

Empfehlungen zur Atemmuskelfunktionsmessung – Basisdiagnostik

Quelle: Criée C.-P. et al.

Aktuelle Empfehlungen zur Lungenfunktionsdiagnostik

Atemwegs- und Lungenkrankheiten 2024; 50: 111-184

DOI 10.5414/ATX02776





Die Ermittlung der atemmuskulären Kraft ist eine Erweiterung der lungenfunktionellen Untersuchung, wenn klinische Symptome eine atemmuskuläre Schwäche vermuten lassen oder Leistungslimitierung und Luftnot unerklärt bleiben.



Atemmuskulatur

Inspirationsmuskeln	Expirationsmuskeln
Zwerchfell (Diaphragma)	M. rectus abdominis
M. sternocleidomastoideus	M. obliquus abdominis
Mm. scaleni	Mm. intercostales interni
Mm. intercostales externi	M. latissimus dorsi
M. pectoralis major et minor	
M. serratus anterior et posterior	



Deutsche Atemwegsliga e.V.

Das ventilatorische System



Zentrale
Atemregulationsstörung



Nervale Pathologien
(motorischer Nerv,
neuromuskuläre Endplatte)



Atemmuskulatur
(Myopathien,
Muskeldystrophien, muskuläre
Erschöpfung)



Atemmechanik
(skelettale / thorako-
abdominale
Dyskonfiguration)



Kontraindikationen

auf Grund der entstehenden Drucke im Thorax und deren Auswirkungen auf thorakale und abdominelle Organe sowie den Blutdruck:

- kurz nach Operationen
- frischer Myokardinfarkt
- Pneumothorax
- Aortenaneurysma
- Hämoptysen
- nicht kontrollierte Hypertonie
- frische Lungenembolie
- aktive pulmonale Infektionserkrankung (z.B. offene Tuberkulose, Influenza, Sars-CoV-2)



Messmethoden der Spirometrie

- Vitalkapazitätsmessung (VC) im Stehen und Liegen: Aktivität der inspiratorischen und expiratorischen Muskulatur
- normale VC im Stehen macht eine relevante Zwerchfellschwäche unwahrscheinlich
- Bei Zwerchfellparese:
 - reduzierte VC im Stehen (einseitig 75%Soll, beidseitig 50%Soll)
 - weiterer Abfall im Liegen: einseitig um 15%Soll, beidseitig um 30%Soll



Messmethode zur Ermittlung des zentralen Atemantriebs

Okklusionsmethode:

- kurzer Verschluss der Atemwege (0,1 Sekunden nach Inspirationsbeginn)
- Mundverschlussdruck der Ruheatmung ($P_{0.1}$)
- Surrogatparameter für den zentralen Atemantrieb
- randomisierte Okklusionen 100 ms nach Inspirationsbeginn auf dem Niveau der funktionellen Residualkapazität
- mindestens 5 Messungen in unterschiedlichen Abständen
- Der Median ergibt das Testergebnis.
- Die alleinige Messung des $P_{0.1}$ erlaubt keine Rückschlüsse auf eine atemmuskuläre Schwäche.



$P_{0.1}$ – Nachteile der Methode/Normwert

Verfälschung des Messergebnisses durch

- psychische Agitation
- neurologische bzw. neuromuskuläre Erkrankungen
- akute Dyspnoe
- sowie hohem PEEP am Beatmungsgerät

Es gilt ein geschlechtsunabhängiger Grenzwert von $\leq 0,3$ kPa als normal.



Spezifische inspiratorische Impedanz ($P_{0.1} \times t_i / VT$)

- spiegelt die aktuelle Last wider, die auf der Atemmuskulatur liegt
- robuster Parameter bei Änderungen des Atemmusters und der Lungenvolumina
- geschlechtsunabhängiger Grenzwert:
 $\leq 0,5 \text{ kPa} \times \text{s} \times \text{l}^{-1}$
- Bei fehlerhafter Ermittlung des $P_{0.1}$ und der Atemvolumina kann es zur Fehlinterpretation der spezifischen inspiratorischen Impedanz kommen.



Messmethoden für die maximale inspiratorische Atemmuskelfkraft

- Inspiration gegen verschlossene Atemwege mit maximaler Kraftanstrengung über ca. 2 Sekunden
- isometrische Atemmuskelfkontraktion ohne intrathorakale Volumenänderung.
- Bestimmung von des Spitzendrucks ($PI_{max_{peak}}$) oder Druckniveau über 1 Sekunde ($PI_{max_{1.0}}$)
- Beginn der Messung nach tiefer Ausatmung (RV)
- Angabe des $PI_{max_{peak}}$
- Der PI_{max} ist stark mitarbeitsabhängig



Deutsche Atemwegsliga e.V.

PI_{max} – untere Grenzwerte nach Alter und Geschlecht

Alter (Jahre)	Mann (kPa)	Frau (kPa)
≤ 40	6,2	5,7
> 40-60	5,4	4,9
> 60 - 80	4,6	4,2
> 80	4,1	3,7



Nasale Sniff-Druck-Messung

- dynamische Mess-Methode am unverschlossenen Atemweg
- stärkere transdiaphragmale Kraftentwicklung
- Vor der Messung:
Nasendurchfluss durch beide Nasenostien prüfen!
- geschlossener Mund
- rasches Einatemmaneuver (< 500 ms) aus der Atemruhelage
- falschniedrige Messergebnisse bei verstopfter Nase



SnPna – Normwerte

- Für den SnPna schließen Messwerte oberhalb der angegebenen Grenzwerte (LLN) eine Muskelschwäche aus.
- SnPna:
 - Männer: > 7 kPa
 - Frauen: > 6 kPa



Globale expiratorische Atemmuskelkraft

- PE_{max} oder MEP (maximal expiratory mouth pressure)
- Patient atmet maximal bis zur TLC und
- presst die Luft unter maximaler Kraftanstrengung gegen das verschlossene Mundstück aus.
- PE_{max} ist stark mitarbeitsabhängig (Gefühl von Luftnot)



PEmax – Normwerte

- große Streubreite
- Angabe eines unteren Grenzwertes (LLN)
- PEmax:
 - Männer: $> 10 \text{ kPa}$
 - Frauen: $> 7 \text{ kPa}$



Hustenspitzenfluss (peak cough flow; PCF)

- Husten ist wichtig für die Sekretd Clearance.
- PCF: Surrogatparameter für die expiratorische Atemmuskelfunktion
- Bestimmung an offenen Atemwegen
- Testdurchführung mit Peak-Flow-Meter
- Bestimmung des PCF stets vom gleichen Lungenvolumen aus (idealerweise vom TLC Niveau)
- höherer intrathorakaler Druck durch den Glottisschluss, deshalb höhere Flüsse beim Husten als bei der Peak-Flow-Messung im Rahmen der Lungenfunktion



PCF – Normwerte

- geschlechtsunabhängiger unterer Grenzwert (LLN):
 $350 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$
- $< 270 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$:
Maßnahmen zum Sekretmanagement beginnen
- bei bulbär verlaufenden neuromuskulären Erkrankungen können normale PCF-Werte eine ineffektive Husteneffektivität verschleiern
- Klinik des Patienten berücksichtigen!



Beispiel einer Befundungstabelle.

Test	Ergebnis		Alter (Jahre)	Mann (kPa)	Frau (kPa)
P _{0.1}			–	< 0,3	< 0,3
P _{0.1} •ti/VT			–	< 0,5	< 0,5
PImax _{peak} RV			≤ 40	6,2	5,7
			> 40 – 60	5,4	4,9
			> 60 – 80	4,6	4,2
			> 80	4,1	3,7
SnPna			–	> 7	> 6
PEmax			–	> 10	> 7
PCF			–	> 270 L × min ⁻¹	
Mitarbeit	Gut ☐	Mittel ☐	Schlecht ☐		
Beurteilung	inspiratorische Atemmuskelschwäche		☐		
	expiratorische Atemmuskelschwäche		☐		
Maßnahme					



Deutsche Atemwegsliga e.V.

Weitere Informationen



Dustri-Verlag Dr. Karl Feistle

©2014 Deutsche Atemwegsliga, Bad Lippspringe und Dustri-Verlag
Dr. Karl Feistle, München – Orlando, ISBN 978-3-87185-493-4



Autoren:innen

C.P. Criée, H.J. Smith, A.M. Preisser, D. Bösch, U. Butt, M.M. Borst, N. Hämäläinen, K. Husemann, R.A. Jörres, P. Kardos, C. Lex, F.J. Meyer, D. Nachtigall†, D. Nowak, U. Ochmann, W. Randerath, A. Schütz, B. Schucher, J. Spiesshoefer, C. Taube, S. Walterspacher, M. Wollsching-Strobel, H. Worth, M. Gappa und W. Windisch