

Bachelorarbeit

Inzentiver Spirometer nach Koronararterien-Bypass- Operation

**Empirische Evidenz der Wirkung des Inzentiven
Spirometers auf die Lungenfunktion, die arteriellen
Blutgaswerte sowie die Atelektasenentwicklung bei
Patienten nach einer Koronararterien-Bypass-Operation**

PT09b_Martina Hörner, Landhofstrasse 5b, 8864 Reichenburg, S09171976

PT09b_Stefanie Schmid, Etzelstrasse 48a, 8712 Stäfa, S09171489

Departement:	Gesundheit
Institut:	Institut für Physiotherapie
Studienjahrgang:	2009
Eingereicht am:	15.05.2012
Betreuende Lehrperson:	Dr. rer. medic. A.J.R. van Gestel

Inhaltsverzeichnis

Abstract	3
1. Einleitung.....	4
1.1 Einführung und Begründung der Themenwahl.....	4
1.2 Fragestellung.....	6
1.3 Methodik.....	7
2. Theoretischer Hintergrund	10
2.1 Koronararterien-Bypass-Operation (CABG).....	10
2.1.1 Definition.....	10
2.1.2 Indikation	12
2.1.3 Operationsverfahren	13
2.1.4 Postoperative Nachbehandlung	16
2.1.5 Risiken, Komplikationen.....	16
2.1.6 Prognose	17
2.2 Inzentiver Spirometer (IS).....	18
2.2.1 Prinzip und Wirkungsweise.....	18
2.2.2 Modelle	18
2.2.3 Dosierung	20
2.2.4 Indikationen und Kontraindikationen	20
2.3 Lungenfunktionsprüfung	21
2.3.1 Lungenfunktions- und Blutgasanalyseparameter	22
2.3.2 Spirometrie	23
2.3.3 Blutgasanalyse	25
2.4 Röntgenverfahren.....	26
2.4.1 Allgemeine Grundlagen	26
2.4.2 Thoraxröntgen	27
3. Ergebnisse aus der Forschungsliteratur	30
3.1 Effekt des Inzentiven Spirometers auf die Lungenfunktion.....	30
3.1.1 Atemwegsobstruktion.....	30
3.1.2 Lungenkapazität	31
3.2 Effekt des Inzentiven Spirometers auf die Atelektasenentwicklung	33
3.3 Effekt des Inzentiven Spirometers auf die arteriellen Blutgaswerte	34
3.3.1 Sauerstoffpartialdruck (PaO ₂) / Kohlendioxidpartialdruck (PaCO ₂)	35
3.3.2 Sauerstoffsättigung (SpO ₂ / SaO ₂)	35

4. Diskussion	41
4.1 Effekt des Inzentiven Spirometers auf die Lungenfunktion.....	41
4.1.1 Atemwegsobstruktion.....	42
4.1.2 Lungenkapazität	43
4.2 Effekt des Inzentiven Spirometers auf die Atelektasenentwicklung	45
4.3 Effekt des Inzentiven Spirometers auf die arteriellen Blutgaswerte	46
4.3.1 Sauerstoffpartialdruck (PaO ₂) / Kohlendioxidpartialdruck (PaCO ₂).....	46
4.3.2 Sauerstoffsättigung (SpO ₂ / SaO ₂)	47
4.4 Vergleich zwischen Inzentivem Spirometer und CPAP / NIV-2P	48
4.5 Qualität und Heterogenität der verwendeten Studien.....	49
4.6 Theorie-Praxis-Transfer	50
5. Schlussfolgerung	52
6. Verzeichnisse	54
6.1 Literaturverzeichnis	54
6.2 Tabellenverzeichnis	59
6.3 Abbildungsverzeichnis	59
6.4 Abkürzungsverzeichnis.....	60
6.5 Glossar	63
7. Danksagung	65
8. Eigenständigkeitserklärung	66
9. Anhang	67
A1. Beurteilung der Studien.....	67
A2. Eigenschaften der Studien	68
10. Wortzahl	70

Abstract

Hintergrund: Der Inzentive Spirometer (IS) zählt bei Patienten nach Koronararterien-Bypass-Operation (CABG) zum Standard der postoperativen Atemphysiotherapie und wird primär zur Prävention pulmonaler Komplikationen eingesetzt. Aufgrund der kontroversen Diskussion bezüglich der Wirksamkeit dieser Therapie besteht das Interesse die Evidenzlage zu überprüfen.

Zielsetzung: Das Ziel ist es, die Wirkung des IS auf die Lungenfunktions- und arteriellen Blutgaswerte sowie auf die Entwicklung von Atelektasen in der postoperativen physiotherapeutischen Behandlung von Patienten nach CABG zu analysieren. Daraus wird eine evidenzbasierte Empfehlung für die Praxis formuliert.

Methode: Die Grundlage der vorliegenden Bachelorarbeit bilden fünf randomisierte kontrollierte Studien (RCT's) mit guter methodologischer Qualität, welche in Pubmed, PEDro und / oder Cochrane Library publiziert wurden.

Ergebnisse: Keine der fünf verwendeten Studien zeigte signifikante Verbesserungen der untersuchten Parameter, verglichen mit den Kontrollgruppen. Die signifikante Wirkung des IS auf die Lungenfunktions- und arteriellen Blutgaswerte sowie auf die Entwicklung von Atelektasen in der postoperativen physiotherapeutischen Behandlung von Patienten nach CABG konnte nicht nachgewiesen werden.

Schlussfolgerung: Die Verwendung des IS bei Patienten nach CABG kann aufgrund der fehlenden signifikanten Wirkung auf die Lungenfunktions- und arterielle Blutgaswerte, sowie auf die Entwicklung von Atelektasen evidenzbasiert nicht empfohlen werden. Weiterführende Forschung mit grösserer Stichprobe sowie einheitlichen Dosierungsangaben sind erforderlich.

Keywords: *incentive spirometry, physical therapy, pulmonary complications, cardiac surgery, thoracic surgery, coronary artery bypass*

1. Einleitung

1.1 Einführung und Begründung der Themenwahl

Arteriosklerotische Herz-Kreislaufkrankungen gehören schweizweit zu den häufigsten Todesursachen („Herzbypassoperation“, k.D.). Nebst Verringerung der Risikofaktoren mittels Rauchstop, Gewichtsreduktion oder Verzicht auf Alkohol (Müller-Nothmann & Weissenberger, 2008), existieren zur Behandlung von gravierenden arteriosklerotischen Veränderungen des Herzens operative Möglichkeiten. Sofern behandlungsbedürftige Stenosen nicht oder nur mit erhöhtem Risiko mittels perkutanem Verfahren wie Ballondilatation oder Stent-Einlage behoben werden können, wird eine Koronararterien-Bypass-Operation (CABG) in Betracht gezogen („Koronare Bypasschirurgie“, k.D.). Dadurch kann eine normale Herzmuskeldurchblutung wiederhergestellt werden („Herzbypassoperation“, k.D.). Weltweit werden jährlich schätzungsweise eine Million solcher Operationen durchgeführt („Koronare Bypasschirurgie“, k.D.), wobei die Prävalenz in der Schweiz bei knapp 4000 durchgeführten Eingriffen liegt („Bypass oder Katheter? Klärung im Dienst der Herzpatienten“, 2010).

Ein klinisch bedeutungsvolles Problem nach Herzoperationen, welches sich auf die Morbidität, Mortalität sowie Länge der Hospitalisationszeit und Gesundheitskosten auswirkt, sind pulmonale Komplikationen (Pasquina, Tramèr, Granier & Walder, 2006, zitiert nach Dias et al., 2011). Die Anzahl der Patienten, die aufgrund solcher Eingriffe Atelektasen oder Lungenfunktionsstörungen entwickeln, welche einen verminderten Gasaustausch zur Folge haben, ist hoch (Westerdahl et al., 2005). Das zugrunde liegende Problem ist dabei primär eine postoperativ reduzierte Ventilation der Lunge, infolge eines oberflächlichen, monotonen Atemmusters ohne gelegentliche Tiefenseufzer, vermehrt liegender Position und vorübergehender Funktionsstörung des Diaphragmas (Overend et al., 2001).

In der interdisziplinären Zusammenarbeit von Ärzteschaft, Pflege, Physiotherapie und Sozialdienst werden Patienten nach CABG bestmöglich versorgt. Die physiotherapeutische Betreuung spielt dabei eine essenzielle Rolle. Zur Prävention von pulmonalen Komplikationen werden nach dem Eingriff standardmässig

atemphysiotherapeutische Interventionen durchgeführt. Dabei wird laut Savci et al. (2006) primär ein grösseres Lungenvolumen sowie die Optimierung des Ventilations-Perfusions-Verhältnis angestrebt. Massnahmen wie frühzeitige Mobilisation, Lagewechsel, Atem- Huffing- und Husteninstruktionen oder Sekretolysetechniken wie Active Cycle of Breathing Techniques (ACBT) sind dabei üblich. Ausserdem finden technische Hilfsmittel wie die PEP-Maske oder CPAP-Geräte Anwendung. Zusätzlich zur manuellen Atemphysiotherapie kann der Inzentive Spirometer (IS) eingesetzt werden (Savci et al., 2006). Der IS ist ein Feedbackgerät, bei welchem die Inspiration über Flow- oder Volumenanzeige optisch dargestellt wird (Kirchner, 2005) und dient der Unterstützung der tiefen, gleichmässigen und maximalen Inspiration. In der Klinik ist der IS aufgrund seiner tiefen Kosten und der einfachen Handhabung weit verbreitet (Carvalho, Paisani & Lunardi, 2011). Er zählt laut Dias et al. (2011) zu den gebräuchlichsten postoperativen physiotherapeutischen Interventionen. Die Praxiserfahrung zeigt, dass sich dieses Hilfsmittel einer grossen Beliebtheit erfreut, die Evidenz bisher aber unzureichend berücksichtigt wurde.

In der aktuellen Forschungsliteratur divergieren die Ansichten bezüglich der Wirksamkeit des IS und anderen atemphysiotherapeutischen Interventionen zur Prävention von pulmonalen Komplikationen, weshalb diese Thematik kontrovers diskutiert wird (Restrepo, Wettstein, Wittnebel & Tracy, 2011). Aus diesem Grund soll mit der vorliegenden Bachelorarbeit die Evidenz geklärt werden, inwiefern der Gebrauch des IS bei Patienten nach CABG einen positiven Einfluss auf die Lungenfunktion, Atelektasenentwicklung sowie arteriellen Blutgaswerte hat. Die Hypothese basiert auf der Annahme, dass die postoperative Therapie mit dem IS bei Patienten nach CABG in signifikant verbesserten Lungenfunktionswerten, verminderter Atelektasenentwicklung sowie optimierten arteriellen Blutgasparametern resultiert.

1.2 Fragestellung

Aufgrund der hohen Relevanz von Seiten der physiotherapeutischen Praxis, der Klinik und der Forschungsliteratur, wird in der vorliegenden Bachelorarbeit folgender Frage nachgegangen:

„Führt die Anwendung des Inzentiven Spirometers in der postoperativen physiotherapeutischen Behandlung bei Patienten nach CABG zu einer signifikanten Verbesserung der Lungenfunktions- und arteriellen Blutgaswerte sowie der Entwicklung von Atelektasen?“

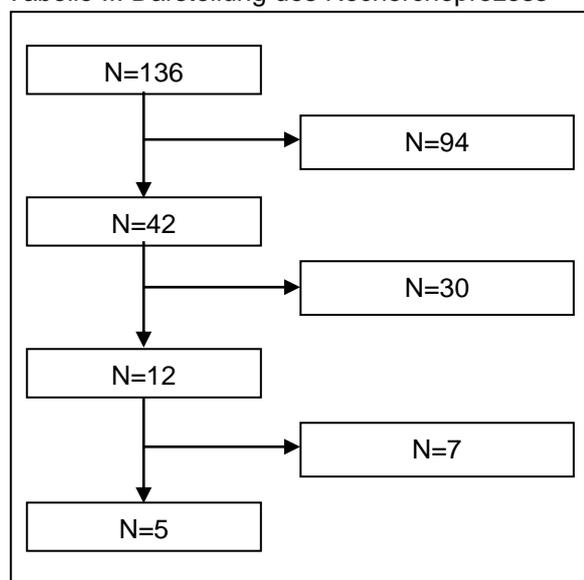
1.3 Methodik

Um eine evidenzbasierte Antwort auf die gewählte Fragestellung zu finden, wurde eine intensive Literaturrecherche in verschiedenen elektronischen Datenbanken durchgeführt: Als Hauptdatenbank wurde Pubmed verwendet, deren Resultate mit jenen von PEDro und Cochrane Library überprüft wurden. Für die Studiensuche fanden „incentive spirometry“, „physical therapy“, „pulmonary complications“, „cardiac surgery“, „thoracic surgery“ und „coronary artery bypass“ Verwendung. Die einzelnen Schlagwörter wurden mit dem Operator AND und OR in verschiedenen Zusammenstellungen miteinander verknüpft um die Resultate themenspezifisch einzugrenzen.

Tabelle I: Hauptkombinationen in Pubmed

Physical therapy AND coronary artery bypass AND pulmonary complications	N=39
Incentive spirometry AND coronary artery bypass	N=13
Physical therapy AND cardiac surgery AND incentive spirometry	N=20
Thoracic surgery OR cardiac surgery AND incentive spirometry	N=64
Total gefundener Studien	N=136

Tabelle II: Darstellung des Rechercheprozess



Die Suche wurde mit den in Tabelle I aufgeführten Schlagwortkombinationen begonnen, wodurch 136 Treffer hervorgingen. Im weiteren Vorgehen wurden Reviews, Doppelnennungen und Studien, welche durch Lesen des Titels keine wesentliche Verbindung zur Fragestellung zeigten (n=94) extrahiert (siehe Tabelle II). In einem nächsten Schritt wurden die verbliebenen 42 Abstracts durchgelesen und anhand der definierten Ein- und Ausschlusskriterien spezifiziert, um ein möglichst homogenes Setting generieren zu können.

Einschlusskriterien

- Probanden frisch nach CABG
- Erwachsene Probanden (>18 Jahren)
- Untersuchungen, bei welchen die Intervention IS mit mindestens einer Kontrollintervention verglichen wird
- Studien welche mindestens einen der definierten Parameter (siehe Fragestellung) untersuchen
- Follow-up in der Zeit vom ersten bis zum fünften postoperativen Tag (POD)

Ausschlusskriterien

- Patienten, die nur präoperativ mit dem IS trainierten
- Präoperative Atelektasenbildung

Die Abstracts von 12 Studien zeigten eine hohe Relevanz zur gewählten Thematik, worauf die Studien gesamthaft gelesen und anhand der PEDro Kriterien beurteilt wurden. Schlussendlich erfüllten fünf randomisierte kontrollierte Studien (RCT's) die definierten Kriterien. Tabelle IV zeigt eine Übersicht der fünf Hauptstudien, welche die Grundlage für die vorliegende Bachelorarbeit bilden. Diese fünf Studien verwendeten verschiedene Gruppendesigns, welche in Tabelle III dargestellt sind.

Tabelle III: Übersicht der verwendeten Gruppendesigns

KPT + IS vs. KPT	1x
KPT + IS vs. KPT + API	3x
KPT + IS vs. KPT + API vs. KPT	1x

API = Alternative Physiotherapeutische Intervention; IS = Inzentiver Spirometer; KPT = Konventionelle Physiotherapeutische Techniken

Die übrigen sieben Studien wurden aufgrund nicht relevanter Variablen in Bezug zur Fragestellung, ungenügender methodologischer Qualität oder ungeeignetem Gruppendesign nicht berücksichtigt.

Tabelle IV: Übersicht der fünf Hauptstudien mit inkludierten Parametern

Autoren	Titel/ (Jahr)	Untersuchte Aspekte					
		Lungenfunktion			Atelektasen	Blutgaswerte	
		FEV ₁	FVC	VC		PaO ₂ PaCO ₂	SaO ₂ SpO ₂
Oikkonen, M., Karjalainen, K., Kähärä, V., Kuosa, R., Schavikin, L.	Comparison of incentive spirometry and intermittent positive pressure breathing after coronary artery bypass graft (1991)			✓	✓	✓	
Crowe, J.M., Bradley, C.A.	The effectiveness of incentive spirometry with physical therapy for high- risk patients after coronary artery bypass surgery (1997)	✓	✓		✓		
Matte, P., Jacquet, L., Van Dyck, M., Goenen, M.	Effects of conventional physiotherapy, continuous positive airway pressure and non-invasive ventilatory support with bilevel positive airway pressure after coronary artery bypass grafting (2000)	✓		✓	✓	✓	
Savci, S., Sakinç, S., Ince, D.I., Arikan, H., Can, Z., Buran, Y., Kuralay, E.	Active cycle of breathing techniques and incentive spirometer in coronary artery bypass graft surgery (2006)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Dias, C.M., Vieira, Rde. O., Oliveira, J.F., Lopes, A.J., de Menezes, S.L.S, Guimarães, F.S.	Three physiotherapy protocols : effects on pulmonary volumes after cardiac surgery (2011)		✓				✓

FEV₁ = Forcierte Einsekundenkapazität; FVC = Forcierte Vitalkapazität; PaO₂ = Sauerstoffpartialdruck; PaCO₂ = Kohlendioxidpartialdruck; SaO₂ = Arterielle Sauerstoffsättigung; SpO₂ = partielle arterielle Sauerstoffsättigung; VC = Vitalkapazität

2. Theoretischer Hintergrund

2.1 Koronararterien-Bypass-Operation (CABG)

Laut dem Bundesamt für Statistik (2008, zitiert nach Schoenenberger & Erne, 2009) starben im Jahr 2006 schweizweit 9172 Personen an einem akuten Myokardinfarkt oder einer anderen ischämischen Herzkrankheit, was in diesem Zeitraum 15% aller Todesfälle in der Bevölkerung entsprach. Diese Folgen der koronaren Herzkrankheit (KHK) betreffend Morbidität und Mortalität lassen demnach die Bedeutsamkeit dieser Krankheit erkennen (Schoenenberger et al., 2009). „Bei der KHK liegt ein Missverhältnis zwischen der Versorgung mit und dem Verbrauch von Sauerstoff und Metaboliten in der Koronarzirkulation vor. Am häufigsten liegt der KHK eine atherosklerotische Genese zugrunde.“ (Steffel & Lüscher, 2011, S. 47) Stenosierte Blutgefässe verursachen eine ungenügende Herzmuskeldurchblutung, welche je nach Ausprägung schwerwiegende Funktionsbeeinträchtigungen des Myokards zur Folge hat und wie oben erwähnt tödlich enden kann. Um einer Ischämie und somit verminderten Funktion des Myokards entgegenzuwirken, kann diese Schwachstelle operativ mit einer Revaskularisation anhand eines Stents oder Bypasses versorgt werden.

2.1.1 Definition

Ein Bypass ist eine „[...] operativ angelegte, vorübergehende oder permanente Umgehung von Gefässen oder Darmabschnitten.“ (Reuter, 2004, S.318) Zur Überbrückung von Verengungen oder Okklusionen des Koronararteriensystems wird anhand Venen- oder Arteriengrafts (Thieme, 2009) eine Verbindung zwischen der Aorta und dem poststenotischem Bereich der Koronararterien hergestellt (Larsen, 2012), was als Aortokoronarer Bypass bezeichnet wird. Laut Reuter (2004) definiert sich dieser über die optionale Verwendung von Vena (V.) saphena magna, Arteria (A.) thoracica interna, A. gastroepiploica oder A. radialis als Bypassgraft. Steffel et al. (2011) zählen Bypässe mit der A. thoracica interna (= A. mammaria interna = IMA) als Graft jedoch nicht zu den aortokoronaren Bypässen. Im Gegensatz zu den anderen Grafts wird sie nur von der Thoraxwand freipräpariert und demnach nicht komplett entfernt. (Übersicht des Koronararteriensystems, siehe Abbildung 1)

„Das Blut fließt somit zunächst physiologisch via Aorta und A. subclavia in die A. mammaria, über welche dann die distal der Stenose liegenden Myokardareale versorgt werden. Formal handelt es sich hierbei also nicht um einen *aorto*-koronaren Bypass, obwohl der Begriff der Einfachheit halber im klinischen Alltag auch für diese Bypässe verwendet wird [...].“ (Steffel et al., 2011, S.50-51)

Andere Autoren unterscheiden des Weiteren zwischen dem Einsatz von Venen oder Arterien (Thieme, 2009; Gebert & Thomas, 1996). Ein Bypass unter Verwendung von Venengrafts wie beispielsweise der V. saphena magna wird Aortokoronarer Venenbypass (ACVB) genannt (Striebel, 2010), während ein Einsatz der IMA als Mammaria-interna-Bypass (IMA-Bypass) bezeichnet wird (Steffel et al., 2011). Im Englischen wird diese Operation mit CABG betitelt, was übersetzt Koronararterien-Bypass-Operation bedeutet. Im Folgenden wird „Koronararterien-Bypass-Operation (CABG)“ als Überbegriff aller Bypässe am Koronararteriensystem, sowie „ACVB“ für Bypässe bei Verwendung von Venen und „IMA-Bypass“ bei der IMA als Graft, eingesetzt. Abbildung 2 dient dabei der Übersicht über die verschiedenen Bypassarten.

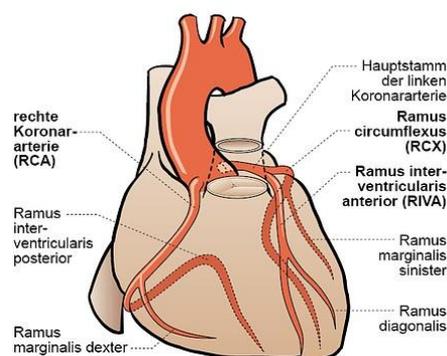


Abbildung 1: Koronararteriensystem

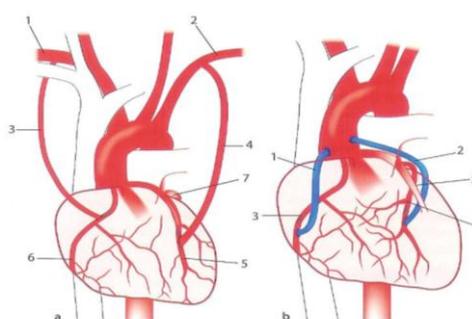


Abbildung 2: Möglichkeiten der Bypassversorgung.

a 1: A. subclavia rechts, 2: A. subclavia links, 3: RIMA Bypass zur RCA, 4: LIMA Bypass zum RIVA, 5: RIVA, 6: RCA, 7: RCX

b 1: Venenbypass zur RCA, 2: Venenbypass zur RCX, 3: hochgradige Stenose der RCA, 4: RCX, 5: RIVA

2.1.2 Indikation

„Eine aortokoronare Bypassoperation wird erwogen bei Angina pectoris, instabiler Angina, Herzinsuffizienz infolge Ischämie, Myokardinfarkt, Zustand nach plötzlichem Herztod und bei stummer Myokardischämie.“ (Kaltenbach & Reifart, 2000, S. 162). Der Entscheid zur operativen Revaskularisation sollte dann in Betracht gezogen werden, wenn der arteriosklerotische Prozess soweit fortgeschritten ist, dass ein Verschluss einer Arterie vorherrscht, oder die Stenose ein solches Ausmass angenommen hat, dass eine perkutane transluminale koronar-Angioplastie (PTCA) nicht mehr möglich ist (Hillegass & Sadowsky, 2001). Zur Evaluation der geeigneten Therapiemassnahme müssen laut Lange (2006) folgende Kriterien beachtet werden:

- Die Ansprechbarkeit auf medikamentöse Therapien
- Der Schweregrad der Symptomatik
- Das Vorliegen extrakardialer Erkrankungen
- Die Herzfunktion
- Das Verteilungsmuster der Koronarstenosen

Grundsätzlich spricht man je nach Manifestation von einer koronaren Ein-, Zwei-, oder Dreifässerkrankung (Lange, 2006). Laut Thieme (2009) und Striebel (2010) werden Bypässe besonders bei Patienten angelegt, bei welchen alle drei Gefässe (Ramus (R.) interventricularis anterior, R. circumflexus der linken und rechten Koronararterie) betroffen sind.

Verschiedene vergleichende Studien belegten, dass primär Patienten mit schwer symptomatischen 3-Gefässerkrankungen oder hochgradigen Hauptstammstenosen nach chirurgischen Eingriffen eine signifikant erhöhte Überlebenschance zeigten. Gleichzeitig konnte die Rate tödlich verlaufender Infarkte markant reduziert werden (Read, Murphy & Hultgreen, 1978; European Coronary Surgery Study Group, 1982; CASS Principal Investigators et al., 1988; Varnauskas, 1985; Kaiser, 1986, zitiert nach Roskamm, Neumann, Kalusche & Bestehorn, 2004). Eine klinisch relevante Koronarstenose ist gegeben, sobald der Hauptstamm der linken Koronararterie über 50% stenosierte ist, oder im Falle einer deutlichen Verengung (>75%) des R.

interventricularis anterior, des R.circumflexus oder der rechten Koronararterie (Striebel, 2010).

Grundsätzlich muss aber bei jedem Patienten individuell über ein primär interventionelles oder operatives Vorgehen entschieden werden (Erdmann, 2011). Zu erwähnen ist zudem, dass die aufgeführten Indikationskriterien keinen Anspruch auf Vollständigkeit haben. Die Hauptziele der Koronarchirurgie umfassen somit das Beheben der Mangel durchblutung des Herzmuskels, sowie die Beseitigung der Angina-pectoris-Beschwerden und Optimierung der Prognose bzw. Lebenserwartung (Geidel & Ostermeyer, 2011).

2.1.3 Operationsverfahren

Für die Durchführung einer koronaren Revaskularisation stehen verschiedene Verfahren zur Auswahl. „Die „klassische“ operative Revaskularisation erfolgt nach medianer Sternotomie am kardioplegisch stillgelegten Herzen.“ (Lange, 2006, S.368) Um den Blutkreislauf aufrechtzuerhalten und die Oxygenierung des Blutes sicherzustellen, wird anhand einer Herz-Lungen-Maschine eine extrakorporale Zirkulation erzeugt (Hafermalz, 2008). Alternativ stehen minimal-invasive Techniken zur Verfügung, welche laut Ziemer und Haverich (2010) in folgende Methoden aufgeteilt werden: Operationen ohne Verwendung einer Herz-Lungen-Maschine mit kompletter medianer oder partieller Sternotomie, bezeichnet man als „off-pump coronary artery bypass“ (OPCAB). Beim „minimally invasive direct coronary artery bypass“ (MIDCAB), wird ebenfalls ohne Herz-Lungen-Maschine gearbeitet, jedoch wird eine linksseitige, thorakolaterale Minithorakotomie vorgenommen, mit direkter Sicht auf das Myokard. Bei einem innovativen, aber noch als experimentell zu betrachtenden Verfahren wird eine komplett endoskopische und computerassistierte Revaskularisation durchgeführt, der sogenannte „totally endoscopic coronary bypass“ (TECAB). Es existieren auch noch andere Zugangsmöglichkeiten, diese werden jedoch aufgrund des fehlenden Bezuges zu den Studien nicht weiter ausgeführt.

Bei allen durchgeführten CABG in den fünf Hauptstudien, wurde die „klassische“ Technik verwendet und dabei ACVB unter Verwendung der V. saphena magna, oder

IMA-Bypässe durchgeführt. Daher wird im Folgenden auf das Prozedere dieser Methoden eingegangen. Initial wird bei beiden Vorgehensweisen eine Sternotomie durchgeführt. Anhand mechanischer Stabilisatoren wird das Anastomosengebiet am schlagenden Herzen so ruhig wie möglich gehalten (Roskamm et al., 2004). „Ist der kardiopulmonale Bypass [=Herz-Lungen-Maschine] etabliert, wird das Herz mittels kalter kardioplegischer Lösung perfundiert, bis eine Asystolie eintritt.“ (Steffel et al., 2011, S.51) Anschliessend kann die Operation am still stehenden Herzen erfolgen (Steffel et al., 2011). Das Ziel dieses Eingriffs ist die Versorgung aller Gefässe, die eine proximale Verengung und einen Durchmesser von $> 1\text{mm}$ aufweisen (= komplette Revaskularisierung) (Geidel et al., 2011).

Aortokoronarer Venenbypass (ACVB)

Beim ACVB wird als überbrückendes Gefäss ein Teilstück der V. saphena magna entnommen, welches im späteren Verlauf zwischen der Aorta und dem poststenotischen Koronarabschnitt eingesetzt wird (Gebert et al., 1996). Mit Hilfe speziell entwickelter Instrumenten kann heutzutage subkutan, über mehrere kleine Inzisionen, eine minimal traumatische Entnahme realisiert werden (Roskamm et al., 2004). Üblicherweise ist eine Überbrückung mehrerer Stenosen notwendig, wobei entweder ein Einzeltransplantat (single graft), oder ein zweifacher Anschluss eines y-förmigen Transplantats (jump graft) verwendet wird (Piper, 2007). Eine weitere Möglichkeit bietet die sequenzielle Technik (sequential graft). Dabei werden drei bis höchstens vier verengte Koronararterienabschnitte mit der entnommene Vene verbunden, was in einer Ersparnis von Venenmaterial, Vergrösserung des Abstromgebietes sowie in einer kürzeren Operationsdauer resultiert (Wagner, 1991). Bei Unterschreitung des Lumendurchmessers von einem Millimeter ist jedoch ein Anschluss an das Venensegment nicht mehr möglich, was wiederum ein limitierender Faktor dieser Technik darstellt. Nachdem die Anostomosierung beendet ist, wird das Venenmaterial proximal mit der Aorta ascendens verbunden (Siewert, 2001).

Mammaria-interna-Bypass (IMA-Bypass)

Als Graft für den IMA-Bypass dient die rechte oder linke IMA (RIMA/LIMA). Sie wird in ihrer ganzen Länge von der Thoraxhinterwand freipräpariert, distal

durchgeschnitten und mit dem zu revaskularisierenden Kranzgefäss verbunden (Roskamm et al., 2004). Die RIMA wird dabei mit der rechten Koronararterie (RCA) verbunden, die LIMA mehrheitlich mit dem R. interventricularis anterior (RIVA) oder mit dem linken R. circumflexus (Piper, 2007). Bei Einsatz der RIMA/LIMA ist eine proximale Anastomosierung nicht mehr nötig, da die Verbindung zur A. subclavia und somit zur Aorta erhalten bleibt.

Nach der Operation erfolgt zunächst eine Erwärmung des Herzens während die Kardioplegielösung ausgewaschen wird (Steffel et al., 2011). Anschliessend wird der Support des kardiopulmonalen Bypasses allmählich reduziert, bis das Herz wieder selbständig die Fähigkeit erlangt, einen angemessenen Blutdruck sowie das Herzzeitvolumen aufrecht zu erhalten.

Graft-Material: Arteria Mammaria vs. Vena saphena magna

Bezüglich der optionalen Verwendung von Arterien oder Venen als Graft für eine CABG, existieren in der aktuellen Fachliteratur sowie in der Praxis diverse Empfehlungen. „Arteriellles Bypassmaterial hat offensichtlich bessere Langzeit-Funktionseigenschaften als Venenmaterial, weshalb gerade bei jungen Patienten mit geringer Komorbidität eine Revaskularisation mit Arterien angestrebt werden sollte, dies u.U. dann sogar als komplette arterielle Revaskularisation mit Verwendung von LIMA, RIMA und A. radialis.“ (Geidel et al., 2011, S.32) Thieme (2009) bestätigt, dass Arterien bevorzugt werden, da sie im Langzeitvergleich eine bedeutend geringere Anfälligkeit für Arteriosklerosenbildung aufweisen. Des Weiteren ist ihr Durchmesser positiv zu bewerten, weil er dem der Koronararterien im Gegensatz zur V. saphena magna mehr entspricht (Meyer et al., 2006). Die geringe Entwicklung einer Intimahyperplasie und die damit einhergehende verlängerte Offenheitsrate, sprechen ebenfalls für den Einsatz der IMA als Graft. Zudem ist die Bildung von Atheromen auch bei älteren Personen selten der Fall. Des Weiteren spricht Kaltenbach et al. (2000) der Verwendung der IMA ein deutlich optimiertes Langzeitergebnis bezüglich der Überlebensrate zu.

Im Gegensatz dazu liegt der Vorteil der V. saphena magna u.A. in der leichten Zugänglichkeit sowie der genügenden Länge, um alle Koronarienäste zu erreichen

(Larsen, 2012). Ausserdem wird die Operationsdauer beim IMA-Bypass durch die aufwändige Mobilisierung der Arterie merklich erhöht und der Pleuraraum muss oftmals eröffnet werden (Meyer et al., 2006). Deshalb ist die Wahl der IMA als Graft in Notfallsituationen häufig nicht geeignet. Des Weiteren beobachteten Savci et al. (2006), dass der Einsatz von IMA-Grafts mitunter ein Grund für pulmonal restriktive Dysfunktionen nach CABG ist. Dies könnte an der langen Dauer der Operation, oder an der Eröffnung der Pleura liegen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Einsatz der IMA bezüglich Offenheits- und Mortalitätsraten im Langzeitverlauf gegenüber dem venösen Bypassmaterial markante Vorteile hervorbringt (Barner, Standeven & Reese, 1985; Loop et al., 1986, zitiert nach Hafermalz, 2008). Es scheint also, dass trotz der grösseren Anfälligkeit für pulmonale Komplikationen die positiven Aspekte überwiegen. Somit ist man heutzutage laut Hafermalz (2008) bestrebt, dass bei jeweiliger Indikation nur mit arteriellem Graft gearbeitet wird.

2.1.4 Postoperative Nachbehandlung

Eine gezielte Nachbehandlung seitens Ärzteschaft, Pflege, Physiotherapie und Sozialdienst ist in der frühen postoperativen Phase unerlässlich. Die physiotherapeutischen Massnahmen umfassen u. A. eine frühzeitige Mobilisation zur Verbeugung von thromboembolischen Komplikationen und Atemtherapie zur Optimierung der pulmonalen Funktion sowie zur Atelektasen- und Pneumonieprophylaxe.

2.1.5 Risiken, Komplikationen

„Erfolg und Risiko einer koronaren Bypassoperation sind in hohem Mass von der Fallselektion und der Erfahrung des Operationsteams abhängig. Das Operationsrisiko steigt mit dem Grad der ventrikulären Dysfunktion, der Anzahl von Begleiterkrankungen, dem Lebensalter und der chirurgischen Unerfahrenheit.“ (Erdmann, 2011, S.43) Laut Roskamm et al. (2004) ist der perioperative Myokardinfarkt die bedeutungsvollste Komplikation. Mit 10-30% sind Rhythmusstörungen laut Erdmann (2011) jedoch die häufigsten negativen

Folgeerscheinungen, vor neurologischen Auswirkungen (4-6%). Der perioperative Myokardinfarkt kommt hingegen wie das Dressler-Syndrom nur in 2-5% der Fälle vor. Weitere nennenswerte Komplikationen sind auch Wundheilungsstörungen bzw. Sternumdehiszenz (0.5-4%). Ausserdem ist postoperativ ein Verschluss des Bypasses möglich, welcher entweder durch Thromben oder eine langsam ablaufende Intimaproliferation in den Venengrafts bedingt ist (Striebel, 2010). Die IMA ist von solchen Komplikationen zwar weniger betroffen, kann jedoch perioperativ Gefässspasmen aufweisen, welchen allerdings prophylaktisch mit Medikamenten entgegengewirkt werden kann.

2.1.6 Prognose

„Durch die operative Myokardrevaskularisation kann bei den meisten Patienten eine deutliche Symptomverbesserung erzielt werden. Eine Beseitigung oder erhebliche Besserung der Angina-pectoris-Symptomatik lässt sich bei 90% der Patienten innerhalb der ersten 5 Jahre und bei 50% innerhalb der ersten 10 Jahre nach kompletter Revaskularisierung erreichen.“
(Erdmann, 2011, S.43)

Des Weiteren darf mit einer Optimierung der körperlichen Leistungsfähigkeit, Lebensqualität und Reduktion des Medikamentenbedarfs gerechnet werden (Erdmann, 2011). Die Offenheit der Bypass-Grafts ist dabei ein Faktor, welcher die Dauer des Erfolgs massgeblich beeinflusst. Laut Piper (2007) sind 80% der IMA-Grafts und 40-50% der V. saphena-Grafts nach 8-10 Jahren noch durchgängig. Der prognostische Nutzen steht ausserdem in einem bedeutenden Zusammenhang mit dem Ausmass der durch die Stenosen hervorgerufenen Myokardischämie bzw. dem Ort der Verengung (Steffel et al., 2011). Ungefähr fünf Prozent der Patienten innerhalb von drei Jahren und sechs bis acht innerhalb von zehn Jahren müssen sich einer erneuten Revaskularisation mittels Bypassoperation oder PTCA unterziehen (Hannan et al., 2005, zitiert nach Erdmann, 2011). Wichtig zu erwähnen ist ausserdem, dass eine Bypassoperation grundsätzlich eine palliative Massnahme darstellt, da die zugrunde liegende Krankheit, die Arteriosklerose, nicht beeinflusst werden kann (Geidel et al., 2011). Somit muss mit einer Progression des Ablagerungsprozesses gerechnet werden.

2.2 Inzentiver Spirometer (IS)

Inzentive Spirometrie, Atemtrainer, Lungentrainer sowie SMI-Gerät werden in der aktuellen Fachliteratur als Synonyme zu IS verwendet.

2.2.1 Prinzip und Wirkungsweise

Die Inzentive, d.h. „anreizende“ Spirometrie (engl. incentive spirometry) imitiert die periodische Seufzer- oder Tiefenatmung frisch extubierter Patienten, welche diese automatisch nicht durchführen können und wird zur Prävention von Atelektasen oder Pneumonie eingesetzt (Larsen & Ziegenfuss, 2004). Wilpsbäumer und Ullrich (2005) fügen an, dass Alveolen, die für die Rekrutierung eine längere Belüftungszeit benötigen, dadurch wieder eröffnet werden können. Der IS verbessert mit diesem Prinzip die Lungenventilation, beugt Belüftungsstörungen vor und steigert die Inspirationskapazität. Oczenski (2008) fügt den klinischen Effekten des IS eine verbesserte Oxygenierung und gesteigerte Husteneffektivität hinzu. Die Atemtherapie mittels IS beruht auf einer aktiven, langsamen und maximalen Inspiration, wodurch bei einer Gesamtdauer von fünf bis sieben Sekunden die Inspirationsmuskulatur optimal trainiert wird (Oczenski, 2008). In der Literatur wird dieses aufrechterhaltene maximale Inspirations-Manöver deshalb auch als SMI (Sustained Maximal Inspiration) definiert (Oczenski, 2008; Wilpsbäumer et al., 2005). Im Anschluss an die maximale Inspiration soll der Patient mit der Vorstellung weiter einzuatmen eine postinspiratorische Pause (PIP) durchführen, wodurch die Stimmritze offen gehalten wird (Oczenski, 2008). Dieses verlängerte Inspirationsmanöver erhöht den negativen intrathorakalen Druck und resultiert in einer homogenen Ventilation der Alveolen (Oczenski, 2008) sowie Optimierung des Gasaustausches (Withmann, 2004). Der Effekt des IS hängt nach den Guidelines der American Association for Respiratory Care (AARC) (Restrepo et al., 2011) von der Auswahl der Patienten, sorgfältiger Instruktion und regelmässiger Überprüfung durch das Personal ab.

2.2.2 Modelle

Für die Inzentive Spirometrie werden volumen- oder floworientierte Gerätetypen unterschieden. Über die visuelle Rückmeldung erhalten die Patienten ein Feedback über Atemzugvolumen oder Fliessgeschwindigkeit, was laut Wirthmann (2004) zur

Motivationssteigerung beiträgt und Übungserfolg direkt kontrolliert werden kann (Wilpsbäumer et al., 2005).

Volumenorientierte Geräte

Bei den volumenorientierten Atemtrainern (z.B. Coach, Voldyne) steht das Inspirationsvolumen im Fokus, welches auf einer Skala abgelesen werden kann (Becker, 2007). Ein im Gerät befindlicher Kolben steigt während dem Einatmen proportional zum erreichten Atemzugvolumen an. Weindler und Kiefer (2001) zeigen auf, dass volumenorientierte Geräte verglichen mit floworientierten Atemtrainern geringere Atemarbeit des Verwenders verlangen und gleichzeitig ein besseres Inspirationsvolumen erreicht wird.

Floworientierte Geräte

Floworientierte Modelle des IS (z.B. Triflo und Inspirex) stellen die Fliessgeschwindigkeit (Flow) der Inspiration dar (Oczenski, 2008), während das erreichte Volumen nicht angezeigt wird (Wirthmann, 2004). Um das Atemzugvolumen gleichmässig zu verteilen, wird der Patient wie bei den volumenorientierten Geräten instruiert, tief und gleichmässig Einzuatmen, um eine möglichst lange Inspiration zu gewährleisten (Larsen et al. 2004). Als visuelles Feedback dienen je nach Modell ein bis drei Bälle, die durch die Inspiration angehoben werden (Becker, 2007). (siehe Abbildung 3)

Wilpsbäumer et al. (2005) empfehlen ein kombiniertes Gerät, da der Patient Information über sein maximales Atemzugvolumen bekommt und zeitgleich die Fliessgeschwindigkeit kontrollieren kann. (siehe Abbildung 4)



Abbildung 3:
Triflo II: Flow-orientierter Inzentiver
Spirometer



Abbildung 4:
Voldyne 5000: Kombiniertes Inzentiver
Spirometer

2.2.3 Dosierung

Eine definierte Dosierungsangabe bezüglich Anwendung des IS existiert nicht. Larsen et al. (2004) beschreiben, dass durch die gleichmässige maximale Inspiration die funktionelle Residualkapazität (FRC) zunimmt. Da dieser Effekt jedoch lediglich 60 Minuten anhält, muss dieses Manöver entsprechend oft wiederholt werden (Larsen et al., 2004; Wirthmann, 2004). Laut der AARC-Guideline (Restrepo et al., 2011) variieren die Empfehlungen von zehn Inspirationen jede ein bis zwei Stunden, über fünf Mal zehn Atemzüge täglich, bis 15 Einatemmanöver alle vier Stunden. Zusätzlich wird angemerkt, dass der Patient nach sorgfältiger Instruktion und dessen Überprüfung selbständig trainieren soll. Die regelmässige Supervision des Eigentrainings ist allerdings wichtig (Larsen et al., 2004), da bei falscher Handhabung das Risiko einer Hyperventilation besteht (Wilpsbäumer et al., 2005).

2.2.4 Indikationen und Kontraindikationen

Die Therapie mittels IS zählt zu den am weitesten verbreiteten Techniken zur Prophylaxe und Behandlung von postoperativen pulmonalen Komplikationen (Jenkins & Soutar, 1986; O'Donohue, 1985; Overend, Anderson, Lucy, Bhatia, Johnsson & Timmermans, 2001; Wattie, 1998, zitiert nach Freitas, Soares, Cardoso & Atallah, 2009). Sie wird bevorzugt in der Betreuung von Patienten mit eingeschränkter Mobilität (Reid & Chung, 2004) und instabilem pulmonalen Status nach operativen Eingriffen, primär an Thorax und Abdomen, angewendet (Wilpsbäumer et al., 2005). Postoperative Schmerzen im Operationsgebiet limitieren

den Patienten an der maximalen Inspiration, wodurch Atelektasen entstehen, welche durch die Therapie mittels IS wieder rekrutiert werden können (Göhring, 2009). Dabei besteht allerdings das Risiko, dass die Anwendung des IS die bestehenden Schmerzen verstärkt (Wilpsbäumer et al., 2005), weshalb eine umfassende Analgesie gewährleistet sein muss. Beginnende Belüftungsstörungen, neuromuskuläre Störungen oder eine verminderte Vitalkapazität der Lunge zählen zu den weiteren Indikationen für die Anwendung des Atemtrainers (Wilpsbäumer et al., 2005).

Bei Patienten, welche keine gute Compliance zeigen oder an einer klinisch relevanten Dyspnoe leiden, ist die Anwendung des IS kontraindiziert (Wilpsbäumer et al., 2005). Wirthmann (2004) und Becker (2007) fügen COPD, ausgeprägte Schwäche der Inspirationsmuskulatur, Hypersekretion und Pneumonie den Kontraindikationen hinzu.

2.3 Lungenfunktionsprüfung

Die Lungenfunktion setzt sich aus den Einzelfunktionen Ventilation, Perfusion, Diffusion und Atemmuskelfunktion mit ihrer zentralen Steuerung zusammen, wobei diese Teilfunktionen in sich selbst oder kombiniert Störungen aufweisen können (Bösch & Criée, 2007). Die Lungenfunktionsdiagnostik beinhaltet verschiedene Untersuchungen, welche zur Beurteilung der globalen Lungenfunktion oder deren Einzelfunktionen eingesetzt werden. Dazu gehören:

- Spirometrie
- Ganzkörperplethysmographie (Bodyplethysmographie)
- Bronchospasmolyse-/Provokationstestung
- Diffusionstest
- Mundverschlussdruckmessung
- Blutgasanalyse

In den folgenden Abschnitten wird etwas detaillierter auf die Spirometrie und die Blutgasanalyse eingegangen, da diese in den fünf Hauptstudien als Messinstrument eingesetzt wurden und somit für die vorliegende Bachelorthesis von besonderer Relevanz sind.

2.3.1 Lungenfunktions- und Blutgasanalyseparameter

In den Tabellen V und VI werden die relevanten Lungenfunktionsparameter zu statischen und dynamischen Volumina sowie Kenngrössen der Blutgasanalyse (BGA) aufgeführt.

Tabelle V: Beschreibung von statischen und dynamischen Lungenfunktionsparameter (modifiziert nach Bösch et al., 2007; van Gestel & Teschler, 2010)

Lungenfunktionsparameter	Beschreibung
Atemzugvolumen (VT)	Das gemessene Volumen, pro normaler Ein- und Ausatmung
Inspiratorisches Reservevolumen (IRV)	Das Volumen, welches nach einer normalen Inspiration zusätzlich eingeatmet werden kann
Expiratorisches Reservevolumen (ERV)	Das Volumen, welches nach einer normalen Expiration zusätzlich ausgeatmet werden kann
Vitalkapazität (VC)	Maximales Lungenvolumen welches nach vorausgehender langsamer, maximaler Expiration, bei langsamer Inspiration gemessen wird $VC = VT + IRV + ERV$
Residualvolumen (RV)	Das Volumen, welches nach maximaler Expiration in der Lunge zurückbleibt und nicht abgeatmet werden kann
Totale Lungkapazität (TLC)	Das Volumen welches sich aus VC und RV ergibt
Forcierte Einsekundenkapazität (FEV_1)	Das Volumen, welches nach langsamer, maximaler Inspiration in einer Sekunde mit maximaler Anstrengung ausgeatmet werden kann (Forciertes Expiratorisches Volumen in einer Sekunde) Dieser Wert dient der Bestimmung des Obstruktionsgrades
Forcierte Vitalkapazität (FVC)	Das Volumen, welches nach kompletter Inspiration unter maximaler Anstrengung schnellstmöglich ausgeatmet werden kann
Funktionelle Residualkapazität (FRC)	Das Volumen, welches nach normaler Expiration in der Lunge zurückbleibt ($ERV + RV$)

Tabelle VI: Beschreibung von Blutgasanalyseparameter (modifiziert nach Bösch et al., 2007; van Gestel et al., 2010)

Blutgasanalyseparameter	Beschreibung
pH-Wert	Mass für den Gehalt an freien Protonen (H^+ - Ionenkonzentration) in einer Lösung. Je weniger freie Protone vorhanden sind, desto grösser der pH-Wert.
Sauerstoffpartialdruck (PaO_2 oder pO_2)	Teildruck des Sauerstoffs am Gesamtgasgemisch im arteriellen oder arterialisierten Blut
Kohlendioxidpartialdruck (pCO_2 oder $PaCO_2$)	Teildruck des Kohlendioxids am Gesamtgasgemisch im arteriellen oder arterialisierten Blut
Sauerstoffsättigung (SaO_2)	Hämoglobinanteil des arteriellen Blutes, welcher mit Sauerstoff gesättigt ist (oxygeniert) und mittels BGA ermittelt wird (direkte Messung)
Sauerstoffsättigung (SpO_2)	Hämoglobinanteil des arteriellen Blutes welcher mit Sauerstoff gesättigt ist (oxygeniert) und mittels Pulsoxymetrie ermittelt wird (indirekte Messung)

2.3.2 Spirometrie

Die Spirometrie spielt eine wichtige Rolle in der respiratorischen Differenzialdiagnostik (Bösch et al., 2007) und dient der quantitativen Erfassung statischer und dynamischer Atemvolumina (van Gestel et al., 2010). Statische Volumina beschreiben zeitunabhängige Teilvolumina der Totalkapazität (z.B. VC, VT, IRV, ERV). Die dynamischen Atemvolumina (z.B. FVC, FEV_1) werden während forcierten Atemmanövern in Bezug zur Zeit ermittelt (Bösch et al., 2007). Somit geben die Lungenvolumina Auskunft über die Grössenverhältnisse der Lunge (Haber, 2007). Des Weiteren dienen bestimmte Lungenfunktionsparameter der Prognostik von Atemwegserkrankungen, wobei die Spirometrie besonders zur Diagnostik obstruktiver Ventilationsstörungen eingesetzt wird (Bösch et al., 2007). Die Spirometrie findet zudem in der präoperativen Risikoeinschätzung Anwendung und wird bei Personen, welche ein anstrengendes, physikalisches Trainingsprogramm starten, zur Evaluation des Gesundheitszustandes eingesetzt (Miller et al., 2005).

Die Grenzen der Spirometrie bestehen darin, dass nicht das gesamte Lungenvolumen ermittelt werden kann (van Gestel et al., 2010), wodurch Lungenfunktionsstörungen, mit Ausnahme der obstruktiven Ventilationsstörungen, nur bedingt oder gar nicht dargestellt werden können (Bösch et al., 2007). Für die genaue Differenzierung bezüglich Reversibilität, Mischformen aus obstruktiven und restriktiven Störungen sowie deren Lokalisation, ist eine zusätzliche Ganzkörperplethysmographie erforderlich (Ulmer, 2004). Des Weiteren wirken lungenunabhängige Faktoren wie Muskelkraft, Beschaffenheit des Thorax und Mithilfe des untersuchten Patienten in die Messung mit ein, welche die lungenfunktionsanalytischen Basiswerte beeinflussen.

2.3.3 Blutgasanalyse

„Die Blutgasanalyse ist die Messung von Sauerstoffpartialdruck, Kohlendioxidpartialdruck und pH-Wert im arteriellen Blut. Die Blutgasanalyse zeigt die Leistungsfähigkeit des Gasaustausches und des Säure-Basen-Haushaltes eines Patienten.“ (van Gestel et al., 2010, S. 152) Der Kohlendioxidpartialdruck ist in diesem Zusammenhang dem Kohlendioxidpartialdruck gleichgesetzt. Laut Haber (2007) ist die arterielle BGA die wichtigste Untersuchung der Lungenfunktionsprüfung. Dies wird dadurch begründet, dass die Hauptaufgabe von Ventilation, Perfusion und Diffusion in der permanenten Gewährleistung einer ausreichenden Oxygenierung des venösen Blutes (Haber, 2007) und gleichzeitiger Extraktion des Kohlendioxides besteht (Bösch et al., 2007). Die Konstellation von Sauerstoff- und Kohlendioxidpartialdruck ist somit das Ergebnis des Zusammenwirkens dieser pulmonalen Teilfunktionen und gibt schliesslich Auskunft über die Funktion der Lunge als Ganzes (Bösch et al., 2007). Ausserdem gibt die Zusammensetzung der Blutgase Auskunft über die alveolare Ventilation, sowie Verteilungs- und Diffusionsstörungen und deren Bezug zu atemmechanischen Störungen. Die BGA ist zudem entscheidend für die Abgrenzung dieser pulmonalen Dysfunktionen von extrapulmonalen Störungen der Ventilation sowie des Säure-Basenhaushalts (Ulmer, 2004). Neben der BGA kann die Beurteilung des arteriellen Sauerstoffgehaltes mittels nicht-invasiver-Pulsoxymetrie erfolgen (van Gestel et al., 2010). Diese Messmethode liefert Informationen bezüglich der Sauerstofftransportkapazität des Blutes, in Abhängigkeit des Hämoglobin-Gehaltes

(Ulmer, 2004). Dabei ist anzufügen, dass der PaO_2 -Wert bei verminderter Bindung des Sauerstoffs an Hämoglobin keine Abweichung von der Norm zeigen muss. Aufgrund der Hämoglobinabhängigkeit zeigt die Pulsoxymetrie deshalb eine geringere Reliabilität im Vergleich zur BGA.

Methodik

Für die BGA stehen verschiedene Orte zur Abnahme der Blutprobe zur Auswahl. Grundsätzlich wird dabei zwischen arteriellem, venösem oder kapillärem Blut unterschieden, wobei die arterielle BGA den „Goldstandard“ zur Beurteilung der Lungenfunktion darstellt (Bösch et al., 2007). Venöses Blut weist eine geringe Korrelation mit arteriellem Blut auf, wobei sich die Blutgaszusammensetzung je nach Stoffwechselaktivität unterschiedlich präsentiert. Eine venöse Blutprobe zur Beurteilung der Lungenfunktion ist somit nicht geeignet. Dem gegenüber zeigt die Probe mit arterialisiertem Kapillarblut eine gute Korrelation des pH sowie der Blutgaswerte PaO_2 und PaCO_2 bei gleichzeitig niedriger Invasivität, verglichen mit einer direkten arteriellen Punktion. Das Ohrläppchen ist dabei die einzige Stelle, bei der diese Kompatibilität mit arteriellem Blut erreicht wird (Haber, 2007). Für die Arterialisierung dient eine hyperämisierenden Salbe, welche 10-30 Minuten vor der Entnahme am Ohrläppchen aufgetragen wird. Normalerweise weist diese kapilläre Blutprobe die nötige arterielle Qualität zur Routineuntersuchung auf (Bösch et al., 2007). Bei stark verminderter peripherer Durchblutung (z.B. Schockzustand) ist jedoch eine arterielle BGA indiziert (Ulmer, 2004). Diese wird laut Haber (2007) bevorzugt an der A. radialis, weniger häufig an der A. ulnaris, A. brachii oder A. femoralis durchgeführt.

2.4 Röntgenverfahren

2.4.1 Allgemeine Grundlagen

In der klinischen Radiologie werden verschiedene bildgebende Verfahren unterschieden. Dazu zählen Computertomographie, Sonographie, Nuklearmedizin Magnetresonanztomographie, Ultraschall und konventionelle Radiologie, wobei Letztere 80% davon abdecken (Mettler, 2006). Im Folgenden wird auf die konventionelle Radiologie eingegangen, welche in den verwendeten Studien zur

Beurteilung der Atelektasenentwicklung verwendet wurde. Bei dieser Methode entstehen die Aufnahmen durch Röntgenstrahlung, welche den Körper des Untersuchten durchdringen und je nach Körpermaterial absorbiert oder gestreut werden. Die Körpermaterialien werden in vier Dichteklassen (Luft, Fett, Wasser, Knochen) eingeteilt (Mettler, 2006), wobei dichtes Material (z.B. Knochen) mehr Strahlung absorbiert als luftgefülltes Gewebe (z.B. Lungenparenchym) (Sheldon, 2005) und auf dem Röntgenbild dunkler erscheint. Die verschiedenen Körpermaterialien sind schlussendlich in einem weiten Spektrum an Grauabstufungen auf dem Röntgenbild erkennbar.

Die Generierung der Röntgenstrahlen erfolgt in einer Röntgenröhre, welche mittels Generator angetrieben wird und aus Glaszylinder, Glühkathode sowie Anode besteht (Lackner, 2006). Röntgenstrahlen sind elektromagnetische Wellen (Sheldon, 2005) und werden durch Elektroden erzeugt, welche in eben dieser Röntgenröhre unter Energie freigesetzt werden (Lackner, 2006). Je höher die Bewegungsgeschwindigkeit der Elektronen, desto höher ist die Durchdringungsfähigkeit der Röntgenstrahlung, welche je nach Energiegehalt als harte oder weiche Strahlung bezeichnet wird.

Bei den Röntgenaufnahmen handelt es sich um zweidimensionale Abbildungen, dreidimensionaler Informationen (Mettler, 2006) welche auf einen Informationsträger, wie beispielsweise Röntgenfilm, Leuchtschirm oder Speicherfolie, projiziert werden (Lackner, 2006). Um das Risiko von Fehlern zu reduzieren, ist in der Regel eine sagittale und laterale Aufnahme erforderlich (Mettler, 2006).

2.4.2 Thoraxröntgen

Thoraxübersichtsaufnahmen bilden die Grundlage in der bildgebenden Diagnostik pulmonaler Komplikationen (Lackner, 2006) und finden primär Verwendung in der:

- Aufdeckung pulmonaler Veränderungen aufgrund pathologischer Prozesse
- Evaluation der optimalen therapeutischen Intervention
- Überprüfung von Therapiemassnahmen mittels Wiederbefund
- Kontrolle von Kanülen und Katheter

- Beobachtung progressiver pulmonaler Erkrankungen
(Sheldon, 2005)

Aufgrund der vergleichsweise geringen Gewebsabsorption ist der Zugang der Lunge für die Röntgenaufnahme ideal (Lorenz & Nowak, 2004). Im Bereich des Thorax liegen jedoch mehrere Gewebearten unterschiedlicher Dichteklassen nah beieinander, wodurch die Anforderung an ein optimal belichtetes Bild verhältnismässig gross ist (Mettler, 2006).

Standardmässig werden auch für die Thoraxdarstellung zwei Aufnahmen generiert, wobei nach Möglichkeit die Ausgangsstellung Stand gewählt wird (Mettler, 2006). Im Stand ist der Patient mit dem Bauch zur Filmkassette positioniert. Der Röntgenstrahl tritt von dorsal in den Rücken ein und durch die ventrale Thoraxwand wieder aus (p.-a. Projektion). Bei aufgerichtetem Oberkörper zeigt sich eine Vergrösserung der Inspirationstiefe sowie der Distanz zwischen den einzelnen Lungengefässen, wodurch die Einsicht verbessert ist. Ausserdem lässt diese Position bereits kleine Pleuraergüsse erkennen.

Alternativ bietet sich oftmals die Rückenlage an, welche jedoch vergleichsweise viele Nachteile aufweist: Die liegende Position lässt aufgrund der dorsalen Fixation keine vollständige Inspiration zu (Mettler, 2006). Die Leber und Abdominalorgane verdrängen Herz und Lunge nach cranial, wodurch die Lungengefässe komprimiert werden. Bei der Rückenlage durchdringt der Strahl die vordere Brustwand des Patienten nach dorsal (a.-p. Projektion), während die Kassette unter dem Rücken platziert wird.

Atelektasen im Röntgenbefund

Bei Patienten, welche sich einer CABG unterziehen, zählt die Röntgendiagnostik zur prä- und postoperativen Standarduntersuchung. Hierbei wird primär die Manifestation von Atelektasen untersucht, welche einen wesentlichen Einfluss auf die Morbiditätsrate nach thoraxchirurgischen Eingriffen wie CABG hat (Bakow, 2002). Als Atelektase wird laut Eisenhuber-Stadler, Partik, Pokieser & Schaefer-Proskop (2011) „[...] der partielle oder vollständige Kollaps eines Lungenlappens oder

Lappensegmentes bezeichnet.“ (S.213) Sie tritt in 20-30% nach Oberbauchoperationen, in 5% nach Unterbauchoperationen und in über 90% nach thorakalen Eingriffen auf. Je nach Entstehungsursache werden Obstruktions- bzw. Resorptionsatelektasen, Kompressionsatelektasen, Plattenatelektasen sowie Kontraktionsatelektasen differenziert (Proschek & Vogl, 2011), wobei Patienten nach operativen Eingriffen häufig eine Form der Obstruktionsatelektase entwickeln (Sheldon, 2005).

Im Röntgenbild sind direkte Atelektasezeichen durch ein vermindertes Lungenvolumen (Sheldon, 2005), mit dreieckigen oder keilförmigen Verdichtungen sichtbar, welche sich in Richtung Lungenhilus orientieren (Eisenhuber-Stadler et al., 2011). Durch die Minderbelüftung des Lungengewebes zeigt sich auf der Aufnahme somit eine reduzierte Strahlentransparenz (Proschek et al., 2011). Zusatzbefunde wie Verschiebung der Trachea, des Herzens oder grosser thorakaler Gefässe in Richtung der kollabierten Lungenabschnitte sind dabei typisch (Sheldon, 2005). Eisenhuber-Stadler et al. (2011) fügen diesen indirekten Zeichen der Atelektase Medistinalverlagerung zur betroffenen Seite, kompensatorische Überblähungen von ipsi- und kontralateralen Lungenabschnitten, sowie verkleinerte Interkostalräume und Zwerchfellhochstand auf der betroffenen Thoraxhälfte hinzu. Diese Befunde variieren je nach Schweregrad und sind laut Sheldon (2005) bei Patienten nach chirurgischen Eingriffen meist weniger ausgeprägt.

3. Ergebnisse aus der Forschungsliteratur

Im Folgenden werden die für die Forschungsfrage relevanten Ergebnisse aus den fünf Hauptstudien, welche als Grundlage dieser Bachelorarbeit dienen beschrieben und als Überblick in der Tabelle VII zusammengefasst. Der Schwerpunkt liegt auf dem Verlauf der Entwicklung von Lungenfunktion, Atelektasen und arteriellen Blutgaswerten von POD1-3, da in dieser Zeitperiode die grösste Homogenität bezüglich der Datenerhebung zwischen den verwendeten Studien besteht. Allerdings waren nicht in allen Studien Messwerte zu dieser Zeitspanne enthalten, weshalb teilweise auf POD5 ausgewichen werden musste.

Konventionelle physiotherapeutische Techniken (KPT) wurden in allen fünf verwendeten Studien bei Patienten der Interventions- und Kontrollgruppen als Grundlagetherapie angewendet. Da KPT in jeder Studie andere Elemente umfassen, werden diese im Anhang in der Tabelle A2 näher beschrieben. Ausserdem werden die Gruppen, welche mittels IS therapiert wurden, jeweils als Interventionsgruppe bezeichnet.

3.1 Effekt des Inzentiven Spirometers auf die Lungenfunktion

3.1.1 Atemwegsobstruktion

Forcierte Einsekundenkapazität (FEV_1)

In der Zwei-Jahres-Studie von Crowe und Bradley (1997) wurde die Frage untersucht, ob bei COPD-Patienten nach CABG die Therapie mit einem IS, kombiniert mit KPT, zu einem besseren Ergebnis in der Prävention postoperativ pulmonaler Komplikationen führt, als KPT allein. Bei 185 Hochrisiko-Patienten mit chronischer Atemwegsobstruktion ($FEV_1 < 70\%$) konnte zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Zwischengruppenunterschied bezüglich dem FEV_1 -Wert verzeichnet werden. Alle Probanden wurden bis zur Extubation ein- bis zweimal pro Tag mittels KPT therapiert, wobei die Interventionsgruppe ab diesem Zeitpunkt zusätzlich einmal pro Stunde selbständig mit dem IS trainierte.

Savci et al. (2006) untersuchten die Entwicklung pulmonaler Parameter in einem Fünf-Tage-Therapie-Setting und verglichen die präoperativen Werte mit denen des

POD5. In diesem RCT wurde bei 60 ausschliesslich männlichen Probanden eines akademischen Militärspitals der Effekt des IS im Vergleich zur Sekretolysetechnik ACBT untersucht. Beide Gruppen erhielten an POD1 und 2 zweimal pro Tag und ab POD3 einmal pro Tag 15 Minuten KPT. Die Therapie der Interventionsgruppe wurde durch den Gebrauch des IS ergänzt, während die Probanden der Kontrollgruppe ACBT durchführten. Die Forscher bestätigten in ihrer Untersuchung, dass die Behandlung mit dem IS bei Patienten nach CABG verglichen mit der Kontrollgruppe zu keiner signifikant besseren Steigerung der FEV₁ führt.

Im Gegensatz zu den oben erwähnten Resultaten haben die Messungen von Matte, Jacquet, Van Dyck und Goenen (2000) am POD2 signifikant schlechtere postoperative FEV₁-Werte in der IS-Gruppe im Vergleich zu den Kontrollgruppen gezeigt. In diesem RCT wurden 96 Probanden nach CABG in drei Gruppen aufgeteilt, wobei bei allen als Basistherapie KPT angewendet wurde. Die Interventionsgruppe benutzte zusätzlich 20x pro zwei Stunden den IS, wobei die Kontrollgruppen jeweils während einer von drei Stunden eine maschinelle Therapie mittels Continuous Positive Airway Pressure (CPAP) oder Noninvasiver Ventilation auf zwei Drucklevel (NIV-2P) bekamen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass in allen drei Studien zur Beurteilung der Lungenfunktion präoperativ und je nach Setting an verschiedenen Tagen postoperativ eine Spirometrie durchgeführt wurde. Der Gebrauch eines IS zeigte keine signifikante Überlegenheit verglichen mit anderen Interventionen bezogen auf die Verbesserung der FEV₁-Werte bei Patienten nach CABG. Matte et al. (2000) belegten aber, dass aus der Behandlung mit KPT und CPAP oder NIV-2P, am POD2 eine signifikant höhere FEV₁ resultiert, im Gegensatz zur Therapie mit KPT und IS.

3.1.2 Lungenkapazität

Forcierte Vitalkapazität (FVC)

Die Datenerhebung der FVC zählte zu den Sekundärergebnissen von Crowe et al. (1997). Messungen bei 185 COPD-Patienten nach CABG ergaben, dass der

Gebrauch des IS bezogen auf den FVC-Wert keinen signifikant höheren Nutzen gegenüber KPT aufweist. Genaue Zahlen der Ergebnisse lagen nicht vor.

Das Resultat der Studie von Savci et al. (2006) bekräftigt diese Aussage. Die postoperativen FVC-Werte (POD1) fielen in der Interventions- und Kontrollgruppe im Vergleich zu den präoperativen Werten signifikant ab. Im weiteren postoperativen Verlauf zeigten beide Gruppen gleichermassen steigende FVC-Werte ohne relevanten Zwischengruppenunterschied. Somit erzielten Probanden der IS-Gruppe auch im Vergleich zu ACBT keine signifikant bessere FVC.

Im RCT von Dias et al. (2011) partizipierten 29 Patienten nach CABG und sechs nach Herzklappenchirurgie (CVS). Die Studie untersuchte den Effekt von IS und Breath-Stacking (BS) in Bezug zur Verbesserung des FVC-Wertes. Die Einteilung der Probanden erfolgte in drei Gruppen, wobei die erste Kontrollgruppe nur KPT erhielt, die Interventionsgruppe zusätzlich den IS nutzte und bei der zweiten Kontrollgruppe BS Anwendung fand. Nachdem die FVC wie in den oben genannten Studien postoperativ in allen Gruppen an POD1, verglichen mit dem präoperativen Wert, signifikant gesunken war, normalisierte sie sich partiell, jedoch ohne signifikante Zwischengruppenunterschiede bis zum fünften Tag. Der IS zeigte also keinen signifikant überlegenen Effekt auf die FVC im Vergleich zu KPT und BS.

Somit zeichnete sich in allen drei Studien kein signifikanter Unterschied zwischen Interventions- und Kontrollgruppen ab. Es kann festgehalten werden, dass der Gebrauch eines IS bei Patienten nach CABG keinen signifikant besseren Einfluss auf den FVC-Parameter hat, als erwähnte alternative Therapien.

Vitalkapazität (VC)

Der einzige signifikante Zwischengruppenunterschied bezüglich der VC bei Patienten nach CABG konnte in der Studie von Matte et al. (2000) nachgewiesen werden. In allen drei Gruppen sank der Wert am POD1 signifikant ab. Während die 30 Patienten, welche zusätzlich zu KPT Gebrauch des IS machten, eine Reduktion von mehr als 53% an POD1 und weiteren 10% an POD2 verzeichneten, zeigten die Parameter der beiden Kontrollgruppen an POD2 im Vergleich eine signifikant

bessere Entwicklung. In der CPAP-Gruppe wurde zuerst ein Abfall der VC um 59% verzeichnet, welcher sich an POD2 auf 51% verbesserte, während der Wert in der zweiten Kontrollgruppe vom POD1 zum POD2 um 10% gesteigert werden konnte.

Bereits 1991 konnte der signifikant bessere Nutzen des IS auf den VC-Wert im Vergleich zur Kontrollgruppe nicht nachgewiesen werden. Die 52 Patienten in der Studie von Oikkonen, Karjalainen, Kähärä, Kuosa und Schavikin welche sich einer CABG unterzogen, wurden in zwei Gruppen aufgeteilt. Zusätzlich zur täglichen KPT verwendete die Interventionsgruppe selbständig den IS während die Kontrollgruppe Therapie mittels IPPB erhielt.

Auch bei aktuelleren Ergebnissen von Savci et al. (2006), zeigten die Probanden der IS-Gruppe während der gesamten Untersuchungsdauer keine signifikant besseren VC-Werte als die der Kontrollgruppe.

Somit weist der IS in keiner der drei Studien eine signifikant bessere Wirkung auf die VC gegenüber den Kontrollgruppen auf. Einzig Matte et al. (2000) konnten in Ihrer Untersuchung einen signifikanten Zwischengruppenunterschied zugunsten der Kontrolltherapien nachweisen.

3.2 Effekt des Inzentiven Spirometers auf die Atelektasenentwicklung

In 4(5) Studien wurde die Entwicklung von Atelektasen nach CABG untersucht. In allen Messungen bildeten sowohl Probanden der Interventions- als auch die der Kontrollgruppen Atelektasen in unterschiedlichem Ausmass aus. Dabei konnte unter Anwendung des IS in keiner der vier Studien ein signifikant besserer Effekt auf die postoperative Atelektasenentwicklung gezeigt werden, im Vergleich zu den Kontrollgruppen. Als Messinstrument diente jeweils ein Thoraxröntgen aus verschiedenen Winkeln.

Bei der Untersuchung von Hochrisikopatienten in der Studie von Crowe et al. (1997) zeigten 22 von 183 Probanden klinisch relevante Atelektasen zum Zeitpunkt der Extubation. Diese Zahl stieg von POD1 bis POD2 von 13 auf 15 in der IS-Gruppe und von neun auf 19 in der Kontrollgruppe, was keinen signifikanten

Zwischengruppenunterschied darstellte. Das Risiko Atelektasen zu entwickeln konnte in der Interventionsgruppe an POD2 um 28% und an POD3 um 22% reduziert werden, was laut der Studienautoren einen positiven Trend für den Nutzen des IS bedeutet, jedoch keine statistische Signifikanz gegenüber der Kontrollgruppe erreichte. Die Ergebnisse dieser Studie zeigten also trotz dieser Tendenz, dass der IS verglichen mit KPT keine signifikant bessere Wirkung auf die gemessenen Variablen erzielen konnte.

Dieses Ergebnis stützt auch die Studie von Savci et al. (2006), die zu keinem Zeitpunkt einen signifikanten Unterschied bezüglich Atelektasenentwicklung zwischen Interventions- und Kontrollgruppe feststellen konnte. Die Zahl der Betroffenen reduzierte sich im Verlauf in beiden Gruppen um mehr als die Hälfte.

In der Studie von Oikkonen et al. (1991) wurde die Gesamtheit der entwickelten Atelektasen in weiteren Untergruppen verglichen, woraus allerdings kein relevanter Zwischengruppenunterschied resultierte. Es stellte sich heraus, dass die Interventionsgruppe eine tendenziell höhere Atelektasenbildung aufzeigte, welche jedoch im Vergleich zur Kontrollgruppe nicht signifikant war.

30% der Patienten aus der Interventionsgruppe und 15% aus den Kontrollgruppen in der Studie von Matte et al. (2000), entwickelten milde oder moderate Formen von Atelektasen am POD2. Es lagen keine Aussagen dieser Zahlen in Bezug zum Zwischengruppeneffekt vor.

3.3 Effekt des Inzentiven Spirometers auf die arteriellen Blutgaswerte

Die Messung der arteriellen Blutgaswerte war bei 4(5) Studien Bestandteil der Untersuchung und diente der Beantwortung der Frage, ob die Therapie mit dem IS bei Patienten nach CABG in einer Verbesserung der arteriellen Blutgaswerte resultiert. 3(5) Studien beinhalteten Daten zu PaO₂ und PaCO₂ während die Parameter SpO₂ sowie SaO₂ in je einer Studie untersucht wurden.

3.3.1 Sauerstoffpartialdruck (PaO_2)/ Kohlendioxidpartialdruck ($PaCO_2$)

Oikkonen et al. (1991) führten im Vergleich zu den anderen Studien die häufigsten Messungen der arteriellen Blutgaswerte durch. Die Kontrollgruppe zeigte präoperativ einen signifikant höheren PaO_2 -Wert, verglichen mit der Interventionsgruppe. Im Verlauf der postoperativen Messungen konnte jedoch kein signifikanter Zwischengruppeneffekt evaluiert werden. Die Erhebung der $PaCO_2$ -Daten ergab zu keinem Zeitpunkt einen signifikanten Unterschied zwischen Interventions- und Kontrollgruppe.

Die Untersuchung von Savci et al. (2006) kommt zum selben Ergebnis, wobei die Blutgasmessung kurz vor und sofort nach der ersten Behandlung (POD1) durchgeführt wurde. Beide Gruppen zeigten eine milde arterielle Hypoxämie in der ersten postoperativen BGA. Die zweite BGA, welche direkt nach der ersten Therapiesequenz durchgeführt wurde, zeigte in Interventions- und Kontrollgruppe eine Steigerung des PaO_2 . Dabei waren die Werte in der ACBT-Gruppe im Gegensatz zur IS-Gruppe signifikant besser im Vergleich zur ersten Messung. Zwischen den Gruppen wurde jedoch keine signifikante Differenz verzeichnet.

In der Studie von Matte et al. (2000) wurden gesamthaft vier arterielle Blutgasmessungen realisiert. In allen Gruppen konnte jeweils eine signifikante Verschlechterung zwischen präoperativen und postoperativen PaO_2 -Werten nachgewiesen werden. Während sich die PaO_2 -Werte der IS-Gruppe bis zum POD2 weiter verschlechterten, verbesserten sich jene der beiden Kontrollgruppen im Vergleich signifikant. Der $PaCO_2$ -Wert zeigte sich postoperativ in beiden Kontrollgruppen stabil. Informationen bezüglich den Zwischengruppeneffekten von PaO_2 und $PaCO_2$ lagen nicht vor.

3.3.2 Sauerstoffsättigung (SpO_2 / SaO_2)

Der Sauerstoffgehalt im arteriellen Blut war Gegenstand der Messungen in zwei der ausgewählten Studien, wobei SpO_2 und SaO_2 in je einer Untersuchung als Parameter verwendet wurden.

Das RCT von Dias et al. (2011) zeigte bei allen drei Gruppen einen signifikanten Abfall des SpO₂ am POD1. Im weiteren postoperativen Verlauf (POD1-5) konnte sowohl in der Interventions- als auch in den Kontrollgruppen eine stetige Verbesserung der SpO₂-Werte verzeichnet werden. Bei allen Probanden erreichte der SpO₂ bis zum POD5 einen Wert von 97.0%-97.7%. Eine signifikante Abweichung der Interventionsgruppe gegenüber den Kontrollgruppen lag nicht vor.

Die Studie von Savci et al. (2006) konnte bei identischem Vorgehen der Ergebnismessung wie bei den Parametern PaO₂/PaCO₂ keine signifikanten Differenzen zwischen den Gruppen verzeichnen und bestätigt somit die Resultate von Dias et al. (2011). In beiden Gruppen nahm der SaO₂-Wert, gemessen direkt nach der ersten Therapie, verglichen mit dem Ausgangswert vor der Behandlung signifikant zu, führte allerdings zu keinem relevanten Zwischengruppeneffekt.

In keiner der vier Studien konnte demnach durch den Einsatz des IS signifikant bessere arterielle Blutgaswerte im Vergleich mit den Kontrollgruppen nachgewiesen werden.

Tabelle VII: Übersicht der relevanten Fakten und Ergebnisse der fünf Hauptstudien

Titel der Studie/ (Jahr)	Autoren	Probanden	Intervention	Resultate	Signifikante Ergebnisse	Design / PEDro
Comparison of incentive spirometry and intermittent positive pressure breathing after coronary artery bypass graft (1991)	Oikkonen, M., Karjalainen, K., Kähärä, V., Kuosa, R., Schavikin, L.	52 nach CABG <u>Geschlecht</u> IG: 4 w, 22 m KG: 4 w, 22 m	IG (n=26) KPT +IS 3sec Insp. mind. 5x/Tr. und total 30x/d +PT 1x/d KG (n=26) KPT + IPPB mind. 10x Insp. in 5-10 Min./Tr. mind. 4x/d +PT 1x/d	<u>Lungenfunktion</u> - VC (ml) preop: 3932±163 vs. 3769±204 POD3: 1836±239 vs. 1833±218 <u>Atelektasen</u> POD1: 11/26 (42.3%) vs. 9/26 (34.6%) p > 0.1 POD2: 9/26 (34.6%) vs. 9/26 (34.6%) p > 0.5 POD3: 13/25 (52.0%) vs. 10/23 (43.5%) p > 0.7 <u>Arterielle Blutgaswerte</u> - PaO ₂ (kPa) preop: 18±1 vs. 27±2 POD1: 14±1 vs. 15±1 POD2: 12±1 vs. 11±1 POD3: 10±1 vs. 11±1 - PaCO ₂ (kPa) preop: 5.3±0.1 vs. 5.1±0.1 POD1: 5.8±0.1 vs. 5.8±0.2 POD2: 5.5±0.2 vs. 5.4±0.2 POD3: 5.6±0.2 vs. 5.7±0.4		RCT 6/10
The effectiveness of incentive spirometry with physical therapy for high-risk patients after coronary artery bypass surgery (1997)	Crowe, J.M., Bradley, C.A.	185 mit chronischer Atemwegsobstruktion (FEV ₁ < 70%) nach CABG <u>Geschlecht</u> IG: 11w, 74 m KG: 11 w, 79 m	IG (n=90) IS + KPT 1x/h KG (n=95) KPT 1-2x/d	<u>Lungenfunktion</u> - FEV ₁ Keine sign. Intergruppendifferenz - FVC Keine sign. Intergruppendifferenz <u>Atelektasen</u> preop: 1/95 (1.0%) vs. 0/90 (0%) POD1 b.t.:13/88 (14.8%) vs. 9/95 (9.5%) p= 0.36 POD2: 15/84 (17.9%) vs. 19/91 (20.9%) p= 0.73 POD3: 16/49 (32.7%) vs.11/49 (22.5%) p= 0.25		RCT 6/10

Tabelle VII Fortsetzung Tabelle VII: Übersicht der relevanten Ergebnisse und Ergebnisse der fünf Hauptstudien

Titel der Studie/ (Jahr)	Autoren	Probanden	Intervention	Resultate	Signifikante Ergebnisse	Design / PEDro
Effects of conventional physiotherapy, continuous positive airway pressure and non-invasive ventilatory support with bilevel positive airway pressure after coronary artery bypass grafting (2000)	Matte, P., Jacquet, L., Van Dyck, M., Goenen, M.	96 nach CABG <u>Geschlecht</u> IG : 5 w, 25 m KG1 : 3 w, 30 m KG2 : 3 w, 30 m	IG (n=30) KPT+ IS (20/2h) KG 1 (n=33) KPT + CPAP (1h/3h) KG 2 (n=33) KPT + NIV-2P (1h/3h)	<u>Lungenfunktion</u> - FEV ₁ (ml) preop: 2601±701 vs. 2535±622 vs. 2678±767 POD1 b.t.: 1026±622 vs. 972±258 vs. 1017±380 POD2: 884±258 vs. 1067±256 vs. 1097±369 - VC (ml) preop: 3586±931 vs. 3431±838 vs. 3487±943 POD1 b.t.: 1674±492 vs. 1410±405 vs. 1395±422 POD2: 1332±398 vs. 1670±670 vs. 1759±522 <u>Atelektasen</u> POD2: IS 9/30 (30%), CPAP/ NIV-2P 5/33 (je 15%) <u>Arterielle Blutgaswerte</u> - PaO ₂ (mmHg) preop: 87±10 vs. 76±12 vs. 81±10 POD1 b.t.: 65±12 vs. 63± 9 vs. 66±11 POD2: 63± 9 vs. 66± 9 vs. 69±12 - PaCO ₂ (mmHg) preop: 0±3 vs. 38±4 vs. 38±4 POD1 b.t.: 34±4 vs. 34±4 vs. 35±5 POD2: 33±4 vs. 32±4 vs. 33±4	IG im Vgl. zu KG1+2 sign. schlechter (FEV ₁ , VC) p<0.01	RCT 6/10

Fortsetzung Tabelle VII: Übersicht der relevanten Fakten und Ergebnisse der fünf Hauptstudien

Titel der Studie/ (Jahr)	Autoren	Probanden	Intervention	Resultate	Signifikante Ergebnisse	Design / PEDro
Active cycle of breathing techniques and incentive spirometer in coronary artery bypass graft surgery (2006)	Savci, S., Sakinç, S., Ince, D.I., Arikan, H., Can, Z., Buran, Y., Kuralay, E.	60 nach CABG <u>Geschlecht</u> m	KG (n=30) ACBT + KPT POD1+2: 2x15m/d ab POD3:1x15m/d IG (n=30) IS + KPT POD1+2: 2x15m/d ab POD3:1x15m/d	<u>Lungenfunktion</u> - FEV ₁ (% of predicted) preop: 84.67±10.08 vs. 78.76±17.27 POD5: 64.98±12.95 vs. 57.26±14.60 - FVC (% of predicted) preop: 79.90±12.62 vs. 79.45±13.82 POD5: 63.17±11.65 vs. 57.60±14.17 - VC (% of predicted) preop: 72.77±12.54 vs. 71.13±12.90 POD5: 57.76±9.47 vs. 53.18±13.60 <u>Atelektasen</u> preop: 0/30 (0%) vs. 0/30 (0%) POD1: 22/30 (73,3%) vs. 23/30 (76.7%) p=0.77 POD3: 18/30 (60%) vs. 19/20 (63.3%) p=0.79 <u>Arterielle Blutgaswerte</u> - PaO ₂ (mmHg) preop: 75.66±20.13 vs. 73.33±14.07 POD1 a.t.: 79.69±18.26 vs. 76.08±13.69 - PaCO ₂ ↓ (mmHg) preop: 35.78±4.83 vs. 35.33±4.33 POD1 a.t.: 35.12±5.02 vs. 34.81±4.83 - SaO ₂ ↓ (%) preop: 93.03±5.39 vs. 94.47±1.92 POD1 a.t.: 94.59±4.33 vs. 95.74±2.13		RCT 6/10

Fortsetzung Tabelle VII: Übersicht der relevanten Fakten und Ergebnisse der Hauptstudien

Titel der Studie / (Jahr)	Autoren	Probanden	Intervention	Resultate	Signifikante Ergebnisse	Design / PEDro
Three physiotherapy protocols: Effects on pulmonary volumes after cardiac surgery (2011)	Dias, C.M., Vieira, Rde. O., Oliveira, J.F., Lopes, A.J., de Menezes, S.L.S., Guimarães, F.S.	35 high - & lowrisk nach CABG (n=29) nach CVS (n=6) <u>Geschlecht</u> KG1: 4 w, 7 m IG: 2 w, 10 m KG2: 5 w, 7 m	KG 1 (n=11) KPT 3x5 Insp., 2x/d, 5x/wo IG (n=12) IS + KPT 3x5 Insp., 2x/d 5x/w KG 2 (n=12) BS + KPT 3x5 Insp., 2x/d 5x/wo	<u>Lungenfunktion</u> - FVC (% of predicted) preop: : 87.0 vs. 75.3 vs. 81.9 POD1: 32.0 vs. 29.5 vs. 33.2 POD5: 51.3 vs. 46.7 vs. 54.3 <u>Arterielle Blutgaswerte</u> - SpO ₂ (%) POD1: 94.2 vs. 95.1 vs. 95.0 POD5: 97.0 vs. 97.2 vs. 97.7		RCT 4/10

ACBT = Active Cycle of Breathing Techniques; BS = Breath-Stacking; CABG = Coronary Artery Bypass Graft; CVS = Cardiac Valve Surgery; DBE = Deep Breathing Exercises; FEV₁ = Forcierte Einsekundenkapazität; FVC = Forcierte Vitalkapazität; IG = Interventionsgruppe; IPPB = Intermittent Positive Pressure Breathing; Insp. = Inspiration; IS = Inzentiver Spirometer; KG = Kontrollgruppe; KPT = Konventionelle Physiotherapeutische Techniken; m = männlich; NIV-2P = Noninvasive Venitlation auf zwei Drucklevel; PaO₂ = arterieller Sauerstoffpartialdruck; PaCO₂ = arterieller Kohlendioxidpartialdruck; POD = Post Operative Day; VR = Valve Replacement; Pat. = Patient(en); POD b.t. = Post Operative Day before treatment; SaO₂ = Arterielle Sauerstoffsättigung; SpO₂ = partielle arterielle Sauerstoffsättigung; VC = Vitalkapazität; w = weiblich; wo = Woche

4. Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Bachelorarbeit ist es, mittels intensiver Literaturrecherche die Evidenz zu klären, ob die Therapie mit dem IS bei Patienten nach CABG einen positiven Effekt auf die Lungenfunktions- und arteriellen Blutgaswerte sowie auf die Entwicklung von Atelektasen erzielt. Die zugrunde liegende Hypothese basiert auf der Annahme, dass der Gebrauch des IS betreffend Lungenfunktion und arteriellen Blutgaswerten signifikant bessere postoperative Werte erreicht und das Risiko der Entwicklung von Atelektasen nach CABG signifikant reduziert. Der IS zeigte dabei in keiner der fünf eingeschlossenen Studien eine statistisch signifikante Überlegenheit gegenüber den Kontrollgruppen. Werden diese Ergebnisse zusammen mit den verwendeten Gruppendesigns (siehe Tabelle III, Abschnitt 1.3) betrachtet, kann dem IS keine signifikante Wirkung auf die Lungenfunktion, die arteriellen Blutgaswerte sowie auf die Entwicklung von Atelektasen zugeschrieben werden. Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse aus der aktuellen Forschungsliteratur muss die genannte Hypothese verworfen werden.

In der Schweiz spielt der IS in der Rehabilitation nach chirurgischen Eingriffen an Lunge, Herz und Abdomen eine wichtige Rolle und zählt in vielen Kliniken zum Standard in der postoperativen Atemphysiotherapie nach CABG. Der therapeutische Nutzen des IS wird in der Literatur intensiv diskutiert. Trotzdem zeigte die Recherche, dass im deutschsprachigen Raum Europas noch keine evidenzbasierte Übersicht bezüglich Effektivität des IS nach CABG existiert. Die gewählte Forschungsfrage ist somit für das Berufsfeld der Physiotherapeuten in der Schweiz relevant und hinsichtlich der intensiven Verwendung des IS höchst aktuell. Im Folgenden werden die Ergebnisse der involvierten Studien diskutiert.

4.1 Effekt des Inzentiven Spirometers auf die Lungenfunktion

Eine erhebliche Zahl der Patienten entwickelt nach CABG pulmonale Dysfunktionen, die mit veränderten Lungenfunktionswerten einhergehen (Westerdahl et al., 2005). In allen fünf Hauptstudien reduzierten sich die Werte der Lungenfunktion am POD1 im Vergleich zu den präoperativen signifikant. Diesem deutlichen Ergebnis liegen mehrere Hypothesen zugrunde: Eine intraoperativ langandauernde Anästhesie, die Eröffnung der Pleura und darauf folgende mechanische Ventilation können

bedeutsame pulmonale restriktive Defekte hervorrufen (Matte et al., 2000). Zudem entsteht sekundär eine postoperative Hypoventilation der Lunge. Diese wird durch eine überwiegend liegende Position des Patienten, einem oberflächlichen, monotonen Atemmuster ohne gelegentliche Tiefenseufzer sowie einer vorübergehend gestörten diaphragmalen Funktion begünstigt (Overend et al., 2001). Thorakale Schmerzen hindern den Patienten ausserdem an einer vertieften Inspiration, was dieses Atemmuster und somit die verminderte Belüftung der Lunge zusätzlich unterhält. Des Weiteren erwähnen Oikkonen et al. (1991), Matte et al. (2000) und Dias et al. (2011), dass beim Einsatz von IMA als Bypass-Graft das Risiko postoperative pulmonale Komplikationen zu entwickeln erhöht ist. Folglich resultiert eine Dringlichkeit, diesen Komplikationen präventiv entgegenzuwirken.

4.1.1 Atemwegsobstruktion

Forcierte Einsekundenkapazität (FEV₁)

Der Einfluss des IS auf die FEV₁ war in 3(5) Studien Gegenstand der Untersuchung und wurde mittels Spirometrie eruiert. Bei keiner der drei Studien konnte postoperativ unter Verwendung des IS eine signifikant grössere Steigerung der FEV₁ festgestellt werden, im Vergleich zu den Kontrolltherapien. Interessanterweise belegten Matte et al. (2000) sogar eine signifikante Überlegenheit der Behandlungsmethoden CPAP und NIV-2P gegenüber der Therapie mittels IS. Da diese signifikante Differenz zwischen Interventions- und Kontrollgruppe in dieser Studie ebenfalls bei den VC-Werten auftritt und sich mögliche Hypothesen dazu überlappen, werden diese im Abschnitt 4.4 vertieft. Des Weiteren sollte die Vergleichbarkeit zwischen den Studien bezüglich des Parameters FEV₁ kritisch betrachtet werden. Infolge unterschiedlicher Zeitpunkte der postoperativen Messungen sowie unterschiedlicher Messgrössen wird eine Diskussion erschwert. Ein signifikant überlegener Effekt des IS gegenüber den Kontrolltherapien konnte jedoch unabhängig voneinander in keiner Studie nachgewiesen werden, womit das Fazit eindeutig ist: Die signifikante Wirkung des IS auf den FEV₁-Wert kann nicht bestätigt werden.

4.1.2 Lungenkapazität

Forcierte Vitalkapazität (FVC)

Aus der Analyse der FVC zeigten 3(5) Studien interessante Ergebnisse. In keiner der drei Untersuchungen konnte ein signifikanter Zwischengruppenunterschied nachgewiesen werden. Somit widerlegten alle drei Studien eine signifikant bessere Wirkung des IS auf die FVC, im Vergleich zu anderen atemphysiotherapeutischen Interventionen die untersucht wurden. Zu erwähnen ist dabei, dass mit der Stichprobengrösse von 35 Probanden in der Studie von Dias et al. (2011), sowie 60 ausschliesslich männlichen Probanden bei den Untersuchungen von Savci et al. (2006), die Übertragbarkeit auf die Bevölkerung in Frage gestellt werden muss. Crowe et al. (1997), bei denen 185 Personen teilnahmen, verzeichneten dennoch dasselbe Resultat bezüglich Effektivität des IS auf den FVC-Wert, wodurch das Ergebnis wiederum bekräftigt wird. Des Weiteren unterstützt die Internationalität der verschiedenen Studien (siehe Anhang, Tabelle A2) diese Aussage. Dias et al. (2011) bemerkten ausserdem, dass die Abwesenheit jeglicher Intergruppendifferenzen in ihrer Studie vermutlich auf die Tatsache zurückzuführen ist, dass nur risikoarme Patienten eingeschlossen wurden. Als weiteres Argument für die fehlende Divergenz wird auch hier die kleine Stichprobengrösse erwähnt.

Eine weitere Erklärung wird im Folgenden erläutert: Um das Lungenvolumen und somit den Parameter FVC zu optimieren, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Dias et al. (2011) verweisen auf einzelne Autoren (Ward, Danziger, Bonica, Allen & Bowes, 1966, Bartlett, Brennan, Gazzaniga & Hanson, 1973, Eaker, Lamb & Marini, 1990), welche in ihren Untersuchungen feststellten, dass die Effektivität eines Lungenexpansionsmanövers und folglich einer Verbesserung der FVC möglicherweise nicht nur von dem maximal erreichten Volumen, sondern gleichwohl von der Dauer des Manövers beeinflusst wird. Die zeitliche Länge der Durchführung in der Studie von Dias et al. (2011) war bei Patienten welche die BS-Methode anwandten länger als jene der IS-Gruppe. Die fehlende Zwischengruppendifferenz trotz der unterschiedlich langen Inspiration liegt in dieser Studie somit wahrscheinlich ebenfalls am kleinen Sample oder in einer zu grossen Ähnlichkeit zwischen den beiden Interventionen.

Auch Savci et al. (2006) beschreiben eine zeitliche Ausdehnung des Inspirations-Manövers, jedoch anhand einer PIP von drei Sekunden, was laut Ward et al. (1966, zitierte nach Savci et al., 2006) zu einem verminderten Kollaps des Lungengewebes führt. Dies könnte eine mögliche Begründung für die verbesserte Ventilation darstellen. Des Weiteren optimiert eine PIP laut van Gestel et al. (2010) die kollaterale Ventilation, was ebenfalls in einer verbesserten Lungenbelüftung resultiert. Ein verlängertes Inspirationsmanöver wurde in der Untersuchung von Savci et al. (2006) jedoch bei Interventions- und Kontrollgruppe durchgeführt, was ein weiteres Argument für die fehlende Zwischengruppendifferenz darstellt.

Vitalkapazität (VC)

Zum Parameter Vitalkapazität wurden in 3(5) Studien Messungen durchgeführt. Dabei konnte in allen IS-Gruppen im Zwischengruppenvergleich mit den Kontrollgruppen keine signifikant besseren VC-Parameter festgestellt werden. Erstaunlicherweise sanken die VC-Werte in der Interventionsgruppe der Studie von Matte et al. (2000) von POD1 zu POD2 sogar noch stärker, während sie in den anderen Gruppen signifikant anstiegen. Somit erzielte die Behandlung mit dem IS signifikant schlechtere Werte im Vergleich zur Verwendung von CPAP und NIV-2P. Der Vergleich von IS mit CPAP und NIV-2P wird in Abschnitt 4.4 erörtert. Auch hier erweist sich der studienübergreifende Vergleich jedoch schwierig, da die Messungen an unterschiedlichen postoperativen Tagen stattfanden.

Der Grund, wieso der IS in den drei Studien keinen signifikant besseren Effekt auf die VC zeigte, könnte an einem mangelnden Unterschied zwischen den einzelnen Interventionen liegen. Diese fehlende Differenz kann folgendermassen begründet werden. Zunächst kommt es zu einem postoperativ verminderten Lungenvolumen (siehe Abschnitt 4.1), was ein erhöhtes Risiko für Atelektasenbildung (Oikkonen et al., 1991), sowie eine Verschlechterung der arteriellen Blutgaswerte bedeutet. Ein gutes Inspirationsvolumen dient auch als Grundlage für das effektive Husten (Dias et al., 2000) und somit als Präventivmassnahme gegen eine Sekretablagerung in der Lunge. Folglich ist es von enormer Wichtigkeit, die VC schnellstmöglich zu erhöhen. Wie auch der IS, haben alle durchgeführten Kontrollinterventionen ebendies zum Ziel: Durch vertiefte Inspiration eine Verbesserung der VC zu erreichen. Ob dies mit

taktiler oder visueller Hilfe durchgeführt wird hat offenbar keinen grossen Einfluss auf die VC. Mit den Atemhilfsgeräten CPAP und NIV-2P konnte ein signifikant überlegenes Resultat gegenüber dem IS erreicht werden. Eine maschinelle Unterstützung, zusätzlich zum maximalen Einsatz des Patienten, hilft demnach bei der Verbesserung der VC. Zusammenfassend konnte die signifikante Wirkung des IS auf die VC nicht nachgewiesen werden.

4.2 Effekt des Inzentiven Spirometers auf die Atelektasenentwicklung

In 4(5) der verwendeten Studien wurde die Entwicklung von Atelektasen im postoperativen Verlauf bei Patienten nach CABG untersucht. Als standardisiertes Messinstrument diente ein Thoraxröntgen, welches bei allen Probanden präoperativ und je nach Studiendesign an verschiedenen Tagen postoperativ durchgeführt wurde. In allen vier Untersuchungen entwickelten Teilnehmer in Interventions- und Kontrollgruppen zwischen POD1 und 3 milde oder moderate Formen von Atelektasen, wobei die IS-Gruppen zu keinem Zeitpunkt signifikant bessere prozentuale Zahlen aufweisen konnten.

Interessanterweise zeigt die prozentuale Anzahl der Patienten mit Atelektasen zwischen den einzelnen Studien in der Zeit von POD1-3 eine beträchtliche Divergenz auf, welche an POD3 besonders auffällig ist. Diese Unterschiede lassen sich womöglich dadurch erklären, dass die Studien von Oikkonen et al. (1991) und Savci et al. (2006) mehr als 95% der Probanden in die Messung von POD3 involvierten, während die Prozentzahl bei Crowe et al. (1997) lediglich bei 54% lag. Da bei letzteren eine zufällige Stichprobe repräsentiert wird, ist dieses Resultat somit im Zwischenstudienvergleich nicht reliabel. Der prozentuale Unterschied der Atelektasenentwicklung ist allenfalls auch dadurch zu erklären, dass die Definition der Schweregradeinteilung in diesen drei Studien nicht einheitlich ist oder ganz fehlt. Somit kann nicht nachvollzogen werden, ab welchem Stadium Atelektasen dokumentiert wurden. Aufgrund der relativ kleinen Gruppengrössen von Oikkonen et al. (1991) und Savci et al. (2006) könnten die dokumentierten Zahlen auch aus Zufall entstanden sein. Als weitere Erklärung nennt Westerdahl et al. (2001) die heterogenen Messtage oder die Tatsache, dass KPT als Grundtherapie nicht einheitlich verwendet wurde.

Crowe et al. (1997) formulierten folgende Hypothese weshalb der IS, verglichen mit der Kontrollgruppe, kein signifikantes Ergebnis bezüglich Atelektasenentwicklung erzielte. Aufgrund ungenügender Überprüfbarkeit des Eigentrainings wurde der IS laut den Autoren nicht adäquat angewendet. Deshalb konnte möglicherweise, trotz des beobachteten positiven Trends, kein signifikantes Ergebnis registriert werden.

Die Studie von Savci et al. (2006), zeigt einen weiteren interessanten Aspekt auf. Sie konnten als einzige Untersuchung in der IS-Gruppe eine Reduktion der Atelektasen bis zum POD3 verzeichnen, wobei jedoch kein signifikanter Zwischengruppenunterschied vorlag. Dieses Resultat ist womöglich durch die vergleichsweise frühe Mobilisation zu erklären, die laut Stiller (1994) die wichtigste Intervention nach einer Operation darstellt.

Zusammenfassend wird anhand der vorliegenden Ergebnisse dem IS kein signifikanter Effekt bezüglich der Entwicklung von Atelektasen im postoperativen Verlauf bei Patienten nach CABG zugesprochen.

4.3 Effekt des Inzentiven Spirometers auf die arteriellen Blutgaswerte

Die Frage, ob die Anwendung des IS bei Patienten nach CABG zu einer Verbesserung der arteriellen Blutgaswerte führt, wurde in 4(5) Studien anhand der Parameter $\text{PaO}_2 / \text{PaCO}_2$ und $\text{SpO}_2 / \text{SaO}_2$ untersucht.

4.3.1 Sauerstoffpartialdruck (PaO_2) / Kohlendioxidpartialdruck (PaCO_2)

In 3(5) Studien wurde der Effekt des IS auf die arteriellen Blutgaswerte anhand Partialdruckanalyse von Sauerstoff und Kohlendioxid ermittelt. In allen untersuchten Gruppen wurden präoperativ signifikant höhere PaO_2 -Werte als an POD1 verzeichnet. Dieses Ergebnis kann mit den Operationsumständen erklärt werden, wie bereits in Abschnitt 4.1 beschrieben. Die Probanden beider Gruppen in der Untersuchung von Oikkonen et al. (1991) zeigten eine negative Tendenz bis zu POD3. In den Messungen von Matte et al. (2000) verschlechterten sich die PaO_2 -Werte bis POD2 kontinuierlich, mit Ausnahme jener der Kontrollgruppen, welche eine signifikante Steigerung aufzeigten. Die Wirksamkeit des IS auf die alveolare

Rekrutierung und somit auf die Oxygenierung ist im Vergleich zur maschinellen Atemtherapie somit möglicherweise geringer.

Erstaunlicherweise entwickelten die Probanden der drei Untersuchungen trotz signifikanter Atelektasenbildung und Reduktion des PaO₂-Wertes an POD1 zu keinem Zeitpunkt eine klinisch relevante Hypoxämie oder Hyperkapnie. Oikkonen et al. (1991) konnten keinen offensichtlichen Zusammenhang zwischen Atelektasenbildung und reduziertem PaO₂ aufzeigen. Bezüglich PaCO₂ wurde in allen Studien in der gemessenen Zeitspanne ein konstanter Wert registriert, welcher zu keinem Zeitpunkt signifikant angestiegen ist.

Trotz Inkongruenz bezüglich Messdaten und Dokumentation der arteriellen Sauerstoff- und Kohlendioxidpartialdrücke, welche einen studienübergreifenden Vergleich erschweren, zeigt der IS in Relation zu den Kontrollinterventionen kein signifikant besseres Resultat auf die postoperative Entwicklung der arteriellen Blutgaswerte PaO₂ und PaCO₂ auf.

4.3.2 Sauerstoffsättigung (SpO₂ / SaO₂)

Die signifikante Wirkung des IS bei auf die Sauerstoffsättigung im Blut wurde in keiner der zwei involvierten Studien, welche diese untersuchten, bestätigt.

Savci et al. (2006) beobachteten jedoch unmittelbar nach der ersten Anwendung von IS und ACBT je eine signifikante Verbesserung des SaO₂-Wertes. Die Autoren schliessen daraus, dass trotz fehlendem Zwischengruppenunterschied die Therapie mittels IS und ACBT bereits nach einer Behandlung in einer Verbesserung der alveolären Ventilation resultiert. Obschon dieses Ergebnis den Nutzen des IS befürwortet, muss es kritisch betrachtet werden, da bei einer einzelnen BGA die Reliabilität nicht gegeben ist. Ausserdem wird der studienübergreifende Vergleich erschwert, da die Parameter SpO₂ und SaO₂ nur in je einer Studie als Messvariable eingesetzt wurden.

Zu erwähnen wäre abschliessend, dass PaO_2 zur Beurteilung des Sauerstoffanteils im arteriellen Blut allgemein als zuverlässigste Variable gilt, da sie im Gegensatz zu SpO_2 und SaO_2 hämoglobinunabhängig und somit genauer ist.

Zusammenfassend kann postuliert werden, dass die Therapie mit dem IS anhand der vorliegenden Ergebnisse weder im Vergleich zu KPT als auch mit den genannten Kontrolltherapien in einer signifikanten Verbesserung der Lungenfunktion, der Atelektasenentwicklung sowie der arteriellen Blutgaswerte resultiert. Dabei überzeugten besonders die Studien von Crowe et al. (1997) und Dias et al. (2011) mit der Wahl des Gruppendesigns (siehe Tabelle III, Abschnitt 1.3). Die signifikante Wirksamkeit des IS auf die genannten Parameter bei Patienten nach CABG kann somit evidenzbasiert nicht nachgewiesen werden.

4.4 Vergleich zwischen Inzentivem Spirometer und CPAP / NIV-2P

Die einzigen signifikanten Zwischengruppenunterschiede bezüglich der analysierten Parameter brachte die Untersuchung von Matte et al. (2000) hervor, in welcher die Kontrollgruppen Therapie mittels maschinellen Atemhilfsgeräten erhielten. Die signifikant besseren Werte bei Einsatz von CPAP oder NIV-2P, verglichen mit dem IS, können auf verschiedene Gründe zurückzuführen sein. Fernandez, Blanch und Vallez (1993, zitiert nach Matte et al., 2000) belegten, dass der Gebrauch eines CPAP-Gerätes den Kollaps von Alveolen verhindert und eine bessere alveoläre Rekrutierung erlaubt. Dies kann eine Erklärung für die postoperativ überlegenen Werte in den Kontrollgruppen darstellen. Laut Savci et al. (2006) hat der Gebrauch des IS jedoch ebenfalls einen positiven Effekt auf die alveoläre Ventilation. Möglicherweise wurde der IS allerdings aufgrund fehlender Supervision nicht oft genug oder inadäquat eingesetzt, wodurch eine allfällige Wirkung vermindert wurde.

Patienten weisen postoperativ bei der vertieften aktiven Inspiration häufig thorakale Schmerzen auf. Ein Vorteil von CPAP und NIV-2P besteht darin, dass mittels mechanischer Hilfe, ohne aktive Mithilfe des Anwenders, eine schmerzfreie Intervention ermöglicht wird. Zudem kann der positive Effekt nicht nur tagsüber, sondern auch in der Nacht genutzt werden, wo laut Claman, Piper, Sanders, Stiller und Votteri (1996, zitiert nach Matte et al., 2000) sogar eine bedeutsamere

Hypoventilation als am Tag beobachtet wurde. Vermutlich bietet diese Therapieform besonders für Patienten mit verminderter Compliance oder schwachem Allgemeinzustand eine gute Alternative zu manuellen Atemtrainern. Trotz der Überlegenheit gegenüber dem IS, kann diese maschinelle Beatmungsform aufgrund der erheblichen Preisdifferenz jedoch nicht in jedem Fall verwendet werden.

Somit wird der Intervention mittels CPAP und NIV-2P verglichen mit dem IS eine tendenziell bessere Wirkung bezüglich der Lungenfunktion, der Atelektasenentwicklung und der arteriellen Blutgaswerten bei Patienten nach CABG zugesprochen. Um aus dieser Analyse eine evidenzbasierte Empfehlung an die Praxis zu formulieren, wären zudem weitere Studien, welche IS mit CPAP / NIV-2P vergleichen, nötig. Deshalb muss dieses Ergebnis kritisch betrachtet werden.

4.5 Qualität und Heterogenität der verwendeten Studien

Die Qualität der ausgewählten Studien wurde anhand der PEDro-Kriterien beurteilt, welche im Anhang unter Tabelle A1 zusammengefasst sind. Bei den fünf Hauptstudien handelt es sich ausschliesslich um RCT's, welche mit jeweils vier bis sechs erreichten Punkten auf der PEDro-Skala eine mittelmässig bis gute methodologische Qualität aufzeigen. Da mit Ausnahme der Messung keine Verblindung und Intention-to-Treat-Analyse durchgeführt wurden, mussten alle fünf Studien Bias verzeichnen. Ausserdem erhielten Interventions- und Kontrollgruppen jeweils unterschiedliche Therapien, weshalb bezüglich Outcomes ein gewisser Placebo-Effekt nicht ausgeschlossen werden kann.

Die in der vorliegenden Übersichtsarbeit untersuchten Parameter zu Lungenfunktion, arteriellen Blutgaswerte und Atelektasenentwicklung waren in unterschiedlichem Ausmass Inhalt aller verwendeten Studien. Der Vergleich zwischen den einzelnen Untersuchungen wurde allerdings dadurch erschwert, dass keine einheitlichen postoperativen Messtage gewählt wurden. Weitere Faktoren, welche die Homogenität in Frage stellen sind einerseits abweichende oder fehlende Angaben zu Dosierung und Überprüfbarkeit des Eigentrainings mit dem IS und andererseits ist innerhalb der Studien keine einheitliche Definition bezüglich Atelektase existent, wodurch grosse Diskrepanzen vorliegen.

Mit 35 bis 185 Probanden war die Stichprobengrösse der fünf Hauptstudien normal bis gross, bei tendenziell kleiner Interventionsgruppe (12 bis 90 Teilnehmer). Die Übertragbarkeit auf die Gesamtpopulation muss damit in Frage gestellt werden. Diese Aussage wird bestärkt durch die Tatsache, dass insgesamt deutlich mehr Männer als Frauen teilnahmen, wobei die Untersuchung von Savci et al. (2006) sogar ausschliesslich männliche Patienten einbezog. Bei den einzelnen Studienpopulationen liegt ausserdem eine Ungleichheit des präoperativen Gesundheitszustandes vor. In drei Studien zählten kardiale oder pulmonale Vorerkrankungen zu den Ausschlusskriterien, während Dias et al. (2011) sowohl High- als auch Low-risk-Patienten und Crowe et al. (1997) ausschliesslich High-risk-Patienten in die Studie einschloss. Des Weiteren bildete KPT die Grundlage von allen Interventions- und Kontrollgruppen in allen involvierten Studien, wobei aber Heterogenität bezüglich den Interventionstechniken und deren Anwendungsdauer besteht. Zu erwähnen ist abschliessend die Zeitperiode des Follow-up, welche in allen Studien zwischen POD1-POD5 lag und somit sehr kurz gewählt wurde.

Die verwendeten Studien weisen zusammenfassend Qualitätseinbussen auf, weshalb die Aussagekraft kritisch hinterfragt werden sollte. Die Anzahl an qualitativ hochwertigen und vergleichbaren Studien zu diesem Thema ist beschränkt, wodurch ein dringender Bedarf an weiterführender Forschung besteht.

4.6 Theorie-Praxis-Transfer

Anhand der erworbenen Erkenntnisse aus dem aktuellen Forschungsstand, kann nach intensiver Auseinandersetzung mit fünf erlesenen Studien eine relevante Verbindung zur Praxis hergestellt werden. Diese Übersichtsarbeit zeigt, dass konventionelle Interventionen wie manuelle Atemtherapie, Sekretolysetechniken oder frühzeitige Mobilisation in der akuten postoperativen Versorgung von Patienten nach CABG dem IS gleichgestellt oder gar überlegen sind. Die Evidenz der signifikanten Wirkung des IS auf die Lungenfunktion, Atelektasenentwicklung und arteriellen Blutgaswerte ist nicht gegeben. Aufgrund der intensiven Nutzung des IS im physiotherapeutischen Alltag in der Schweiz ist dieses Resultat bezüglich der Betreuung von Patienten nach CABG von grosser Bedeutung.

Durch das visuelle Feedback ist der IS allerdings benutzerfreundlich und kann auch ohne Beisein eines Therapeuten angewendet werden, was die Selbständigkeit des Patienten fördert. Ausserdem kann er anhand der Volumenanzeige als Verlaufszeichen genutzt werden. Bezüglich diesen variablen, nicht evidenzbasierten Vorteilen ist der Gebrauch des IS bei Patienten nach CABG sicherlich eine Option. Die Tatsache, dass die Anwendung des IS im Zwischengruppeneffekt in keiner Studie zu einer signifikanten Verschlechterung der untersuchten Parameter führte bekräftigt diese Aussage.

Zusammenfassend muss jedoch festgehalten werden, dass unter Berücksichtigung der Evidenzlage die Verwendung des IS bei Patienten nach CABG nicht empfohlen wird. Akteure im Berufsfeld Physiotherapie sollten die positiven Aspekte mit der fehlenden Evidenz der signifikanten Wirkung des IS abwägen und entscheiden, ob eine Indikation für die Verwendung des IS bei der genannten Patientengruppe gegeben ist.

Die vorliegende Bachelorarbeit untersuchte die Frage, ob die signifikante Wirkung des IS auf die Lungenfunktion, die Entwicklung von Atelektasen sowie die Verbesserung der arteriellen Blutgaswerte bei Patienten nach CABG tatsächlich gegeben ist. Durch die sorgfältige Literaturrecherche und anschliessende kritische Analyse der verwendeten Hauptstudien, kann gezeigt werden, dass die Therapie mittels IS keinen signifikanten Nutzen bezüglich der genannten Parameter hervorbringt, wodurch die weite Verbreitung laut aktueller Evidenzlage nicht gerechtfertigt ist.

5. Schlussfolgerung

Der positive Nutzen von adäquater postoperativer Physiotherapie nach CABG ist schon lange erwiesen (Thoren, 1954, zitiert nach Oikkonen et al, 1991). Aufgrund des breiten Spektrums an atemphysiotherapeutischen Massnahmen nach besagter Operation, wurde die Effektivität der einzelnen Methoden in der Forschungsliteratur der letzten 20 Jahren intensiv diskutiert. Eine dieser Interventionsmöglichkeiten ist der Gebrauch des IS. Dieser Atemtrainer wird zwar in der Klinik sehr häufig verwendet (Dias et al., 2011), über den Einsatz des IS bei Patienten nach CABG herrscht allerdings grosse Uneinigkeit. Besonders auffällig ist die Divergenz zwischen evidenzbasierten, wissenschaftlichen Erkenntnissen und der Handhabung in der physiotherapeutischen Praxis. Daraus resultierte ein dringender Bedarf, die Evidenzlage bezüglich Wirksamkeit des IS auf die Lungenfunktion, die arteriellen Blutgaswerte sowie die Entwicklung von Atelektasen bei Patienten nach CABG zu prüfen. Dies wurde demnach als Ziel der vorliegenden Bachelorarbeit definiert.

Anhand einer umfassenden Literaturrecherche konnten fünf Studien mit methodologisch guter Qualität, geeignetem Design und einer hohen Übereinstimmung zur genannten Thematik selektioniert werden. Nach sorgfältiger Analyse dieser RCT's kann entgegen der angenommenen Hypothese festgehalten werden, dass keine der fünf Hauptstudien eine signifikante Wirkung des IS auf die postoperative Lungenfunktion, die Atelektasenentwicklung sowie die arteriellen Blutgaswerte bei Patienten nach CABG aufzeigt. Der signifikante Nutzen des IS auf die genannten Parameter kann somit evidenzbasiert nicht nachgewiesen und demnach die Verwendung nicht empfohlen werden.

Trotzdem ist der Einsatz des IS in der Klinik weit verbreitet (Carvalho et al. 2011). Die einfache Bedienung und tiefen Kosten stellen mögliche Gründe für diese Diskrepanz zwischen der Handhabung in der Klinik und den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen dar. Wird jedoch der Gesamtkostenaufwand eines Spitals für alle verordneten Atemtrainer bei Patienten nach CABG betrachtet, summiert sich dieser zu einem beachtlichen Betrag, was den Vorteil der niedrigen Kosten relativiert. Der IS findet in der Klinik oftmals auch als Verlaufszeichen und Heimtrainer Anwendung, was wiederum eine Erklärung für den häufigen Einsatz sein

könnte. Die Überprüfung der effektiven Durchführung der Atemübungen mit dem IS erwies sich jedoch in allen Studien als schwierig, weshalb deren Resultat kritisch betrachtet werden muss. Somit besteht die Notwendigkeit, weiterführende Studien mit besserer Überprüfbarkeit der Interventionen, grösserer Stichprobe zur optimierten Übertragbarkeit auf die Gesamtbevölkerung, sowie hoher Vergleichbarkeit bezüglich Interventionen und Dosierung zu generieren.

6. Verzeichnisse

6.1 Literaturverzeichnis

- Bakow, E.D. (2002). Atelectasis. In J.K. Stoller, E.D. Bakow & D.L. Longworth (Eds.), *Critical Diagnostic Thinking in Respiratory Care: A CASE-BASED APPROACH* (273-278). Philadelphia, Pennsylvania: W.B. Saunders Company.
- Becker, C. (2007). Pflegesituation 9. In S. Schewior-Popp & R. Fischer (Eds.), *Examen Pflege: Schriftliche Prüfung Tag 2* (198-207). Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
- Bösch, D. & Criée, C.-P. (2007). *Lungenfunktionsprüfung: Durchführung, Interpretation, Befundung*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Bypass oder Katheter? Klärung im Dienst der Herzpatienten* (2010).
Medienmitteilung 13. September 2010 der Schweizerischen Herzstiftung.
Heruntergeladen von
http://www.swissheart.ch/uploads/media/Bypass_oder_Stent_Syntaxstudie.pdf
- Carvalho, C.R.F., Paisani, D.M. & Lunardi, A.C. (2011). Incentive spirometry in major surgeries: a systematic review. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 15(5), 343-350.
- Crowe, J.M. & Bradley, C.A. (1997). The Effectiveness of Incentive Spirometry With Physical Therapy for High-Risk Patients After Coronary Artery Bypass Surgery. *Physical Therapy*, 77(3), 260-268.
- Dias, C.M., Vieira, Rde. O., Oliveira, J.F., Lopes, A.J., de Menezes, S.L.S. & Guimarães, F.S. (2011). Three physiotherapy protocols: Effects on pulmonary volumes after cardiac surgery. *Journal Brasileiro de Pneumologia*, 37(1), 54-60.
- Eisenhuber-Stadler, E., Partik, B., Pokieser, P. & Schaefer-Prokop, C. (2011). Bildgebende Verfahren: Röntgen, Ultraschall, CT, Nuklearmedizin. In H. Burchardi, R. Larsen, G. Marx, E. Muhl & J. Schölmerich (Eds.), *Die Intensivmedizin* (189-234). Berlin Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Erdmann, E. (2011). *Klinische Kardiologie: Krankheiten des Herzens, des Kreislaufs und der herznahen Gefässe*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Freitas, E.R.F.S., Soares, B., Cardoso, J.R. & Atallah, Á.N. (2009). Incentive spirometry for preventing pulmonary complications after coronary artery

- bypass graft (Review). *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 1. doi: 10.1002/14651858.CD004466.pub2.
- Gebert, G. & Thomas, C. (1996). Herz-Gefässe. In C. Thomas (Ed.), *Spezielle Pathologie* (156-212). Stuttgart: F.K. Schattauer Verlagsgesellschaft mbH.
- Geidel, S. & Ostermeyer, J. (2011). Chirurgische Therapie. In W. Domschke et al. (Eds.). *Therapie-Handbuch Innere Medizin: Sonderedition 2011/2012* (31-39). München: Elsevier GmbH.
- Göhring, H. (2009). *Physiotherapie in der Inneren Medizin*. A. Hüter-Becker & M. Dölken, (Eds.). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Hafermalz, M. (2008). Einfluss der präoperativen myokardialen Ischämiebelastung auf die 30-Tage-Mortalität nach ACVB-Operation (Dissertation, Medizinische Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin, 2008).
- Haber, P. (2007). *Lungenfunktion und Spiroergometrie: Interpretation und Befunderstellung*. Wien: Springer-Verlag.
- Herzbypassoperation*. Heruntergeladen von <http://herzundgefaesse.insel.ch/de/herzchirurgie/bypasschirurgie/>
- Hillegass, E.A., Sadowsky, H.S. (2001). *Essentials of Cardiopulmonary Physical Therapy*. Philadelphia, PA: Saunders
- Kaltenbach, M. & Reifart, N. (2000). Therapie der Angina pectoris. In M. Kaltenbach (Ed.), *Kardiologie kompakt* (147-167). Darmstadt: Dr. Dietrich Steinkopff Verlag, GmbH & Co. KG.
- Kirchner, P. (2005). Physiotherapeutische Atemtherapie. In A. Hüter-Becker & M. Dölken (Eds.), *Behandeln in der Physiotherapie* (93-161). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Koronare Bypasschirurgie*. Heruntergeladen von <http://www.herzzentrum.ch/de/herzchirurgie/bypasschirurgie.asp>
- Lackner, K.-J. (2006). Geschichte und technisch-physikalische Grundlagen. In E. Bücheler, K.-J. Lackner & M. Thelen (Eds.), *Einführung in die Radiologie: Diagnostik und Interventionen* (1-44). Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
- Lange, R. (2006). Herzchirurgie. In J.R. Siewert, *Chirurgie* (361-432). Berlin Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Larsen, R. (2012). *Anästhesie und Intensivmedizin in der Herz-, Thorax- und Gefässchirurgie*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

- Larsen, R. & Ziegenfuss, T. (2004). *Beatmung: Grundlagen und Praxis*. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag.
- Lorenz, J. & Nowak, D. (2004). *Checkliste XXL: Pneumologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Matte, P., Jacquet, L., Van Dyck, M. & Goenen, M. (2000). Effects of conventional physiotherapy, continuous positive airway pressure and non-invasive ventilatory support with bilevel positive airway pressure after coronary artery bypass grafting. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 44, 75-81.
- Mettler, F.A. (2006). *Klinische Radiologie: Basiswissen für alle Fachgebiete*. München: Elsevier GmbH.
- Meyer, J., Bockisch, A., Darius, H., Heusch, G., Hort, W., Moor-Kahaly, S., Rupprecht, H.-J., Voigtländer, T. (2006). Koronare Herzkrankheit und Herzinfarkt. In: Erdmann, E., *Klinische Kardiologie: Krankheiten des Herzens, des Kreislaufs und der Gefässe* (27-142). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Müller-Nothmann, S.-D., Weissenberger, C. (2008). *Ernährungsratgeber Herz und Gefässe*. Hannover: Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.
- Oczenski, W. (2008). *Atmen-Atemhilfen: Atemphysiologie und Beatmungstechniken*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
- Oikkonen, M., Karjalainen, K., Kähärä, V., Kuosa, R. & Schavikin, L. (1991). Comparison of incentive spirometry and intermittent positive pressure breathing after coronary artery bypass graft. *Chest*, 99(1), 60-65.
- Overend, T.J., Anderson, C.M., Lucy, S.D., Bhatia, C., Jonsson, B.I. & Timmermans, C. (2001). The Effect of Incentive Spirometry on Postoperative Pulmonary Complications: A Systematic Review. *Chest*, 120(3), 971–978.
- Piper, W. (2007). *Innere Medizin*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Proschek, P. & Vogl, T.J. (2011). Thorax, Mediastinum. In T.J. Vogl, W. Reith & E.J. Rummeny (Eds.), *Diagnostische und Interventionelle Radiologie* (489-610). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Reid, W. D. & Chung, F. (2004). *Clinical Management Notes and Case Histories in Cardiopulmonary Physical Therapy*. Thorofare, NJ: SLACK Incorporated.

- Restrepo, R.D., Wettstein, R., Wittnebel, L. & Tracy, M. (2011). AARC Clinical Practice Guideline: Incentive Spirometry: 2011. *Respiratory Care*, 56(10), 1600-1604.
- Reuter, P. (2004). *Springer Lexikon Medizin*. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag.
- Roskamm, H., Neumann, F.-J., Kalusche, D. & Bestehorn H.-P. (2004). *Herzkrankheiten: Pathophysiologie, Diagnostik, Therapie*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Savci, S., Sakiç, S., Ince, D.I., Arikan, H., Can Z., Buran, Y., Kuralay, E. (2006). Active cycle of breathing techniques and incentive spirometer in coronary artery bypass graft surgery. *Fizyoterapi Rehabilitasyon*, 17(2). 61-69.
- Schoenenberger, A.W. & Erne, P. (2009). Koronare Herzkrankheit - Definitionen und Epidemiologie. *Therapeutische Umschau*, 66, 223-229. doi: 10.1024/00405930.66.4.223
- Sheldon, R.L. (2005). Chapter 9: Clinical Application of the Chest Radiograph. In R.L. Wilkins, R.L. Sheldon & S.J. Krider (Eds.), *Clinical Assessment in Respiratory Care* (165-190). St. Louis, Missouri: Elsevier Mosby.
- Siewert, J.R. (2001). *Chirurgie*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Steffel, J. & Lüscher, F. (2011). *Herz-Kreislauf*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Striebel, H.W. (2010). *Die Anästhesie: Band 1: Grundlagen und Praxis*. Stuttgart: Schattauer GmbH.
- Thieme (Ed.). (2009). *Gesundheits- und Krankenpflege: EXPRESS Pflegewissen*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
- Ulmer, W.T. (Ed.). (2004). *Lungenfunktions-Manual: Nach den Richtlinien der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- van Gestel, A.J.R. & Teschler, H. (2010). *Physiotherapie bei chronischen Atemwegs- und Lungenerkrankungen: Evidenzbasierte Praxis*. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag.
- Wagner, J., (1991). *Praktische Kardiologie: Für Studium, Klinik und Praxis*. Berlin: Walter de Gruyter & Co.
- Weindler, J. & Kiefer, R.-T. (2001). The Efficacy of Postoperative Incentive Spirometry Is Influenced by the Device-Specific Imposed Work of Breathing. *Chest*, 119(6), 1858-1864.

- Westerdahl, E., Lindmark, B., Almgren, S.O. & Tenling, A. (2001). Chest physiotherapy after coronary artery bypass graft surgery: a comparison of three different deep breathing techniques. *Rehabilitation Medicine* 33(2), 79-84.
- Westerdahl, E., Lindmark, B., Eriksson, T., Friberg, Ö., Hedenstierna, G. & Tenling, A. (2005). Deep-Breathing Exercises Reduce Atelectasis and Improve Pulmonary Function After Coronary Artery Bypass Surgery. *Chest*, 128, 3482-3488.
- Wilpsbäumer, S. & Ullrich, L. (2005). Förderung der Atmung und Atemtherapie. In L. Ullrich, D. Stolecki & M. Grünewald (Eds.), *Thiemes Intensivpflege und Anästhesie* (96-121). Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
- Wirthmann, C. (2004). Pflege des Intensivpatienten. In H. Burchardi, R. Larsen, H.-P. Schuster & P.M. Suter (Eds.), *Die Intensivmedizin* (51-62). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Ziemer, G. & Haverich, A. (2010). *Herzchirurgie: Die Eingriffe am Herzen und an den herznahen Gefässen*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

6.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle I:	Treffer in Pubmed.....	7
Tabelle II:	Darstellung des Rechercheprozess.....	7
Tabelle III:	Übersicht der verwendeten Gruppendesigns	8
Tabelle IV:	Übersicht der 5 Hauptstudien mit inkludierten Parametern	9
Tabelle V:	Beschreibung der statischen und dynamischen Lungenfunktionsparameter (modifiziert nach Bösch et al., 2007; van Gestel & Teschler, 2010).....	22
Tabelle VI:	Beschreibung der Blutgasanalyseparameter (modifiziert nach Bösch et al., 2007; van Gestel et al., 2010)	23
Tabelle VII	Übersicht der relevanten Fakten und der fünf Hauptstudien	37

6.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Koronararteriensystem. Verfügbar unter: <a href="http://www.herzklini-
muenchen.de/fachkreise/erwachsenen-herzchirurgie/koronare-
herzerkrankung/">http://www.herzklini- muenchen.de/fachkreise/erwachsenen-herzchirurgie/koronare- herzerkrankung/	11
Abbildung 2:	Möglichkeiten der Bypassversorgung (Steffel et al., 2011).....	11
Abbildung 3:	Triflo II: Flow-orientierter Inzentiver Spirometer. Verfügbar unter: <a href="http://www.sissel.fr/product/fr/fr/c/s-
reeducation_respiratoire/8463_triflo_ii_inspiration_maximale_soutenu
e.php">http://www.sissel.fr/product/fr/fr/c/s- reeducation_respiratoire/8463_triflo_ii_inspiration_maximale_soutenu e.php	20
Abbildung 4:	Voldyne 5000: Kombiniertes Inzentiver Spirometer. Verfügbar unter: http://www.usmedicalsupplies.com/719009Huds.html	20
Abbildung 5:	Spirogramm (van Gestel et al., 2010).....	24

6.4 Abkürzungsverzeichnis

A.	Arterie (lat. Arteria)
a.-p.	anterior-posterior
API	Alternative Physiotherapeutische Intervention
ACBT	Active Cycle of Breathing Techniques (<i>siehe Glossar</i>)
AVCB	Aortokoronarer Venenbypass (Aorto Coronary Vein Bypass)
BIPAP	Biphasische Überdruckbeatmung (Bilevel Positive Airway Pressure) (<i>siehe Glossar</i>)
BGA	Blutgasanalyse
BS	Breath-Stacking (<i>siehe Glossar</i>)
bzw.	beziehungsweise
CABG	Koronararterien- Bypass- Operation (Coronary Artery Bypass Graft)
COPD	Chronische obstruktive Lungenerkrankung (Chronic Obstructive Pulmonary Disease)
CPAP	Kontinuierliche Überdruckbeatmung (Continuous Positive Airway Pressure) (<i>siehe Glossar</i>)
CVS	Herzklappenchirurgie (Cardiac Valve Surgery)
D	Tag
DBE	Deep Breathing Exercises
FVC	Forcierte Vitalkapazität (Forced Vital Capacity)
FEV ₁	Forcierte Einsekundenkapazität (Forced Expiratory Volume in one second)
ICU	Intensivstation (Intensive Care Unit)
IG	Interventionsgruppe
IMA	Arteria Mammaria Interna (= A.thoracica interna) (Internal Mammaria Artery)
Insp.	Inspiration
IPPB	Intermittent Positive Pressure Breathing (<i>siehe Glossar</i>)
IS	Inzentiver Spirometer
KG	Kontrollgruppe
KHK	Koronare Herzkrankheit (<i>siehe Glossar</i>)
KPT	Konventionelle Physiotherapeutische Techniken

LIMA	Linke Arteria Mammaria Interna
m	männlich
MIDCAP	Direkter Minimal Invasiver Koronararterien-Bypass (Minimally-Invasive Direct Coronary Artery Bypass)
n	Anzahl
NIV-2P	Noninvasive Ventilation auf zwei Atemdrucklevel
OPCAB	Koronararterien-Bypass ohne Herz-Lungen-Maschine (Off-Pump-Coronary-Artery-Bypass)
p.-a.	posterior-anterior
PaO ₂	Arterieller Sauerstoffpartialdruck
PCO ₂ / PaCO ₂	Arterieller Kohlendioxidpartialdruck
Pat.	Patient(en)
PEdro	Physiotherapy Evidence Database (<i>siehe Glossar</i>)
PEP	Positiver expiratorischer Druck (Positive Expiratory Pressure)
PIP	Post Inspiratorische Pause
POD	postoperativer Tag (Post Operative Day)
R.	Ramus
RCA	Rechte Koronararterie (Right Coronary Artery)
RCT	Randomisierte kontrollierte Studie
RCX	Ramus circumflexus
RIMA	Rechte Arteria Mammaria Interna (A. thoracica interna)
RIVA	Ramus interventricularis anterior
SaO ₂	Arterielle Sauerstoffsättigung
sign.	signifikant
SMI	aufrechterhaltene maximale Einatmung (Sustained Maximal Inspiration)
SpO ₂	Partielle arterielle Sauerstoffsättigung
TECAB	Komplette endoskopische und computerassistierte Revaskularisation (Totally Endoscopic Coronary Artery Bypass)
u.A.	unter Anderen/m
u.U.	unter Umständen
V.	Vene
Vgl.	Vergleich

VC	Vitalkapazität (Vital Capacity)
VR	Klappenersatz (Valve Replacement)
vs.	versus
w	weiblich
wo	Woche
z.B.	zum Beispiel

6.5 Glossar

ACBT	Selbsthilfetechnik zur Reinigung der Atemwege mittels Mobilisierung und Entfernung von unerwünschtem Bronchialsekret
Asystolie	Herzstillstand: Stillstand der elektrischen, bzw. mechanischen Herzkontraktion
Atherom	Schwellung (gutartiger Tumor), in der Unterhaut (Epidermis) lokalisiert
BS	Sekretolysetechnik und Mobilisation von Lunge und Thorax. Der Patient atmet durch ein Mundstück, welches über eine Kanüle und zwei Einwegventilen mit einem Ambubeutel verbunden ist, ein. Dabei dienen die Einwegkanülen der Volumensteigerung durch Unterstützung der Inspiration und Verhinderung der Expiration. Ausserdem wird eine Nasenklammer aufgesetzt. Durch komprimieren des Ambubeutel wird die normale Inspiration unterstützt. Der Patient soll diesen Vorgang ohne Auszuatmen solange wiederholen, bis das totale Lungenvolumen erreicht ist. Anschliessend wird nach fünf Sekunden PIP wird ausgeatmet.
BIPAP	Form der Überdruckbeatmung, mit vorgegebenem oberem (inspiratorischen, IPAP.) und unterem (expiratorischen, EPAP) Druckniveau. Durch den vorgegebenen Druck wird der Patient kontrolliert beatmet, kann allerdings jederzeit seine Spontanatmung einsetzen.
CPAP	Form der Überdruckbeatmung bei welcher die eigene Atmung erforderlich ist. Durch druckunterstützte Ein- und Ausatmung gegen einen kontinuierlichen positiven Atemwegssdruck wird die Spontanatmung unterstützt, wobei der Patient seine Atemtiefe, Atemfrequenz und den Flow selber bestimmen kann.
Diaphragma	Zwerchfell
Extubation	Entfernung eines Beatmungsschlauches
Graft	Transplantat (Bypassgraft: Gefässtransplantat, welches für den Bypass verwendet wird

Intimahyperplasie	Intima: Innerste Schicht von Blut- & Lymphgefässen Hyperplasie: Vergrösserung eines Gewebes / Organs anhand Zunahme der Zellzahl
Inzision	operativer Einschnitt in ein Gewebe
Kardioplegie	künstlich herbeigeführter Herzstillstand
KHK	Bezeichnung für Krankheiten, die durch Stenosen oder Verschlüsse der Herzkranzarterien (Koronararterien) hervorgerufen werden. Dazu gehören vor allem Angina pectoris, Herzinfarkt und Herz-Kreislauf-Stillstand (plötzlicher Herztod). Die Verengung der Herzkranzarterien führt zu einer Mangeldurchblutung (Ischämie) des Herzmuskels. Ursache ist meistens Arteriosklerose. Synonyme: stenosierende Koronarsklerose, koronare Herzerkrankung degenerative Koronarerkrankung, ischämische Herzerkrankung
Myokard	Herzmuskel
NIV-2P	siehe. <i>BIPAP</i>
PEdro	Physiotherapie Evidenz Datenbank (Physiotherapy Evidence Database): Frei zugängliche Datenbank mit RCT's, systematischen Reviews und klinischen Praxisleitlinien in der Physiotherapie. Die RCT's werden anhand definierten Kriterien auf ihre Qualität beurteilt
PTCA	Perkutane transluminale koronare Angioplastie (Percutaneous Transluminal coronary angioplasty): Erweiterung stenosierter Koronararterien mittels eines Ballonkatheters (Stent)
Stenose	Verengung

7. Danksagung

Wir möchten uns an dieser Stelle herzlich bei Herr Arnoldus van Gestel für die fachlich kompetente Betreuung bei der Entstehung dieser Bachelorarbeit bedanken. Ein weiterer besonderer Dank gilt den beiden Korrekturlesern und allen Personen aus unserem persönlichen Umfeld, die uns direkt oder indirekt unterstützt haben.

8. Eigenständigkeitserklärung

«Wir erklären hiermit, dass wir die vorliegende Arbeit selbstständig, ohne Mithilfe Dritter und unter Benutzung der angegebenen Quellen verfasst haben.»

Ort, Datum: _____

Martina Hörner

Stefanie Schmid

9. Anhang

A1. Beurteilung der Studien

Tabelle A1: Beurteilung der verwendeten Studien anhand der PEDro-Kriterien

	Comparison of incentive spirometry and intermittent positive pressure breathing after coronary artery bypass graft	The effectiveness of incentive spirometry with physical therapy for high-risk patients after coronary artery bypass surgery	Effects of conventional physiotherapy, continuous positive airway pressure and non-invasive ventilatory support with bilevel positive airway pressure after coronary artery bypass grafting	Active cycle of breathing techniques and incentive spirometer in coronary artery bypass graft surgery	Three physiotherapy protocols: effects on pulmonary volumes after cardiac surgery
<i>Zulassungskriterien (zählt nicht für PEDro skore)</i>	JA	JA	NEIN	JA	JA
1. Randomisierung der Gruppen	JA	JA	JA	JA	JA
2. Unabhängige verblindete Randomisierung	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN
3. Gruppen vor Behandlung vergleichbar	JA	JA	JA	JA	JA
4. Verblindete Patienten	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN
5. Verblindete Therapeuten	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN
6. Verblindete Messungen	JA	JA	JA	JA	NEIN
7. Nachkontrolle bei 85% der Patienten	JA	JA	JA	JA	NEIN
8. Intention-to-treat Analyse	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN	NEIN
9. Analyse : Vergleich zwischen Gruppen	JA	JA	JA	JA	JA
10. Zentrale Werte und Streuung	JA	JA	JA	JA	JA
PEDro-Score	6/10	6/10	6/10	6/10	4/10

A2. Eigenschaften der Studien

Tabelle A2: Zusätzliche Informationen bezüglich der verwendeten Studien

	Comparison of incentive spirometry and intermittent positive pressure breathing after coronary artery bypass graft	The effectiveness of incentive spirometry with physical therapy for high-risk patients after coronary artery bypass surgery	Effects of conventional physiotherapy, continuous positive airway pressure and non-invasive ventilatory support with bilevel positive airway pressure after coronary artery bypass grafting	Active cycle of breathing techniques and incentive spirometer in coronary artery bypass graft surgery	Three physiotherapy protocols : effects on pulmonary volumes after cardiac surgery
KPT	<ul style="list-style-type: none"> • Atemtechniken zur tiefen diaphragmalen Ventilation • Husten-instruktion 	<p>POD1 / ICU (1-2x/d)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lungenexpansionsmanöver: SMI • Mobilisation im Bett • Sekretmobilisation: Husteninstruktion • Thorax Vibration und Perkussion bei Bedarf <p>POD2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Siehe POD1 • + Thoraxmobilität • + Übungen für Schulter ROM <p><i>Tägliche Steigerung der Dosierung</i></p> <p>POD3</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zunehmende Gangmobilität (unter Supervision) 	<ul style="list-style-type: none"> • Hustenübungen • Aerosoltherapie • Mobilisation 	<p>Basis-KPT POD1-5</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atemtherapie: • Husten- und Huffing- Instruktion • Mobilisation • Übungen für abdominale und thorakale Atmung • Übungen zur allg. Beweglichkeit 2x/Tag, oder 10x/h, falls der Pat. nicht gehen konnte <p>Zusätzliches Aufbautraining:</p> <ul style="list-style-type: none"> • POD1: Instruktion: Sitzen an Bettkante und Aufstehen 2-3x an POD1. 30m Gehen am Morgen und 80m am Nachmittag in ICU • POD2: 5 Minuten gehen alle 2 h von 8.00-20.00 im Zimmer oder Korridor • POD3: Freie Mobilisation im Gang 	<ul style="list-style-type: none"> • Huffing • Husteninstruktion • Mobilisation • Sitzen ausserhalb des Betts • Gangmobilität an POD3, falls Patient an POD2 extubiert wurde
IS-Modell	DHD Coach	Voldyne 5000	Coach	Keine Informationen	Voldyne 5000

Fortsetzung Tabelle A2: Zusätzliche Informationen bezüglich der verwendeten Studien

	Comparison of incentive spirometry and intermittent positive pressure breathing after coronary artery bypass graft	The effectiveness of incentive spirometry with physical therapy for high-risk patients after coronary artery bypass surgery	Effects of conventional physiotherapy, continuous positive airway pressure and non-invasive ventilatory support with bilevel positive airway pressure after coronary artery bypass grafting	Active cycle of breathing techniques and incentive spirometer in coronary artery bypass graft surgery	Three physiotherapy protocols : effects on pulmonary volumes after cardiac surgery
Ausschlusskriterien	<ul style="list-style-type: none"> • Alter > 70 • Übergewicht >20% über dem Idealgewicht • COPD in der Krankheitsgeschichte • Thoraxanomalien • Frühere Thorax Operationen (inkl. CABG) • Zeichen von extrakoronaren Sklerosen • Instabile Angina pectoris • Postoperative Intubationszeit > 20h 	<ul style="list-style-type: none"> • FEV₁ >70% • FEV₁ / FVC: >0.8 • Entwicklung von hämodynamischen Komplikationen entwickelten im OP-Saal • Intubationszeit >72 Stunden • CABG + CVS 	<ul style="list-style-type: none"> • Instabiler Herz- Status • Jegliche Herzrhythmusstörungen • Intubation >24h • Bronchoemphysem • Jegliche Typen präoperativen von Atelektasen 	<ul style="list-style-type: none"> • aktueller Raucher • Cerebrovaskuläre Erkrankungen in der Krankheitsgeschichte • Dialysenpflichtige Nierendysfunktion, • Einnahme von Immunsuppressiva während 30 Tagen vor der OP • Neuromuskuläre Erkrankungen • COPD • Frühere OP am offenen Herzen oder Lunge • Kardiovaskuläre Instabilität • Aneurysma • Alter <18 Jahre • Herzauswurfleistung <50% 	<ul style="list-style-type: none"> • Pat., die präoperativ nicht getestet wurden • Reduzierte kognitive Ressourcen, welche die Anwendung von IS nicht erlauben • Keine Toleranz der Maske für die BS-Methode <p>Im Verlauf ausgeschlossen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pat die hämodynamische Komplikationen entwickelten • Intubationszeit >72h • Reintubation
OP-Verfahren	ACVB (V. saphena magna) und LIMA- Bypass	Primär IMA-Bypass	Ausschliesslich IMA-Bypass	Ausschliesslich LIMA-Bypass	Keine Informationen
Land	Amerika	Amerika	Belgien	Türkei	Brasilien

10. Wortzahl

Abstract: 195 Wörter

Gesamtdokument: 10'409 Wörter