

Physiologische Bedeutung der Messparameter des O2C

Hypoxiediagnostik - Venoläre Sauerstoffsättigungswerte

Die venöse Sauerstoffsättigung im Gewebe ist ein Parameter für die Erfassung der Hypoxie, da dieser Sättigungswert das Rest-Sauerstoffniveau, am venolären Ende des Sauerstoff-extraktions-Prozesses entlang der Kapillaren widerspiegelt. Solange ein mit dem O2C vermessenes Gewebe Sauerstoffsättigungen von über 10% zeigt, ist das Gewebe nicht hypoxisch und nicht in akuter Gefahr der Hypoxie oder Anoxie¹⁴. Ist dieses Kriterium nicht unterschritten, ist es möglich, eine konventionelle Therapie einzuleiten oder das Gewebe weiter zu beobachten. Fallen die Werte jedoch unter 10% beginnt die kritische Zeitspanne während der das nun massiv unterversorgte Gewebe die Hypoxie noch für eine gewisse Zeit toleriert, bevor es nekrotisiert.

Das O2C bestimmt hauptsächlich venöse Sauerstoffsättigungswerte, da aufgrund der in Abbildung 6 dargestellten Volumenverteilung des Blutes im mikrovaskulären Gefäßbett von einer Betonung der Messsignale venöser Herkunft ausgegangen werden kann. Es liegen venolär etwa 75 Volumenprozent, kapillär etwa 14 Volumenprozent und arteriell etwa 11 Volumenprozent des Hämoglobins im Gewebe vor. Es liegt eine eindeutig Dominanz der Menge des venösen Blutes vor, so dass der gemessene Mischwert der Farbe den Sauerstoffsättigungswert vom venulären Ende der Kapillare widerspiegelt. Das O2C erfasst dabei nur die nutritiven Gefäße, da das sichtbare Licht in Gefäßen größer 100µm völlig absorbiert wird.

Verteilung des Blutvolumens im Gefäßsystem => Venuläre Sauerstoffsättigung

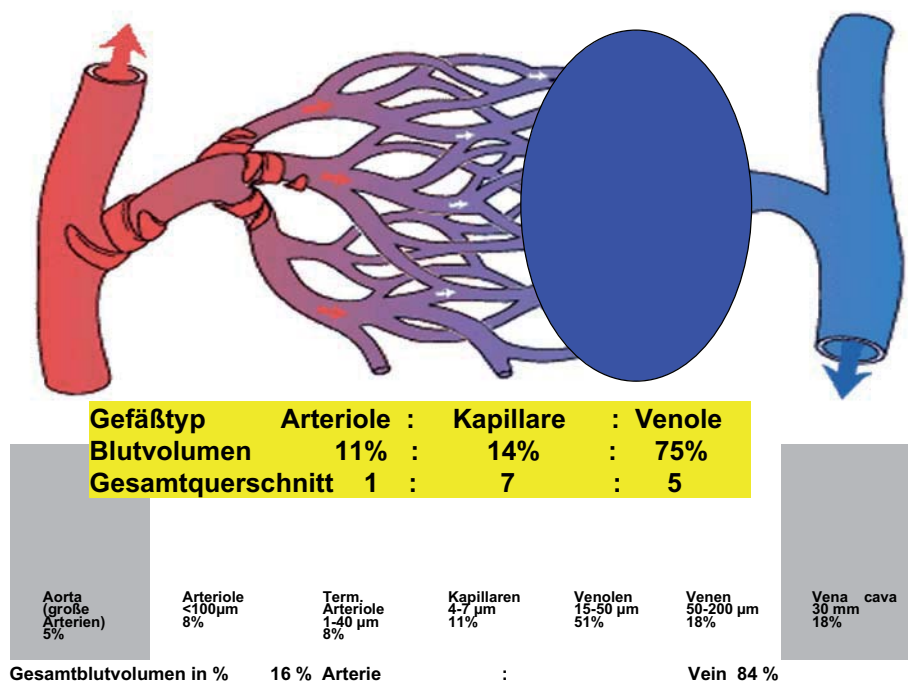


Abbildung 6: Das Schema zeigt die Querschnitte der Einzelgefäße, die Gesamtquerschnitte der Durchtrittsfläche aller Blutgefäße eines Typs (z.B. Kapillaren) und die Blutvolumenverteilung in diesen Gefäßen. Der kleinste Einzelquerschnitt und gleichzeitig der größte Gesamtquerschnitt liegt in den Kapillaren vor, um eine möglichst große Sauerstoffaustauschfläche und niedrige Fließgeschwindigkeiten zu ermöglichen. Die Blutvolumenverteilung ist jedoch dominiert von den venösen Gefäßen. Diese dienen als Volumenspeicher und müssen große Querschnitte aufweisen, um bei niedrigen Blutdruckwerten auch die gleiche Blutmenge transportieren zu können wie die arteriellen Gefäße³³. Die Kontinuitätsgleichung bedingt also diese Volumenverteilung im Gewebe. Das O₂C bestimmt folglich venuläre Sauerstoffsättigungswerte, da das Licht durch die große Blutmenge, die im venösen System liegt, am stärksten beeinflusst wird.

Venöse Stauung - rHb (lokale Blutmenge im Gewebe)

Im Unterschied zur systemischen Hämoglobinkonzentration ist die Hämoglobinmenge im Gewebe ein Maß für die Menge an Blut im Mikrozefäßsystem. Wie oben dargestellt befinden sich etwa 80% des Hämoglobins in der Mikrozirkulation postkapillär. Dadurch ist der rHb-Wert ein Maß für die Füllung der Venolen mit Blut. Eine venöse Stauung in der Haut ist beispielweise dadurch charakterisiert, dass die rHb-Werte über 90 AU ansteigen. Eine arterielle Stenose kann durch fallende rHb-Werte diagnostiziert werden, da die Füllung des Kapillar- und Venolengebietes durch eine arterielle Stenose stark verringert wird.

Nutritiver Blutfluss, Geschwindigkeitsverteilung

Im Gegensatz zum Blutfluss in den großen Gefäßen - der Makrozirkulation - bestimmt das O₂C den Blutfluss in den Arteriolen, Kapillaren und Venolen, in der sogenannten Mikrozirkulation. Eine ausreichende Makrozirkulation über Haupt- oder Kollateralartieren ist

notwendige, aber oft nicht hinreichende Grundvoraussetzung für die ausreichende Zufuhr mit Sauerstoff.

Nur direkte Messungen der Mikrozirkulation erlauben Aussagen über die nutritiven Versorgung einer bestimmten kritischen Region. Beispielsweise ist in einem myokutanen Lappen nicht die Makrozirkulation ausschlaggebend, sondern die ausreichende Versorgung aller Areale und Gewebeschichten des Transplantates mit Sauerstoff¹⁶.

Kritisch betrachtet sollte nicht nur die Versorgung, sondern auch die Sauerstoffutilisation überwacht werden, um Shunt-Phänomene als Ursache für Minderversorgungen auszuschliessen. Geschwindigkeitsverteilungen in einem Histogramm, das in einem weiteren Messfenster des O2C angeboten wird, können indirekt Hinweis auf eine Shunt-Problematik liefern.

Sauerstoff-Metabolismus

Nahezu alle Zellen im menschlichen Körper sind auf aeroben Stoffwechsel und damit auf eine stetige und ausreichende Zufuhr mit Sauerstoff angewiesen. Folglich erlaubt die Diagnose und das Monitoring des Sauerstoffmetabolismus im Gewebe die Beurteilung der Vitalität des Gewebes. Der Sauerstoffverbrauch ist entsprechend nachfolgender Gleichung definiert:

$$\text{O}_2\text{-Metabo.} = (\text{SO}_{2\text{arteriel}} - \text{SO}_{2\text{venös}}) * \text{Blutfluss} * \text{Hämoglobinmenge} * \text{Hüfn.Konst.}$$

und ist damit bestimmt von der arterio-venösen Sauerstoffdifferenz - der Sauerstoffausschöpfung, der Sauerstofftransportkapazität in Form der Hämoglobinmenge und der tatsächlich transportierten Menge in Form des Blutflusses.

Mit dem O2C ist es erstmals möglich jeden dieser Parameter lokal für das untersuchte Messvolumen zu bestimmen. Durch die Kombination der beiden physikalischen Messprinzipien, der Weißlichtspektrometrie und der Laser-Doppler-Spektroskopie ist diese qualitative Beurteilung des Sauerstoffmetabolismus erstmals im Gewebe möglich, unter der Voraussetzung, dass die arterielle Sauerstoffsättigung bekannt ist. Bei einem lungengesunden Patienten kann von einer 100%igen arteriellen Sauerstoffsättigung ausgegangen werden.