

Unter Mitarbeit von
J. Steier · A.K. Osthoff
S. Teschler



A. J. R. van Gestel
H. Teschler

Physiotherapie bei chronischen Atemwegs- und Lungenerkrankungen

Evidenzbasierte Praxis



Springer

Arnoldus J. R. van Gestel

Helmut Teschler

Physiotherapie bei chronischen Atemwegs- und Lungenerkrankungen

Evidenzbasierte Praxis

Arnoldus J. R. van Gestel
Helmut Teschler

Physiotherapie bei chronischen Atemwegs- und Lungenerkrankungen

Evidenzbasierte Praxis

Unter Mitarbeit von J. Steier, A.K. Osthoff, S. Teschler

Mit 315 Abbildungen

Dr. Arnoldus J.R. van Gestel M.SC.PT cand.
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW)
Department Gesundheit
Technikumstrasse 71
CH 8401 Winterthur
e-Mail: vrns@zhaw.ch

Prof. Dr. Helmut Teschler
Ruhrlandklinik Essen-Heidhausen
Das Lungenzentrum
Tüschener Weg 40
45239 Essen

 Sagen Sie uns Ihre Meinung zum Buch www.springer.de/978-3-642-01434-5

Additional material to this book can be downloaded from <http://extras.springer.com>

ISBN 978-3-642-01434-5 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch, bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer Medizin
Springer-Verlag GmbH
Ein Unternehmen der Springer Science+Business Media
springer.de

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010

Printed in Germany

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Produkthaftung: Für Angaben über Dosierungsanweisungen, Applikationsformen und Normwerte kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Planung: Marga Botsch
Projektmanagement: Claudia Bauer
Lektorat: Maria Schreier, Heidelberg
Satz: Fotosatz-Service Köhler GmbH – Reinhold Schöberl, Würzburg
Layout und Umschlaggestaltung: deblik Berlin

SPIN 12590766

Gedruckt auf säurefreiem Papier 22/2122/cb – 5 4 3 2 1 0

Dankesworte

Mit dieser Veröffentlichung erscheint ein deutschsprachiges Fachbuch über die »evidenzbasierte« physiotherapeutische Behandlung lungenerkrankter Menschen. Mein besonderer Dank gilt allen Personen, die durch Engagement, Empfehlungen, Hilfe und Unterstützung dazu beigetragen haben, dass diese deutschsprachige Fassung überhaupt entstehen konnte.

*Mein Dank soll ewig Dich begleiten
Sowohl am warmen Tag als auch in der kalten Nacht
Er schütze Dich vor Pech, Problemen und Pannen
Er ermöglicht immer wieder Weiteres.*

H. Teschler (Autor)
J. Steier (Koautor)
A.K. Osthoff (Koautorin)
S. Teschler (Koautor)

M. Botsch (Planung)
C. Bauer (Projekt Management)
M. Schreier (Lektorat)

T. Rozijn (Medical Designer)
M. Nyman (Musik)
J. Hofmann (Video)

A. Schämamm (ZHAW)
P. Meyer (ZHAW)

C. Cegla (Sponsorin)
J. Flesch (Sponsor)

K. Funk (Model)
N. Kunz (Model)

B. Köhler (Unterstützung)
und
mijn lieve ouders J. und R. van Gestel

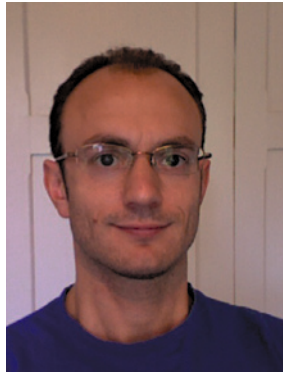
Autoren



Dr. rer. medic. A.J.R. van Gestel PT
Hochschuldozent: innere Organe und Gefässe
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW)
Departement Gesundheit
Technikumstrasse 71
CH-8401 Winterthur
Telefon: 0041-52 260 6328
E-Mail: vrns@zhaw.ch



Univ. Prof. Dr. med. Dipl. Ing. Helmut Teschler
Direktor Abt. Pneumologie
Ruhrländklinik
Westdeutsches Lungenzentrum
Tüschener Weg 40
45239 Essen
Deutschland



Dr. med. Jörg Steier
Facharzt für Innere Medizin und Pneumologie
Ruhrlandklinik
Westdeutsches Lungenzentrum
Tüschener Weg 40
D-45239 Essen
ERS Senior Clinical Research Fellow
King's College London School of Medicine
Denmark Hill Campus
London SE5 9RS
UK



Anne-Kathrin Osthoff B.Sc.Pt
Physiotherapeutin, Schweiz
Praxis für Physiotherapie



Dr. rer. medic. Sebastian Teschler
Atmungstherapeut, Physiotherapeut
AG Pneumologie Ruhrlandklinik
Tüschener Weg 40
D-45239 Essen

Sponsoren

R. Cegla GmbH & Co. KG
Medizinisch-Technische Geräte
Horresser Berg 1
56410 Montabaur
Telefon: 0 26 02/92 13-0
Telefax: 0 26 02/92 13-15
Email: info@cegla.de

ResMed Switzerland AG
Viaduktstrasse 40
CH-4051 Basel
Telefon: +41 (0) 61 564 7000
Telefax: +41 (0) 61 564 7010
E-Mail: joelf@resmed.ch

Geleitwort

Das Berufsfeld der Physiotherapeuten ist einem stetigen Wandel unterzogen. Der Ruf nach evidenz-basierter Praxis und Wirksamkeit, Zweckmäßigkeit sowie Wirtschaftlichkeit physiotherapeutischer Behandlungen in Zeiten knapper finanzieller Ressourcen wird immer eindringlicher und bedarf einer Auseinandersetzung in allen Bereichen. Zudem beträgt die Halbwertszeit medizinischen Wissens ca. 5 Jahre, wodurch eine ständig fortlaufende kritische Auseinandersetzung mit dem aktuellen Wissensstand notwendig ist.

Der Bereich »Innere Organe und Gefäße« hat in der Physiotherapie einen hohen Stellenwert. Das vorhandene Wissen und die praktische Anwendung stützen sich meist auf Erfahrungswissen und empirisches Wissen. Immer häufiger aber werden in der Literatur neue Forschungsergebnisse veröffentlicht. Die Kombination und Integration von neuem wissenschaftlichen Wissen, Erfahrungswissen und Alltagswissen (oder auch gesundem Menschenverstand) bringt eine wissenschaftlich fundierte Betrachtungsweise der physiotherapeutischen Interventionen und ist von großem Nutzen für die Patienten. Zudem wird erst auf diese Art ein professioneller Austausch zwischen allen Berufsgruppen des Gesundheitswesens möglich.

Mit diesem Praxisbuch ist es Arno van Gestel auf eindrückliche Weise gelungen, ein physiotherapeutisches Grundlagenwerk zu erarbeiten, das unmittelbar in der praktischen Arbeit mit Patienten eingesetzt werden kann. Anschaulich dargestellt halten neue Erkenntnisse Einzug in die Praxis, die in den vorgestellten Techniken umgesetzt und anhand vieler Abbildungen praktisch nachvollziehbar gemacht werden.

Ich wünsche allen Physiotherapeutinnen und -therapeuten und allen anderen Leserinnen und Lesern viel Vergnügen bei der Lektüre und deren Anwendung.

Prof. Dr. Astrid Schämänn
Physiotherapeutin, Diplom-Medizinpädagogin
Leiterin Institut Physiotherapie

Prof. Dr. Peter C. Meyer
Direktor Department Gesundheit ZHAW
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW
Technikumstr. 72, Postfach
CH-8401 Winterthur

Vorwort

Die kardiopulmonale Physiotherapie ist ein äußerst zukunftsträchtiges und ausbaufähiges medizinisches Spezialgebiet. Physiotherapeutinnen und Physiotherapeuten in der pulmonalen Rehabilitation sind gut ausgebildete, qualifizierte Fachkräfte, die in pulmonalen, intensivmedizinischen, pädiatrischen, kardiologischen, chirurgischen Abteilungen, in der Forschung und in der physiotherapeutischen Praxis einsetzbar sind. Dieses Praxisbuch dient der Unterstützung, Ergänzung und Strukturierung des Know-hows dieser qualifizierten Fachkräfte und bietet eine Gesamtdarstellung der aktuellen Assessments und Interventionen in der pulmonalen Rehabilitation.

Dieses Buch gibt eine Anleitung für die physiotherapeutische Untersuchung und nicht-medikamentöse Behandlung chronischer Atemwegs- und Lungenerkrankungen (COPD) sowie begleitender respiratorischer Störungen anderer Erkrankungen. Der Inhalt des Buches stützt sich auf Erfahrungswissen bzw. empirisches Wissen, das sich in der praktischen Tätigkeit angesammelt hat, und gibt eine Kombination der an verschiedenen Orten erlernten Methoden und Konzepte wider. Diese Inhalte von vorhandenem wissenschaftlichen Wissen, Erfahrungswissen und Alltagswissen wurden von Autoren und Coautoren aus den Niederlanden, Belgien, England, Deutschland und der Schweiz zusammengefügt und dokumentiert. Wir hoffen, dass diese wissenschaftlich fundierte Betrachtungsweise der physiotherapeutischen Assessments und Interventionen für die Patienten von großem Nutzen ist.

Pulmonale Rehabilitation ist ein komplexer Prozess und umfasst ein sehr breites Spektrum physiotherapeutischer Assessments und Interventionen, das u.a. Sekretförderung, Atemmuskeltraining, Thoraxmobilisation, aber auch ein kardiopulmonales Leistungstraining beinhaltet. Manche Konzepte und Techniken der muskulo-skelettalen Physiotherapie scheinen zwar für Patienten mit chronischen Lungenerkrankungen geeignet zu sein, sie sind jedoch nicht direkt übertragbar. Die Lebenswichtigkeit der Interventionen zur Sekretolyse und Reinigung des Bronchialbaumes (Kap. 33) wie auch die Multieffektivität der Interventionen zur Steigerung der kardiopulmonalen Ausdauerkapazität (Kap. 35) stehen im Vordergrund, und weitere Interventionen sind aus Zeitgründen häufig nicht mehr durchführbar. Daher sind die Konzepte und Techniken der muskulo-skelettalen Physiotherapie in einer für Lungenpatienten modifizierten Form dargestellt. Wir bitten um Verständnis für diese unvermeidbare Tatsache.

Das praktische Vorgehen bei Untersuchung (Assessment, Kap. 15–28) und Behandlung (Intervention, Kap. 29–42) wird nach den strengen Kriterien der evidenzbasierten Praxis und den medizinischen Leitlinien beschrieben. Im Grundlagenteil (Kap. 1–14) sind Anatomie und Biomechanik des Atembewegungsapparates, Physiologie und Pathophysiologie der Atmung, Herzfunktion und autonome



Funktionen bei chronischen Atemwegserkrankungen erklärt. Der Praxisteil vermittelt mit knappen, präzisen Textanleitungen und informativen Abbildungen (Fotos und Zeichnungen) alle evaluierten Untersuchungstechniken (Assessments) und Behandlungsverfahren (Interventionen) der pulmonalen Rehabilitation. Auch die Patientenschulung zum Aufbau der Leistungsfähigkeit und körperlichen Belastbarkeit durch Trainingstherapie ist ein wichtiger Bestandteil der Rehabilitation (Kap. 40). In den Videosequenzen der DVD werden die wichtigsten im Buch beschriebenen Assessments (14) und Interventionen (14) praktisch vorgeführt.

Im Anhang sind zwei Schemata dargestellt, die als Leitfaden eine schnelle Orientierung bieten: eine Übersicht über Funktionsstörungen in der pulmonalen Rehabilitation (Zusammenfassung der Kapitel »Biomedizinische Grundlagen«) und eine Übersicht über methodisches Handeln in der pulmonalen Rehabilitation (Zusammenfassung der Kapitel »Assessments« und »Interventionen«).

Über konstruktive Kritik und Verbesserungsvorschläge würden wir uns natürlich sehr freuen. Eventuelle Fragen oder Anregungen nehmen wir gerne unter vrns@zhaw.ch entgegen.

Wir wünschen Ihnen viel Vergnügen beim Lesen und viel Erfolg für Ihre wichtige therapeutische Aufgabe in der Behandlung lungenerkrankter Patienten.

Dr. rer. medic. A.J.R. van Gestel, PT cand.

Hochschuldozent für kardiopulmonale Rehabilitation, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW), Winterthur (CH)

Prof. Dr. med. Dipl.-Ing. H. Teschler, MD

Präsident der Dtsch. Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin (DGP) e.V.

Ärztlicher Direktor der Ruhrländklinik-Das Lungenzentrum, Essen (D)

Inhaltsverzeichnis

I Biomedizinische Grundlagen	
1 Krankheitslehre	3
<i>S. Teschler, A.J.R. van Gestel, H. Teschler</i>	
1.1 Atemwegs- und Lungenerkrankungen	3
1.1.1 Restriktive Lungenerkrankungen	3
1.1.2 Obstruktive Lungenerkrankungen	5
1.1.3 Mischformen	5
1.2 Asthma bronchiale	5
1.3 Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD)	5
1.3.1 Differenzialdiagnosen	5
1.3.2 Symptome der COPD	5
1.3.3 Schweregradeinteilung der COPD	6
1.3.4 Ursachen der COPD	7
1.3.5 Entwicklung der COPD	7
1.3.6 Zur Atemwegsobstruktion beitragende Faktoren	7
1.3.7 Physiotherapeutische Behandlung bei chronischen Lungenerkrankungen	8
1.3.8 Akute Exazerbation	8
1.3.9 Prävalenz der COPD	9
1.4 Pulmonale Rehabilitation	9
1.4.1 Atemphysiotherapie	9
1.4.2 Ziele der pulmonalen Rehabilitation	10
1.4.3 Effekte der pulmonalen Rehabilitation	10
1.5 Diagnostik in der pulmonalen Rehabilitation	11
1.5.1 Ärztliche Diagnostik	11
1.5.2 Physiotherapeutische Diagnostik	11
1.6 Therapieplanung	12
1.7 Literatur	12
2 Atembewegungsapparat	14
<i>A.J.R. van Gestel, A.K. Osthoff, H. Teschler</i>	
2.1 Thorax	14
2.1.1 Pneumothorax	15
2.1.2 Bewegungen des Thorax bei Inspiration	15
2.2 Anatomie des Zwerchfells	16
2.2.1 Zwerchfellmuskulatur	16
2.2.2 Öffnungen des Zwerchfells	16
2.3 Biomechanik des Zwerchfells	16
2.3.1 Das Zwerchfell: Appositionsdruck nach lateral	17
2.3.2 Das Zwerchfell: Insertionsdruck nach kranial	18
2.3.3 Zusammenfassung	19
2.4 Literatur	19
3 Widerstände im respiratorischen System	20
<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>	
3.1 Physische Variablen der Atemmechanik	21
3.2 Atemwiderstand (Resistance)	21
3.2.1 Laminare und turbulente Strömung	22
3.3 Compliance von Lunge, Thorax und Atembewegungsapparat	23
3.3.1 Compliance der Lunge	23
3.3.2 Compliance des Thorax	23
3.3.3 Gesamtcompliance	23
3.3.4 Zusammenfassung	24
3.4 Inertance	24
3.4.1 Belüftungsgeschwindigkeit und Gleichmäßigkeit der Belüftung	24
3.5 Literatur	26
4 Sauerstoff (O₂)	27
<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>	
4.1 Alveolo-arterielle Sauerstoffpartialdruckdifferenz (AaDO₂)	27
4.2 Blut als Transportmedium von Sauerstoff	28
4.3 Beurteilung der Sauerstoffversorgung der Organe	28
4.4 Sauerstoffbindungskurve für Hämoglobin	29
4.4.1 Bohr- und Haldane-Effekt	30
4.5 Objektivierung des arteriellen Sauerstoffwertes	30
4.6 Trainingstherapie unter kontinuierlicher Sauerstoffzufuhr	30
4.7 Sauerstoff-Langzeittherapie	31
4.7.1 Indikationen für eine Sauerstoff-Langzeittherapie	31
4.7.2 Negative Effekte der Sauerstoffgabe	31
4.7.3 Wirkung einer Sauerstoffgabe auf kardio-pulmonale Funktionen	31
4.7.4 Sauerstoffzuleitungen	32
4.8 Literatur	32
5 Der Säure-Basen-Haushalt	34
<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>	
5.1 Rolle des Atemsystems bei der Energiegewinnung	34
5.1.1 Energiegewinnung	35
5.2 Puffersysteme zur Aufrechterhaltung der physiologischen Homöostase	35
5.2.1 Funktionsweise der Puffer	35
5.3 Einfluss der Atmung auf die physiologische Homöostase	35
5.3.1 Respiratorische Azidose	36
5.3.2 Ursachen einer respiratorischen Azidose	37
5.3.3 Renale Kompensation einer respiratorischen Azidose	37
5.3.4 Zusammenfassung	37
5.4 Ausschlussdiagnostik zur Feststellung einer respiratorischen Insuffizienz	37
5.5 Chronisch-respiratorische Insuffizienz	38
5.6 Literatur	39

6	Chronische Überblähung bei COPD: Einfluss auf die Funktion der primären Atemmuskulatur	41	9.2.3	Lungenfibrose	72
	<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>		9.2.4	COPD	72
6.1	Unvollständige Expiration	42	9.3	Fick-Gesetz	72
6.2	Chronische Überblähung: Längenadaptation der Atemmuskeln	42	9.4	CO-Diffusionskapazität	73
6.3	Kontraktur des Zwerchfells	44	9.5	Literatur	74
6.4	Unspezifische Aktivierung der Atempumpe	46	10	Akuter und chronischer Husten	75
6.5	Morphologische und vasomotorische Veränderungen des Zwerchfells: Folge der chronischen Überblähung	46		<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>	
6.6	Atemimpedanz bei COPD-Patienten	47	10.1	Bronchialsekret	75
6.7	Kompensationsmechanismen bei persistierender respiratorischer Insuffizienz	47	10.2	Mukoziliare Obstruktion	76
6.8	Zusammenfassung	47	10.3	Autonomes Nervensystem: Einfluss auf die Schleimsekretion	76
6.9	Literatur	48	10.4	Der Zilienschlag: Charakterisierung der mukoziliaren Clearance	76
7	Primäre und sekundäre Atemmuskeln	50	10.5	Viskosität des Bronchialsekrets	77
	<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>		10.6	Folge der Hypersekretion	77
7.1	Primäre und sekundäre Inspirationsmuskeln	50	10.7	Differenzierung des Hustens	78
7.1.1	Mm. scaleni und M. sternocleidomastoideus	51	10.7.1	Reizhusten bzw. trockener Husten	78
7.1.2	Mm. intercostales	53	10.7.2	Produktiver Husten	79
7.1.3	Abdominale Muskulatur	56	10.7.3	Bluthusten	79
7.2	Aktive Expiration	56	10.8	Literatur	79
7.2.1	M. transversus abdominis	57	11	Modell der segmentalen Dysbalance	80
7.2.2	Mm. pectoralis major und minor	59		<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>	
7.2.3	M. trapezius und M. levator scapulae	61	11.1	Vegetatives und somatisches Nervensystem	81
7.3	Literaturverzeichnis	61	11.2	Entstehung einer segmentalen Dysbalance	81
8	Ventilations-Perfusions-Verhältnis der Lunge	63	11.2.1	Segmentale Dysbalance: Einfluss auf das Myotom	81
	<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>		11.2.2	Segmentale Dysbalance: Einfluss auf das Dermatome	82
8.1	Ventilations-Perfusions-Verhältnis der Lunge	63	11.2.3	Segmentale Dysbalance: Einfluss auf das Bindegewebe	82
8.1.1	Ventilations- und Perfusionsinhomogenitäten	64	11.2.4	Segmentale Dysbalance: Einfluss auf die Psyche	83
8.2	Heterogenität der pulmonalen Perfusion	66	11.2.5	Zusammenfassung	84
8.3	Heterogenität der pulmonalen Ventilation und Compliance der Lunge	66	11.3	Praxis: Assessment bei segmentaler Dysbalance	84
8.4	Der transpulmonale Druck: Einfluss auf die alveoläre Ventilation	67	11.3.1	Schmerzanamnese	84
8.5	Die funktionelle Residualkapazität: Einfluss auf die Lungenfunktion	68	11.3.2	Inspektion und Palpation der Haut	84
8.6	Die funktionelle Residualkapazität: Einfluss auf die Compliance des gesamten Atemapparates	68	11.4	Praxis: Behandlung einer segmentalen Dysbalance	84
8.7	Die funktionelle Residualkapazität: Einfluss auf den Atemwegwiderstand	69	11.5	Literatur	85
8.8	Die funktionelle Residualkapazität: Einfluss auf die Zwerchfellfunktion	69	12	Herzfunktion bei COPD-Patienten	86
8.9	Literatur	69		<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>	
9	Diffusion	70	12.1	Lungenüberblähung: Einfluss auf die rechtsventrikuläre Vorlast	87
	<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>		12.2	Hypoxie, Hyperkapnie und Lungenüberblähung: Einfluss auf die rechtsventrikuläre Nachlast	87
9.1	Die Zellmembran	70	12.3	Low-Cardiac-Output-Syndrom: Einfluss auf die linksventrikuläre Vorlast	88
9.2	Diffusionsstörungen	71	12.4	Ventrikulärer Septum-Shift: Einfluss auf die linksventrikuläre Nachlast	88
9.2.1	Interstitielles Lungenödem	72	12.5	Arteriosklerose: Einfluss auf die systolische linksventrikuläre Dysfunktion	89
9.2.2	Alveoläres Lungenödem	72	12.6	Störungen des autonomen Nervensystems: Einfluss auf die Herzfunktion	89

12.7	Zusammenfassung	89	16.3.2	Praxis: Palpationsbefund	119
12.8	Literatur	90	16.4	Literatur	121
13	Pulmonalkreislauf	92	17	Analyse des Atemmusters	122
	<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>			<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>	
13.1	Pulmonal-arterieller Druck bei körperlicher Belastung gesunder Menschen	93	17.1	Transport der Atemgase	122
13.2	Euler-Liljestrand-Mechanismus	93	17.2	Sauerstoff- und Kohlendioxidtransport	123
13.3	Spätfolgen einer chronischen hypoxischen Vasokonstriktion	94	17.2.1	Ventilation und Konvektion	123
13.4	Pulmonale Hypertonie und Cor pulmonale	94	17.2.2	Gasgesetz	123
13.5	Pulmonaler Blutdruck bei körperlicher Belastung von COPD-Patienten	96	17.3	Ventilation und Atemfrequenz	123
13.6	Medikamentöse selektive pulmonale Vasodilatation	96	17.4	Anatomischer Totraum	124
13.7	Literatur	97	17.5	Atemintensität	124
14	Sympathovagale Imbalance	98	17.5.1	Störvariablen	124
	<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>		17.5.2	Rapid Shallow Breathing	125
14.1	Autonomes Nervensystem	98	17.6	Atemgrenzwert und Atemreserve	125
14.2	Medulla oblongata: Übergeordnetes Kopplungszentrum des kardiorespiratorischen Netzwerks	100	17.7	Borg-Skala für Dyspnoe und Ermüdung	125
14.3	Zentrale Chemorezeptoren	100	17.8	Normales Atemmuster und Atemtypen	126
14.4	Arterielle Chemorezeptoren	100	17.8.1	Thorakale Atmung	126
14.5	Arterielle Barorezeptoren	101	17.8.2	Abdominale Atmung	126
14.6	Dehnungsrezeptoren in der A. pulmonalis und in den Atria cordis	102	17.8.3	Physiologische Mischatmung	126
14.7	Herzfrequenzvariabilität	103	17.8.4	Auxiliaratmung	127
14.8	Respiratorische Sinusarrhythmie	104	17.9	Verhältnis abdominale-thorakale Atmung (AT-Verhältnis)	127
14.8.1	Das Atemmuster: Einfluss auf die respiratorische Sinusarrhythmie	105	17.9.1	Das asynchrone AT-Verhältnis	127
14.9	Dehnungsrezeptoren der Lunge	105	17.10	Pathologische Atemmuster bzw. Atemtypen	128
14.10	Propriozeptoren der Atemmuskulatur	105	17.10.1	Kussmaul-Atmung	128
14.11	Ätiologie der sympathovagalen Imbalance	106	17.10.2	Cheyne-Stokes-Atmung	128
14.12	Erhöhter Sympathikotonus in Ruhe	106	17.10.3	Seufzeratmung	128
14.13	Erhöhter Parasympathikotonus bei körperlicher Belastung	106	17.10.4	Biot-Atmung	129
14.14	Literatur	107	17.10.5	Schnappatmung	129
			17.11	Pause im Atemzyklus	129
			17.12	Praxis: Assessment-Analyse des Atemmusters	130
			17.12.1	Vorgehensweise	131
			17.13	Literatur	133
			18	Husten-Assessment	134
				<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>	
			18.1	Forcierte Expirationstechnik (FE-I)	134
			18.2	Praxis: Befundaufnahme	135
			18.2.1	Analyse des Bronchialsekrets	135
			18.2.2	Ausreichende Inspirationskapazität/Inspirationstechnik (>1500 ml)	135
			18.2.3	Vollständiger Glottisverschluss	136
			18.2.4	Ausreichend kräftiger Atemstoß (>160 l/min, FEV ₁ >60% des VK-Sollwertes, PEF _R >2,7 l/sec)	136
			18.2.5	Kein Risiko für einen Tracheobronchialkollaps	137
			18.3	Literatur	139
			19	Herz- und Lungenauskultation, Perkussion und Stimmfremitus	140
				<i>A.J.R. van Gestel, A.K. Osthoff, H. Teschler</i>	
			19.1	Auskultation der Lungengeräusche	140
			19.1.1	Physiologische Atemgeräusche	142
			19.1.2	Pathologische Atemgeräusche	143
			19.2	Perkussion der Lunge	144
			19.2.1	Praktische Durchführung der Perkussion	144
			19.3	Stimmfremitus	147
II	Assessments				
15	Anamnese (subjektiver Befund)	111			
	<i>A.J.R. van Gestel, A.K. Osthoff, H. Teschler</i>				
15.1	Praxis: Eingangsbefund	111			
16	Inspektion und Palpation von Haut und Thorax	114			
	<i>A.J.R. van Gestel, H. Teschler</i>				
16.1	Allgemeine Inspektion	114			
16.2	Inspektion des Thorax	115			
16.2.1	Thorax bei COPD-Patienten	117			
16.2.2	Praxis: Inspektionsbefund	117			
16.3	Palpation des Thorax	118			
16.3.1	Palpationsuntersuchung	118			

19.4	Auskultation des Herzens	147	23.2.1	Maximaler In- und Expirationsdruck	170
19.4.1	Herztöne	147	23.2.2	Transdiaphragmaler Druck	170
19.4.2	Herzinsuffizienz	150	23.3	Insertionstendopathien	171
19.5	Zusammenfassung	151	23.4	Kraftverlust der respiratorischen Muskulatur	171
19.6	Literatur	151	23.5	Literatur	172
20	Blutgasanalyse (BGA)	152	24	Thoraxmobilität	173
	<i>A.J.R. van Gestel, H. Teschler</i>			<i>A.J.R. van Gestel, A.K. Osthoff, H. Teschler</i>	
20.1	Objektivierung des arteriellen Sauerstoffwertes	152	24.1	Hypomobilität des Thorax	173
20.2	Indikation für eine Blutgasanalyse	152	24.2	Praxis: P/E-Untersuchung der BWS-Beweglichkeit	174
21	Kardiopulmonale Ausdauerkapazitätstests	153	24.2.1	Allgemeine BWS- und Thoraxmobilitätsprüfung	174
	<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>		24.2.2	Spezifische BWS- und Thoraxmobilitätsprüfung	175
21.1	Die maximale Sauerstoffaufnahme (VO₂max)	153	24.3	Literatur	183
21.2	Die ventilatorisch bestimmte anaerobe Schwelle	154	25	Lungenfunktionsprüfung	184
21.3	Der respiratorische Quotient	155		<i>A.J.R. van Gestel, H. Teschler</i>	
21.4	Oxygenierungsindex	155	25.1	Spirometrie	185
21.5	Alveolo-arterielle Sauerstoffpartialdruckdifferenz (AaDO₂)	155	25.2	Ganzkörperplethysmographie	185
21.6	Atem- und Herzfrequenzreserve	155	25.3	Praxis: Physiotherapeutische Messung der Lungenfunktionsparameter	186
21.7	Borg-Skala für Dyspnoe und Ermüdung	156	25.3.1	RC-Test COPD	186
21.8	Praxis: Symptomlimitierter maximaler Ausdauerkapazitätstest	156	25.3.2	Peak-Flow-Messung	186
21.8.1	Primäres Ziel des symptomlimitierten maximalen Ausdauerkapazitätstests	157	25.4	Transferfaktor für Kohlenmonoxid	187
21.8.2	Sekundäres Ziel des symptomlimitierten maximalen Ausdauerkapazitätstests	157	25.5	Literatur	187
21.8.3	Kardiopulmonale Funktionsstörungen	157	26	Hypertonus und Kontraktur der sekundären Atemmuskeln	188
21.9	6-Minuten-Gehtest	161		<i>A.J.R. van Gestel, A.K. Osthoff, H. Teschler</i>	
21.10	Shuttle-Walk-Test	161	26.1	Muskuläre Dysbalance	189
21.11	Körperliche Aktivität, messbar durch Accelerometrie	161	26.1.1	Hypertonus: Zu hohe Aktivität des neuromuskulären Apparates	189
21.12	Literatur	162	26.1.2	Hypertonus: Aktivierung der α-Motoneurone eines Muskels	190
22	Kraftmessung der peripheren Muskulatur	165	26.1.3	Hypertonus durch Reizung der Muskel-Nozizeptoren	190
	<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, S. Teschler, H. Teschler</i>		26.1.4	Hypertonus verursacht durch das limbische System	191
22.1	Anpassung der biochemischen und metabolischen Versorgung der peripheren Muskulatur	165	26.1.5	Hypertonus verursacht durch das pulmonale System	191
22.2	Anpassung der peripheren Muskulatur durch Hypertrophietraining	166	26.2	Kontraktur: Verkürzung der viskoelastischen Elemente eines Muskels	191
22.3	Praxis: Kraftmessung der peripheren Muskulatur	166	26.3	Längenadaptation: Abnahme der Anzahl seriell geschalteter Sarkomere	192
22.3.1	Oddvar-Holten-Kurve: Dynamische Kraftmessung	166	26.4	Praxis: Untersuchung der muskulären Dysbalance	193
22.3.2	Break-Test und Make-Test nach Andrews: Isometrische Kraftmessung	167	26.4.1	Differenzierung	193
22.4	Literatur	168	26.5	Literatur	194
23	Respiratorische Muskelkraft	169	27	Lebensqualität	195
	<i>A.J.R. van Gestel, H. Teschler</i>			<i>A.J.R. van Gestel, S. Teschler, H. Teschler</i>	
23.1	Bestimmung der Stärke des in- und expiratorischen Drucks	169	27.1	Exazerbationen: Beeinträchtigung der Lebensqualität	195
23.2	Praxis: Untersuchung des in- und expiratorischen Drucks	170	27.2	Praxis: Assessment der gesundheits-spezifischen Lebensqualität	196
			27.3	Verbesserung der Lebensqualität	196
			27.4	Literatur	196