CYBATHLON - NATJECANJE OSOBA S INVALIDITETOM UZ POMOĆ BIONIČKE TEHNOLOGIJE

Jurković, Valentina

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:376108

Rights / Prava: Attribution-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(studij za stjecanje akademskog naziva:

magistar kineziologije)

Valentina Jurković

CYBATHLON - NATJECANJE OSOBA S INVALIDITETOM UZ POMOĆ BIONIČKE TEHNOLOGIJE

diplomski rad

Mentor:
izv. prof. dr. sc. Pavle Mikulić

Zagreb, rujan, 2019.

Ovim potpisima se potvrĎuje da je ovo završena verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjiţnici.

Mentor:

_____

Student:

_____

CYBATHLON - NATJECANJE OSOBA S INVALIDITETOM UZ POMOĆ BIONIČKE TEHNOLOGIJE

Sažetak

Asistivna tehnologija osobama s invaliditetom omogućuje obavljanje svakodnevnih aktivnosti, bolje snalaţenje u raznim ţivotnim situacijama, a moţemo reći da im povećava i ukupnu kvalitetu ţivota. Interakcijom asistivne tehnologije kojom se sluţe osobe s invaliditetom te novim otkrićima u bioničkoj tehnologiji, Cybathlon se prepoznaje kao novi, obećavajući aspekt natjecanja osoba s invaliditetom. Cybathlon radi korak naprijed u boljem prihvaćanju i snalaţenju osoba s invaliditetom u društvu tako što razvija novi sustav natjecanja uz pomoć najnovije tehnologije, ne bi li osobama s invaliditetom olakšao svakodnevni ţivot te unaprijedio kvalitetu ţivota.

Ključne riječi: ručna proteza, noţna proteza, egzoskeleton, funkcionalna električna stimulacija

CYBATHLON - THE COMPETITION OF PEOPLE WITH DISABILITIES WITH BIONIC TECHNOLOGY ASSISTANCE

Abstract

Assistive technology enables people with disabilities to perform daily activities, to confront in various situations and to increase their quality of life. The interaction of assistive technology used by people with disabilities and the new discoveries in bionic technology, Cybathlon is recognized as the new and the promising aspect of competition for people with disabilities. Cybathlon takes a step forward in accepting these people, in order to develop a new competition system with the help of the latest technology, to make their daily lives easier and to improve their quality of life.

Key words: arm prosthesis, leg prosthesis, exoskeleton, functional electrical stimulation

Sadržaj

1. UVOD 1

1.1. O Cybathlonu 2

2. DISCIPLINE 5

2.1. **Utrka u sustavu sučelja mozga i računala / *Brain-Computer Interface Race (BCI)*** 6

2.1.1. Opis i pravila zadatka 7

2.2. **Biciklistička utrka na funkcionalnu električnu stimulaciju / *Functional Electrical Stimulation Bike Race (FES)*** 8

2.2.1.a Opis zadatka 8

2.2.1.b Pravila zadatka 9

2.3. **Utrka s nošenjem ručne proteze na pogon / *Powered Arm Prosthesis Race (ARM)*** 9

2.4. **Utrka s nošenjem nožne proteze na pogon / *Powered Leg Prosthesis Race (LEG)*** 12

2.5. **Utrka s nošenjem egzoskeletona na pogon / *Powered Exoskeleton Race (EXO)*** 14

2.6. **Utrka invalidskim kolicima na pogon / *Powered Wheelchair Race (WHL)*** 16

3. OPIS POKRETA PO DISCIPLINAMA 19

4. ZAKLJUČAK 27

5. LITERATURA 29

1. UVOD

Asistivni ureĎaji sluţe osobi s invaliditetom da bolje funkcionira u svakodnevnom ţivotu te postigne višu kvalitetu ţivota u svom domu i u zajednici u kojoj ţivi te postigne najviši stupanj samostalnosti (Bošković, 2016). Kvaliteta ţivota definira se, prema Krizmaniću i Kolesariću (1989), kao subjektivno doţivljavanje vlastitog ţivota odreĎeno objektivnim okolnostima u kojima osoba ţivi, karakteristikama ličnosti koje utječu na doţivljavanje realnosti i njenog specifičnog ţivotnog iskustva. Preduvjeti za kvalitetan ţivot su puno i aktivno sudjelovanje u interakcijskim i komunikacijskim procesima, kao i razmjena u okviru fizičkoga i društvenog okruţenja.

Stoga, prema mišljenju autorice, fizičko okruţenje ima ulogu u poboljšanju kvalitete ţivota osoba s invaliditetom: prilagoĎavanjem infrastrukture, prilaza zgradama, omogućavanje u sudjelovanju svim aktivnostima koje su onemogućene upravo zbog neprilagodljivosti gradnje objekata.

Prema istraţivanju Tarandek i Leutar (2017) osobe s invaliditetom smatraju svoj ţivot kvalitetnijim ukoliko je njihov udio u sudjelovanju kod kućanskih i obiteljskih poslova učestaliji. Većinu Cybathlonovih disciplina čine izvedbe kućanskih poslova i suočavanje sa svakodnevnim situacijama. Autorica smatra kako asistivna tehnologija koja se koristi u ovom natjecanju ima potencijal uvelike povećati kvalitetu ţivota osoba s invaliditetom, kada bi bila dostupna široj populaciji.

McVeigh i sur. (2009) proveli su istraţivanje o povezanosti kvalitete ţivota i integraciji u društvenu zajednicu kod osoba sa spinalnom ozljedom uključenih i neuključenih u sportske aktivnosti te je ono pokazalo da su osobe uključene u sportsku aktivnost bolje integrirane u društvenu zajednicu.

Osim činjenice kako asistivna tehnologija pridonosi kvaliteti ţivota, postoji druga strana koja je često zanemarena. Asistivna tehnologija moţe potencirati ozljede osoba koje se njom sluţe. Sam primjer su neke od disciplina u Cybathlonu gdje se tijekom razvoja za odreĎenu disciplinu prolazilo kroz brojne potencijalne tipove asistivne tehnologije ne bi li se došlo do najsigurnijeg finalnog oblika pomagala. Primjerice, kod biciklističke utrke na funkcionalnu

električnu stimulaciju, velik dio vremena je uloţen na efikasan odnos pedala i kuta sjedala da se izbjegne ozljeda zglobova donjih ekstremiteta zbog opaţenih bolova kod sudionika (McDaniel,2017). TakoĎer, u poglavlju „Opis pokreta po disciplinama‒ s podnaslovom „Utrka s ručnom protezom na pogon―, opisano je kako su nelagoda i bol prisutne kod korištenja protetske ruke.

Cybathlon je veliki poticaj za razvoj ovakve vrste tehnologije; naime, asistivna tehnologija već se koristi odreĎeno vrijeme, no Cybathlon se prvi odlučio pokazati kako se njome moţe sluţiti u svakodnevnici te unaprijediti kvaliteta ţivota. Popularizacijom, omasovljenjem ovog tipa natjecanja moţe se doći do sponzorstva te time omogućiti većem broju osoba s invaliditetom sluţenje tom tehnologijom. Potencijalan je progresivan napredak i adaptacija pomagala svakom stanju i osobi. Na taj način, spoznaje bi omogućile smanjen broj mogućih ozljeda kao posljedice korištenja ove vrste tehnologije, zatim, povećala bi se svijest i razumijevanje za osobe s invaliditetom te kvaliteta njihovog ţivota. Uz pomoć najnovijih otkrića iz bioničke tehnologije koja je produkt svakodnevnih istraţivanja te potaknuta Cybathlonom, razvijaju se pametne proteze i ureĎaji koji bi u skorije vrijeme mogli postati dostupni široj populaciji.

1.1. O Cybathlonu

U Cybathlonu je zastupljeno šest različitih disciplina koje obuhvaćaju različita pomagala: od sportskih proteza bez stimulacije (pokreti odreĎenog ekstremiteta izvode se snagom preostalih mišića) do proteza koje su stimulirane vanjskim izvorom energije (primjerice, elektromotorna kolica). Osim navedenih aktivnosti uključene su aktivnosti koje su vezane za električne potencijale mozga koji preko odreĎenih pomagala aktiviraju sučelje računala.

Cybathlon nastoji posluţiti kao platforma za daljnja istraţivanja o sustavima pomoći za svakodnevnu uporabu i promicanje dijaloga s javnošću. Programeri bi trebali imati priliku razmjenjivati ideje i blisko suraĎivati s osobama s invaliditetom dok razvijaju svoje ureĎaje. Pod okriljem sveučilišta ETH Zürich, Cybathlon se provodi kao neprofitni projekt koji ima za cilj

razbiti barijere izmeĎu javnosti, osoba s invaliditetom i razvojnih inţenjera tehnologije organiziranjem jedinstvenih natjecanja. Natjecanja se organiziraju kao javni dogaĎaj.

Ciljevi Cybathlon-a su poticanje istraţivanja, razvoj i primjena tehnologije za osobe s invaliditetom, izgradnja zajedničke baze za razvojne inţenjere, osobe s invaliditetom te širu javnost, zatim informiranje javnosti i poticanje rasprava o uključivanju i jednakosti osoba s invaliditetom u svakodnevnom ţivotu te uklanjanje barijera izmeĎu javnosti, programera i korisnika tehnologije koja se razvija za Cybathlon natjecanja.

Gledajući milijune ljudi koji koriste sustave tehničke pomoći u svakodnevnom ţivotu, Robert Riener, voditelj katedre za senzomotorne sustave, ETH Zurich, pokrenuo je Cybathlon 2013. godine. Ideja za Cybathlon bila je inspirirana sportašima, kao što je prvi trkač koji je s motoriziranom protezom noge sudjelovao na utrci po stepenicama nebodera Willis Tower u Chicagu i prvi trkač s paralizom donjeg dijela tijela koji je koristio egzoskeleton za trčanje u londonskom maratonu.

Cybathlon je pokrenut kao baza za razmjenu informacija izmeĎu osoba s invaliditetom, pruţatelja tehnologije i javnosti kako bi se podigla svijest o izazovima s kojima se suočavaju osobe s invaliditetom i time promicati razvoj asistivnih tehnologija. Cybathlon je 8. listopada 2016. prvi put proveden u SWISS Areni u Klotenu u blizini Züricha. Kroz brojne intervjue i u okviru znanstvenog simpozija ojačan je i produbljen diskurs o potencijalima budućih tehničkih asistencijskih sustava koji bi olakšali uključivanje osoba s invaliditetom u šire društvo.

Cybathlon je postao značajan dogaĎaj koji je interaktivno prikazao uzajamno djelovanje ljudi i tehnologije. Ključne točke uspjeha saţete su u nastavku:

1. 66 sudionika suraĎivalo je s 56 ekipa iz 25 zemalja u šest disciplina;
2. 4.600 posjetitelja (rasprodanih), od kojih je 60% korisnika invalidskih kolica, više od 90% posjetitelja ocijenilo je Cybathlon vrlo zadovoljavajućim;
3. Više od 500 objavljenih tekstova u visokotiraţnim časopisima i novinama, npr. *Financial Times, New York Times, NZZ, Sports Illustrated, Spiegel, Stern, Tagesanzeiger, The Herald, Washington Post, Wired, Yumiori Shimbun;*

4. Snimljeni su dokumentarni filmovi na mnogim televizijskim kanalima, na primjer 3Sat, ARTE, BBC, CNN, NHK, SRF;
5. Više od 4500 videouradaka od timova, posjetitelja i medijskih agenata, npr. Engadget;
6. Objavljena istraţivanja u znanstvenim časopisima, npr. *Nature, IEEE Spectrum*, časopis za neurointţenjering i rehabilitaciju, IEEE magazin za robotiku i automatizaciju (Cybathlon, 2019).

2. DISCIPLINE

U ovom radu su predstavljene discipline, opće odredbe i pravila koja vrijede za dolazeće natjecanje 2020. godine objavljene na sluţbenoj internet stranici Cybathlon; Races and Disciplines (2018). Zadaci su odabrani i osmišljeni tako da predstavljaju tipične situacije s kojima se osobe s invaliditetom susreću u svakodnevnom ţivotu. Dok su neki od zadataka ostali nepromijenjeni u odnosu na Cybathlon 2016, drugi su neznatno izmijenjeni ili su novo osmišljeni zadaci.

Discipline za natjecanje su:

1. Utrka u sustavu sučelja mozga i računala / *Brain-Computer Interface Race (BCI);*
2. Biciklistička utrka na funkcionalnu električnu stimulaciju / *Functional Electrical Stimulation Bike Race (FES);*
3. Utrka s nošenjem ručne proteze na pogon / *Powered Arm Prosthesis Race (ARM);*
4. Utrka s nošenjem noţne proteze na pogon / *Powered Leg Prosthesis Race (LEG);*
5. Utrka s nošenjem egzoskeletona na pogon / *Powered Exoskeleton Race (EXO);*
6. Utrka na invalidskim kolicima na pogon / *Powered Wheelchair Race (WHL).*

Opće odredbe o načinu natjecanja:

U svakoj disciplini timovi se natječu za tri medalje: zlato, srebro i broncu. Sve pobjedničke ekipe (prvo, drugo, treće mjesto) dobivaju dvije nagrade, jednu za sudionika i jednu za pruţatelja tehnologije. Natjecanje u svakoj disciplini je podijeljeno na prethodne kvalifikacijske utrke nakon čega slijedi finale. Nije dopušteno izmjenjivati sudionika ili mijenjati tehničku opremu (ureĎaje ili dijelove ureĎaja) izmeĎu utrka, tj. samo sudionik koji ulazi u kvalifikacijsku utrku moţe započeti u kasnijim završnim utrkama s istom tehničkom opremom.

Kvalifikacijska natjecanja:

Svaki sudionik se prvo natječe u kvalifikacijskoj utrci. Na temelju rangiranja svih sudionika odreĎene discipline, utvrĎuje se koji sudionici se natječu u završnim utrkama. Najviše 16

sudionika se natječe u kvalifikacijskim utrkama u svakoj disciplini. U svakoj kvalifikacijskoj utrci sudjeluju četiri ili manje sudionika:

a) Sudionici rangirani od 1. do 8. mjesta u kvalifikacijskim utrkama određene discipline sudjeluju u finalu raspoređeni po skupinama determinirane prema uspješnosti.
b) Sudionici su rangirani od 1. do 4. mjesta (sudionici su rangirani kao 1. i 2. u slučaju FES utrke, gdje se samo dva sudionika natječu u svakoj utrci) u kvalifikacijskim utrkama sudjeluju u A finalnoj skupini. Sudionici rangirani od 5. do 8. mjesta u kvalifikacijskim utrkama (3. i 4. mjesto u slučaju FES biciklističkih utrka) napreduju na B finalnoj skupini. U slučaju FES biciklističke utrke, sudionici na 5. i 6. mjestu u kvalifikacijskim utrkama sudjeluju u C finalnoj skupini, a sudionici na 7. i 8. mjestu u kvalifikacijskim utrkama sudjeluju u D finalnoj skupini.
c) Sudionici i momčadi s A finalne skupine koji se rangiraju na 1.-3. mjesto dobivaju medalje. Četiri sudionika iz B finalne skupine natječu se za 5. do 8. mjesto. U slučaju FES Bike utrke, dva sudionika u A-finalu natječu se za zlatnu i srebrnu medalju. Dva sudionika u B-finalu natječu se za brončanu medalju.

2.1. Utrka u sustavu sučelja mozga i računala / *Brain-Computer Interface Race (BCI)*

Povijest sučelja mozak-računalo (u daljnjem tekstu SMR) je počela otkrićem doktora Hansa Bergera 1929. godine koji je pomoću EEG-a (eng. electroencephalography) uspio pokazati električnu aktivnost mozga na papiru. SMR uređaji spajaju se na mozak preko računalnog sustava. U periodu između 30-ih te 90-ih godina prošlog stoljeća nekoliko laboratorija diljem svijeta je uspjelo zabilježiti signale iz majmunskih i štakorskih cerebralnih korteksa kako bi koristili SMR s ciljem da proizvedu neku vrstu pokreta. Početkom 90-ih prošlog stoljeća počelo se dolaziti do većih otkrića u polju SMR koji je posluţio svim znanstvenicima od tada do danas kao temelj za daljnja istraţivanja i unaprjeđivanja SMR uređaja kako bi se moglo pomoći osobama s invaliditetom (Draţenović,2018).

Sudionici s kvadriplegijom koriste sustav sučelja mozga i za kontrolu vozila, odnosno avatara (u informatici i komunikacijama, grafika, slika ili tekstovni opis kojim korisnik predstavlja samoga sebe na mreţnim forumima, igrama, u prividnoj stvarnosti i dr.) (enciklopedija.hr, 2019) u računalnoj igri. Naredbe za kontrolu računalne igre pokreće SMR nakon što su poslani odgovarajući signali iz mozga. Pouzdanost i preciznost SMR-a izazvani su u konkurenciji kako bi se potaknuo razvoj SMR-a s različitim aplikacijama pogodnim za svakodnevni ţivot. Na primjer, za osobe s ograničenom sposobnošću kretanja (npr. kvadriplegija), SMR se moţe koristiti za kontrolu različitih tipova ureĎaja, npr. računala, robotske ruke ili invalidskih kolica.

Računalna igra je igra za više igrača, razvijena za utrku u sustavu sučelja mozga i računala. U svakoj utrci su opremljena su četiri sudionika te im je omogućena kontrola ponašanja svog avatara u igri. Avatar svakog sudionika vozi se na pojedinačnoj traci (stazi). Tijekom utrke sudionici sjede ispred svojih ekrana, gledaju svog avatara i njegov poloţaj meĎu ostalim avatarima. Onaj koji prvi završi utrku je pobjednik.

2.1.1. Opis i pravila zadatka

Sudionici moraju poslati odgovarajuće naredbe koristeći svoje avatare u ispravnom vremenskom okviru dok se voze na stazi koja je podijeljena u namjenske zone (zadatke), označene cestovnim znakovima ili linijama na cesti. Nakon početka utrke, svaki avatar sam se kreće naprijed i tako dolazi do cilja utrke. Ne kreće se ako ne postoje signali od sudionika ili ako stalno prima pogrešne signale. Sudionici mogu poslati do tri različite naredbe kako bi kontrolirali svoj avatar. Veći broj naredbi povećavaju šanse za pobjedu u utrci.

Za odrţavanje brzine avatara potrebno je slanje odgovarajuće naredbe u pravo vrijeme, dok pogrešan unos ili bez unosa (ako je unos potreban) usporava avatara. Sudionici mogu pokrenuti svog avatara tako da skrenu lijevo ili desno. TakoĎer, dolazi do iznenadnih promjena u okolini, na primjer gašenje uličnih svjetala kod kojih se avatar usporava sve dok sudionik ne reagira s odgovarajućom reakcijom paljenja svjetla. U odreĎenim dijelovima igre ne smiju se slati signali, a avatari moraju usporiti ako slučajno pošalju bilo koju naredbu.

Sudionik moţe predvidjeti naredbe ‒lijevo‖, ‒desno‖ i ‒nema unosa‖, dok naredba ‒svjetlo‖ mora biti generirana kao odgovor na promjenjivo okruţenje. Redoslijed zadataka koji se pojavljuju na stazi nije poznata sudionicima prije utrke i različita je za svaku utrku. Ukupan broj zona ostaje konstantan. Broj svake vrste zone (lijevo/ desno/ svjetlo) u svakoj utrci definira se i priopći na samoj utrci. Vremensko ograničenje utrke jesu četiri minute.

2.2. Biciklistička utrka na funkcionalnu električnu stimulaciju / *Functional Electrical Stimulation Bike Race (FES)*

Sudionici s potpunom ozljedom leĎne moţdine (u daljnjem tekstu - ozljeda LM) opremljeni su ureĎajima za funkcionalnu električnu stimulaciju (FES) koji im omogućuju kretanje pomoću okretanja pedala na leţećem biciklu. Pokazalo se da redovita FES-ova vjeţba biciklizma nakon ozljeda LM dovodi do fizioloških prilagodbi, kao što su poboljšanje gustoće kostiju, kardiovaskularne i respiratorne sposobnosti te povećanje mišićne mase. Osim primjene biciklizma FES-a u rehabilitaciji, on moţe biti od velike rekreativne vrijednosti za osobe s ozljeda LM-e.

Kako bi uspješno sudjelovali u utrci, sudionici se kondicijski pripremaju specifičnim FES- kim treninzima prije natjecanja. Tijekom utrke, osim apsolutne mišićne snage i izdrţljivosti, vremenska aktivacija mišića takoĎer igra ključnu ulogu u smanjenju učinaka umora na mišiće. Svaki uzorak stimulacije moţe se primijeniti na bilo koji mišić nogu, sve dok su tehnologija stimulacije i uzorak sigurni. U utrci, dva sudionika počinju u isto vrijeme na kruţnoj stazi. Oni voze osam krugova na kruţnoj trkalištu što rezultira ukupnom udaljenosti od oko 1200 m.

2.2.1.a Opis zadatka

Startne rampe omogućuju sudionicima ubrzanje na početku utrke. Kratka vrata koriste se za sprječavanje početka skoka. Dok se čeka početak, nijedan dio bicikla ne smije dirati vrata, a

niti jedan dio ne smije biti iza vrata. Od sudionika se traţi da se sluţe kočnicom dok vrata starta ne padnu. Utrka počinje (tj. mjeri se vrijeme) kada vrata starta padnu.

2.2.1.b Pravila zadatka

Vremensko ograničenje: 8 min, udaljenost: 1200 m (8 krugova)

‒Odvojena vremena‖ uzimaju se na svakom polukrugu. Ako su sudionici završili isti broj krugova unutar vremenskog ograničenja, zbog povlačenja od strane sudionika, ili zbog prisilnog završetka utrke od strane suca u slučaju kršenja ili tri upozorenja, smatra se da posljednje ‒odvojeno vrijeme‖ smatra rezultatom sudionika. Ako su sudionici završili isti broj polu krugova u isto vrijeme, sudionik s manje upozorenja bolje se ocjenjuje.

2.3. Utrka s nošenjem ručne proteze na pogon / *Powered Arm Prosthesis Race (ARM)*

Sudionici s transradijalnom ili proksimalnom amputacijom ruke ili dismelijom opremljeni su egzoprostetskim ureĎajima (protezama za ruke). Sudionici su suočeni s velikim brojem zadataka vezanih uz svakodnevne ţivotne aktivnosti. U nekim zadacima sudionicima se dopušta korištenje obiju ruka, kao i bilo koji drugi dio tijela kako bi manipulirali objektima. U drugim zadacima, sudionici se suočavaju sa situacijama koje eksplicitno dovode u pitanje izvedbu njihove proteze, tj. sinergiju izmeĎu sudionika i tehnologije. U tim zadacima sudionici dopuštaju samo manipuliranje odreĎenim predmetima ili dijelovima objekta protetskom rukom. Ovi predmeti/ dijelovi uvijek su obojeni plavom bojom. U trećem tipu zadatka, sudionici su pozvani da identificiraju objekte koje ne mogu vidjeti, tj. moraju se osloniti na senzorne informacije koje pruţa proteza ruke. Od sudionika se traţi da u zadanom vremenu riješe što više zadataka.

U daljnjem tekstu opisuju se zadaci koji čine utrku. Utrku čini šest zadatka:

1. Doručak

2. Rublje
3. Čišćenje
4. Poboljšanje doma
5. Haptička kutija (eng. *haptic box*)
6. Ţičana petlja

Doručak

Mogućnost korištenja kuhinjskog pribora (npr. pribora za jelo, otvarača za konzerve itd.) je kritična za samostalan ţivot i uključuje bezbrojne zadatke koji se obično obavljaju spretnom bimanualnom interakcijom. TakoĎer, neki predmeti u kuhinji su vrlo osjetljivi za rukovanje i zahtijevaju vrlo preciznu kontrolu sile prianjanja. U ovom zadatku mora se pripremiti stol za doručak. Zadatak uključuje rezanje kruha, odmotavanje kocke šećera i otvaranje boce, staklenke i limenke. Nadalje, svijeća mora biti upaljena. Za ovaj zadatak postoji 8 pravila kojima je definiran redoslijed zadataka, finalni izgleda zadatka i negativni bodovi.

Rublje

Vješanje rublja zahtijeva poseban skup finih motoričkih sposobnosti, osobito fine motorike prstiju. Da bi proteza ruke bila praktična za svakodnevnu uporabu, mora biti moguće nositi standardnu odjeću s njom. U tom zadatku, vješalica s majicom na kapuljaču mora se uzeti iz stalka za kaput, mora se obući i zatvarač mora biti zatvoren. Odjeća koja se stavlja u košaru za odjeću mora se pospremiti pomoću vješalica i plavih hvataljki za odjeću. Štoviše, dva gumba sakoa moraju se zakopčati, a cipele moraju biti vezane. Majica s kapuljačom moţe se ponovno skinuti na kraju zadatka.

Čišćenje

U svakodnevnom ţivotu treba manipulirati velikim brojem predmeta različitog oblika, veličine, sukladnosti, teksture i teţine. Sposobnost suočavanja s ovom raznolikošću zahtjeva izaziva se ovim zadatkom. Objekti i različiti načini drţanja predmeta odabrani su na temelju literature i njihove relevantnosti u svakodnevnom ţivotu. Osim načina korištenja predmeta različitih vrsta, u ovom zadatku testirana je sposobnost odrţavanja hvataljki tijekom posturalnih promjena u ručnom zglobu / ruke i kontrole sile prianjanja.

Od sudionika se traţi da shvate i pomaknu predmete pojedinačno iz svoje unaprijed definirane početne pozicije na površini stola u unaprijed odreĎeni ciljni poloţaj. Plavi objekti razlikuju se po teţini, veličini, obliku, sukladnosti i teksturi kako bi izazvali različite poloţaje prianjanja, vrste manipulacija i kontrolu sile prianjanja.

Poboljšanje doma

Mogućnost korištenja alata ključna je za završetak radova prilikom odrţavanja kuće, kao što je rad čekićem i čavlima ili zamjena ţarulje. U zadatku za poboljšanje doma, različiti alati i predmeti (uglavnom plavi predmeti) skidaju se s ploče za alat, stavljaju u kutiju s alatima (po izboru) i prenose se preko stuba do stola, gdje se koriste alatima.

Haptička kutija

Dostupnost povratnih osjetilnih informacija iz proteze mogu pomoći u poboljšanju motoričke kontrole proteze i izvedbi pokreta pomoću ureĎaja. U ovom zadatku, predmeti specifičnog oblika, teksture i sukladnosti moraju biti identificirani unutar kutije bez dostupnosti vizualnih povratnih informacija. Sudionici mogu doprijeti do kutije s protetskom rukom, ali ne vide svoj radni prostor tijekom izvršavanja zadatka (tj. tijekom identifikacije objekta). Predmeti su čvrsto pričvršćeni na dno kutije tako da se ne mogu podići ili ukloniti. Objekti su prikazani slučajnim redoslijedom. Sudionici se mogu osloniti samo na senzorne povratne informacije od

proteze (npr. zvukove, vibracije u utičnici, haptičku povratnu vezu s terminalnim ureĎajem) kako bi riješili zadatak.

Žičana petlja

Odrţavanje čvrstog prianjanja tijekom posturalnih promjena ruke (npr. pronacija i supinacija podlaktice, fleksija i ekstenzija lakta) moţe biti izazov za korisnike protetskih ruku, ali relevantno za mnoge situacije u svakodnevnom ţivotu (npr. prilikom uzimanja telefona). Ovaj aspekt protetske funkcije ruku naglašen je u ovom zadatku. Piloti drţe vodljivu ţičanu petlju s plavom ručkom. Zaobljenu metalnu ţicu treba pratiti bez dodirivanja ţice.

2.4. Utrka s nošenjem nožne proteze na pogon / *Powered Leg Prosthesis Race (LEG)*

Sudionici s transfemoralnim amputacijama ili eksartikulacijom koljena opremljeni su egzoprostetičkim ureĎajima (protezama za noge) te se izazivaju zadacima vezanim uz svakodnevne ţivotne aktivnosti. Bipedni hod je visoko automatiziran pokret, a tijekom većine vremena provedeni su sekundarni zadaci pomoću ruku. Stoga, sudionici moraju nositi ili uravnoteţiti predmete rukama tijekom obavljanja zadataka za protezu noge. Od sudionika se traţi da u zadanom vremenu riješe što više zadataka.

Zadaci su:

1. Kauč
2. Prepreke
3. Teţak teren
4. Stepenice
5. Staza pod nagibom
6. Rampa i vrata

Kauč

Sjedenje i ustajanje su izazovni zadaci kada se nosi proteza donjeg ekstremiteta s umjetnim zglobom koljena, jer se moraju stvoriti ili kompenzirati pokreti vezani za zadatak. U ovom zadatku sudionici moraju sjesti i ustati s kauča dok balansiraju predmete u svojim rukama. Kada se sjedi i stoji, obje noge moraju biti smještene u skučenom prostoru, kao što je sjedenje u uskom odjeljku vlaka.

Prepreke

Ponekad je potrebno preći preko objekata koji su duţi od standardnih koraka ili čučnuti pa proći ispod objekata, npr. prilikom šetnje u šumi ili na gradilištu. U zadatku prepreka, sudionici moraju prelaziti preko ili ispod prepona dok nose drveni sanduk i jabuke.

Težak teren

U odreĎenim situacijama u svakodnevnom ţivotu potrebno je točno kontrolirati pozicioniranje stopala, npr. prilikom prvog koraka na pokretne stepenice, izbjegavanje lokve kada pada kiša ili šetnja šumom (npr. koračajući po kamenju ili korijenju). U zadatku sudionici su izloţeni izazovu da stanu na drvene rešetke, kako bi testirali sposobnost postavljanja stopala na odreĎeno mjesto i odrţavanje dinamičke ravnoteţe.

Stepenice

Stepenice su vrlo česte u svakodnevnom ţivotu. Ljudi koji koriste proteze donjih ekstremiteta s umjetnim zglobom koljena često moraju prilagoditi svoj način kretanja kako bi se penjali ili spuštali stepenicama. Nastali nefiziološki i asimetrični pokreti mogu dovesti do sekundarne neugode (npr. bol u leĎima). Ovaj zadatak ispituje koliko dobro sudionici koji koriste

proteze donjih ekstremiteta prevladaju kretanje stepenicama i dopuštaju li prirodan, naizmjenični hod - pogotovo kada je potrebno nositi velike i nestabilne predmete u isto vrijeme.

Staza pod nagibom

U svakodnevnom ţivotu, nailazi se na staze pod nagibom te mijenjaju način hodanja, npr. kada hodate po prirodnim stazama, planinskom putu ili preko polja. Naročito kada se hoda vani, moţe se promijeniti i površina tla. U ovom zadatku izazov je hodanje gdje je kuk u poloţaju abdukcije/adukcije i gdje je gleţanj u supinaciji/pronaciji. TakoĎer je naglašena kontrola razmaka izmeĎu stopala.

Rampa i vrata

Često, prilikom odlaska u šetnju, ulaska ili izlaska iz javnih zgrada potrebno popeti se ili se spustiti na rampe. Nadalje, otvaranje i zatvaranje vrata zahtijeva precizno postavljanje stopala u zatvorenom prostoru. U ovom zadatku, sudionici se moraju penjati i spuštati rampama te prolaziti kroz vrata. Zatim, posuda s jabukama mora biti podignuta na dnu uzlazne rampe, odneseno na drugu stranu vrata i smješteno na polici na dnu silazne rampe. Otvaranje i zatvaranje vrata zahtijeva od sudionika korake naprijed i natrag.

2.5. Utrka s nošenjem egzoskeletona na pogon / *Powered Exoskeleton Race (EXO)*

Sudionici s potpunim torakalnim ili lumbalnim ozljedama leĎne moţdine opremljeni su egzoskeletnim ureĎajima i izazov utrke su zadaci vezani uz svakodnevne ţivotne aktivnosti.

Osim što se koriste u rehabilitacijskim uvjetima za poboljšanja funkcija za kretanje, egzoskeletoni su obećavajuća alternativa invalidskim kolicima. Zabiljeţeni su pozitivni učinci povezani s zdravljem, kao što su poboljšana kardiorespiratorna i crijevna funkcija, povećana gustoća kostiju te smanjenje spastičnosti i boli. Sudionici takoĎer biljeţe pozitivne učinke na socijalnu interakciju i psihološke koristi.

Od sudionika se traţi da u zadanom vremenu riješe što više zadataka:

1. Sjedenje i ustajanje
2. Slalom
3. Teţak teren
4. Stepenice
5. Staza pod nagibom
6. Rampa i vrata

Sjedenje i ustajanje

Sjediti i stajati je opći izazov kada se nosi egzoskeletni ureĎaj jer je potrebno značajnih aktivacija lokomotornog sustava oko zglobova koljena i kuka kako bi se moglo ustati i kontrolirano sjesti. U prvom dijelu ovog zadatka, od sudionika se traţi da sjednu i ustanu s kauča. Kada stoji u egzoskeletnom ureĎaju, štake se obično koriste za odrţavanje ravnoteţe. MeĎutim, često je potrebno manipulirati objektima za vrijeme stajanja (npr. na kuhinjskom pultu). U drugom dijelu ovog zadatka od sudionika se traţi da stave čaše u ciljno područje dok stoje pored stola.

Slalom

Često je u svakodnevnom ţivotu potrebno kretanje oko prepreka kako bi se izbjegli sudari ili bi se došlo do odreĎenog odredišta. U ovom zadatku, sudionici savlaĎuju slalomsku stazu sastavljenu od pojedinačnih komada namještaja.

Težak teren

U odreĎenim situacijama, u svakodnevnom ţivotu, potrebno je preći preko prepreka na tlu i precizno kontrolirati pozicioniranje stopala (npr. pri ulasku u pokretne stepenice ili

koračanje preko kamenja ili korijenja). U ovom zadatku, sudionik je izazvan savladati neravan teren i testira se sposobnost postavljanja stopala na odreĎeno mjesto.

Stepenice

Stepenice su vrlo česte u svakodnevnom ţivotu. Ovaj zadatak ispituje koliko dobro egzoskeleton podrţava djelovanje po uzlaznim i silaznim stepenicama.

Staza pod nagibom

Prevladavanje puta pod nagibom u egzoskeletonu je izazovno jer zahtijeva abdukciju/adukciju u kuku i pronaciju/supinaciju u gleţnju. Nagibni put s različitim površinama (brušeno drvo i umjetna trava) koristi se za stvaranje izazova takve situacije.

Rampa i vrata

Sudionici na egzoskeletonima moraju se popeti na rampu, proći kroz vrata i spustiti se niz rampu. Ispituje se sposobnost prevladavanja strmih nagiba i kretanje u skučenom prostoru (tj. korak unatrag, odnosno u stranu). Od sudionika se traţi da otvaraju i zatvaraju vrata (ručka tipa poluge) i izazov je ostati u ravnoteţi prilikom ovog zadatka.

2.6. Utrka invalidskim kolicima na pogon / *Powered Wheelchair Race (WHL)*

Sudionici s teškim invaliditetom (npr. zbog tetraplegije, amputacije ili neurodegenerativne bolesti) opremljeni pokretanim invalidskim kolicima izazvani su zadacima

vezanim uz svakodnevne ţivotne aktivnosti. Zadaci su osmišljeni kako bi se testirala tehnologija i kako vješto sudionici mogu upravljati svojim invalidskim kolicima. Nadalje, izazovi u zadacima povezani su s problemima veličine i dizajna kolica uzimajući u obzir svakodnevna ograničenja (npr. visina standardnog stola, unutarnja širina vrata).

Od sudionika se traţi da u zadanom vremenu riješe što više zadataka:

1. Stol
2. Slalom
3. Teţak teren
4. Stepenice
5. Staza pod nagibom
6. Rampa i vrata

Stol

Pogonska invalidska kolica često su previše glomazna da bi se uklopila za standardni stol, a to je ključno za socijalnu interakciju. Sudionici bi trebali biti u mogućnosti voziti blizu stola na takav način da se bedra sudionika stave ispod stola.

Slalom

Često je u svakodnevnom ţivotu potrebno kretanje oko statičkih ili pokretnih prepreka kako bi se izbjegli sudari ili bi se došlo do odreĎenog odredišta. U tom zadatku, sudionici prevladavaju slalomsku stazu sastavljenu od pojedinačnih komada namještaja.

Težak teren

U svakodnevnom ţivotu nisu sve površine ureĎene pa pogoni invalidskih kolica moraju biti u stanju nositi se s takvim situacijama. Ovaj zadatak ispituje sposobnost sudionika u invalidskim kolicima da vozi preko neravnih terena kao što su kaldrme.

Stepenice

U ovom zadatku, sudionici s invalidskim kolicima moraju se penjati i spuštati po standardnim stepenicama. Moraju zaustaviti svoja invalidska kolica dok se spuštaju s rampe kako bi pokazali da se mogu zaustaviti na stubama u bilo koje vrijeme.

Staza pod nagibom

Moţe se naići na puteve različitih nagiba gdje se površine mogu razlikovati (npr. kretanje po planinskim stazama ili preko polja). Nagibna staza s različitim površinama (brušeno drvo i umjetna trava) koristi se kao izazov u zadatku za sudionike i njihove ureĎaje.

Rampa i vrata

Sudionici se penju i spuštaju rampama i prolaziti kroz vrata. Ispituje se sposobnost kretanja strmim nagibom i kretanje u skučenom prostoru (tj. voţnja unatrag i sa strane). Štoviše, sudionici otvaraju i zatvoriti vrata s tehničkom pomoći. Tehnička pomoć mora biti na punjenje jer mnogi korisnici invalidskih kolica na pogon ne mogu otvoriti ili zatvoriti vrata vlastitom snagom.

3. OPIS POKRETA PO DISCIPLINAMA

Ovim poglavljem se opisuje izvedba pokreta u svakoj disciplini. Bitno je naglasiti kako su finalni oblici pomagala i ureĎaja dugo izraĎivani te su posljedica suradnje inţenjera, njihovih ideja prilikom izrade ureĎaja i sudionika. U literaturi se osim opisa pokreta, razlaţe metodika treninga kroz koju su prolazili sudionici. Sumiranjem metodike treninga svih disciplina, dolazi se do zaključka kako je bila potrebna velika podrška stručnjaka i prilagodba sudionika na pomagala zbog nelagode koje je stvarala nova tehnologija. Naročito u treninzima za utrku u sustavu sučelja mozga i računala bila je prisutna duga prilagodba sudionika na vjeţbe i naredbe igrice. Na početku su vremenski kratko trajale zbog brzog gubitka fokusa na avatara te pronalaţenja najboljih zadataka kao što će biti opisano u narednom tekstu. Sudjelovao je manji broj natjecatelja zbog broja ureĎaja/ pomagala koja su se prvi put izraĎivali te je bilo nepoznato kako će djelovati na sudionika ukoliko se pokvari na samom sudioniku, hoće li programi biti točni i hoće li se moći izvoditi. Pretpostavka je da će 2020. na natjecanju sudjelovati veći broj natjecatelja zbog već poznatih ureĎaja i poznatog načina njihovog rada. TakoĎer, na temelju

iskustva iz Cybathlona 2016. moglo se uočiti u kojem smjeru poboljšati svako pomagalo/ ureĎaj i disciplinu.

Utrka u sustavu sučelja mozga i računala

Sustav sučelja mozga i računala je ureĎaj koji sudionicima omogućuje interakciju svojom okolinom preko namjernog moduliranja svoje aktivnost mozga (Wolpaw i sur.,2002). Neinvazivni ureĎaj nazvan Graz-BCI fokusira se na promjene oscilatornih komponenti u signalima elektroencefalografije (EEG) zbog različitih mentalnih zadataka, kao što je motorička slika (eng. *motor imagery*) ili mentalna aritmetika. Koristile su se 32 aktivne elektrode s dodatnim elektrodama za frontalne i parijetalne površine glave po pilotu (Statthaler i sur,2017; Pfurtscheller, G., Neuper, C.,2001; Neuper i sur.,2005). One su bilježile promjene u računalnim naredbama za kontrolu aplikacija.

Što se tiče SMR utrke, subjekt utrke je računalna igra kojom upravlja sudionik. Igra "BrainRunners" posebno je razvijena za Cybathlon natjecanja i unaprijed dostavljena timovima da im se omoguće učinkovite pripreme za utrku. Sudionik kontrolira avatar u utrci protiv najviše tri natjecatelja. Avatar se neprestano kreće naprijed po ravnoj natjecateljskoj stazi. Samo staza se sastoji od nasumičnih slijeda blokova, tj. slijeda od tri različita djelovanja blokova i blok za odmor. Avatar prima pojačivače brzine preko akcijskih blokova ako pilot šalje točnu naredbu obzirom na polje, ali usporava kad god se pokrene pogrešna naredba. Na bloku za odmor u kojoj nema ispravne naredbe avatar je usporen bilo kojom naredbom. Dakle, u optimalnom slučaju, sudionik moţe kontrolirati četiri različite naredbe vrlo pouzdano (bez naredbe i 3 naredbe akcije; Cybathlon 2019).

Studije Friedricha i sur.(2013) i Müller-Putz i sur.(2005) ukazuju na to da postoji veliki broj mentalnih zadaka koji uzrokuju promjene u oscilatornim EEG komponentama. Cilj je bio naći kombinaciju od četiri zadatka kojima je omogućena najbolja izvedba od 70 mogućih. U uţi krug je ušlo sedam različitih mentalnih zadataka s odmorom kao osmim zadatkom. NaĎena su četiri zadatka koji omogućuju najbolju izvedbu: 1. Ruka (motorička slika desne ruke; imaginacije ponavljajućeg stiskanja gumene lopte), 2. Stopalo (motorička slika oba stopala;

imaginacija ponavljajuće plantarne fleksije/ekstenzije oba stopala), 3. Oduzimanje (mentalno oduzimanje; ponovljeno oduzimanje u obliku lanca istog broja, počevši s jednom jednadţbom prikazane na zaslonu), 4. Odmor (bez jasnog mentalnog djelovanja, fokus na zaslonu, spriječiti pokrete očiju) (Friedrich i sur 2013; Statthaler i sur, 2017).

Biciklistička utrka na funkcionalnu električnu stimulaciju

Procjenjuje se da trenutno ima 282.000 pojedinaca koji ţive s ozljedom leĎne moţdine u Sjedinjenim američkim drţavama te 17.000 novih slučajeva svake godine. Te osobe doţivljavaju vrlo jedinstvene fizičke, društvene i psihološke promjene koje su rezultat smanjenja sposobnosti za obavljanje svakodnevnih aktivnosti i treninga. To često dovodi do sekundarnih komplikacija, uključujući: propadanje mišićno- koštanog sustava, bolesti kostiju i zglobova, bolesti srca, arterijske insuficijencije, poremećaje zgrušavanja i drugo (Phillips, A. A., Krassioukov, A. V., 2015). Osim toga, oni koji imaju ozljedu LM takoĎer su u rizičnoj skupini za loše mentalno zdravlje kao što je depresija (Williams, R., Murray, A., 2015).

Pronalaţenjem načina za provoĎenje treninga u ovoj populaciji je najvaţniji, ali je ograničen na specijalizirane teretane i ograničen na vjeţbe u gornjem dijelu tijela. Stacionarni biciklistički sustavi funkcionalne električne stimulacije (FES) su komercijalno dostupni i korišteni su kao način vjeţbanja. Prije izrade programa treninga, provedeno je dosta vremena u optimiziranju parametara stimulacije, pozicioniranja tijela i prijenosnih omjere za pet sudionika za koje bi provelo nekoliko mjeseci obuke za Cybathlon. Ciklus aktivacije ureĎaja je bio na temelju tjelesno sposobnog i površinskog stimuliranja (Hunt i sur. 2006), a zatim prilagoĎena implantatima za mišiće za svakog pilota. Fino namještanje vremena stimulacije i parametara pulsa nastavljeno je sve dok nije došlo do laganih pokreta pedaliranja koji su postignuti bez mrtvih točaka.

Općenito, mišići stimulirani implantatima za 5 pilota bili su *m. gluteus maximus*, straţnji dio *m. adductor magnus*, *m. quadriceps* i *m. semimembranosus*. Pet sudionika koristilo je sličnu stimulaciju ureĎaja. Iako nije bilo preklapanja stimulacija izmeĎu desnog i lijevog *m. quadriceps*, *m. gluteus maximus* ili *m. semimembranosus*, bilo je približno 40 stupnjeva

stimulacije gdje se preklapaju izmeĎu lijeve i desne strane *m. adductor magnus* prvenstveno radi minimiziranja abdukcije kuka.

Za zaštitu zglobova koji su bez osjeta i za smanjenje potencijalnih gubitaka snage zbog viška bočnih pokreta i vanjskih rotacija nogu sluţilo se mnogim različitih kombinacija u pozicioniranju tijela, traka za stabilizaciju gornjeg dijela tijela i ispitani su pojasevi za stabilizaciju stopala/gleţnja. Stoga, dostupni su imobilizatori za gleţanj-stopalo te su čvrsto pričvršćeni na standardne pedale za platformu odmah ispod maleoli gleţnja kako bi optimizirali prijenos sile i ograničili kretanje kuka u sagitalnoj ravnini. Te su prilagodbe bile prvenstveno na temelju vizualnog pregleda biciklističkog kretanja i povratne informacije od sudionika. Sami sudionici su sposobni samostalno i sigurno sluţiti se ovim prijevoznim sredstvom kao dijelom programa treninga ili rehabilitacije prije nego što njime sami odu kući (McDaniel, 2017).

Utrka s nošenjem ručne proteze na pogon

Zadaci specifični za rad (Peterson N.G. i sur., 2001) uvijek definiraju specifične funkcionalne zahtjeve za radnike- time se uključuju radnici s protetskim rukama (Davidson, J., 2002). Jednom kada se izrazi osobna preferencija u obliku odreĎenog izbora posla te kada je osoba stekla veliko iskustvo i vještine na odreĎenom području, često odreĎene tehničke potrebe moraju traţiti naprednija rješenja (Millstein, S., Bain, D., & Hunter, G. A., 1985). Zatim, razna protetska rješenja mogu se nadmetati čija će biti bolja performansa, a zapravo zahtjevi za odrţiva protetska rješenja već postoje.

U Cybathlonu 2016 sudionici su nosili protetske ruke pokušavajući obavljati brze i precizne manipulacije laganih aktivnosti. Pobjednik je nosio protezu koja se puni na snagu tijela,

odnosno ramena (u daljnjem tekstu; eng. *body-powered* ruka) te ono što je specifično za *body-powered* ruku jest ta što su ponekad potrebni kompenzacijski pokreti koji se manifestiraju abnormalnim pokretima ramena ili šake ne bi li se ruka napunila (Carey, S. L., Highsmith, M. J., Maitland, M. E., & Dubey, R. V.,2008; Highsmith, M. J., Carey, S. L., Koelsch, K. W., Lusk, C. P., & Maitland, M. E., 2009). Intenzitet u fizički zahtjevnim zadacima je veći u odnosu na jednu dimenziju. Dimenzije uključuju raspon temperature okoline, duţe trajanje rada, teško znojenje i daleko veće povlačenje ili guranje teţine.

Ostali sudionici u natjecanju su koristili mioelektričnu ruku. Stav ili poloţaj moţe negativno utjecati mioelektričnu kontrolu. U profesionalnom treniranju i u kontroliranim okolnostima ne mogu se spriječiti iznenadne pojave negativnog utjecaja mioelektrične kontrole (Riener, R., 2016). Tipična mioelektrična kontrola koristi dvije elektrode za kontrolu jednog stupnja slobode. Smještene su na mjestima fleksora i ekstenzora s najboljim omjerom signal-šum. Ta mjesta u mišićima su aktivirana tijekom fleksije lakta, tijekom pronacije ili supinacije bez obzira na to ţeli li sudionik ne/sluţiti mioelektričnim ureĎajem. Savijanjem lakta, stojeći ili mijenjajući poloţaj trupa te drţeći ruku u stalnom poloţaju (fleksija/ekstenzija ruke) ili druge promjene u ekstremitetu je pozicijski rizik za dobivanje neţeljenih signala (Jiang, N., Muceli, S., Graimann, B., & Farina, D., 2013). Kada je sudionik ometen i u dinamičnom radu, to moţe dovesti do veće vjerojatnosti za pogreškom prilikom brze izvedbe rada mioelektrične tehnologije.

S druge strane, *body-powered* ruka sluţi se poloţajem lakta, ramena da bi izravno prenijela promjena poloţaja kako bi aktivirala napetost analognog kabela. U *body-powered* ruci kablovi omogućuju propriocepciju (Lum, P. S., Black, I., Holley, R. J., Barth, J., & Dromerick, A. W., 2014), ali pogoršava se kontrola kada se mijenja poloţaj ekstremiteta ili tijela. Zato sudionik uvijek osjeća napetost kabela. (Schweitzer, W., Thali, M. J., & Egger, D. , 2018)

Utrka s nošenjem nožne proteze na pogon

CYBERLEG-ove beta-proteze su transfemoralne proteze s dva aktivna stupnja slobode, jedan u koljenu i jedan u gleţnju, dizajniran je prvenstveno da pomogne osobama s ograničenom

sposobnošću korištenja standardnih proteza zbog slabosti kao posljedica dobi ili bolesti s komplikacijama.

Proteza je izvorno nastala kao dio većeg projekta o CYBERLEG-u, koji kombinira ovu protezu kao sustav za zamjenu amputiranog ekstremiteta paralelno s egzoskeletonom kako bi asistirao nozi, kukovima i osjetilima za kontrolu oba sustava. Krajnji cilj cjelokupnog sustava CYBERLEG-a bio je da pomogne onima koji imaju amputiran ekstremitet i slabost u preostalom ekstremitetu te ponovno uspostaviti hodanje i poboljšati ponašanje u hodanju (Riener, R., 2016).

Iako je ureĎaj opremljen s dva pogonska zgloba, dizajniran je kako bi omogućio visoku razinu pasivnog ponašanja tijekom ciklus hoda kroz upotrebu pasivnih komponenti koje su ili ugraĎene u serijske elastične aktuatore ili opruge koje su umetnute i uklonjene iz interakcije mehanizmima za zaključavanje. Kroz njihovo korištenje pasivne komponente za pohranu energije, moguće je s jednostavnom kontrolom, stvaraju se energetski učinkovite ciklusi hoda za normalno hodanje (Geeroms, J., Flynn, L., Jimenez-Fabian, R., Vanderborght, B., & Lefeber, D., 2017; Geeroms, J., Flynn, L., Jimenez-Fabian, R., Vanderborght, B., & Lefeber, D., 2018). Štoviše, proteza je sposobna osigurati puni opseg pokreta iz zgloba gleţnja i koljena tijekom hodanja, kao i veliki postotak opsega pokreta potrebnog za normalno sjedenje i uspon stubama (Flynn, L., Geeroms, J., Jimenez-Fabian, R., Vanderborght, B., & Lefeber, D., 2015).

CYBERLEG-ove beta-proteze su izvorno kontrolirane pomoću sustava detekcije namjere hoda (Ambrozic, L., 2014), u koje se ugradio niz inercijalnih mjernih jedinica i uloţaka za točno mjerenje pritiska tlaka obiju noga. CYBERLEG-ove beta-proteze nisu izgraĎene kao standard pasivnim protezama koje koristi većina ljudi danas, ali uključuje motore u koljenima i gleţnju za aktivan ulaz energije u zglob. Koristi jedinstvenu kombinaciju serija elastičnih motora i takoĎer iskorištava oprugu za zaključavanje mehanizma za postizanje energetski učinkovitog hodanja s dovoljno sposobnosti za obavljanje drugih zadataka. (Flynn, L. L., Geeroms, J., van der Hoeven, T., Vanderborght, B., Lefeber, D., 2018)

Utrka s nošenjem egzoskeletona na pogon

Egzoskeleti donjih ekstremiteta su obećavajuće rješenje za postizanje neovisnog hodanja, što bi moglo poboljšati kvalitetu ţivota ublaţavanjem negativnog utjecaja na zdravlje od dugotrajnog sjedenja, omogućavajući kontakt očima i povećanje aktivnosti u zajednici. Pokretni egzoskeleti donjih ekstremiteta su robotske strukture koje se mogu pričvrstiti za noge i torzo kako bi sudionik bio u vertikalnom poloţaju i micao se nogama prema unaprijed programiranim naredbama. Ravnoteţa nije potpuna, zbog čega su potrebne štake (Esquenazi, A., Talaty, M., Jayaraman, A., 2017; Hubli, M., Dietz, V., 2013).

Robotska struktura ima tri stupnja slobode: u sagitalnoj ravnini u svakoj nozi, dvije su aktivne za kuk i za fleksiju/ ekstenziju koljena i jedna pasivna za fleksiju/ ekstenziju gleţnja. Egzoskeleton je priključen na sudionika putem spojnica na nozi i ortoze na torzu. Hodanje je moguće bez aktivnog rasterećenja gleţnja, odnosno u pasivnom zglobu samo se mora podići noţni prst tijekom faze odguravanja sukladno neravnim površinama. Krivulja trajektorije je definirana okretanjem referentne trajektorije za hodanje i produljenje produţenja koljena tijekom početnog stava. Sudionik moţe podesiti trajektoriju okretanjem s gumbima na štakama za kosine izmeĎu -20 ° i 20 °. To omogućuje prevladavanje svakodnevnim usponima (Schrade i sur., 2018).

Utrka invalidskim kolicima na pogon

Ova disciplina se neće opisivati pošto u njoj nije uključen ljudski pokret koji je povezan i potaknut bioničkom tehnologijom. Radi se o razvoju hibridnih invalidskih kolica i samih inţenjerskih svojstava kolica koja omogućuju uspješno izvršavanje zadataka u natjecanju.

Potrebno je naglasiti da je prototip dizajniran pomoću kompaktnog sustava koji omogućuje da se sjedalo naslanja, pomičući središte gravitacije unatrag za vrijeme manevriranja prepreka (Podobnik, J., Rejc, J., Slajpah, S., Munih, M., & Mihelj, M., 2017).

4. ZAKLJUČAK

Nakon što se šest disciplina u Cybathlon 2016 dokazalo kao učinkovitima, one će ostati u programu Cybathlon 2020 - meĎutim, bit će novih uzbudljivih izazova. Iako će zadaci i dalje biti relevantni za svakodnevni ţivot, oni će odraţavati napredak u istraţivanju. To znači da posjetitelji i sudionici mogu očekivati daljnji razvoj svih šest disciplina i cjelokupnog natjecanja. Ono će se provoditi u dva dana gdje će kvalifikacije biti prvi dan, a finala drugi dan. TakoĎer, navijači imaju priliku okušati se u disciplinama. Nekoliko dana prije samog natjecanja provodi se stručni simpozij u kojem se predstavljaju nova istraţivanja i tehnologije koje su unaprijedile kvalitetu natjecateljskih pomagala i ureĎaja. Samim time nastavlja se tradicija iz simpozija Cybathlona 2016 gdje kod ‒okruglog stola‖ sudjeluju izraĎivači ureĎaja i pomagala, predstavnici pacijenata i industrije te istraţivač etike ističući mogućnosti i izazove u području asistivne tehnologije, njezinog industrijskog prijenosa i prihvaćanja sudionika (Cybathlon, 2019).

Discipline i zadaci koji su se osmislili za Cybathlon su vrlo zanimljivi i korisni sudionicima koji sudjeluju na natjecanju. To su praktična znanja koja su im zbog novog, stalnog stanja postala nedostupna, oteţana i/ili nemoguća za izvesti. Upravo ovim se potiče uključivanje drugih sveučilišta i sudionika za razvoj samog Cybathlona te razvoj pristupa osobama s invaliditetom.

Postavlja se pitanje hoće li Cybathlon potaknuti razvoj radne terapije koja je od velike pomoći osobama s invaliditetom. Naime, radnoj terapiji je cilj osposobiti osobe za obavljanje svakodnevnih aktivnosti kod djece i odraslih. Dostupni ureĎaji i proteze s natjecanja radnoj terapiji bili bi revolucionarno dijeljenje i širenje znanja time što, postanu li proteze i ureĎaji zaista upotrebljivi široj populaciji s invaliditetom, individualizacija terapije bi došla do više razine te oporavak bi bio kvalitetniji. Ponovno stvaranje motoričkog programa, primjerice paljenje šibice s protetskom rukom kao u Cybathlon natjecanju, bilo bi brţe i motivirajuće za korisnika.

Prirodan slijed dogaĎaja nakon radne terapije bio bi povratak osoba s tjelesnim oštećenjima na radno mjesto. Budući da trenutno predstavljeni ureĎaji i proteze imaju svrhu obavljanja jednostavnih i svakodnevnih aktivnosti, pretpostavka jest da će doći do programiranja

ureĎaja za zahtjevnije aktivnosti i aktivnosti tipične za pojedinu struku (rad na stroju, za tipkovnicom i slično). Stoga, zdravi i radno sposobni ljudi s tjelesnim oštećenjima neće biti zaustavljeni i diskriminirani u daljnjem razvijanju svoje karijere.

Kao što se Cybathlon temelji na zadacima iz svakodnevnih aktivnosti i svakidašnjim dogaĎajima, postoji mogućnost da će se više osvijestiti ne samo inţenjeri koji unaprjeĎuju ove ureĎaje, nego arhitekti i inţenjeri prometa te njima slične struke. Time bi se prilagodilo prostor osobama s invaliditetom i mnoga mjesta postala bi im pristupačna. Javlja se problem kod osoba koje iznenadno postanu osobe s invaliditetom kada zbog nemogućnosti prilaska poznatim objektima gube socijalnu povezanost s krugom ljudi iz poznate okoline.

Ovakvim razvojem natjecanja dovodi se u pitanje koliki udio pokreta izvodi (izvodit će) sam sudionik, a koliko proteza/pomagalo te hoće li se primjenjivati primjerice u Paraolimpijskim igrama. Ukoliko ova tehnologija doĎe do parasporta, vjerojatno će ti sportaši više nego ikad biti napadnuti zbog rezultata i zavidne performanse od strane medija te od sportaša bez invaliditeta. Od jednostavnog koncepta Cybtahlona gdje se zapravo reorganiziraju motorički programi svakodnevnih aktivnosti, pitamo se hoće li i (ako da) kada će se parasportaši posluţiti ovim inovacijama. Hoće li inovacije koje su filantropskog cilja postati negativne te će postati novim dopingom? Tada parasport više neće biti performansa ljudskih sposobnosti, nego performansa robotike. Na temelju fizičkog i intelektualnog stanja parasportaša već postoji velik broj disciplina. Uvedu li se Cybathlon inovacije u parasport doći će do veće potrebe za definiranjem kategorija po disciplini i definiranjem dopuštene tehnologije. Hoće li se u ovom askpektu izgubiti bit sporta?

S etičkog aspekta ova nova atrakcija i inovacija u sportu osoba s invaliditetom ih moţe ―pretvoriti‖ u tzv. kiborge (ţivo biće s ugraĎenim umjetnim organima ili cijelim dijelovima tijela) (hrleksikon.info,2019) te bi već duboko ukorijenjene predrasude mogle pogoršati stanje u kojoj bi simbioza čovjeka i robotike izazivala strah. Sa suprotnog gledišta, unapreĎenje proteza i pomagala će omogućiti osobama s invaliditetom smanjen osjećaj ili nestanak odbacivanja iz društva čijom se problematikom bavi ableizam koji se definira kao diskriminacija osoba s invaliditetom. Potrebna je duga edukacija kojom moramo napokon shvatiti kako invaliditet je

stalno stanje, a ne bolest kojom ćemo se zaraziti. Najbitnije bi bilo naučiti kako se ne smije u osoba s invaliditetom traţiti njihovi nedostaci, nego traţiti ono što mogu i na to se usredotočiti.

5. LITERATURA

Ambrozic, L., Gorsic, M., Geeroms, J., Flynn, L., Lova, R. M., Kamnik, R., ... & Vitiello, N. (2014). CYBERLEGs: a user-oriented robotic transfemoral prosthesis with whole-body awareness control. IEEE Robotics & Automation Magazine, 21(4), 82-93.

Bošković, A. (2016). Rehabilitacijska tehnologija za osobe s motoričkim poremećajima (Diplomski rad). Preuzeto s https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:158:297570

Carey, S. L., Highsmith, M. J., Maitland, M. E., & Dubey, R. V. (2008). Compensatory movements of transradial prosthesis users during common tasks. *Clinical Biomechanics*, *23*(9), 1128-1135.

Cybathlon (2019), CYBATHLON – moving people and technology. Dostupno na: http://www.cybathlon.ethz.ch/

Davidson, J. (2002). A survey of the satisfaction of upper limb amputees with their prostheses, their lifestyles, and their abilities. Journal of Hand Therapy, 15(1), 62-70.

Draţenović, M. (2018). Razvoj tehnologija sučelja mozak-računalo (Diplomski rad). Preuzeto s https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:211:004651

Enciklopedija.hr (2019), Leksikografski zavod Miroslav Krleţa. Dostupno na: http://enciklopedija.hr/

Esquenazi, A., Talaty, M., & Jayaraman, A. (2017). Powered exoskeletons for walking assistance in persons with central nervous system injuries: a narrative review. PM&R, 9(1), 46-62.

Flynn, L. L., Geeroms, J., van der Hoeven, T., Vanderborght, B., & Lefeber, D. (2018). VUB-CYBERLEGs CYBATHLON 2016 Beta-Prosthesis: case study in control of an active two

degree of freedom transfemoral prosthesis. Journal of neuroengineering and rehabilitation, 15(1), 3.

Flynn, L., Geeroms, J., Jimenez-Fabian, R., Vanderborght, B., & Lefeber, D. (2015, August). Cyberlegs beta-prosthesis active knee system. In 2015 IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR) (pp. 410-415). IEEE.

Friedrich, E. V., Neuper, C., & Scherer, R. (2013). Whatever works: a systematic user-centered training protocol to optimize brain-computer interfacing individually. PloS one, 8(9), e76214.

Geeroms, J., Flynn, L., Jimenez-Fabian, R., Vanderborght, B., & Lefeber, D. (2017). Design and energetic evaluation of a prosthetic knee joint actuator with a lockable parallel spring. Bioinspiration & biomimetics, 12(2), 026002.

Geeroms, J., Flynn, L., Jimenez-Fabian, R., Vanderborght, B., & Lefeber, D. (2018). Energetic analysis and optimization of a MACCEPA actuator in an ankle prosthesis. Autonomous Robots, 42(1), 147-158.

Highsmith, M. J., Carey, S. L., Koelsch, K. W., Lusk, C. P., & Maitland, M. E. (2009). Design and fabrication of a passive-function, cylindrical grasp terminal device. *Prosthetics and orthotics international*, *33*(4), 391-398.

Hrleksikon.info (2019), Hrvatski leksikon. Dostupno na: https://www.hrleksikon.info/

Hubli, M., & Dietz, V. (2013). The physiological basis of neurorehabilitation-locomotor training after spinal cord injury. Journal of neuroengineering and rehabilitation, 10(1), 5.

Hunt, K. J., Ferrario, C., Grant, S., Stone, B., McLean, A. N., Fraser, M. H., & Allan, D. B. (2006). Comparison of stimulation patterns for FES-cycling using measures of oxygen cost and stimulation cost. Medical engineering & physics, 28(7), 710-718.

Jiang, N., Muceli, S., Graimann, B., & Farina, D. (2013). Effect of arm position on the prediction of kinematics from EMG in amputees. Medical & biological engineering & computing, 51(1-2), 143-151.

Krizmanić, M. i Kolesarić, V. (1989). Pokušaj konceptualizacije pojma "kvaliteta ţivota". Primijenjena psihologija, 10, 179- 184

Lum, P. S., Black, I., Holley, R. J., Barth, J., & Dromerick, A. W. (2014). Internal models of upper limb prosthesis users when grasping and lifting a fragile object with their prosthetic limb. Experimental brain research, 232(12), 3785-3795.

McDaniel, J., Lombardo, L. M., Foglyano, K. M., Marasco, P. D., & Triolo, R. J. (2017). Setting the pace: insights and advancements gained while preparing for an FES bike race. Journal of neuroengineering and rehabilitation, 14(1), 118.

McVeigh, S. A., Hitzig, S. L., & Craven, B. C. (2009). Influence of sport participation on community integration and quality of life: a comparison between sport participants and non-sport participants with spinal cord injury. The journal of spinal cord medicine, 32(2), 115-124

Millstein, S., Bain, D., & Hunter, G. A. (1985). A review of employment patterns of industrial amputees—factors influencing rehabilitation. Prosthetics and orthotics international, 9(2), 69-78.

Müller-Putz, G. R., Scherer, R., Pfurtscheller, G., & Rupp, R. (2005). EEG-based neuroprosthesis control: a step towards clinical practice. Neuroscience letters, 382(1-2), 169-174.

Neuper, C., Scherer, R., Reiner, M., & Pfurtscheller, G. (2005). Imagery of motor actions: Differential effects of kinesthetic and visual–motor mode of imagery in single-trial EEG. Cognitive brain research, 25(3), 668-677.

Peterson, N. G., Mumford, M. D., Borman, W. C., Jeanneret, P. R., Fleishman, E. A., Levin, K. Y., ... & Gowing, M. K. (2001). Understanding work using the Occupational Information Network (O* NET): Implications for practice and research. Personnel Psychology, 54(2), 451-492.

Pfurtscheller, G., & Neuper, C. (2001). Motor imagery and direct brain-computer communication. *Proceedings of the IEEE*, *89*(7), 1123-1134.

Phillips, A. A., & Krassioukov, A. V. (2015). Contemporary cardiovascular concerns after spinal cord injury: mechanisms, maladaptations, and management. Journal of neurotrauma, 32(24), 1927-1942.

Podobnik, J., Rejc, J., Slajpah, S., Munih, M., & Mihelj, M. (2017). All-Terrain Wheelchair: Increasing Personal Mobility with a Powered Wheel-Track Hybrid Wheelchair. IEEE Robotics & Automation Magazine, 24(4), 26-36.

Races and Disciplines (2018), Races and Disciplines – CYBATHLON – moving people and technology | ETH Zurich. Dostupno na: http://www.cybathlon.ethz.ch/races-and-disciplines.html

Riener, R. (2016). The Cybathlon promotes the development of assistive technology for people with physical disabilities. Journal of neuroengineering and rehabilitation, 13(1), 49.

Schrade, S. O., Dätwyler, K., Stücheli, M., Studer, K., Türk, D. A., Meboldt, M., ... & Lambercy, O. (2018). Development of VariLeg, an exoskeleton with variable stiffness actuation: first results and user evaluation from the CYBATHLON 2016. Journal of neuroengineering and rehabilitation, 15(1), 18.

Schweitzer, W., Thali, M. J., & Egger, D. (2018). Case-study of a user-driven prosthetic arm design: bionic hand versus customized body-powered technology in a highly demanding work environment. Journal of neuroengineering and rehabilitation, 15(1), 1.

Statthaler, K., Schwarz, A., Steyrl, D., Kobler, R., Höller, M. K., Brandstetter, J., ... & Müller-Putz, G. (2017). Cybathlon experiences of the Graz BCI racing team Mirage91 in the brain-computer interface discipline. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, *14*(1), 129.

Tarandek, T., & Leutar, Z. (2017). Neki aspekti neovisnog ţivljenja osoba s invaliditetom. Revija za socijalnu politiku, 24(3), 301-320.

Williams, R., & Murray, A. (2015). Prevalence of depression after spinal cord injury: a meta-analysis. Archives of physical medicine and rehabilitation, 96(1), 133-140.

Wolpaw, J. R., Birbaumer, N., McFarland, D. J., Pfurtscheller, G., & Vaughan, T. M. (2002). Brain–computer interfaces for communication and control. Clinical neurophysiology, 113(6), 767-791.