Als Klasse-IB-Empfehlung wird zur Einschätzung der postoperativen Mortalität nach CABG die Berechnung des STS-Scores empfohlen. Bei Patienten mit linker Hauptstammstenose und/oder Mehrgefäßerkrankung sollte der SYNTAX-Score berechnet werden, um die anatomische Komplexität der KHK und das langfristige Mortalitäts- und Morbiditätsrisiko nach PCI bewerten zu können (Klasse-IB-Empfehlung) ^{20 21}.

2.2.1. Perkutane koronare Intervention

Die perkutane koronare Intervention ist eine wesentliche therapeutische Maßnahme bei Patienten mit akutem Koronarsyndrom und wird bei nahezu allen STEMI Patienten angestrebt. Idealerweise sollte bei STEMI eine primäre PCI innerhalb von 90 Minuten nach

Diagnosestellung durchgeführt werden, um eine optimale Reperfusion des Myokards zu erzielen.

Studien wie der ACIP- und der AVERT-Studie konnten demonstrieren, dass die PCI im Vergleich zu einer rein medikamentösen Therapie zu einer signifikanten Reduktion der Letalität und einer deutlichen Verbesserung der Prognose und Symptomatik führt ²⁰. Bei älteren Patienten oder multimorbiden Patienten („frailty“: niedrige Lebenserwartung /eingeschränkter Mobilität) wird häufig die weniger invasive PCI der koronaren Bypass-Operation bevorzugt, da letztere mit einem deutlich erhöhten perioperativen Risiko und längeren Rehabilitationsprozess vergesellschaftet ist.

Der transradiale Zugang, der 2017 in den ESC-Leitlinien als Klasse-IA-Empfehlung aufgenommen wurde, hat sich besonders bei Patienten mit peripherer arterieller Verschlusskrankheit (pAVK), erhöhtem Schlaganfallrisiko und bei STEMI als vorteilhaft erwiesen. Verschiedene PCI-Studien zeigten eine geringere Komplikations- und Mortalitätsrate beim radialen Zugang im Vergleich zum femoralen Zugang ^{18 22 23}.

2.2.2. Aortokoronare Bypass-Operation

Die chirurgische Myokardrevaskularisation zählt bundesweit zu den häufigsten herzchirurgischen Eingriffen. Nach Angaben der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie (DGTHG) wurde im Jahr 2019 ein moderater Anstieg der isolierten koronaren Bypass-Operation um 0,66% auf insgesamt 34.224 Eingriffe verzeichnet. Im Jahre 2018 waren es 33.999 Eingriffe. Verbunden mit der Bypass-Operation zeigte sich auch eine Verbesserung der perioperativen Überlebensrate, die aktuell bei 97,3% liegt. Die bundesweite prozentuale Altersgruppenverteilung der Patienten mit isolierter Koronaroperation zwischen 2011 und 2019 demonstriert - infolge des demographischen Wandels - einen Anstieg des Anteils der über 80-jährigen Patienten von 8,6% auf 9,8%. Angesichts der zunehmenden Zahl älterer Patienten ist eine präoperative Risikostratifizierung von entscheidender Bedeutung.

Der EuroSCORE II (European System for Cardiac Operative Risk Evaluation) und der STS-Score zählen zu den zentralen Instrumenten zur individuellen Risikoeinschätzung hinsichtlich der perioperativen Mortalität. Beide Scores berücksichtigen Faktoren wie Alter, Komorbiditäten und die zugrundeliegende Herzerkrankung ²¹. Der EuroSCORE umfasst unter anderem Parameter wie Alter, Geschlecht, Diabetes mellitus, COPD, Nierenfunktion, Herzfunktion sowie den allgemeinen klinischen Zustand des Patienten vor dem Eingriff. McAlister und Kollegen konnten zeigen, dass insbesondere eine optimierte Blutzuckerregulation vor einer Bypass-Operation in den ersten postoperativen Tagen das Risiko für kardiovaskuläre Komplikationen und eine frühzeitige Mortalität deutlich reduzieren kann ²⁴. Der EuroSCORE bietet somit eine fundierte Grundlage für die Einschätzung des

perioperativen Risikos und unterstützt die klinische Entscheidungsfindung für eine Operation unter Berücksichtigung der Prognose ⁷.

Der Standardzugang der klassischen CABG-Operation erfolgt über eine mediane Sternotomie. Bundesweit wird in über 80% der Fälle die Operation unter Verwendung der Herz-Lungen-Maschine durchgeführt. Die relevanten Koronarstenosen werden am stillgelegten Herzen entweder durch autologe arterielle Grafts, wie der linken oder rechten Brustwandarterie (LIMA oder RIMA) oder die A. radialis, oder durch venöse Grafts (Vena saphena magna) erzielt. Arterielle Grafts werden wegen ihrer niedrigeren Verschlussrate im Langzeitverlauf bevorzugt. Die ART-Studie (Arterial Revascularization Trial) untersuchte die Langzeitergebnisse der bilateralen Verwendung der IMA im Vergleich zur einseitigen Verwendung bei Patienten, die eine koronare Bypass-Operation erhielten. Die Studie zeigte allerdings keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich Gesamtmortalität oder den klinischen Endpunkten nach 10 Jahren ²⁵. Nach der Operation wird der Patient auf die Intensivstation verlegt, wo die hämodynamische Stabilität und die vitalen Funktionen überwacht und der Patienten schließlich extubiert wird ²⁶.

2.2.3. Mortalität und schwerwiegende unerwünschte kardiozerebrale Ereignisse

In den aktuellen Leitlinien der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie wird die aortokoronare Bypass-Operation neben der stabilen KHK auch als wichtige Revaskularisationsoption bei Patienten mit ACS betrachtet, insbesondere bei Patienten mit NSTEMI oder instabiler Angina pectoris und dem Vorliegen einer koronaren Mehrgefäßerkrankung, die nicht optimal mittels PCI behandelt werden können ²¹.

Die notfallmäßige oder dringliche Bypass-Operation ist bei Patienten mit STEMI oder NSTEMI mit einer erhöhten Mortalität und Komplikationsrate (MACCE Rate) assoziiert.

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass Patienten mit ACS nach CABG ein erhöhtes Risiko für kardiovaskuläre und zerebrovaskuläre Ereignisse, wie Schlaganfälle, aufweisen ²⁷. Diese sogenannten schwerwiegenden unerwünschten kardiozerebralen Ereignisse (MACCE) umfassen den postoperativen Tod, Myokardinfarkt, Schlaganfall und die Notwendigkeit einer erneuten Revaskularisation aufgrund eines Bypassverschlusses.

In der SYNTAX-Studie wurden über einen Zeitraum von 5 Jahren insgesamt 1800 Patienten mit Hauptstammstenose oder Dreigefäßerkrankung in eine PCI- oder CABG-Gruppe randomisiert. Der primäre Endpunkt war MACCE, definiert als kombinierter Endpunkt aus Tod jeglicher Ursache, Myokardinfarkt, erneuter Revaskularisation, Schlaganfall und andere zerebrovaskuläre Ereignisse nach 12 Monaten. Patienten der CABG-Gruppe hatten mit 26,9% im Vergleich zu 37,3% der PCI-Gruppe MACCE aufgewiesen ($p > 0,001$). Myokardinfarkte traten signifikant häufiger in der PCI-Gruppe auf (3,8 % vs. 9,7 %, $p < 0,0001$), ebenso wie die

Notwendigkeit einer erneuten Revaskularisierung (13,7 % vs. 25,9 %, $p < 0,0001$). Es gab keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Gesamtmortalität (11,4 % vs. 13,9 %, $p = 0,10$) und Apoplex (3,7 % vs. 2,4 %, $p = 0,09$)²⁸. Die Syntax Studie inkludierte vorwiegend elektive Patienten ohne ACS. In einer weiteren Studie aus dem Jahr 2024, die 3573 Patienten nach CABG analysierte, lag die Krankenhausmortalität dagegen bei 1,6%. Zu den Faktoren, die mit einer erhöhten Mortalität assoziiert waren, zählten unter anderem Patientenalter, Diabetes mellitus, Niereninsuffizienz sowie ein log. EuroSCORE $\geq 2,4$ ²⁹.

2.2.4. Einfluss des Patientenalters auf die klinischen Ergebnisse im ACS

Das Alter stellt einen der stärksten Prädiktoren für Mortalität und MACCE bei Patienten mit akutem Koronarsyndrom dar³⁰. Die Gründe hierfür sind vielfältig und beruhen unter anderem auf den zunehmenden Komorbiditäten im höheren Patientenalter sowie den höheren Risiken für periprozedurale Komplikationen.

Mit steigendem Alter nehmen Begleiterkrankungen wie arterielle Hypertonie, Diabetes mellitus, chronische Niereninsuffizienz sowie eine eingeschränkte LVEF deutlich zu³⁰. Die Daten aus einer Studie der Arbeitsgemeinschaft Leitender Kardiologischer Krankenhausärzte ergaben, dass in der Altersgruppe >85 Jahre eine Niereninsuffizienz und eine reduzierte LVEF <40 % signifikant häufiger auftraten als bei jüngeren Patienten. Zudem wurde beobachtet, dass der Anteil männlicher Patienten mit dem Alter abnimmt: Während bei Patienten <75 Jahre 73,9 % Männer waren, sank dieser Anteil bei >85-Jährigen auf 41,6 %. Solche Unterschiede in der Patientenzusammensetzung könnten ebenfalls Einfluss auf die Mortalität und das Auftreten von MACCE haben³⁰. Mehrere Studien belegen einen klaren Zusammenhang zwischen Alter und klinischen Ereignissen wie Mortalität und MACCE. Auch in der oben genannten klinischen Untersuchung zeigte sich ein signifikanter Anstieg der Mortalität mit zunehmendem Alter: Patienten <75 Jahre: 0,4%; Patienten 75–85 Jahre: 0,6%; Patienten >85 Jahre: 1,3% ($p = 0,002$). Ähnliche Beobachtungen gab es auch in der GRACE-Studie, einer multinationalen Beobachtungsstudie mit 24.165 Patienten. Hier lag die Krankenhausletalität bei den ≥ 85 -Jährigen bei 18,4 %, während sie in den jüngeren Gruppen zwischen 1,3–3,1% betrug. Besonders auffällig war das sechsfach erhöhte Vorkommen des kardiogenen Schocks bei den ältesten Patienten (1,6 % in der jüngsten Gruppe und 9,8 % bei ≥ 85 -Jährigen)³¹. Obwohl ältere Patienten ein höheres Risiko für Komplikationen aufweisen, zeigen aktuelle Studien, dass sie dennoch von invasiven Verfahren wie einer PCI oder einer CABG profitieren können. Wichtig ist hier eine individuelle Risiko-Nutzen-Abwägung. Der beobachtete Anstieg der Mortalität und MACCE sollte daher nicht zu einer pauschalen Zurückhaltung bei der Behandlung älterer Patienten führen, sondern vielmehr zu einer optimierten Therapieplanung.

Obwohl ein hohes Alter ein bedeutender Prädiktor für Mortalität und MACCE bei Patienten mit ACS und PCI ist, ist die Datenlage bezüglich der Ergebnisse der chirurgischen Myokardrevaskularisation bei älteren Patienten mit ACS weniger eindeutig³².

2.3. Fragestellung und Ziel der Arbeit

Im Gegensatz zur robusten Datenlage nach PCI sind die klinischen Ergebnisse für Patienten, die einer aortokoronaren Bypass-Operation aufgrund eines akuten Koronarsyndrom unterzogen werden, weniger umfassend untersucht. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, inwiefern das Alter von ACS-Patienten und die damit verbundenen Komorbiditäten einen Einfluss auf die Ergebnisse nach chirurgischer Revaskularisation haben. Mit der Analyse soll das Risikoprofil von Patienten weiter eingegrenzt werden, um Rückschlüsse über die Relevanz des Alters nach einer aortokoronaren Bypass-Operation und den Einfluss auf die Krankenhausletalität machen zu können.

Folgende Fragestellungen sollen durch diese retrospektive klinische Studie im Detail beantwortet werden:

- 1) Wie ist die Altersstruktur und die Verteilung der altersbedingten Komorbiditäten (z.B. Niereninsuffizienz, Diabetes mellitus) bei ACS-Patienten, die einer operativen Myokardrevaskularisation unterzogen werden?
- 2) Gibt es altersbedingte Unterschiede bei der Verteilung des ACS-Typs (instabile Angina, NSTEMI, STEMI) und bei der Prävalenz von schweren Komplikationen (kardiale Komplikationen: Reanimation, IABP/ECMO)?
- 3) Hat das Alter der Patienten mit ACS einen Einfluss auf die OP-Strategie und die postoperative Rate an Komplikationen auf der Intensivstation?
- 4) Hat das Alter von Patienten mit ACS einen Einfluss auf die Krankenhausmortalität und das Auftreten von schwerwiegenden postoperativen Komplikationen (MACCE).
- 5) Ist das Alter ein unabhängiger „negativer“ Prädiktor für die Krankenhausmortalität und das Auftreten von schwerwiegenden postoperativen Komplikationen (MACCE)? Welche weiteren unabhängigen Prädiktoren können identifiziert werden?

3. Material und Methoden

Bei dieser Arbeit handelt es sich um eine retrospektive Analyse aus der Klinik für Herzchirurgie, herzchirurgische Intensivmedizin und Thoraxchirurgie der Universität zu Köln. Im Zeitraum von 2010 bis 2016 wurden anonymisierte Daten von 1064 Patienten ausgewertet, die aufgrund eines akuten Koronarsyndroms einer aortokoronaren Bypass-Operation unterzogen wurden.

3.1. Material

Insgesamt lagen die perioperativen Daten von 1064 Patienten vor. Alle relevanten Patientencharakteristika (prä-, intra- und postoperative Daten) wurden retrospektiv aus der Patientenakte erhoben (internen Datenerhebungssystem: QIMS, ORBIS, Patientenakte) und anschließend in einer anonymisierten Datenbank analysiert.

Die Patienten wurden zunächst in Altersgruppen unterteilt, um den Einfluss des Alters auf die Hauptendpunkte Krankenhausletalität und MACCE zu untersuchen. Der kombinierte Endpunkt MACCE wurde definiert als kardialer Tod, ein postoperatives Low-Cardiac-Output Syndrom (LCOS), einen Schlaganfall und die Notwendigkeit für eine kardiopulmonale Reanimation.

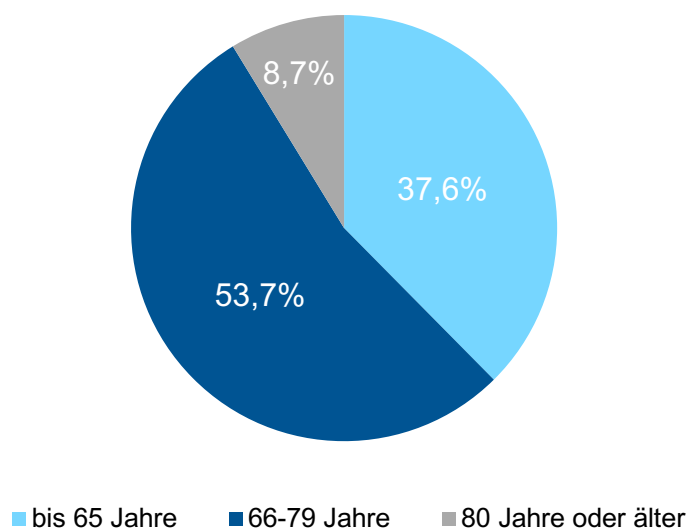
Um die chirurgischen Ergebnisse der Bypass-Operation abhängig vom Alter zu analysieren wurden 3 Subgruppen definiert (**Abbildung 2**):

Gruppe 1: 400 (37,6%) Patienten im Alter von bis zu 65;

Gruppe 2: 571 (53,7%) Patienten im Alter von 66 bis 79 Jahre;

Gruppe 3: 93 (8,7%) Patienten im Alter von 80 oder älter.

Abbildung 2: Subgruppen kategorisiert nach Patientenalter des Gesamtkollektivs



3.2. Methoden

In den präoperativen Daten wurden Alter, Geschlecht, Body-Mass-Index (BMI) sowie relevante präoperative Diagnosen erfasst, darunter arterielle Hypertonie, Hyperlipoproteinämie, Diabetes mellitus, COPD, pAVK, ein vorangegangener Apoplex sowie Vorhofflimmern. Die Nierenfunktion wurde anhand des prozentualen Anteils der Dialysepatienten, des Kreatininwerts in mg/dl und der glomerulären Filtrationsrate (GFR) in ml/min bestimmt. Durch die CKD-EPI-Formel (Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration) wurden der Grad der Niereninsuffizienz errechnet.

Weitere relevante Daten bezüglich der Herzerkrankung wie das Vorhandensein einer Ein-, Zwei- oder Dreifäßerkrankung, einer Hauptstammstenose, der Typ des akuten Koronarsyndroms (instabile Angina pectoris, NSTEMI oder STEMI) sowie die vorherige Therapie des akuten Koronarsyndroms wurden erfasst. Untersucht wurden zudem, ob Patienten bereits einen Myokardinfarkt erlitten oder sich früheren kardiochirurgischen Eingriffen unterzogen hatten. Der Anteil von perioperativen Herzunterstützungsverfahren (IABP, ECMO) und der logistische EuroSCORE wurde ebenfalls dokumentiert. Die präoperative Medikation der Patienten wurde insbesondere im Hinblick auf die Einnahme von Betablockern, Statinen, Acetylsalicylsäure sowie Medikamente im Rahmen einer dualen antithrombozytären Therapie erfasst. Die Operationstechnik (mit HLM vs. OPCAB), die Anzahl der durchgeführten Bypass-Anastomosen und Art der Grafts (arteriell, venös) und die Dauer der Operation, der HLM- und Aortenklammzeit wurden dokumentiert.

Neben den oben genannten Hauptendpunkten der Studie wurden alle relevanten postoperativen Komplikationen erfasst. Dazu zählten unter anderem die Implantationsrate einer IABP/ECMO als Herz-Kreislauf-Unterstützung, die Anzahl der Patienten mit Dialyse, die Häufigkeit chirurgischer Re-Exploration aufgrund von postoperativen Nachblutungen, der Transfusionsbedarf (definiert als >5 Erythrozytenkonzentraten innerhalb von 48 Stunden) sowie die Dauer der postoperativen Intubation. Darüber hinaus wurden die Aufenthaltsdauer der Patienten auf der Intensivstation sowie die Gesamtdauer des Krankenhausaufenthalts dokumentiert.

Die Auswertung der Daten des gesamten Patientenkollektivs erfolgte retrospektiv mittels SPSS (IBM Inc., Chicago, Illinois, US). Alle präoperativen, intraoperativen und postoperativen Daten wurden innerhalb der Altersgruppe univariat mittels entsprechender Tests verglichen. Mit den erfassten, kategorisierten Daten wurde zunächst eine deskriptive Auswertung mit dem exakten Test nach Fischer oder Chi-Quadrat durchgeführt und in Prozenten angegeben. Kontinuierliche Variablen wurden mit dem ungepaarten T-Test verglichen, während nicht-parametrische Variablen mit dem Mann-Whitney U-Test verglichen wurden. Alle Ergebnisse

sind als Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) dargestellt. Ein p-Wert von $p < 0,05$ wurde als statistisch signifikant gewertet.

Zur Identifikation unabhängiger Prädiktoren für die Krankenmortalität und MACCE wurde eine multivariate logistische Regressionsanalyse angewendet. Im Rahmen der logistischen Regressionsanalyse wurden alle relevanten Variablen mit einem p-Wert $< 0,1$ (univariate Regressionsanalyse) in ein binäres logistisches Regressionsmodell überführt. Innerhalb des Selektionsverfahrens der „backward elimination“ wurden nacheinander alle Variablen aus dem statistischen Modell entfernt, beginnend mit der Variable, die den geringsten Bezug zum klinischen Endpunkt aufwies. Auf diese Weise wurden nacheinander alle Variablen aus dem statistischen Modell entfernt, bis nur noch Variablen mit statistisch signifikantem Bezug zum Endpunkt im Modell enthalten waren ($p < 0,05$). Auf der Basis der Regressionskoeffizienten wurde das Quotenverhältnis (odds ratio; OR) für die Prädiktoren einschließlich der dazugehörigen 95%-Konfidenzintervalle bestimmt und angegeben.

4. Ergebnisse

4.1. Demographische Charakteristika und präoperative Daten des Gesamtkollektivs

Das mittlere Alter der Patienten lag bei 67 ± 11 Jahre. 828 Patienten (77,8%) waren männlich (**Tabelle 1**). Der BMI betrug im Mittel 28 ± 5 kg/m². Zu den häufigsten Begleiterkrankungen gehörten eine arterielle Hypertonie (n=890; 84%), eine Hyperlipidämie (n=507; 48%) und ein Diabetes mellitus (n=339; 32%). Weitere Komorbiditäten waren - in absteigender Häufigkeit - ein Nikotinabusus (n=440; 41%), Z.n. PCI (n=351; 33%), eine pAVK (n=148; 14%) sowie eine COPD (n=118; 11%).

Die Mehrheit der Patienten präsentierte sich mit einer koronaren Dreigeßßerkrankung (n=838; 79%), während eine koronare Zwei- bzw. Eingefäßerkrankung in 18% bzw. 3% diagnostiziert wurde (193 vs. 33 Patienten). Circa die Hälfte des Patientenkollektivs präsentierte sich als ACS-Subtyp mit einem NSTEMI (n=531; 50%) gefolgt von STEMI (n=325; 30%) und einer instabilen Angina pectoris (n=208; 20%). Eine Hauptstammstenose war in 47% aller Patienten vorhanden.

Ein Apoplex (n=86; 8%), ein Vorhofflimmern (n=63; 6%) und eine dialysepflichtige Niereninsuffizienz (n=10; 1%) waren im Vergleich zu anderen Komorbiditäten eher selten. Der präoperative Kreatininwert lag im Schnitt bei $1,1 \pm 0,8$ mg/dl und die GFR bei 74 ± 24 ml/min/1,73 m². Die LVEF betrug durchschnittlich 51 ± 16 % und der logistische EuroSCORE 15 ± 15 % als Ausdruck eines Hochrisikokollektivs. Eine präoperative IABP-Unterstützung des Kreislaufs erfolgte bei ca. 5% der Patienten (n=55 Patienten), wohingegen kein Patient eine präoperative ECMO-Therapie benötigte.

4.1.1. Präoperative Unterschiede zwischen den Altersgruppen

Obwohl das männliche Geschlecht in den jeweiligen Altersgruppen in der Mehrheit vertreten war, wurde ein signifikanter Abfall mit steigendem Alter beobachtet (**Tabelle 1**). Bei Patienten bis 65 Jahren lag der Anteil der Männer bei 86%, während er in der Gruppe der über 80-Jährigen 69% betrug ($p < 0,001$).

Die Prävalenz klassischer kardialer Risikofaktoren nahm ebenfalls mit zunehmendem Alter signifikant zu. Sie betrug für die arterielle Hypertonie 76% in der Gruppe der bis 65-Jährigen, 88% in der Altersgruppe der 66- bis 79-Jährigen und 87% bei den über 80-Jährigen ($p < 0,001$). Der Nikotinabusus war hingegen signifikant häufiger bei jüngeren Patienten zu sehen. Im Gegensatz dazu nahm die Prävalenz der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit mit dem

Alter signifikant zu (≥ 80 Jahre: 20%; $p=0,001$). Die Prävalenz der Hyperlipidämie betrug 41% in der Gruppe der bis 65-Jährigen, und stieg auf ca. 50% in den höher betagten Patientengruppen an ($p=0,003$). Ein Diabetes mellitus war ebenfalls signifikant häufiger mit über 34% in den beiden älteren Altersgruppen vertreten ($p=0,045$).

Der Anteil der Patienten mit einem anamnestischen Apoplex nahm signifikant mit dem Alter zu und lag bei 14% bei den ≥ 80 -Jährigen ($p=0,009$). Zudem war in der Altersgruppe ≥ 80 -Jahre der Kreatininwert mit $1,4 \pm 1,0$ mg/dl signifikant höher ($p=0,024$) und die glomerulären Filtrationsrate (GFR) mit 53 ± 21 ml/min/m² am niedrigsten ($p=0,740$; nicht signifikant) im Vergleich zu den beiden jüngeren Altersgruppen.

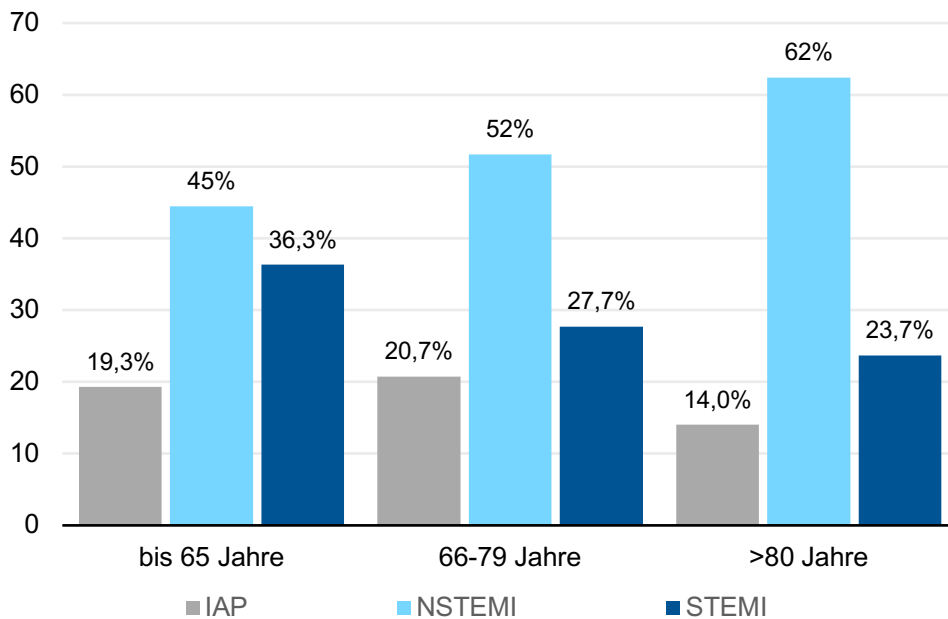
Ein Vorhofflimmern trat signifikant häufiger bei älteren Patienten auf (bis 65 Jahre: 3%; 66-79 Jahre: 8%; ≥ 80 Jahre: 7%; $p=0,003$). Die Einnahme von Betablockern stieg signifikant mit zunehmendem Alter von 62% auf 74% ($p=0,048$) an. Hingegen zeigten sich bei der Einnahme von Statinen, Acetylsalicylsäure, Clopidogrel sowie bei der dualen Therapie mit Plättchenhemmern keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

Die Häufigkeit für das Vorliegen einer Dreifäßerkrankungen (bis 65 Jahre: 77,8 %; ≥ 80 Jahre: 90,3 %; $p=0,028$) und für eine Hauptstammstenose stieg signifikant mit zunehmendem Alter an (bis 65 Jahre: 40,6%; ≥ 80 Jahre: 68,8%; $p<0,001$).

Bezüglich des Subtyps des ACS zeigte sich, dass ältere Patienten häufiger einen NSTEMI (bis 65 Jahre: 44,5%; 66–79 Jahre: 51,7%; ≥ 80 Jahre: 62,4%; $p=0,005$) erlitten. Im Gegensatz dazu trat ein STEMI bei jüngeren Patienten häufiger auf (bis 65 Jahre: 36,3%; 66–79 Jahre: 27,7%; ≥ 80 Jahre: 23,7%; $p=0,005$; **Abbildung 3**). Jüngere Patienten wurden im Gegensatz zum ältesten Patientenkollektiv häufiger vor der Operation reanimiert (15% vs. 7,5%; $p=0,013$). Eine präoperative IABP-Unterstützung erfolgte mit fortschreitendem Alter seltener (bis 65 Jahre: 7,5%; ≥ 80 Jahre 3,2%; $p=0,028$).

Der logistische EuroSCORE als Ausdruck für die erwartete 30-Tage Mortalität für eine Bypass-Operation stieg, wenn auch nicht statistisch signifikant, mit dem Alter an: Er lag bei $9 \pm 9\%$ für die bis 65-Jährigen, bei $18 \pm 16\%$ für die 66- bis 79-Jährigen und bei $29 \pm 18\%$ für die ≥ 80 -Jährigen ($p=0,465$).

Abbildung 3: Verteilung von IAP, NSTEMI und STEMI nach Altersgruppen (p=0,005)



IAP: Instabile Angina pectoris, NSTEMI: Nicht-ST-Hebungsinfarkt, STEMI: ST-Hebungsinfarkt

4.2. Intra- und postoperative Daten des Gesamtkollektivs und in den Altersgruppen

Über 93% der Bypass-Operationen erfolgte unabhängig vom Alter der Patienten mit Hilfe der HLM ohne Unterschiede in der HLM-Dauer (**Tabelle 2**). Nur bei 93 Patienten (8,7%) wurde die Operation als OPCAB durchgeführt. Auch die Häufigkeit für eine kombinierte Herzklappenchirurgie zeigte in den verschiedenen Altersgruppen eine ähnliche Verteilung. Die durchschnittliche Operationsdauer betrug $3,3 \pm 1,1$ Stunden und war in der Gruppe ≥ 80 Jahre am längsten ($p=0,032$).

Die durchschnittliche Anzahl der Bypässe variierte je nach Altersgruppe und zeigte einen signifikanten Unterschied ($p=0,027$). Während in der jüngsten Gruppe durchschnittlich $3,1 \pm 1,0$ Bypässe verwendet wurden, lag die Zahl in der mittleren Altersgruppe bei $3,0 \pm 0,6$ und in der ältesten Gruppe bei $3,1 \pm 0,9$. Es wurden mehr arteriellen Grafts ($p=0,012$) in der jüngeren Altersgruppe verwendet und mehr Venenbypässe bei Patienten zwischen 66 und 79 Jahren und ≥ 80 Jahren.

Die Notwendigkeit für eine Rethorakotomie aufgrund einer Nachblutung betrug im Kollektiv 8,8% ohne Unterschiede zwischen den Gruppen ($p=0,642$; **Tabelle 3**). Im Schnitt wurden bei 25,5% des Gesamtkollektivs mehr als 5 Erythrozytenkonzentrate innerhalb der ersten 48 Stunden postoperativ transfundiert. Hier zeigte sich erneut ein signifikanter Zusammenhang

mit dem Anstieg des Alters, denn mit 38,2% wurden die meisten Erythrozytenkonzentrate in der Gruppe der ≥ 80 -Jährigen transfundiert ($p < 0,001$). Eine postoperative IABP-Unterstützung war bei 202 Patienten (19%) und eine ECMO-Therapie bei 31 Patienten (2,9%) notwendig. Auch hier zeigten sich keine relevanten Unterschiede zwischen den Gruppen ($p = 0,335$). Ein postoperatives akutes Herzversagen (Low-Cardiac-Output Syndrom; LCOS) lag bei 15,3% in der Gruppe der bis 65-Jährigen und stieg mit zunehmendem Alter auf bis zu 23,7% in der Gruppe der ≥ 80 -Jährigen an. Der Unterschied zwischen den Gruppen war jedoch statistisch nicht signifikant ($p = 0,149$). Ein plötzlicher Herztod trat mit 17,2% in der Gruppe der über 80-Jährigen im Vergleich zu Patienten bis 65 Jahren mit 3,3% signifikant häufiger auf ($p < 0,001$). Auch die Notwendigkeit für eine Katecholamintherapie über 48 Stunden nach der Operation war mit 32,5% bei der ältesten Patientengruppe signifikant erhöht ($p = 0,030$).

Die perioperative Myokardinfarktrate betrug ca. 17% in der Gruppe der bis 65-Jährigen, und 66- bis 79-Jährigen. In der Gruppe ≥ 80 Jahre wurde in 21,5% ein Myokardinfarkt beobachtet, ein Unterschied der genau wie die postoperative Rate für eine Reanimation (6,6%; $p = 0,869$) und einen Apoplex (2,9%; $p = 0,469$) nicht statistisch signifikant war.

Die postoperative Notwendigkeit für eine Reintubation bzw. Dialyse war mit 14,6% ($p = 0,003$) und 19,1% ($p < 0,001$) bei den ≥ 80 -Jährigen Patienten signifikant erhöht – entsprechend einem etwa dreifachen Anstieg im Vergleich zu den jüngeren Gruppen.

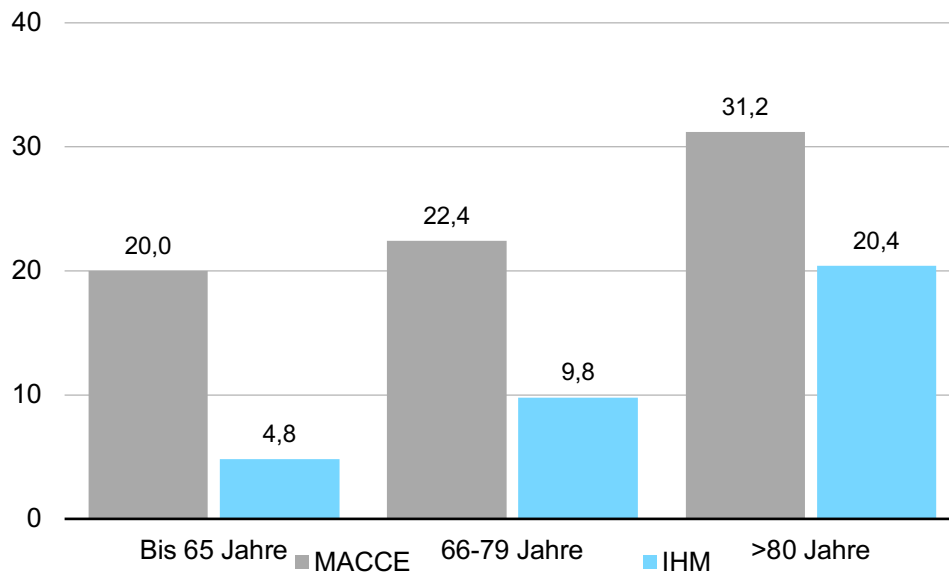
Die Liegedauer auf der Intensivstation betrug im Durchschnitt 6 ± 7 Tage, während der gesamte Krankenhausaufenthalt im Schnitt bei 12 ± 13 Tage lag. Auch hier war tendenziell eine längere Liegedauer mit fortschreitendem Alter zu beobachten, die allerdings nicht statistisch signifikant war.

4.3. Krankenhausmortalität und Schwerwiegende Komplikationen (MACCE)

Die Krankenhausmortalität zeigte einen signifikanten Unterschied zwischen den Altersgruppen (**Tabelle 3**). In der Gruppe der bis 65-Jährigen lag die Mortalität bei 4,8%, während sie in der Gruppe der 66- bis 79-Jährigen auf 9,8% und in der Gruppe der ≥ 80 -Jährigen auf 20,4% anstieg ($p < 0,001$).

Der kombinierte Endpunkt MACCE, definiert als kardialer Tod, ein postoperatives Low-Cardiac-Output Syndrom (LCOS), einen Schlaganfall und die Notwendigkeit für eine kardiopulmonalen Reanimation, zeigte ebenfalls einen vergleichbaren Trend zu höheren Raten, jedoch ohne statistische Signifikanz ($p = 0,065$). In der Gruppe der bis 65-Jährigen trat bei 20% ein MACCE auf, in der Gruppe der 66- bis 79-Jährigen in 22,4% und in der Gruppe der ≥ 80 -Jährigen in 31,2% (**Abbildung 4**).

Abbildung 4: MACCE ($p=0,065$) und IHM ($p < 0,001$) des Gesamtkollektivs



MACCE: major adverse cardiocerebrovascular events, IHM: In-hospital mortality

Die multivariate logistische Regressionsanalyse zur Krankenhausmortalität und MACCE nach einer aortokoronaren Bypass-Operation zeigt mehrere signifikante Prädiktoren (**Tabelle 4 und 5**).

Für die Krankenhausmortalität wurde die Notwendigkeit für eine Katecholamin-Therapie >48 Stunden (OR 4,22; 95%-KI 2,27-7,85; $p < 0,001$), ein Alter ≥ 80 Jahre (OR 2,59; 95%-KI 1,32-5,10; $p = 0,006$), eine periphere arterielle Verschlusskrankheit (OR 2,07; 95%-KI 1,14-3,74; $p = 0,017$) sowie eine eingeschränkte Nierenfunktion, hier als CKD-EPI Grad III-IV aufgeführt (OR 1,73; 95%-KI 1,02-2,93; $p = 0,043$) als unabhängiger Prädiktor identifiziert.

Prädiktoren für das Auftreten eines MACCE waren die Katecholamin-Therapie (OR 5,85; 95%-KI 3,57-9,57; $p < 0,001$), eine Reanimation (OR 2,04; 95%-KI 1,16-3,60; $p = 0,014$), eine periphere arterielle Verschlusskrankheit (OR 1,85; 95%-KI 1,16-2,97; $p = 0,010$) und eine Niereninsuffizienz (CKD-EPI Grad III-IV; OR 1,69; 95%-KI 1,15-2,47; $p = 0,007$).

Die multivariate Analyse zeigte, dass - im Gegensatz zur Krankenhausmortalität - ein Alter ≥ 80 Jahre kein signifikanter Prädiktor für das Auftreten von schwerwiegenden kardiozerebralen Komplikationen ist.

5. Diskussion

Ziel der vorliegenden retrospektiven, monozentrischen Arbeit war es, den Einfluss des Alters auf die Krankenhausletalität und für das Auftreten von schwerwiegenden Komplikationen (MACCE) nach aortokoronarer Bypass-Operation bei Patienten mit ACS zu beurteilen. Die aortokoronare Bypass-Operation gehört zu den häufigsten Herzoperationen weltweit und gilt als standardisierte und effektive Therapie der fortgeschrittenen KHK. In Deutschland werden jährlich etwa 50.000 Patienten mit einer KHK chirurgisch therapiert. Neben den allgemeinen Risiken der Operation steht in zunehmenden Maßen das Patientenalter und die hiermit verbundene Krankenhausletalität im Vordergrund. Im Gegensatz zur robusten Datenlage nach PCI sind die klinischen Ergebnisse für Patienten, die einer aortokoronaren Bypass-Operation aufgrund eines ACS unterzogen werden, weniger gut untersucht. Das ACS bei KHK ist weiterhin eine führende Todesursache weltweit. Aus diesem Grunde stellt sich die Frage, inwiefern das Alter von ACS-Patienten und die damit verbundenen Komorbiditäten einen Einfluss auf die Ergebnisse nach chirurgischer Revaskularisation haben.

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass bei Patienten mit ACS, die sich einer aortokoronaren Bypass-Operation unterziehen, das Alter einen maßgeblichen Einfluss auf die perioperative Komplikationsrate hat. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass mit zunehmendem Alter, insbesondere ab 80 Jahren, die präoperative Komorbiditätslast deutlich zunimmt – charakterisiert durch eine höhere Prävalenz einer arteriellen Hypertonie, chronischen Niereninsuffizienz, Diabetes mellitus, Vorhofflimmern und peripherer arterieller Verschlusskrankheit. Ältere Patienten wiesen zudem häufiger einen NSTEMI als Präsentationsform des ACS auf und litten häufiger an komplexeren Koronarbefunden, wie Hauptstammstenosen und Dreigefäßerkrankungen.

Obwohl sich die chirurgischen Strategien in wesentlichen Aspekten ähnelten, fiel auf, dass die OPCAB bei älteren Patienten seltener zur Anwendung kam, welches durch eine erhöhte Komplexität der KHK (Mehrgefäß-KHK) zusammenhängen könnte. Auch der postoperative Verlauf war in dieser Altersgruppe durch eine signifikant höhere Komplikationsrate geprägt. Insbesondere kam es häufiger zu Reintubationen, längeren Aufenthalten auf der Intensivstation, erhöhtem Katecholaminbedarf, postoperativer Dialysepflicht und einem gesteigerten Transfusionsbedarf.

Der negative Einfluss des Alters auf die postoperativen Ergebnisse spiegelte sich ebenfalls in unserer Studie wider. Die Krankenhausmortalität sowie die Inzidenz von MACCE waren im höheren Alter deutlich erhöht. In der multivariaten Analyse konnte das Alter ≥ 80 Jahre als unabhängiger Prädiktor für die Krankenhausmortalität, jedoch nicht für das Auftreten von MACCE, identifiziert werden. Für MACCE zeigten sich vielmehr Komorbiditäten wie eine eingeschränkte Nierenfunktion, eine pAVK und ein intensivmedizinischer Bedarf an

Katecholaminen als unabhängige Prädiktoren. Diese Ergebnisse verdeutlichen die zunehmende Vulnerabilität älterer CABG-Patienten mit ACS und unterstreichen die Notwendigkeit einer sorgfältigen präoperativen Risikostratifizierung und differenzierten Therapieplanung.

5.1. Patientenkollektiv und Komorbiditäten

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit einem Patientenkollektiv, welches im Herzzentrum der Universitätsklinik Köln behandelt wurde. Die Datenerhebung und Fallanalyse erfolgten retrospektiv. Eingeschlossen wurden 1064 Patienten, welche im Zeitraum von 2010 bis 2016 auf Grund eines ACS eine Bypass-Operation erhielten. Die Patienten wurden in drei Altersgruppen eingeteilt und folglich miteinander verglichen. Zudem lag der Fokus auf MACCE und der Krankenhausletalität im Zusammenhang mit dem Alter.

Die prädominierenden Komorbiditäten des Gesamtkollektivs waren arterielle Hypertonie, Hyperlipidämie, Diabetes mellitus, pAVK und COPD. Mit zunehmendem Alter nahm der Anteil des männlichen Geschlechtes zwar ab, blieb jedoch in allen Altersgruppen dominierend. Auch der BMI nahm mit fortschreitendem Alter ab, doch die eingeschlossenen Patienten waren im Schnitt übergewichtig.

Mit dem Fortschreiten des Alters ändern sich auch die physiologischen Vorgänge als auch anatomischen Strukturen im menschlichen Körper und somit auch das gesamte kardiovaskuläre System, welches prädisponierend für Krankheiten sein kann und sich dadurch das Risiko für das Entstehen einer Komorbidität entwickelt, dass prognosebestimmend beziehungsweise mortalitätserhöhend sein kann. Bereits früh ist man zu der Erkenntnis gekommen, dass die Herzfrequenz unverändert bleibt und es auch nicht zu einer Veränderung der Herzgröße kommt. Dennoch wurde herausgefunden, dass es zu einer Verdickung des Myokards durch eine Hypertrophie der Myozyten im Alter kommen kann ³³.

Darüber hinaus kommt es zu einer Dilatation größerer Gefäße, einer Erhöhung der linksventrikulären Nachlast mit einem erhöhten systolischen Blutdruck und einer Veränderung in der myokardialen Calciumhomöostase, welches die Kontraktilität des Myokards beeinflusst und das Entstehen einer Arrhythmie begünstigt ³⁴.

Eine weitere Altersveränderung ist die Abnahme der Elastizität der Tunica intima, welches in einer Endothelschädigung resultieren kann. Durch einen erhöhten peripheren Widerstand kommt es zusätzlich zur Förderung eines hohen diastolischen Blutdrucks.

Neben den kardiovaskulären Aspekten sind auch Nierenveränderungen im Alter auffindbar. Dazu zählen eine Reduzierung der Masse um 10-20%, tubuläre Hypertrophien, interstitielle Fibrosen, vermehrte glomeruläre Sklerosierungen und die Abnahme der Anzahl an Glomeruli

um bis zu 50%. Bezüglich der GFR wurde eine altersphysiologische Abnahme um ca. 6,3ml/min/1,73 m² alle 10 Jahre beobachtet ^{34 35}.

Die Veränderung der Muskelmasse im Alter hat eine verminderte Glukosetoleranz bei unveränderter basalen Insulinsekretion als Folge. Unter den endokrinen Krankheiten ist der Diabetes mellitus bei ≥65-Jährigen am weitesten verbreitet, der eine deutliche Auswirkung auf kardiochirurgische Eingriffe gezeigt hat ³⁶.

Auch das Gesamtkollektiv dieser Arbeit repräsentiert die genannten altersphysiologischen Veränderungen.

Der Anteil des männlichen Geschlechts dieser Arbeit ist in allen Patientengruppen der Mehrheit entsprechend, jedoch verringert sich dieser Anteil mit steigendem Alter. Die Daten zum Einfluss des Geschlechts auf Ergebnisse nach einer Bypass-Operation sind begrenzt. Obwohl die Langzeitergebnisse bei Frauen nach einer Bypass-Operation ähnlich und sogar besser sind im Vergleich zu Männern, präsentieren Frauen höhere Raten an perioperativer Morbidität und Mortalität. Verschiedene Hypothesen wurden aufgestellt um dies zu erklären, unter anderem differente Symptome, was zu einem höheren Patientenalter bei der Erstvorstellung führen kann, mehr Komorbiditäten und eine erhöhte Blutungsneigung. Im Vergleich zu Männern, die eine CABG erhalten, haben Frauen häufiger relevante Begleiterkrankungen wie ein Diabetes mellitus, eine arterielle Hypertonie, eine Hyperlipidämie, eine COPD und eine chronische Niereninsuffizienz. Zudem wurde gezeigt, dass Frauen häufiger eine Intubation, eine intra- und postoperative Transfusion von Erythrozytenkonzentraten, sowie eine Dialyse benötigen, was auch mit einer erhöhten Mortalitätsrate korreliert ³⁷.

Die Zunahme des weiblichen Geschlechts mit dem Alter in unserem Kollektiv und die hiermit verbundene statistisch signifikante Krankenhausletalität wurde unter anderem auch in zwei verschiedenen Studien belegt. Swaminathan und Kollegen aus dem Jahr 2016 präsentierte Ergebnisse einer langjährigen Studie und zeigten, dass Frauen (3,2%, p <0,001) im Vergleich zu Männern (1,8%, p <0,001) eine höhere Mortalität nach einer koronaren Bypass-Operation aufwiesen ³⁸. Das Deutsche Herzzentrum Berlin führte eine prospektive Studie zwischen den Jahren 2006-2010 durch und kam ebenfalls zu ähnlichen Ergebnissen. Hier lag die Mortalität für das weibliche Geschlecht bei 6,9% und für das männliche Geschlecht bei 2,4%. Dies wurde mit der höheren Prävalenz an postoperativen Komplikationen, einem akuten Lungenversagen und einem LCOS begründet ³⁹. In dieser Studie wurde nur der prozentuale Anteil des Geschlechts in den Subgruppen angegeben. Folglich ist es nicht möglich bestimmte Komorbiditäten mit dem Geschlecht zu verknüpfen und somit relevante Aussagen machen zu können.

Die arterielle Hypertonie zählt zu den Hauptrisikofaktoren eines ACS und stellt somit eine wesentliche Determinante der häufigsten Todesursachen dar. Auch in der vorliegenden Studie ist sie die am häufigste dokumentierte Begleiterkrankung und betrifft die Mehrheit der

Patienten. Im Vergleich hierzu liegt die Prävalenz der arteriellen Hypertonie in der Gesamtbevölkerung in Deutschland im Untersuchungszeitraum November 2014 bis Juli 2015 laut dem RKI bei 31,8%. Auch hier ist eine steigende Prävalenz mit fortschreitendem Alter zu sehen, mit 63,8% für Frauen und 65,1% für Männer ab einem Alter von über 65 Jahren ⁴⁰. Aronson und Kollegen untersuchten die Relevanz des Blutdruckes nach einer CABG. Patientin mit diastolischer Hypertonie, hier als > 90mmHg definiert, hatten kein erhöhtes Risiko für ein schlechteres Outcome, unabhängig vom systolischen Wert. Patienten mit einer systolischen Hypertonie hingegen, hier als >140mmHg definiert, hatten ein Risiko für eine Niereninsuffizienz, eine Linksherzinsuffizienz und einen Apoplex, auch hier unabhängig vom diastolischen Wert ⁴¹.

Die Literatur bezüglich der CABG und arterieller Hypertonie ist begrenzt. Dennoch existieren einige Studien, die sich mit Patienten mit ACS und arterieller Hypertonie als Begleiterkrankung befassen. Eine dieser Studien wurde von Lingman und Kollegen durchgeführt und untersuchte den prognostischen Einfluss von arterieller Hypertonie, Diabetes mellitus und der Kombination beider Erkrankungen bei Patienten mit ACS. In der Studie wurden 2.329 Patienten im Zeitraum von 1995 bis 2001 eingeschlossen. Ein wichtiges Einschlusskriterium war jedoch ein Patientenalter von unter 80 Jahren, um eine Langzeitnachverfolgung zu ermöglichen. Trotzdem spiegelt diese Studie einige Aspekte wider, die auch in unserem Patientenkollektiv zu beobachten sind, wie etwa die höhere Prävalenz von arterieller Hypertonie und Diabetes mellitus mit steigendem Alter und der Rückgang des Nikotinkonsums im Alter. Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass Patienten mit akutem Koronarsyndrom, die von arterieller Hypertonie (OR 1,25; 95 % KI 1,06–1,47) und Diabetes mellitus (OR 1,69; 95 % KI 1,41–2,03) begleitet sind, ein signifikant erhöhtes Mortalitätsrisiko aufwiesen ⁴².

Etwa ein Drittel unseres Gesamtkollektivs wies einen Diabetes mellitus auf, dessen Häufigkeit mit zunehmendem Alter ebenfalls anstieg. Generell ist die Prävalenz des Diabetes mellitus in den vergangenen Jahrzehnten gestiegen. Ende der 1970er Jahre lag die Prävalenz noch zwischen 10% bis 15%, wohingegen es 2005 auf 35% angestiegen ist. Insbesondere Patienten mit einem insulinpflichtigem Diabetes mellitus weisen höhere Raten der perioperativen Mortalität auf und haben eine verringerte Überlebensrate als Patienten ohne Diabetes mellitus. Eine postoperative Hyperglykämie wird als Ursache für Infektionen diskutiert, welches ebenfalls die Mortalität beeinflussen kann ³⁷. Van Straten und Kollegen untersuchten in einer retrospektiven Kohortenanalyse zwischen Januar 1998 und Dezember 2007 den Einfluss von Diabetes mellitus auf die Langzeitmortalität. Die Überlebensraten wurden mit alters- und geschlechtsadjustierten Vergleichskohorten aus der niederländischen Allgemeinbevölkerung verglichen. Die Ergebnisse zeigten, dass insbesondere ein nicht-insulinpflichtiger Diabetes mit einer erhöhten Frühmortalität assoziiert war. Beide

Diabetesformen - insulinpflichtig wie auch nicht-insulinpflichtig - erwiesen sich zudem als unabhängige Prädiktoren für eine signifikant erhöhte Spätmortalität im Langzeitverlauf⁶².

Gemäß der US-amerikanischen Datenbank der Society of Thoracic Surgeons (STS ACSD) liegt die Inzidenz des Apoplex nach einer Bypass-Operation bei 1,3%⁴³. Dacey und Kollegen untersuchten das Überleben von 35.733 Patienten. Ein perioperativer Apoplex trat bei 575 Patienten (1,6%) auf. Die Überlebensrate wurde hier nach einem, fünf und zehn Jahren analysiert und lag bei Patienten mit Schlaganfall deutlich niedriger bei 83,0%, 58,7% und 26,9%. Der perioperative Apoplex war mit einem deutlich erhöhten Risiko für postoperative Mortalität assoziiert, zeigte in unserer Studie jedoch keine Korrelation mit dem Alter der Patienten⁴⁴. Bucerius und Kollegen verglichen die Raten des postoperativen Apoplex nach verschiedenen kardiovaskulären Eingriffen. Hier lag die Rate des Apoplex nach einer Bypass-Operation bei 1,9% und die 30-Tage Mortalität im Gesamtkollektiv bei 4,6%. Zudem hatten alle eingeschlossenen Patienten im direkten Vergleich zu Patienten ohne einen Apoplex ein sechsfach erhöhtes Mortalitätsrisiko. Eine Differenzierung unter den verschiedenen Eingriffen erfolgte leider nicht, sodass es schwierig ist, Rückschlüsse hinsichtlich des Risikos nach einer CABG zu ziehen⁴⁵.

Ein Nikotinkonsum hat einen negativen Einfluss auf das gesamte kardiovaskuläre System. Es fördert in erster Linie die Bildung atheromatöser Plaques, die zu einer möglichen Stenose führen, oder verursacht aneurysmatische Veränderungen der Gefäße, welche das Risiko einer Ruptur erhöhen können. Die durch Nikotinkonsum bedingten Komplikationen nach einer CABG sowie die damit verbundene Mortalität sind in vielen Studien belegt. Unter anderem die CASS-Studie⁶⁵. Hier hatten Raucher eine 10-Jahres Mortalität von 82% im Vergleich zu 77% der Patienten die postoperativ den Konsum beendet hatten. Die 5-Jahres Mortalität hatte auch für Raucher höhere Werte mit 22% vs. 15%. Im Vergleich mit nicht rauchenden Patienten, hatten Raucher nach einer CABG häufiger Lungenfunktionseinschränkungen, was mit einer längeren Intubationszeit und verlängerten Verweildauer auf der Intensivstation einherging. Zusammengefasst wird das Öfteren belegt, dass eine Nikotinkarenz mit einer Reduktion der Mortalität nach einer CABG verbunden ist³⁷.

Eine weitere und wichtige Begleiterkrankung, die auch in nahezu der Hälfte dieser Kohorte vertreten war, ist die Hyperlipidämie. Durch ein erhöhtes LDL-Cholesterin steigt auch das Risiko für die Entwicklung einer Atherosklerose und die einhergehenden Komplikationen. Die Leitlinien der European Society of Cardiology (ESC) und European Atherosclerosis Society (EAS) empfehlen für Hochrisikopatienten einen Zielwert von ≤ 1.40 mmol/L für das LDL-Cholesterin. In einer retrospektiven Studie haben Tang und Kollegen Langzeitergebnisse bei Patienten mit einer Hyperlipidämie nach CABG untersucht. Die Einteilung der Patienten in vier Gruppen basierte auf dem LDL-Cholesterin-Spiegel. Hier lag die Raten an MACCE bei Patienten mit einem LDL-Cholesterin ≥ 2.60 mmol/L deutlich über dem der Patienten mit einem

niedrigeren Wert ⁴⁶. Eine weitere Studie von Shah und Kollegen untersuchte in einer randomisierten Studie den Effekt von Atorvastatin 80mg bzw. 10mg am Tag bei 10.001 Patienten mit einer KHK. Circa 4.650 dieser Patienten waren bereits an den Herzkranzgefäßen operiert. Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass Patienten mit erfolgter CABG und der Einnahme von Atorvastatin 80mg täglich ein 27% erniedrigtes Risiko für kardiovaskulär bedingten Tod, Myokardinfarkt und Apoplex hatten ⁴⁷.

Auch die pAVK ist eine relevante Begleiterkrankung, deren Prävalenz mit dem Alter zunimmt. In der STS-Datenbank wurden 5-Jahresdaten, von 77481 Patienten die in den USA aufgrund einer KHK bypassoperiert wurden, ausgewertet. Die Prävalenz der pAVK lag hier bei 15,5% und es zeigte sich, dass die pAVK ein unabhängiger Risikofaktor für die Krankenhausmortalität und 30-Tage Mortalität ist. Zudem war das Schlaganfallrisiko in dieser Gruppe deutlich erhöht ³⁷. Im Gegensatz zu den erwähnten Ergebnissen haben Bonacchi und Kollegen in einer multizentrischen, retrospektiven Analyse von 11.311 Patienten mit erfolgter CABG den Einfluss einer pAVK untersucht. Es gab keine Unterschiede in der Mortalität zwischen Patienten mit und ohne pAVK, dennoch war die Inzidenz eines Apoplex, akutes Nierenversagen und einer Ischämie, welche einer Intervention bedarf, höher. Die Mortalitätsrate stieg signifikant mit der Aortenklammzeit und postoperativem LCOS ⁴⁸.

Die steigende Prävalenz des Vorhofflimmerns im Alter wird in vielen Studien eingehend diskutiert. Die exakten Gründe hierfür sind nicht abschließend geklärt, jedoch könnte die alternde Bevölkerung und eine längere Lebenserwartung bei Menschen mit kardiovaskulären Erkrankungen erklärend sein ⁴⁹. Banach und Kollegen untersuchten die Rolle eines präoperativen Vorhofflimmerns bei 3000 Patienten. In 174 Patienten der Gesamtkohorte war ein Vorhofflimmern präsent und die Patienten hatten im Vergleich zu Patienten ohne diese Begleiterkrankung signifikant häufiger eine niedriger Ejektionsfraktion, arterielle Hypertonie und waren älter. Dennoch war das Vorhofflimmern ein unabhängiger Prädiktor für die Krankenhausmortalität in dieser Studie. Drei Jahre nach dem Eingriff lag die Differenz hinsichtlich der Überlebensrate bei 19,9% ⁵⁰.

Eine Studie von Natarajan und Kollegen aus dem Jahr 2007 beobachtete und analysierte die Ergebnisse bei Patienten im fortgeschrittenen Alter, die ebenfalls einen aortokoronare Bypass bekamen. In der Literatur wird vor dem operativen Eingriff der Wert des LVEF berücksichtigt. Es wird angedeutet, dass eine niedrige LVEF mit einer erhöhten perioperativen Mortalität einhergeht ⁵¹. Gemäß der European Society of Cardiology wird eine LVEF von 55% und höher als physiologisch gewertet. Der durchschnittliche Wert der LVEF in unserem Patientenkollektiv lag stets unter dieser Norm und zeigte eine Abnahme mit fortschreitendem Alter.

Der präoperative Troponin T Wert, waren im Gesamtkollektiv aufgrund des stattgehabten ACS deutlich über der Norm. Eine zentrale Frage, ob kardiale Biomarker ausschlaggebend für die Mortalität und Morbidität nach einer Bypass-OP sein kann wurde von Beller und Kollegen in

einer logistischen Regressionsanalyse untersucht und 2018 im Rahmen einer Studie veröffentlicht ⁵². Unter den 1.272 Patienten waren die Troponinwerte bei 835 Patienten (65,6%) erhöht und der Median lag bei 3,2 ng/ml. Im Vergleich zu Patienten mit normwertigen Troponin-Werten war die perioperative Mortalität um 2,6% ($p=0,009$) und die Morbidität um 7,8% ($p<0,001$) erhöht. Darüber hinaus verringerte sich die Langzeitüberlebensrate um 1,1 Jahre ($p=0,01$). Erhöhte Troponinwerte stehen im Zusammenhang mit einer negativen Prognose im Langzeitverlauf der Patienten, dennoch kann nicht behauptet werden, dass ausschließlich das Troponin für eine höhere Mortalität verantwortlich ist ⁵². Der logEuroSCORE als Risikostratifizierungstool wurde umfangreich in der Vergangenheit untersucht und gilt als guter Prädiktor zur Bestimmung der 30-Tage Mortalität bei Patienten nach einer Bypass-Operation; dennoch wird der falsch positive Anteil von einigen Autoren als zu hoch eingeschätzt ^{51 52 53 54}. In unserer Studie ist der logEuroSCORE mit einem Mittelwert von 15 ± 15 insgesamt relativ hoch, wobei ein deutlicher Anstieg mit zunehmendem Alter zu beobachten ist, was jedoch nicht statistisch signifikant war ($p = 0,465$).

Diverse Studien und Registerdaten belegen altersbedingte Unterschiede in der Verteilung des ACS-Typs sowie in der Häufigkeit schwerer Komplikationen. Besonders auffällig ist, dass ältere Patienten (≥ 80 Jahre) häufiger mit einem NSTEMI diagnostiziert werden, während jüngere Patienten verstärkt von einem STEMI betroffen sind. Dies wird unter anderem durch Daten aus dem ALKK-Register (Arbeitsgemeinschaft Leitender Kardiologischer Krankenhausärzte) gestützt, dass die Patienten im Rahmen einer Studie in drei Altersgruppen unterteilt: <75 Jahre, 75-84 Jahre und >85 Jahre. In diesen Gruppen variierten die Anteile der STEMI-Diagnosen zwischen 25,7 % und 34,8 %, während die Prävalenz des NSTEMI zwischen 65,2 % und 74,3 % lag ³⁰. Eine weitere Studie von Grothusen und Kollegen untersuchte die langfristigen Überlebensraten von Patienten mit STEMI und NSTEMI nach einer CABG. Sie fanden heraus, dass STEMI-Patienten eine signifikant bessere 30-Tage-Mortalität aufwiesen (2,7 % vs. 6,6 % bei NSTEMI) und auch nach 10 Jahren eine höhere Überlebensrate hatten (74 % vs. 57 %). Die Untersuchung identifizierte präoperative Laktatwerte, Alter, Vorhofflimmern und reduzierte LVEF als unabhängige Risikofaktoren für eine erhöhte Mortalität. Bezüglich der schwereren Komplikationen zeigte eine weitere Analyse, dass Patienten mit NSTEMI häufiger Transfusionen von Erythrozytenkonzentraten benötigten als Patienten mit STEMI. Die Schlaganfallrate war jedoch zwischen beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich. Mehr STEMI-Patienten erhielten außerdem eine IABP. Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass neben der Altersdifferenz auch der ACS-Typ eine wesentliche Rolle bei der Entwicklung und Behandlung schwerer Komplikationen spielen kann ⁶³.

Bezüglich der postoperativen ECMO gibt es nur wenige Studien, die das Alter der Patienten berücksichtigen. Eine dieser Studien untersucht kardiochirurgische Eingriffe und die Mortalität

bei Patienten, die nach einer Operation eine ECMO benötigen. Die Ergebnisse zeigten, dass die Mortalität bei jüngeren Patienten, Patienten ohne Diabetes mellitus und solchen mit kürzeren kardiopulmonalen Bypasszeiten niedriger war. Das durchschnittliche Alter der Überlebenden lag bei 59,7 Jahren, während das der nicht überlebenden Patienten bei 53,5 Jahren lag ⁶⁴.

Hinsichtlich der angewandten OP-Technik der Bypassoperation gilt es als belegt, dass Patienten mit der OPCAB Methode (ohne HLM) eine signifikant niedrigere Prävalenz für eine systemische Entzündungsreaktion haben (SIRS; Systemic Inflammatory Response Syndrome), die durch den Kontakt der Blutzellen mit der biokompatiblen Oberfläche der HLM zu Stande kommt. Diverse randomisierte kontrollierte Studien belegen, dass die OPCAB Technik mit besseren oder zumindest vergleichbaren Ergebnissen bezüglich der kurz- und mittelfristigen Komplikationsraten assoziiert ist wie eine Bypass-Operation mit Herz-Lungen-Maschine ^{51 55}.

Ein bekannter intraoperativer Risikofaktor für herzchirurgische Patienten ist eine verlängerte Dauer der kardiopulmonalen Bypasszeit. Anderson und Kollegen verglichen über 70-Jährige mit über 80-Jährigen nach einer Bypass-Operation mit HLM. Schlussfolgernd waren die Aortenklemmzeit und die HLM-Zeit ein Kriterium für eine erhöhte Mortalität, dennoch nicht der einzig ausschlaggebende Faktor. Weitere perioperative Variablen, die mit einer erhöhten Mortalität einhergingen, waren die maschinelle Beatmung >12 Stunden ($p < 0,001$), der Aufenthalt auf der Intensivstation ($p = 0,033$), eine Reexploration ($p = 0,001$) und die Verabreichung von positiv inotropen Substanzen über einen Zeitraum von 48 Stunden ($p < 0,001$) ⁵⁶. Die genannten Variablen waren mit den 1064 Patienten unserer Studie in einigen Aspekten deckungsgleich, denn die Operationsdauer wurde in Stunden gemessen und verlängerte sich mit dem Anstieg des Alters, der Aufenthalt auf der Intensivstation war erneut in der Gruppe der ≥ 80 -Jährigen am längsten und Patienten ≥ 80 Jahre hatten den längsten Krankenhausaufenthalt.

Zwischen 2010 und 2015 untersuchten Lemaire und Kollegen in einer Studie den Einfluss des Alters auf eine CABG und verglichen in diesem Rahmen ein Patientenkollektiv von Patienten zwischen 70-89 Jahren und unterteilte diese in 70-79 Jahre und 80-89 Jahre. Resultate zeigten, dass Patienten zwischen 80-89 Jahre eine höhere Wahrscheinlichkeit der Entwicklung von renalen und pulmonalen Komplikationen hatten und postoperativ einem erhöhten Blutungsrisiko ausgesetzt waren. Auch hier wurde in der Subgruppe der 80- bis 89-Jährigen die Mortalität hinsichtlich des Zusammenhangs mit dem Geschlecht ausgewertet und schlussfolgernd wiesen Frauen eine höhere Mortalität (OR 1,25; 95% CI 1,07-1,46) im Vergleich zu Männern auf ⁵⁷. Bezüglich renaler und pulmonaler Komplikationen können nur

Aussagen über eine durchgeführte Reintubation und einer Dialyse erfolgen. Beide Faktoren hatten eine deutliche Steigerung des Wertes parallel zu dem Alter.

In einer weiteren Studie aus dem Jahr 2004 untersuchten Mortasawi und Kollegen 6057 Patienten vor und nach einer koronaren Bypass-Operation im Zeitraum von Januar 1996 bis Januar 2002. Hier wurde das Gesamtkollektiv nach dem Alter in 5 Subgruppen eingeteilt, die postoperativen Komplikationen und die 30-Tage-Mortalität berechnet und unter den Gruppen verglichen. Die Einteilung differiert zu unserem Patientenkollektiv, denn die Einteilung der Gruppen der Patienten war >60 Jahre, 60-64 Jahre, 65-69 Jahre, 70-74 Jahre und ≥ 70 Jahre. Die Ergebnisse zeigten, ähnlich wie in unserer Arbeit, eine deutliche Steigerung der Werte hinsichtlich Komplikationen und Mortalität bei Patienten höheren Alters im direkten Vergleich zu den jüngeren Patienten. So lag die 30-Tage-Mortalität bei >60-Jährigen bei 0,5% und bei ≥ 75 -Jährigen bei 2,3%³⁴. Allerdings wurden diese Patienten nicht ausschließlich aufgrund eines ACS operiert, was die höhere Mortalität in unserem Kollektiv erklärt.

Auch Scott und Kollegen untersuchten in ihrer Studie die postoperative Mortalität und Morbidität nach CABG. Der Fokus lag dabei auf der Einteilung der Patienten in zwei Gruppen, über und unter 80 Jahre. Von den 1591 Patienten waren 155 über 80 Jahre alt. Diese präsentierten sich signifikant öfter mit einer Hauptstammstenose, einer pAVK und einem Apoplex. Ähnlich wie in unseren Ergebnissen gab es keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich eines Myokardinfarktes und der LVEF in den Altersgruppen. Im Gegensatz zu unserer Studie zeigten arterielle Hypertonie und Diabetes mellitus keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen. Die Mortalität wird hier als 30-Tage-Mortalität angegeben, zeigt jedoch einen großen Unterschied bei älteren Patienten. Während die Mortalität bei unter 80-Jährigen bei 1,2% lag, war dies für über 80-Jährige bei 9,0% ($p < 0,001$). Ein postoperativer Apoplex und eine Niereninsuffizienz traten ebenfalls signifikant häufiger bei älteren Patienten auf⁵⁸. Allerdings wurde die Mortalität in dieser Studie nicht nach der 30-Tage-Mortalität bestimmt, sondern bezieht sich lediglich auf die Krankenhausmortalität. Zudem wurden die vier Subgruppen erneut in drei Untergruppen geteilt: instabile Angina pectoris, STEMI und NSTEMI. Auch hier unterstreicht diese Analyse die Studie von Mortasawi, denn die Mortalität stieg vergleichbar konstant mit dem Alter der Patienten³⁴. Dennoch ist es wichtig zu erwähnen, dass in fast jeder dieser Gruppen Patienten mit einem STEMI die höchste Krankenhaussterblichkeit und MACCE-Rate präsentierten. Folglich spielen sowohl das Alter als auch die Art des ACS eine entscheidende Rolle für die Prognose des Patienten und sollte daher bei der Nutzen-Risiko-Abwägung einbezogen werden. Neben dem Alter sollten daher auch die verschiedenen Faktoren und Komorbiditäten individuell bei der operativen Planung berücksichtigt werden⁵¹.

Die koronare Bypass-Operation zählt zu den häufigsten herzchirurgischen Eingriffen bundesweit. Gemäß der Leistungsstatistik der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie wurden in den Jahren 2009-2019 deutlich mehr Patienten >70 Jahre operiert. Im Jahr 2019 waren 33,5% der Patienten 70-79 Jahre alt und 18,6% über 80 Jahre. Im direkten Vergleich der Jahre 2018 und 2019 zeigte sich bei den koronaren Bypass-Operationen ein leichter Anstieg von 0,66%. Im Zusammenhang mit der koronaren Bypass-Operation zeigte sich auch ein minimaler Anstieg der Überlebensrate um 0,2%, die aktuell bei 97,3% (2,7% Mortalität) liegt.

Auch die demografische Entwicklung in Deutschland sollte berücksichtigt werden. Laut dem statistischen Bundesamt waren im Jahre 2011 etwa 5,3% der Bevölkerung > 80 Jahre, während es 2018 bereits auf 7,2% angestiegen war. Im Laufe der letzten Jahrzehnte haben diagnostische und therapeutische Fortschritte die Therapieergebnisse von Patienten mit akutem Koronarsyndrom erheblich verbessert. Im Vergleich zu jüngeren Patienten, haben ältere Menschen mit ACS schlechtere Langzeitergebnisse und eine erhöhte Mortalität. Geriatrische Syndrome wie beeinträchtigte kognitive und körperliche Funktionen, Multimorbidität und Frailty können somit die Entscheidungspfade von Leitlinienempfehlungen beeinflussen ⁵⁹.

Die genannten altersbedingten Veränderungen im Körper beeinflussen sowohl die Pharmakokinetik der verabreichten Medikamente als auch das Auftreten perioperativer Komplikationen sowie deren Management und letztlich die Mortalität der Patienten. Das fortgeschrittene Alter hat einen negativen Einfluss auf die postoperativen Komplikationen. Aufgrund dessen sollte vor einer koronaren Bypass-Operation das Alter und die damit verbundenen vielfältigen Begleiterkrankungen sorgfältig in Erwägung gezogen werden ^{34 57}.

Unsere vorliegende Studie zeigt, dass ein Alter über 80 Jahre ein unabhängiger Prädiktor für die Krankenhausmortalität nach CABG bei Patienten mit ACS ist. Dies steht im Einklang mit früheren Studien, die ebenfalls ein erhöhtes Mortalitätsrisiko bei älteren Patienten nach einer CABG beschrieben haben. Dobaria und Kollegen untersuchten im Zeitraum von 2005 bis 2016 den Einfluss der Gebrechlichkeit („Frailty“) bei älteren Patienten nach einer Bypass-Operation. Circa 4% des Gesamtkollektivs wurden anhand des Frailty-Indikators der Johns Hopkins Adjusted Clinical Groups als gebrechlich eingestuft. In dieser Studie war ein erhöhter Gebrechlichkeits-Score mit einer höheren perioperativen Mortalität und einem verlängerten Krankenhausaufenthalt assoziiert ⁶⁰. Zu ähnlichen Ergebnissen kam Tran und Kollegen in einer retrospektiven Kohortenstudie, die zwischen 2008 und 2015 in Ontario durchgeführt wurde und den Einfluss der Gebrechlichkeit nach einer CABG analysiert hat. Der primäre Endpunkt war die Mortalität und die Autoren konnten zeigen, dass Patienten ≥85 Jahre eine deutlich erhöhte Mortalität im Vergleich zur Altersgruppe 40 bis 74-Jährigen hatten ⁶¹.

Eine weitere Studie von Chua und Kollegen, welche zwischen 2008 und 2017 am National Heart Centre Singapore durchgeführt wurde, beschäftigte sich mit der Langzeit-Mortalität und den damit verbundenen Risikofaktoren nach einer CABG. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigten, dass neben dem Alter auch weitere Faktoren wie Diabetes mellitus, arterielle Hypertonie, COPD und Niereninsuffizienz mit einer erhöhten Mortalität assoziiert sind. Bedauerlicherweise wurde in dieser Studie keine genauere Gruppierung hinsichtlich des Alters vorgenommen, was eine direkte Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen unserer eigenen Untersuchung erschwert ²⁹.

Der Zusammenhang zwischen höherem Alter und erhöhter Mortalität können auf eine reduzierte physiologische Reserve, häufiger bestehenden Komorbiditäten und einer erhöhten Vulnerabilität für postoperative Komplikationen zurückzuführen sein. Interessanterweise zeigte sich das Alter nicht als signifikanter Prädiktor für das Auftreten von MACCE. Dies deutet darauf hin, dass ältere Patienten, hier ≥ 80 Jahre, zwar ein erhöhtes Risiko für eine Krankenhausmortalität haben, jedoch nicht zwangsläufig häufiger von MACCE betroffen sind. Neben dem Alter waren der Einsatz von Katecholaminen, das Vorliegen einer pAVK und eine eingeschränkte Nierenfunktion (CKD-EPI Grad III-IV) unabhängige Prädiktoren sowohl für die Krankenhausletalität als auch für MACCE. Insbesondere die Katecholamin-Gabe war mit einem stark erhöhten Risiko assoziiert, was auf eine kritische präoperative hämodynamische Instabilität hinweist. Diese Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung einer sorgfältigen präoperativen Risikostratifizierung und eines optimierten perioperativen Managements, insbesondere bei Patienten mit diesen Risikofaktoren.

5.2. Empfehlungen für weiterführende Forschung

Um den Einfluss des Alters auf die Krankenhausletalität nach CABG und im ACS besser zu verstehen und evidenzbasierte Therapieansätze zu entwickeln, ist eine weiterführende klinische Forschung in Rahmen von entsprechenden Studien von zentraler Bedeutung. Die vorliegenden Ergebnisse aus dieser Arbeit zeigen, dass Patienten ≥ 80 Jahre mit ACS ein signifikant höheres perioperatives Risiko mitbringen, welches mit einer erhöhten Mortalität nach einer Bypass-Operation einhergeht. Ein möglicher und vielversprechender Therapieansatz für zukünftige Studien könnte die Weiterentwicklung minimal-invasiverer Operationstechniken bzw. Koronarinterventionen sein. Insbesondere die Katecholamin-Gabe als Indikator für eine perioperative hämodynamische Instabilität könnte ein relevanter Ansatzpunkt sein, um zu prüfen, ob eine frühzeitige mechanische Kreislaufunterstützung die Prognose dieser Patienten verbessert.

Ein weiterer Fokus könnte auf der Optimierung des präoperativen Komorbiditäten-Managements liegen. Es könnte von Interesse sein, in Studien zu untersuchen, ob

präoperative Revaskularisation peripherer Gefäße oder nephroprotektive Maßnahmen das Outcome älterer Patienten mit ACS verbessern. Zudem könnte die Etablierung standardisierter Nachsorgeprotokolle hilfreich sein, um Langzeitverläufe systematisch zu erfassen.

5.3. Limitation

In dieser durchgeführten Analyse handelt es sich um eine retrospektive, monozentrische Studie von 1064 Patienten in einem Zeitraum von sieben Jahren. Ob die Ergebnisse in einem multizentrischen oder prospektiven Studienansatz bestätigt werden können, bleibt leider ungewiss. Durch die Zeitspanne des Untersuchungszeitraums (7 Jahre) besteht die Gefahr minimaler Unterschiede im perioperativen Management der Patienten mit unklarem Bias. Aufgrund dessen wurden die moderne Entwicklung, der Fortschritt und jegliche Änderungen in der Therapie und der Operationstechnik in dieser Studie nicht berücksichtigt. Um den Kontrast der Altersgruppen zu verdeutlichen und zu einem Fazit zu gelangen, wurden viele Komorbiditäten einbezogen, Medikamente aufgelistet, Risiko-Scores wie der logEuroSCORE und CKD-EPI in Betracht gezogen. Dennoch kann selbstverständlicherweise kein Anspruch auf Vollständigkeit garantiert werden.

6. Literaturverzeichnis

1. Bergmark B.A., Mathenge N., Merlini P.A., Lawrence-Wright M.B., Giugliano R.P. Acute coronary syndromes. *Lancet*. 2022; **399**(10332):1347-1358.
2. Timmis A., Vardas P., Townsend N., Torbica A., Katus H., De Smedt D., Gale C.P., Maggioni A.P., Petersen S.E., Huculeci R., Kazakiewicz D., de Benito Rubio V., Ignatiuk B., Raisi-Estabragh Z., Pawlak A., Karagiannis E., Treskes R., Gaita D., Beltrame J.F., McConnachie A., Bardinet I., Graham I., Flather M., Elliott P., Mossialos E.A., Weidinger F., Achenbach S.; Atlas Writing Group, European Society of Cardiology. European Society of Cardiology: cardiovascular disease statistics 2021. *Eur Heart J*. 2022; **43**(8):716-799.
3. Larsen R. Akutes Koronarsyndrom (ACS) und akuter Myokardinfarkt. *Anästhesie und Intensivmedizin für die Fachpflege*. 2016; 680-690.
4. Yusuf, S., Hawken, S., Ounpuu, S., Dans, T., Avezum, A., Lanas, F., McQueen, M., Budaj, A., Pais, P., Varigos, J., Lisheng, L. *The Lancet*. 2004; **364**(9438).
5. Eagle, K. A., Lim, M. J., Dabbous, O. H., Pieper, K. S., Goldberg, R. J., Van De Werf, F., Goodman, S. G., Granger, C. B., Steg, P. G., Gore, J. M., Budaj, A., Avezum, A., Flather, M. D., Fox, K. A., & Grace Investigators. A validated prediction model for all forms of acute coronary syndrome: estimating the risk of 6-month postdischarge death in an international registry. *JAMA*, 2004; **291**(22), 2727–2733.
6. Backus B. E., Six A. J., Kelder J. H., Gibler W. B., Moll F. L., Doevendans P. A. Risk scores for patients with chest pain: evaluation in the emergency department. *Current cardiology reviews*. 2011; **7**(1), 2–8.
7. Roques F., Michel P., Goldstone A.R., Nashef S.A., Michael S., Pompilio G., Folliguet T., Al-Daoud K., Colson P., Devereux S. The EuroSCORE system: a new risk model for cardiac surgery. *European Heart Journal*. 1999; **20**(5): 98-103.
8. Goyal, A. & Zeltser R. Unstable Angina. 2020.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/books/NBK442000/> (letzter Zugriff 12.12.2020)
9. Stürzenhofeckerl, P., Görnandt, L., Roskamm, H. Belastungsinduzierter Koronararterienspasmus mit Walk-through-Phänomen — Ein spezieller Typ der Prinzmetal-Angina. Nitrate III. Springer, Berlin, Heidelberg, 1982.
10. Jarai, R., Penka, M., Jordanova, N., Wojta, J., Huber, K. Bedeutung des B-natriuretischen Peptids (BNP) bei koronarer Herzkrankheit. *Journal für Kardiologie*, 2005; **12**(3-4), 42–45.
11. Thygesen, K., Alpert, J.S., Jaffe, A.S., Simoons, M.L., Chaitman, B.R., White, H.D. Writing Group on the Joint ESC/ACC/AHA/WHF Task Force for the Universal Definition of Myocardial Infarction. Third universal definition of myocardial infarction. *European Heart Journal*. 2012; **33**(20), 2551–2567.
12. Basit, H., Malik, A., Huecker, M.R. Non ST Segment Elevation Myocardial Infarction. 2021.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/books/NBK513228/> (letzter Zugriff 29.05.2023)

13. Hwang C., Levis, J.T. ECG diagnosis: ST-elevation myocardial infarction. *The permanente journal*. 2014; **18**(2), e133.
14. Kelm, M., Bauersachs, J., Kastrati, A., Nef, H., Richardt, G., Zeymer, U. Therapie des akuten Herzinfarktes bei Patienten mit ST-Streckenhebung (STEMI). Deutsche Gesellschaft für Kardiologie. Version 2017. Börm Bruckmeier Verlag GmbH, Grünwald, 2018
15. Sarkisian, L., Saaby, L., Poulsen, T.S., Gerke, O., Hosbond, S., Jangaard, N., Diederichsen, A.C.P., Thygesen, K., Mickley, H. Prognostic impact of myocardial injury related to various cardiac and noncardiac conditions. *American Journal of Medicine*. 2016; **129**, 506–514.
16. Mechanic, O. J., Gavin M, Grossman, S. A. *Acute Myocardial Infarction*. 2023.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29083808/> (letzter Zugriff 12.12.2023)
17. Deutsche Gesellschaft für Kardiologie (DGK). Leitlinien zum akuten Koronarsyndrom (ACS). 2023.
https://leitlinien.dgk.org/files/18_2023_pocket_leitlinien_akutes_koronarsyndrom_acs.pdf (letzter Zugriff 01.06.2023)
18. European Society of Cardiology (ESC), European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). 2023 ESC/EACTS guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J*. 2023.
<https://www.escardio.org/Guidelines> (letzter Zugriff 01.06.2023)
19. Ad N., Holmes S.D., Patel J., Pritchard G., Shuman D.J., Halpin L. Comparison of EuroSCORE II, Original EuroSCORE, and The Society of Thoracic Surgeons Risk Score in Cardiac Surgery Patients. *Ann Thorac Surg*. 2016; 102:573-9.
20. Deutsche Gesellschaft für Kardiologie. Pocket-Leitlinien zur Myokardrevaskularisation. 2018
https://leitlinien.dgk.org/files/22_2018_pocket_leitlinien_myokardrevaskularisation.pdf. (letzter Zugriff 01.06.2023)
21. Neumann, F.-J., Sousa-Uva, M., Ahlsson, A., Alfonso, F., Banning, A. P., Benedetto, U., Byrne, R. A., Collet, J.-P., Falk, V., Head, S. J., Jüni, P., Kastrati, A., Koller, A., Kristensen, S. D., Niebauer, J., Richter, D. J., Seferović, P.M., Sibbing, D., Stefanini, G.G., Windecker, S., Yadav, R., Zembala, M.O. ESC Scientific Document Group, 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization, *European Heart Journal*. 2019; **40**(2), 07. S. 87-165.
22. Wiemer, M., Schäufele, T., Schmitz, T., Hoffmann, S., Comberg, T., Eggebrecht, H., Langer, C. 2018. Herzkatheter: Diagnostik und Intervention über die Arteria radialis. *Der Kardiologe*. **12**(4).
23. Valgimigli, M., Gagnor, A., Calabro, P., Frigoli, E., Leonardi, S., Zaro, T., Rubartelli, P., Briguori, C., Ando, G., Repetto, A., Limbruno, U., Cortese, B., Sganzerla, P., Lupi, A., Galli, M., Colangelo, S., Ierna, S., Ausiello, A., Presbitero, P., Sardella, G., Varbella, F., Esposito, G., Santarelli, A., Tresoldi, S., Nazzaro, M., Zingarelli, A., De Cesare, N., Rigattieri, S., Tosi, P., Palmieri, C., Brugaletta, S., Rao, S.V., Heg, D., Rothenbühler, M., Vranckx, P., Jüni, P.

- Radial versus femoral access in patients with acute coronary syndromes undergoing invasive management: a randomised multicentre trial. *Lancet*, 2015; **385**(9986), 2465–2476.
24. McAlister F.A., Man J., Bistritz L., Amad H., Tandon P. Diabetes and coronary artery bypass surgery: an examination of perioperative glycemic control and outcomes. *Diabetes Care*. 2003;**26**(5):1518-24.
 25. Taggart D.P., Gaudino M., Iorio A., Bakaeen F.G., Beckmann A., Crea F., De la Torre Hernandez J.M., Fremes S.E., Gatti G., Girardi L.N., Harskamp R.E., Head S.J., Kappetein A.P., Légaré J.F., Mack M.J., Mohr F.W., Puskas J.D., Ruel M., Salzberg S.P., Van Dijk D., Wolterbeek R., Zampino M. Bilateral internal mammary artery grafting: benefits, risks, and challenges. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2020; **159**(5):1934-1941.
 26. Bachar, B.J., Manna, B. Coronary Artery Bypass Graft. 2021.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507836/> (letzter Zugriff 29.05.2023)
 27. Gaudino, M., Angiolillo, D. J., Di Franco, A., Capodanno, D., Bakaeen, F., Farkouh, M. E., Fremes, S. E., Holmes, D., Girardi, L. N., Nakamura, S., Head, S. J., Park, S. J., Mack, M., Serruys, P. W., Ruel, M., Stone, G. W., Tam, D. Y., Valletly, M., Taggart, D. P. Stroke after coronary artery bypass grafting and percutaneous coronary intervention: Incidence, pathogenesis, and outcomes. *Journal of the American Heart Association*. 2019; **8**(13), Article e013032.
 28. Mohr F.W., Morice M.C., Kappetein A.P., Feldman T.E., Stähle E., Colombo A., Mack M.J., Holmes D.R. Jr, Morel M.A., Van Dyck N., Houle V.M., Dawkins K.D., Serruys P.W. Coronary artery bypass graft surgery versus percutaneous coronary intervention in patients with three-vessel disease and left main coronary disease: 5-year follow-up of the randomised, clinical SYNTAX trial. *Lancet*. 2013;**381**(9867):629-38.
 29. Chua T.K.T., Gao F., Chia S.Y., Sin K.Y.K., Naik M.J., Tan T.E., Tham Y.C. Long-term mortality after isolated coronary artery bypass grafting and risk factors for mortality. *J Cardiothorac Surg*. 2024; **19**(1):429.
 30. Rittger H., Hochadel M., Behrens S., Hauptmann K.E., Zahn R., Mudra H., Brachmann J., Senges J., Zeymer U. Age-related differences in diagnosis, treatment and outcome of acute coronary syndromes: results from the German ALKK registry. *EuroIntervention*. 2012; **7**(10):1197-205.
 31. Avezum A., Makdisse M., Spencer F., Gore J.M., Fox K.A., Montalescot G., Eagle K.A., White K., Mehta R.H., Knobel E., Collet J.P.; GRACE Investigators. Impact of age on management and outcome of acute coronary syndrome: observations from the Global Registry of Acute Coronary Events (GRACE). *Am Heart J*. 2005; **149**(1), 67-73.
 32. Constantinides, S. S., Gieowarsingh, S., Halim, M., Been, M., & Shiu, M. F. Predictors of mortality in patients with acute coronary syndrome undergoing percutaneous coronary intervention. *Heart (British Cardiac Society)*, 2003; **89**(10), 1245–1246.

33. Lakatta E. G. Changes in cardiovascular function with aging. *European heart journal*. 1990; **11** Suppl C, 22-29.
34. Mortasawi, A., Arnrich, B., Walter, J., Frerichs, I., Rosendahl, U., & Ennker, J. (Impact of age on the results of coronary artery bypass grafting. *Asian cardiovascular & thoracic annals*. 2004; **12**(4), 324–329.
35. Denic, A., Glasscock, R. J., & Rule, A. D. Structural and Functional Changes with the Aging Kidney. *Advances in chronic kidney disease*. 2016; **23**(1), 19-28.
36. Markovitz, L. J., Wiechmann, R. J., Harris, N., Hayden, V., Cooper, J., Johnson, G., Harelstad, R., Calkins, L., Braithwaite, S. S. Description and evaluation of a glycemic management protocol for patients with diabetes undergoing heart surgery. *Endocrine practice: official journal of the American College of Endocrinology and the American Association of Clinical Endocrinologists*. 2002; **8**(1), 10-18.
37. Hillis L.D., Smith P.K., Anderson J.L., Bittl J.A., Bridges C.R., Byrne J.G., Cigarroa J.E., Disesa V.J., Hiratzka L.F., Hutter A.M. Jr, Jessen M.E., Keeley E.C., Lahey S.J., Lange R.A., London M.J., Mack M.J., Patel M.R., Puskas J.D., Sabik J.F., Selnes O., Shahian D.M., Trost J.C., Winniford M.D. 2011 ACCF/AHA Guideline for Coronary Artery Bypass Graft Surgery: executive summary: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation*. 2011; **124**(23):2610-42.
38. Swaminathan, R. V., Feldman, D. N., Pashun, R. A., Patil, R. K., Shah, T., Geleris, J. D., Wong, S. C., Girardi, L. N., Gaudino, M., Minutello, R. M., Singh, H. S., Bergman, G., & Kim, L. K. Gender Differences in In-Hospital Outcomes After Coronary Artery Bypass Grafting. *The American journal of cardiology*, 2016; **118**(3), 362–368.
39. Lehmkuhl, E., Kendel, F., Gelbrich, G., Dunkel, A., Oertelt-Prigione, S., Babitsch, B., Knosalla, C., Bairey-Merz, N., Hetzer, R., & Regitz-Zagrosek, V. Gender-specific predictors of early mortality after coronary artery bypass graft surgery. *Clinical research in cardiology: official journal of the German Cardiac Society*. 2012; **101**(9), 745–751.
40. Neuhauser H., Kuhnert R., Born S. 12-Monats-Prävalenz von Bluthochdruck in Deutschland. *Journal of Health Monitoring* 2017; **2**(1): 57-63
41. Aronson S., Boisvert D., Lapp W. Isolated systolic hypertension is associated with adverse outcomes from coronary artery bypass grafting surgery. *Anesth Analg*. 2002; **94**(5):1079-84
42. Lingman M., Herlitz J., Bergfeldt L., Karlsson T., Caidahl K., Hartford M. Acute coronary syndromes--the prognostic impact of hypertension, diabetes and its combination on long-term outcome. *Int J Cardiol*. 2009; **137**(1):29-36.
43. ElBardissi A.W., Aranki S.F., Sheng S., O'Brien S.M., Greenberg C.C., Gammie J.S. Trends in isolated coronary artery bypass grafting: an analysis of the Society of Thoracic Surgeons adult cardiac surgery database. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2012; **143**(2):273-81.

44. Dacey L.J., Likosky D.S., Leavitt B.J., Lahey S.J., Quinn R.D., Hernandez F. Jr, Quinton H.B., Desimone J.P., Ross C.S., O'Connor G.T.; Northern New England Cardiovascular Disease Study Group. Perioperative stroke and long-term survival after coronary bypass graft surgery. *Ann Thorac Surg.* 2005; **79**(2):532-6.
45. Bucerius J., Gummert J.F., Borger M.A., Walther T., Doll N., Onnasch J.F., Metz S., Falk V., Mohr F.W. Stroke after cardiac surgery: a risk factor analysis of 16,184 consecutive adult patients. *Ann Thorac Surg.* 2003; **75**(2):472-8.
46. Tang L., Chen H., Hu X.Q., Fang Z.F., Liao X.B., Zhou X.M., Yang H., Tu T., Zhu Z.W., Zhou S.H., Liu Z.J. Intensive Lipid-Lowering Therapy as per the Latest Dyslipidemia Management Guideline in Predicting Favorable Long-Term Clinical Outcomes in Patients Undergoing Coronary Artery Bypass Grafting: A Retrospective Cohort Study. *J Am Heart Assoc.* 2023; **12**(20):e029397.
47. Shah S.J., Waters D.D., Barter P., Kastelein J.J., Shepherd J., Wenger N.K., DeMicco D.A., Breazna A., LaRosa J.C. Intensive lipid-lowering with atorvastatin for secondary prevention in patients after coronary artery bypass surgery. *J Am Coll Cardiol.* 2008; **51**(20):1938-43.
48. Bonacchi M., Parise O., Matteucci F., Tetta C., Moula A.I., Micali L.R., Dokollari A., De Martino M., Sani G., Grasso A., Prifti E., Gelsomino S. Is Peripheral Artery Disease an Independent Predictor of Isolated Coronary Artery Bypass Outcome? *Heart Lung Circ.* 2020; **29**(10):1502-1510.
49. Schnabel R.B., Wilde S., Wild P.S., Munzel T., Blankenberg S.: Atrial fibrillation: its prevalence and risk factor profile in the German general population. *Dtsch Arztebl Int* 2012; **109**(16): 293–9.
50. Banach M., Goch A., Misztal M., Rysz J., Zaslonka J., Goch J.H., Jaszewski R. Relation between postoperative mortality and atrial fibrillation before surgical revascularization--3-year follow-up. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2008; **56**(1):20-3.
51. Natarajan, A., Samadian, S., & Clark, S. Coronary artery bypass surgery in elderly people. *Postgraduate medical journal*, 2007; **83**(977), 154-158.
52. Beller, J. P., Hawkins, R. B., Mehaffey, J. H., Lapar, D. J., Kron, I. L., Yarboro, L. T., Ailawadi, G., & Ghanta, R. K. Does Preoperative Troponin Level Impact Outcomes After Coronary Artery Bypass Grafting? *The Annals of thoracic surgery.* 2018; **106**(1), 46–51.
53. Bhatti, F., Grayson, A. D., Grotte, G., Fabri, B. M., Au, J., Jones, M., Bridgewater, B., & North West Quality Improvement Programme in Cardiac Interventions. The logistic EuroSCORE in cardiac surgery: how well does it predict operative risk? *Heart (British Cardiac Society).* 2006; **92**(12), 1817–1820.
54. O'boyle, F., Mediratta, N., Fabri, B., Pullan, M., Chalmers, J., Mcshane, J., Shaw, M., & Poullis, M. Long-term survival after coronary artery bypass surgery stratified by EuroSCORE.

- European journal of cardio-thoracic surgery: official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*, 2012; **42**(1), 101-107.
55. Zhang, G., Gao, Q., Chen, S., & Chen, Y. OPCAB experience in octogenarians: A comparison of perioperative events and long-term survival between patients aged 75 to 80 years and patients aged ≥ 80 years. *Journal of cardiac surgery*, 2019; **34**(10), 948–956.
 56. Anderson, A. J., Barros Neto, F. X., Costa, M., Dantas, L. D., Hueb, A. C., & Prata, M. F. Predictors of mortality in patients over 70 years-old undergoing CABG or valve surgery with cardiopulmonary bypass. *Revista brasileira de cirurgia cardiovascular: orgao oficial da Sociedade Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*. 2011; **26**(1), 69–75.
 57. Lemaire, A., Soto, C., Salgueiro, L., Ikegami, H., Russo, M. J., & Lee, L. Y. The impact of age on outcomes of coronary artery bypass grafting. *Journal of cardiothoracic surgery*. 2020; **15**(1), 158.
 58. Scott B.H., Seifert F.C., Grimson R., Glass P.S. Octogenarians undergoing coronary artery bypass graft surgery: resource utilization, postoperative mortality, and morbidity. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2005; **19**(5):583-8.
 59. Damluji A.A., Forman D.E., Wang T.Y. Management of Acute Coronary Syndrome in the Older Adult Population: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*. 2023; **147**(3):e32-e62.
 60. Dobaria V., Hadaya J., Sanaiha Y., Aguayo E., Sareh S., Benharash P. The Pragmatic Impact of Frailty on Outcomes of Coronary Artery Bypass Grafting. *Ann Thorac Surg*. 2021; **112**(1):108-115.
 61. Tran D.T.T., Tu J.V., Dupuis J.Y., Bader Eddeen A., Sun L.Y. Association of Frailty and Long-Term Survival in Patients Undergoing Coronary Artery Bypass Grafting. *J Am Heart Assoc*. 2018; **7**(15):e009882.
 62. van Straten, A. H., Soliman Hamad, M. A., van Zundert, A. A., Martens, E. J., Schönberger, J. P., ter Woorst, J. F., & de Wolf, A. M. Diabetes and survival after coronary artery bypass grafting: comparison with an age- and sex-matched population. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*, 2010; **37**(5), 1068–1074.
 63. Grothusen, C., Friedrich, C., Loehr, J., Meinert, J., Ohnewald, E., Ulbricht, U., Attmann, T., Haneya, A., Huenges, K., Freitag-Wolf, S., Schoettler, J., & Cremer, J. Outcome of Stable Patients With Acute Myocardial Infarction and Coronary Artery Bypass Surgery Within 48 Hours: A Single-Center, Retrospective Experience. *Journal of the American Heart Association*. 2017; **6**(10), e005498.
 64. Elsharkawy, H. A., Li, L., Esa, W. A., Sessler, D. I., & Bashour, C. A. Outcome in patients who require venoarterial extracorporeal membrane oxygenation support after cardiac surgery. *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia*. 2010; **24**(6), 946–951.

65. Cavender, J. B., Rogers, W. J., Fisher, L. D., Gersh, B. J., Coggin, C. J., & Myers, W. O. (1992). Effects of smoking on survival and morbidity in patients randomized to medical or surgical therapy in the Coronary Artery Surgery Study (CASS): 10-year follow-up. CASS Investigators. *Journal of the American College of Cardiology*, **20**(2), 287–294.

7. Anhang

7.1. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Präoperative Daten und Medikation der Patientengruppen

	Gesamt (n=1064)	Bis 65 Jahre (n=400)	66-79 Jahre (n=571)	≥80 Jahre (n=93)	p-Wert
Alter (Jahre)	67±11	56±7	73±4	84±2	0,333
Männliches Geschlecht (%)	78 (828)	86 (345)	73 (419)	69 (64)	<0,001
BMI (kg/m²)	28±5	28±5	28±5	27±4	0,147
Arterielle Hypertonie (%)	84 (890)	76 (305)	88 (504)	87 (81)	<0,001
Nikotinabusus (%)	41(440)	58 (231/400)	33 (190)	20 (19)	<0,001
Hyperlipidämie (%)	48 (507)	41 (164)	52 (297)	50 (46)	0,003
Diabetes mellitus (%)	32 (339)	27 (106)	35 (201)	34 (32)	0,045
Apoplex (%)	8 (86)	5 (21)	9 (52)	14 (13)	0,009
COPD (%)	11 (118)	11 (42)	12 (66)	11 (10)	0,865
pAVK (%)	14 (148)	9 (36)	16 (93)	20 (19)	0,001
Vorhofflimmern (%)	6 (63)	3 (11)	8 (46)	7 (6)	0,003
Dialyse (%)	1 (10)	1 (4)	1 (4)	2 (2)	0,400

Kreatinin (mg/dl)	1,1±0,8	1,1±0,9	1,1±0,6	1,4±1,0	0,024
GFR (ml/min/1,73 m²)	74±24	86±23	69±21	53±21	0,740
1-Gefäßerkrankung (%)	3 (33)	4 (17)	3 (16/571)	0,0 (0)	0,028
2-Gefäßerkrankung (%)	18 (193)	18 (72)	19 (112)	10 (9)	0,028
3-Gefäßerkrankung (%)	79 (838)	78 (311)	78 (443)	90 (84)	0,028
Hauptstammstenose (%)	47 (501)	41 (162)	48 (275)	69 (64)	<0,001
Instabile Angina pectoris (%)	20 (208)	19 (77)	21 (118)	14 (13)	0,005
NSTEMI (%)	50 (531)	45 (178)	52 (295)	62 (58)	0,005
STEMI (%)	30 (325)	36 (145)	28 (158)	24 (22)	0,005
Vorherige PCI (%)	33 (351)	35 (140)	33 (190)	23 (21)	0,070
Präoperative IABP (%)	5 (55)	8 (30)	4 (22)	3 (3)	0,028
LVEF (%)	51±16	51±17	51±16	49±14	0,513
Log. EuroSCORE (%)	15±15	9±9	18±16	29±18	0,465
Reanimation bis OP (%)	11 (121)	15 (60)	10 (54)	8 (7)	0,013
Myokardinfarkt > 90 Tage (%)	4 (37)	3 (10)	4 (20)	8 (7)	0,058
Präoperative CK-MB (U/L)	43±64	53±82	38±52	37±44	2,027
Präoperatives Troponin T (ng/ml)	0,9±1,8	1,0±2,0	0,8±1,7	0,9±1,8	0,062
Betablocker (%)	65 (694)	62 (246)	66 (379)	74 (69)	0,048

Statine (%)	64 (683)	62 (248)	65 (372)	68 (63)	0,455
Acetylsalicylsäure (%)	96 (1016)	94 (376)	96 (548)	99 (92)	0,086
Clopidogrel (%)	47 (496)	55 (218)	53 (301)	53 (49)	0,852
DAPT (%)	56 (597)	58 (230)	55 (314)	57 (53)	0,729

BMI: Body Mass Index, COPD: Chronisch obstruktive Lungenerkrankung, pAVK: Peripher arterielle Verschlusskrankheit, GFR: Glomeruläre Filtrationsrate, IAP: Instabile Angina pectoris, NSTEMI: Nicht-ST-Hebungsinfarkt, STEMI: ST-Hebungsinfarkt, PCI: Perkutane Koronarintervention, IABP: intraaortale Ballonpumpe, ECMO: Extrakorporale Membranoxygenierung, LVEF: Linksventrikuläre Ejektionsfraktion, logEuroScore: logistischer EuroScore, OP: Operation, CK-MB: Creatinkinase Muscle Brain Type, DAPT: Duale antithrombozytäre Therapie

Tabelle 2: Intraoperative Daten der Patientengruppen

	Gesamt (n=1064)	Bis 65 Jahre (n=400)	66-79 Jahre (n=571)	≥80 Jahre (n=93)	p-Wert
HLM-Dauer (min.)	88±38	89±34	87±41	93±42	1,230
AOX-Dauer (min.)	46±20	46±17	46±21	48±22	0,634
Operationsdauer (h)	3,2±1,1	3,3±1,1	3,1±1,0	3,3±0,9	0,032
Anzahl Bypässe	3,1±0,9	3,1±1,0	3,0±0,6	3,1±0,9	0,027
Anzahl arterielle Grafts	1,0±0,4	1,1±0,5	1,0±0,3	1,0±0,2	0,012
Anzahl venöse Grafts	1,6±0,7	1,5±0,8	1,6±0,7	1,7±0,6	0,022
OPCAB (%)	9 (93)	13 (50)	7 (41)	2 (2)	0,001
Kombinierte Herzklappen-OP (%)	3 (29)	2 (8)	3 (19)	2 (2)	0,429

HLM: Herz-Lungen-Maschine, AOX: Aortenklammzeit, OPCAB: Bypass-OP ohne Herz-Lungen-Maschine

Tabelle 3: Postoperative Daten der Patientengruppen

	Gesamt (n=1064)	Bis 65 Jahre (n=400)	65-79 Jahre (n=571)	≥80 Jahre (n=93)	p-Wert
Rethorakotomie (%)	8,8 (93)	7,8 (31)	9,3 (53)	10,1 (9)	0,642
Postoperative IABP (%)	19,0 (202)	21,0 (84)	17,3 (99)	20,4 (19)	0,335
Postoperative ECMO (%)	2,9 (31)	3,3 (13)	2,8 (16)	2,2 (2)	0,828
LCOS (%)	17,1 (182)	15,3 (61)	17,3 (99)	23,7 (22)	0,149
Katecholamin-Therapie >48 Std. (%)	22,6 (232)	19,5 (76)	23,3 (129)	32,5 (27)	0,030
Dialyse (%)	9,1 (96)	6,0 (24)	9,7 (55)	19,1 (17)	<0,001
Reanimation (%)	6,6 (70)	6,5 (26)	6,8 (39)	5,4 (5)	0,869
Perioperativer Myokardinfarkt (%)	17,8 (189)	17,5 (70)	17,4 (99)	21,5 (20)	0,618
>5 transfundierte EKs/48h (%)	25,5 (269)	19,9 (79)	27,5 (156)	38,2 (34)	<0,001
Apoplex (%)	2,9 (31)	2,3 (9)	3,5 (20)	2,2 (2)	0,469
Intubationszeit (min.)	63±132	57±129	64±133	76±134	0,097
Reintubation (%)	6,8 (72)	4,5 (18)	7,2 (41)	14,6 (13)	0,003
ITS-Aufenthalt (Tage)	6±7	5±6	6±7	8±8	0,205

Krankenhausaufenthalt (Tage)	12±13	11±6	13±17	14±8	0,413
Krankenhausmortalität (%)	8,8 (94)	4,8 (19)	9,8 (56)	20,4 (19)	<0,001
MACCE Rate (%)	22,3 (237)	20,0 (80)	22,4 (128)	31,2 (29)	0,065

OPCAB: Koronararterien Bypass-Operationen ohne Herz-Lungen-Maschine, IABP: intraaortale Ballonpumpe, ECMO: Extrakorporale Membranoxygenierung, EK: Erythrozytenkonzentrat, LCOS: Low cardiac output syndrome, MACCE: major adverse cardiocerebrovascular event, ITS: Intensivstation

Tabelle 4: Krankenhausmortalität

	OR	95%-KI	p-Wert
Reanimation vor der Operation	1,86	0,92-3,73	0,083
Katecholamine	4,22	2,27-7,85	<0,001
80 Jahre oder älter	2,59	1,32-5,10	0,006
pAVK	2,07	1,14-3,74	0,017
CKD-EPI Grad III-IV	1,73	1,02-2,93	0,043

pAVK: Peripher arterielle Verschlusskrankheit, CKD-EPI: Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration

Tabelle 5: MACCE

	OR	95%-KI	p-Wert
Reanimation	2,04	1,16-3,60	0,014
Katecholamine	5,85	3,57-9,57	<0,001
STEMI	1,46	0,99-2,17	0,058
pAVK	1,85	1,16-2,97	0,010
CKD-EPI Grad III-IV	1,69	1,15-2,47	0,007

STEMI: ST-Hebungsinfarkt, pAVK: Peripher arterielle Verschlusskrankheit, CKD-EPI: Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration