

# 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>                                     | $Gewicht (kg)^{0,425} \times Gr\ddot{o}\beta e (cm)^{0,725} \times 0,007184$ |   |
| 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<br>50   | ml/min (pro 1 500 g Gehirn)<br>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<br>$C_aO_2 - C_{gv}O_2$ = 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<br>ca. 3,5   | ml/min (pro 1 500 g Gehirn)<br>ml/100 g/min | $(C_aO_2 - C_{jv}O_2) \times \text{CBF}$  |   |
| $O_2ER$ (Gesamtkörper)       | 25  | %   | $(\dot{V}O_2I/\dot{D}O_2I) \times 100$<br>(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 |