

# 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

Zwerchfell (Diaphragma)

M. sternocleidomastoideus

Mm. scaleni

Mm. intercostales externi

M. pectoralis major et minor

M. serratus anterior et posterior

## Expirationsmuskeln

M. rectus abdominis

M. obliquus abdominis

Mm. intercostales interni

M. latissimus dorsi



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.





- 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 Atemmuskelkraft

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



## PI<sub>max</sub> – untere Grenzwerte nach Alter und Geschlecht

<b>Alter (Jahre)</b>	<b>Mann (kPa)</b>	<b>Frau (kPa)</b>
≤ 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 mitarbeitersabhängig (Gefühl von Luftnot)



## PEmax – Normwerte

- große Streubreite
- Angabe eines unteren Grenzwertes (LLN)
- PEmax:
  - Männer: > 10 kPa
  - Frauen: > 7 kPa



## Hustenspitzenfluss (peak cough flow; PCF)

- Husten ist wichtig für die Sekretclearance.
- 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):  
 $350 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$
- $< 270 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$  :  
sollten 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 <sub>0.1</sub>		–	< 0,3	< 0,3
P <sub>0.1</sub> • ti/VT		–	< 0,5	< 0,5
P <sub>lmax<sub>peak</sub></sub> 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
PE <sub>max</sub>		–	> 10	> 7
PCF		–	> 270 L × min <sup>-1</sup>	
Mitarbeit	Gut <input type="checkbox"/>	Mittel <input type="checkbox"/>	Schlecht <input type="checkbox"/>	
Beurteilung	inspiratorische Atemmuskelschwäche		<input type="checkbox"/>	
	expiratorische Atemmuskelschwäche		<input type="checkbox"/>	
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