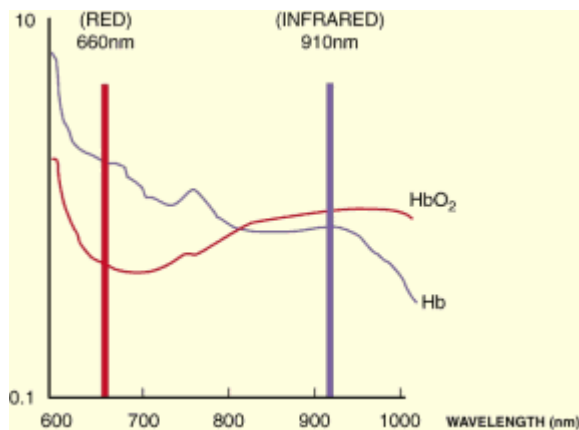


Pulzná oximetria

U pacientov s rizikom respiračného zlyhania je dôležité sledovať účinnosť výmeny plynov v pľúcach, t.j. ako dobre je okysličená arteriálna krv. Pulzná oximetria je neinvazívna technika často používaná v klinickej praxi. Jej využitie je predovšetkým počas anestézie a pri intenzívnej starostlivosti o pacienta.

Princíp pulznej oximetrie je založený na rôznej absorbancii červeného a infračerveného žiarenia dvoch foriem hemoglobínu, okysličeného - oxihemoglobínu (HbO_2) a neokysličeného – redukovaného (Hb). Okysličená forma hemoglobínu absorbuje viac v oblasti infračerveného svetla a neoxidovaná forma hemoglobínu absorbuje viac v oblasti červeného svetla. Tento rozdiel v absorbanciách HbO_2 a Hb možno použiť pre meranie arteriálnej saturácie kyslíkom *in vivo*, navyše telové tkanivá majú v rozmedzí od 600 nm do 1000 nm najnižšiu absorbanciu (tkanivá a pigmenty absorbujú modré, zelené a žlté svetlo a voda absorbuje v dlhšej infračervenej oblasti). **Isobastický bod** je bod, v ktorom je absorbancia oboch foriem hemoglobínu rovnaká. Tento bod môže byť použitý ako referenčný bod, v ktorom absorbancia nezávisí od stupňa saturácie kyslíkom.

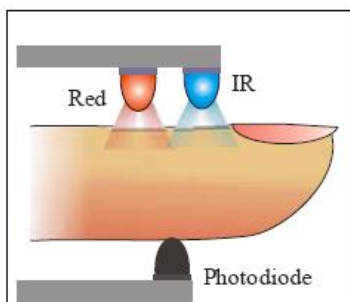


Obrázok 1. Absorbčné spektrálne čiary Hb and HbO_2 .

Pulzný oximeter pozostáva zo zdroja svetelného žiarenia v červenej oblasti spektra (obvykle 650 nm) a v infračervenej oblasti spektra (obvykle 950 nm) a fotodetektora. Svetelné paprsky prechádzajú tkanivom do fotodetektora, ktorý meria intenzitu prejdeného žiarenia pri zvolených vlnových dĺžkach. Typické miesta pre umiestnenie sondy oximetra sú

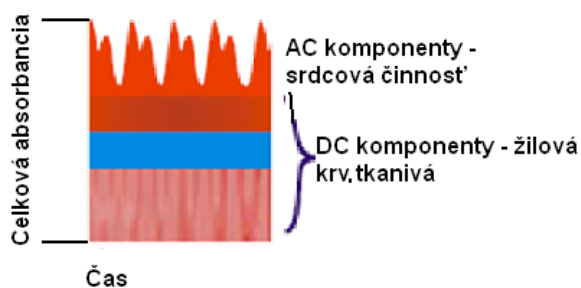
prst, ušnica (hore) alebo ušný lalôčik. U dojčiat sa upevňuje oximeter na nohy, dlane ruky alebo na palec na nohe.

Saturácia kyslíkom označovaná ako SaO_2 alebo SpO_2 , je definovaná ako pomer oxihemoglobínu k celkovej koncentrácii hemoglobínu prítomného v krvi (t.j. oxihemoglobín + redukovaný hemoglobín). Arteriálna saturácia kyslíkom, SpO_2 (parameter meraný oximetrom), sa zvyčajne vyjadruje v percentách. Za normálnych fyziologických podmienok je arteriálna saturácia kyslíkom 97% (95-99 %), zatiaľ čo saturácia žilovej krvi je 75%.

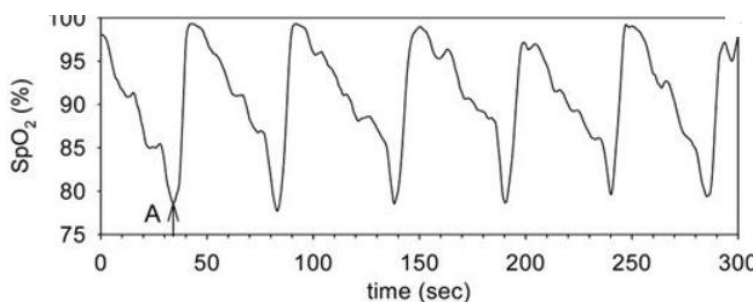


Obrázok 2. Princíp oximetra.

Pulzná oximetria predpokladá, že absorbanca žiarenia nastáva v troch nezávislých miestach: arteriálnej krvi, žilovej krvi a v tkanive (viď. Obr. 3). Oximeter nevie odlišiť, aké množstvo žiarenia bolo absorbované arteriálnou krvou, aké žilovou krvou a aké tkanivami. Pulzným oximetrom chceme analyzovať iba arteriálnu krv, ignorujúc ostatné komponenty okolo. Objem arteriálnej krvi sa mení v závislosti na tepovej frekvencii, nakoľko srdcový sťah vyvolá tlakovú vlnu, ktorá sa šíri krvným riečišťom (AC signál). Všetky ostatné príspevky tvoria nepulzujúcu zložku (DC signál). Každá „zmena absorbancie“ musí byť teda spôsobená arteriálnou krvou. Pulzným oximetrom sa odfiltruje nepulzujúca zložka signálu a tak sa stanoví saturácia kyslíkom iba v arteriálnej krvi bez vplyvu ostatných tkanív.



Obrázok 3. AC a DC signály pri absorbcii žiarenia.



Obrázok 4. Typický pulzný signál detegovaný pulzným oximetrom.

Prítomnosť iných foriem hemoglobínu v krvi ovplyvňuje hodnoty stanovenej saturácie. Oxid uhoľnatý tvorí s hemoglobínom tzv. karboxyhemoglobín (COHb), ktorého absorbanca je v oblasti absorbanacie oxihemoglobínu (HbO), pri 660 nm. Väčšina pulzných oximetrov nie je schopná odlíšiť absorbanciu karboxyhemoglobínu od hemoglobínu. Nakoľko karboxy-hemoglobín neprenáša kyslík, zdanlivo vysoká saturácia kyslíkom nameraná oximetrom môže viesť k nesprávnym záverom (napríklad pacient má v krvi 90% HbO, 7% COHb a 3% Hb, pulzný oximeter stanoví saturáciu $SpO_2 = 97\%$).

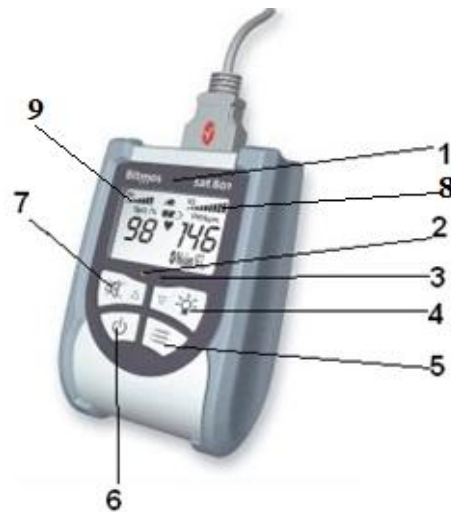
Methemoglobín, ďalšia abnormálna forma hemoglobínu, v ktorej sa namiesto železa v oxidačnom stupni 2 (Fe^{2+}) nachádza železo v oxidačnom stupni 3 (Fe^{3+}). Táto forma neviaže kyslík, avšak má tie isté absorpčné maximá, pri ktorých sa stanovuje obsah HbO a Hb, teda 660 nm a 940 nm. Oximetre interpretujú tento pomer 1:1 ako korešpondujúci saturácii SpO_2 približne 85%, bez ohľadu na aktuálnu saturáciu krvi kyslíkom. Prítomnosť farbív v krvi, ktoré majú absorpčné maximá blízke hodnote 660 nm, tiež ovplyvňujú hodnotu saturácie. Napríklad metylénová modrá, ktorá sa používa na liečbu methemoglobínie, umelo znižuje saturačný stupeň.

Úloha: Zmerajte arteriálnu saturáciu kyslíkom a tepovú frekvenciu pacienta v pokoji a po fyzickej námahe.

Postup:

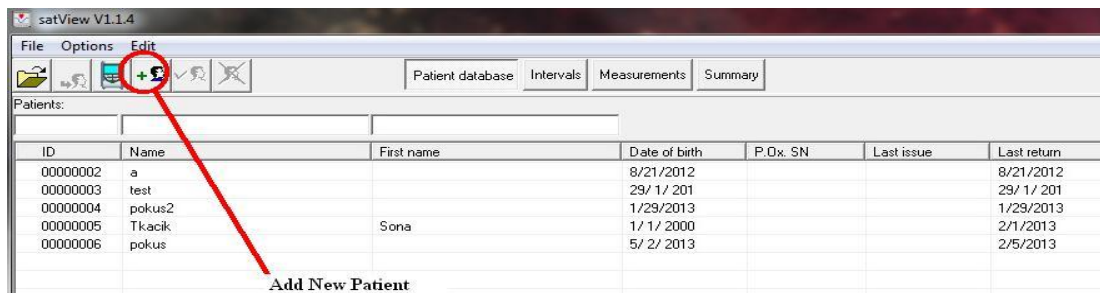
1. Zapojte konektor kábla s oximetrickým senzorom do konektora na prístroji, stlačte vypínač (6). Ozve sa signál a prebehne auto test. Na displeji sa zobrazí percento naplnenia pamäte, v prípade plnej sa objaví nápis „full“. Po zobrazení sa meracieho displeja môžete začať meranie.

1. zelená kontrolka – signalizácia napájania
2. žltá kontrolka alarmu pre alarmy so strednou prioritou
3. červená kontrolka alarmu pre alarmy s vysokou prioritou
4. tlačidlo podsvietenia a smerové tlačidlo DOLE
5. tlačidlo MENU
6. vypínač
7. tlačidlo stlmenia alarmu a smerové tlačidlo HORE
8. stĺpcový indikátor indexu IQ
9. stĺpcový indikátor indexu PI

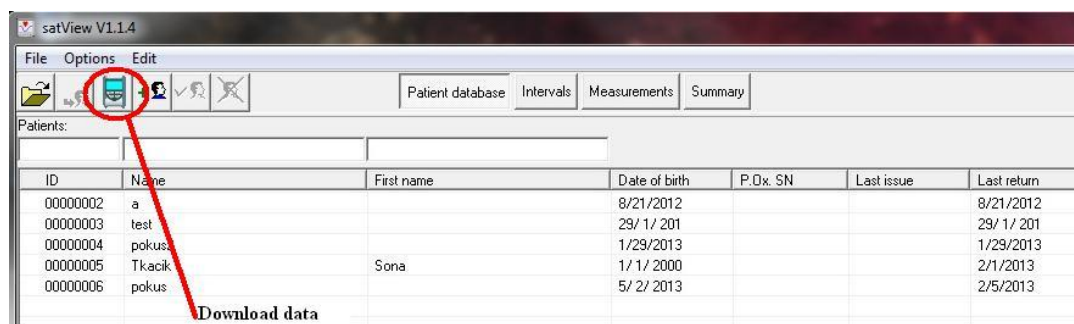


2. Umiestnite senzor oximetra na prst na ruke. Odčítajte hodnoty arteriálnej saturácie kyslíkom (SpO_2) a tepovej frekvencie (TF) pre pacienta v klúde (meranie musí byť uskutočňované aspoň po dobu 15 s).
3. Skontrolujte hodnoty indexov **IQ** a **PI** a zhodnoťte vierohodnosť vášho merania. **IQ** index meria intenzitu identifikácie (*Signal Identification*) a kvality signálu (*Signal Quality*), jeho hodnota sa nachádza v rozmedzí 0 - 100 %. **PI** - *Perfúzny Index* je relatívna hodnota sily pulzu v meracom bode senzora. Jeho hodnota sa pohybuje v rozmedzí 0,02% (veľmi slabý pulz) - 20% (silný pulz). Obe hodnoty sa na displeji zobrazujú ako postupne sa rozsvetujúce segmenty stĺpcového indikátora.
4. Uskutočnite vhodné fyzické cvičenie (drepy), sledujte zmeny SpO_2 a TF, po stabilizácii hodnôt opätovne odčítajte hodnoty SpO_2 a TF.

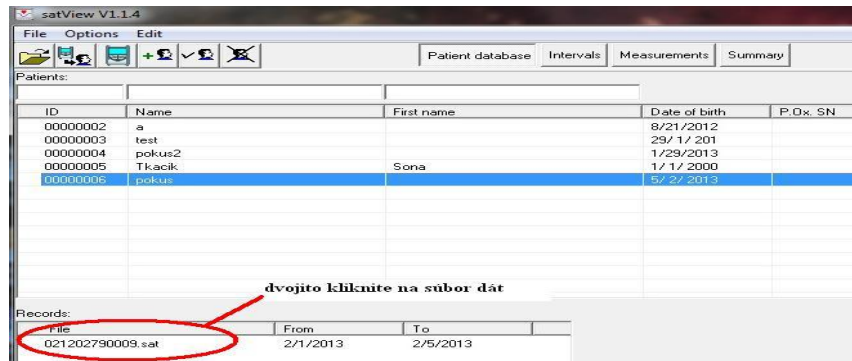
5. Po ukončení merania vypnite prístroj stlačením vypínača (6), ktorý držíte stlačený po dobu približne 5s. Ak sa na LCD displeji zobrazia všetky symboly, opätovne stlačte vypínač (6).
6. Odpojte kábel s oximetrickým senzorom súčasným stlačením sivých istiacich tlačidiel proti sebe a konektor vytiahnite.
7. Pripojte pulzný oximeter k počítaču pripojením jedného USB konektora do USB portu oximetra a druhého konca USB kábla do PC, zapnite PC.
8. Spustíte ovládací software stlačením ikony SATVIEW umiestnenej na pracovnej ploche obrazovky.
9. Vyberte pacienta, ktorému priradíte namerané dáta (kliknutím na meno v tabuľke) alebo zvolíte nového pacienta ADD NEW PATIENT (4. ikona na lište) a vyplňte údaje o pacientovi.



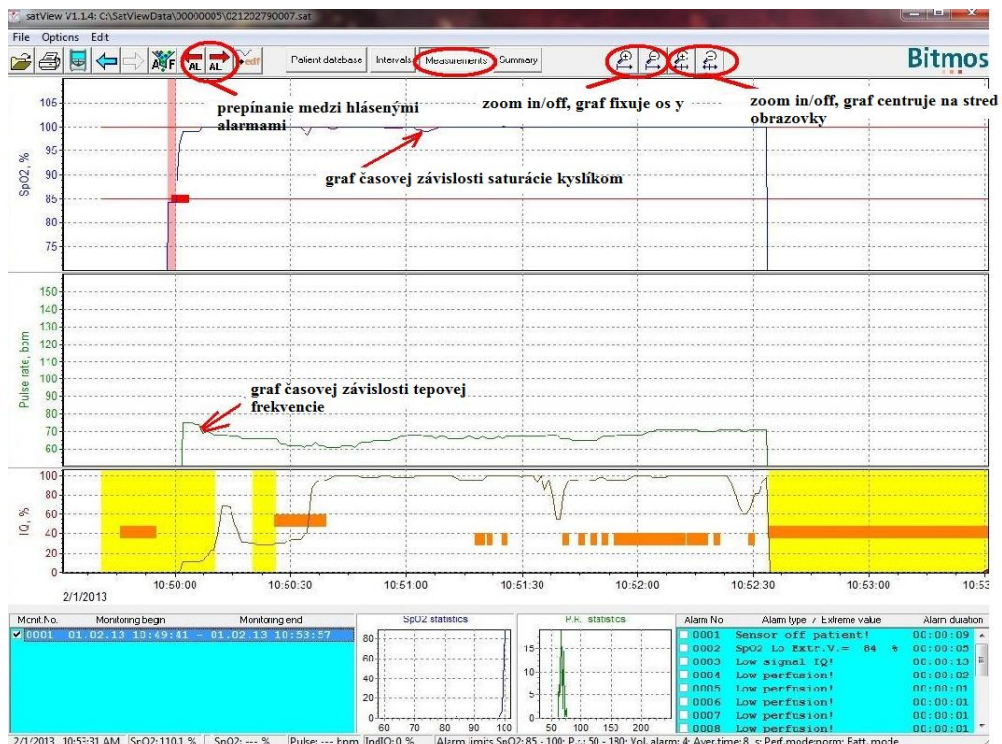
10. Zapnite oximeter vypínačom (6).
11. Prístroj automaticky navrhne prenos dát. Ak nie, stlačte ikonu DOWNLOAD DATA (3. ikona na lište). Na displeji sa objaví blikajúca batéria.



12. Synchronizujte čas PC s časovým údajom na oximetri stlačením TRANSFER PC TIME.
13. Stlačte DOWNLOAD DATA, načítajú sa posledné namerané údaje z oximetra do počítača.
14. Načítané údaje prezrite v počítači dvojitým kliknutím na číslo súboru, vľavo dole v okne RECORDS.



15. Namerané údaje prezerať cez voľby na lište: INTERVALS, MEASUREMENTS a SUMMARY.



16. V okne MEASUREMENTS posúďte priebeh kriviek, vzťahnite zmeny hodnôt k pohybovému stavu pacienta. Graficky zobrazte priebeh SpO₂ a TF kriviek do protokolu.
17. Stanovte, aký časový interval odpovedá prechodu z oblasti zmien SpO₂ a TF opäť do oblasti pokojových hodnôt. Pre zobrazenie na obrazovke začiatok a koniec časového úseku označte dvojitým kliknutím ľavého tlačidla myšky na grafický záznam.
18. Po vyhodnotení záznamu vymažte namerané údaje, stlačením ikony DELETE PATIENT DATA (6. ikona na lište).
19. Na ukončenie činnosti odpojte pulzný oximeter od PC a vypnite pulzný oximeter aj PC.

Možné príčiny straty signálu:

- senzor príliš tlačí na prst
- pri meraní je prítomné veľmi silné rušivé svetelné žiarenie z iného zdroja
- pacient má hypotenziu, závažnú vazokonstrikciu, ťažkú anémiu alebo hypotermiu
- pacient má problémy so srdcom alebo je v šoku
- silné prekrvenie tkaniva spôsobujúce, že aj žilová krv pulzuje
- modrá farba laku na nechty môže ovplyvniť hodnotu SpO₂.