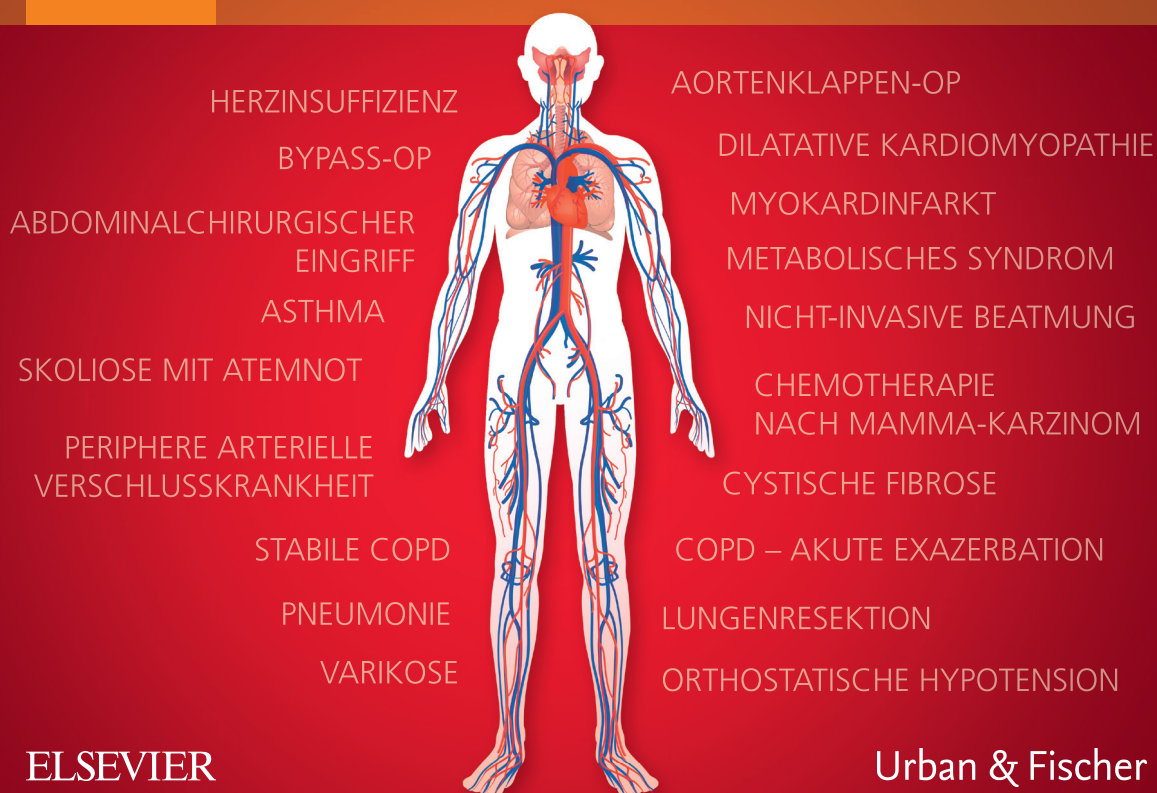


Susanne Mayrhofer Beate Krenek

Fallbuch Physiotherapie: Innere Medizin mit Schwerpunkt Kardiologie/Pulmologie

Leseprobe



Inhaltsverzeichnis

1	Ambulante Physiotherapie bei stabiler COPD	1	4.2	Untersuchungsbefunde	34
1.1	Vorgeschichte	1	4.2.1	Medizinische Befunde	34
1.2	Untersuchungsbefunde	2	4.2.2	Physiotherapeutische Anamnese	34
1.2.1	Medizinische Befunde	2	4.2.3	Körperliche Untersuchung	36
1.2.2	Physiotherapeutische Anamnese	7	4.3	Schlussfolgerungen	39
1.2.3	Körperliche Untersuchung	7	4.4	Physiotherapeutische Zielsetzung	40
1.3	Schlussfolgerungen	9	4.5	Physiotherapeutische Maßnahmen	41
1.4	Physiotherapeutische Zielsetzung	12	4.6	Empfehlungen für den Alltag	42
1.5	Physiotherapeutische Maßnahmen	12	5	Akute respiratorische Verschlechterung bei zystischer Fibrose	45
1.6	Empfehlungen für den Alltag	14	5.1	Vorgeschichte	45
2	Akute Exazerbation einer COPD	17	5.2	Untersuchungsbefunde	46
2.1	Vorgeschichte	17	5.2.1	Medizinische Befunde	46
2.2	Untersuchungsbefunde	18	5.2.2	Physiotherapeutische Anamnese	49
2.2.1	Medizinische Befunde	18	5.2.3	Körperliche Untersuchung	49
2.2.2	Physiotherapeutische Anamnese	19	5.3	Schlussfolgerungen	50
2.2.3	Körperliche Untersuchung	20	5.4	Physiotherapeutische Zielsetzung	51
2.3	Schlussfolgerungen	21	5.5	Physiotherapeutische Maßnahmen	52
2.4	Physiotherapeutische Zielsetzung	21	5.6	Empfehlungen für den Alltag	53
2.5	Physiotherapeutische Maßnahmen	22	6	Atemphysiotherapie bei skoliosebedingter Dyspnoe	55
2.6	Empfehlungen für den Alltag	23	6.1	Vorgeschichte	55
3	Physiotherapie bei Pneumonie?	25	6.2	Untersuchungsbefunde	56
3.1	Vorgeschichte	25	6.2.1	Medizinische Befunde	56
3.2	Untersuchungsbefunde	26	6.2.2	Physiotherapeutische Anamnese	58
3.2.1	Medizinische Befunde	26	6.2.3	Körperliche Untersuchung	59
3.2.2	Physiotherapeutische Anamnese	26	6.3	Schlussfolgerungen	61
3.2.3	Körperliche Untersuchung	27	6.4	Physiotherapeutische Zielsetzung	63
3.3	Schlussfolgerungen	27	6.5	Physiotherapeutische Maßnahmen	63
3.4	Physiotherapeutische Ziele	31	6.6	Empfehlungen für den Alltag	66
3.5	Physiotherapeutische Maßnahmen	31	7	Atemphysiotherapie bei Asthma bronchiale	67
3.6	Empfehlungen für den Alltag	32	7.1	Vorgeschichte	67
4	Atemnot bei Multipler Sklerose	33	7.2	Untersuchungsbefunde	68
4.1	Vorgeschichte	33	7.2.1	Medizinische Befunde	68
			7.2.2	Physiotherapeutische Anamnese	69
			7.2.3	Körperliche Untersuchung	69

7.3	Schlussfolgerungen	71	11 Frühmobilisation bei dekompensierter Herzinsuffizienz	109
7.4	Physiotherapeutische Zielsetzung	71	11.1 Vorgeschichte	109
7.5	Physiotherapeutische Maßnahmen	72	11.2 Untersuchungsbefunde	110
7.6	Empfehlungen für den Alltag	75	11.2.1 Medizinische Befunde	110
8	Frühmobilisation nach akutem Myokardinfarkt	77	11.2.2 Physiotherapeutische Anamnese	111
8.1	Vorgeschichte	77	11.2.3 Körperliche Untersuchung	112
8.2	Untersuchungsbefunde	78	11.3 Schlussfolgerungen	112
8.2.1	Medizinische Befunde	78	11.4 Physiotherapeutische Zielsetzung	114
8.2.2	Physiotherapeutische Anamnese	79	11.5 Physiotherapeutische Maßnahmen	114
8.2.3	Körperliche Untersuchung	79	11.6 Empfehlungen für den Alltag	119
8.3	Schlussfolgerungen	80	12 Herzinsuffizienz bei dilatativer Kardiomyopathie	121
8.4	Physiotherapeutische Ziele	81	12.1 Vorgeschichte	121
8.5	Physiotherapeutische Maßnahmen	82	12.2 Untersuchungsbefunde	122
8.6	Empfehlungen für den Alltag	84	12.2.1 Medizinische Befunde	122
9	Stationäre Rehabilitation nach Myokardinfarkt	87	12.2.2 Physiotherapeutische Anamnese	124
9.1	Vorgeschichte	87	12.2.3 Körperliche Untersuchung	124
9.2	Untersuchungsbefunde	87	12.3 Schlussfolgerungen	125
9.2.1	Medizinische Befunde	87	12.4 Physiotherapeutische Zielsetzung	126
9.2.2	Physiotherapeutische Anamnese	88	12.5 Physiotherapeutische Maßnahmen	126
9.2.3	Körperliche Untersuchung	89	12.6 Empfehlungen für den Alltag	128
9.3	Schlussfolgerungen	89	13 Stationäre Rehabilitation nach Bypassoperation	131
9.4	Physiotherapeutische Zielsetzung	90	13.1 Vorgeschichte	131
9.5	Physiotherapeutische Maßnahmen	90	13.2 Untersuchungsbefunde	132
9.6	Empfehlungen für den Alltag	94	13.2.1 Medizinische Befunde	132
10	Myokardinfarkt mit Herzrhythmusstörungen	97	13.2.2 Physiotherapeutische Anamnese	133
10.1	Vorgeschichte	97	13.2.3 Körperliche Untersuchung	133
10.2	Untersuchungsbefunde	98	13.3 Schlussfolgerungen	133
10.2.1	Medizinische Befunde	98	13.4 Physiotherapeutische Zielsetzung	134
10.2.2	Physiotherapeutische Anamnese	98	13.5 Physiotherapeutische Maßnahmen	135
10.2.3	Körperliche Untersuchung	100	13.6 Empfehlungen für den Alltag	139
10.3	Schlussfolgerungen	100	14 Stationäre Rehabilitation nach Aortenklappenoperation	141
10.4	Physiotherapeutische Zielsetzung	101	14.1 Vorgeschichte	141
10.5	Physiotherapeutische Maßnahmen	101	14.2 Untersuchungsbefunde	142
10.6	Empfehlungen für den Alltag	107	14.2.1 Medizinische Befunde	142
			14.2.2 Physiotherapeutische Anamnese	143
			14.2.3 Körperliche Untersuchung	143

14.3	Schlussfolgerungen	144	18	Perioperatives Management bei Bauchoperationen	181
14.4	Physiotherapeutische Zielsetzung	144	18.1	Vorgeschichte	181
14.5	Physiotherapeutische Maßnahmen	145	18.2	Untersuchungsbefunde	182
14.6	Empfehlungen für den Alltag	148	18.2.1	Medizinische Befunde	182
15	Orthostatische Hypotonie und Sturz	151	18.2.2	Physiotherapeutische Anamnese	182
15.1	Vorgeschichte	151	18.2.3	Körperliche Untersuchung	182
15.2	Untersuchungsbefunde	152	18.3	Schlussfolgerungen	183
15.2.1	Medizinische Befunde	152	18.4	Physiotherapeutische Zielsetzung	183
15.2.2	Physiotherapeutische Anamnese	153	18.5	Physiotherapeutische Maßnahmen	184
15.2.3	Körperliche Untersuchung	153	18.6	Weiterführende Empfehlungen	186
15.3	Schlussfolgerungen	154	19	Intensivpflichtigkeit nach abdominalchirurgischem Eingriff bei Adipositas	189
15.4	Physiotherapeutische Zielsetzung	156	19.1	Vorgeschichte	189
15.5	Physiotherapeutische Maßnahmen	157	19.2	Untersuchungsbefunde	190
15.6	Empfehlungen für den Alltag	160	19.2.1	Medizinische Befunde	190
16	Periphere arterielle Verschlusskrankheit Stadium IIb	161	19.2.2	Physiotherapeutische Anamnese	190
16.1	Vorgeschichte	161	19.2.3	Körperliche Untersuchung	190
16.2	Untersuchungsbefunde	162	19.3	Schlussfolgerungen	191
16.2.1	Medizinische Befunde	162	19.4	Physiotherapeutische Zielsetzung	192
16.2.2	Physiotherapeutische Anamnese	163	19.5	Physiotherapeutische Maßnahmen	193
16.2.3	Körperliche Untersuchung	163	19.6	Weiterführende physiotherapeutische Empfehlungen	197
16.3	Schlussfolgerungen	165	20	COPD IV mit nichtinvasiver Beatmung	199
16.4	Physiotherapeutische Zielsetzung	166	20.1	Vorgeschichte	199
16.5	Physiotherapeutische Maßnahmen	167	20.2	Untersuchungsbefunde	200
16.6	Empfehlungen für den Alltag	169	20.2.1	Medizinische Befunde	200
17	Varikose	171	20.2.2	Physiotherapeutische Anamnese	202
17.1	Vorgeschichte	171	20.2.3	Körperliche Untersuchung	202
17.2	Untersuchungsbefunde	172	20.3	Schlussfolgerungen	203
17.2.1	Medizinische Befunde	172	20.4	Physiotherapeutische Zielsetzung	203
17.2.2	Physiotherapeutische Anamnese	172	20.5	Physiotherapeutische Maßnahmen	206
17.2.3	Körperliche Untersuchung	173	20.6	Weiterführende Empfehlungen	208
17.3	Schlussfolgerungen	174	21	Intensivmedizinisches Management nach Lungenresektion –	211
17.4	Physiotherapeutische Zielsetzung	175	21.1	Vorgeschichte	211
17.5	Physiotherapeutische Maßnahmen	175			
17.6	Empfehlungen für den Alltag	179			

21.2	Untersuchungsbefunde	212	23	Metabolisches Syndrom	235
21.2.1	Medizinische Befund	212	23.1	Vorgeschichte	235
21.2.2	Physiotherapeutische Anamnese . . .	213	23.2	Untersuchungsbefunde	236
21.2.3	Körperliche Untersuchung	214	23.2.1	Medizinische Befunde	236
21.3	Schlussfolgerungen	214	23.2.2	Physiotherapeutische Anamnese . . .	237
21.4	Physiotherapeutische Zielsetzung	215	23.2.3	Körperliche Untersuchung	237
21.5	Physiotherapeutische Maßnahmen	216	23.3	Schlussfolgerungen	237
21.6	Weiterführende Empfehlungen . . .	222	23.4	Physiotherapeutische Zielsetzung	240
22	Intensivpflichtigkeit nach Bypass-Operation und Tracheostoma	225	23.5	Physiotherapeutische Maßnahmen	241
22.1	Vorgeschichte	225	23.6	Empfehlungen für den Alltag	242
22.2	Untersuchungsbefunde	226	24	Chemotherapie bei Mammakarzinom	245
22.2.1	Medizinische Befunde	226	24.1	Vorgeschichte	245
22.2.2	Physiotherapeutische Anamnese . . .	227	24.2	Untersuchung	246
22.2.3	Körperliche Untersuchung	227	24.2.1	Medizinische Befunde	246
22.3	Schlussfolgerungen	228	24.2.2	Physiotherapeutische Anamnese . . .	246
22.4	Physiotherapeutische Zielsetzung	230	24.2.3	Körperliche Untersuchung	246
22.5	Physiotherapeutische Maßnahmen	230	24.3	Schlussfolgerungen	247
22.6	Weiterführende Empfehlungen . . .	233	24.4	Physiotherapeutische Zielsetzung	248
			24.5	Physiotherapeutische Maßnahmen	248

6

Atemphysiotherapie bei skoliosebedingter Dyspnoe

Symptome: Belastungsdyspnoe – Infektanfälligkeit – geringe Belastbarkeit



schwer

Definition

Skoliose

Unter einer Skoliose versteht man eine **Seitabweichung der Wirbelsäule** von der Längsachse mit Rotation der Wirbelkörper um die Längsachse und Torsion der Wirbelkörper gegeneinander, begleitet von strukturellen Verformungen der Wirbelkörper. Eine Skoliose wurde von der Scoliosis Research Society definiert als Seitverbiegung der Wirbelsäule von mehr als 10° Cobb-Winkel (> Abb. 6.1).

Kyphoskoliose

Als Kyphoskoliose bezeichnet man eine verstärkt dorsal gerichtete Verkrümmung der Wirbelsäule bei gleichzeitig vorhandener Skoliose.

Belastungsdyspnoe

Belastungsdyspnoe ist das Auftreten von Atemnot bei normaler körperlicher Belastung.

6.1 Vorgeschichte

Die Patientin Frau Skoliotika ist 26 Jahre alt und hat seit ihrem 12. Lebensjahr eine diagnostizierte idiopathische adoleszente Skoliose im Bereich der Brustwirbelsäule (Typ III nach King). Sie war immer unter ärztlicher Kontrolle, wobei die Krümmungen der Wirbelsäule durch jährliche Röntgenuntersuchung und den Adams Test (Vorbeugetest; > Abb. 6.3) überwacht wurden. Mit 13 Jahren wurde sie mit einem Mieder versorgt, das sie bis zum 18. Lebensjahr permanent tragen musste. Aufgrund der Wachstumsschübe haben sich jedoch in dieser Zeit die Abweichungen verschlechtert. Die Patientin ist seit vielen Jahren in physiotherapeutischer Behandlung mit dem Ziel, an der Wirbelsäulenaufrichtung zu arbeiten. Dabei wurden vom spezialisierten Physiotherapeuten unterschiedliche Therapiekonzepte eingesetzt, z. B. die Behandlung nach Schroth.

Vor ½ Jahr hat die Patientin einen neuen Job bekommen und arbeitet seitdem bei einem Unterneh-

men in der Buchhaltung. Im letzten Monat ist ihr aufgefallen, dass sie sich in der Wirbelsäule steifer fühlt, und seit etwa 3 Monaten bemerkt sie bei körperlicher Aktivität wie Bergaufgehen, Radfahren im Gelände, Einkauf die Treppen Hochtragen, dass sie schneller erschöpft und ermüdet ist. Sie muss daher häufiger Pausen machen, da sie das Gefühl hat, nicht genügend Luft zu bekommen. Sie belastet dies u. a. deswegen, weil sie glaubt, mit ihrem Partner bei Freizeitaktivitäten nicht mehr mithalten zu können.

Zudem gibt die Patientin eine in den letzten Jahren erhöhte Infektanfälligkeit von etwa 5 Infekten im Jahr an, die sie arbeitsunfähig machen.

Nach der letzten ärztlichen Untersuchung stellte man eine Verschlechterung des Cobb-Winkels fest und die Patientin bekam eine Verordnung zur Atemphysiotherapie, die von einem internistisch spezialisierten Therapeuten in enger Absprache mit dem bisher behandelnden Physiotherapeuten erfolgte, die in einer Praxisgemeinschaft zusammenarbeiten.

Laut dem behandelnden Orthopäden hat sich der Cobb-Winkel von 43° auf 50° in der Brustwirbelsäule und

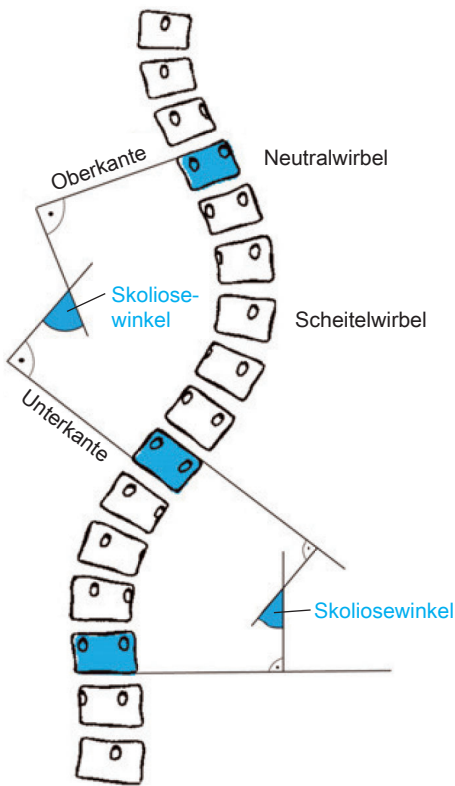


Abb. 6.1 Bestimmung des Cobb-Winkels [L190/L271]

auf 30° in der Lendenwirbelsäule verschlechtert und die Skoliose hat sich somit in Richtung Typ II verändert.

KLINISCHER HINTERGRUND

Einteilung der Skoliose nach King

Die Einteilung der Skoliose nach King [King et al. 1983] beurteilt mithilfe unterschiedlicher Parameter den Schweregrad der Skoliose. Sie erfolgt in 5 Skoliose Typen auf Basis der

- Ermittlung des Skoliosewinkels am Röntgenbild nach Cobb und
- Ermittlung des Flexibilitätsindex durch die Funktionsaufnahmen.

Cobb-Winkel

Der Cobb-Winkel gibt Auskunft über die Achsenabweichung der Wirbelsäule in der Frontalebene. Dabei werden zwei Wirbel, die sich vor und nach einer Krümmung befinden, im abweichenden Winkel zum physiologischen Lot gegenüber dargestellt (➤ Abb. 6.1).

Zu diesem Fallbeispiel werden folgende Fragen beantwortet:

- Welche respiratorisch relevanten Untersuchungen gibt es im Rahmen der Skoliose-Behandlung?
- Wie beeinflusst die Skoliose die Atemmechanik?
- Welche respiratorisch relevanten Strategien gibt es bei der Behandlung der Skoliose?

6.2 Untersuchungsbefunde

6.2.1 Medizinische Befunde

Die Untersuchungsbefunde zeigen Zeichen einer ausgeprägten restriktiven Funktionseinschränkung der Lunge bedingt durch die reduzierte Dehnfähigkeit der Lunge aufgrund der bestehenden Thoraxdeformität.

Röntgen Wirbelsäule

Im aktuellen Röntgenbild wurde ein Cobb-Winkel von 50° mit rechtskonvexer Abweichung in der Brustwirbelsäule (Th4–Th11) mit einer zusätzlichen BWS-Kyphose festgestellt. Des Weiteren wurde eine linkskonvexe Achsenabweichung von 30° im Bereich der Lendenwirbelsäule (Th11–L4) erkannt. Aufgrund der ärztlichen Untersuchung wurde die Skoliose nach Typ II (Klassifikation nach King) neu klassifiziert.

In Bezug auf Thorax und Lunge sind folgende **Auffälligkeiten** aus dem Röntgenbild ersichtlich (➤ Abb. 6.2):

- Es zeigt sich eine deutliche Thoraxasymmetrie, wobei die Zwischenrippenräume links pathologisch verringert sind und damit das darunter liegende Lungengewebe komprimieren, wohingegen die Zwischenrippenräume rechts verbreitert sind.
- Die Klavikulae stehen steil nach oben gezogen als Zeichen eines vermehrten Einsatzes der Atemhilfsmuskulatur und die rechte Schulter steht höher und ist nach ventral gekippt, da die Skapulaspitze über den Rippenbuckel nach dorsal gedreht wird.
- Im Bereich der linken Lunge sind bedingt durch die Kompression Zeichen einer Minderbelüftung erkennbar.



Abb. 6.2 Röntgenbefund bei rechtskonvexer Skoliose [R107–01]

- Ferner ist erkennbar, dass das Zwerchfell nicht physiologisch gekuppelt, sondern aufgrund der Thoraxdeformität verzogen ist.
- Der Herzschatten ist verbreitert als Zeichen einer seit länger bestehenden Kompensationsarbeit des Herzens, um die Funktionseinschränkung der Lunge auszugleichen.
- In den beurteilbaren Arealen des Lungengewebes finden sich keine Zeichen vermehrter Sekretansammlung. Im Bereich der Kompressionsatelektase kann man dies allerdings nicht ausschließen.

Spirometrie

Die Lungenfunktionsuntersuchung (> 1.2.1) ergab bei der letzten Untersuchung eine Verschlechterung gegenüber dem Vorbefund (> Tab. 6.1). Wie in > Tab. 6.1 ersichtlich haben sich sowohl die totale Lungenkapazität, als auch die Vitalkapazität im Jahresabstand deutlich verschlechtert. Dies passt zu der im Röntgen festgestellten Progression der Thoraxdeformität und der u. a. damit verbundenen schlechteren Pumpkapazität der Inspirationsmuskulatur. Die maximale Einatemkraft gemessen über den maximalen inspiratorischen Druck (MIP) weist auf eine Schwäche der Inspirationsmuskulatur bedingt durch die ungünstige Aufhängung am knöchernen Thorax hin.

KLINISCHER HINTERGRUND

Restriktion des respiratorischen Systems

Unter Restriktion versteht man die **verminderte Ausdehnungsfähigkeit der Lunge**, die intrapulmonale Ursachen wie eine Lungenfibrose oder extrapulmonale Ursachen wie eine Thoraxdeformität oder Pumpinsuffizienz der Atemmuskulatur haben kann. Die Pumpinsuffizienz kann u. a. durch folgende Ursachen bedingt sein:

- Verzogene Aufhängung der Muskulatur am knöchernen Thorax z. B. bei Thoraxdeformitäten
- Instabile Aufhängung am knöchernen Thorax z. B. bedingt durch Serienrippenfrakturen
- Zwerchfellschwäche oder -lähmung
- Atelektase
- Flüssigkeit in Bereich der Lunge oder Pleura (Ödem, Erguss)
- Adipositas permagna

Um gegen die erhöhten Widerstände bedingt durch die Restriktion Volumen zu verschieben, müssen die Patienten erhöhte Atemarbeit leisten.

Definition Lungenrestriktion anhand der Lungenfunktionsuntersuchung: $FEV_1/VC \geq 70\%$ und VC sowie TLC erniedrigt (und FEV_1 normal oder herabgesetzt).

Blutgasanalyse

- pO_2 : 72 mmHg
- pCO_2 : 42 mmHg
- S_aO_2 : 95 %
- pH-Wert: 7,46

Tab. 6.1 Verlauf der Spirometriebefunde im Jahresabstand. TLC = totale Lungenkapazität, $VC_{\max}$ = Vitalkapazität, FEV_1 = forciertes expiratorisches Volumen in einer Sekunde, PEF = Peak Expiratory Flow, $Pi_{\max}/MIP$ = maximaler inspiratorischer Druck.

	TLC	$VC_{\max}$	FEV_1	PEF	$Pi_{\max}/MIP$
Vorletzte Untersuchung	67 %	60 %	61 %	4,5 l/sec	60 cm H ₂ O
Letzte Untersuchung	60 %	52 %	53 %	3,2 l/sec	45 cm H ₂ O

6-Minuten-Gehtest

Die Beschwerden der Atemnot haben in den letzten Monaten bei körperlichen Aktivitäten wie Radfahren, Treppensteigen, Bergaufgehen stark zugenommen. Daher wurde im Rahmen der Untersuchung die Ausdauerfähigkeit mittels 6-Minuten-Gehtest getestet. Für die Patientin wurde ein Normwert von 682 m ermittelt.

PRAKTISCHER TIPP

Durchführung des 6-Minuten-Gehtests

Dabei wird die maximale Gehstrecke gemessen, die ein Patient in 6 Minuten zurücklegt. Für den Test muss mit einem Zeitaufwand von 15–20 Minuten gerechnet werden. Voraussetzung für die Durchführung sind eine ausreichende Belastbarkeit und Mobilität der Patientin. Hilfsmittel dürfen während des Tests benützt werden.

Untersuchungsumgebung:

- Ort, an dem ggf. eine notfallmäßige Betreuung möglich ist, z. B. Krankenhauskorridor
- Ungehinderte Gehstrecke von 10 oder 30 m, alle 3 m Markierung der Strecke
- Wendepunkte, die mit einem farbigen Verkehrskegel gekennzeichnet sind

Vorbereitung:

- Der Patient muss mindestens 10 Minuten vor Testbeginn zum Messen der Ruheparameter ruhig auf einem Sessel gesessen haben.
- Messen von Puls, Blutdruck und Sauerstoffsättigung in Ruhe und Erfragen des Borg-Wertes.

Durchführung:

- Instruktion: „Gehen Sie in den folgenden 6 Minuten so weit wie Sie können. Das Ziel ist, innerhalb dieser Zeit eine möglichst große Strecke zurückzulegen. Pausen sind jederzeit erlaubt, gehen Sie aber weiter, sobald Sie sich dazu wieder in der Lage fühlen. Sie dürfen nicht laufen.“
- Zur Motivation dürfen folgende Sätze benützt werden: „Sehr gut, Sie haben noch xx Minuten.“, „Weiter so, Sie haben noch xx Minuten.“ Es sind keine zusätzlichen Worte oder Gesten zur Motivation erlaubt, da diese den Test verfälschen.

- Messung der Werte vor Testbeginn, am Testende sowie 1, 3 und 5 Minuten nach Testende zur Beurteilung der Regenerationsfähigkeit des Patienten.
- Beträgt die Gehdauer weniger als 6 Minuten, werden die effektive Dauer und die dabei erreichte Gehstrecke sowie der Abbruchgrund notiert.
- Mögliche Formeln zur Bestimmung der Sollgehstrecke:
 - > Formel 6.1, > Formel 6.2

Normwertberechnung Männer (40–80 Jahre):

$$\begin{aligned} \text{Sollwert [m]} &= (7,57 \times \text{Größe [m]}) - \\ & (5,02 \times \text{Alter [Jahre]}) - \\ & (1,76 \times \text{Gewicht [kg]}) - 309 \text{ m} \end{aligned} \quad \text{Formel 6.1}$$

Normwertberechnung Frauen (40–80 Jahre):

$$\begin{aligned} \text{Sollwert [m]} &= (2,11 \times \text{Größe [m]}) - \\ & (5,78 \times \text{Alter [Jahre]}) - (2,29 \times \\ & \text{Gewicht [kg]}) + 667 \text{ m} \end{aligned} \quad \text{Formel 6.2}$$

Insgesamt konnte die Patientin eine Wegstrecke von 435 m zurücklegen, wobei der auf ihr Alter, Gewicht und Körpergröße bezogene Normwert 682 m beträgt (> Tab. 6.2). Am Ende der Testung machte die Patientin eine subjektive Selbsteinschätzung ihrer Atembelastung von 9 auf der Borg-Skala (0–10). Es besteht keine Sauerstoffpflicht bei körperlicher Belastung bzw. beim Training.

6.2.2 Physiotherapeutische Anamnese

Im Rahmen der Erstuntersuchung durch den Atemphysiotherapeuten erfolgt eine Analyse der medizinischen Befunde, um zu evaluieren, wodurch die Belastungsdyspnoe und Infektanfälligkeit begründet sein können.

Frau Skoliotika erzählt dem Physiotherapeuten, dass ihr der Jobwechsel vor ½ Jahr viel Freude bereitet hat. Wegen der sich häufenden infektabedingten Fehlzeiten sorgt sie sich allerdings darum, diesen

Tab. 6.2 Ergebnisse des 6-Minuten-Gehtests

Belastungsdauer	S _a O ₂ -Sättigung	HF/min	Borg-Skala (0–10)
Start (Ruhe)	95 %	84	0
1 Minute	94 %	102	2
2 Minuten	94 %	116	3
3 Minuten	93 %	128	5
4 Minuten	93 %	134	6
5 Minuten	92 %	146	7
6 Minuten	91 %	154	9
1 Minute Erholung	93 %	140	5
2 Minuten Erholung	94 %	121	4
3 Minuten Erholung	95 %	102	1

Job auch behalten zu können. Es bereitet ihr außerdem derzeit Sorgen, dass sie dyspnoebedingt kaum mehr sportliche Aktivitäten ausüben kann und auch bei anstrengenderen Alltagstätigkeiten wie dem Tragen des Einkaufs die Treppen rauf auf Unterstützung durch den Partner angewiesen ist.

6.2.3 Körperliche Untersuchung

Die Patientin ist 160 cm groß und wiegt 40 kg. Dies ergibt einen BMI von 15,6, der eindeutig auf Untergewicht hinweist. Die Patientin gibt an, dass sie bei höherem Gewicht rascher eine deutliche Verschlechterung ihrer Wirbelsäulenproblematik und der Atemprobleme verspürt. Sie möchte deswegen nicht zunehmen.

Vitalparameter

Inspektion der Vitalparameter im Sitzen:

- Atemerleichternde Position: ja
- Atemfrequenz: 20 Atemzüge/min
- Verhältnis Inspiration/Expiration: 1 : 1,5
- Atemweg: Nase
- Atemform: überwiegend sternal
- Zyanose: nein
- Herzfrequenz: 84/min

Auskultation

Es sind beidseits basal abgeschwächte Atemgeräusche zu hören. Im komprimierten linken Lungennareal fehlt das Atemgeräusch nahezu vollständig. Es gibt auskultatorisch keinen Hinweis auf Sekret.

Inspektion der Statik

Bei der Untersuchung der Haltung im Stand (Statiküberprüfung) wurde die Patientin von vorne, seitlich und hinten befundet. Folgendes Ergebnis zeigte sich:

- Bereichslokalisierung Becken:
 - Crista iliaca rechts höher als links
 - Becken leicht nach ventral geneigt
- Bereichslokalisierung Wirbelsäule:
 - Verstärkte linkskonvexe Lateralflexion im Bereich der LWS und rechtskonvexe Lateralflexion im Bereich der BWS
 - Verstärkte BWS-Kyphose im Bereich Th2–Th6
 - Hyperlordose in der HWS
 - Hyperlordose in der LWS
- Bereichslokalisierung Schultergürtel: rechte Schulter steht höher und ist protrahierter als die linke Schulter im Sinne einer Scapula alata

Vorbeugetest (Adams-Test)

Frau Skoliotika wurde im Rahmen der Funktionsprüfung aufgefordert, sich mit locker hängenden Armen und durchgestreckten Beinen nach vorne zu beugen und sich mit den Fingern Richtung Boden zu bewegen. Dabei war auffallend, dass sich die Niveauunterschiede und Asymmetrien im Bereich des Rückens deutlich verstärkten (➤ Abb. 6.3). Auf Höhe des 7. Brustwirbels konnte durch Messung mit einem Skoliosimeter eine Abweichung von 28° gemessen werden.

Im Anschluss an die Palpation überprüfte der Therapeut die aktive Beweglichkeit der Wirbelsäule in Flexion, Extension und Rotation. Alle drei Bewegungsrichtungen waren mäßig eingeschränkt.

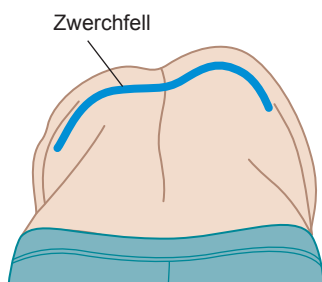


Abb. 6.3 Thoraxasymmetrie und Zwerchfellposition bei Skoliose [L231]

Palpation

Im nächsten Schritt wurde mittels Palpation der Muskeltonus erhoben. Die gesamte inspiratorische Atemhilfsmuskulatur, M. trapezius, Mm. scaleni und M. pectoralis major, wiesen einen Hypertonus auf.

In Rückenlage wurde die Spannung des Zwerchfells untersucht. Dabei wurde das Zwerchfell unterhalb des Rippenbogens sowohl rechts als auch links auf Spannung geprüft. Bei dieser Untersuchung liegt die Patientin auf dem Rücken. Der Therapeut versucht, mit der flachen Hand unter dem Rippenbogen die Spannung des Zwerchfells zu ertasten (> Abb. 6.4). Bei Frau Skoliotika konnte ein Hypertonus im Bereich des Zwerchfells festgestellt werden.

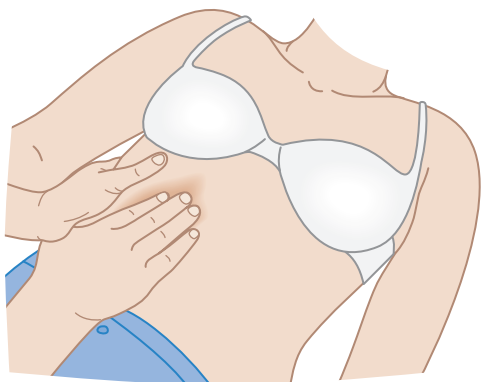


Abb. 6.4 Zwerchfellpalpation [L231]

Beweglichkeit des Thorax während der Atmung

Der Therapeut legte dazu die Hände flächig auf den Brustkorb und gab der Patientin den Auftrag, tief ein- und auszuatmen. Diese Untersuchung wurde sowohl am Thorax dorsal als auch ventral durchgeführt. Bei einer guten Thoraxmobilität wandern die Hände des Therapeuten nach lateral und kranial (angulare Bewegung).

Es war eine deutlich reduzierte Bewegungsamplitude bei In- und Expiration feststellbar. Die laterale Bewegung des Thorax war nur in einem geringen Umfang spürbar, rechts mehr als links.

Muskelfunktion

Das **Diaphragma** wurde palpatorisch auf die Aktivierungsfähigkeit hin in Rückenlage überprüft. Der Therapeut palpierter bei diesem Test den Unterbauch mit zwei Fingern (> Abb. 6.5). Im Anschluss wurde die Patientin aufgefordert, eine tiefe Inspiration durchzuführen. Sollten dabei die beiden Finger des Therapeuten durch die Inspiration der Patientin aus dem Gewebe gedrückt werden, zeigt das Diaphragma eine gute Aktivierungsfähigkeit. Findet keine Druckübertragung vom Abdomen bis zu den Palpationsfingern des Therapeuten statt, besteht eine Insuffizienz des

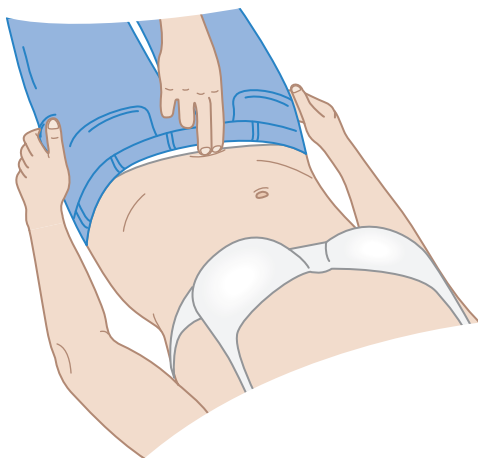


Abb. 6.5 Test des Ausmaßes der diaphragmalen Atembewegung [L231]

Diaphragmas. Bei Frau Skoliotika zeigte sich eine mäßige Aktivierungsfähigkeit des Diaphragmas. Der Druck unter den Fingern wurde leicht erhöht, es konnte jedoch nicht genügend Kraft durch das Diaphragma aufgebaut werden, um die Finger nach oben zu drücken.

Außerdem wurde die Aktivierungsfähigkeit des **M. transversus abdominis** und des **Beckenbodens** überprüft. Beide gehören zu den wichtigsten lokalen Stabilitätsmuskeln des unteren Rumpfes. Besteht bei diesen Muskeln eine Insuffizienz, kann dies auch Auswirkung auf die Funktion des Diaphragmas haben. Bei Frau Skoliotika war eine isolierte Aktivierung des M. transversus abdominis möglich, jedoch konnte die muskuläre Aktivität bei Bewegung nicht gehalten werden und es war nur eine geringe Aktivierung des Beckenbodens spürbar.

6.3 Schlussfolgerungen

Untersuchung des Bewegungsapparats

Die Patientin zeigt aufgrund ihrer Kyphoskoliose und des progredienten Verlaufs eine Veränderung der Stellung der Kostovertebralgelenke im Bereich der BWS. Infolge des veränderten Verlaufs der Rippen befindet sich der Thorax in einer asymmetrischen Position. Durch die abnorme Stellung zeigt sich ein geringes Bewegungsausmaß in der Wirbelsäule. Besonders die Bewegungskomponenten Extension und Rotation, die für den Atemvorgang wichtig sind, zeigen beidseits eine reduzierte Amplitude.

Die veränderte Statik des Thorax und der BWS geht mit muskulären Veränderungen einher (> Abb. 6.6). Die Mm. scaleni und der M. pectoralis minor weisen einen veränderten Tonus auf, der durch die vermehrte Beanspruchung als Atemhilfsmuskulatur verursacht wird. Dadurch

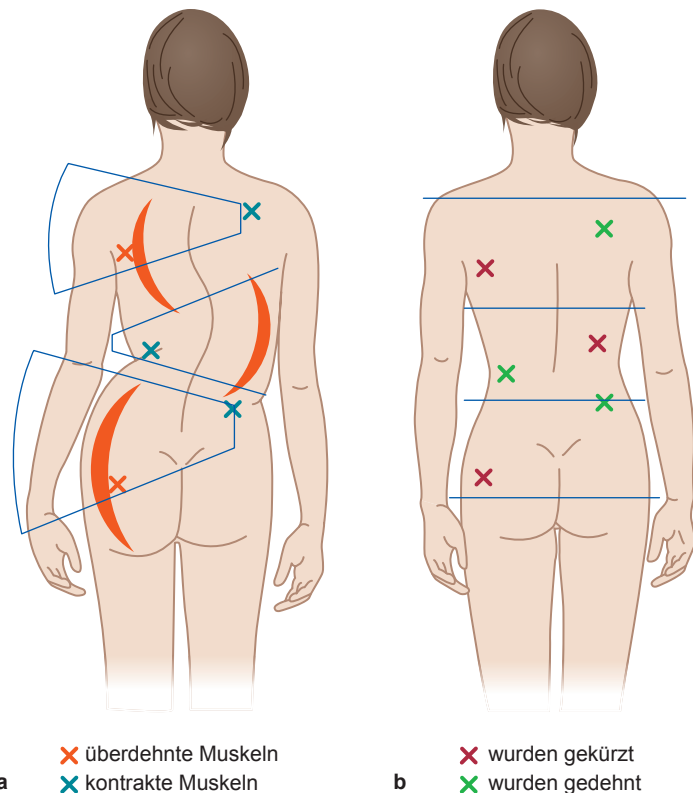


Abb. 6.6 Pathologisch veränderte muskuläre Verhältnisse bei Skoliose. **a** Überdehnte und kontrakte Muskeln. **b** Beseitigung der Asymmetrie des Rumpfes durch Verkürzung der zuvor überdehnten und Dehnung der zuvor kontrakten Muskeln. [L231]

ist die Effektivität der Muskulararbeit gestört. Die reduzierte posturale Kontrolle der extensorischen Muskulatur der Wirbelsäule stellt auch eine Gefahr für das Voranschreiten der Kyphose im Bereich der BWS dar.

Die genannten Einschränkungen erklären die Aspekte des Bewegungsapparats, die für die Belastungsdyspnoe der Patientin verantwortlich sind.

Röntgen, Tests, Blutgasanalyse, Spirometrie

Diese strukturellen und funktionellen Abweichungen haben einen großen Einfluss auf die Funktionsweise der Lunge bei Inspiration und Expiration und äußern sich bei Frau Skoliotika in Form einer niedrigen Vitalkapazität und eines niedrigen maximalen inspiratorischen Drucks (MIP). Auch der Peakflow-Wert ist mit 3 l/sec zu gering, um insbesondere in z. B. reduziertem Allgemeinzustand im Rahmen eines Infekts husteeffektiv zu sein.

Bei der Röntgenuntersuchung wurden ein verringerter Abstand der Rippen links und ein verbreiteter rechts festgestellt. Die durch die knöchernen Veränderungen bedingte Kompression des darunter liegenden Lungengewebes erklärt sowohl die Dyspnoe durch ein reduziertes Volumen, das zum Gasaustausch zur Verfügung steht, als auch die Infektanfälligkeit, da der Abtransport des physiologisch gebildeten Bronchialsekrets nur eingeschränkt möglich ist. Dadurch besteht die Gefahr der Vermehrung pathogener Keime und konsekutiv eines bronchialen Infekts.

Durch die Verschlechterung der Skoliose auf lumbaler Ebene und folglich die Änderung der Spannungsverhältnisse im Diaphragma zeigte die Patientin eine reduzierte Aktivierungsfähigkeit des Diaphragmas, was sich auch in einer niedrigen inspiratorischen Maximalkraft (gemessen bei der Spirometrie als maximal inspiratorischer Druck = MIP) bemerkbar macht. Ebenfalls auf lumbaler Ebene konnte eine veränderte Ausdauerfähigkeit der lokalen muskulären Kontrolle vom M. transversus abdominis, der das Diaphragma in seiner Spannung unterstützt, festgestellt werden.

Die Beeinträchtigung der Atemfunktion macht sich bei verschiedenen körperlichen Aktivitäten (Radfahren, Gehen) bemerkbar. Die Patientin zeigte eine verringerte Ausdauerleistungsfähigkeit mit Atemnot (Borg-Skala 9 [0–10]) bei starker Belastung. Der auslösende Mechanismus dieser Atemnot bei körperlicher Aktivität lässt sich durch die beschriebene Restriktion erklären. Zusätzlich zeigte sich eine erhöhte Herzfrequenz in Ruhe (84/min) und bei Belastung (154/min), die auf die Notwendigkeit der Kompensationsarbeit des Herzens zur adäquaten Sauerstoffversorgung hinweist. Dass dieser Zustand schon länger besteht, zeigt sich am vergrößerten Herzschatten im Thoraxröntgen.

Die Patientin möchte rasch mit der Therapie beginnen und freut sich schon auf Übungen, die sie zu Hause selbstständig durchführen kann. Im Rahmen der Untersuchung zeigte die Patientin großes Interesse und der Therapeut kann von einer guten Compliance der Patientin ausgehen.

Risikostratifizierung

Aufgrund der Kompressionsatelektase kann man auf eine erhöhte Infektanfälligkeit schließen, da das in diesem Lungenabschnitt produzierte Bronchialsekret nur ungenügend abtransportiert werden kann und sich pathogene Keime darin vermehren können.

Außerdem kann aufgrund des reduzierten Lungenvolumens und damit einhergehender Beeinträchtigung des Gasaustauschs die Belastungsdyspnoe erklärt werden. Um ausreichend Sauerstoff für die arbeitenden Organe zur Verfügung zu stellen, muss das Herz kompensatorisch Mehrarbeit leisten.

Folge dieser Mehrarbeit kann eine Hypertrophie des Herzens in Form eines Cor pulmonale sein. Um das Herz zu entlasten, sind alle Maßnahmen zielführend, welche die Sauerstoffversorgung der Patientin nachhaltig verbessern.

6.4 Physiotherapeutische Zielsetzung

Aus derzeitiger Sicht ist ein systemischer Therapieansatz, der sowohl pulmologische als auch orthopädisch-biomechanische Therapieansätze inkludiert, zu wählen, wobei in diesem Beispiel ausschließlich auf den pulmonalen Ansatz eingegangen wird. Dabei kann jedoch keine strenge Trennung zwischen den Ansätzen getroffen werden, da sie sich gegenseitig beeinflussen.

- **Pulmologische Ziele:**
 - Steigerung der Vitalkapazität
 - Homogenisierung der Ventilation
 - Reduktion der Dyspnoe bei körperlicher Belastung
 - Infektprophylaxe
 - Steigerung der Aktivierungsfähigkeit und Kraft des Diaphragmas
- **Orthopädisch-biomechanische Ziele:**
 - Verbesserung der Wirbelsäulen- und Thoraxmobilität
 - Verbesserung der posturalen Kontrolle
 - Verbesserung der Statik in funktioneller Halteposition
 - Steigerung der LWS-Stabilität

6.5 Physiotherapeutische Maßnahmen

Lagerung zur Ventilationsverbesserung

➤ Fall 3

Atemmuskeltraining

Ziele des Atemmuskeltrainings bei Frau Skoliotika sind:

- Erhöhung der inspiratorischen Volumina
- Steigerung der Kraft und Ausdauerfähigkeit des Diaphragmas, um der erhöhten Atemarbeit Rechnung zu tragen
- Anheben der Ermüdungsschwelle des Diaphragmas

- Reduktion der belastungsinduzierten Dyspnoe, z. B. beim Treppensteigen, Radfahren

Wichtig für das aktive Training der inspiratorischen Atemmuskulatur ist eine möglichst aufrechte korrigierte Position der Wirbelsäule. Eine aufrechte Haltung erlaubt eine verbesserte Belüftung schlecht ventilierter Lungenareale, was man u.a. an einer Steigerung der Sauerstoffsättigung, gemessen mit einem Pulsoximeter, erkennen kann.

Außerdem bedingt die Kyphose im Bereich der BWS u.a. eine Veränderung der Protraktion der Schulterblätter und dadurch veränderte Längenverhältnisse der am Schulterblatt ansetzenden Muskulatur. Zum Beispiel kommt der M. pectoralis minor in eine mechanisch ungünstigere Position und kann nicht die optimale Kraftentfaltung auf die Rippen aufbringen.

PRAKTISCHER TIPP

Erstellung eines spezifischen Atemmuskeltraining

1. Feststellung des MIP und der Ausdauer des Zwerchfells:

- a. Maximal ausatmen
- b. So rasch wie möglich gegen einen definierten Widerstand im Rahmen einer Spirometrie, mittels eines Mouthpressuremeters oder Atemmuskeltrainingsgeräts einatmen
- c. 10 Wiederholungen

2. Festlegen der Trainingsbelastung für Kraft- und Ausdauertraining:

- a. Variante 1: ausgehend vom besten MIP-Ergebnis für das
 - i. Krafttraining 80–100 % des MIP einstellen
 - ii. Ausdauertraining 50–70 % des MIP einstellen
- b. Variante 2: den Mittelwert der Messergebnisse ermitteln und davon ausgehend für das
 - i. Krafttraining 80–100 % einstellen
 - ii. Ausdauertraining 50–70 % einstellen

3. Training der Atempumpfunktion durch Widerstandsatmung:

- a. Krafttraining:
 - i. 1–3 Sätze à 10 Wiederholungen und mind. 80 % MIP
 - ii. Atemtechnik: möglichst rasch einatmen
- b. Ausdauertraining:
 - i. Intervalltraining: 1 Minute gegen vorgegebenen Widerstand mit 50–70 % MIP atmen, danach 30 Sekunden Pause
 - ii. Atemtechnik: Atemfrequenz im Verhältnis 1 : 1, Atemtiefe etwas tiefer als normale Ruheatmung, 10 × 1 Minute Trainingsatmung mit dazwischen jeweils 30 Sekunden Pause

4. **Schulung in Gerätehandling und Reinigung:** Die Patienten müssen im korrekten Zusammenbau der Geräte geschult werden. Nach jedem Training müssen die Geräte gereinigt werden.

5. **Schulung der korrekten Atemtechnik (Atemmuskeltraining)** (> Abb. 6.7):

- **Flowkonstante Widerstandsatmung:** Dabei muss ein bestimmter Einatemdruck entwickelt werden, ehe der Einstrom der Luft erfolgt. Dieser ist unabhängig von der Geschwindigkeit der Einatmung. Geräte: z. B. Respifit, Threshold.
- **Flowinkonstante Widerstandsatmung:** Der Patient atmet durch einen Widerstand ein, kann diesen allerdings durch Variieren der Einatemgeschwindigkeit verändern. Die Therapie mit diesen Geräten ist effizient, verlangt aber hinsichtlich der Atemtechnik eine sehr genaue Schulung des Patienten. Vorteil dieses Systems ist, dass man bei obstruktiven Patienten mit Wandinstabilität einen Schienungswiderstand in den Ausatemschenkel stecken kann und somit ein Überblähen der Lunge während des Trainings verhindert. Außerdem kann man über den Inspirationsschenkel zusätzlich Sauerstoff verabreichen, wenn der Patient diesen während des Trainings benötigt. Geräte: z. B. Astra Pep/Rmt® System.
- **Isokapnische Hyperventilation:** Rasche und tiefe Inspiration über eine vorgegebene Zeit, wobei durch einen Beutel CO₂ rückgeatmet wird. Geräte: z. B. Spirotiger.

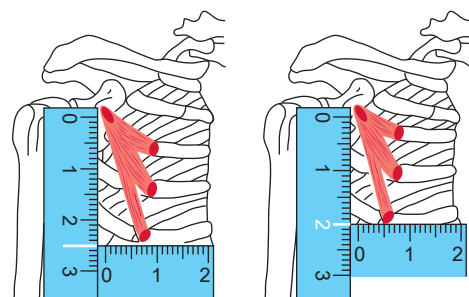
KLINISCHER HINTERGRUND

Hebelgesetz und M. pectoralis minor

Die Länge des Hebels, relativ zum Ansatz des Muskels, ist entscheidend für die Veränderung der Kraftverhältnisse der inspiratorischen Muskulatur (> Abb. 6.8). Ist der Hebel



Abb. 6.7 Geräteauswahl für das Atemmuskeltraining: Geräte für flowkonstante Widerstandsatmung, flowinkonstante Widerstandsatmung und isokapnische Hyperventilation [P210]



a Schulter bei aufrechter, physiologischer Haltung **b** Protrahierte Schulter bei Kyphose

Abb. 6.8 Unterschied der Biomechanik. **a** Physiologische Verhältnisse bei korrekter Haltung. **b** Pathologische Verhältnisse bei Schulterprotraktion aufgrund einer Kyphose. [L271]

des Kraftvektors sehr kurz, d.h. der Ansatzpunkt des Muskels liegt näher am Drehpunkt (in > Abb. 6.8 bei ca. 5 mm statt bei ca. 7 mm), muss die Muskulatur eine größere Kraft aufbringen, um die Last des Brustkorbs bei der Inspiration anzuheben. Mit diesem physikalischen Modell lässt sich die Wichtigkeit der aufrechten Haltung gut ableiten.

Allgemeines Krafttraining

Das allgemeine Krafttraining wird mit Kurzhanteln zusätzlich zu den Aufrichtungsübungen der Wirbelsäule durchgeführt, wobei insbesondere die Atemhilfsmuskulatur gekräftigt wird, um v.a. die Belastungsdyspnoe zu reduzieren.

Danach wird die Patientin instruiert, ihre trainierte Muskulatur gut zu dehnen, um Verkürzungen und damit ein insuffizientes Arbeiten zu verhindern.

Allgemeines Ausdauertraining

Frau Skoliotika fährt so oft wie möglich mit dem Rad. Die Belastung fällt ihr dabei leichter, da sie sich auf den Lenker stützen und so ihre Atemhilfsmuskulatur einsetzen kann. Außerdem ist sie der Ansicht, dass sie so ihre Thoraxdeformität ein wenig besser kaschieren kann, als wenn sie geht.

Als Ausdauertraining wird also ein Fahrradergometertraining auf Basis der beim 6-Minuten-Gehtest erhobenen Werte begonnen. Trainingshäufigkeit sind 2 x/Woche jeweils 30 Minuten pro Trainings-

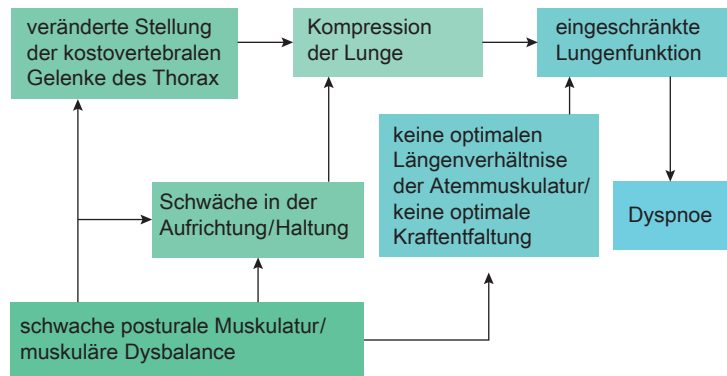


Abb. 6.9 Mechanische Kette
(nach R. Beikircher) [L271]

einheit. Ziel des Trainings ist die Verbesserung der Sauerstoffaufnahmekapazität und damit eine Verringerung von Belastungsdyspnoe und kompensatorischer Herzbelastung.

Zur Verbesserung der Kraft, um insbesondere mit zusätzlichen Lasten wie Einkaufstaschen Treppen steigen zu können, wird Frau Skoliotika 2 ×/Woche auf ein Steppertraining eingestellt.

Jegliches Ausdauertraining absolviert die Patientin mit einem Pulsgurt.

Mobilisation

Die Mobilisation des Thorax stellt für diese Patientin einen wichtigen Aspekt dar. Es dürfen bei den Bewegungsaufgaben keine stechenden Schmerzen auftreten und die Patientin wird angeleitet, die Übung mit ihrer Atmung zu kombinieren.

Aktive Übungen zur Stabilisation

Der aktive Bewegungsapparat stellt einen wichtigen Schwerpunkt für die Behandlung der idiopathischen adoleszenten Skoliose dar. Für eine physiologische Aufrichtung benötigt es ein optimales Verhältnis zwischen Rücken- und Bauchmuskulatur. Ein optimales Kraftverhältnis bedeutet einerseits die ideale Belastungs- und Zugverteilungen auf die Wirbelsäule und ist andererseits Grundvoraussetzung für eine koordinierte Bewegung und Atmung. Besonderes Augenmerk muss auch auf die Kräftigung der schwachen Beckenbodenmuskulatur von Frau Sko-

liotika gelegt werden, um die LWS zu stabilisieren und die Husteffektivität zu gewährleisten.

Der M. transversus abdominis unterstützt die lokale Rumpfkontrolle und wird auch als lokaler Stabilisator bezeichnet. Er umschließt den Rumpf als Korsett und unterstützt bei einer guten Aktivierungsfähigkeit und optimalen Haltung das Zwerchfell in seiner Funktion. Ist nun eine schwache Funktion dieser posturalen Muskeln vorhanden, besteht eine unzureichende Position des Thorax, um das Diaphragma bei Inspiration optimal zu aktivieren. Dieser Zusammenhang wird auch als mechanische Kette bezeichnet (➤ Abb. 6.9).

PRAKTISCHER TIPP

Wann ist die Trainingsbelastung ausreichend?

Bemerkt man bei einem Patienten ein leichtes Zittern der Muskulatur, bedeutet dies nicht automatisch das Ende der Übungssequenz. Vielmehr ist dies im Rahmen der Verbesserung der intermuskulären Koordination durchaus erwünscht. Entsteht jedoch durch das starke Zittern der Muskulatur eine Ausweichbewegung, die eine große Abweichung von der physiologischen Haltung des Patienten darstellt, ist die Übung zu beenden.

Versuch: 5 × 20 Sekunden Übungszeit mit 30 Sekunden Pause.

Evaluationskriterien

Eine Steigerung der inspiratorischen Lungenvolumina gemessen in der Spirometrie und eine Verbesserung des MIP lassen auf eine kräftigere Inspirationsmuskulatur und/oder auf eine verbesserte Aufrichtung der Wirbelsäule schließen. Durch eine Steigerung des

Peakflows und der Kraft der Beckenbodenmuskulatur kann die Husteffektivität verbessert werden.

Die Steigerung von Inspirationsvolumen und Zwerchfellkraft sollte sich in der Sauerstoffsättigung, dem 6-Minuten-Gehtest (Gehstrecke, Herzfrequenz), der Reduktion der Atemfrequenz und v. a. an der Verringerung der Belastungsdyspnoe zeigen. Auskultatorisch sollte das behandelte Lungenareal ein Strömungsgeräusch aufweisen.

Durch Verbesserung der Ventilation und Clearance des physiologisch gebildeten Bronchialsekrets ist die durch die Kompression des Lungenareals bedingte Reduktion der Infekte zu erwarten.

6.6 Empfehlungen für den Alltag

Frau Skoliotika ist hochmotiviert, selbst dazu beizutragen, ihre körperliche Leistungsfähigkeit zu verbessern, und absolviert alle therapeutischen Maßnahmen in korrigierter Ausgangsposition. Sie soll 2 × wöchentlich ihr Ausdauertraining am Fahrradergometer und 2 × wöchentlich mit einem Stepper durchführen, um für die sportlichen Aktivitäten und für Alltagsbelastungen fit zu sein.

2 ×/Woche sollen Hantelübungen gemacht werden, um die Atemhilfsmuskulatur zu trainieren, 3 ×/Woche ein Atemmuskeltraining mit einem mechanischen Trainingsgerät.

Der Patientin hat erlernt, wie sie den Beckenboden kräftigen bzw. aktivieren kann, was sich gut in ihre Skoliose-Übungen integrieren lässt. Die mit dem Therapeuten erarbeitete Lagerung zur Ventilationsverbesserung wird sie für einige Zeit jeweils abends beim Fernsehen oder Lesen einnehmen.

Frau Skoliotika bleibt weiterhin in physiotherapeutischer Behandlung, um der Progression ihrer Kyphoskoliose entgegenzusteuern. Dazu zählen auch die Durchführung von Dehnübungen und Übungen zur Haltungskorrektur.

LITERATUR

- Fusco C et al. Physical exercises in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis: An updated systematic review. *Physiotherapy Theory and Practice* 2011; 27 (1): 80–114
- Durmala J et al. Influence of active and passive derotation techniques of OMT Kalternborn-Evjenth manual therapy on trunk morphology of adolescents with idiopathic scoliosis – pilot studies. *Scoliosis* 2013; 8: 022
- Negrini S et al. Why do we treat adolescent idiopathic scoliosis? What we want to obtain and to avoid for our patients. *SOSORT 2005 Consensus paper. Scoliosis* 2006; 1: 4
- King HA, Moe JH, Bradford DS, Winter RB. The selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 1983; 65: 1302–1313

7

Atemphysiotherapie bei Asthma bronchiale

Symptome: Allergische Reaktion – Atemnot – Angst



Definition

Asthma bronchiale

Beim Asthma bronchiale handelt es sich um eine **chronische, entzündliche Erkrankung der Atemwege**, die durch eine dauerhaft bestehende bronchiale Hyperreaktivität bzw. Hyperreagibilität und eine variable Atemwegsobstruktion gekennzeichnet ist. Das Hauptsymptom, die anfallsweise auftretende Dyspnoe, ist Folge der Bronchialobstruktion, zu der es aufgrund einer vermehrten

Sekretbildung, einem Hypertonus der Bronchialmuskulatur und einer Ödembildung in der Bronchialschleimhaut kommt.

Neben dem nicht-allergischen (intrinsischen) Asthma gibt es das allergische (extrinsische) Asthma, wobei sehr häufig Mischformen zu beobachten sind. Im Verlauf der Erkrankung können sowohl schubförmige Episoden auftreten als auch symptomfreie Intervalle.

7.1 Vorgeschichte

Bei Herrn Allergikus handelt es sich um einen 58-jährigen Patienten mit einem exogen allergischen Asthma bronchiale. Diese Diagnose besteht bereits seit der Kindheit, wobei in frühester Kindheit eine milde Form des Asthma bronchiale aufgetreten sei, die Symptome sich in der Pubertät abgeschwächt hätten und es im Erwachsenenalter wieder zu einer Symptomverstärkung gekommen sei. Herr Allergikus weist eine Gräser- und Pollenallergie auf. Bis vor zwei Jahren war die Erkrankung gut kontrollierbar und einstellbar. Seit dieser Periode allerdings äußert der Patient zunehmende Schwierigkeiten: Dyspnoesituationen traten häufiger auf, die Wirkung der Medikamente zeige nicht den bekannten und zu erwartenden Erfolg.

Nach häufigeren ambulanten Terminen beim niedergelassenen Pulmologen aufgrund akuter Beschwerden (vermehrt auftretende Atemnotsituationen, länger andauernde Erholungsphasen, Husten) entscheidet sich Herr Allergikus nun doch für die stationäre Aufnahme in einer pneumologischen Fachabteilung.

Bei stationärer Aufnahme wurden eine Laboruntersuchung, eine arterielle Blutgasanalyse, ein Lungenröntgen und eine Spirometrie durchgeführt. Laut behandelndem Pulmologen besteht derzeit für Herrn Allergikus die Indikation für eine Sauerstofftherapie mit 2l/min. Die medikamentöse Therapie wurde an die aktuelle Situation angepasst. Es wurden ein hochdosiertes inhalatives und ein systemisches Glukokortikoid zur bestehenden Basistherapie hinzugefügt, die aus einem inhalativen lang wirksamen β_2 -Sympathikomimetikum, einem oralen ver-

zögert wirksamen β_2 -Sympathikomimetikum und einem Theophyllin-Präparat bestand ($\rightarrow$ Fall 1).

Bei Herrn Allergikus wurde von ärztlicher Seite bereits vor Jahren eine Desensibilisierung gegen seine Gräser- und Pollenallergie durchgeführt. Dadurch sind die Symptome geringer geworden, aber der Patient war nicht beschwerdefrei. Als Nebendiagnosen sind eine chronische Sinusitis, eine medikamentös gut eingestellte arterielle Hypertonie und ein Z. n. Struma-OP bekannt.

Vor der ersten Kontaktaufnahme mit dem Patienten erfolgt eine Analyse von relevanten medizinischen Befunden, um ein genaues Bild über das Ausmaß der Lungenfunktionseinschränkung zu bekommen und sein Risikoprofil und seine Belastbarkeit insbesondere in Bezug auf den Alltag ableiten zu können.

Zu diesem Fallbeispiel werden folgende Fragen beantwortet:

- Wie kann sich eine Verschlechterung des Asthmas bemerkbar machen?
- Welche Verhaltenstipps kann man einem Patienten für einen Asthma-Anfall geben?
- Wann ist es ratsam, ärztliche Hilfe in Anspruch zu nehmen?
- Wie kann man einem Asthmatiker körperliche Belastungen wie Sport ermöglichen?

7.2 Untersuchungsbefunde

7.2.1 Medizinische Befunde

Spirometrie

Die Lungenfunktion ($\rightarrow$ 1.2.1) zeigt das Bild enger Atemwege. Man sieht keinen Hinweis auf eine bronchiale Instabilität, die man in diesem Fall auch nicht erwarten würde, da die entzündliche Komponente ausschließlich zu einer passageren Abnahme des Bronchiallumens führt.

Folgende Messwerte ergab die Lungenfunktionsuntersuchung:

- $VC_{\max}$: 75,1 % (4,03 l), FVC: 52,7 %, FEV_1 : 41,1 % (1,77 l), $FEV_1/VC_{\max}$: 53,8 %, PEF: 60,2 %, MEF 75: 35,9 %, MEF 50: 18,9 %, MEF 25: 28,8 %, TLC: 102,4 %, ITGV: 120,3 %, RV: 153,3 %

- Nach Gabe eines Bronchodilatators (= Bronchospasmysetest): $VC_{\max}$: 80 % (4,35 l), FEV_1 : 58 % (2,35 l), PEF-Zunahme von 280 ml

KLINISCHER HINTERGRUND

Bronchospasmyse- und Provokationstest

Die **Spirometrie** stellt den Standard für die Asthma- bzw. Allergiediagnostik dar. Anhand der Lungenfunktion wird festgestellt, ob eine Obstruktion besteht bzw. wie groß das Ausmaß dieser ist. Bei bronchialer Obstruktion wird ein Bronchospasmysetest durchgeführt. Dies bedeutet, dass ein kurzwirksamer Bronchodilatator inhaliert und nach 15 Minuten erneut eine Spirometrie durchgeführt wird. Kommt es zu einem Anstieg von über 15 % des Ausgangswertes bzw. zu einem Anstieg von mindestens 200 ml im PEF (Peak Expiratory Flow)-Wert, also zu einer Reduktion der bronchialen Obstruktion, spricht man von einem positiven Testergebnis. Dies sichert die Diagnose Asthma bronchiale.

Im Gegensatz dazu werden **Provokationstests** (Kälte, Methacholin oder die Exposition mit im Verdacht stehenden Allergenen) eingesetzt, mit denen gezielt körperliche oder psychische Reaktionen auf ein Medikament oder einen Reiz hervorgerufen werden können.

Labor

Immunglobuline vom Typ E (IgE) werden bei Kontakt mit Allergie auslösenden Stoffen gebildet und können im Blutbild bestimmt werden, ebenso die Zahl der Eosinophilen, die bei Allergikern erhöht sein kann.

Bei Herrn Allergikus ergab die Untersuchung folgende Werte: IgE 400 U/ml (Normalwert: bis 120 U/ml), Eosinophilie mit 10 % (Normalwert: bis 4 %).

Blutgasanalyse

Folgende Werte wurden bei Herrn Allergikus in Ruhe bei Raumluft erhoben: pO_2 52,2 mmHg, pCO_2 35,1 mmHg, pH-Wert 7,42, BE -1,8, S_aO_2 87 %.

Die Blutgasanalyse zeigt somit, dass in Körperruhe eine Sauerstoffpflicht besteht. Aufgrund der bestehenden Dyspnoe (Borg-Skala 6 [0–10]) und der reduzierten Belastbarkeit des Patienten ist eine Bestimmung der Blutgaswerte unter Belastung zu Beginn des stationären Aufenthalts noch nicht möglich.

Röntgen Thorax

Das Röntgenbild der Lunge weist folgende Abweichungen der Norm auf, die eine physiotherapeutische Relevanz haben: vermehrte Strahlentransparenz der Lunge, vergrößerte Zwischenrippenräume, tiefstehende Zwerchfellkuppen und schmale Herzsilhouette.

6-Minuten-Gehtest

Bei Herrn Allergikus ist die Durchführung dieses standardisierten, submaximalen Leistungstests bei Befundaufnahme aufgrund einer zu starken Dyspnoe nicht möglich.

7.2.2 Physiotherapeutische Anamnese

Herr Allergikus gibt an, in den letzten Wochen sehr häufig anfallsartige Atemnotsituationen erlebt zu haben. Ebenfalls seien zunehmend Attacken unproduktiven Hustens aufgetreten.

Der Patient ist als Mitarbeiter einer international tätigen Firma im höheren Management beschäftigt. Eine häufige Reisetätigkeit sowie eine Vielzahl an Besprechungsterminen und Vortragstätigkeiten machen den Tagesablauf sehr unregelmäßig und anstrengend. Herr Allergikus merkt schon seit einiger Zeit, dass seine Symptome stark im Zusammenhang mit dem Faktor Stress stehen. Leider hat der Patient auch aufgrund der unregelmäßigen Tagesabläufe die Medikamenteneinnahme nicht konsequent genug durchgeführt. Bereits vor ½ Jahr war der Patient für drei Wochen im Krankenstand und er bemerkte, dass durch die Durchführung korrekter und regelmäßiger Inhalationen, aber auch durch Wegfall der Arbeitsbelastung sich eine allgemeine deutliche Verbesserung des Gesundheitszustands einstellte. Dies zeigte sich an deutlich verminderter Dyspnoe und selteneren Hustenattacken.

Herr Allergikus ist verheiratet, hat zwei erwachsene Kinder und lebt mit seiner Ehefrau in einem Einfamilienhaus mit Garten. Im Haus sind in den oberen Stock und in den Keller jeweils 20 Stufen zurückzulegen, beim Hauseingang sind 5 Stufen zu bewältigen. In den letzten Wochen war es für Herrn Allergikus zunehmend mühsamer, den Weg in den Keller und in

das obere Stockwerk zurückzulegen. Die Anstrengung war in der Beinmuskulatur auffallend, aber auch die Dyspnoe trat unter Belastung auf.

Herr Allergikus äußert eine saisonal bedingte Zunahme der Beschwerden aufgrund der Gräser- und Pollenallergie. In der Pollensaison vermeide er Aktivitäten im Freien und halte die Fenster geschlossen. Trotzdem sei eine Zunahme der Beschwerden zu beobachten. Vor allem nach körperlicher Belastung komme es zu einer Verschlechterung der Symptome. Herr Allergikus beschreibt dies als Teufelskreis, da er generell versuche, dadurch Belastungssituationen zu meiden. Eine geringere Belastbarkeit mache sich auch bei seinen Hobbys Tennis und Wandern bemerkbar. Nachts äußert Herr Allergikus Probleme beim Durchschlafen, meistens werde er zwei Mal munter, wobei das Einschlafen dann immer erschwert sei. Auf die Schlafposition angesprochen berichtet der Patient, zwei Kissen zu verwenden, um etwas erhöht zu liegen. Die flache Rückenlage werde momentan gemieden.

In letzter Zeit traten vermehrt Atemwegsinfekte auf. Dabei war zu beobachten, dass die inhalativen Medikamente den normalerweise eintretenden positiven Effekt der Symptomreduktion nicht mehr zeigten. In den letzten Wochen nahmen beruflich bedingt auch Stresssituationen zu.

Bei Kontaktaufnahme im Rahmen der stationären Physiotherapie im Krankenhaus äußert Herr Allergikus, dass die Durchführung der Körperhygiene selbstständig möglich sei, jedoch nur mit vermehrten Pausen und vermehrter Einnahme von atemerleichternden Sitzpositionen. Die dabei notwendige Abnahme der applizierten Sauerstofftherapie (z.B. beim Gesichtwaschen, Rasieren) habe eine leichte Zunahme der Atembeschwerden zu Folge. Ebenfalls sei die Mobilität im Sinne einer Reduktion der gewohnten Gehstrecke, aber auch des Gangtempos zu beobachten. Er versuche, Telefonate kürzer zu halten, und Gespräche mit dem Bettnachbarn würden ihn auch anstrengen.

7.2.3 Körperliche Untersuchung

Inspektion im Sitzen

- Einsatz der in- und expiratorischen Atemhilfsmuskulatur
- Mäßig erhöhte Atemfrequenz

12

Herzinsuffizienz bei dilatativer Kardiomyopathie

Symptome: Niedrige Leistungsfähigkeit – Atemnot – Ödeme



schwer

Definition

Dilatative Kardiomyopathie (dCMP)

Die nicht-ischämische, dilatative Kardiomyopathie (dCMP) ist eine nicht entzündliche Erkrankung des Herzmuskels, bei der es durch strukturelle und funktionelle Umbauvorgänge (Remodeling) zu einer **Hypertrophie und Dilatation (= Erweiterung) des Herzens** kommt. Klassische

Symptome sind eingeschränkte Leistungsfähigkeit, Atemnot, Aszites (= pathologische Flüssigkeitsansammlung in der freien Bauchhöhle), periphere Ödeme, Palpitationen (= „Herzklopfen“), Schwindel und Synkopen im Rahmen von Herzrhythmusstörungen. Die Erkrankung hat meist einen fortschreitenden Verlauf mit unterschiedlich langen stabilen Phasen.

12.1 Vorgeschichte

Herr Großherz, 54 Jahre alt, wird zur stationären kardialen Rehabilitation über 4 Wochen zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit vor der Herztransplantation zugewiesen. Er hat vor 4 Jahren infolge einer Herpesmyokarditis eine dilatative Kardiomyopathie und Herzinsuffizienz NYHA III (> Tab. 11.1) entwickelt. Seine Nebendiagnosen sind ein intermittierendes tachykardes Vorhofflimmern, eine Mitralklappeninsuffizienz II°, eine Trikuspidalklappeninsuffizienz II° und eine sekundäre pulmonale arterielle Hypertonie (= pathologischer Anstieg des Blutdrucks im Lungenkreislauf).

Bei seinem ersten Krankenhausaufenthalt konnte Herr Großherz nach virustatischer Therapie der Herpesmyokarditis und Herzinsuffizienz-Therapie das Krankenhaus nach 6 Wochen mit einer reduzierten Ejektionsfraktion von 35 % (> Fall 11) verlassen. Radfahren und Nordic Walking mit seiner Gattin waren wieder möglich.

Vor 2 Jahren kam es im Rahmen eines protrahierten Infektes zur Verschlechterung der Funktion des

linken Ventrikels, die in der Nacht zum Herzstillstand führte. Frau Großherz bemerkte den Notfall und aktivierte die Rettungskette. Nach erfolgreicher Reanimation folgte ein 6-wöchiger Aufenthalt auf der Intensivstation mit 2 Wochen invasiver und anschließender nicht-invasiver Beatmung. Es wurde eine intensive Frührehabilitation durchgeführt, außerdem wurde ein Einkammer-ICD (implantierbarer Kardioverter/Defibrillator) implantiert. Herr Großherz absolvierte anschließend eine 4-wöchige stationäre kardiale Rehabilitation, während der er seine Leistungsfähigkeit verbessern konnte.

3 Monate später verschlechterte sich sein Zustand erneut. Es kam zur Bildung von Beinödemen, Aszites, einer Gewichtszunahme von 78 auf 84 kg und Atemnot bei kleinsten Anstrengungen. Medikamentös wurde neben der Herzinsuffizienzmedikation eine forcierte Entwässerungstherapie begonnen. Aufgrund der zunehmenden Zeichen der Rechtsherzdekompensation und der hochgradig eingeschränkten Ejektionsfraktion von 10 % wurde der Patient zur Herztransplantation angemeldet und ein zweites Mal einer stationären kardialen Rehabilitation zugewiesen.

KLINISCHER HINTERGRUND

Was passiert bei einer reduzierten Ejektionsfraktion?

Die Ejektionsfraktion (EF) gibt Aussage über die Pumpfunktion des linken Ventrikels. Sie vergleicht die Menge des ausgepumpten Blutes mit dem Gesamtvolumen im Ventrikel am Ende der Füllungsphase. Wenn eine niedrige EF vorliegt und somit nur eine verringerte Blutmenge pro Herzschlag ausgepumpt werden kann, muss das Herz entsprechend der Herzminutenvolumenformel ($>$ Formel 12.1) mit einem Herzfrequenzanstieg reagieren, um den Körper mit der gleichen Menge an Blut versorgen zu können. Wenn das Herzminutenvolumen durch eine hohe Herzfrequenz aufrecht erhalten werden muss, bedeutet dies eine erhöhte Belastung des Herzens, die mit einem erhöhten Sauerstoffbedarf der Herzmuskelzellen verbunden ist – chronisch schädigt dies das Herz weiter.

$$\text{Herzminutenvolumen} = \text{Herzfrequenz} \times \text{Schlagvolumen} \quad \text{Formel 12.1}$$

Da immer Blut am Ende der Pumpphase in der linken Kammer verbleibt, kann die EF nie 100 % sein. Als Normwerte gelten ca. 50–70 %.

Zum Zeitpunkt der Aufnahme kann Herr Großherz langsam ein Stockwerk mit 2 Pausen gehen und hat nachts mit erschwelter Atmung zu kämpfen. Nach der Rehabilitation möchte er wieder mit seiner Gattin Radfahren können und hat so als Hauptziel eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit und Mobilität definiert. Für das interdisziplinäre Rehabilitationsteam steht zusätzlich die bestmögliche Vorbereitung auf eine Herztransplantation im Fokus.

Zu diesem Fallbeispiel werden folgende Fragen beantwortet:

- Wie stark darf man einen Patienten mit dilatativer Kardiomyopathie und fortgeschrittener Herzinsuffizienz belasten?
- Welche Kraft- und Ausdauertrainingsmethoden kommen zur Anwendung und wie sicher sind diese?
- Wie überprüft man die aktuelle Belastung des Patienten während des Trainings objektiv?
- Welche Anzeichen gibt es bei Verschlechterung der Herzinsuffizienz?
- Wie kann man Patienten auf eine Herztransplantation vorbereiten?

12.2 Untersuchungsbefunde

12.2.1 Medizinische Befunde

Um die aktuelle Belastbarkeit und die davon abhängige Trainingsintensität zu bestimmen, werden am ersten Tag des Reha-Aufenthaltes mehrere medizinische Untersuchungen durchgeführt.

Transthorakale Echokardiografie (TTE)

Die TTE zeigte eine Dilatation aller Herzhöhlen mit hochgradiger Einschränkung der globalen systolischen linksventrikulären Funktion und paradoxer Septumbewegung. Dies ist durch eine Bewegung des Ventrikelseptums in Richtung des rechten Ventrikels charakterisiert und kann neben einer vorliegenden Erregungsleitungsstörung ein Anzeichen dafür sein, dass der Druck während der Diastole im rechten Ventrikel höher ist als im linken Ventrikel. Dies ist ein Zeichen einer erhöhten Rechtsherzbelastung.

Die linksventrikuläre EF betrug 10 % und das diastolische linksventrikuläre Volumen 233 ml (ab $>$ 210 ml hochgradig verändert). Zusätzlich zeigten sich eine Mitralklappeninsuffizienz II°, eine Trikuspidalklappeninsuffizienz II°, Rechtsherzbelastungszeichen mit einer geringen pulmonalen arteriellen Hypertonie (kalkulierter systolischer pulmonaler arterieller Druck 35 mmHg) und Aszites.

Ruhe-EKG

Im Ruhe-EKG von Herrn Großherz ($>$ Abb. 12.1) zeigte sich eine Sinusarrhythmie mit 87 Schlägen/min. Der Sinusknoten ist in diesem Fall nicht in der Lage, einen gleichmäßigen Rhythmus zu bilden. Der QRS-Komplex lässt auf einen kompletten Linkschenkelblock (QRS Dauer $>$ 0,12 Sekunden) schließen; dabei ist die Erregungsüberleitung zwischen AV-Knoten und linkem Tawaraschenkel gestört. Das linksventrikuläre Perikard muss vom rechten Tawaraschenkel mitversorgt werden, was zu einem verbreiterten QRS-Komplex führt [Lederhuber und Lange 2010]. Zudem zeigten sich polymorphe vent-

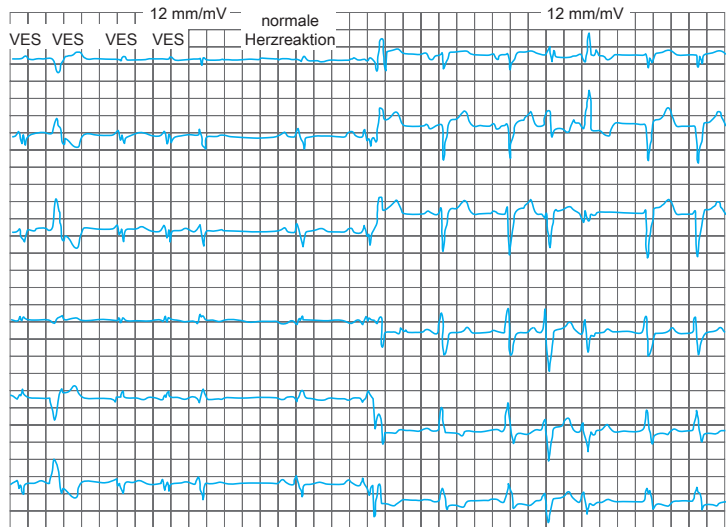


Abb. 12.1 Sinusarrhythmie, verbreiteter QRS-Komplex (Linkschenkelblock) und ventrikuläre Extrasystolen im EKG [L271]

rikuläre Extrasystolen (VES), bei denen der QRS-Komplex nicht einer P-Welle folgt.

Spiroergometrie

Die Spiroergometrie ermöglicht eine Beurteilung der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit, indem sie die Reaktion von Herz, Kreislauf, Atmung und Stoffwechsel auf muskuläre Arbeit untersucht. Meist wird dieses diagnostische Verfahren auf einem Ergometer mit stufen- oder rampenförmig ansteigender Belastung durchgeführt. Währenddessen tragen die Patienten eine dicht sitzende Maske, die mit einem Spirometriegerät verbunden ist und die Analyse des Atemminutenvolumens sowie der O_2 - und CO_2 -Konzentration der Atemluft erlaubt. So ist eine Bestimmung der maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}) und der anaeroben Schwelle möglich.

Bis zum Abbruch wegen auftretender Atemnot konnte Herr Großherz 5 Minuten und 25 Sekunden belastet werden. Mit maximal 91 Watt ($=W_{max}$; 49 % Soll) ist seine Leistungsfähigkeit hochgradig eingeschränkt. Die Herzfrequenz war unregelmäßig und stieg von 72/min auf 119/min (81 % Soll), der Blutdruck von 90/65 mmHg auf 100/70 mmHg. Das EKG zeigte einen Sinusrhythmus. Die maximale Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}) betrug 1,07 l/min (Soll 2,63 l/min) und die relative VO_{2max} , die das Körper-

gewicht des Patienten miteinbezieht, 11 ml/min/kg-KG. Er hat einen maximalen Stoffwechselumsatz von 5 MET.

PRAKTISCHER TIPP

Praktischer Nutzen des MET

MET steht für Metabolisches Äquivalent und kann als Maß für die Belastbarkeit eines Organismus herangezogen werden (MET_{max}). 1 MET entspricht dem Grundumsatz, also dem Energieverbrauch in Ruhe und einer Sauerstoffaufnahme von 3,5 ml/min/kgKG beim Mann bzw. 3,15 ml/min/kgKG bei der Frau. Erreicht z.B. eine 50 kg leichte Frau bei der Ergometrie eine maximale Belastung von 250 Watt, so entspricht dies ca. 15 MET, während ein 150 kg schwerer Mann bei derselben W_{max} 8 MET leistet. Es gibt zahlreiche Tabellen, die den Energieverbrauch verschiedener Aktivitäten in MET zeigen. So entspricht das Fahrradfahren am Fahrradergometer mit 25 Watt einem Stoffwechselumsatz von 2,0 MET oder Waldarbeit mit Baumfällen 8,0 MET [Tomasits und Haber 2011]. Dies ermöglicht in der Physiotherapie eine Abschätzung darüber, ob ein Mensch in der Lage ist, bestimmte Aktivitäten durchführen zu können.

6-Minuten-Gehtest

Im 6-Minuten-Gehtest erreichte Herr Großherz folgende Ergebnisse ($> 6.2.1$):

- Gehstrecke: 420 Meter
- Maximale Herzfrequenz: 114/min

- S_pO_2 : < 92 %
- Maximaler Blutdruck: 105/78 mmHg
- Maximales Dyspnoe-Empfinden: 6 (0–10) auf der Borg-Skala

Röntgen Thorax

Das Röntgenbild der Lunge von Herrn Großherz zeigt einen deutlich verbreiterten Herzschatten und leichte Stauungszeichen.

Laborwerte

Das NT-proBNP ist mit 8763 pg/ml (Normwert: 5–172 pg/ml) stark erhöht. Dies ist ein Hormon, das in den Herzmuskelzellen der Herzkammern gebildet und bei erhöhter Wandspannung freigesetzt wird. Die BNP-Konzentration im Blut korreliert gut mit dem Schweregrad der Herzinsuffizienz und wird als Verlaufsparemeter und zur Kontrolle der Therapie-wirksamkeit eingesetzt.

Harnstoff und Kreatinin sind deutlich erhöht, was für eine eingeschränkte Nierenfunktion spricht.

Subjektive Lebensqualität

Die subjektiv empfundene Lebensqualität wurde mit dem EuroQuol-Fragebogen erhoben und ergab 65 Punkte von maximal möglichen 100 Punkten (www.euroquol.org).

12.2.2 Physiotherapeutische Anamnese

Herr Großherz gibt an, bis zur aktuellen Verschlechterung seines Zustands noch aktiv als Mathematikprofessor in einer Universität gearbeitet zu haben. Die Wassereinlagerungen in den Beinen und im Bauch bereiten ihm Probleme beim Atmen und längerem Stehen. Als er Vorlesungen nicht mehr ohne mehrere sitzende Pausen halten konnte, suchte er wieder seinen Kardiologen auf. Die erneute Verschlechterung der Herzleistung und die möglicherweise bald bevorstehende Herz-

transplantation sind für ihn schwer zu verarbeiten. Seither ist er im Krankenstand. Er sagt, dass er oft Angst davor habe, dass sein Herz auf einmal nicht mehr weiter schlage. Vor allem nachts wird er aufgrund der erschwerten Atmung wach, muss sich aufsetzen und verfällt dann meist in kreisende Gedanken.

Körperliche Aktivität und Partizipation

Im Moment ist die Ausübung seiner Hobbies – Radfahren und Nordic Walking – nicht möglich, weil er sich zu matt fühlt und auch Angst hat, sich zu überlasten. Obwohl er ein E-Bike besitzt, traut er sich derzeit nicht zu, damit zu fahren. Grund dafür ist die zunehmende Unsicherheit beim Aufsteigen und Kurvenfahren. Er versucht dreimal wöchentlich einen 30-minütigen Spaziergang mit seiner Gattin zu unternehmen, bei dem sie inklusive Pausen knapp 1,5 km zurücklegen. Er kann auch nicht mehr so wie früher mit seinen Enkelkindern spielen, was ihm sehr wichtig war.

Herr Großherz lebt mit seiner Gattin in einem Haus. Seine 3 erwachsenen Kinder sind bereits ausgezogen, leben mit ihren Familien aber nicht weit entfernt. Es muss ein Stockwerk überwunden werden, damit er in das Schlafzimmer kommt. Dies schafft er aufgrund der limitierenden Atemnot mit 1–2 Pausen. Es dauert etwa 10 Minuten, bis sich die Atmung wieder beruhigt. Er versucht daher, so selten wie möglich hochgehen zu müssen.

Herr Großherz ist lebenslanger Nichtraucher und war bis zur Virusmyokarditis ein sehr aktiver Mensch mit gesundem Lebensstil.

Sehr wichtig ist es ihm, mehr Selbstvertrauen bezüglich des körperlichen Trainings im Rahmen seiner aktuellen Leistungsfähigkeit zu gewinnen. Er möchte auf die mögliche Herztransplantation bestmöglich vorbereitet sein.

12.2.3 Körperliche Untersuchung

Inspektion

- Blasse Hautfarbe und vom Krankheitsverlauf gezeichneter Gesichtsausdruck
- Leichte Kurzatmigkeit während des Sprechens und des Eintretens in den Therapieaum

- Patient stützt sich unbewusst ab, atmet vermehrt sternal und oberflächlich
- Dezente Ödeme an den Fußrücken beidseits
- Langsame Bewegungen

Palpation

- Erhöhter Muskeltonus und druckdolente Verspannungen der Atemhilfsmuskulatur
- Dezent eindrückbares Ödem am Fußrücken

Vitalparameter

- Herzfrequenz in Ruhe: 87/min
- Blutdruck: 100/60 mmHg
- Periphere Sauerstoffsättigung (S_pO_2): 94 %
- Atemfrequenz: 20/min

12.3 Schlussfolgerungen

Die Herzerkrankung von Herrn Großherz ist äußerst schwerwiegend und komplex, verbunden mit einer hochgradig eingeschränkten Pumpleistungsstörung des Herzens von lediglich 10 % Auswurfleistung, weswegen eine Herztransplantation geplant wird. Die Reha wird optimaler Weise stationär durchgeführt, da so die erforderliche Überwachung und multiprofessionelle Betreuung (z. B. inklusive Psychologie) sichergestellt sind.

Im Hinblick auf das Training weist er gleich mehrere Faktoren auf, die ihn als Hochrisikopatienten klassifizieren. Ein körperliches Training ist nur dann sicher durchführbar, wenn er dabei durchgehend überwacht wird (EKG-Monitoring etc.) und so mögliche Zeichen der Überlastung sofort erkannt und berücksichtigt werden.

PRAKTISCHER TIPP

Therapie und Training mit ICD (> Abb. 12.2)

Es wird empfohlen, auf große und energische Schulterbewegungen zu verzichten, um einen übermäßigen Zug auf die implantierte Elektrode zu verhindern. Normale Bewegungen des Schultergelenks, wie sie bei den Aktivitäten

des täglichen Lebens vorkommen, stellen aber kein höheres Risiko dar [Buckley 2008]. Für ein moderates Ausdauertraining gelten mit einer klar definierten Warm-up-, Trainings- und Cool-Down-Phase dieselben Trainingsprinzipien wie für Patienten ohne ICD.

Vor allem für das Ausdauertraining ist es wichtig, die Auslösefrequenz des Defibrillators zu kennen. Meist liegt diese bei ≥ 200 /min [Madhavan, Friedman 2013]. Die Trainingsherzfrequenz sollte in jedem Fall mindestens 10 Schläge/min unter der Auslösefrequenz liegen [ACSM 2013].

Das Berühren eines Menschen während der Schockauslösung des ICD ist – im Gegensatz zur Defibrillation von außen unter Verwendung eines externen halbautomatischen Defibrillators – laut Herstellerangaben aufgrund der Haut als Isolationsschicht absolut ungefährlich.

Herr Großherz vermeidet Treppensteigen. Dies gibt dazu Anlass, mit ihm das Thema der Inaktivitätsspirale zu besprechen und die Wichtigkeit aufzuzeigen, dieser entgegen zu steuern. Durch das konstante Minimieren des Treppensteigens kommt er zwar seltener in eine Atemnotsituation, seine Leistungsfähigkeit wird aber durch fehlende Belastungsreize auf das Herz-Kreislauf-System kontinuierlich sinken. Von großem Vorteil ist der bis vor kurzem gelebte aktive Lebensstil mit regelmäßiger Bewegung im Rahmen seiner Hobbies. Darin liegt ein wesentlicher Motivationsfaktor für die Rehabilitation. Die Notwendigkeit eines regelmäßigen Trainings als Basis für eine erfolgreiche Herztransplantation ist ihm bewusst.

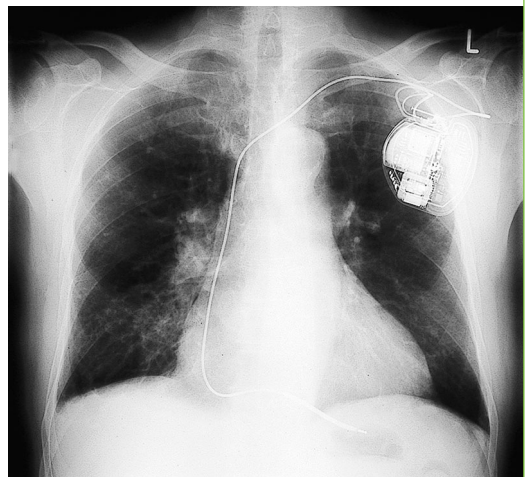


Abb. 12.2 Röntgenbild eines implantierten Kardioverter-Defibrillators (ICD) [R236]

Risikostratifizierung

Herr Großherz gilt aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse als Hochrisiko-Patient. Als solcher muss er während der Therapie mit einem EKG-Monitor überwacht und beobachtet werden. Folgende Punkte begründen diese Risikostratifizierung [ACPICR 2009]:

- EF < 40 % mit EF = 10 % (höchstgradig eingeschränkt).
- Komplikationen im Krankheitsverlauf: überlebter Herzstillstand.
- Komplexe Rhythmusstörungen in Ruhe oder bei Belastung: ventrikuläre Extrasystolen.
- Chronische Herzinsuffizienz
- Pulmonale arterielle Hypertonie (PAP = 35 mmHg): Ein mittlerer pulmonalarterieller Druck (PAP) > 55 mmHg gilt als absolute Kontraindikation für ein Krafttraining. Bei Herrn Großherz kann somit ein Krafttraining durchgeführt werden, allerdings muss auf die Vermeidung einer Überanstrengung geachtet werden. Die Herzfrequenz während des Trainings soll 120/min nicht übersteigen [Marra et al. 2015] und die Sauerstoffsättigung (S_pO_2) über 88–90 % liegen [Spruit et al. 2013; Marra et al. 2015]. Durch diese Vorsichtsmaßnahmen sollen ein weiterer Anstieg des PAP und eine zu große Rechtsherzbelastung vermieden werden.
- ICD-Träger
- Medikation:
 - Diuretika zur Ödem- und Blutdruckreduktion inklusive Flüssigkeitsrestriktion mit maximaler Trinkmenge von 1,5 l/Tag
 - β -Blocker, Antihypertensiva und Gerinnungshemmer

12.4 Physiotherapeutische Zielsetzung

- Bestmögliche Vorbereitung für die bevorstehende Herztransplantation
- Herr Großherz möchte nach der Rehabilitation wieder mit seiner Ehefrau Radfahren können:

- Steigerung der Leistungsfähigkeit
- Verbesserung des Gleichgewichtssinns für mehr Sicherheit beim Auf-, Absteigen und Kurvenfahren
- Erhöhte Sicherheit beim Abschätzen der Belastungsgrenzen
- Verbesserung der Mobilität bei den ADL:
 - 2 Stockwerke ohne Pause hochgehen
 - Verbesserung im Umgang mit der Belastungsdyspnoe
 - Optimierung des Heimübungsprogramms
 - Aufhalten des Fortschreitens der sekundären Skelettmuskeldysfunktion

12.5 Physiotherapeutische Maßnahmen

Physiotherapie im Einzeltherapiesetting

- Geh- und Gleichgewichtstraining; Radfahren inklusive Auf- und Absteigen
- Übungen zur Verbesserung der Körperwahrnehmung hinsichtlich der Belastungsgrenzen, z. B. Treppensteigen
- Einsatz und Erlernen des Umgangs mit der Borg-Skala
- Anpassung und Erweiterung des Heimübungsprogrammes
- Vorbereitung auf die Herztransplantation (Trainingsverordnung und Information)

Ausdauertraining – Intervalltraining

Das Ausdauertraining bei Patienten mit Herzinsuffizienz hat das Ziel, die Lebensqualität über die Optimierung der funktionellen Leistungsfähigkeit und Symptomreduktion zu stabilisieren oder zu steigern. Diese Steigerung der maximalen Leistungsfähigkeit (VO_{2max}) resultiert aus Anpassungsvorgängen der peripheren Muskulatur wie einer Zunahme der Mitochondrienzahl und somit ATP-Produktion, der Kapillardichte, des Muskelquerschnitts und der Muskelkraft [Piepoli et al. 2011]. Das erklärt, warum

die Ejektionsfraktion des linken Ventrikels nur eingeschränkt mit der Leistungsfähigkeit korreliert [Thow 2006].

Intervalltraining

Aufgrund des unregelmäßigen Herzfrequenzanstieges und des intermittierenden, tachykarden Vorhofflimmerns wird für das Ausdauertraining am Ergometer kein pulsgesteuertes Training in Dauerform, sondern ein Intervallansatz gewählt. Das Intervalltraining ist trotz der niedrigen Ejektionsfraktion für Herrn Großherz möglich [Wisloff et al. 2007], muss jedoch aufgrund des hohen Risikoprofils mittels EKG-Monitoring überwacht werden. Ein großer Vorteil liegt – im Vergleich zur Dauerform – in der höheren Intensität, die aber durch aktive Pausen nach jedem Intervall gut toleriert wird. Durch die höhere Belastung entsteht ein wichtiger Reiz für die periphere Skelettmuskulatur. Die durch die Herzinsuffizienz induzierten biochemischen Veränderungen führen zu einer niedrigeren Ermüdungsschwelle mit Abnahme der Kreatin-Phosphat-, ATP- und Glykogen-Speicher und einer vermehrten Bildung von Laktat und Pyruvat [Buckley 2008]. Es konnte gezeigt werden, dass körperliches Training diese Veränderungen positiv beeinflusst [Thow 2006].

Ein effektives Aufwärmen zur Optimierung der Blutversorgung der Herzkranzgefäße ist ebenso essenziell wie das Abwärmen nach dem Training zur Aufrechterhaltung des venösen Rückflusses. Fehlen diese wichtigen Komponenten, steigt das Risiko für das Auftreten von Rhythmusstörungen, eine kardiale Ischämie und Post-Trainings-Hypotonie [Thow 2006]. Gründe dafür sind fehlende Anpassungszeiten für das kardiorespiratorische und vegetative System durch im Blut zirkulierende Katecholamine, die im Rahmen des Cool-Down sinken.

Trainingsplanung

Für die Trainingssteuerung werden die ermittelten Daten der Spiroergometrie herangezogen. Das Training wird während der gesamten Dauer mit einem EKG-Monitor überwacht. Regelmäßig wird Herr Großherz nach dem subjektiven Belastungsempfinden auf der Borg-Skala (6–20) gefragt. Der Wert „13 – etwas anstrengend“ sollte nicht überstiegen wer-

den. Gibt er nach der nicht suggestiven Fragestellung eine Zahl größer als „13“ an, so wird die Trainingsbelastung im Intervall dementsprechend reduziert.

⚠ VORSICHT

Woran ist eine Verschlechterung der Herzinsuffizienz zu erkennen?

- Gewichtszunahme von ≥ 2 kg innerhalb von 2 Tagen
- Beinödeme (schwerkraftbedingt meist am Fußrücken und Unterschenkel, beidseits)
- Vermehrte Dyspnoe oder Anstrengungsgefühl bei Belastung
- Erhöhter Ruhepuls

Weitere Zeichen (ärztliche Untersuchung): Lungenödem (Auskultation), abnorme Herzgeräusche, Erhöhung des BNP-Wertes (Labor)

Krafttraining

Die Muskulatur von Herzinsuffizienzpatienten weist verschiedene biochemische Veränderungen im Sinne einer Myopathie auf, die eine Atrophie, einen Muskelfasershift von den ermüdungsresistenten Typ-I-Fasern in schnell ermüdbare Typ-IIb-Fasern und eine Abnahme der Mitochondriendichte mit sich zieht. Krafttraining kann den Verlust an Muskelquerschnitt und -kraft, der charakteristisch für den Alterungsprozess des Menschen ist und bei Herzinsuffizienzpatienten beschleunigt stattfindet, umkehren [Braith und Beck 2008]. Bei schlecht belastbaren Patienten ist Krafttraining die Basis, um überhaupt ein Ausdauertraining durchführen zu können [Buckley 2008]. Das Krafttraining spielt deshalb im Rahmen der Rehabilitation von Herzinsuffizienzpatienten und auch bei der Vorbereitung auf eine Herztransplantation eine entscheidende Rolle [Braith und Beck 2008].

Voraussetzung und Struktur eines sicheren Krafttrainings

Essentiell für einen sicheren Ablauf des Trainings ist eine Schulung, bei der die Grundlagen durch den Physiotherapeuten vermittelt werden müssen. Es muss klar definiert werden, dass jegliche Pressatmung und auch Schmerzen kein Teil eines sicheren Krafttrainings

sind. Die korrekte Ermittlung des individuellen Trainingsgewichts und die Informationen über alle nötigen Einstellungen am Krafttrainingsgerät sind Grundlage für ein physiotherapeutisch supervidiertes, jedoch möglichst selbstständiges Krafttraining. Zur Ermittlung des individuellen und geräteabhängigen Trainingsgewichts hat sich die Methode nach Rühle [1992] bewährt, bei der auf das 1RM (One Repetition Maximum) über die erreichte Wiederholungsanzahl mit einem bestimmten Gewicht rückgeschlossen wird. Zu beachten ist, dass ab einer Anzahl von 21 Wiederholungen der Test ungenau wird und mit einem höheren Gewicht erneut getestet werden muss.

Trainingsplanung

Herr Großherz trainiert mit 60 % seines 1RM im Hypertrophiebereich und absolviert pro Gerät 3 Serien à 10 Wiederholungen mit einer lohnenden Pause zwischen 30 Sekunden und einer Minute. Das Krafttraining findet 3 x/Woche für je 25 Minuten statt. Der Trainingsplan umfasst Übungen für die Rumpf- und Extremitätenmuskulatur, wobei bei Herzinsuffizienzpatienten das eingelenkige Training kleinerer Muskelgruppen empfohlen wird [Piepoli 2011]. Im Zuge der ersten Trainingseinheiten ist ein Übungseffekt zu erwarten, der sich durch eine bessere Technik und somit einen ökonomischeren Einsatz der Muskulatur erklären lässt. In diesem Fall kann das Trainingsgewicht auf 70 % des 1RM gesteigert werden.

Inspiratorisches Atemmuskeltraining

Bei Herzinsuffizienzpatienten mit Belastungsdyspnoe, v. a. bei jenen mit Atemmuskelschwäche ($MIP \leq 60$ mbar), kann ein zusätzlich durchgeführtes inspiratorisches Atemmuskeltraining (AMT) die Parameter Maximum Inspiratory Pressure (MIP), 6-Minuten-Gehteststrecke, VO_{2max} und das Atemminutenvolumen signifikant steigern [Montemuzzo et al. 2014]. Die Belastungsdyspnoe kann dadurch reduziert werden [Lin et al. 2012].

Allerdings darf dies nur nach Freigabe durch den behandelnden Arzt erfolgen, da es im Rahmen eines Atemmuskeltrainings zu erheblichen Druckschwankungen im Thorax mit Auswirkungen auf Herz und die thorakalen Gefäße kommt.

Zur Durchführung ➤ Fall 6.

Interdisziplinär mitarbeitende Disziplinen

- **Ergotherapie:** Erlernen von Energy Conservation Techniques (➤ Fall 11). Ziele sind die selbstständige Körperpflege und das Erlernen von Strategien, die eine Atemnot so gering wie möglich halten (z. B. beim Zähneputzen).
- **Massage:** Zur Detonisierung der Atemhilfsmuskulatur.
- **Psychologie:** Aufgrund der Angstzustände wird zur Unterstützung eine psychologische Beratung im Rahmen der Reha angeboten.
- **Diätologie:** Schulung hinsichtlich salzarmer Nahrung und Flüssigkeitsrestriktion.

Evaluationskriterien

➤ Tab. 12.1, ➤ Tab. 12.2

- Steigerung der Leistungsfähigkeit um 45 Watt bzw. des maximalen Stoffwechselumsatzes um 2,3 MET
- Steigerung der maximalen Belastungsdauer während der Ergometrie um ca. 3 Minuten
- Verbesserung der 6-Minuten-Gehstrecke um 108 Meter

12.6 Empfehlungen für den Alltag

Um eine möglichst gute Ausgangsbasis für die Herztransplantation zu schaffen, bekommt Herr Großherz folgende Empfehlungen:

- Weiterführung des begonnenen Trainings im Rahmen einer ambulanten kardialen Rehabilitation
- ½ Stunde allgemeine körperliche Aktivität 5 x/Woche mit moderater Intensität (Borg-Skala 13)
- Verwendung eines Pedometers (= Schrittzähler) als Feedback zum Aktivitätslevel
- Anwendung der Borg-Skala auch zu Hause

Tab. 12.1 Befunde der Ergometrie und des inspiratorischen Atemmuskeltrainings von Herrn Großherz

Parameter	Bei Aufnahme	Vor Entlassung
Belastungsdauer	5 Min. 25 Sek.	8 Min. 3 Sek.
$W_{\max}$	91 Watt	136 Watt
Maximale Herzfrequenz	119/min	142/min
Maximaler Blutdruck	100/70 mmHg	111/55 mmHg
Relative $\text{VO}_{2\max}$	11 ml/min/kg	16 ml/min/kg
MET	5 MET	7,3 MET
MIP (Maximum Inspiratory Pressure)	40 mbar	80 mbar

Tab. 12.2 Ergebnisse des 6-Minuten-Gehtests bei Herrn Großherz

Parameter	Bei Aufnahme	Vor Entlassung
Gehstrecke	420 Meter	528 Meter
Maximale Herzfrequenz	114/min	124/min
S_pO_2	< 92 %	< 93 %
Maximaler Blutdruck	105/78 mmHg	111/55 mmHg
Maximales Dyspnoe-Empfinden (Borg-Skala)	6/10	5/10

- Tägliches Wiegen am Morgen (Gewichtszunahme kann Zeichen einer Dekompensation der Herzinsuffizienz sein ➤ Fall 11)

LITERATUR

ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 9. Aufl. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2013: 103

ACPICR Standards for physical activity and exercise in the cardiac population. www.acpicr.com

Braith RW, Beck DT. Resistance exercise: training adaptations and developing safe exercise prescription. *Heart Fail Rev* 2008; 13(1): 69–79

Buckley J. Exercise Physiology in Special Populations: Advances in Sport and Exercise Science. London: Churchill Livingstone; 2008

Harrison TR et al. *Harrisons Innere Medizin*. Band 2. 17. Aufl. Berlin: Lehmanns; 2009: 1825–1829

Lederhuber HC, Lange V. *Kardiologie Basics*. 2. Aufl. München: Elsevier; 2010: 108–109

Lin SJ, McElfresh J, Hall B, Bloom R, Farrel K. Inspiratory muscle training in patients with heart failure: a systematic review. *Cardiopulm Phys Ther J* 2012; 23(3): 29–36

Madhavan M, Friedman PA. Optimal Programming of Implantable Cardiac-Defibrillators. *Circulation* 2013; 128(6): 659–672

Marra A et al. Principles of Rehabilitation and Reactivation: Pulmonary Hypertension. *Respiration* 2015; 89(4): 265–273

Montemuzzo D et al. Influence of inspiratory muscle weakness on inspiratory muscle training responses in chronic heart failure patients: a systematic review and meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil* 2014; 95(7): 1398–1407

O'Connor CM et al. Efficacy and Safety of Exercise Training in Patients With Chronic Heart Failure: HF-ACTION Randomized Controlled Trial. *JAMA* 2009; 301(14): 1439–1450

Piepoli MF et al. Exercise training in heart failure: from theory to practice. A consensus document of the Heart Failure Association and the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *European Journal for Heart Failure* 2011; 13: 347–357

Rees K et al. Exercise based rehabilitation for heart failure. *Cochrane Database Syst Rev*. 2004

Spruit M et al. An Official American Thoracic Society/ European Respiratory Society Statement: Key Concepts and Advances in Pulmonary Rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med* 2013; 188(8): e13–64

Throw MK. Exercise Leadership in Cardiac Rehabilitation: An evidence based approach. West Sussex: Wiley; 2006

Tomasits J, Haber P. *Leistungsphysiologie*. 4. Aufl. Wien: Springer; 2011: 275

Williams AM et al. Resistance Exercise in Individuals With and Without Cardiovascular Disease: 2007 Update: A Scientific Statement From the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. *Circulation* 2007; 116(5): 572–584

Wisloff U et al. Superior Cardiovascular Effect of Aerobic Interval Training versus Moderate Continuous Training in Heart Failure Patients. A Randomized Study. *Circulation* 2007; 115: 3086–3094