

POREĐENJE NIRS UREĐAJA PRIMENJENIH U SPORTU**COMPARISON OF NIRS DEVICES USED IN SPORTS**Goran Maksimović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu su prikazane osnove NIRS uređaja, zasnovanog na upotrebi blisko-infracrvene spektroskopije. Opisana je njegova upotreba u sportu i izvršeno je poređenje različitih NIRS uređaja primenjenih u sportu.

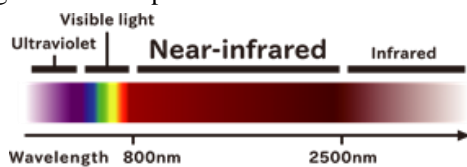
Ključne reči: *Blisko-infracrvena spektroskopija, NIRS, SmO₂, FTP, LT, PortaMon, Moksi Monitor, Humon Heks, BSX senzor*

Abstract - *The paper presents the basics of a NIRS device, based on the use of near-infrared spectroscopy. Its use in sport is described and a comparison of different NIRS devices used in sport is made.*

Keywords: *Near-infrared spectroscopy, NIRS, SmO₂, FTP, LT, PortaMon, Moxi Monitor, Humon Hex, BSX insight*

1. UVOD

Blisko-infracrvena spektroskopija ili skraćeno NIRS, je spektroskopska metoda koja koristi blisko-infracrvenu oblast elektromagnetnog spektra (od oko 800nm do 2500nm). Standardna primena je u medicinskoj i fiziološkoj dijagnostici i istraživanjima, rehabilitaciji, sportskoj medicini, pulsnoj oksimetriji, neonatalnim istraživanjima, treningu vrhunskih sportista.



The wavelength range of near-infrared is 800–2500nm

Slika 1. *Talasne dužine blisko-infracrvene svetlosti*

Postoji veliki broj različitih NIRS uređaja koji se primenjuju radi poboljšanja treninga sportista. U ovom radu će biti opisane njihove sličnosti i razlike na osnovu dimenzija, funkcija, mesta i načina upotrebe i mnogih drugih karakteristika.

2. OSNOVE NIRS-a**2.1. Osnovni principi**

Sve ćelije u svim organima tela imaju konstantnu, ali promenljivu potrebu za kiseonikom. Međutim, mogućnost

tela da skladišti kiseonik je minimalna. Neophodno je konstantno i adekvatno snabdevanje tkiva kiseonikom putem cirkulacije. Svako smanjenje oksigenisanosti tkiva će vrlo brzo dovesti do nepovratnog oštećenja.

Optička oksimetrija i NIRS su tehnike za procenu stanja oksigenisanosti i hemodinamike različitih organa, na primer mišića ili mozga na neinvazivan način. Oslanjaju se uglavnom na dve karakteristike ljudskog tkiva. Prva je, relativna transparentnost tkiva za svetlost u blisko-infracrvenom opsegu, a druga je, apsorpcija hemoglobina u zavisnosti od oksigenisanosti [1,2]. Koristeći više različitih talasnih dužina, relativne promene koncentracije hemoglobina se mogu prikazivati kontinualno.

Definisanje algoritma koji koristi NIRS, zahteva spektralne koeficijente ekstincije različitih hromofora. Spektri dva glavna hromofora su oksihemoglobin (O₂Hb) i dezoksi-hemoglobin (HHb).

Suma O₂Hb i HHb je mera ukupnog volumena hemoglobina (tHb) u tkivu [1,3]. Mišićno tkivo sadrži još dva hromofora: oksimoglobin (O₂Mb) i dezoksio-globin (HMb). Da bi razlikovali hemoglobin i mioglobin u mišićnom tkivu, spektri moraju biti dovoljno različiti. Nažalost, ovo nije slučaj u blisko-infracrvenoj oblasti spektra. To znači da NIRS ne može razlikovati da li izmerenu koncentraciju kiseonika prenosi hemoglobin ili mioglobin. Talasne dužine koje mogu odrediti razlike između hemoglobina i mioglobina ne mogu prodrati dovoljno duboko u tkivo.

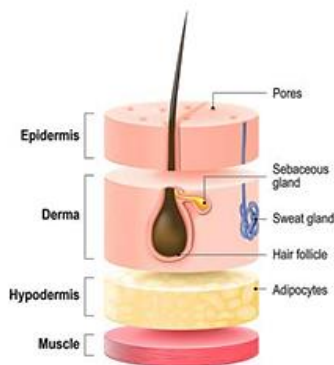
2.2. Upotreba NIRS uređaja u sportu

Vidljiva i infracrvena svetlost može da putuje kroz biološka tkiva, a crvena i blisko-infracrvena područja su korisna za instrumentaciju. Dok se svetlost kreće kroz mišiće, masti i kožu, ona se raspršuje i identifikuje oksigenisane i dezoksigenisane krvne ćelije [4]. Poput vena i arterija koje imaju iluzorne boje plave i crvene, svetlost može pomoći u prepoznavanju preciznog fiziološkog stanja površinskih mišića. Izvlačenjem tih svetlosnih podataka, treneri zaista mogu dobiti uvid u ono što se događa tokom treninga. Međutim, kao i u svemu, potrebna je edukacija i dobar plan za korišćenje podataka nakon što budu prikupljeni.

Čitanja zahtevaju postupak izrade algoritama zbog znoja, količine telesne masti i drugih prirodnih faktora. Prikupljanje validnih i tačnih podataka iz mišića ispod slojeva tkiva je veoma komplikovan proces. NIRS sistemi su kalibrisani za uzorkovanje mišićnih grupa sa visokim nivoom preciznosti i ako se uloži malo više vremena, prikupljene informacije predstavljaju šta se dešava ispod površine kože [5].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada, čiji mentor je bio prof. dr Platon Sovilj.



Slika 2. Prikaz različitih slojeva kože

Treneri bi trebali da budu veoma zainteresovani za NIRS, jer se sve češće prelazi sa merenja otkucaja srca i laktata na neinvazivne metode. Testiranje laktata ili praćenje rada srca nije neprikladno i ne zastareva, ali samo oksigenisanost mišića ima nezavisnu vrednost. NIRS sistem može da odgovori na pitanja koje većina trenera ne bi ni pretpostavljala. Konkretno, NIRS odgovara na sledeća pitanja:

Medicina: Programi za povratak u igru mogu reći da li je trening primeren ili agresivan, bez rizika da se sportisti ponovo povrede.

Performanse: Treneri mogu da primete kondicione trendove lokalnih mišićnih grupa umesto sistemskih globalnih promena. Što je još važnije, treneri mogu otkriti koji fiziološki sistem sprečava njihove sportiste da se poboljšaju.

Ishrana: Istraživači i nutricionisti mogu da istraže kako ishrana utiče na vazodilataciju, kao i ostale uticaje hrane i suplemenata na zdravlje i performanse.

Oporavak: Profesionalci, bilo da su treneri ili čak sportski naučnici, mogu videti kako rehabilitacija i treninzi olakšavaju oporavak.

Postoje i drugi razlozi zbog kojih bi sportsko osoblje koristilo NIRS sa sportistima, ali u najvećem delu ova četiri zahteva u četiri kategorije, sjajni su primeri koji ilustruju potencijal tehnologije [5].

2.3. Potreba za merenjem lokalne oksigenisanosti mišića

Sasvim je razumno držati se štoperice i plana vežbi, bez bilo kakvog merenja ili nadgledanja treninga. Ljudsko telo je veoma kompatibilno i čudesno je u prilagođavanju različitim programima treninga. Nažalost, sportista nije besmrtno, a neki treninzi mogu prouzrokovati povrede ili uništiti karijeru. Ako želite direktne odgovore na treningu, morate da procenite za šta je sportista sposoban.

Cilj NIRS-a je da pomogne u rešavanju misterija kondicioniranja. Nije da ne znamo kako telo funkcioniše - imamo dobru ideju - ali ne znamo tačno, kako se svaki sportista može poboljšati kada se približi svom genetskom plafonu.

Presek biomehanike i fiziologije vežbanja je u tome gde leži vrednost NIRS-a. Na osnovu povratnih informacija o sportu i iskustva naučnika koji su koristili NIRS, njegova snaga je merenje oksigenisanosti mišića. Pored kardiorespiratornih treninga ili treninga radi smanjenja otkucaja srca, NIRS direktno i ekološki cilja i specifične mišićne grupe i različite oblike pokreta.

Otkucaji srca su odlični i testiranje razmene gasova je korisno za sportiste koji se bave ekstremnom izdržljivošću, ali izvođenje VO_2 maksimalnog testa za košarkaša nije od velike pomoći. Testiranje laktata je vrlo relevantno i korisno, ali razlika između uzorkovanja krvi i lokalnog testiranja mišića je u tome što je prvo globalna reprezentacija, a drugo lokalna pojava [5].



Slika 3. Treneri imaju tendenciju da žele postupke koji su jednostavni za razumevanje, a NIRS testiranje cilja na dosledan napredak.

3. NIRS UREĐAJI PRIMENJENI U SPORTU

Nauka konstantno napreduje i sve se više upotrebljava u svakodnevnom životu. Pored korišćenja standardnih uređaja kao što su televizor, računar i mobilni telefon, ljudi postepeno ubacuju tehniku i u segment fizičke aktivnosti. U te svrhe, dosad su se uglavnom koristili samo pametni satovi koji mere rad srca, odnosno puls. Međutim, u poslednje vreme, razvojem NIRS uređaja akcenat je stavljen i na praćenje rada mišića na osnovu njihove zasićenosti kiseonikom. Neki od njih će biti opisani detaljnije u nastavku rada.

3.1. PortaMon

PortaMon je portabilni wireless NIRS uređaj specijalno dizajniran za istraživanje mišića. On koristi bluetooth mrežu, koja čak omogućava trenutno snimanje dok je osoba u pokretu. Na većim razdaljinama PortaMon takođe može sačuvati svoje podatke, spremne za korišćenje kada se povežemo na računar [6].



Slika 4. PortaMon uređaj

PortaMon se uglavnom koristi za istraživanja u sportu, ali se takođe može koristiti i u rehabilitaciji.

Primena:

- Merenje oksihemoglobina, dezoksihemoglobina i ukupnog hemoglobina u mišićnom tkivu
- Omogućava uvid u lokalnu potrošnju kiseonika, volumen krvi i protok krvi
- Merenje zasićenosti kiseonika u tkivu

3.2. Moksi Monitor

Moksi Monitor je NIRS uređaj koji meri nivo kiseonika u mišićima tokom treninga. Moksi jedinica je nosiva, bežično se povezuje na pametni uređaj kao što je tablet i uključuje softver za analizu. Pored izvornog softvera koji je kompanija napravila, drugi programeri su proširili izbor softvera za analizu dodatnih vrednosti. Nekoliko potrošačkih proizvoda je dolazilo i nestajalo, ali Moksi je uspeo jer je verodostojan za iskusnog trenera, a ipak prilagođen za individualne sportiste. Može da se poveže jedan senzor, ali mnogi korisnici povezuju više senzora kako bi uporedili povređene mišiće sa zdravima, različite mišiće koji su pod stresom ili promene na mišićnim grupama koje se ne koriste mnogo tokom vežbe [5].

Moksi senzor je srce Moksi Monitor sistema. Njegove diode i foto detektori zajedno stvaraju spektrometar koji omogućava merenje kiseonika u mišićima. Potpuno funkcionalan i samostalan, Moksi senzor ima bateriju za napajanje, mikroprocesor za rad spektrometra i memorijski čip za skladištenje podataka; takođe ima radio predajnik za slanje podataka uživo na druge uređaje [7].

Moksi pruža fiziološke povratne informacije u realnom vremenu za bilo koji sport: dovoljno je jak da izdrži poteškoće pri vožnji motokrosa i u ragbiju; dovoljno je siguran da funkcioniše i u bazenu; dovoljno je prenosiv za nošenje na fudbalskom terenu. Moksi prenosi fiziološki nadzor iz laboratorije i u stvarni svet sporta.



Slika 5. Moksi Monitor uređaj

3.3. Humon Heks

Humon Heks senzor za mišićni kiseonik je upravo to - senzor za kiseonik u mišićima, meri se zasićenost mišića kiseonikom (SmO_2). On je prvi klinički potvrđen senzor za merenje kiseonika u mišićima [8]. Najčešće se koristi za neinvazivno merenje laktatnog praga(LT).



Slika 6. Humon Heks uređaj

Humonovi napredni pokazatelji performansi se koriste za:

- Dobijanje povratnih informacijama u realnom vremenu
- Smanjenje povreda nadgledanjem zagrevanja i oporavka
- Praćenje napretka pomoću laboratorijskih procena

Kako se koristi

- Podaci su beskorisni bez velikog zagrevanja. Proći će dosta vremena pre nego što se vaši mišići potpuno oksigenišu i zagreju, 10 ili 15 minuta zagrevanja to neće učiniti. Umesto toga, zagrevanje zaista traje najmanje 25-30 minuta. Zagrevanje uključuje dva procesa - povećanje protoka krvi (i mišićnog kiseonika) i potpuno proširenje

krvnih sudova [9]. Isti trening može izgledati potpuno drugačije na uređaju sa ili bez dobrog zagrevanja - i da, osetićete i tu razliku (tj. vežbanje uz pravilno zagrevanje će ići mnogo bolje).

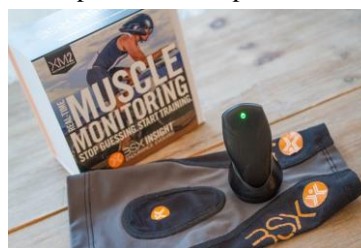
- Ne očekujte savršenstvo - biološki sistemi nisu mehanički sistemi. Za razliku od fizičkih sistema koji se ponašaju na savršeno predvidivi način, živi organizmi nisu u potpunosti predvidivi. Jednostavno je previše faktora koji čine vaše telo teško predvidivim. Iako možete reći da su vaše vrednosti FTP testa (određivanje funkcionalnog praga snage) prilično predvidive, to je posledica zato što ulazite u svoje FTP testove sa dobrim očekivanjem o tome koji će biti vaši ciljevi i na taj način ga činite predvidivim. Ako ste sve svoje FTP testove "slepili" za vaše trenutne performanse, pretpostavka je da će vaše testne vrednosti biti prilično raznolike. Suprotno tome, sa očitanjem mišićnog kiseonika, ne možete iskriviti rezultate - oni su jednostavno takvi kakvi jesu [9,10].

3.4. BSX senzor

BSX senzor je nosiv uređaj koji se koristi za merenja nivoa kiseonika u mišićima u realnom vremenu. Želite trenirati pametnije? Treba vam uvid u to šta vam telo govori. Profesionalni sportisti dugo su zavisili od ispitivanja izdržljivosti u laboratorijama da bi stekli prednost nad konkurentima [11].

Senzor vam daje iste rezultate kao laboratorijski test, ali koristi LED svetla umesto igala da bi ušao u mišić. Koristeći već patentiranu tehnologiju laktatnog praga, meri i aerobnu i anaerobnu kondiciju. Time daje kompletan pregled atletskih sposobnosti koje omogućavaju sportisti da optimizuje trening na različite energetske nivoe i praćenje poboljšanja tokom vremena. To znači da nema težih terenskih testova ili bolnih poseta laboratorijama.

Mnogi veruju da ove informacije predstavljaju buduću metriku za nivo napora, umora, oporavka i kondicije.



Slika 7. BSX senzor

Uvid u BSX senzor

Iako se laboratorijski rezultati ne prenose uvek na navike treniranja, a rutinsko vađenje krvi nije praktično, BSX senzor daje trenutne podatke koji daju snažne rezultate. Vodeća tehnologija i inovacije zasnovane na sportistima znače da su se svakodnevnim treninzima upravo pretvorili u zlatni standardni trening laktatnih pragova.

BSX senzor koristi LED svetla da "pogleda" u mišić lista noge. Dok svetlosni niz prolazi kroz mišićno tkivo, on se oblikuje hromatoforima (ili karakteristikama markera) tkiva koje su jedinstvene. To stvara biološki signal koji se snima i obrađuje BSX algoritmima kako bi se stvorio jedinstveni profil. Analizom hiljada karakteristika signala stvara se vrednost laktatnog praga jednako tačno kao i metode zasnovane na krvi [11-13].

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu su opisane osnove NIRS tehnologije, detaljno je opisana upotreba NIRS uređaja u sportu. Takođe su detaljno opisani različiti NIRS uređaji i izvršeno je njihovo međusobno poređenje.

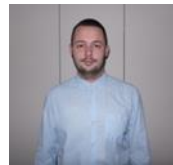
U današnje vreme, tehnologija se razvija velikom brzinom i sve je zastupljenija kako u medicini tako i u drugim sferama života ljudi. Neki od glavnih ciljeva medicine su minimizacija aparata i neinvazivnost i u tom smeru se razvija moderna tehnologija. Kao primer te tehnologije su nastali NIRS uređaji. Najčešće se koriste za dijagnostiku bolesti ili povrede, a u poslednje vreme postaju zastupljeniji i u sportu.

U profesionalnom sportu najvišeg nivoa, treneri sve više koriste NIRS uređaje. Uz pomoć određenih merenja, formiraju plan treninga na osnovu kojeg će njihovi sportisti moći najbolje da napreduju uz optimalan utrošak energije. Najčešće se vrše ispitivanja pri trčanju i vožnji bicikla, međutim uz dobru izolaciju i zaštitu tako da uređaj bude vodootporan, moguće je izvoditi merenja i tokom plivanja. U oblasti oporavka i rehabilitacije, ova tehnika može da omogućiti kako sagledati efekte oporavka pri potapanju u leđenu vodu i kakav to uticaj ima na protok krvi i nivo oksigenisanosti u mišićima. S obzirom na sve navedeno, NIRS uređaji imaju potencijal da postanu nezostavni deo treninga vrhunskog sportiste u budućnosti.

5. LITERATURA

- [1] Chris J. McManus, Jay Collison, Chris E. Cooper: "Performanse comparison of the MOXY and PortaMon near-infrared spectroscopy muscle oximeters at rest and during exercise", Journal of Biomedical Optics 23(1), 015007 (2018)
- [2] Moxy Monitor: "The science behind Moxy", dostupno na www.moxymonitor.com, datuma: 06.12.2019.
- [3] Humon: "Interval training with muscle oxygenation", dostupno na www.humon.io, od datuma: 20.06.2017.
- [4] Moxy Monitor: "Introduction to muscle oxygen monitoring with Moxy", dostupno na www.moxymonitor.com, datuma: 06.12.2019.
- [5] Carl Valle: "How to use the Moxy monitor with athletes", dostupno na www.simplifaster.com/articles/moxy-monitor-athletes-uses/, od datuma: 18.10.2018.
- [6] PortaMon leaflet, dostupno na www.artinis.com/portamon datum: 06.12.2019.
- [7] Moxy Specifications sheet, dostupno na www.moxymonitor.com, datuma: 06.12.2019
- [8] Humon Muscle Oxygen Sensor, dostupno na www.humon.io, datuma: 06.12.2019.
- [9] Ken Nakata: "Using the Humon muscle oxygen sensor", dostupno na www.athletictimemachine.com/2018/03/29/humon-muscle-oxygen-sensor, od datuma: 29.03.2018.
- [10] Humon, Dr. Pamela Anderson, PhD: "The limitations of training with heart rate and the crucial information muscle oxygenation can offer you", dostupno na www.humon.io, od datuma: 05.05.2017.
- [11] BSX Insight technology, dostupno na www.bsxinsight.com/technology, datuma: 06.12.2019.
- [12] BSX Athletics: "What is BSX Insight and how does it work?", dostupno na support.bsxinsight.com/hc/en-us/articles/204394525-What-is-BSXinsight-and-how-does-it-work, datuma: 06.12.2019.
- [13] Ray Maker: "BSX Insight Gen2 in-depth review", dostupno na www.dcrainmaker.com/2016/01/insight-depth-review.html, od datuma: 20.01.2016.

Kratka biografija:



Goran Maksimović rođen je u Novom Sadu 05.05.1994. Diplomirao je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, na smeru Biomedicinsko inženjerstvo 2018. godine. Nakon završetka osnovnih akademskih studija, upisao je master studije na Fakultetu tehničkih nauka, smer Energetika, elektronika i telekomunikacije.