

# 30 Normalwerte, Berechnungsformeln, Umrechnungen

## 30.1 Hämodynamik

Tab. 30-1 Wichtige hämodynamische Größen.

Parameter	Normalwert	Einheit	Berechnungsformel	Bemerkung
Herzfrequenz	60–100	Schläge/min		
arterieller Blutdruck				
• systolisch (SAP)	90–140	mmHg		
• diastolisch (DAP)	60–90	mmHg		
• Mitteldruck (MAP)	70–105	mmHg	$MAP = DAP + [(SAP - DAP)/3]$	
ZVD	5 (1–10)	mmHg		
Druck im rechten Vorhof	5 (1–10)	mmHg		
Druck im rechten Ventrikel (systolisch/diastolisch)	25 ( $\pm 7$ )/4 ( $\pm 3$ )	mmHg		
Druck im linken Vorhof	2–12	mmHg		
PCWP	9 $\pm$ 4	mmHg		
$S_{zV}O_2/S_{gv}O_2$	72/75	%		
PAP (systolisch/diastolisch)	25 ( $\pm 7$ )/9 ( $\pm 4$ )	mmHg		
MPAP = mittlerer PAP	15 ( $\pm 5$ )	mmHg	$MPAP = DPAP + [(SPAP - DPAP)/3]$	
KOF	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 160 cm, 70 kg: 1,7 m<sup>2</sup></li> <li>• 170 cm, 70 kg: 1,8 m<sup>2</sup></li> <li>• 180 cm, 70 kg: 1,85 m<sup>2</sup></li> <li>• 190 cm, 70 kg: 1,9 m<sup>2</sup></li> <li>• 190 cm, 90 kg, 2,15 m<sup>2</sup></li> </ul>	m <sup>2</sup>	$Gewicht (kg)^{0,425} \times Größe (cm)^{0,725} \times 0,007184$	
HZV (= »cardiac output«, CO)	4–8 (abhängig von Alter, Größe, Geschlecht)	l/min	$(SV \times HF)/1\ 000$	
Herzindex (CI)	2,5–4	l/min/m <sup>2</sup> KOF	$HMV/m^2$ Körperoberfläche	
SVI	36–48	ml/Schlag/m <sup>2</sup> KOF	$(CI/Herzfrequenz) \times 1\ 000$	
LVSWI	44–56	g $\times$ m/m <sup>2</sup> KOF	$[(MAP - PCWP) \times SVI] \times 0,0136$	der Faktor 0,0136 dient der Umrechnung von mmHg $\times$ cm <sup>3</sup> auf Gramm
RVSWI	7–10	g $\times$ m/m <sup>2</sup> KOF	$[(MPAP - ZVD) \times SVI] \times 0,0136$	
SVR = TPR	900–1 500	dyn $\times$ s/cm <sup>5</sup>	$[(MAP - ZVD) \times 80]/CO$	der Faktor 80 dient der Umrechnung von Druck und Volumen in die Einheit [dyn $\times$ s/cm <sup>5</sup> ]
SVRI	1 400–2 500	dyn $\times$ s/cm <sup>5</sup> /m <sup>2</sup> KOF	$[(MAP - ZVD) \times 80]/CI$	
PVR	90–150	dyn $\times$ s/cm <sup>5</sup>	$[(MPAP - PCWP) \times 80]/CO$	
PVRI	140–250	dyn $\times$ s/cm <sup>5</sup> /m <sup>2</sup> KOF	$[(MPAP - PCWP) \times 80]/CI$	

CI = »cardiac index«, Herzindex, DAP = diastolischer arterieller Druck, (D/S)PAP = (diastolischer/systolischer) pulmonalarterieller Druck, I = Index = bezogen auf 1 m<sup>2</sup> Körperoberfläche, LVSWI = »left ventricular stroke work index«, linksventrikulärer Schlagarbeitsindex, MAP = mittlerer arterieller Druck, (M)PAP = (mittlerer) pulmonalarterieller Druck, PCWP = »pulmonary-capillary wedge-pressure«, PVR = »pulmonary vascular resistance«, pulmonalvaskulärer Gefäßwiderstand, PVRI = »pulmonary vascular resistance index«, RVSWI = »right ventricular stroke work index«, rechtsventrikulärer Schlagarbeitsindex, SAP = systemischer arterieller Druck,  $S_{zV}O_2/S_{gv}O_2$  = zentral-/gemischtvenöse Sauerstoffsättigung, SV = »stroke volume«, Schlagvolumen, SVI = »stroke volume index«, Schlagvolumenindex, SVR = »systemic vascular resistance«, systemischer Gefäßwiderstand, SVRI = »systemic vascular resistance index«, systemischer Gefäßwiderstandsindex, TPR = »total peripheral resistance«, totaler peripherer Widerstand, ZVD = zentraler Venendruck (s. a. Tab. 7-2 und Tab. 7-3).

**Tab. 30-2** Zusammenhang zwischen Perfusionsdruck, Blutfluss und Gefäßwiderstand.

Parameter	Berechnung
Perfusionsdruck	= Blutfluss × Gefäßwiderstand
mittlerer systemischer, arterieller Perfusionsdruck (MAP – ZVD)	= HMV × SVR
mittlerer pulmonalarterieller Perfusionsdruck	= (MPAP) – pulmonalarteriellem Verschlussdruck (PCWP)

HMV = Herzminutenvolumen, MAP = mittlerer arterieller Druck, MPAP = mittlerer pulmonalarterieller Druck, PCWP = pulmonalkapillärer Verschlussdruck, SVR = »systemic vascular resistance«, systemischer Gefäßwiderstand, ZVD = zentraler Venendruck (s. a. Tab. 7-1).

## 30.2 Oxygenierung

**Tab. 30-3** Alveolargasgleichung.

$P_AO_2 =$	$[(760 \text{ mmHg} - 47 \text{ mmHg}) \times F_{iO_2}] - (P_ACO_2/RQ)$
$=$	$[713 \text{ mmHg} \times 0,21] - [40 \text{ mmHg}/0,85]$
$=$	$150 \text{ mmHg} - 47,1 \text{ mmHg}$
$=$	$102,9 \text{ mmHg}$

Bei intakter Lungenfunktion ist der  $P_aO_2$  nur wenige mmHg niedriger als der  $P_AO_2$ ;  $P_ACO_2$  = alveolärer Kohlendioxidpartialdruck (der  $P_ACO_2$  kann dem arteriellen Kohlendioxidpartialdruck [ $P_aCO_2 = 40 \text{ mmHg}$ ] gleichgesetzt werden);  $P_aO_2$  = alveolärer Sauerstoffpartialdruck; 47 mmHg = Wasserdampfdruck in den Luftwegen; RQ = respiratorischer Quotient (=  $CO_2$ -Abgabe/ $O_2$ -Aufnahme pro Zeiteinheit = 0,85) (s. a. Tab. 3-1 und Tab. 15-1).

**Tab. 30-4** Sauerstoffsättigung (fraktionelle).

$S_aO_2 =$	$100 \times [(HbO_2)/(Hb + HbO_2 + COHb + MetHb)]$
------------	--

COHb = Kohlenmonoxidhämoglobin, Hb = reduziertes Hämoglobin, HbO<sub>2</sub> = oxygeniertes Hämoglobin, MetHb = Methämoglobin,  $S_aO_2$  = arterielle Sauerstoffsättigung; Angabe in % (s. a. Kap. 6.4.1)

**Tab. 30-5** Wichtige Oxygenierungsparameter sowie Sauerstoffangebot und -verbrauch des Gesamtorganismus.

Parameter	Wert	Einheit	Berechnungsformel	Bemerkung
$S_aO_2$	97	%		
$S_{gv}O_2$	75	%		
$S_{zv}O_2$	72	%		(s. a. Kap. 7.1.4)
$S_{iv}O_2$	65 (55–70)	%		
$P_aO_2$	97	mmHg		
$P_{gv}O_2$	40	mmHg		
$P_{zv}O_2$	38	mmHg		
$P_{iv}O_2$	35	mmHg		
HZV	4–8	l/min		abhängig von Alter, Größe, Geschlecht
CI	2,5–4,0	l/min/m <sup>2</sup>		
Hüfner-Zahl	1,34	ml/g Hämoglobin		theoretische Hüfner-Zahl: 1,39; s. Kap. 6.4.1
$C_aO_2$	ca. 20	ml/100 ml	$(Hb \times S_aO_2 \times \text{Hüfner-Zahl}) + P_aO_2 \times 0,0031 (15 \times 0,97 \times 1,34) + 97 \times 0,0031$	

Tab. 30-5 (Fortsetzung)

Parameter	Wert	Einheit	Berechnungsformel	Bemerkung
$C_{gv}O_2$	ca. 15	ml/100 ml	$(Hb \times S_{gv}O_2 \times \text{Hüfner-Zahl}) + (P_{gv}O_2 \times 0,0031) = (15 \times 0,75 \times 1,34) + (40 \times 0,0032)$	
$C_{jv}O_2$	ca. 13	ml/100 ml	$(Hb \times S_{jv}O_2 \times \text{Hüfner-Zahl}) + (P_{jv}O_2 \times 0,0031) = (15 \times 0,65 \times 1,34) + 35 \times 0,0031$	
$C_{a-gv}O_2$	ca. 5	ml/100 ml	$C_aO_2 - C_{gv}O_2$	
$C_{a-jv}O_2$	7	ml/100 ml	$C_aO_2 - C_{jv}O_2$	
CBF	750 50	ml/min (pro 1 500 g Gehirn) ml/100 g/min	s. a. Tab. 30-12	
$\dot{D}O_2$ (Gesamtkörper)	900–1 400	ml/min	$C_aO_2 \times \text{HMV}$	
$\dot{D}O_2I$ (Gesamtkörper)	500–800	ml/min/m <sup>2</sup>	$C_aO_2 \times \text{CI}$	der Faktor 10 dient der Umrechnung von ml O <sub>2</sub> /100 ml Blut in ml/O <sub>2</sub> /l Blut $C_aO_2 - C_{gv}O_2$ = arteriovenöse Sauerstoffgehaltsdifferenz
$\dot{D}O_2$ (Gehirn)	10	ml/100 g/min	$C_aO_2 \times \text{CBF}$	
$\dot{V}O_2$ (Gesamtkörper)	= 225–360 (bei ca. 80 kgKG = 3,5 ml/kgKG/min = 0,35 ml/100 g/min; s. $\dot{V}O_2$ (Gehirn))	ml/min	$(C_aO_2 \times \text{HZV}) - (C_{gv}O_2 \times \text{HZV}) = (C_aO_2 - C_{gv}O_2) \times \text{HMV}$	
$\dot{V}O_2I$ (Gesamtkörper)	= 125–200	ml/min/m <sup>2</sup>	$(C_aO_2 - C_{gv}O_2) \times \text{CI}$	
$\dot{V}O_2$ (Gehirn)	50 ca. 3,5	ml/min (pro 1 500 g Gehirn) ml/100 g/min	$(C_aO_2 - C_{jv}O_2) \times \text{CBF}$	
$O_2ER$ (Gesamtkörper)	25	%	$(\dot{V}O_2I/\dot{D}O_2I) \times 100$ (Sauerstoffextraktionsrate)	$O_2ER$ von $0,25 \times 100 = 25\%$

CBF = zerebraler Blutfluss, CI = »cardiac index«,  $C_aO_2$  = arterieller O<sub>2</sub>-Content,  $C_{a-gv}O_2$  = arteriovenöse Sauerstoffgehaltsdifferenz, Sauerstoffgehalt,  $C_{a-jv}O_2$  = Sauerstoffgehaltsdifferenz zwischen arteriellem und jugularvenösem Blut,  $C_{zv}O_2/C_{gv}O_2$  = Sauerstoffgehalt im zentral-/gemischtvenösen Blut,  $C_{jv}O_2$  = Sauerstoffgehalt in der V. jugularis interna,  $\dot{D}O_2$  = »delivery of oxygen«, Sauerstoffangebot,  $\dot{D}O_2I$  = Sauerstoffangebotsindex, HZV = Herzzeitvolumen,  $O_2ER$  = Sauerstoffextraktionsrate,  $P_aO_2$  = arterieller Sauerstoffpartialdruck,  $P_{zv}O_2/P_{gv}O_2$  = zentral-/gemischtvenöser Sauerstoffpartialdruck,  $P_{jv}O_2$  = Sauerstoffpartialdruck in der V. jugularis interna,  $S_aO_2$  = arterielle Sauerstoffsättigung,  $S_{gv}O_2$  = gemischtvenöse Sauerstoffsättigung,  $S_{zv}O_2$  = zentralvenöse Sauerstoffsättigung,  $\dot{V}O_2$  = Sauerstoffverbrauch,  $\dot{V}O_2I$  = Sauerstoffverbrauchsindex (s. a. Tab. 7-17).

Tab. 30-6 Sauerstoffpartialdrücke im arteriellen Blut ( $P_aO_2$ ) in Abhängigkeit vom Alter (s. a. Tab. 6-1).

Alter	Normalwert	Einheit	Umrechnungsfaktor	Alternative Einheit	Normalwert
1. Lebenstag	60–70	mmHg	dividiert durch 7,5	kPa	8,0–9,3
1. Lebenswoche	73–80	mmHg	bzw. multipliziert mit 1,333	kPa	9,7–10,7
1. Lebensmonat	80	mmHg		kPa	10,7
Säugling	85	mmHg		kPa	11,3
Kind	90	mmHg		kPa	12,0
junger Erwachsener	96 ± 2	mmHg		kPa	12,8 ± 0,3
40 Jahre	92 ± 5	mmHg		kPa	12,3 ± 0,7
60 Jahre	83 ± 5	mmHg		kPa	11,1 ± 0,7
80 Jahre	75 ± 5	mmHg		kPa	10,0 ± 0,7