

Physiotherapie

Evidenzbasierte
Praxis

Unter Mitarbeit von
J. Steier
A.K. Rausch-Osthoff
S. Teschler
B. Köhler

A. J. R. van Gestel · H. Teschler

Physiotherapie bei chronischen Atemwegs- und Lungenerkrankungen

2. Auflage

plus
Extras
online

 Springer



Evidenzbasierte
Praxis

Unter Mitarbeit von
J. Steier
A.K. Rausch-Osthoff
S. Teschler
B. Köhler

A.J.R. van Gestel · H. Teschler

Physiotherapie bei chronischen Atemwegs- und Lungenerkrankungen

2. Auflage

**plus
Extras
online**

Physiotherapie bei chronischen Atemwegs- und Lungenerkrankungen

Arnoldus van Gestel
Helmut Teschler

Physiotherapie bei chronischen Atemwegs- und Lungenerkrankungen

Evidenzbasierte Praxis

2. Auflage

Mit 341 Abbildungen

Prof. Dr. rer. medic. Arnoldus J.R. van Gestel
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW)
Winterthur

Univ. Prof. Dr. Helmut Teschler
Ruhrlandklinik
Essen

Ergänzendes Video-Material finden Sie unter
[http://www.springermedizin.de/van Gestel_Teschler](http://www.springermedizin.de/van_Gestel_Teschler), Physiotherapie bei chronischen Atemwegs- und Lungenerkrankungen

ISBN-13 978-3-662-43677-6 ISBN 978-3-662-43678-3 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-43678-3

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

Springer Medizin

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010, 2014

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.

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

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

Planung: Barbara Lengricht, Berlin
Projektmanagement: Ulrike Dächert, Heidelberg
Lektorat: Ute Villwock, Heidelberg
Projektkoordination: Cécile Schütze-Gaukel, Heidelberg
Zeichnungen: Seraina Risch, Bern und Christine Goerigk, Ludwigshafen
Fotos: Willi Reutimann, Winterthur, Schweiz
Umschlaggestaltung: deblik Berlin
Fotonachweis Umschlag: © Prof. Dr. Arnoldus van Gestel
Herstellung: Fotosatz-Service Köhler GmbH – Reinhold Schöberl, Würzburg

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Medizin ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer.com

Mit dieser Veröffentlichung erscheint ein deutschsprachiges Fachbuch
über die »evidenzbasierte« physiotherapeutische Behandlung lungenerkrankten Menschen.
Mein besonderer Dank gilt allen Personen, die durch vielfältige Formen der Mitarbeit:
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. Rausch-Osthoff (Koautorin)

S. Teschler (Koautor)

B. Köhler (Koautorin)

A. Gajic (Wissenschaftliche Mitarbeiterin)

K. Kurz (Wissenschaftliche Mitarbeiterin)

S. Saxer (Wissenschaftliche Mitarbeiterin)

M. Rhyner (Wissenschaftliche Mitarbeiterin)

T. Dumond (Ratschläge)

Dr. rer. medic. M. Schrimpf (Ratschläge)

S. Risch (Zeichnungen)

T. Rozijn (Zeichnungen)

M. Lüscher (PT-Model)

L. Roos (PT-Model)

und

mijn lieve ouders:

R. van Gestel

J. van Gestel

Geleitwort

Das Berufsfeld der Physiotherapeuten ist einem stetigen Wandel unterzogen. Der Ruf nach evidenzbasierter 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 sind.

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
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
ZHAW
Technikumstr. 72, Postfach
CH-8401 Winterthur

Physiotherapie bei chronischen Atemwegs- und Lungenerkrankungen

■ Evidenzbasierte Praxis

Die kardiopulmonale Physiotherapie ist ein äußerst zukunftssträchtiges und ausbaufähiges medizinisches Spezialgebiet. Physiotherapeutinnen und Physiotherapeuten in der pulmonalen Rehabilitation sind gut ausgebildete, qualifizierte Fachkräfte, die in pulmonalen, intensivmedizinischen, pädiatrischen, kardiologischen und chirurgischen Abteilungen, in der Forschung und in der physiotherapeutischen Praxis einsetzbar sind. Dieses Praxisbuch dient der Unterstützung, Ergänzung und Strukturierung des Knowhows 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 wieder. 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, Atemmuskultraining, 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; weitere Interventionen sind aus Zeitgründen häufig nicht mehr durchführbar. Daher sind die Konzepte und Techniken der muskulo-skelettalen Physiotherapie in einer für Lungenerkrankten modifizierten Form dargestellt. Wir bitten um Verständnis für diese unvermeidbare Tatsache.

Das praktische Vorgehen bei Untersuchung (Assessment, ► Kap. 15–28) und Behandlung (► Intervention, ► Kap. 29–43) 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 ► Kap. 44 ist ein Schema dargestellt, das als Leitfaden eine schnelle Orientierung bietet: 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 vrs@zhaw.ch entgegen.

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

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

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

Univ. Prof. Dr. med. Dipl. Ing. Helmut Teschler

Direktor Abt. Universitäre Pneumologie
Ruhrländische Klinik
Westdeutsches Lungenzentrum

■ Ihr Zugang zu den Videos

Die wichtigsten Techniken der pulmonalen Rehabilitation haben wir für Sie auch als Videos bereitgestellt. Unter <http://www.springermedizin.de/vzb-vangestel> können Sie diese ansehen.

Die Autoren



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

Hochschuldozent: innere Organe und Gefäße
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW)
Departement Gesundheit, Institut für Physiotherapie
Technikumstrasse 71. CH-8401 Winterthur
Telephon: 0041-52 260 6328
E-Mail: vrns@zhaw.ch
Schweiz



Univ. Prof. Dr. med. Dipl. Ing. Helmut Teschler

Direktor Abt. Universitäre Pneumologie
Ruhrlandklinik
Westdeutsches Lungenzentrum
Tüschener Weg 40
45239 Essen
Deutschland



Jörg Steier, MD (D) PhD (UK)

Consultant Physician/Senior Lecturer
King's College London/King's Health Partners
Lane Fox Respiratory Unit/Sleep Disorders Centre
Westminster Bridge Road
Guy's & St Thomas' NHS Foundation Trust
London SE1 7EH
United Kingdom



Anne-Kathrin Rausch-Osthoff, MScPT

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW)
Departement Gesundheit, Institut für Physiotherapie
Technikumstrasse 71
CH-8401 Winterthur
Schweiz



Dr. rer. medic. Sebastian Teschler, PT

Physiotherapeut Geschäftsführer, Deutschland
Physiotherapie am Lungenzentrum
Reha Vital GmbH
Am Handelshof 1
D-45127 Essen
Deutschland



Dr. rer. medic. Barbara Köhler, PT

Hochschuldozentin Physiotherapie
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW)
Departement Gesundheit, Institut für Physiotherapie
Technikumstrasse 71
CH-8401 Winterthur
Schweiz

Inhaltsverzeichnis

1	Krankheitslehre	1
	<i>S. Teschler, A.J.R. van Gestel, H. Teschler</i>	
1.1	Atemwegs- und Lungenerkrankungen	2
1.1.1	Restriktive Lungenerkrankungen	2
1.1.2	Obstruktive Lungenerkrankungen	2
1.1.3	Mischformen	2
1.2	Asthma bronchiale	3
1.3	Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD)	3
1.3.1	Differenzialdiagnosen	4
1.3.2	Symptome der COPD	4
1.3.3	Schweregradeinteilung der COPD	5
1.3.4	COPD Assessment Test™	5
1.3.5	Ursachen der COPD	6
1.3.6	Entwicklung der COPD	6
1.3.7	Zur Atemwegsobstruktion beitragende Faktoren	7
1.3.8	Physiotherapeutische Behandlung bei chronischen Lungenerkrankungen	7
1.3.9	Akute Exazerbation	8
1.3.10	Prävalenz der COPD	8
1.4	Pulmonale Rehabilitation	8
1.4.1	Atemphysiotherapie	9
1.4.2	Ziele der pulmonalen Rehabilitation	9
1.4.3	Effekte der pulmonalen Rehabilitation	10
1.5	Diagnostik in der pulmonalen Rehabilitation	10
1.5.1	Ärztliche Diagnostik	10
1.5.2	Physiotherapeutische Diagnostik	11
1.6	Therapieplanung	11
	Literatur	11
2	Atembewegungsapparat	15
	<i>A.J.R. van Gestel, A.K. Osthoff, H. Teschler</i>	
2.1	Thorax	16
2.1.1	Pneumothorax	16
2.1.2	Bewegungen des Thorax bei Inspiration	17
2.2	Anatomie des Zwerchfells	17
2.2.1	Zwerchfellmuskulatur	17
2.2.2	Öffnungen des Zwerchfells	18
2.3	Biomechanik des Zwerchfells	18
2.3.1	Das Zwerchfell: Appositionsdruck nach lateral	19
2.3.2	Das Zwerchfell: Insertionsdruck nach kranial	19
2.3.3	Zusammenfassung	20
	Literatur	21
3	Widerstände im respiratorischen System	23
	<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>	
3.1	Physische Variablen der Atemmechanik	24
3.2	Atemwiderstand (Resistance)	25
3.2.1	Laminare und turbulente Strömung	25
3.3	Compliance von Lunge, Thorax und Atembewegungsapparat	27
3.3.1	Compliance der Lunge	27
3.3.2	Compliance des Thorax	27
3.3.3	Gesamtcompliance	27
3.3.4	Zusammenfassung	27

3.4	Inertance	28
3.4.1	Belüftungsgeschwindigkeit und Gleichmäßigkeit der Belüftung	28
	Literatur	29
4	Sauerstoff (O₂)	31
	<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>	
4.1	Alveolo-arterielle Sauerstoffpartialdruckdifferenz (AaDO₂)	32
4.2	Blut als Transportmedium von Sauerstoff	32
4.3	Beurteilung der Sauerstoffversorgung der Organe	33
4.4	Sauerstoffbindungskurve für Hämoglobin	33
4.4.1	Bohr- und Haldane-Effekt	34
4.5	Objektivierung des arteriellen Sauerstoffwertes	35
4.6	Trainingstherapie unter kontinuierlicher Sauerstoffzufuhr	35
4.7	Sauerstoff-Langzeittherapie	35
4.7.1	Indikationen für eine Sauerstoff-Langzeittherapie	36
4.7.2	Negative Effekte der Sauerstoffgabe	36
4.7.3	Wirkung einer Sauerstoffgabe auf kardiopulmonale Funktionen	36
4.7.4	Sauerstoffzuleitungen	37
	Literatur	37
5	Der Säure-Basen-Haushalt	39
	<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>	
5.1	Rolle des Atemsystems bei der Energiegewinnung	40
5.1.1	Energiegewinnung	40
5.2	Puffersysteme zur Aufrechterhaltung der physiologischen Homöostase	40
5.2.1	Funktionsweise der Puffer	41
5.2.2	Funktionsweise der Bikarbonat-Puffer	41
5.3	Störungen des Säure-Basen-Haushalts	41
5.3.1	Respiratorische Insuffizienz	41
5.3.2	Zusammenfassung	42
5.4	Ausschlussdiagnostik zur Feststellung einer respiratorischen Insuffizienz	43
5.5	Chronisch-respiratorische Insuffizienz	43
	Literatur	45
6	Chronische Überblähung bei COPD	47
	<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>	
6.1	Unvollständige Expiration	48
6.2	Längenadaptation der Atemmuskeln	49
6.3	Kontraktur des Zwerchfells	50
6.4	Unspezifische Aktivierung der Atempumpe	51
6.5	Morphologische und vasomotorische Veränderungen des Zwerchfells	52
6.6	Atemimpedanz bei COPD-Patienten	53
6.7	Kompensationsmechanismen bei persistierender respiratorischer Insuffizienz	53
6.8	Zusammenfassung	54
	Literatur	55
7	Primäre und sekundäre Atemmuskeln	57
	<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>	
7.1	Primäre und sekundäre Inspirationsmuskeln	58
7.1.1	Mm. scaleni und M. sternocleidomastoideus	59
7.1.2	Mm. intercostales	60
7.1.3	Abdominale Muskulatur	63
7.2	Aktive Expiration	63
7.2.1	M. transversus abdominis	64
7.2.2	Mm. pectoralis major und minor	66
7.2.3	M. trapezius und M. levator scapulae	67
	Literatur	68

8	Ventilations-Perfusions-Verhältnis der Lunge	71
	<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>	
8.1	Ventilations-Perfusions-Verhältnis	72
8.1.1	Ventilations- und Perfusionsinhomogenitäten	72
8.2	Heterogenität der pulmonalen Perfusion	75
8.3	Heterogenität der alveolären Ventilation	75
8.3.1	Compliance	75
8.3.2	Der transpulmonale Druck	76
8.3.3	Die funktionelle Residualkapazität	76
8.3.4	Die funktionelle Residualkapazität: Einfluss auf den Atemwegswiderstand	77
8.3.5	Die funktionelle Residualkapazität: Einfluss auf die Zwerchfellfunktion	77
8.4	Reduktion der funktionellen Residualkapazität	78
	Literatur	78
9	Diffusion	79
	<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>	
9.1	Die Zellmembran	80
9.1.1	Dicke der alveolokapillaren Membran	80
9.1.2	Austauschfläche	81
9.2	Fick-Gesetz	82
9.3	Diffusionsstörungen	82
9.3.1	Abnahme der Austauschfläche	83
9.3.2	Verdickung der alveolokapillaren Membran	83
9.3.3	Zunahme des Diffusionswiderstandes	83
9.3.4	Verkürzung der Kontaktzeit von Blut und Alveolen	83
9.3.5	Zunahme des Diffusionstrajektes (Diffusionsblock)	83
9.3.6	Gefäßanomalien	84
9.4	CO-Diffusionskapazität	84
	Literatur	84
10	Akuter und chronischer Husten	85
	<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>	
10.1	Bronchialsekret	86
10.2	Mukoziliare Obstruktion	86
10.3	Autonomes Nervensystem: Einfluss auf die Schleimsekretion	86
10.4	Der Zilienschlag: Charakterisierung der mukoziliaren Clearance	86
10.5	Viskosität des Bronchialsekrets	88
10.6	Folge der Hypersekretion	88
10.7	Differenzierung des Hustens	88
10.7.1	Reizhusten bzw. trockener Husten	89
10.7.2	Produktiver Husten	89
10.7.3	Bluthusten	90
	Literatur	90
11	Modell der segmentalen Dysbalance	91
	<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>	
11.1	Vegetatives und somatisches Nervensystem	92
11.2	Entstehung einer segmentalen Dysbalance	92
11.2.1	Segmentale Dysbalance: Einfluss auf das Myotom	93
11.2.2	Segmentale Dysbalance: Einfluss auf das Dermatom	93
11.2.3	Segmentale Dysbalance: Einfluss auf das Bindegewebe	95
11.2.4	Segmentale Dysbalance: Einfluss auf die Psyche	95
11.2.5	Zusammenfassung	95
11.3	Assessment bei segmentaler Dysbalance	95
11.3.1	Schmerzanamnese	95
11.3.2	Inspektion und Palpation der Haut	95
11.4	Behandlung einer segmentalen Dysbalance	96
	Literatur	96

12	Herzfunktion bei COPD-Patienten	99
	<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler, A. Gajic</i>	
12.1	Lungenüberblähung: Einfluss auf die rechtsventrikuläre Vorlast	100
12.2	Hypoxie, Hyperkapnie und Lungenüberblähung: Einfluss auf die rechtsventrikuläre Nachlast	100
12.3	Low-Cardiac-Output-Syndrom: Einfluss auf die linksventrikuläre Vorlast	101
12.4	Ventrikulärer Septum-Shift: Einfluss auf die linksventrikuläre Nachlast	101
12.5	Arteriosklerose: Einfluss auf die systolische linksventrikuläre Dysfunktion	102
12.6	Störungen des autonomen Nervensystems: Einfluss auf die Herzfunktion	102
12.7	Zusammenfassung	103
	Literatur	104
13	Pulmonalkreislauf	105
	<i>A.J.R. van Gestel, M. Schrimpf, J. Steier, H. Teschler</i>	
13.1	Hypoxische pulmonale Vasokonstriktion	107
13.2	Spätfolgen einer chronischen hypoxischen Vasokonstriktion	108
13.2.1	Phasen der chronischen hypoxischen Vasokonstriktion	108
13.2.2	Umbauprozesse in der pulmonalen Strombahn, Gefäßremodelling	108
13.3	Pulmonalarterielle Hypertonie	108
13.3.1	Symptome einer pulmonalen Hypertonie	109
13.4	Kardiale Effekte	110
13.4.1	Kompensiertes Stadium	110
13.4.2	Dekompensiertes Stadium	111
13.5	Medikamentöse selektive pulmonale Vasodilatation	112
	Literatur	112
14	Sympathovagale Imbalance	115
	<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>	
14.1	Autonomes Nervensystem	116
14.1.1	Medulla oblongata	116
14.1.2	Zentrale Chemorezeptoren	118
14.1.3	Arterielle Chemorezeptoren	118
14.1.4	Arterielle Barorezeptoren	118
14.1.5	Dehnungsrezeptoren in der A. pulmonalis und in den Atria cordis	120
14.1.6	Dehnungsrezeptoren der Lunge	120
14.1.7	Propriozeptoren der Atemmuskulatur	120
14.2	Herzfrequenzvariabilität	120
14.3	Respiratorische Sinusarrhythmie	122
14.4	Blutdruckvariabilität	123
14.5	Erhöhter Sympathikotonus bei Patienten mit COPD	123
14.6	Erhöhter Parasympathikotonus bei körperlicher Belastung	124
	Literatur	124
15	Anamnese (subjektiver Befund)	127
	<i>A.J.R. van Gestel, A.K. Osthoff, H. Teschler</i>	
15.1	Praxis: Eingangsbefund	128
16	Untersuchung von Abdomen und Thorax	131
	<i>A.J.R. van Gestel, M. Schrimpf, H. Teschler</i>	
16.1	Zeichen einer Hypoxie	132
16.1.1	Trommelschlegelfinger und Uhrglasnägel	132
16.1.2	Zyanose	132
16.2	Zeichen einer pulmonalen Hypertonie	133
16.3	Untersuchung des Abdomens	134
16.3.1	Inspektion des Abdomens	134
16.3.2	Auskultation des Abdomens	134
16.3.3	Perkussion des Abdomens	135
16.3.4	Palpation des Abdomens	135
16.4	Organpalpation	136

16.4.1	Palpation der Leber	136
16.4.2	Palpation der Milz	137
16.4.3	Palpation der Nieren	137
16.4.4	Palpation der Blase	137
16.5	Untersuchung des Thorax	138
16.5.1	Atemexkursion	138
16.5.2	Epigastrischer Winkel	138
16.5.3	Thoraxdeformitäten	139
16.5.4	Thorax bei COPD-Patienten	139
16.5.5	Praxis: Inspektionsbefund	139
16.6	Palpation des Thorax	140
16.6.1	Palpationsuntersuchung	140
16.6.2	Praxis: Palpationsbefund	142
16.7	Untersuchung der Trachea	142
	Literatur	143
17	Analyse des Atemmusters	145
	<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>	
17.1	Transport der Atemgase	146
17.2	Sauerstoff- und Kohlendioxidtransport	146
17.2.1	Ventilation und Konvektion	146
17.2.2	Gasgesetz	146
17.3	Ventilation und Atemfrequenz	147
17.4	Anatomischer Totraum	147
17.5	Atemintensität	147
17.5.1	Störvariablen	148
17.5.2	Rapid Shallow Breathing	148
17.6	Atemgrenzwert und Atemreserve	149
17.7	Borg-Skala für Dyspnoe und Ermüdung	149
17.8	Normales Atemmuster und Atemtypen	149
17.8.1	Thorakale Atmung	149
17.8.2	Abdominale Atmung	150
17.8.3	Physiologische Mischatmung	150
17.8.4	Auxiliaratmung	150
17.9	Verhältnis abdominale-thorakale Atmung (AT-Verhältnis)	150
17.9.1	Das asynchrone AT-Verhältnis	151
17.10	Pathologische Atemmuster bzw. Atemtypen	151
17.10.1	Kussmaul-Atmung	151
17.10.2	Cheyne-Stokes-Atmung	151
17.10.3	Seufzeratmung	152
17.10.4	Biot-Atmung	153
17.10.5	Schnappatmung	153
17.11	Pause im Atemzyklus	153
17.12	Praxis: Assessment-Analyse des Atemmusters	153
17.12.1	Vorgehensweise	154
	Literatur	156
18	Husten-Assessment	157
	<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>	
18.1	Hustenphasen	158
18.2	Husten-Assessment	158
18.2.1	Analyse des Bronchialsekrets	158
18.2.2	Ausreichende Inspirationskapazität/Inspirationstechnik (>1500 ml)	159
18.2.3	Vollständiger Glottisverschluss	160
18.2.4	Ausreichend kräftiger Atemstoß (>160 l/min, FEV ₁ >60% des VK-Sollwertes, PEF _R >2,7 l/sec)	160
18.2.5	Kein Risiko für einen Tracheobronchialkollaps	161
	Literatur	163

19	Herz- und Lungenauskultation, Perkussion und Stimmfremitus	165
	<i>A.J.R. van Gestel, A.K. Osthoff, H. Teschler</i>	
19.1	Auskultation der Lungengeräusche	166
19.1.1	Physiologische Atemgeräusche	166
19.1.2	Pathologische Atemgeräusche	169
19.2	Perkussion der Lunge	170
19.2.1	Praktische Durchführung der Perkussion	170
19.3	Stimmfremitus	172
19.4	Bronchophonie	172
19.5	Auskultation des Herzens	174
19.5.1	Herztöne	174
19.6	Präkordiale Palpation des Herzspitzenstoßes	177
19.7	Zusammenfassung	177
	Literatur	178
20	Untersuchung der Gefäße	179
	<i>A.J.R. van Gestel, M. Schrimpf</i>	
20.1	Untersuchung des peripheren Gefäßsystems	180
20.1.1	Inspektion der Haut	180
20.1.2	Pulsqualität	180
20.1.3	V. jugularis interna	182
20.2	Leitsymptom Brustschmerzen	184
	Literatur	186
21	Kardiopulmonale Ausdauerkapazitätstests	187
	<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, H. Teschler</i>	
21.1	Kenngrößen des Stoffwechsels	188
21.1.1	Die maximale Sauerstoffaufnahme (VO_2max)	188
21.1.2	Die ventilatorisch bestimmte anaerobe Schwelle	189
21.1.3	Der respiratorische Quotient	189
21.1.4	Oxygenierungsindex	189
21.1.5	Alveolo-arterielle Sauerstoffpartialdruckdifferenz ($AaDO_2$)	189
21.1.6	Atem- und Herzfrequenzreserve	190
21.1.7	Atemäquivalent für Kohlendioxid (VE/VCO_2)	190
21.1.8	Sauerstoffpuls (O_2 -Puls)	190
21.1.9	Aerobe Kapazität ($\Delta VO_2 / \Delta WR$)	191
21.1.10	Borg-Skala für Dyspnoe und Ermüdung	191
21.1.11	Belastungsinduzierte Sauerstoffentsättigung (EID)	191
21.2	Symptomlimitierter maximaler Ausdauerkapazitätstest	191
21.2.1	Primäres Ziel des symptomlimitierten maximalen Ausdauerkapazitätstests	192
21.2.2	Sekundäres Ziel des symptomlimitierten maximalen Ausdauerkapazitätstests	192
21.2.3	Kardiopulmonale Funktionsstörungen	192
21.3	6-Minuten-Gehstest	196
21.4	Shuttle-Walk-Test	197
21.5	Körperliche Aktivität, messbar durch Accelerometrie	197
	Literatur	198
22	Kraftmessung der peripheren Muskulatur	201
	<i>A.J.R. van Gestel, J. Steier, S. Teschler, H. Teschler</i>	
22.1	Anpassung der biochemischen und metabolischen Versorgung der peripheren Muskulatur	202
22.2	Anpassung der peripheren Muskulatur durch Hypertrophietraining	202
22.3	Kraftmessung der peripheren Muskulatur	202
22.3.1	Oddvar-Holten-Kurve: Dynamische Kraftmessung	202
22.3.2	Break-Test und Make-Test nach Andrews: Isometrische Kraftmessung	203
	Literatur	204