

6-Minuten-Gehtest in der pneumologischen und kardiologischen Diagnostik

Methodik, Bedeutung und Grenzen

P. Hien¹
H. Morr²

Six-Minute Walk Test in Chronic Lung and Heart Disease. Technical Aspects, Interpretation, Limitations

Zusammenfassung

Der 6-Minuten-Gehtest (6MGT) erfasst die Belastbarkeit von Patienten mit chronischen Lungenerkrankungen und Herzinsuffizienz. Der Test ist einfach, praktisch überall anwendbar und eignet sich für die Beschreibung des Krankheitsverlaufs und der Erfolge therapeutischer Maßnahmen sowie ergänzend zur globalen Risikoabschätzung vor chirurgischen Interventionen.

Abstract

The Six-Minute Walk Test (6MWT) is a useful measure of functional capacity targeted at people with chronic lung and heart disease. The 6MWT is a practical simple test without specific equipment. The test provides information about long term outcome of the disease, the response to therapeutic interventions and should be considered complementary to preoperative cardiopulmonary exercise testing.

Einleitung

Patienten mit chronischen Lungenerkrankungen oder Herzinsuffizienz sind in ihrer Belastbarkeit eingeschränkt. Diesen beiden Patientengruppen kommt eine große epidemiologische und ökonomische Bedeutung zu. Die COPD ist verantwortlich für 5% aller ambulanten Arztbesuche und mehr als 13% aller Krankenhauseinweisungen [3]. In der Mortalitätsreihung nimmt die COPD den 3. Platz ein, an der Morbidität gemessen Platz 5. 15% der Kosten im Gesundheitssystem verursachen die Lungenerkrankungen, diese angeführt von der COPD [4]. Der 6-Minuten-Gehtest (6MGT) hilft, die funktionellen Reserven und das Ausmaß der Belastbarkeit von Patienten mit chronischen Lungen- und Herzerkrankungen in ihrem individuellen Alltag zu beurteilen, und dies in unkomplizierter Weise.

Klassische Ergometrieuntersuchungen auf dem Fahrrad oder auf dem Laufband sind gerade für ältere, gebrechliche oder schwergradig limitierte Menschen in aller Regel ungeeignet. Derartige Funktionsuntersuchungen spiegeln somit die Belastbarkeit im

Alltag bei den genannten Patientengruppe nicht wider. Der 6MGT ist hierfür der geeignetere Maßstab [1].

Versuche mit Hilfe des 6MGT die Prognose bzw. Überlebenszeit, die Operabilität für Lungenteilresektionen oder die Indikation zur Lungentransplantation zu beurteilen, zeigen statistisch Korrelationen bzw. diskriminieren über alle Schweregrade chronischer Lungenerkrankungen. Die Voraussetzungen, die erlauben die statistische Auswertung ganzer Gruppen auf eine individuelle, klinisch-relevante Einschätzung zu übertragen, sind allerdings nicht gegeben [2].

Die Hauptvorteile des 6MGT sind dessen Einfachheit, der geringe Aufwand an Ressourcen (Korridor, Supervision) und die Möglichkeit, den 6MGT nahezu überall anwenden zu können. Eine finanzielle Investition, eine spezielle technische Ausstattung oder ein hoher personeller Einsatz sind nicht erforderlich [5].

Institutsangaben

¹Medizinische Klinik, Kreiskrankenhaus, Freiberg

²Pneumologische Klinik Waldhof-Elgershausen, Greifenstein

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. H. Morr · Pneumologische Klinik Waldhof-Elgershausen · 35753 Greifenstein
E-mail: harald.morr.waldhof@t-online.de

Bibliografie

Pneumologie 2002; 56: 558–566 © Georg Thieme Verlag Stuttgart · New York · ISSN 0934-8387

Testdurchführung und Richtwerte

Meist wird der 6MGT nach Guyatt [6] durchgeführt. In einem 20 bis 50 m langen Korridor gehen die Patienten von einem Ende zum anderen. Sie werden angeleitet, soviel Strecke wie möglich in 6 Minuten zurückzulegen. Alle 30 s werden die Patienten mit Anregungen, wie „das machen Sie gut“ oder „weiter so“, aufgemuntert. Pausen sind erlaubt, aber das Gehen sollte wieder aufgenommen werden, sobald sich der Patient dazu in der Lage fühlt. Der verbale Ansporn („encouragement“) hat Einfluss auf die Gehstrecke, im Schnitt ca. 30 m bzw. 10% bei Patienten mit COPD oder Herzinsuffizienz [6].

Wiederholungen des Tests führen zu einem Lerneffekt. Der Patient lernt, sich die Kraft einzuteilen und umzusetzen. Der zweite Test erreicht dabei ein Maximum, das nachfolgend zunächst nicht überschritten wird [7]. Der Lerneffekt mit Wiederholungen des 6MGT darf bei Vergleichs- und Verlaufsuntersuchungen nicht außer Acht gelassen werden. Er liegt bei 10–30%iger Verlängerung der Gehstrecke bei Patienten mit chronischen kardipulmonalen Erkrankungen [6,8].

Gibbons untersuchte 79 gesunde Probanden zwischen 20 und 80 Jahren. Im Mittel wurden 698 ± 96 m zurückgelegt. Größe, Alter und Geschlecht beeinflussten die Gehstrecke. Bei den gesunden Probanden zeigte eine Wiederholung des 6MGT keinen Lerneffekt; nur $\frac{1}{5}$ der Probanden steigerte die Gehstrecke um weniger als 5% (~ 40 m) [9].

Enright und Sherill erstellten Formeln zur Vorausberechnung der 6-Minuten-Gehstrecke (6MGS) [10]. 290 gesunde Probanden zwischen 40 und 80 Jahren wurden untersucht. Ausschlusskriterien waren unter anderem Lungenerkrankungen, Herzschwäche, Arthrosen etc. Abgesehen von vernachlässigbaren Differenzen ergaben sich folgende Richtwerte: 40-Jährige legten im 6MGT um 600 m zurück, 80-Jährige um 400 m. Der untere Normbereich reicht bis ca. 140 m unter diese Mittelwerte. Die abgeleiteten Formeln sind:

Geschlechtsspezifische Regressionsgleichungen der 6MGS (nach Enright [10])

Männer: $6MGS = (7,57 \times \text{Größe}) - (5,02 \times \text{Alter}) - (1,76 \times \text{Gewicht}) - 309$ m
 $6MGS = 1140$ m $- (5,61 \times \text{BMI}) - (6,94 \times \text{Alter})$

Frauen: $6MGS = (2,11 \times \text{Größe}) - (5,78 \times \text{Alter}) - (2,29 \times \text{Gewicht}) + 667$ m
 $6MGS = 1017$ m $- (6,24 \times \text{BMI}) - (5,83 \times \text{Alter})$

Männer, vereinfacht:
 $6MGS = 7 \times \text{Größe} - 5 \times \text{Alter} - 2 \times \text{Gewicht} - 300$ m
 $6MGS = 1200 - 6 \times \text{BMI} - 7 \times \text{Alter}$

Frauen, vereinfacht:
 $6MGS = 2 \times \text{Größe} - 6 \times \text{Alter} - 2 \times \text{Gewicht} + 700$ m
 $6MGS = 1000$ m $- 6 \times \text{BMI} - 6 \times \text{Alter}$

$6GMS = 6$ -Minuten-Gehstrecke
Größe in cm, Alter in Jahren, Gewicht in kg, BMI = $\text{kg}/\text{Größe in cm im Quadrat}$

Bei 51 gesunden Menschen zwischen 50 und 85 Lebensjahren wurde eine mittlere 6MGS von 631 m (383–820) ermittelt. Alter, Größe und Gewicht beeinflussten die Gehstrecke. In dieser Erhebung beeinflusste auch das Geschlecht die Gehstrecke. Bei Männern lag die 6MGS im Schnitt um 680 m, bei Frauen um 580 m [11]. Diese Größenordnung der Richtwerte bestätigt sich in einer weiteren Arbeit [12].

Andere Gehtests

Shuttle walk test

Der so genannte „shuttle walk test“ (SWT) wurde initial in der Sportmedizin eingesetzt [13]. Es ist ein symptomlimitierter Lauf-test, der im Gegensatz zu den einfachen Lauftests die Geschwindigkeit des Gehens durch ein akustisches Signal vorgibt und damit die Leistung stufenweise erhöht. Mit dem SWT wird die maximale Belastbarkeit des Probanden erfasst, der Test korreliert sehr gut mit der maximalen Sauerstoffaufnahme $VO_{2\text{max}}$, ermittelt durch die Spiroergometrie [14,15]. Singh [16] modifizierte den SWT, um die maximale Belastbarkeit bei Patienten mit COPD zu ermitteln bzw. zu beschreiben, Reville aus der gleichen Arbeitsgruppe fügte eine Ausdauerstestvariante hinzu [19].

Beim SWT wird der Patient aufgefordert, eine Gehstrecke von 10 m Länge (z.B. in einem Korridor oder entsprechend großem Raum) in stufenweise gesteigerter Gehgeschwindigkeit zurückzulegen. Die Geschwindigkeit des Gehens wird durch Signaltöne (Kassettenrekorder) vorgegeben. Kegel, die an den jeweiligen Enden der Gehstrecke umgangen werden müssen, markieren einen „shuttle“, dieser ist pro Signalton zu bewältigen. Kommt der Proband früher an, so wartet er bis das Signal ertönt. Initial werden über 1 Minute die Gehstrecke und die Geschwindigkeit abgestimmt. Nach kurzer Pause beginnt der Gehtest mit einer Geschwindigkeit von 0,5 m/s, minütlich wird sie moderat (z.B. 0,1–0,2 m/s) gesteigert, die Steigerung wird durch einen Dreifachton angekündigt. Der Test wird abgebrochen, wenn der Patient erschöpft ist und die Geschwindigkeit nicht mehr halten kann [15,16]. Natürlich gelten darüber hinaus die bekannten Abbruchkriterien für eine Belastungsuntersuchung [17]. Als Resultat des SWT wird die Gesamtgehstrecke in m angegeben, sie errechnet sich aus den abgeschlossenen „shuttles“ multipliziert mit 10.

Bei Patienten, die beim SWT eine Gehstrecke von über 450 m zurücklegen, kann mit hoher Wahrscheinlichkeit vorausgesetzt werden, dass sie eine maximale Sauerstoffaufnahme von über 14 ml/kg/min erreichen, die Arbeitsgruppe um Singh in Leicester bestätigte dies mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,88 [15,18]. Der SWT erfasst die maximale Belastbarkeit. Die submaximale Belastbarkeit, gemessen an der $VO_{2\text{max}}$, die eine Langzeitbelastung im Steady-State erlaubt, liegt bei ca. 80% der maximalen Belastung [19].

2-Minuten- und 12-Minuten-Gehtest

Hinsichtlich der prinzipiellen Durchführung ist der 2MGT dem 6MGT vergleichbar [20,21]. Die Reproduzierbarkeit und die Sensitivität des 2MGT bezüglich klinisch relevanter Veränderungen wurden aber als weniger gut eingestuft, hier schien der 6MGT valider [6].

Eine Reihe von Untersuchungen konnte zeigen, dass auch der 12MGT und der 6MGT vergleichbar sind [20–29]. 6 Minuten Belastung werden von Patienten mit chronischen Lungenerkrankungen allerdings besser toleriert als 12 Minuten [20]. Zudem sind 12 Minuten Überwachung personalintensiver, ohne dass sich ein bedeutsamer Vorteil gegenüber dem 6MGT in den erwähnten Studien ergeben würde.

Den Nachteilen, für den 6MGT eine geeignete „Gehstrecke“ nicht zur Verfügung zu haben, begegnet der 6-Minuten-Laufbandtest, ursprünglich von Beaumont, Cockcroft und Guz in die klinische Praxis eingeführt, und von Kirsten u. Mitarb. vor allem für die Rehabilitationsmedizin propagiert [117,118]. Neben dem technischen Aufwand (Laufband) ist im Vergleich zum „einfachen“ 6MGT anzumerken, dass nicht jede Untersuchungsperson sich dem Rhythmus eines Laufbandes anpassen kann, der 6MGT ist somit individueller und praktisch für jedermann geeignet.

COPD

In den 70er Jahren wurde der 12MGT zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit bei obstruktiven Atemwegserkrankungen eingeführt [23]. Nachfolgend brachten Vergleiche mit dem 2MGT und dem 6MGT, dass letzterer zum Standard wurde. Der 6MGT ist reproduzierbarer und valider als der 2MGT [1]. Die Aussagefähigkeit des 6MGT stimmt mit dem 12MGT überein, er spiegelt die Anforderungen des täglichen Lebens an den Erkrankten realistisch wider und ist für die Patienten in der Durchführung angenehmer [6,20].

Atemnot bei körperlicher Belastung schränkt Menschen mit COPD zunehmend ein. Die gestörte Lungenfunktion und eine fortschreitende Dekonditionierung der Muskulatur sind die Hauptgründe [30–34]. Gehstrecke, kardiovaskuläre und muskuläre Konditionierung, Herzfrequenz, Sauerstoffsättigung, Atemnot und Motivation beeinflussen sich wechselseitig. Die Gehstrecke zur Charakterisierung der Leistungssituation des COPD-Patienten ist also nur ein Aspekt, die vorgenannten zusätzlichen Parameter sollten für die Gesamteinschätzung des Patienten miterfasst und im Urteil über den 6MGT mitbeschrieben werden [33]. Der dynamischen Überblähung kommt diesbezüglich eine besondere Rolle zu, die Zunahme der Überblähung bei Belastung korreliert negativ mit der 6MGS [34]. Die Fähigkeit, die Kräfte einzuteilen und die Bewegungsabläufe zu koordinieren, muss bei fortgeschrittener COPD geübt werden, das so genannte „self-pacing“ [30,31,35].

Die subjektive Einschätzung der Belastbarkeit und Atemnot bei Belastung korreliert in der Gruppe der COPD-Patienten zwar statistisch mit der Gehstrecke, streut aber weit und ist damit nicht auf den Einzelfall übertragbar. Die Verbesserung oder Verschlechterung der Leistung wird erst ab ca. 15% Differenz der Gehstrecke vom Patienten subjektiv als Verbesserung bzw. Verschlechterung wahrgenommen. Bei im Mittel 300 m waren dies in der Untersuchung von Redelmeier 54 m [36]. $\frac{2}{3}$ der Studien, die signifikante Ergebnisse zum 6MGT erzielten, bewegten sich unter dieser Wahrnehmungsschwelle [2].

Die Korrelation der 6MGS mit Ergometrie und Spiroergometrie, also zu maximaler Wattzahl bzw. zu maximaler Sauerstoffauf-

nahme $VO_2\max$, wurde bei COPD-Patienten mehrfach untersucht [1,21,37–40]. Die Korrelationskoeffizienten über weite Bereiche der Schweregrade der COPD lagen um 0,5 bis 0,6. Ähnliche Ergebnisse liegen für den 12MGT vor [21,25,27,41]. Eine Arbeit fand einen Koeffizienten von 0,8 [42].

Stellt man die Spirometrie, also die FEV_1 dem 6MGT gegenüber, so sind die Zusammenhänge inkonsistent mit Korrelationskoeffizienten zwischen 0 bis 0,6 [21,38,42]. Eine ähnliche Schwankungsbreite wurde bezüglich der 1-Sekunden-Kapazität mit dem 12MGT beobachtet [22–29].

Dyspnoescores unterschiedlicher Art zeigen einen moderaten Zusammenhang mit der 6MGS [1,37,38,42]. Eine starke Korrelation zwischen 0,6 bis 0,9 wurde einmal mit dem 12MGT beobachtet; korreliert wurden bei mehreren Testdurchgängen mit unterschiedlichen Gehstrecken die Differenz der Einschätzung der Atemnot [26].

Lebensqualität und die Strecke im 6MGT, relatives emotionales Wohlbefinden und das Bewältigen alltäglicher Anforderungen stehen zueinander in Beziehung [43], siehe auch Tab. 1. Atemnotscores, Krankheitsprofile, Angstskalen und Befindlichkeitschecklisten korrelieren mit der 6MGS. Der 6MGT scheint somit ein Maßstab zu sein, der multiple physiologische und physische Aspekte umfasst [33]. Die Lebensqualität von COPD-Patienten wird im Wesentlichen vom 6MGT, der Atemnot und von Angst-/Depressions-Scores beschrieben, die miteinander korrelieren [43–45].

Tab. 1 6-Minuten-Gehstrecke, Atemnots- und Befindlichkeits-Scores bei COPD-Patienten

6 MGS (m)	309 ± 87	261 ± 93	207 ± 83
Patienten (n)	22	25	21
m/w (n)	15/7	16/9	12/9
FEV_1 (%pred)	> 50	30–49	< 30
Alter (J)	64 ± 6	65 ± 7	64 ± 7
Kh-Dauer (J)	6 ± 5	7 ± 5	8 ± 4
VC (%pred)	83 ± 14	65 ± 14	51 ± 14
DLCO (%pred)	47 ± 26	34 ± 21	21 ± 12
SGRQ	36 ± 19	47 ± 17	54 ± 15
SIP	5 ± 7	10 ± 9	11 ± 7

SGRQ = St. Georg's Respiratory Questionnaire, SIP = Sickness Impact Profile, Kh-Dauer = Krankheitsdauer

Die Prognose bzw. die Überlebenszeit der Patienten mit COPD steht mit der Gehstrecke in einem statistischen Zusammenhang [29]. Gerardi beobachtete 158 COPD-Patienten nach Rehabilitation über 40 ± 17 Monate. 43 Patienten verstarben im Beobachtungszeitraum. Die 3-Jahres-Überlebenszeit bei einer 12MGS über 750 m war 92%, unter 750 m 68%.

Pneumologische Rehabilitation

Die pneumologische Rehabilitation für Patienten mit COPD ist etabliert und akzeptiert; vor allem das Trainingsprogramm soll die Symptome lindern und die Leistungsfähigkeit steigern [46–49]. Der 6MGT ist ein Maß des Erfolges der pneumologischen Rehabilitation. Eine Metaanalyse von 11 kontrollierten und randomisierten Studien ergab eine Zunahme der funktionellen Kapazität im 6MGT von 55 m nach Rehabilitation [50]. Dies wird gerade noch als klinisch signifikant erachtet, weil darunter eine Steigerung der Leistungsfähigkeit subjektiv nicht mehr wahrgenommen wird [36]. Es gibt aber auch Untersuchungsergebnisse mit negativem Ausgang: So sah Van Stel bei einem Großteil von 53 Patienten nach mehrmonatiger Rehabilitation eine Verkürzung der Gehstrecke [33]. Offen muss die Frage bleiben, ob die Patientenkollektive der hier zitierten Studien in den wichtigsten Charakteristika vergleichbar sind, d.h. also, ob die Unterschiede nicht auch auf methodische Probleme zurückzuführen sind.

Nach den Richtlinien des American College of Chest Physicians und der American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation (ACCP/AACVPR) erwartet man vom Training der unteren Extremitäten bei COPD-Patienten eine Verbesserung der Belastbarkeit und eine Verminderung der Atemnot bei Belastung [49]. Diese Erwartung basiert auf 14 randomisierten und kontrollierten Studien. 9 Studien erfassten Gehtests, alle bis auf eine berichteten über eine signifikante Zunahme der Gehstrecken durch die Trainingsmaßnahmen, allerdings erfüllten die Arbeiten mit positiven Ergebnissen nicht die Forderung, den Ausgangswert mit wiederholten Gehtests zu erfassen, d. h. der Lerneffekt wurde nicht berücksichtigt. In den 11 Arbeiten, die die Sauerstoffaufnahme berücksichtigten, war bei 9 keine VO_2 -Zunahme nach Training zu verzeichnen. 7 Studien befassten sich auch mit der Belastungsdauer im submaximalen Belastungsbereich; nur 3 Gruppen konnten eine Zunahme der Belastungsdauer feststellen. Leider war das Trainingsprogramm bei den meisten der Studien, die die ACCP heranzog, nicht definiert oder eindeutig zu gering [49]. Die Studien, die das Trainingsprogramm beschrieben und dies effektiv mit hoher Intensität und Supervision durchführten, erzielten überzeugende positive Ergebnisse [39,51,52].

Es ist davon auszugehen, dass die Sauerstoffaufnahme, die Verwertung und die Energieumsetzung in der Muskulatur, vor allem bei fortgeschrittener COPD, dekonditioniert ist [53]. Während die Lungenfunktion unter optimaler Therapie weitestgehend irreversibel eingeschränkt ist, ist die muskuläre Funktion verbesserbar, nicht selten auch schon allein durch Reduktion oder Aufgabe systemischer Steroide [54]. Dies beruht auf einer zu steigenden Kapillarisation, Mitochondriendichte und Enzymausstattung. Nach insuffizienten Trainingsprogrammen sind die funktionell-strukturellen Veränderungen der Beinmuskulatur histochemisch nicht nachweisbar [55], effiziente Programme führen jedoch zu Verbesserungen [56].

Eine Arbeitsgruppe der ERS [57] bemüht sich um eine Standardisierung der Belastungstests bei chronischen Lungenerkrankungen. Belastungsprotokolle, die die Leistung differenziert erfassen, werden als valide eingestuft und sind zu bevorzugen. Emp-

fohlen wird in erster Linie die Spiroergometrie, auch im Rahmen der Rehabilitation.

Der 6MGT ist in der Rehabilitation ein Parameter in der Beurteilung der Belastbarkeit initial und im Verlauf, er stellt ein einfaches, aber nützliches Monitoring dar. Verbesserungen der Gehstrecke sind psychologischen und mentalen Effekten des Trainingsprogramms zuzuordnen und nur zum Teil einer physiologischen Leistungssteigerung der Muskulatur [30,31,40,47,58,59]. Die Motivation, der antidepressive Effekt des Trainings und der Zuwendung, die reduzierte Angst vor der Atemnot, eine erhöhte Atemnottoleranz, eine verbesserte Gehtechnik und ein Lerneffekt bez. der Krafteinteilung verbessern die funktionell-körperliche Leistungsfähigkeit [60]. Entsprechend muss bei der Eingangsuntersuchung zu Beginn der pneumologischen Rehabilitation der 6MGT am besten 3-mal durchgeführt werden, um den Lerneffekt der Krafteinteilung als Kofaktor einer etwaigen Besserung zu erfassen [6,8]. Ein intensives Trainingsprogramm ist die Voraussetzung für den Erfolg rehabilitierender Maßnahmen [39,51,52]. Eine standardisierte, kontrollierte Durchführung des 6MGT mit Aufmunterungen ist wiederum die Voraussetzung, um vergleichbare Ergebnisse vor und nach Rehabilitationsmaßnahmen zu erzielen [33].

Lungenresektion und Operabilität

Die Beurteilung des perioperativen kardiopulmonalen Risikos von Lungenresektionen erfolgt in erster Linie durch die 1-Sekunden-Kapazität FEV_1 , die Diffusionskapazität DLCO und die maximale Sauerstoffaufnahme VO_{2max} . [61–67]. Die 6MGS findet in den Empfehlungen der Fachgesellschaften keine Berücksichtigung. Die Sequenz der 1-Sekunden-Kapazität, Diffusionskapazität, die Berechnung der prädiktiven postoperativen Werte und letztlich die Analyse der maximalen Sauerstoffaufnahme im Rahmen der Spiroergometrie sind die wichtigsten Schritte in der Stufendiagnostik [17,68,69].

Auch wenn der Spiroergometrie die höchste Wertigkeit in der präoperativen Funktionsdiagnostik zugeordnet wird, bedenkt die britische Fachgesellschaft die knappe Verfügbarkeit. Sollte die Spiroergometrie nicht verfügbar sein, kann ein Gehstest helfen, Hochrisikopatienten abzugrenzen, bei denen man von einer Operation absehen sollte. Bei der Auswahl des Gehtests wird allerdings nicht der 6MGT mit submaximaler Belastung als geeignet erachtet, sondern der sog. „shuttle-walk-test“, weil dieser den Patienten rasch in den Bereich der maximalen Belastung führt [15,18,69]. Der 6MGT erfasst die Dauerbelastung, der Patient erreicht bei diesem Protokoll seine submaximale Belastbarkeit, und submaximale Belastungsprotokolle sind keine geeigneten Prädiktoren des perioperativen kardiopulmonalen Risikos [70,71]. Eine Detektierung von Hochrisikopatienten bei submaximaler Belastung war nur durch die invasive Erfassung des Herzminutenvolumens, des Sauerstofftransportes und durch die Okklusion der Pulmonalarterie des zu resezierender Lungenlappens resp. -flügels mittels Pulmonalkatheter möglich [66,72–75].

Bagg erfasste bei 30 Patienten die 12MGS vor und nach Pneumektomie [76]. Die Gruppe mit postoperativen Komplikationen wurde nicht differenziert. Eine Trennlinie lag bei 1100 m, diese

unterschied die Gruppen, aber nicht signifikant, mit weiten Überlappungen. Zu gleichen Ergebnissen kamen Markos u. Mitarb., die der 12MGS keinen prädiktiven Wert beimessen [77].

Eine 6MGS unter 330 m erachteten Holden u. Mitarb. als Indikator einer erhöhten Mortalität nach Lungenresektion [78]. Limitierend an dieser Studie ist die kleine Fallzahl und die Tatsache, dass von den 16 untersuchten Patienten immerhin 5 (31 %) innerhalb von 90 Tagen postoperativ starben.

Lungenvolumenreduktion bei Emphysem

Der Nutzen einer bilateralen Lungenvolumenreduktion bei Lungemphysem ist in erster Linie bei Patienten zu erwarten, die präoperativ eine 6MGS über 200 m zurücklegen. Eine optimale konservative Therapie und Rehabilitation sollte der Bewertung des präoperativen 6MGT vorausgehen [79]. Keiner der Patienten mit Normokapnie und einer 6MGS über 200 m verstarb, die Mortalität der Patienten mit einer 6MGS unter 200 m oder einer Hyperkapnie bei Ruheatmung lag hingegen bei 38% ($\frac{6}{16}$). Postoperative Komplikationen, die Morbidität und die Dauer des Krankenhausaufenthaltes korrelierten mit einem 6MGT unter 200 m. Diese klaren Aussagen zum Wert des 6MGT sind allerdings nicht unwidersprochen geblieben. Das Risiko für ein respiratorisches Versagen nach chirurgischer Lungenvolumenreduktion bei schwerem inhomogenen Lungemphysem scheint nach Chatila u. Mitarb. durch den präoperativen 6MGT nicht erfasst werden zu können [80].

Die 6MGS steigt nach einer Untersuchung von Teschler u. Mitarb. durch die Lungenvolumenreduktion von 230 m auf 400 m nach 3 Monaten postoperativ an [81]. Allerdings wurde auch bei einer 6MGS von 137 ± 65 m erfolgreich operiert; dabei wurden dann eine 6MGS von 265 ± 175 m 3 Monate postoperativ angegeben [82]. Thurnheer analysierte 42 Patienten mit bilateraler Lungenvolumenreduktion. Die präoperative 6MGS lag um 220–300 m, diese war 3 Monate postoperativ um 30–100 m länger [83]. Flaherty erfasste 65 Patienten nach Lungenvolumenreduktion über 3 Jahre. Präoperativ war die 6MGS um 275 m, nach einem Jahr postoperativ 340 m, nach 2 Jahren 400 m und nach 3 Jahren um 430 m [84].

Die Mortalität durch respiratorisches Versagen nach operativer Lungenvolumenreduktion innerhalb von 12 Monaten postoperativ liegt bei 4% [85]. Es werden ähnliche Größenordnungen der Mortalität in konservativ behandelten Vergleichsgruppen angegeben [86]. Die perioperative Mortalität wurde abhängig vom Ausmaß der Operation, der Operationstechnik, dem Emphysemtyp und der Patientenselektion mit 3–10% definiert [87–95,98]. Nur etwa die Hälfte der operativen Mortalität ist allerdings dem respiratorischen Versagen zuzuordnen [87]. Um eine möglichst geringe peri- und postoperative Mortalität bei LVR zu erreichen, wird eine 6MGS von wenigsten 150 m [96,97] oder 200 m [79] gefordert.

Kardiologische Erkrankungen

Bei kardiologischen Erkrankungen hilft der 6MGT, die Leistungsfähigkeit von Patienten mit Herzinsuffizienz bei alltäglichen Belastungen zu beschreiben. Die Beurteilung der submaximalen Belastbarkeit mit Gehtests spielt zunehmend eine Rolle in Studien bez. neuer therapeutischer Konzepte für Patienten mit Herzkrankungen [1,6,12,99–102]. Der 6MGT korreliert gut mit der Ergometrie und der Spiroergometrie, vor allem wenn unterschiedliche Schweregrade der Herzinsuffizienz vorliegen [1,36,37,102,104,105]. Der Test ist in der Lage, die NYHA-Gruppen II und III signifikant voneinander zu trennen [1,102,106,107]. Lipkin u. Mitarb. gaben bei Normalpersonen eine 6MGS um 683 m an; NYHA-II-Patienten erreichten um 558 m, bei NYHA-III waren es nur 402 m [12].

Umstritten ist die Wertigkeit des 6MGT, aber bei der Prognosebeschreibung und Risikobeurteilung von Patienten mit Herzinsuffizienz. Calahin u. Mitarb. sahen bei NYHA-III-Patienten und einer Gehstrecke unter 300 m gehäuft fatale Krankheitsverläufe bzw. ein vermehrtes Auftreten kardialer Komplikationen [103]. Auch Bittner u. Mitarb. fanden bei einer Gehstrecke unter 300 m verglichen mit einer Strecke von über 450 m ein 4fach erhöhtes Risiko, innerhalb eines Jahres zu sterben bzw. ein 10fach erhöhtes Risiko, im Laufe eines Jahres hospitalisiert zu werden [102]. Zweifel an der Relevanz des 6MGT im Hinblick auf seinen prognosebestimmenden Wert im klinischen Alltag gründen sich vor allem auf die große Streubreite der erhobenen Daten und auf die sich daraus ergebende Überlappung von Grenzwerten, die am einzelnen Patienten eine Risikobeschreibung nicht möglich machen [104,108–112]. Demgegenüber trennt die maximale Sauerstoffaufnahme Risikogruppen unter dem Aspekt früher einsetzender Komplikationen und Hospitalisierungen signifikant schärfer, und auch der Shuttle-walk-Test, der die maximale Belastbarkeit erfasst, scheint ebenfalls ein besserer Prädiktor für die Prognose als der 6MGT zu sein [110].

Hilfreich ist der 6MGT für die optimale Einstellung von Herzschrittmachern [113]. Der häufig gewählten Standardeinstellung mit VVI 60/min zeigt sich eine höhere Herzfrequenz um 80/min oder gar ein VVIR-Modus mit bedarfsgerechter Frequenz als überlegen. Atemnot und 6MGS sind die bei Einstellung und Kontrolle zu erhebende Parameter [101], der Gehtest kann den Bedarf für Korrekturen und Anpassungen der Schrittmacherfunktion im Verlauf erkennen [114].

Zusammenfassung

Der 6MGT erfasst die Belastbarkeit von Patienten mit chronischen Lungenerkrankungen und Herzinsuffizienz. Er beschreibt die Fähigkeit dieser Menschen, sich im Alltag zu bewegen. Er wird als nützliches Instrument zur Evaluation von Therapie-, Rehabilitations- und Trainingsmaßnahmen eingestuft sowie als Verlaufparameter bei Fortschreiten der Erkrankungen (Tab. 2) [57,115,116]. Abb. 1 gibt einen Vorschlag für ein Ergebnisprotokoll, das den individuellen Charakter des Tests ausreichend berücksichtigt.

Die Studienlage zur Frage der Wertigkeit des 6MGT im Hinblick auf die Prognosebeschreibung, auf mögliche Therapiekomplika-

Schlussfolgerungen für die Praxis

- Die Hauptvorteile des 6MGT sind dessen Einfachheit, der geringe Aufwand und die Möglichkeit, ihn nahezu überall (Klinik und Praxis) anwenden zu können.
- Der 6MGT beschreibt den Bewegungsradius eines Patienten mit chronischer Lungenerkrankung oder Herzinsuffizienz und erlaubt damit Aussagen über dessen Fähigkeit, Anforderungen des täglichen Lebens zu bewältigen.
- Der 6MGT ist hilfreich für die Beschreibung des Krankheitsverlaufs bei COPD und Herzinsuffizienz.
- Der 6MGT ist als Kontrollparameter geeignet, der den Einfluss einer Therapie dokumentiert. Hierzu gehören die Optimierung der medikamentösen Therapie, eines Trainings und einer Rehabilitation oder der Effekt einer chirurgischen Behandlung (z. B. Volumenreduktion bei Lungenemphysem).
- Die Qualitätssicherung fordert zunehmend eine Erfolgsdokumentation ärztlicher Maßnahmen. Hierfür kann der 6MGT bei chronischen pulmonalen und kardialen Erkrankungen herangezogen werden.

Literatur

- 1 Guyatt GH, Sullivan MJ, Thompson PJ et al. The 6-minute walk: a new measure of exercise capacity in patients with chronic heart failure. *Can Med Assoc J* 1985; 13; 132 (8): 919–923
- 2 Solway S, Brooks D, Lacasse Y et al. A qualitative systematic overview of the measurement properties of functional walk tests used in cardiorespiratory domain. *Chest* 2001; 119: 256–270
- 3 Feinleib M, Rosenberg HM, Collins JG et al. Trends in COPD morbidity and mortality in the United States. *Am Rev Respir Dis* 1989; 140: 9–18
- 4 Morr H. Respiratory insufficiency. Epidemiology, economic burden and health care facilities needed as exemplified by COPD. *Internist* 2001; 42 (3): 373–378
- 5 Singh SJ. The use of field walking tests of assessment of functional capacity in patients with chronic airway obstruction. *Physiotherapy* 1992; 78: 102–104
- 6 Guyatt GH, Pugsley SO, Sullivan MJ et al. Effect of encouragement on walking test performance. *Thorax* 1984; 39: 818–822
- 7 Stevens D, Elpern E, Sharma K et al. Comparison of hallway and treadmill six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 160: 1540–1543
- 8 Knox AJ, Morrison JF, Muers MF. Reproducibility of walking test results in chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 1988; 43: 388–392
- 9 Gibbons WJ, Fruchter N, Sloan S et al. Reference values for a multiple repetition 6-minute walk test in healthy adults older than 20 years. *J Cardiopulm Rehabil* 2001; 21: 87–93
- 10 Enright PL, Sherrill DL. Reference equations for the six-minute walk in healthy adults. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 158: 1384–1397
- 11 Troosters T, Gosselink R, Decramer M. Six minute walking distance in healthy elderly subjects. *Eur Respir J* 1999; 13: 270–274
- 12 Lipkin DP, Scriven AJ, Crake T et al. Six minute walking for assessing exercise capacity in chronic heart failure. *BMJ* 1986; 292: 653–655
- 13 Leger LA, Lambert J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO_2max . *Eur J Appl Physiol* 1982; 49: 1–12
- 14 Forte S, Carlone S, Onorati P et al. Shuttle test versus 6-minute walking test in evaluation of exercise tolerance in COPD patients. *Eur Respir J* 1997; 10: 177
- 15 Morales FJ, Martinez A, Mendez M et al. A shuttle walk test for assessment of functional capacity in chronic heart failure. *Am Heart J* 1999; 138: 291–298
- 16 Singh SJ, Morgan MDL, Scott S et al. Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airflow obstruction. *Thorax* 1992; 47: 1019–1024
- 17 Deutsche Gesellschaft für Pneumologie. Empfehlungen zur Durchführung und Bewertung von Belastungsuntersuchungen in der Pneumologie. *Pneumologie* 1998; 52: 225–231
- 18 Singh SJ, Morgan MD, Hardman AE et al. Comparison of oxygen uptake during a conventional treadmill test and the shuttle walking test in chronic airflow limitation. *Eur Respir J* 1994; 7: 2016–2020
- 19 Revill SM, Morgan MDL, Singh SJ et al. The endurance shuttle walk: a new field test for the assessment of endurance capacity in chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 1999; 54: 213–222
- 20 Butland RJ, Pang J, Gross ER et al. Two-, six, and 12-minute walking tests in respiratory disease. *BMJ* 1982; 284: 1607–1608
- 21 Bernstein ML, Despars JA, Singh NP et al. Reanalysis of the 12-min walk in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 1994; 105: 163–167
- 22 Larson JL, Covey MK, Vitalo CA et al. Reliability and validity of the 12-minute distance walk in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Nurs Res* 1996; 45: 203–210
- 23 McGavin CR, Gupta SP, McHardy GJR. Twelve-minute walking test for assessing disability in chronic bronchitis. *BMJ* 1976; 1: 201–204
- 24 Mungall IPF, Hainsworth R. Assessment of respiratory function in patients with chronic obstructive airway disease. *Thorax* 1979; 34: 254–258
- 25 Alison JA, Anderson SD. Comparison of two methods of assessing physical performance in patients with chronic airway obstruction. *Phys Ther* 1981; 61: 1278–1280
- 26 O'Reilly JF, Shaylor JM, Fromings KM et al. The use of the 12 minute walking test in assessing the effect of oral steroid therapy in patients with chronic airway obstruction. *Br J Dis Chest* 1982; 76: 374–382
- 27 Swinburn CR, Wakefield JM, Jones PW. Performance, ventilation, and oxygen consumption in three different types of exercise test in patients with chronic obstructive lung disease. *Thorax* 1985; 40: 581–586
- 28 Dekhuijzen PNR, Kaptein AA, Decker FW et al. Twelve-minute walking test in a group of Dutch patients with chronic obstructive pulmonary disease: relationship with functional capacity. *Eur J Respir Dis Suppl* 1986; 69: 259–264
- 29 Gerardi DA, Lovett L, Benoit-Connors ML et al. Variables related to increased mortality following out-patient pulmonary rehabilitation. *Eur Respir J* 1996; 9: 431–435
- 30 Casaburi R. Exercise training in chronic obstructive lung disease. In: Casaburi R, Petty TL, eds. *Principles and practice of pulmonary rehabilitation*. Philadelphia: W. B. Saunders, 1993: 204–224
- 31 Casaburi R, Patessio A, Ioli F et al. Reduction in exercise lactic acidosis and ventilation as result of exercise training in patients with obstructive lung disease. *Am Rev Respir Dis* 1991; 143: 9–18
- 32 Donner CF, Muir JF. Selection criteria and programmes for pulmonary rehabilitation in COPD patients. *Rehabilitation and Chronic Care Scientific Group of the European Respiratory Society. Eur Respir J* 1997; 10: 744–757
- 33 Van Stel HF, Bogaard JM, Ruyssenaert-Nouwens LHM et al. Multivariable assessment of the 6-min walking test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Resp Crit Care Med* 2001; 163: 1567–1571
- 34 Marin JM, Carrizo SJ, Gascon M et al. Inspiratory capacity, dynamic hyperinflation, breathlessness, and exercise performance during the 6-minute-walk test in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163: 1395–1399
- 35 Steele B. Timed walking tests of exercise capacity in chronic cardiopulmonary illness. *J Cardiopulm Rehabil* 1996; 16: 25–33
- 36 Redelmeier DA, Bayoumi AM, Goldstein RS et al. Interpreting small differences in functional status: the six minute test in chronic lung disease patients. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155 (4): 1278–1282
- 37 Guyatt GH, Thompson PJ, Berman LB et al. How should we measure function in patients with chronic heart and lung disease? *J Chronic Dis* 1985; 38: 517–524
- 38 Mak VHF, Bugler JR, Roberts CM et al. Effect of arterial oxygen desaturation on six minute walk distance, perceived effort, and perceived breathlessness in patients with airflow limitation. *Thorax* 1993; 48: 33–38
- 39 O'Donnel DE, McGuire M, Samis L et al. The impact of exercise reconditioning on breathlessness in severe chronic airflow limitation. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152: 2005–2013
- 40 O'Donnel DE, McGuire M, Samis L et al. General exercise training improves ventilatory and peripheral muscle strength and endurance in chronic airflow limitation. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 157: 1489–1497

- 41 McGavin R, Artvinli M, Naoe H et al. Dyspnoea, disability, and distance walked: comparison of estimates of exercise performance in respiratory disease. *BMJ* 1978; 2: 241 – 243
- 42 Wijkstra PJ, Ten Vergert EM, van der Mark TW et al. Relation of lung function, maximal inspiratory pressure, dyspnea, and quality of life in patients with exercise capacity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 1994; 49: 468 – 472
- 43 Engström CP, Persson LO, Larsson S et al. Health-related quality of life in COPD: why both disease-specific and generic measures should be used. *Eur Respir J* 2001; 18: 69 – 76
- 44 Curtis JR, Deyo RA, Hudson LD. Health-related quality of life among patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 1994; 49: 162 – 170
- 45 King B, Cotes JE. Relation of lung function and exercise capacity to mood and attitudes to health. *Thorax* 1989; 44: 402 – 409
- 46 Siafakas NM, Vermeire P, Pride NB et al. Optimal assessment and management of chronic obstructive pulmonary disease (COPD): the European Respiratory Society Task Force. *Eur Resp J* 1995; 8: 1398 – 1420
- 47 Ries AL. Position paper of the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation: scientific basis of pulmonary rehabilitation. *J Cardiopulmonary Rehabil* 1990; 10: 418 – 441
- 48 Fishman AP. Pulmonary rehabilitation research. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 149: 825 – 833
- 49 ACCP/AACVR Pulmonary Rehabilitation Panel. Joint ACCP/AACVR evidence-based guidelines: pulmonary rehabilitation. American College of Chest Physicians American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *Chest* 1997; 112: 1363 – 1396
- 50 Lacasse Y, Wong E, Guyatt GH et al. Meta-analysis of respiratory rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease. *Lancet* 1996; 348: 1115 – 1119
- 51 Wijkstra PJ, Van Altena R, Kraan J et al. Quality of life in patients with chronic obstructive pulmonary disease improves after rehabilitation at home. *Eur Respir J* 1994; 7: 269 – 273
- 52 Ries AL, Kaplan RM, Limberg TM et al. Effects of pulmonary rehabilitation on physiologic and psychosocial outcomes in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Ann Intern Med* 1995; 122: 823 – 832
- 53 Casaburi R. Deconditioning. In: Fishman AP, ed. *Pulmonary rehabilitation: lung biology in health and disease* (Vol. 91). New York: Marcel Dekker, 1996; 213 – 230
- 54 Maltais F, LeBlanc P, Jobin J et al. Peripheral muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Chest Med* 2000; 21: 665 – 677
- 55 Belman MJ, Kendregan BA. Exercise training fails to increase skeletal muscle enzymes in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1981; 123: 256 – 261
- 56 Maltais L, LeBlanc P, Simard C et al. Skeletal muscle adaptation to endurance training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 154: 442 – 447
- 57 ERS Task Force on Standard of Clinical Exercise Testing. European Respiratory Society. Clinical exercise testing with reference to lung diseases: indications, standardization and interpretation strategies. *Eur Respir J* 1997; 10 (11): 2662 – 2689
- 58 Ambrosino N. Field tests in pulmonary disease. *Thorax* 1999; 54: 191 – 193
- 59 Griffiths T, Gregory SE, Ward SA et al. Effects of domiciliary exercise training on ventilatory and gas-exchange kinetics in patients with severe COPD. *Eur Resp J* 1995; 8: 502
- 60 Haas F, Salazar-Schicchi J, Axen K. Desensitization to dyspnea in chronic obstructive pulmonary disease. In: Casabury R, Petty TL, eds. *Principles and practice of pulmonary rehabilitation*. Philadelphia: WB Saunders, 1993; 241 – 251
- 61 Jansen HJ, Zeidler D. Die lungenfunktionelle Abklärung des pulmonalen Resektionsumfanges in der Thoraxchirurgie. *Atemw-Lungenkrkh* 1999; 25: 138 – 150
- 62 Schulz C, Emslander HP, Riedel M. Beurteilung der funktionellen Operabilität von Patienten mit Bronchialkarzinom. *Pneumologie* 1999; 53: 337 – 347
- 63 Schulz C, Riedel M, Gillissen A et al. Präoperative Identifizierung des pulmonalen Risikopatienten vor Lungenresektion. *Atemw-Lungenkrkh* 1998; 24: 205 – 214
- 64 Wyser C, Stulz P, Soler M et al. Prospective evaluation of an algorithm for the functionell assessment of lung resection candidates. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159: 1450 – 1456
- 65 Bolliger CT, Jordan P, Soler M et al. Exercise capacity as a predictor of postoperative complications in lung resection candidates. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 151: 1472 – 1480
- 66 Bollinger CT, Perruchoud AP. Functional evaluation of the lung resection candidate. *Eur Respir J* 1998; 11: 198 – 212
- 67 Kearney DJ, Lee TH, Reilly JJ et al. Assessment of operative risk in patients undergoing lung resection. Importance of predicted pulmonary function. *Chest* 1994; 105: 753 – 759
- 68 Thomas M, Gatzemeier U, Georg R et al. Empfehlungen zur Diagnostik des Bronchialkarzinoms. Deutsche Gesellschaft für Pneumologie. *Pneumologie* 2000; 54: 361 – 371
- 69 BTS Guidelines. Guidelines on the selection of patients with lung cancer for surgery. *Thorax* 2001; 56: 89 – 108
- 70 Miyoshi S, Nakahara K, Ohno K et al. Exercise tolerance in lung cancer patients: the relationship between exercise capacity and post-thoracotomy hospital mortality. *Ann Thorax Surg* 1987; 44: 487 – 490
- 71 Miller JL, Grossman GD, Hatcher CR. Pulmonary function test criteria for operability and pulmonary resection. *Surg Gynecol Obstetr* 1981; 153: 893 – 895
- 72 Nakagawa K, Nakahara K, Miyoshi S et al. Oxygen transport during incremental exercise load as a predictor of operative risk in lung cancer patients. *Chest* 1992; 101: 1369 – 1375
- 73 Nakahara K, Miyoshi S, Nakagawa K. A method for predicting postoperative lung function and its relation to postoperative complications in patients with lung cancer.
- 74 Olsen GN, Weiman DS, Bolton JW et al. Submaximal invasive exercise testing and quantitative lung scanning in the evaluation for tolerance of lung resection. *Chest* 1989; 95: 267 – 273
- 75 Pierce RJ, Pretto JJ, Rochford PD et al. Lobar occlusion in the preoperative assessment of patients with lung cancer. *Br J Dis Chest* 1986; 80: 27 – 36
- 76 Bagg LR. The 12-min walking distance; its use in the pre-operative assessment of patients with bronchial carcinoma before lung resection. *Respiration* 1984; 46: 342 – 345
- 77 Markos J, Mullan BP, Hillman DR et al. Preoperative assessment as a predictor of mortality and morbidity after lung resection. *Am Rev Respir Dis* 1989; 139: 902 – 910
- 78 Holden DA, Rice TW, Stelmach K et al. Exercise testing, 6-min walk, and stair climbing in the evaluation of patients at high risk for pulmonary resection. *Chest* 1992; 102: 1774 – 1779
- 79 Szekelay LA, Oelberg DA, Wright C et al. Preoperative predictors of operative morbidity and mortality in COPD patients undergoing bilateral lung volume reduction surgery. *Chest* 1997; 111: 550 – 558
- 80 Chatila W, Furuokuwa S, Criner GJ. Acute respiratory failure after lung volume reduction surgery. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 162: 1292 – 1296
- 81 Teschler H, Stamatis G, Fahrat AA et al. Funktionelle Ergebnisse der chirurgischen Lungenvolumenreduktion beim schweren Lungenemphysem. *DMW* 1996; 121: 1248 – 1254
- 82 Stamatis G. Chirurgie des Lungenemphysems. *Atemw-Lungenkrkh* 2000; 26: 69 – 77
- 83 Thurnheer R, Engel H, Weder W et al. Role of lung perfusion scintigraphy in relation to chest computed tomography and pulmonary function in the evaluation of candidate for lung volume reduction surgery. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159: 301 – 310
- 84 Flaherty KR, Kazerooni EA, Curtis JL et al. Short-term and long-term outcomes after bilateral lung volume reduction surgery: prediction by quantitative CT. *Chest* 2001; 119: 1337 – 1346
- 85 Gelb AF, McKenna RJ, Brenner M et al. Lung function 5 years after lung volume reduction surgery for emphysema. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163: 1562 – 1566
- 86 Geddes D, Davies M, Koyama H et al. Effect of lung volume reduction surgery in patients with severe emphysema. *N Engl J Med* 2000; 343: 239 – 245
- 87 Naunheim KS, Kaiser LR, Bavaria JE et al. Long-term survival after thoracoscopic lung volume reduction: a multiinstitutional review. *Ann Thorac Surg* 1999; 68: 2026 – 2032
- 88 American Thoracic Society. Official statement of the American Thoracic Society: Lung volume reduction surgery. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 154: 1151 – 1152
- 89 Demertzis S, Schäfers HJ, Wagner TOF et al. Bilaterale Lungenvolumenreduktion bei schwerem Emphysem. *DMW* 1996; 121: 427 – 433
- 90 Cooper JD, Patterson GA. Lung-volume reduction surgery for severe emphysema. *Chest Surg Clin North Amer* 1995; 5: 815 – 830

- ⁹¹ Cooper JD, Trulock EP, Triantafyllou AN et al. Bilateral pneumectomy (volume reduction) for chronic obstructive pulmonary disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995; 109: 106–119
- ⁹² Eugene J, Ott RA, Gogia HS et al. Videothoracic surgery for treatment of end-stage bullous emphysema and chronic obstructive disease. *Amer Surg* 1995; 61: 934–936
- ⁹³ Little AG, Swain JA, Nino JJ et al. Reduction pneumoplasty for emphysema. *Ann Surg* 1995; 222: 365–374
- ⁹⁴ Criner GJ, Cordova FC, Furukawa S et al. Prospective randomized trial comparing bilateral lung volume reduction surgery to pulmonary rehabilitation in severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 160: 2018–2027
- ⁹⁵ Hamacher J, Bloch K, Stammberger U et al. Two years outcome of lung volume reduction surgery in different morphologic emphysema types. *Ann Thorac Surg* 1999; 68: 1792–1798
- ⁹⁶ Teschler H. Lungenvolumenreduktion, wann und bei wem? Tagungsbericht „Update COPD“. Herbsttagung der Rheinisch-Westfälischen Vereinigung für Lungen- und Bronchialheilkunde November 2000. *Pneumologie* 2001; 55: 202–203
- ⁹⁷ Shrager JB, Friedberg JS, Kaiser LR. Lung volume reduction surgery. *Sem Resp Crit Care Med* 1999; 20: 1–14
- ⁹⁸ Cooper JD, Lefrak SS. Lung-reduction surgery: 5 years on. *Lancet* 1999; 353 (Suppl 1): 26–27
- ⁹⁹ Armstrong PW, Moe GW. Medical advances in the therapy of congestive heart failure. *Circulation* 1993; 88: 2941–2952
- ¹⁰⁰ Australian-New Zealand Heart Failure Research Collaborative Group. Effects of carvedilol, a vasodilator beta-blocker, in patients with congestive heart failure due to ischemic heart disease. *Circulation* 1995; 92: 212–218
- ¹⁰¹ Provenier F, Jordoens S. Evaluation of 6-minute walking test in patients with single chamber rate response pacers. *Br Heart J* 1994; 72: 192–196
- ¹⁰² Bittner V, Weiner DH, Yusuf R et al. Prediction of mortality and morbidity with a 6-min walk test in patients with left ventricular dysfunction. *JAMA* 1993; 270: 1702–1707
- ¹⁰³ Cahalin LP, Mathier MA, Semigran MJ et al. The six-minute walk test predicts peak oxygen uptake and survival in patients with advanced heart failure. *Chest* 1996; 110: 325–332
- ¹⁰⁴ Roul G, Germain P, Bareiss P. Does the 6-min walk test predict the prognosis in patients with NYHA class II or III in chronic heart failure? *Am Heart J* 1998; 136: 449–457
- ¹⁰⁵ Faggiano P, D'Aloia A, Gualeni A et al. Assessment of oxygen uptake during the 6-minute walking test in patients with heart failure: preliminary experience with a portable device. *Am Heart J* 1997; 134: 203–207
- ¹⁰⁶ Riley M, McParland J, Stanford CF et al. Oxygen consumption during corridor walking testing in chronic cardiac failure. *Eur Heart J* 1992; 13: 789–793
- ¹⁰⁷ Peeters P, Mets T. The 6-min walk as an appropriate exercise test in elderly patients with chronic heart failure. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1996; 51: M147–M151
- ¹⁰⁸ Milligan NP, Havey J, Dossa A. Using a 6-min walk test to predict outcomes in patients with left ventricular dysfunction. *Rehabil Nurs* 1997; 22: 177–181
- ¹⁰⁹ Zugck C, Kruger C, Durr S et al. Is the 6-minute walk test a reliable substitute for peak oxygen uptake in patients with dilated cardiomyopathy? *Eur Heart J* 2000; 21: 540–549
- ¹¹⁰ Morales FJ, Montemayor T, Martinez A. Shuttle versus six-minute walk test in the prediction of outcome with chronic heart failure. *Int J Cardiol* 2000; 76: 101–105
- ¹¹¹ Lucas C, Stevenson LW, Johnson W et al. The 6-min walk and peak oxygen consumption in advanced heart failure: aerobic capacity and survival. *Am Heart J* 1999; 138: 618–624
- ¹¹² Opasich C, Pinna GD, Mazza A et al. Six-minute walking performance in patients with moderate-to-severe heart failure; is it a useful indicator in clinical practice? *Eur Heart J* 2001; 22: 488–496
- ¹¹³ Langenfeld H, Schneider B, Grimm W et al. The six-minute walk – an adequate exercise test for pacemaker patients? *Pacing Clin Electrophysiol* 1990; 13: 1761–1765
- ¹¹⁴ Rozkovec A, Papouchado M, James MA et al. The relationship of symptoms to performance in paced patients with breathlessness. *Eur Heart J* 1989; 10: 63–69
- ¹¹⁵ Weisman IM, Zeballos RJ. An integrated approach to the interpretation of cardiopulmonary exercise tests. In: Weisman IM, Zeballos RJ, eds. *Clinical exercise testing; Clinics in Chest Medicine*. Philadelphia: W. B. Saunders, 1994
- ¹¹⁶ Wasserman K, Hansen JE, Sue DY et al. *Principles of Exercise Testing and Interpretation*. Lea & Febiger, 1994
- ¹¹⁷ Beaumont A, Cockcroft A, Guz A. A self paced treadmill walking test for breathless patients. *Thorax* 1985; 40: 459–464
- ¹¹⁸ Kirsten D, Jörres R, Magnussen H. Indikation und Durchführung des 6-Minuten-Lauffests in der Pneumologie. *Pneumologie* 1997; 51: 33–35