

Pulsní oxymetrie

X31LET Lékařská technika

Jan Havlík | Katedra teorie obvodů | xhavlikj@fel.cvut.cz

Fyziologie transportu kyslíku

- kyslík je v krvi vázán na molekuly hemoglobinu
- formy hemoglobinu
 - redukovaný hemoglobin Hb
 - oxyhemoglobin O_2Hb
 - carboxyhemoglobin COHb
 - methemoglobin MetHb

Kyslíková saturace

$$SO_2 = \frac{O_2Hb}{O_2Hb + Hb + COHb + MetHb}$$

- procento veškerého hemoglobinu přeměněného na oxyhemoglobin se nazývá kyslíkovou saturací

Lambertův – Beerův zákon

- koncentrace roztoku může být vypočítána z množství světla známé vlnové délky, které je při průchodu roztokem absorbováno

$$I = I_0 e^{-\varepsilon(\lambda)cd}$$

- definujme absorpční koeficient

$$A(\lambda) = -\ln \frac{I}{I_0} = \varepsilon(\lambda)cd$$

Absorbční vlastnosti hemoglobinu

- Hb absorbuje hůře světlo vlnové délky 940 nm (infračervené světlo) než O_2Hb , ale lépe světlo vlnové délky 660 nm (červené světlo)
- proto se arteriální (tepenná) krev jeví červenější než krev venózní (žilní)
- **pokud jsou v roztoku obsaženy dvě látky s rozdílnými absorpčními spektry, jejich poměrná koncentrace může být vypočtena z poměru světla absorbovaného na dvou různých vlnových délkách**

Absorpce záření hemoglobinem

- na absorpci se podílí všechny formy hemoglobinu

$$A(\lambda) = \varepsilon_{Hb}(\lambda) c_{Hb} d + \varepsilon_{O_2Hb}(\lambda) c_{O_2Hb} d$$

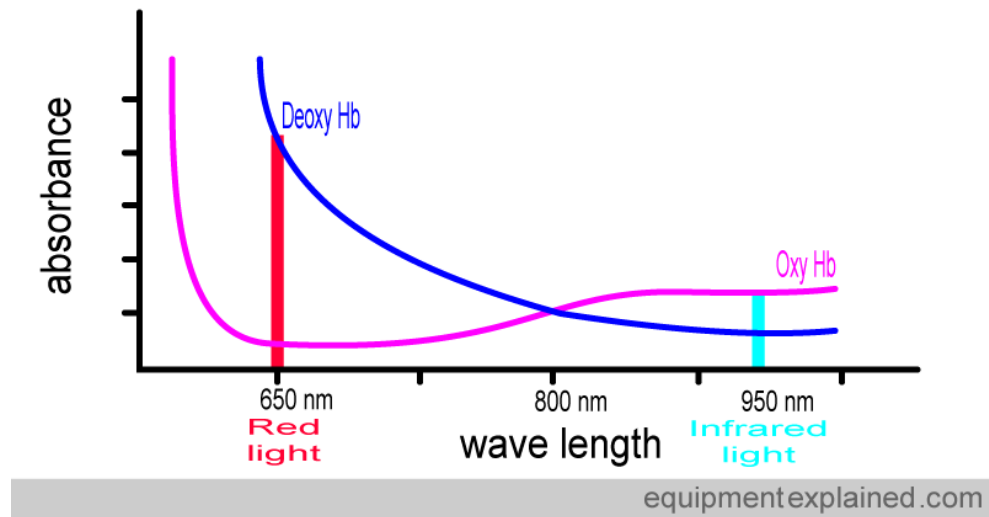
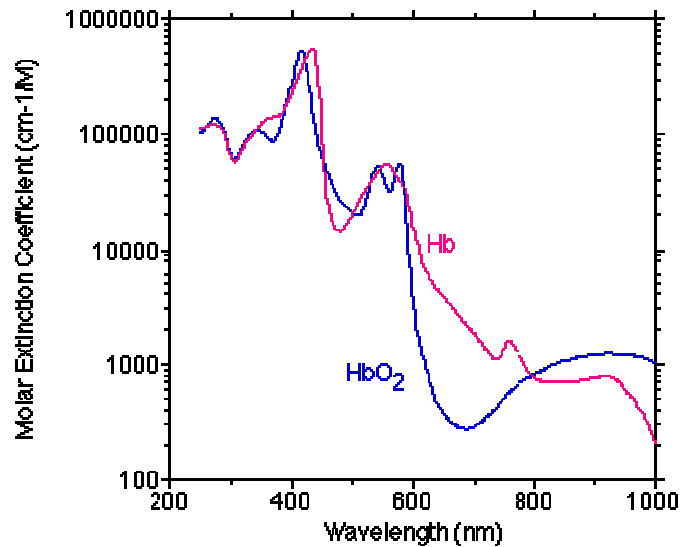
pozn.: COHb a MetHb zanedbáváme

- požadované koncentrace určíme měřením na dvou vlnových délkách

$$A(\lambda_1) = \varepsilon_{Hb}(\lambda_1) c_{Hb} d + \varepsilon_{O_2Hb}(\lambda_1) c_{O_2Hb} d$$

$$A(\lambda_2) = \varepsilon_{Hb}(\lambda_2) c_{Hb} d + \varepsilon_{O_2Hb}(\lambda_2) c_{O_2Hb} d$$

Absorpční spektrum hemoglobinu



<http://omlc.ogi.edu/spectra/hemoglobin>

http://equipmentexplained.com/physics/respi_measurements/oxygen/oximeter/pulse_oximeter.html

Snímače pro pulsní oxymetrii

- používá se snímač tvořený dvojicí LED (červená a IR) a fotodiodou
- dvojicí LED prosvěcujeme dobře prokrvenou tkáň (prst, ušní lalůček, u novorozenců dlaň nebo chodidlo)
- fotodiodou snímáme záření, které prošlo tkání

Vliv optických vlastností tkáně

- problém je, že procházející složka záření není ovlivněna jen složením krve, ale i optickými vlastnostmi prosvěcované tkáně
- objem prosvěcované tkáně se mění v závislosti na objemu krve v ní obsažené, tím vzniká proměnná složka absorbance

Poměr absorpance

- poměr absorpance tkáně na dvou vlnových délkách

$$R = \frac{A_R}{A_{IR}} \approx \frac{\frac{I_{R,AC}}{I_{R,DC}}}{\frac{I_{IR,AC}}{I_{IR,DC}}}$$

- kde

$I_{R,AC}$ je pulsní složka intenzity červeného záření,
 $I_{R,DC}$ je střední hodnota intenzity červeného záření,
 $I_{IR,AC}$ je pulsní složka intenzity IR záření,
 $I_{IR,DC}$ je střední hodnota intenzity IR záření

Stanovení kyslíkové saturace

- často je pro stanovení kyslíkové saturace SpO_2 využíván jednoduchý empirický vztah

$$SpO_2 = 110 - 25R$$

- pro hodnoty SpO_2 vyšší než asi 50 % poskytuje výsledky s malou chybou (menší než asi 2 %)

Pulsní oxymetrie

- pulsní oxymetrií měříme periferní kyslíkovou saturaci SpO_2
- pulsní oxymetr zanedbává příspěvek COHb a MetHB, pokud je v krvi např. významné množství COHb (např. při otravě kysličníkem uhelnatým), bude pulsní oxymetrie falešně zvětšovat údaj o kyslíkové saturaci
- stejný problém může vzniknout např. i u kuřáků

Literatura

1. Penhaker, M. a kol.: Lékařské diagnostické přístroje –
– učební texty. VŠB TU Ostrava, Ostrava, 2004.
2. Webster, John G.: Design of Pulse Oximeters.
Springer Netherlands, 1999.
3. Webster, John G.: Medical Instrumentation –
Application and Design. John Wiley & Sons., 1998.