

# Leitlinien zur Belastungsuntersuchung in der Sportmedizin

(Ebene IV - 03/2002)

**Autoren:** Expertenkommission: Dr. F. Boldt, Dr. A. Berbalk, PD Dr. M. Halle, PD Dr. G. Hoffmann, Prof. Dr. H. Löllgen, PD Dr. A. Schmidt Trucksäß, Prof. Dr. A. Urhausen, Prof. Dr. K. Völker, Dr. M. Zurstegge (Federführend: Prof. Dr. H. Löllgen)

**Codierung:** Sportmedizinische Funktionsprüfung

## 1 Einleitung

Die Belastungsuntersuchung ist Teil der sportärztlichen Untersuchung und Funktionsdiagnostik. Sie umfasst neben der Ergometrie das Belastungs-EKG und ggf. weitere Messgrößen wie Laktat und Spiroergometrie. Die Ergometrie erfordert Voraussetzungen hinsichtlich des Labors, des Personals und der apparativen Ausrüstung (1, 3, 7 - 9, 14 - 18, 20). Um Vergleiche der Ergebnisse zwischen verschiedenen Untersuchungsstellen zu ermöglichen und um Verlaufsuntersuchungen nach Interventionen (Trainingsanalysen) zu ermöglichen, sind *standardisierte Methoden* mit gleichem Vorgehen erforderlich (Tab. 1).

## 2 Anforderungen

- Der Untersuchungsraum sollte ausreichend groß sein, um alle technischen Geräte, die Ausstattung für die Notfallbehandlung und eine separate Untersuchungsfläche aufzunehmen.
- Die Umgebungsbedingungen sollen nach Möglichkeit konstant sein (Raumtemperatur 18 –24° C, Luftfeuchtigkeit 30 – 60 %) (Tab. 1). Eine genügende Belüftung und Beleuchtung des Raumes muss gewährleistet sein. Die Forderungen der MedGV sind zu berücksichtigen.

### 2.1 Personelle Voraussetzungen

Als Personal sind ein qualifizierter Arzt sowie mindestens eine erfahrene Hilfskraft erforderlich. Die **Qualifikation des Arztes** erfordert eine ausreichende Aus- und Weiterbildung in den Gebieten Innere Medizin einschl. kardiologischer Erkrankungen und speziell in der Ergometrie. Eine Tätigkeit von drei Monaten im Bereich der Notfall- und Intensivmedizin sollte dazu gehören. Unter Anleitung sind während der Ausbildung 500 Belastungsuntersuchungen einschl. Belastungs-EKG auszuwerten. Der Arzt muss Kenntnisse besitzen in Physiologie und Pathophysiologie des Herz-Kreislauf-Systems, der Indikation und Durchführung der Ergometrie, auf dem Gebiet der Herz- und Kreislauf-Erkrankungen sowie auf dem Gebiet der Leistungsphysiologie und Trainingsberatung. Erfahrungen in der Durchführung von Notfall- und Reanimationsmaßnahmen sind zwingend erforderlich.

Die **Hilfskraft** sollte eine abgeschlossene Ausbildung als Krankenschwester, technische Assistentin oder Arzthelferin besitzen und über Erfahrungen in der Registrierung von Ruhe- und Belastungs-EKG sowie bei der Blutdruckmessung, vor allem unter Belastungsbedingungen verfügen. Außerdem sollte sie in den wichtigsten Maßnahmen der Notfallmedizin einschl. Reanimation geschult sein.

### 2.2 Apparative Ausstattung

Für das Belastungs-EKG kommen nur **Belastungsformen** infrage, die standardisierbar, reproduzierbar und dosierbar sind: also Fahrrad- oder Laufbandergometrie. Bei speziellen Patientengegebenheiten können die Kletterstufe oder ein Armkurbelergometer eingesetzt werden. Als Standardverfahren wird die Fahrradergometrie im Sitzen oder in halbliegender Position empfohlen.

Alle handelsüblichen **Mehrkanal-EKG-Geräte** sind für das Belastungs-EKG geeignet. Nullpunktstabilisierung, Vorprogrammierung des Untersuchungsablaufes, fortlaufende Registrierung mit langsamem Papiervorschub und automatischem Ausschrieb des EKG am Ende einer jeden Minute mit 50 mm/s Papiervorschub sind erforderlich.

Bei Einsatz eines **rechnergestützten EKG-Gerätes** sind ebenfalls die Standardanforderungen zu beachten: Signalmittelung und Anzeige mit Markierung der Stellen, an denen die automatische Vermessung der EKG-Abschnitte durch den Rechner vorgenommen wurden (7, 8, 17).

Für jede Belastungsuntersuchung sind eine vollständige **Notfallausrüstung** und ein **Defibrillator** unbedingt erforderlich (7, 15, 17, 18).

### 3 Indikationen

Indikationen, Kontraindikationen und Abbruchkriterien sind in den Tab. 2 – 4 und 10 dargestellt. Aus jeder Befundung der Ergometrie müssen die **Fragestellung** und die **Indikation** klar ersichtlich sein. Die zum Zeitpunkt der Untersuchung eingenommenen Medikamente müssen aufgeführt werden.

## 4 Praktische Anwendung

### 4.1 Fahrradergometrie

- Jedes Ergometer muss den Anforderungen der MedGV sowie dem gesetzlichen Konformitätsnachweis (regelmäßige Kalibrierungen) genügen (16, 17).
- Vor einer Untersuchung ist eine Anamnese zu erheben und eine klinische Untersuchung durchzuführen.
- Nur **definierte Umgebungsbedingungen** ermöglichen einen Vergleich der Ergebnisse verschiedener Untersuchungsstellen. Abweichungen sind zu protokollieren. Die gegebenen Empfehlungen zur Drehzahl sind zu beachten (60 – 90, bei Ausbelastung 90 – 110 U/min, Tab. 1 und 5). Bei submaximalen Belastungen bestehen Unterschiede in der physiologischen Reaktion auf verschiedene Drehzahlen, nicht jedoch bei maximaler Belastung. Das Untersuchungsprotokoll muss Angaben zur benutzten Drehzahl enthalten.

Allgemeines zum **Untersuchungsprogramm** (Tab. 5):

- Ruhephase vor Belastung: 3 Minuten
- Gesamtdauer möglichst nicht länger als 15 Minuten bis zur Ausbelastung
- Stufenweise ansteigende Belastung alle 2 (evtl. 3) oder 5 Minuten
- Beginn allgemein mit 50 Watt, Patienten mit 25 Watt, Trainierte mit 100 Watt und mehr
- Steigerungsstufen 50 Watt bzw. 25 Watt (je nach Leistungs- bzw. Trainingszustand), ggf. im Ausbelastungsbereich Steigerung um 25 Watt.
- Nach Belastung etwa 1 – 2 Minuten Treten ohne Widerstand oder mit 25 Watt oder sofortiges Hinlegen nach Belastung
- Nachbeobachtung nach Belastung 6 Minuten
- Gewichtsbezogene Belastung nur bei Kindern.

### 4.2 Laufbandergometrie

Bei der Leistungsdiagnostik in der Sportmedizin beginnt man mit 2,5 – 3,0 m/s (8 km/h) – je nach Sportart – und steigert alle 3 Minuten um 0,5 m/s (bzw. 2,0 km/h). Der Neigungswinkel beträgt 1,0 % (0,5 – 1,5 % je nach Bauart des Laufbandes) (9a). Ein Vergleich mit anderen Belastungsformen ist durch die Umrechnung über das metabolische Äquivalent (MET) möglich (8, 9, 14 – 18).

Für die Klinik gelten für Patienten und Normalpersonen als Standard das Untersuchungsprogramm nach Bruce oder die europäischen Empfehlungen (Tab. 5).

### 4.3 Hinweise zur Durchführung

- Während Belastung sollten nach Möglichkeit 9 – 12 **EKG-Ableitungen** registriert werden, davon mindestens 3, besser 6 Brustwandableitungen. Die **Ableitung V5** hat die höchste diagnostische Ausbeute.
- Auf ein einwandfreies Anlegen der **Elektroden** ist zu achten. Die Haut ist vor der Untersuchung zu reinigen (bei Männern Rasur!!!), zu entfetten und leicht anzurauen. Als Elektroden

können Mehrfach-, Saug- oder Einmalelektroden benutzt werden; Saugelektroden ermöglichen gute artefaktarme Signale.

- Das EKG ist während Belastung auf einem Sichtgerät kontinuierlich mit mehreren Ableitungen darzustellen. Es soll fortlaufend mit langsamem Papiervorschub (5 oder 10 mm/s) aufgezeichnet werden, um auftretende Arrhythmien zu erfassen. Am Ende einer jeden Minute wird das EKG mit einem Papiervorschub von 50 mm/s ausgeschrieben. Bei Benutzung von Monitoren mit Speicherfunktionen können beobachtete Arrhythmien nachträglich ausgeschrieben werden. Eine Alternative zur fortlaufenden Registrierung ist die computerunterstützte Aufzeichnung mit EKG-Speicherung. Hier werden am Ende der Untersuchung die aufgetretenen Arrhythmien ausgedruckt. Der Blutdruck ist alle 2 bzw. 3 Minuten zu messen (mindestens einmal pro Belastungsstufe). Eine vollautomatische Blutdruckmessung während Belastung ohne akustische Kontrolle ist mit Fehlern verbunden und nicht ausreichend.
- Herzfrequenz und EKG werden kontinuierlich bzw. in den letzten 15 Sekunden einer jeden Belastungsminute, der Blutdruck in den letzten 30 Sekunden einer jeden Belastungsstufe gemessen.
- Zur Vermeidung von Kollapszuständen nach Belastung im Sitzen sollten die Personen/Patienten nach Belastungsende für 1 – 2 Minuten ohne Widerstand treten oder sich nach Belastungsende sofort hinlegen.
- Jedes Belastungs-EKG muss entsprechend den Qualitätskriterien den EKG-Ausschrieb enthalten sowie das Untersuchungsprotokoll auf **einem gesonderten Blatt** einschl. einer **schriftlichen Befundung** (siehe 4.6).
- Die **computerunterstützte Auswertung** der ST-Strecke im Belastungs-EKG ist der rein optischen Beurteilung überlegen. Die Veränderungen sowie der Grad der Steigung der ST-Strecke lässt sich nur mit Computerunterstützung zuverlässig ablesen.

#### 4.4 Beurteilung der Ausbelastung

Bei der Ergometrie ist grundsätzlich eine Ausbelastung anzustreben.

Eine **Ausbelastung** liegt dann vor, wenn objektive Kriterien erreicht oder überschritten werden.

- Als objektive Kriterien gelten vor allem spiroergometrische Messgrößen:
  - Die maximale Sauerstoffaufnahme mit levelling off
  - Das Überschreiten eines Atemäquivalentwertes von 30 - 35
  - Das Überschreiten eines respiratorischen Quotienten von 1,05 – 1,1
  - Das nicht Ansteigen des Sauerstoffpuls trotz Steigerung der Belastung
- Hilfsgrößen, die bei Kenntnis der individuellen Voraussetzungen, vor allem auch im klinischen Bereich Orientierung bieten können:
  - Größen des Säure-Basenhaushaltes (pH, BaseExcess), Laktatwerte,
  - Bei der Belastungs-EKG-Untersuchung wird eine Ausbelastung dann angenommen, wenn die erzielte Leistung (Ist-Leistung) mindestens über 75 % der Sollleistung liegt, besser noch darüber.
  - Wenn die erzielte Leistung über 3 Watt/kg Körpergewicht bei den Männern oder 2,5 Watt/kg Körpergewicht bei den Frauen unter Berücksichtigung der Alterskorrektur liegt.
  - Wenn die erzielte Herzfrequenz mindestens über 200/min minus Alter (Fahrradergometer) beträgt, besser im Bereich von 220/min minus Alter (+/- 10 %) (Laufband) liegt. Hierbei ist auf die individuell hohe Streubreite dieser Frequenzwerte zu achten (8, 15 – 18).
  - Wenn das Leistungsempfinden (RPE) größer 16 ist (Tab. 7).

Eine Ausbelastung kann wegen **Abbruchgründen** (Tab.4) nicht erreicht werden und/oder der Patient nach Beurteilung des Untersuchers erschöpft ist (sichtbare Dyspnoe, muskuläre Erschöpfung, Angina pectoris). In diesem Fall spricht man von symptom-limitierter Belastung.

## 4.5 Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung folgt den üblichen Regeln der Struktur-, Prozess- und Ergebnisqualität (Tab. 6).

Zur **Strukturqualität** gehören vor allem die apparative Qualitätssicherung, zur **Prozessqualität** die Durchführung nach standardisierten und in Leitlinien empfohlenen Untersuchungsprogrammen, die ausreichende Dokumentation der Untersuchungsbefunde, die eigene Aus- und Weiterbildung sowie die der Mitarbeiter. Die **Ergebnisqualität** beinhaltet die statistische Aufarbeitung der Untersuchungen sowie den Vergleich mit anderen Standards.

Ergometer unterliegen der gesetzlichen **Wartungspflicht** (Konformitätsnachweis, Gesetz v.12.8.1988) (16, 17). Dabei bescheinigt der Gerätehersteller aufgrund einer Konformitätsprüfung, dass das Gerät (z. B. das Ergometer) im Hinblick auf messtechnische Eigenschaften den Anforderungen der Zulassung entspricht. Darüber hinaus besteht eine Wartungspflicht für den Betreiber. Ergometer müssen alle 2 Jahre gewartet und möglichst kalibriert werden, ein Gerätebuch ist anzulegen. Die Anforderungen an Fußkurbelergometer müssen von jedem Hersteller beachtet werden.

## 4.6 Dokumentation (Abb. 1)

Zur Dokumentation als Teil der Prozessqualität gehört die Führung eines Belastungsprotokolls während und die schriftliche Befundung **nach** der Belastungsuntersuchung in einem separaten Dokumentationsbogen.

Der **separate Dokumentationsbogen** muss folgende Angaben enthalten (7, 15, 17, 18):

- Größe, Alter, Gewicht
- Datum, Uhrzeit der Belastung, ggf. Raumtemperatur und Luftfeuchte
- Pharmaka, Zeitpunkt der Medikamenteneinnahme vor der Untersuchung
- Art der Belastung (Fahrrad, sitzend / liegend, Laufband etc.)
- Leistung (in Watt) mit Belastungsstufen und Belastungsdauer pro Stufe
- Blutdruck, Herzfrequenz
- Angaben zu (subjektiven) Beschwerden des Patienten und zu (objektiven) Beobachtungen sowie zu Untersuchungsbefunden (z. B. Stauungsgeräusche)
- Abbruchgründe
- Erreichen bzw. Grad der Ausbelastung
- Schriftliche Beurteilung der Befunde (Leistung (Tab. 9), Leistungsempfinden (Tab. 7), Herzfrequenz, Blutdruck, EKG)

Ein Belastungs-EKG **ohne** schriftlichen Befundbericht ist unvollständig und qualitativ unzureichend.

Die Ergebnisqualität umfasst vor allem die Jahresstatistik mit internen und externen Vergleichen.

## 5 Bewertung des Belastungs-EKG

### 5.1 Leistung

- Für die Beurteilung der Ergometrie ist auch die erzielte **Leistung** in Bezug auf Referenzwerte (1, 3, 7, 8, 17, 25, 28) zu beachten (Tab. 9). Angaben zur Frage der Ausbelastung müssen die maximale Sollleistung einbeziehen.

## 5.2 Leistungsempfinden

- Das **Leistungsempfinden** (1, 8, 14 – 17, 25) ist eine einfach zu erhebende Größe, die es dem Patienten erlaubt, seine subjektive Einschätzung der Belastungsschwere wiederzugeben (Tab. 7). Vergleichbare Hinweise sind für die Dyspnoeinschätzung möglich (16).

## 5.3 Blutdruck und Herzfrequenz

- Während des Belastungs-EKG dienen Blutdruck und Herzfrequenz zur **Überwachung und zur Diagnostik** (4, 7 – 9, 14 – 18, 24 – 26, 28). Bei der Beurteilung von Herzfrequenz und Blutdruck sind medikamentöse Einflüsse zu beachten.
- Im Rahmen der **Leistungsdiagnostik** sind Leistung und Herzfrequenz wichtige Messgrößen zur Abschätzung der Leistungsfähigkeit. Weitere Messgrößen zur Leistungsdiagnostik sind Laktat während Belastung und spiroergometrische Messgrößen. Diese werden in getrennten Leitlinien dargestellt.

## 5.4 Belastungs-EKG

### Ischämienachweis

- Der Ischämienachweis erfolgt anhand des ST-Streckenverlaufes (Abb. 2). Die computerunterstützte Auswertung ist der optischen Beurteilung überlegen. Ursachen für ein falsch positives oder falsch negatives Belastungs-EKG sind auszuschließen (Tab. 8).

### ST-Streckensenkung (Abb. 2)

- Eine horizontale oder descendierend verlaufende ST-Streckensenkung in den Brustwandableitungen von  $> 0,1$  mV gilt bei Männern als wahrscheinlich, eine solche  $> 0,2$  mV als sicher pathologisch. Bei Frauen wird eine eindeutige ST-Senkung  $> 0,2$  mV als pathologisches Kriterium gefordert.
- Das Auftreten einer Ischämieaktion in einer bestimmten Ableitung erlaubt keinen Rückschluss auf die Zuordnung zu einem Koronargefäß. Eine ST-Senkung nur in den inferioren Ableitungen (III, aVF) reicht zur Diagnose einer Ischämieaktion nicht aus.
- Der Stellenwert der träge ansteigenden ST-Strecke zur Ischämiediagnostik wird unterschiedlich bewertet. Eine träge ascendierend verlaufende ST-Strecke gilt als pathologisch, wenn der J-Punkt um  $0,1$  mV abgesenkt und die Steigung unter  $1$  mV/s liegt (7). Andere Kriterien sind eine Senkung der (ascendierend) verlaufenden ST-Strecke um  $0,1 - 0,2$  mV  $0,08$  s nach dem J-Punkt. Allerdings führt die Berücksichtigung dieses Kriteriums zu einer erhöhten Sensitivität und verminderten Spezifität; es resultieren mehr falsch positive Befunde.
- Eine ST-Senkung, die im Laufe der Belastung wieder rückläufig ist, weist auf ein Durchgehphänomen hin ("Walk-Through-Angina") und wird als Koronarspasmus gewertet.
- Die ST-Senkung in der Erholungsphase weist auf eine hochgradige Koronarstenose hin und sollte möglichst rasch abgeklärt werden, da die Prognose in diesem Fall deutlich beeinträchtigt ist (1, 8, 9, 17).

### ST-Streckenhebung

- Eine ST-Streckenhebung von  $> 0,1$  mV in den Brustwandableitungen gilt als pathologisch. Ist kein Infarkt vorausgegangen, weist eine solche Hebung entweder auf einen Spasmus oder auf eine proximale RIVA-Stenose hin. Nach einem abgelaufenen Infarkt spricht eine solche Hebung für eine regionale Wandbewegungsstörung.

Änderungen der **R-Amplitude** und der **T-Welle** sind keine spezifischen Ischämiekriterien. Weder das Auftreten negativer T-Wellen noch das Aufrichten von negativen T-Wellen (Positivierung) sind als Ischämiehinweis ausreichend zuverlässig.

Die alleinige **Angina pectoris** ohne ST-Senkung im Belastungstest ist ein unsicheres Ischämiekriterium.

Die Beachtung anderer Kriterien im Rahmen einer Vortestwahrscheinlichkeit basiert auf typischen klinischen Befunden und Risikofaktoren und vermag die Zuverlässigkeit (Sensitivität, Spezifität, Vorhersagegenauigkeit) des Belastungs-EKG zu verbessern.

### **Belastungs-EKG nach Herzinfarkt**

Die Aussagekraft des Belastungs-EKG nach einem Infarkt hängt von der vorausgegangenen Behandlung ab. Ohne Thrombolyse und Revaskularisation weist ein positives Belastungs-EKG (ST-Senkung) auf eine weiterbestehende Gefährdung hin, die Prognose ist deutlich reduziert (11). Tritt die Ischämie bei niedriger Belastungsstufe auf (unter 5 MET oder etwa 75 Watt) und besteht zugleich eine Symptomatik (Angina, Dyspnoe), so deutet dies ebenfalls auf eine ungünstige Prognose hin. Nach einer Thrombolysebehandlung ist ein Ischämienachweis in der Regel ein sicherer Hinweis auf eine koronare Mehrgefäßerkrankung. Die Prognose nach Infarkt wird dann besonders ungünstig, wenn der Patient nicht in der Lage ist, einen Belastungstest durchzuführen. Zur Risikostratifizierung nach Infarkt sei auf die aktuelle Literatur verwiesen (8, 9, 11, 15 – 18).

***Die Beurteilung des Belastungs-EKG ist immer unter Berücksichtigung von Anamnese, Klinik und aller Befunde vorzunehmen.***

## **5.5 Rhythmusstörungen**

- Eine **fortlaufende Erfassung des EKG** (z. B. mit langsamem Papiervorschub) während Belastung ist unbedingte Voraussetzung zur Bewertung von Rhythmusstörungen (siehe 4.6).
- Rhythmusstörungen treten im Belastungstest bei Gesunden und Patienten relativ häufig auf, insbesondere in den ersten Minuten nach Belastungsende. Belastungsinduzierte Arrhythmien lassen sich nicht einer speziellen kardialen Grundkrankheit zuordnen.
- Während Belastung spielen vor allem Bigeminus, Couplets, Salven, nicht anhaltende Kamertachykardien und komplexe ventrikuläre Arrhythmien eine Rolle.
- Das Auftreten oder Verschwinden von Arrhythmien während Belastung hat weder bei Gesunden noch bei Kranken eine differential-diagnostische Bedeutung.

## **5.6 Erregungsleitungsstörungen**

- Das Auftreten eines **Rechtschenkelblockes** während Belastung ist ein möglicher Hinweis auf eine koronare Herzkrankheit, eine weitere Abklärung ist erforderlich.
- Ein belastungsinduzierter **Linksschenkelblock** muss als Marker für eine kardiale Grundkrankheit und als ungünstiges prognostisches Zeichen angesehen werden. Ursachen sind eine koronare Herzkrankheit oder Kardiomyopathie, seltener Vitien oder entzündliche Herzkrankheiten. Ein Linksschenkelblock bei einer Herzfrequenz unter 125 S/min ist eher einer koronaren Herzkrankheit zuzuordnen.
- Die Bedeutung von auftretenden **Hemiblöcken** während Belastung ist nicht geklärt.
- Belastungsinduzierte **AV-Überleitungsstörungen** sind selten, meist jedoch pathologisch. Eine weitere Abklärung der Grundkrankheit ist erforderlich. Bei jüngeren Patienten ist auch an eine entzündliche Genese zu denken.

## **6 Trainingsberatung**

### **6.1 Untersuchungsbefunde**

Die Ergebnisse der Belastungsuntersuchung sind für die Trainingsberatung heranzuziehen. Voraussetzung ist eine entsprechende klinische Vorsorgeuntersuchung.

Die **Belastungsuntersuchung beim Breitensportler** erlaubt folgende Aussagen:

- Sport und Training aufgrund normaler Befunde ohne Einschränkung möglich. Leistungsbreite: vermindert, normal, gesteigert (Tab. 9).
- Normale Untersuchungs- und Ergometriebefunde jedoch Vorliegen von Risikofaktoren: Training möglichst unter Anleitung mit einem individuellen und gezielten Aufbauprogramm. Abbau der Risikofaktoren ist anzuraten.

- Pathologische Untersuchungsbefunde: Weitere Abklärung vor Aufnahme von Sport und Training erforderlich.

## 6.2 Trainingsberatung

Die Trainingsberatung umfasst die Auswahl der Sportart unter Aspekten von allgemeiner Ausdauer, lokaler Muskelausdauer, Muskelkraft, Koordination, Flexibilität und Schnelligkeit. Im Rahmen der Primärprävention, Therapie und Sekundärprävention von Herz-Kreislauf-Erkrankungen steht die Ausdauer im Vordergrund. Im höheren Alter ist zusätzlich ein ergänzendes Training der Muskelkraft und der Koordination zur Erhaltung der Selbstständigkeit sowie der anderer motorischer Beanspruchungsformen (unter Anleitung) zu empfehlen.

## 6.3 Trainingsumfang/Trainingsintensität

Das Ausdauertraining sollte mindestens 3mal pro Woche erfolgen mit einem Trainingsumfang von mindestens 30 Minuten und einer Intensität von mehr als 50 % der maximalen Leistungsfähigkeit.

Die maximale Leistungsfähigkeit wird anhand dem Belastungsuntersuchung ermittelt. Dabei muss die Ergometerbelastung unbedingt erschöpfend sein, also in den Bereich der maximalen Leistung (gemäß Leistung in Watt sowie Soll-Herzfrequenz) geführt werden. Ersatzweise kann die maximale Herzfrequenz auch nach der Formel  $220 \text{ S/min} - \text{Alter}$  abgeschätzt werden.

Die **Trainingsempfehlung** im Hinblick auf die Herzfrequenz umfasst den Bereich zwischen 60 – 75 % bei Herzgesunden. Dies lässt sich grob mit der Faustformel abschätzen:

***Trainingspulsfrequenz = 180 – Lebensalter in Jahren***

Die näherungsweise Berechnung der Trainingsfrequenz unter Berücksichtigung der Ergometrieergebnisse lauten:

***Trainingsherzfrequenz = Ruheherzfrequenz + 60% (oder ggf. 75%) x (maximale Herzfrequenz minus Ruheherzfrequenz).***

Weitere Verfahren zur Ermittlung der Trainingsintensität sind Messungen der **Laktatwerte** während Belastung oder eine **Spiroergometrie** (Tab. 10). Schwellenwerte ermöglichen die Angabe der Trainingsintensität. Auch aus dem Leistungsempfinden lässt sich eine Trainingsempfehlung ableiten. Anzustreben sind **RPE-Werte** um 12 bis 14. Der RPE-Wert kann auch aus den Herzfrequenzwerten während Fahrradergometerbelastung abgeleitet werden (nach der Formel  $\text{RPE} \times 10 = \text{Herzfrequenz}$ ).

## 7 Haftungsproblem bei der Ergometrie

Wie bei jedem diagnostischen Verfahren können auch bei der Ergometrie **Komplikationen** auftreten.

Hierzu gehören:

- Rhythmusstörungen (speziell Kammerflimmern), eine akute Linksinsuffizienz, ein akuter Infarkt sowie akute Angina-pectoris-Beschwerden.

Diese Zwischenfälle sind selten (15, 17, 27). Sie lassen sich durch sorgfältige Anamnese und klinische Voruntersuchungen, Beachtung der Kontraindikationen und Abbruchkriterien weitgehend vermeiden. Durch sofortigen Einsatz von Notfallmaßnahmen können sie in ihrem Verlauf in der Regel beherrscht werden. Verfügbarkeit und Kenntnis der Bedienung des Defibrillators ist die wichtigste Maßnahme bei Kammerflimmern. Neue automatische Defibrillatoren erleichtern die Handhabung in Notfallsituationen erheblich.

**Komplikationen** bei der Ergometrie sind **bei Patienten mit kardialen Grundkrankheiten** deutlich häufiger als bei arbeits- oder sportmedizinischen Untersuchungen. Der betreuende Arzt muss den Patienten vor der Ergometrie über die möglichen, wenngleich sehr seltenen Komplikationen aufklären und dies dokumentieren.

## 8 Literatur

1. *AHA Medical/Scientific Statement (Fletcher, G. Hrsg.): Exercise standards: a statement for health professionals from the American Heart Association. Circulation 1995; 91:580-615*
2. *Atterhög, J. H., B. Jonsson, R. Samuelsson: Exercise testing: a prospective study of complication rates. Am. Heart J. 98, 1979:572-579*
3. *Badtke, G. (Hrsg.): Lehrbuch der Sportmedizin 3. Aufl. Hüthig/Barth, Heidelberg, Leipzig, 1999*
4. *Bouchard, C., R. J. Shephard, T. Stephens: Physical activity, fitness, and health: International proceedings and consensus statement. Human Kinetics, Champaign, Ill., 1994*
5. *Clasing, D., H. Weicker, D. Böning: Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik. G. Fischer, Stuttgart, 1994*
6. *Deutsche Gesellschaft für Pneumologie: Empfehlungen zur Durchführung und Bewertung von Belastungsuntersuchungen in der Pneumologie (H. Worth, H.-W. M. Breuer, federführend). Pneumologie 52, 1998:225-231*
7. *ESC Working Group on Exercise Physiology, Physiopathology and Electrocardiography (Dargie, H. J., Chairman): Guidelines for cardiac exercise testing. Europ. Heart J. 14, 1993:969-988*
8. *Ellestad, M. Stress Testing. 4<sup>th</sup> ed., Davis, Philadelphia, 1996*
9. *Froehlicher, V. F.: Manual of exercise testing. 2<sup>nd</sup> ed., Mosby, St. Louis, 1994*
10. 8a *Grady, T. A., A. C. Chiu, C. E. Snader, T. H. Marwick, J. D. Thomas, F. J. Pashkow, M. S. Lauer: Prognostic significance of exercise-induced left bundle branch-block. J. Am. med. Ass. 279 (1998):153-156*
11. 8b *Gibbons, R. J., G. J. Balady, J. W. Beasley et al. ACC/AHA Guidelines for exercise testing. J.Am.Coll.Cardiol. 30 (1997):260-315*
12. *Hollmann, W.: Definitionen und Grundlagen zur Trainingslehre. Dtsch. Z. Sportmed. 1993; 44:383-389*
13. 9a *Kindermann, W.: Ergometrie-Empfehlungen für die ärztliche Praxis. Dtsch. Z. Sportmed. 38, 1987:244-268.*
14. *Löllgen, H., H.-V. Ulmer: Ergometrie - Empfehlungen zur Durchführung und Bewertung ergometrischer Untersuchungen. Klin. Wschr. 63, 1985:651-677*
15. *Löllgen, H., H.-V. Ulmer, P. Crean : Recommendations and standard guidelines for exercise testing. Europ. Heart J. 9, Suppl. K, 1988:1-37*
16. *Löllgen, H.: Kardiopulmonale Funktionsdiagnostik. 3. Aufl. Wehr/Baden 2000*
17. *Löllgen, H., E. Erdmann (Hrsg.): Ergometrie: Belastungsuntersuchungen in Klinik und Praxis (2.Aufl.), Springer, 2000*
18. *Mager, G., U.J. Winter (Hrsg.): Belastungsuntersuchungen bei Herz-, Kreislauf-, Gefäß- und Lungenkrankheiten. Thieme, Stuttgart, 1994*
19. *Maron, B.J., J. H. Mitchell (eds.): 26th Bethesda Conference: Recommendations for determining eligibility for competition in athletes with cardiovascular abnormalities. J. Am. Coll. Cardiol. 1994; 24:845-899*
20. *Pällmann, U. (Hrsg.) Leitfaden für die Ergometrie bei arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen nach Berufsgenossenschaftlichen Grundsätzen. Arbeitsmed., Sozialmed., Umweltmed. 29, 1994:124-130*
21. 16a *Rost, R., W. Hollmann: Belastungsuntersuchungen in der Praxis. Thieme, Stuttgart, 1982*
22. *Shephard, R. J.: Aerobic Fitness and Health. Champaign, Illinois, Human Kinetics, 1994*
23. 17a *Trappe, H. J., H. Löllgen : Leitlinien zur Ergometrie (Deutsche Ges. für Kardiologie) in Zschr. f. Kardiologie 2000*
24. *Urbaszek, W., H. Eichstädt, D. Modersohn (Hrsg.): Kardiovaskuläre Funktionsdiagnostik. Fischer, Jena/Stuttgart, 1992*
25. *Wasserman, K, Hansen, J. E., D. Y. Sue, B. J. Whipp: Principles of exercise testing and interpretation, Lea & Febiger, Philadelphia, 1987*
26. *Weber, K. T., J. S. Janicki: Cardiopulmonary exercise testing. Saunders, Philadelphia, 1986*



27. *Wendt, T., D. Scherer, M. Kaltenbach*: Lebensbedrohliche Komplikationen bei 1.741.106 Ergometrien. Dtsch. med. Wschr. 109, 1984:123-127
28. *Winter, U. J., P. Hanrath, H. H. Hilger*. (Hrsg.): Ergospirometrie: Methodik und klinische Anwendung. Z. Kardiol. 83, Suppl. 3, 1994
29. *Wilmore, J. H., D. L. Costill*: Physiology of Sport and Exercise. Human Kinetics. Champaign, Ill. 1994

### **Expertenkommission und Präsidium der Deutschen Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention**

**Aktueller Stand:** 03/2002 / **Geplante Revision:** 2007

#### **Legenden (s. Datei „Leitlinien-Tab.+ Abbildungen.pdf“)**

- Abb. 1: Dokumentationsbogen zur Ergometrie
- Abb. 2: Schematische Darstellung zur Beurteilung des pathologischen Belastungs-EKG (nach 13).
- Tab. 1: Untersuchungsbedingungen für die Ergometrie
- Tab. 2: Indikationen zur Belastungsuntersuchung
- Tab. 3: Kontraindikationen der Belastungsuntersuchung
- Tab. 4: Abbruchkriterien bei der Ergometrie
- Tab. 5: Richtlinien für Untersuchungsprogramme (Fahrrad/Laufband)
- Tab. 6: Qualitätsmanagement in der Ergometrie
- Tab. 7: Skala zur Einschätzung des Leistungsempfindens
- Tab. 8: Hinweise auf falsch positive und falsch negative Ursachen im Belastungs-EKG
- Tab. 9: Hinweise zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit
- Tab. 10: Indikationen zur Ergospirometrie