

der Elektroden mit der Haut durch Verwendung von Elektrodengel bzw. Elektrolytlösung zu achten. Die Elektroden müssen fest sitzen, damit sie sich während der Ergometrie nicht lösen. Bewährt haben sich Saugelektrodensysteme sowie Klebeelektroden.

Blutdruckmessung

Für die Blutdruckmessung stehen automatische Mess-Systeme zur Verfügung, die den Blutdruck unblutig über eine Manschette erfassen. Unter Belastungsbedingungen garantiert aber keines dieser automatischen Systeme eine sichere Messung des Blutdrucks. Durch Bewegungen kommt es häufig zu Fehlmessungen. Deshalb ist bei Verwendung eines automatischen Blutdruckmess-Systems immer eine simultane manuelle Blutdruckmessung nach RIVA-ROCCI durchzuführen.

Notfallausrüstung

Um bei möglichen Komplikationen während der Ergometrie sofort handlungsfähig zu sein, muss eine Notfallausrüstung (Tab. 3) zur Verfügung stehen, die immer dem aktuellen Stand der Notfallmedizin anzupassen ist [1].

Praktische Durchführung der Ergometrie

Die zu untersuchende Person soll zwei Stunden vor der Ergometrie nichts mehr gegessen haben. Alkoholgenuss hat mindestens 12 Stunden zurückzuliegen, und die Untersuchung sollte in Sport-

Tabelle 3: Notfallausrüstung

<p>Erforderliche Geräte</p> <ul style="list-style-type: none"> – Stethoskop – Blutdruckmessgerät – Mundspatel – Tubus – Stauschlauch – Injektionsspritzen, Punktionskanülen, Verweilkanülen – Defibrillator – Beatmungsbeutel, Beatmungsmaske
<p>Erwünschte Geräte</p> <ul style="list-style-type: none"> – Intubationsbesteck – Sauerstoff-Flasche mit Reduzierventil, Inhalationsmaske – Absauggerät
<p>Notfallmedikamente</p> <p>Antianginosa, Antiarrhythmika, Antihypertensiva, Analgetika, Broncholytika, Diuretika, Sedativa, Sympathomimetika, Vagolytika, Infusionslösungen</p>

kleidung erfolgen. Die Belastung auf dem Fahrradergometer erfolgt in drei Belastungsstufen, wobei die Dauer auf jeder Belastungsstufe zwei Minuten beträgt. Eine Fahrradergometrie im Rahmen einer arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung läuft wie folgt ab:

- Einnahme der Sitzposition auf dem Fahrradergometer.
- Einstellung von Sitzhöhe und Lenker in Abhängigkeit von der Körpergröße, Anlegen der EKG-Elektroden und der Manschette für die Blutdruckmessung.
- Registrierung des EKG in Ruhe, Messung der Ruheherzschlagfrequenz und des Ruheblutdrucks; Dauer der Ruhephase etwa 3–5 Minuten.
- Beginn der Belastung in Abhängigkeit vom Trainingszustand mit 50 bis 100 Watt. Bei besonderen Fragestel-

lungen kann die initiale Belastungsstufe auch höher gewählt werden. Danach erfolgt eine Steigerung der Belastung um jeweils 25 Watt immer bei simultaner Registrierung des EKG und Messung der Herzschlagfrequenz und des Blutdrucks (jeweils in der zweiten Hälfte der zweiten Minute).

- Bei Symptombefreiheit, normalem EKG, normalem Blutdruck- und Herzschlagfrequenzverhalten erfolgt die Beendigung der Belastung bei Erreichen des Untersuchungsziels (letzte Belastungsstufe, Herzschlagfrequenz).
- In der Nachruhephase wird ohne Belastung (im Leerlauf) weiter getreten. Die Nachruhephase soll mindestens sechs Minuten betragen. Es werden weiterhin EKG, die Herzschlagfrequenz und der Blutdruck gemessen. In dieser Phase ist bei untrainierten Personen auf mögliche orthostatische Dysregulationen zu achten.

Kriterien zum vorzeitigen Abbruch der Ergometrie

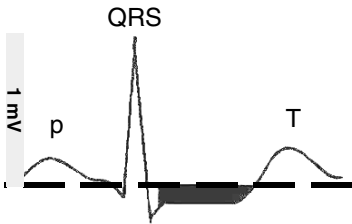
Die Beschwerden und Symptome bei einer Ergometrie sind nicht immer typisch und manchmal nicht ganz leicht einzuordnen. Bei der Ergometrie im Rahmen einer arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung sollte man bei subjektiv geäußerten Beschwerden die Ergometrie immer beenden, da in der Regel der zu untersuchenden Person zu unterstellen

ist, dass sie das Untersuchungsziel erreichen möchte.

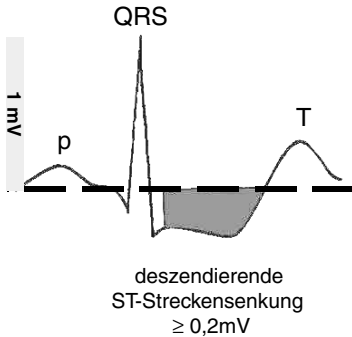
In der *Tabelle 4* werden die wesentlichsten Kriterien zum vorzeitigen Abbruch der Ergometrie dargestellt.

Tabelle 4: Kriterien zum vorzeitigen Abbruch der Ergometrie

Subjektive Beschwerden plötzliches Unwohlsein, Schmerzen im Brustkorbbereich, Schmerzen im Magenbereich (Hinweis auf pektanginöse Beschwerden), Gelenkschmerzen (Hüft- und Kniegelenke), Schwindelgefühl, Dyspnoe, körperliche Erschöpfung
Objektive Zeichen fahle Blässe, Zyanose, Ataxie, Desorientierung
EKG-Veränderungen Rhythmusstörungen: Gehäufte ventrikuläre Extrasystolen (z.B. Couplets, Salven), Kammertachykardien, zunehmende supraventrikuläre Extrasystolen, Vorhofftachykardien, Vorhoffflattern, plötzlich auftretendes Vorhofflimmern
Erregungsleitungs- und/oder Erregungsrückbildungsstörungen: QRS-Verbreiterung, Schenkelblock, deszedierende ST-Streckensenkung von $\geq 0,2$ mV (siehe Abb. 3), ST-Hebungen, monophasische Deformierung
Störung der Regulation der Herzschlagfrequenz kein leistungsadäquater Anstieg, Abfall der Herzschlagfrequenz, vorzeitiges Erreichen der altersabhängigen maximalen Herzschlagfrequenz
Blutdruckregulationsstörungen Blutdruckabfall, kein leistungsadäquater Anstieg, übermäßiger Anstieg (≥ 240 mmHg systolisch und/oder ≥ 120 mmHg diastolisch)



normales Belastungs-EKG



pathologisches Belastungs-EKG

Abb. 3: Schematische Darstellung eines normalen EKG und eines EKG mit erheblicher Erregungsrückbildungsstörung (ST-Streckensenkung)

Bewertung

Leistungsbewertung

Die in der *Tabelle 5* angeführten Wattleistungen sind als Anhaltswerte für Er-

mittlung der maximalen Leistungsfähigkeit zu werten. Dabei sind immer die konkreten beruflichen körperlichen Anforderungen mit zu berücksichtigen. Anhand der Tabelle lässt sich individuell abschätzen, mit welcher Leistungsstufe die Ergometrie beginnen soll.

Tabelle 5: Maximale Leistungsfähigkeit [Watt] in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Körpergewicht nach Reiterer [2]

Frauen [Alter in Jahren]									
	20–24	25–29	30–34	35–39	40–44	45–49	50–54	55–59	60–64
Gewicht [kg]	Watt								
40–45	110	105	100	95	90	90	85	75	75
46–49	115	110	105	100	100	95	90	85	80
50–53	120	115	110	105	100	100	95	90	85
54–57	125	120	120	115	110	105	100	100	95

Tabelle 5: Maximale Leistungsfähigkeit [Watt] in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Körpergewicht nach Reiterer [2] (Forts.)

Frauen [Alter in Jahren]									
	20–24	25–29	30–34	35–39	40–44	45–49	50–54	55–59	60–64
Gewicht [kg]	Watt								
58–61	130	125	125	120	115	115	105	100	100
62–65	135	135	130	125	120	120	110	110	105
66–69	140	140	135	130	130	125	120	115	110
70–73	150	145	140	135	130	130	125	120	115
74–77	155	150	145	140	135	135	130	125	120
≥ 78	160	155	150	150	145	140	135	130	130
Männer [Alter in Jahren]									
Gewicht [kg]	Watt								
60–65	200	210	200	185	175	170	155	150	135
66–69	225	215	205	195	180	175	160	155	140
70–73	230	220	210	200	190	180	165	160	145
74–77	235	225	215	205	195	185	170	165	150
78–81	240	230	220	210	200	190	170	170	150
82–85	245	235	225	215	205	195	185	175	160
86–89	250	240	230	220	210	200	190	180	170
90–93	255	245	235	225	215	205	195	185	175
≥ 94	260	250	240	230	220	210	200	190	180

Bewertung der Herzschlagfrequenzregulation

Die Herzschlagfrequenz bei Ausbelastung wird als maximale Herzschlagfrequenz bezeichnet. Diese ist altersabhängig, und sie wird bei der Fahrradergometrie (im Sitzen) wie folgt berechnet: $HF_{\max} = 220 - \text{Lebensalter [in Jahren]}$ (für herzgesunde Probanden). Bei arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen werden nur 85 % der maximalen Herz-

schlagfrequenz als Zielwert angesetzt [1]. Treten bei einer Ergometrie bradykarde Herzschlagfrequenzreaktionen auf, kommen folgende Ursachen in Betracht :

- hohe kardio-zirkulatorische Leistungsfähigkeit (guter Trainingszustand)
- Beeinflussung durch Pharmaka (z.B. β -Blocker)
- Herzerkrankungen (insbesondere IHK).

Als wesentliche Ursachen einer tachykarden Herzschlagfrequenzreaktion sind zu nennen:

- geringe kardio-zirkulatorische Leistungsfähigkeit (Trainingsmangel, Übergewicht)
- Herzerkrankungen (z.B. Cor pulmonale)
- hyperkinetisches Herzsyndrom
- Hyperthyreose
- Anämie
- Beeinflussung durch Pharmaka

Bewertung der Blutdruckregulation

Bei einer Ergometerbelastung von 100 Watt sollte der Blutdruck bei 30–50-jährigen Personen (im Sitzen) 200/100 mmHg nicht überschreiten. Für Personen, die älter als 50 Jahre sind, gilt ein Grenzwert von 215/105 mmHg im Sitzen. Eine geschlechtsabhängige Darstellung des Blutdruckverhaltens gesunder Personen bei Ergometerbelastung geben die *Abbildungen 4 und 5* wieder [3].

Physical Work Capacity (PWC)

Aufgrund der gesetzmäßigen Beziehung zwischen Herzschlagfrequenz und Leistung kann die Ergometerleistung, die von einer Person bei einer bestimmten Herzschlagfrequenz erbracht wird, als Maß für die Einschätzung der körperlichen Leistungsfähigkeit verwendet werden. Zur Anwendung kommen die PWC_{130} , PWC_{150} und PWC_{170} . Bei der Ergometrie in der Arbeitsmedizin wird in der Regel die PWC_{150} bestimmt. Das ist diejenige Leistung, die bei einer Herz-

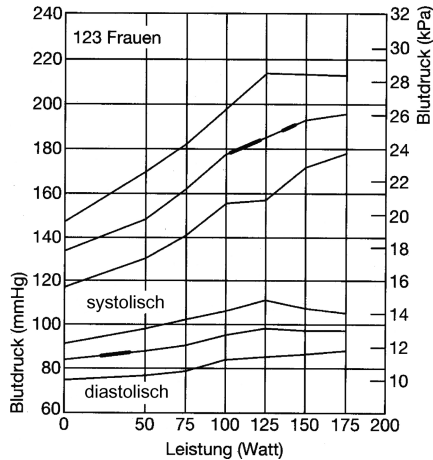


Abb. 4: Darstellung des Blutdruckverhaltens gesunder Frauen bei Ergometerbelastung nach Gleichmann (1984)

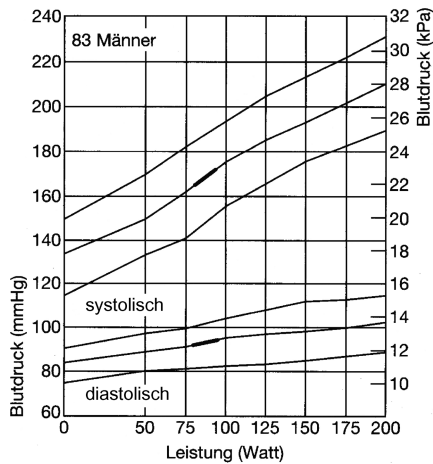


Abb. 5: Darstellung des Blutdruckverhaltens gesunder Männer bei Ergometerbelastung nach Gleichmann (1984)

schlagfrequenz von 150/min bei einer Stufenbelastung erbracht wird. Sie wird rechnerisch oder graphisch (*Abb. 6*) durch Interpolation ermittelt, da die

Herzschlagfrequenz von 150/min auf der letzten Belastungsstufe entweder überschritten wird oder auch darunter liegen kann. Die von einer Person erbrachte Ergometerleistung wird dann mit dem zu erbringenden Sollwert verglichen. Der Sollwert für die PWC_{150} beträgt für Frauen 1,8 Watt/kg Körpergewicht und für Männer 2,1 Watt/kg Körpergewicht [1].

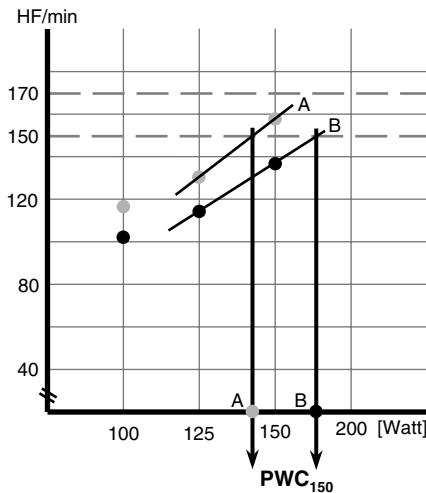


Abb. 6: Beispiel für die graphische Ermittlung der PWC_{150} durch Interpolation bei Über- bzw. Unterschreiten einer Herzschlagfrequenz von 150/min

Die Bestimmung der PWC_{170} erfolgt lediglich bei Frauen und Männern bis einschließlich zum 39. Lebensjahr im Rah-

men der arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 26, wenn Atemschutzgeräte der Gruppe 3 getragen werden [4]. Der Sollwert für die PWC_{170} beträgt für Frauen 2,5 Watt/kg Körpergewicht und für Männer 3,0 Watt/kg Körpergewicht. Für Personen ab dem 40. Lebensjahr wird bei Vorsorgeuntersuchungen nach dem Grundsatz G 26 beim Tragen von Atemschutzgeräten der Gruppe 3 die PWC_{150} mit den oben genannten Sollwerten gefordert.

Abweichungen von mehr als 20 % vom Sollwert nach unten werden als nicht normal klassifiziert, und ihre Ursache beruht zumeist auf einem Trainingsmangel. Es können natürlich auch krankhafte Störungen im Bereich des Herz-Kreislauf-Systems einer nicht normgerechten PWC zugrunde liegen [1].

Dokumentation

Alle erhobenen Personendaten, Befunde, Verlauf und Bewertung der Ergometrie sind zu dokumentieren. Es ist sinnvoll, eine Formvorlage festzulegen, die dann immer wieder Verwendung findet.

Die untersuchte Person ist vom Arzt über das Ergebnis der Ergometrie zu informieren. Das Untersuchungsergebnis unterliegt grundsätzlich der ärztlichen Schweigepflicht.