

I. Grundlagen für den physiotherapeutischen Befund und die Therapieplanung

Allgemeines zu den nachstehenden Tabellen

Wie bereits in Einleitung und Vorwort erwähnt, haben die Autoren versucht, die wichtigsten Informationen zusammenzutragen, mit dem Ziel, eine, für den intensivpflichtigen Patienten effektive Physio-Therapie zu erleichtern bzw. zu gewährleisten.

Es ist ein erster Versuch, für Physiotherapeuten in dieser Form eine Übersicht über den Themenkomplex Intensivmedizin zu geben. Es wird nicht der Anspruch der Vollständigkeit erhoben aber Wissenslücken sollen geschlossen werden.

1. Monitoring

Im folgenden Tabellenteil zum „Monitoring“ werden die, aus Sicht der Autoren, wichtigsten Verfahren und Parameter mit ihren Kernaussagen dargestellt. Die physiologischen Normwerte und ihre Grenzbereiche werden aufgeführt, welche Ursachen eventuellen Abweichungen zu Grunde liegen und welche Auswirkungen diese auf die (Organ)Systeme

- Atmung,
- Herz/Kreislauf,
- Bewegungsapparat und
- Wahrnehmung/ Bewusstsein haben können.

Zudem wird auf mögliche Störungen, respektive Fehlerquellen in den Ableitungen hingewiesen, die ein Verfälschen der Aussagen bedingen können.

Die letzte Spalte zeigt den Bezug zur physiotherapeutischen Maßnahme und deren jeweilige Relevanz auf.

Methode/ Parameter	Normwerte/ Grenzwerte	Fehlerquellen	Mögl. Urs. für abw. Werte	Auswirk. auf A HK BA WB	Relevanz für PT
EKG abgeleitet über Elektroden am Thorax mit Aussagen über:		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elektrodenlage ▪ Diskonnektion ▪ schlechte Ableitbedingungen (Haut nass, ölig, schweißig, behaart) ▪ Irritationen (Bewegung/Zittern) 	generell: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Herzerkrankungen ▪ Störung der Reizbildung/ Reizleitung im Herz ▪ Störungen im Elektrolythaushalt (Kalium) ▪ Herzschrittmacher ▪ hormonelle Dysfunktion ▪ Medikamente 	abhängig von der Art der Störung oder der kardialen Erkrankung	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Herzrhythmus 	Sinusrhythmus		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erregungsbildungs- und Leitungsstörung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kreislaufinstabilität mögl. 	Nicht jede Rhythmusstörung bedeutet eine Kontraindikation für PT. Information beim Arzt einholen, wie weit der Patient belastet werden darf.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Herzfrequenz (kann ebf. über Pulsoxymeter gemessen werden) 	50-90 bpm (Sinusrhythmus)		a) Tachykardie <ul style="list-style-type: none"> ▪ Herzrhythmusstörungen ▪ erhöhter oder gesenkter peripherer Widerstand ▪ Atemnot ▪ Stress, Angst, Schmerz ▪ Hypo-/ Hypervolämie ▪ Entzugssyndrome Katecholamine	a) Tachykardie <ul style="list-style-type: none"> ▪ AF ↑ ▪ Blutdruckveränderungen mögl. ▪ Symptome des kardiogenen Schocks ▪ motorische Unruhe ▪ Angst, Stress ▪ Fokussierung auf Herzschlag 	a) Tachykardie <ul style="list-style-type: none"> ▪ Belastung ↓ ▪ körperliche Belastung nur unter Beachtung klinischer Zeichen ▪ Entspannungsmaßnahmen
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formveränderungen (QRS-Komplex; ST-Strecke) 	QRS-Breite < 0,14s		b) Bradykardie <ul style="list-style-type: none"> ▪ Herzrhythmusstörungen ▪ Medikament (β-Blocker, Glykoside) ▪ Vago-vasale Reaktion ▪ Hypoxie 	b) Bradykardie <ul style="list-style-type: none"> ▪ antriebsarm ▪ verlangsamt ▪ Bewusstseinsstörungen 	Belastung von Herzpatienten: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kein Anstieg > 20 bpm ▪ Kein Abfall > 10 bpm
			<ul style="list-style-type: none"> ▪ Myokardischämien/ Myokardinfarkt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kreislaufinstabilität mögl. 	Belastung in Anhängigkeit der objektiven und subjektiven Parameter und Zeichen

Methode/ Parameter	Normwerte/ Grenzwerte	Fehlerquellen	Mögl. Urs. für abw. Werte	Auswirk. auf A HK BA WB	Relevanz für PT
Blutdruck gemessen: <ul style="list-style-type: none"> invasiv (arterieller Zugang) nicht invasiv (Manschette / NBP) (gemessen wird der Blutfluss im Verhältnis zum peripheren Widerstand)	120/ 80mmHg MAP 65-100mmHg a) Hypertonie > 140mmHg systolisch > 90mmHg diastolisch b) Hypotonie < 100mmHg systolisch Werte können altersabhängig variieren.	<ul style="list-style-type: none"> Kanülenlage Position der Druckaufnehmer Druckaufnehmer nicht richtig geeicht Bewegung Abknicken Manschettengröße Manschettenlage 	a) Hypertonie <ul style="list-style-type: none"> erhöhter peripherer Widerstand Medikamente hormonelle Dysfunktion Stress, Angst Entzugssyndrome b) Hypotonie <ul style="list-style-type: none"> Herzinsuffizienz Volumenmangel Medikamente hormonelle Dysfunktion Schock vago-vasale Reaktion 	a) Hypertonie <ul style="list-style-type: none"> Dyspnoe Lungenödem Herzinsuffizienz (akut u. chronisch) chronische Gefäßschädigung erhöhte Herz-/Kreislaufbelastung Unruhe b) Hypotonie <ul style="list-style-type: none"> periphere Durchblutung ↓ orthostatische Dysregulation Bewegungsantrieb ↓ Vigilanz ↓ möglich 	a) Hypertonie <ul style="list-style-type: none"> Kreislauf entlastende ASTEN Entspannung; Beruhigung motorische Belastung anpassen b) Hypotonie <ul style="list-style-type: none"> zentralisierende Lagerung Kreislaufanregung periphere Kompression schrittweise, vorsichtige Mobilisation a)+b) Bei Dekompensation keine Behandlung
ZVD (zentralvenöser Druck) gemessen über Katheter in der V. cava vor dem rechten Vorhof Monitoring: <ul style="list-style-type: none"> des intravasalen Volumens des Drucks im rechten Vorhof der rechtsventrikulären Leistungsfähigkeit 	8-12mmHg (bei Spontanatmung) kritisch > 18mmHg individuelle Einstellung der Grenzwerte abhängig vom Krankheitsbild	<ul style="list-style-type: none"> Position des Druckaufnehmers Druckaufnehmer nicht geeicht laufende hochmolare Infusionen 	a) ZVD zu hoch bei <ul style="list-style-type: none"> Rechtsherzinsuffizienz globaler Herzinsuffizienz pulmonaler Hypertonie Hypervolämie Lungenembolie hohem PEEP intraabdominaler Druckerhöhung b) ZVD zu niedrig bei <ul style="list-style-type: none"> Volumenmangel 	a) ZVD ↑ <ul style="list-style-type: none"> Ödeme Dyspnoe b) ZVD ↓ <ul style="list-style-type: none"> intravasaler Volumenmangel 	a) ZVD ↑ <ul style="list-style-type: none"> keine Rückfluss steigernden Maßnahmen keine Lymphdrainage Herzbettlagerung Antithrombosestrümpfe nur nach Rücksprache b) ZVD ↓ <ul style="list-style-type: none"> reduzierte körperliche Belastbarkeit

Methode/ Parameter	Normwerte/ Grenzwerte	Fehlerquellen	Mögl. Urs. für abw. Werte	Auswirk. auf A HK BA WB	Relevanz für PT
<p>LAP (Linker Vorhofdruck oder pulmonalkapillärer Druck)</p> <ul style="list-style-type: none"> gemessen über Katheter, der intraoperativ über den epigastrischen Winkel direkt in den linken Vorhof platziert wird. <p>Liegt kurzzeitig nach Herz-OP's (AKE,MKE)</p>	6-15mmHg kritisch > 20mmHg	<ul style="list-style-type: none"> Position des Druckaufnehmers Druckaufnehmer nicht geeicht 	<p>LAP erhöht bei</p> <ul style="list-style-type: none"> Linksherzinsuffizienz Klappeninsuffizienz Lungenödem hohem Beatmungsdruck 	<p>LAP erhöht:</p> <ul style="list-style-type: none"> O₂-Mangel <p>Gefahr des:</p> <ul style="list-style-type: none"> Lungenödems Kreislaufversagens und Multiorganversagens 	<ul style="list-style-type: none"> Herzbett Herz/Kreislauf entlastende ASTEN
<p>PAP (Pulmonalarterieller Druck)</p> <ul style="list-style-type: none"> gemessen in Pulmonalarterie zur Beurteilung der Leistung des rechten Herzens <p>PCWP (pulmonalkapillärer Verschlussdruck oder Wedgedruck)</p>	<p>systolisch 15-28mmHg diastolisch 5-16mmHg Mitteldruck 10-22mmHg</p> <p>5-16mmHg</p>	<ul style="list-style-type: none"> Position des Druckaufnehmers Druckaufnehmer nicht geeicht 	<p>PAP erhöht bei</p> <ul style="list-style-type: none"> COPD Pulmonalem Hypertonus Atelektasen Lungenembolie ARDS hohem Beatmungsdruck hohem intraabdominellen Druck Schlafapnoesyndrom <p>PCWP erhöht bei</p> <ul style="list-style-type: none"> Tachykardie Herzinsuffizienz Mitralstenose intraabdominaler Druckerhöhung hohem Beatmungsdruck 	<p>PAP erhöht:</p> <ul style="list-style-type: none"> Atemfrequenz ↑ O₂ Sättigung ↓ Herzfrequenz ↑ Zeichen der Rechtsherzinsuffizienz mgl. motorische Belastbarkeit ↓ <p>PCWP erhöht:</p> <ul style="list-style-type: none"> Atemfrequenz ↑ Herzfrequenz ↓ Blutdruck ↓ 	<p>CAVE: Bei Bewegung und Lagewechsel: Katheter ist nicht fixiert, dadurch Gefahr der Dislokation; Herzrhythmusstörungen und Tamponade des Herzens mgl.</p> <p>Abknicken vermeiden, da häufig Katecholamine über diesen Katheter appliziert werden.</p> <p>Oberkörper Hochlagerung!</p>

Methode/ Parameter	Normwerte/ Grenzwerte	Fehlerquellen	Mögl. Urs. für abw. Werte	Auswirk. auf A HK BA WB	Relevanz für PT
<p>Atemfrequenz gemessen werden die Atemzüge pro Minute</p> <ul style="list-style-type: none"> über das EKG (Respirationskurve) über die CO₂-Meßküvette am Beatmungsschlauch 	<p>12-20 /min kritisch < 5 und >35 /min</p>	<ul style="list-style-type: none"> Artefakte durch Bewegung Fehler bei der Ableitung Elektrodenlage schlechte Reizleitung, wenn Haut nass, ölig, schweißig, behaart Sekret in der Küvette 	<p>Atemfrequenz ↑ durch</p> <ul style="list-style-type: none"> erhöhten O₂-Bedarf Stress, Angst Patient wehrt sich gegen den Respirator metabolische Azidose neurogene Funktionsstörung restriktive und obstruktive Lungenfunktionsstörungen Schock <p>Atemfrequenz ↓ durch</p> <ul style="list-style-type: none"> neurogene Funktionsstörung Medikamente, z. B. Sedierung = fehlender Atemantrieb metabolische Alkalose 	<ul style="list-style-type: none"> vermehrte Atemarbeit Hyperventilation → respiratorische Alkalose Blutdruck ↑, HZV ↑ und O₂-Bedarf ↑ Hyperventilationstetanie Ermüdung der Atemmuskulatur Fokussierung auf Atmung Respiratorische Azidose motorische Leistungsfähigkeit ↓ pCO₂ ↑ → Vigilanzminderung bis Koma 	<ul style="list-style-type: none"> Beruhigung und Entspannung bei Erfordernisatmung atemerleichternde ASTEN Reduzierung der Atemarbeit keine Atemtherapeutische Totraumvergrößerung bei fehlendem Atemantrieb Atemanregung
<p>Peripher gemessene O₂-Sättigung</p> <ul style="list-style-type: none"> gemessen mit Pulsoxymeter, einer Infrarot-Lichtquelle an Finger, Ohr oder Stirn <p>Grad der Sättigung des Hb mit O₂</p>	<p>95-100% zwischen 80-90% behandlungsbedürftig < 80% über längere Zeit Gefahr der hypoxischen Schädigung CAVE: veränderte Werte bei chronisch respiratorischen Erkrankungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> Hypothermie abhängig von Lage verändert durch Bewegung, Farbstoffe (z. B. Nagellack) Hämoglobinopathie Durchblutung gestört bei Zentralisierung/Schock Kompression durch Sensor 	<ul style="list-style-type: none"> Hb ist nicht genügend mit O₂ aufgesättigt Zentraler Venö-arterieller Shunt Peripherer arterio-venöser Shunt Atemantrieb vermindert (obstruktive) Lungenkrankungen Ventilations- / Diffusionsstörung Ventilations- / Perfusionsstörung 	<p>Bei persistierendem O₂-Mangel:</p> <ul style="list-style-type: none"> ↑ Atemfrequenz Hypoxie Herzfrequenz HZV ↓ (↑), Blutdruck ↓ reduzierte motorische Belastbarkeit Wahrnehmung und Bewusstsein vermindert 	<ul style="list-style-type: none"> atemerleichternde und kreislaufentlastende ASTEN motorische Belastung anpassen

CPP cerebraler Perfusionsdruck = MAP - ICP Aussage über Durchblutungssituation im Gehirn	> 70mmHg	Siehe ICP und Blutdruck	Siehe ICP und Blutdruck	Siehe ICP und Blutdruck	Siehe ICP und Blutdruck
Temperatur <ul style="list-style-type: none"> gemessen über Temperatursonde, Blasenkatheter, Picco oder Pulmonalkatheter (z.B. Swan-Ganz-Katheter) 	36,0-37,5°C tageszeitlich und hormonelle Schwankungen möglich	<ul style="list-style-type: none"> Sonde liegt falsch Diskonnektion 	Temperatur ↑: <ul style="list-style-type: none"> Fieber/ Infekte zentrale Dysregulation Hyperthyreose allergische Reaktion Temperatur ↓: <ul style="list-style-type: none"> post-OP zentrale Dysregulation supprimierter Stoffwechsel (therapeutische Hypothermie) extrakorporale Zirkulation: Hämodialyse/ -filtration, ECMO 	Temperatur ↑: <ul style="list-style-type: none"> AF ↑ Blutdruck ↑ motorische Unruhe bis Lethargie Temperatur ↓: <ul style="list-style-type: none"> Blutdruck ↓ Muskelzittern 	Bei erhöhter/ erniedrigter Temperatur Behandlung nach Rücksprache. Belastung anpassen. Bei erhöhter Temperatur keine fetthaltigen Cremes oder Öle verwenden. Bei erniedrigter Temperatur vor Auskühlung schützen.

2. Beatmung

Hinweis: Die nachstehenden Tabellen liefern einen kurzen Überblick über die gängigen Beatmungsformen von kontrollierter bis hin zu Non-invasiver Beatmung.

Neben den Einstellungen am Respirator wird deutlich, welche Fehlerquellen auftreten können, welchen Einflüssen die (Organ) Systeme unterliegen und welche Bedeutung das für die physiotherapeutische Behandlung haben kann.

2.1. Kontrollierte Beatmung*

PCMV druck-, VCMV volumenkontrolliert

Methode/ Parameter	Normwerte/ Grenzwerte	Fehlerquellen	Einstellung	Auswirk. auf A HK BA WB	Relevanz für PT
Atemfrequenz (AF)	8-15/min	Diskonnektion abgeknickter Schlauch Störung der Sensoren Wasser im System Cuff undicht Defekt oder Dislokation des Tubus/ der Trachealkanüle Verstopfter Filter	vom Respirator vorgegeben	Ist der Patient tief analgosediert oder relaxiert: <ul style="list-style-type: none"> zentrale Atemdepression keine eigenen Atemaktionen oder -reaktionen möglich Bewusstsein stark reduziert bis komatös Muskeltonus ↓ CMV-Beatmung bei Patienten auch ohne Sedierung möglich oder erforderlich, z.B. bei Atemmuskelschwäche/ -lähmung	<ul style="list-style-type: none"> Beeinflussung der Atmung nicht möglich, nur passive Maßnahmen zur Strukturhaltung (Thorax Beweglichkeit und Gewebselastizität) Thorax Kompression zur Atemtherapie nicht indiziert Reizwahrnehmung und -verarbeitung sind abhängig von der Sedierungstiefe. Bei Diffusionsstörung ist O₂-Aufnahme und/oder CO₂-Abgabe vermindert.
Fraktion des Sauerstoffs im Atemgas (Fi O₂)	Raumluft 0,21		0,3-1,0	<ul style="list-style-type: none"> Optimierung des O₂-Angebots für verbesserte Oxygenierung 	<ul style="list-style-type: none"> körperliche Belastung abhängig von SO₂ Sekret Transport nur durch Umlagern und Bewegen. Sekret Elimination durch endotracheales Absaugen
Verhältnis der Einatemzeit zur Ausatemzeit (I:E)	1:2		von 1:1 bis 2:1 ist alles möglich		<ul style="list-style-type: none"> Sekret Elimination durch endotracheales Absaugen CAVE: keine Gewebetechniken bei Hautemphysem**

Methode/ Parameter	Normwerte/ Grenzwerte	Fehlerquellen	Einstellung	Auswirk. auf A HK BA WB	Relevanz für PT
Beatmungsdruck (ΔP)	12-20mbar		<p>Individuell an die Situation des Patienten angepasst</p> <p>Je höher ΔP, desto gravierender die Auswirkung auf den gesamten Organismus. Deshalb: ΔP so niedrig wie möglich, da eine invasive Beatmung an sich schon Lungenschäden verursacht.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Blutdruck ↓ ▪ Organdurchblutung ↓ ▪ Vermeiden bzw. Öffnen von Dys- und Atelektasen ▪ Überwinden von Atemwegswiderständen <p>CAVE: Bei hohem p_{max} / hohem PEEP</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ intrathorakaler Druck ↑ ▪ Coronardurchblutung ↓ ▪ Auswurfleistung des Herzens ↓ ▪ Blutdruck ↓ <p>→ Katecholaminpflicht</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ICP ↑ 	<p>s. O.</p> <p>CAVE: Thorax-Kompression!</p>
Positiver end-expiratorischer Druck (PEEP)	Intrinsischer PEEP 2mbar		<p>4-15mbar und höher möglich. Je höher der PEEP, desto gravierender die Auswirkungen auf den gesamten Organismus.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Atemmittellage ↑ ▪ Restriktion ↓ ▪ Alveolen werden auch bei Expiration offen gehalten. ▪ Funktionelle Residualkapazität ↑ ▪ wenig Kaliberschwankungen in den Bronchien → Sekretolyse und -transport sind erschwert. ▪ ICP ↑ <p>Bei hohen Beatmungsdrücken ist Pneumothorax mit Hautemphysem möglich)</p>	<p>s.O.</p>

Methode/ Parameter	Normwerte/ Grenzwerte	Fehlerquellen	Einstellung	Auswirk. auf A HK BA WB	Relevanz für PT
Atemgasbeimischung Stickoxid (NO)	0 ppm		5-15ppm maximal 40ppm	NO bewirkt eine pulmonale Vasodilatation <ul style="list-style-type: none"> ▪ PAP ↓ ▪ Rechts-Links-Shunt ↓ → Verbesserung der Oxygenierung 	

* Folgen langer kontrollierter Beatmung: Schwäche der Atem- und Rumpfmuskulatur, Mobilitätsverlust in Thorax und Gelenken, Ödeme

** Luftansammlung im Unterhautzellgewebe