

Snímání dechové aktivity pomocí NiTi senzorů

Bc. Vendula Tomešová, Ing. Jiří Jelínek, Ph.D.

Abstrakt

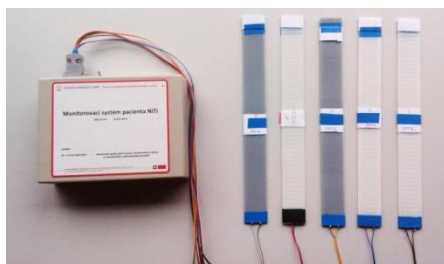
Tato práce upozorňuje na problematiku detekce dechové aktivity měřené ve spánkové laboratoři a kontaktní monitorace ležících pacientů. Jsou zde shrnuty artefakty spojené s kontaktním snímáním a výhody, které nekontaktní způsob nabízí. Čidlo tvoří dva podlouhlé plastové kryty, které deformují superelastický nitinolový drátek. Tak je převáděn vyvíjený tlak na změnu napětí. Sensory jsou umístěny pod pacientem, na matraci v provedení 5 čidel v oblasti trupu. Náplní projektu je navrhnout nekontaktní monitoraci dýchání pomocí NiTi senzorů včetně vyhodnocovacího algoritmu, vyzkoušet je pomocí dostupného přístrojového vybavení ve spánkové laboratoři, porovnat s konvenčními způsoby a zhodnotit jejich efektivitu.

Úvod

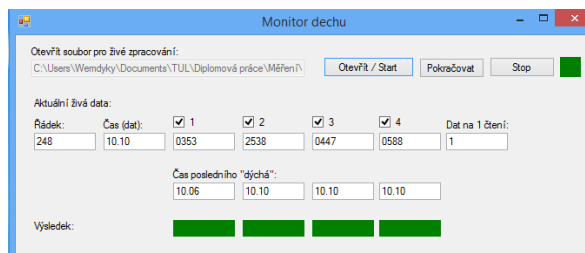
Cílem projektu je realizovat systém NiTi snímačů, měřicího systému a vyhodnocení, které umožní snímání dechové aktivity u ležícího pacienta netradičně, bez přímého kontaktu s tělem pacienta. Bezkontaktní způsob monitorace zvyšuje komfort pacienta a eliminuje komplikace, které jsou s přímým snímáním spojeny. Standartní senzory tvoří elastické pásy snímající roztažnost hrudníku. Komplikace nastávají kvůli volným pohybům pacienta a spojovacím drátům, při jiné pozici než na zádech čidla takřka nesnímají. NiTi senzory snímají tlak vyvíjený pacientem na podložku a to v jakékoli poloze, nejsou umístěny přímo na těle, jsou citlivé a spolehlivé, pro pacienta komfortní.

Experiment a metody

Čidla tvoří dva plastové kryty vyrobené na 3D tiskárně, které na vnitřní straně disponují výběžky, kterými do sebe navzájem zapadají. Ty deformují superelastický nitinolový drátek ukotvený mezi kryty. Slitina nitinol (nikl + titan) disponuje superelasticitou, které je docíleno tepelným žháním materiálu, které upravuje hysterezi v odporové charakteristice materiálu v závislosti na deformaci, tj. vyvíjeném tlaku. Superelastická a tím spojená tvarová paměť, tedy rychlá návratnost do původního rovného tvaru, zajišťuje rychlou a dostatečně velkou odezvu při působení vnějších sil F [N], tlaku p [Pa], na senzor. Působením vnějších sil na NiTi drát se materiál deformuje, mění svůj vnitřní odpor R [Ω]. Ten je převáděn na změnu napětí U [V], jejíž hodnoty jsou online vykreslovány a ukládány do *.txt, odkud v reálném čase vyčítá hodnoty algoritmus na vyhodnocení, který v případě dlouhé odmlky či příliš nízké výchylky spouští signalizaci pro technika nebo ošetřující personál. Ihned po ukončení působení vnějších sil na senzor se materiál vrací do původního stavu po úzké hysterezní křivce a vykazuje výchozí hodnoty odporu. Každé čidlo je vyráběno ručně, drát je natažen o nepřesném pnutí, klidové hodnoty čidel jsou tedy individuální a pohybují se přibližně v rozmezí 240 – 270 Ω . Hodnotu lze ručně upravit potenciometri.



Obrázek 1: NiTi čidla s převodníkem



Obrázek 2: Vyhodnocování dechové aktivity

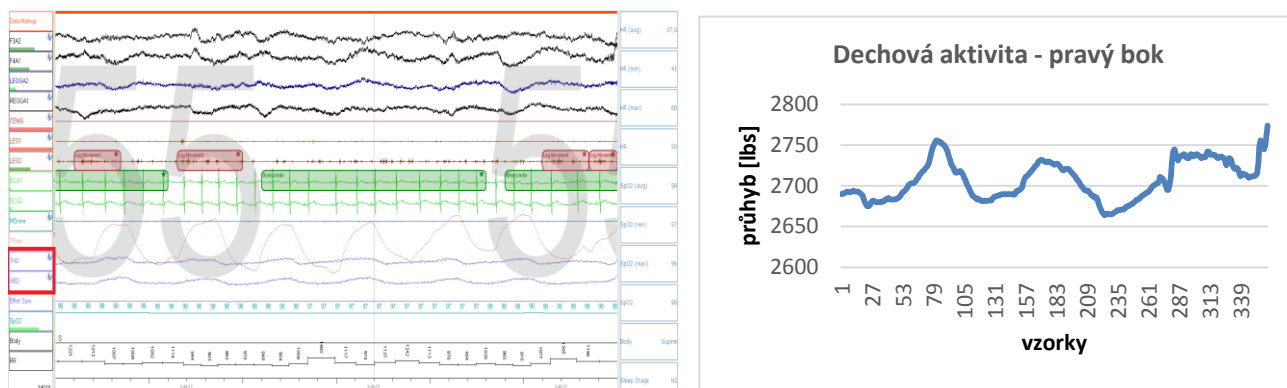
Rozšířený Abstrakt

Čidlo je v posteli umístěno napříč, délku čidla požadujeme co nejdelší, jak umožňuje 3D tisk. V našem případě se jedná cca o 25 cm, šířka čidla je takřka libovolná, 4 cm považujeme za přijatelnou. Výšku požadujeme co nejnížší, do 0,5 cm a materiál elastický plast, tuhost materiálu se odlišuje dle umístění. Pro snímání dechové aktivity je ideální počet 5 čidel poskládaných pod sebou. Zajišťují snímání roztažnosti hrudníku a beder, popř. břicha. Vrchní čidlo je umístěno pod lopatkami, spodní v polovině beder, 3 zbylá čidla jsou mezi krajními rovnoměrně poskládána. Senzor je umístěn na matraci, pod prostěradlem.

Čidlo má výstup na USB, komunikace s převodníkem probíhá na 6 kanálech, 24 bit. Elektronika nutná k převodu signálu do PC se skládá z multiplexoru, zesilovače, USB rozhraní. Tento převodník s čidly dokumentuje obrázek 1. Konzole je umístěna pod postelí. S notebookem se systémem pro záznam, vykreslení a vyhodnocení signálu je spojena pomocí USB. Aplikace pro vyhodnocení je k vidění na obrázku 2.

Výsledky a diskuze

Dechovou aktivitu se podařilo zaznamenat ve všech testovaných polohách při spánku a odpočinku. Systém byl testován ve spánkové laboratoři při celonočních měření i v domácí péči. Čidla i vyhodnocování se osvědčily i při ztížených podmínkách. Porovnání záznamu dechu z polysomnografu (PSG) s elastickými pásovými čidly a NiTi čidly demonstruje obrázek 1 a 2.



Obrázek 3. Vlevo záznam dechové aktivity pomocí PSG, vpravo pomocí NiTi senzorů

Závěr

Měření prokázala, že systém je schopen zaznamenat dechovou aktivitu pacienta s dostatečnou přesností. Pomocí NiTi senzorů je možno detekovat dýchání i při poloze pacienta při libovolné poloze, např. naboku, což je při užití konvenčních elastických pásů vysoce neefektivní. Pacienti čidla nezaznamenali, přestože byli monitorováni kontinuálně po celou noc, čidla jsou komfortní, spolehlivá, jejich citlivost lze kalibrovat dle umístění, váhy, typu snímání akce a požadované citlivosti, např. poloha, epileptický záchvat, syndrom neklidných nohou, dýchání novorozenců apod. Cena čidel se odvíjí od způsobu výroby krytů a množství vyráběných dílů. Aplikace pro vyhodnocení signálu pracuje online, je flexibilní a jednoduchá. Systém je schopen obstát v klinické praxi.

Reference

- [1] Geyer J. D, Carney P. R, Payne T. A, *Atlas of Polysomnography*. Druhé vydání. Philadelphia, LWW, 2010. ISBN 9781605472287.
- [2] Jelínek J, *Měření fyzikálních veličin*. Liberec: Přednášky Technická univerzita v Liberci, 2014.
- [3] NDC [online]. *Nitinol Facts*. Dostupné na WWW: <http://www.nitinol.com/nitinol-university/nitinol-facts>.