

# MOGUĆNOSTI PRIMENE ARMEO UREĐAJA U TRETMANU DISPRAKSIIJE I GRAFOMOTORNIH DISGRAFIJA

## POSSIBILITIES OF APPLICATION OF ARMEO DEVICES IN TREATMENT OF DYSPRAXIA AND GRAPHOMOTOR DYSGRAPHIA

Zorana Z. GOLUBOVIĆ<sup>1</sup>, Slavica M. GOLUBOVIĆ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

<sup>2</sup>Fakultet za specijalnu edukaciju i rehabilitaciju, Univerzitet u Beogradu, Srbija

### APSTRAKT

*Armeo (Hocoma)* uređaj je projektovan da pomaže osobama sa hemiparezom kako bi iskoristili neuromišićnu kontrolu koja im je preostala za vežbanje i ojačavanje pokreta ruke i funkcije hvatanja. Nakon doživljenog moždanog udara, traumatske povrede mozga ili drugih neuroloških ili mišićnih oštećenja mnogi pacijenti još uvek nemaju neuromišićnu kontrolu u hemiparetičnom ekstremitetu. Zbog slabosti mišića i nemogućnosti da se izbore sa gravitacijom upotreba ruke je onemogućena. *Armeo* neutrališe težinu ruke, omogućavajući iskorišćenje preostale kontrole u obe ruke i šake, prateći vežbe koje predstavljaju realne životne situacije u 3D simulacijama Doživljaj uspeha u toku (re)habilitacije ohrabruje pacijente da se više naprežu i prate šta im terapeut nalaže. *Softver* prihvata trajektoriju kretanja pacijentove ruke i zglobova, pa time omogućava terapeutima da procenjuju pacijentov obrazac koordinacije i napredak u toku tretmana. Uređaj je lako prilagodljiv pacijentovim potrebama i moguće ga je koristiti i bez pomoći terapeuta. *Armeo* ubrzava (re)habilitaciju kombinujući podesivu potporu za ruku sa hvataljkom koja je vrlo senzitivna i stimuliše svakodnevne aktivnosti. Podaci za svakog pacijenta mogu se elektronski arhivirati, što omogućava procenu i praćenje napretka u tretmanu. Dosadašnja opisana primena *Armea* mogla bi se, prvi put, po našem mišljenju, proširiti, pored povreda glave i kičmenog stuba, moždanog udara, cerebralne paralize, i na primenu *Armea* u habilitacionom i ranom stimulativnom tretmanu kod dece sa *grafomotornom disgrafijom*, *dispraksijom*, *cerebralnom paralizom (CP)*, *autizom* i *intelektualnom ometenošću*, s obzirom na njihovu hipotoničnu muskulaturu šake i neadekvatnu koordinaciju. Blagovremenom primenom ovog uređaja u tretmanu ove dece mogla bi da se poboljša motorika njihovih ruku i šaka što bi svakako uticalo i na kvalitet njihovih svakodnevnih aktivnosti i sposobnost učenja i izvršavanja školskih zadataka.

**Ključne reči:** Armeo, disgrafija, grafomotorna, tretman, dispraksija

### ABSTRACT

*Armeo (Hocoma)* device is projected to help persons with hemiparesis, so they can use remained neuromuscular control for practicing and strengthen movements of arm and function of catching. After experienced stroke, traumatic brain injury, or other neurological or muscular damages, large numbers of patients still do not have neuromuscular control in hemiparetic extremity. Because of the weakness of muscles and inability to conquer with

gravity, usage of arm is disabled. Armeo neutralizes weight of arm, enable usage of remaining control in both arms and hands by following exercises which represent real life situations in 3D simulations. Experience of success during (re)habilitation encourages patients to put more effort, and follow instructions of therapists. Software accepts trajectory of patient's arm and wrist movement and with that enables therapists to evaluate patient's pattern of coordination and improvement during treatment. Device is easily adaptable to patient's needs and it is possible to be used also without help of therapist. *Armeo* speeds up re(habilitation) by combining adaptable support for arm with grabber which is very sensitive and stimulates everyday activities. Data's for every patient can be electronically archived, which enables evaluation and follow up of improvements in treatment. Application of *Armeo* in situations with head injuries described till now can be widen, for the first time by our opinion, on application of *Armeo* in habilitation and early stimulant treatment in children with *graphomotor dysgraphia, dyspraxia, cerebral paralysis (CP), autism and intellectual disorders*, with respect to hypotonic muscular hand and inadequate coordination. By seasonable application of this device in treatment of these children, their hand and arm motoric can be improved, which would definitely affect quality of their everyday activities and ability to learn and carry out school tasks.

**Key words:** Armeo, dysgraphia, graphomotor, treatment, dyspraxia

## UVOD

*Motoričke sposobnosti* su neophodne za svakodnevni život. Neurološki poremećaji, kao što su *povrede kičmenog stuba, moždani udar, traumatske povrede mozga, multipla skleroza* i dr. utiču na motoričke funkcije. S obzirom da su motoričke sposobnosti od presudnog značaja u svakodnevnom životu ljudi, njihovo rehabilitovanje i oporavak funkcija imaju važnu ulogu u poboljšanju kvaliteta života pacijenta.<sup>1</sup> U skorije vreme, upotreba robotičkih uređaja postala je sve učestalija u rehabilitaciji. Uređaji za gornje i donje ekstremitete omogućavaju pacijentima da aktivnije učestvuju u terapiji, omogućavajući duže tretmane i preciznija ponavljanja motoričkih obrazaca koji moraju ponovo da budu uspostavljeni, takođe, olakšavajući tretmane i samim terapeutima.<sup>2-4</sup> Ipak, pacijenti se i dalje oslanjaju na terapeute tokom tretmana i radi dobijanja povratne informacije o napretku. Da bi se dobile augmentativne povratne informacije koriste se digitalni ekrani, tj. kompjuterski ekrani i virtuelna realnost kako bi se utvrdila motorička sposobnost pacijenata.<sup>5,6</sup> Ispravno primenjene aplikacije omogućavaju precizne povratne informacije o pokretima, a preko aplikacija sličnih video igrama pojačava se motivacija i uključivanje pacijenta tokom tretmana, što predstavlja ključni faktor pri produktivnom motoričkom učenju i važan faktor u uspešnoj rehabilitaciji.<sup>7</sup> U poslednjih nekoliko godina razvijeno je mnogo aplikacija putem kojih se prate augmentativne povratne informacije. Uopšteno, aplikacije mogu biti podeljene na aplikacije koje povećavaju motivaciju zbog poboljšane grafike i izazovnih vežbi, kao i aplikacije koje se koncentrišu više na direktne povratne informacije, ali im nedostaje motivišući faktor.<sup>8-13</sup> Kod većine ovih aplikacija je, ipak, moguće trenirati samo određeni aspekt pokreta. One sadrže set vežbi različitih nivoa težine. Prema tome, terapeut mora da odluči koja će aplikacija i vežba biti odgovarajuća i najefikasnija za pacijenta u trenutnom stanju oporavka. Pri skupljanju augmentativnih povratnih informacija potrebno je da pacijent bude

motivisan i aktivan s obzirom na svoje sposobnosti. Studije su pokazale da se pacijenti trude samo pri aktivnostima u kojima ono što dobijaju kao rezultat odgovara trudu koji su uložili.<sup>14-15</sup> Prema tome, pacijenti koji veruju da dobro napreduju i da znaju kako da sami sprovedu svoje zadatke ostaju motivisani i uporni duži vremenski period.<sup>16</sup>

Kapacitet informacija ljudskog motornog sistema uspostavljen je *Fitt-ovim zakonom*. Ovaj zakon opisuje linearnu vezu između vremena ( $T$ ) koje je potrebno da se pređe od startne pozicije do ciljane pozicije i osobina koje ove pozicije imaju, tj. veličina ciljane pozicije ( $W$ ) i udaljenost između njih ( $D$ ). Logaritamski termin ove veze je „indeks težine“ (IT). Jednačina pokazuje *Shannon-ovu formulaciju Fitt-ovog zakona* koji bolje odgovara nižim indeksima težine u odnosu na one koji su prvobitno formulisani.<sup>17</sup> Veza između perioda kretanja i indeksa težine može se dobiti merenjem vremena kretanja za veći broj različitih indeksa težine i izvođenjem linearne regresije dobijenih podataka. Na ovaj način se dobijaju rezultati za trenutak presretanja (a) i pada (b) koji su važni za pacijentovu trenutnu sposobnost, kao i uređaj koji vrši merenje.

$$T = a + b \log_2 \left( 1 + \frac{D}{W} \right)$$

Kompanija *Hocoma* primenjuje kliničke dokaze u inovativnoj terapiji za tretman neuroloških pacijenata koji imaju poremećaje kretanja uzrokovane *moždanim udarom, povredom kičmenog stuba, cerebralnom paralizom, ili drugim neurološkim poremećajima ili povredama*.

Osim intenzivne terapije lokomocije, *Hocoma* takođe nudi rešenja u rehabilitaciji pri funkcionalnoj terapiji gornjih ekstremiteta (*Armeo Terapeutski koncept*). Ovaj koncept sadrži različite uređaje, od kojih je svaki razvijen za određeni stadijum oporavka. Poslednji porizvedeni uređaj, *Armeo Power*, je svetski prvi komercionalno dostupan *robotizovani egzoskelet ruke*.

*Armeo (Hocoma)* uređaj je projektovan da pomaže osobama sa hemiparezom kako bi iskoristili neuromišićnu kontrolu koja im je preostala za vežbanje i ojačavanje pokreta ruke i funkcije hvatanja. Nakon doživljenog moždanog udara, traumatske povrede mozga ili drugih neuroloških ili mišićnih oštećenja mnogi pacijenti nemaju neuromišićnu kontrolu u hemiparetičnom ekstremitetu. Zbog slabosti mišića i nemogućnosti da se izbore sa silom gravitacije upotreba ruke je onemogućena. *Armeo* neutrališe težinu ruke, omogućavajući iskorišćenje preostale kontrole u obe ruke i šake, prateći vežbe koje predstavljaju realne životne situacije u 3D simulacijama.

Doživljaj uspeha u toku (re)habilitacije ohrabruje pacijente da se više naprežu i prate šta im terapeut nalaže. *Softver* prihvata trajektoriju kretanja pacijentove ruke i zglobova, pa time omogućava terapeutima da procenjuju pacijentov obrazac koordinacije i napredak u toku tretmana. Uređaj je lako prilagodljiv pacijentovim potrebama i moguće ga je koristiti i bez pomoći terapeuta. *Armeo* ubrzava (re)habilitaciju kombinujući podesivu potporu za ruku sa hvataljkom koja je vrlo senzitivna i stimuliše svakodnevne aktivnosti. Podaci za svakog pacijenta mogu se elektronski arhivirati, što omogućava procenu i praćenje napretka u tretmanu.

Istraživanja<sup>18</sup> sugerišu da se neuralni plasticitet mozga može održati i nove konekcije (veze) mogu biti stvorene bez obzira na poremećaj pacijenta, putem

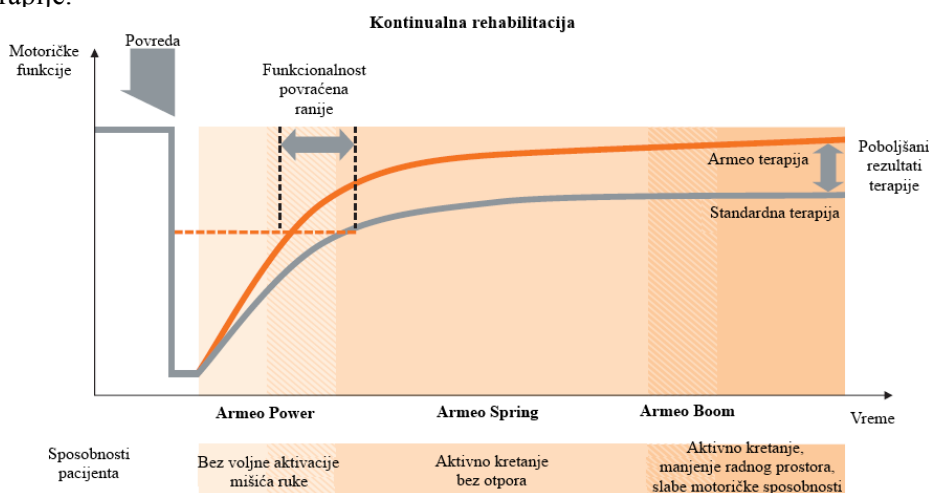
intenzivnih, ponavljajućih kretanja pri kojima se izvršavaju zadati zadaci. Ove vežbe utiču na postepenu reorganizaciju mozga, što dovodi do vraćanja kretanja i funkcionalnosti pogođenih delova.

Klinička istraživanja takođe ukazuju na to da su terapije efikasnije ukoliko pacijent inicira vežbanje i ostaje motivisan tokom celog, često dugačkog, rehabilitacionog procesa.



**Slika 1.** Četiri modela uređaja *Armeo* sa zajedničkim konceptom rehabilitacije  
**Figure 1.** Four models of the device *Armeo* with the common concept of rehabilitation

Na osnovu kliničkih dokaza razvijen je *Terapeutski Koncept Armeo*.<sup>18</sup> Ovaj koncept objedinjuje 3 karakteristike modularnog dizajna različitih proizvoda koje su sve pokrenute sa jedne softverske platforme. Rezultat predstavlja terapijski koncept koji je namenjen različitim pacijentima i terapeutskim potrebama u čitavom spektru „kontinualne rehabilitacije“, od početka procesa rehabilitacije do kućne terapije.



**Slika 2.** Tok rehabilitacije (prilagođeno na osnovu <sup>Web1 - 18</sup>)  
**Figure 2.** The course of rehabilitation (adjusted based on <sup>web1 - 18</sup>)

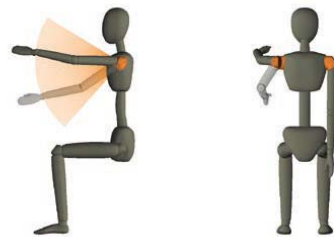
Osnova *Armeo Terapeuskog Koncepta* je, dakle, kombinacija 3 ključne karakteristike:



**Slika 3.** Augmentativna povratna informacija  
**Figure 3.** Augmentative feedback



**Slika 4.** Sistem za procenu  
**Figure 4.** The system of assessment



**Slika 5.**

Zajedno, ove tri karakteristike omogućavaju pacijentima da dostignu jači intenzitet vežbi u kojima je potrebno da vrše kretanja samostalno, a pri tom da ostaju konstantno motivisani i da je moguće procenjivati i pratiti njihov napredak, u cilju što je moguće boljeg oporavka.

*Armeo Terapeutski Koncept* poboljšava efikasnost terapijskih tretmana zato što su vežbe inicirane od strane pacijenta, usmerene su na samog pacijenta, funkcionalne su i intenzivne. Čak i pacijenti sa teškim oštećenjima mogu samostalno da vežbaju, bez konstantnog prisustva terapeuta, što omogućava pacijentu da upotrebi svoj potpuni potencijal za oporavak.

Merenje i procena augmentativne povratne informacije o učinku pacijenta omogućeno je *softverskom platformom*, a pacijenti su pri tome ohrabrivani i motivisani u cilju postizanja većeg broja ponavljanja, što vodi ka boljim i bržim rezultatima i poboljšanju dugoročnog napretka. *Softver* takođe omogućava automatsku procenu motoričkih funkcija, pa tako pacijenti lako mogu da prate svoj napredak čime se utiče na njihovu samoinicijativu u cilju potpunog oporavka.

Kod većine robota koji se koriste za rehabilitaciju kombinovano je više terapijskih elemenata. Na taj način terapija je intenzivnija, pruža veću i bolju podršku i pacijenti su više motivisani nego tokom regularne terapije. Više ponavljanja tokom tretmana, pomoć pri kretanju sa spoljašnjim *aktuatorima (motorima pokretačima)*, uključivanje stimulišuće virtualne okoline, takođe, utiče na proces reabilitacije.<sup>19</sup>

Istraživanjima je dokazano da intenzitet tretmana i ciljani zadaci predstavljaju ključne elemente za uspešni ishod terapije.<sup>20-22</sup> Kako bi ubuduće proces rehabilitacije bio još efikasniji, potrebno je uključiti nove terapijske i isplative metode u kombinaciji sa različitim tehnikama. Na primer, kombinovanje električnih stimulacija, robotizovane terapije i virtuelno realne sredine, pokazalo se kao veoma efikasno pri rehabilitaciji gornjih ekstremiteta kod pacijenata koji su preživeli *moždani udar*.<sup>22-24</sup> Kod ovih pacijenata, elektro-stimulacija i robotizovanost su uticali na smanjenje motoričkih oštećenja gornjih ekstremiteta.<sup>25</sup> Takođe, upotrebom ovih tehnika dokazano je da pacijenti mogu da vežbaju bez obzira na slabost mišića.

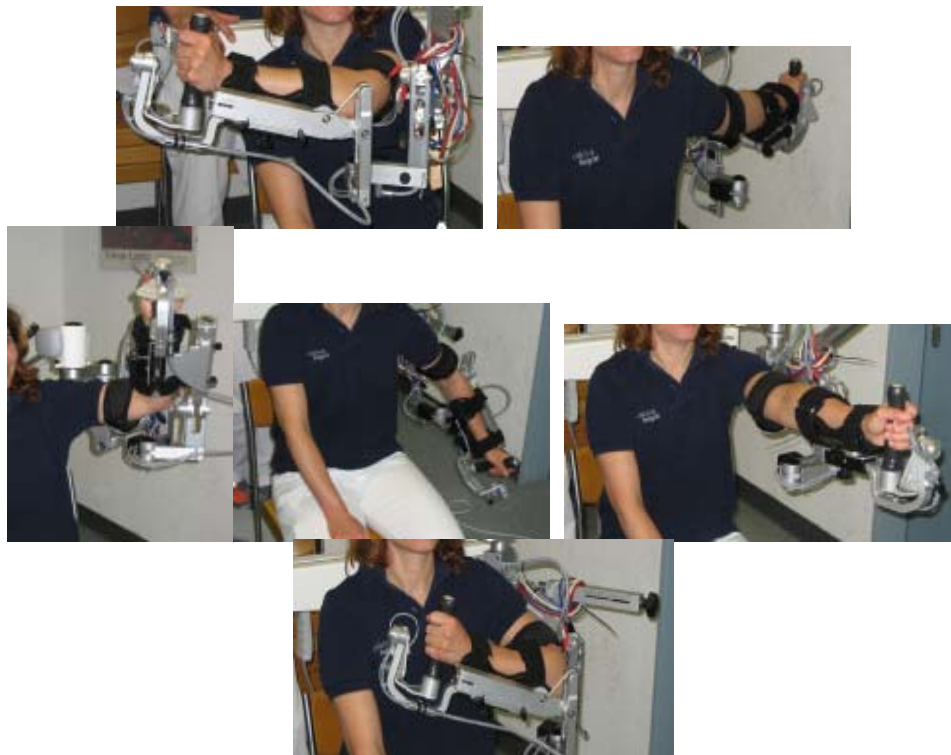
Studijama je pokazano<sup>26</sup> da kod pacijenata koji su doživeli moždani udar i počinju sa motoričkim vežbama, tretmani treba da budu intenzivni, uz postavljene zadatke koje pacijenti treba da izvršavaju.<sup>27</sup> Kako bi se optimizovala *Armeo Spring terapija*, preporučeno je da se odredi veoma mali radni prostor, kao i da se pacijentu omogući potpuna potpora ruke. Takođe, preporučeno je početi vežbu sa jedno-dimenzionim vežbama. Tokom terapije terapeuti treba da obrate pažnju na sledeće:

- Da li postoje neki kompenzatorni pokretni? Da li su ograničeni/umereni?
- Da li spasticitet utiče na pokrete?
- Da li su pokreti precizni koliko bi trebali da budu?
- Koja je brzina kretanja?
- Da li postoje neki drugi ydravstveni problemi ili kognitivni poremećaji?

Veoma je važno da pacijent bude stalno motivisan u toku vežbanja. Ovo se može postići dodatnim povećanjem veličine prostora za vežbu, postepenom redukcijom potpore ruke i povećanjem komplikovanosti zadataka.

Tokom prethodnih decenija razvijeno je mnoštvo robotskih uređaja za rehabilitaciju gornjih ekstremiteta nakon neuroloških poremećaja. Iako je o dizajnu i razvoju robotskih uređaja opsežno izveštavano, postoji samo nekoliko studija koje su sprovedene kao deo regularnog programa rehabilitacije i koje su fokusirane na efikasnost specifičnih tretmana ili specifičnih grupa pacijenata.<sup>28-29</sup> Glavni cilj ovih uređaja je povećanje intenziteta i kvaliteta rehabilitacionog tretmana obezbeđivanjem dobro kontrolisanih i situacija koje mogu da se ponavljaju, a takođe uz optimalno pomoć pacijentu.<sup>30-31</sup> Takođe, ovi uređaji smanjuju napor terapeutima potpomaganjem u toku određenih pokreta pacijenata, kao i pružanjem

potpore pacijentovoj ruci u toku tretmana. *Armeo Spring Sistem* ima nekoliko stepena slobode kretanja, kao i nekoliko potencijometara (rezolucija:  $0,2^\circ$ ) koji mere uglove pod kojima se nalaze zglobovi. Ove mere se koriste kako bi se izračunala krajnja tačka ruke u prostoru. Takođe, jedan senzor za pritisak je postavljen u držaljki za šaku, kako bi se procenjivao stisak pri zatvaranju i otvaranju šake. Da bi bio izmeren prostor u kome pacijent pokreće ruku, pacijent mora da sedi na stolici. Uređaj je tada poravnat prema pacijentu. Referentni položaj uređaja u odnosu na pacijenta je takav da vertikalna osa prolazi kroz zglob ramena. Pacijentova ruka se postavlja u *egzoskelet*, podešava se visina uređaja, dužina dela za nadlakticu i podlakticu i definiše se težina oslanjanja nadlaktice i podlaktice. Radni prostor za izvođenje tretmana se proračunava korišćenjem x (kretanje desno-levo), y (kretanje gore-dole) i z (odmicanje-primicanje) *osa Dekartovog koordinatnog sistema* sa originalnom postavkom u odnosu na rameni zglob. Pacijentima se traži da pomere ruku do krajnje desne pozicije, a da je pri tom trup prav i stabilan, i da ostanu u tom položaju 3-5 sekundi, onda treba pomeriti ruku do krajnje leve pozicije, držeći stabilnu posturu i opet držati 3-5 sekundi i takođe ruku treba dovesti u maksimalni gornji, donji, primaknuti i odmaknut položaj.



**Slika 6.** Testirani pokreti i pozicije ruke pacijenta: desno, levo, gore, dole, odmaknuta, primaknuta (preuzeto iz <sup>32</sup>)

**Figure 6.** Tested movements and positions of the hands of the patient: right, left, up, down, offset, draw near (taken from <sup>32</sup>)

*Armeo* uređaji snimaju pouzdane podatke o kretanju u radnom prostoru u toku testiranja u različitim situacijama kod različitih pacijenta. Čak i u stanjima gde je položaj sedenja promenjen (što je slučaj kod pacijenata koji se rehabilituju od povreda kičmene moždine) pouzdanost dobijenih podataka je i dalje dobra. Dokazano je da su merenja pokretanja ruke u radnom prostoru izvršena na uređaju *Armeo* pouzdana za kliničku upotrebu.

U poslednjoj deceniji projektovani su kompjuterizovani roboti i elektro-mehanički uređaji koji obezbeđuju autonomni tretman visokog intenziteta za gornje ekstremitete.<sup>33-34</sup> Poznato je da su trajanje i intenzitet tretmana ključni faktori za uspešnu neurološku rehabilitaciju. U ovoj metodologiji je posebno važno omogućavanje nezavisnog vežbanja i ponavljanja pokreta u motivišućoj, detaljnima ispunjenoj i interaktivnoj virtualnoj sredini. U ovoj sredini motorički zadaci koji uključuju centralne nervne puteve odgovaraju procesuiranju vizuelne povratne informacije, moraju biti postignuti. Na taj način, vežbe grupisane na osnovu principa motoričkog učenja, potrebne su prilikom rehabilitacije.<sup>35</sup>

Pored pomenute primene *Terapeutskog koncepta Armeo* u rehabilitacione svrhe, autori ovog rada veruju da ga je moguće sa uspehom primeniti i u habilitacione svrhe u slučajevima *dispraksije, grafomotorne disgrafije, nekih oblika nespretnosti, pa i lakših slučajeva intelektualne ometenosti, autizma i cerebralne paralize*. S obzirom da je *disgrafija*<sup>36</sup> specifična smetnja u razvoju i sticanju sposobnosti pisanja i pored postojanja normalne inteligencije, dobrog vida i sluha, odgovarajuće edukacije i socijalnih uslova<sup>36</sup>, a *grafomotorna disgrafija* smetnja u pisanju koja nastaje zbog nerazvijenih i nekoordiniranih grafomotornih pokreta ruke, koji utiču samo na kvalitet rukopisa, ali ne i na njegovu sadržajnu i pravopisnu stranu, *Armeo Spring Pediatric* specijalno dizajniran za decu (slika 1.) mogao bi da poboljša koordinaciju pokreta i kvalitet fine motorike ruke i šake. *Dispraksija* je neurološki uslovljen poremećaj koji se ispoljava smetnjama motoričkog planiranja. Ona podrazumeva i parcijalni gubitak sposobnosti koordinacije i izvođenja određenih svrsishodnih pokreta i gestova u odsustvu drugih motornih i senzornih poremećaja.<sup>36</sup> *Razvojna dispraksija* je heterogeni *razvojni poremećaj* koji pogađa započinjanje, organizaciju i izvođenje akcije.<sup>36</sup> Koncept *razvojne dispraksije* postoji više od jednog veka, ali različite interpretacije termina i dalje postoje. Motorna koordinacija deteta sa *dispraksijom*, na finim ili grubim motornim zadacima, je znatno ispod očekivanog nivoa u odnosu na uzrast deteta i njegovu inteligenciju.<sup>36</sup> Dete s *dispraksijom* najčešće nije u stanju da ovlada prikladnim i pravilnim načinom držanja olovke. Iako zna pravilno da drži olovku, ali je previše grčevito drži, takvo pisanje je neravnomerno sa naprezanjem i izaziva zamor kod deteta. Detetu je teško da piše unutar okvira, ili da reči piše odvojeno. Samo oblikovanje slova je teško i pisanje je neujednačeno (pisanje na vrhu stranice je bolje pa sve lošije prema dnu stranice), što znači da dete s *dispraksijom* ima smetnje u izvođenju grafomotornog obrasca slova. Smetnje u koordinaciji fine motorike dovode do smetnji u pisanju, usled ili ideatornih ili ideomotornih poremećaja. Smetnje uključuju učenje obrazaca osnovnih pokreta, razvijanje i postizanje željenje brzine pisanja, akviziciju (sticanje) grafema-na primer slova latiničnog alfabeta kao i brojeva, uspostavljanje pravilnog držanja olovke i bol u ruci prilikom pisanja. Poremećaji motorne koordinacije mogu uticati na većinu razvojnih sposobnosti uključujući hodanje, trčanje, penjanje i skakanje,



loš tajming, loš balans-ravnotežu (ponekad čak i padanje u među-koraku) i saplitanja o sopstvena stopala, smetnje kombinovanja pokreta i kontrole sekvenci pokreta, smetnje u prisećanju sekvenci narednog pokreta, smetnje koje uključuju podizanje i zadržavanje jednostavnih predmeta zbog slabosti mišićnog tonusa, nespretnost i obaranje stvari i slučajnog sudaranja sa ljudima, smetnje u razlikovanju leve i desne strane, levorukost i prevežbavanje dominantne ruke, smetnje u utvrđivanju razdaljine između njih i drugih objekata. Trening mišića i dobro ovladavanje tehnikama važni su za ishod tretmana *disgrafije*. Specijalno osmišljene vežbe su mogu da povećaju snagu i spretnost (*Armeo Spring Pediatric*). Kod dece koja teško pamte motorne obrasce za oblike slova, počinje se sa pisanjem nakon što se eliminišu problematični prelazi sa štampanih na pisana slova. Ona deca koja pišu pisanim slovima imaju veću mogućnost da osete razliku između grafema **p**, **b**, **d**, i **q**, zato što su pisane forme ovih slova različite za razliku od štampanih slova. Postoje i mnogobrojne modifikacije i prilagođavanja procesa pisanja koji se mogu koristiti u *tretmanu disgrafija*, kao što je na primer učenje korišćenja kompjuterskih programa za obradu teksta, zaobilazeći tako *kompleksne motoričke zahteve rukopisa*. Neka deca sa *disgrafijom* lakše savladaju abecedu preko tastature kompjutera. Dete s *dispraksijom* može ispoljavati i znakove nekih drugih stanja kao što su *poremećaj pažnje i hiperaktivnosti (ADHD)*, *disleksija* ili čak *Tourett-ov sindrom*. Teško obavljaju fizičke zadatke i često se umaraju zato što mnogo energije troše dok pokušavaju da pravilno izvrše određene pokrete. Ispoljavaju *smetnje u razumevanju informacija* koje primaju, kao i *smetnje povezivanja informacija s odgovarajućom aktivnošću*. Uzrok je neravnomeran razvoj delova kore velikog mozga odgovornih za motoriku, što otežava uspešnost prenosa informacija pri sprovođenju namerno planiranih pokreta. Deca s *dispraksijom* u stvari ne mogu „naterati“ svoje telo na pokret željenom brzinom tako da se akcije ostvaruju, ali usporeno i nesigurno. Nedostatak u primanju i prenošenju informacija može se dogoditi u bilo kojoj od milion moždanih veza što uslovljava različite manifestacije simptoma u svake osobe s *dispraksijom* ponaosob. Neki (ali ne svi) imaju *hipotoniju*, snižen mišićni tonus, uzrokovan *dispraksijom*, tako da kod njih čak i najmanja aktivnost može brzo uzrokovati bol i zamor u zavisnosti od težine hipotonije. *Hipotonija* može da pogorša njihovu slabu ravnotežu toliko da je neophodno konstantno oslanjanje na čvrst oslonac. Fina motorika se može podsticati igračkama kao što su puzzle i slaganje velikih lego-kocaka još u vrtiću, a zatim informatičkim aktivnostima u osnovnoj i srednjoj školi, kao i primenom *Armeo Spring Pediatric*. Ova deca mogu biti veoma kreativna iako njihov mozak funkcioniše na drugačiji način. Oni imaju *smetnje u orijentaciji i koordinaciji*. Postoje različita mišljenja o tome na koji se način može poboljšati neke funkcije mozga, kao na primer, vežbom u kojoj *dete sa dispraksijom* prvo desnom rukom dodiruje levo, a zatim levom rukom dodiruje desno koleno, pomaže koordinaciji, tj. protoku informacija između leve i desne hemisfere mozga. Vežbu je naravno potrebno ponavljati više puta. Ponavljanjem različitih vežbi, poput hodanja na petama prema napred i vraćanja na prstima, kod velikog broja njih poboljšava se koordinacija pokreta. Ukoliko prestanu da vežbaju, smetnje se vraćaju i prisutne su sve dok ne počnu ponovo da vežbaju. Tako poboljšanjem rada različitih delova mozga, može se postići i napredak u stanjima poput ADHD-a, disleksije ili dispraksije.<sup>36</sup>

## LITERATURA

1. Holden MK. Virtual environments for motor rehabilitation: review. *Cyberpsychol Behav.* 2005; 8:187–211. doi: 10.1089/cpb.2005.8.187. discussion 212-9.
2. Housman SJ, Scott KM, Reinkensmeyer DJ. A randomized controlled trial of gravity-supported, computer-enhanced arm exercise for individuals with severe hemiparesis. *Neurorehabil Neural Repair.* 2009; 23:505–514. doi: 10.1177/1545968308331148.
3. Kwakkel G, Kollen BJ, Krebs HI. Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: a systematic review. *Neurorehabil Neural Repair.* 2008;22:111–121.
4. Prange GB et al. Systematic review of the effect of robot-aided therapy on recovery of the hemiparetic arm after stroke. *J Rehabil Res Dev.* 2006;43:171–184.
5. Magill R. *Motor learning and control: Concepts and applications.* New York: The McGraw-Hill Companies; 2007.
6. Linquist B. *Motor Learning Concepts and Applications.* Pediatric Physical Therapy. 2002.
7. Fung J, Malouin F, McFadyen BJ, Comeau F, Lamontagne A. et al. Locomotor rehabilitation in a complex virtual environment. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2004;7: 4859–4861.
8. Cameirao MS et al. The Rehabilitation Gaming System: a Virtual Reality Based System for the Evaluation and Rehabilitation of Motor Deficits. *Virtual Rehabilitation, 2007.* 2007. pp. 29–33.
9. Cameirao MS et al. Neurorehabilitation using the virtual reality based Rehabilitation Gaming System: methodology, design, psychometrics, usability and validation. *J Neuroeng Rehabil.* 2010;7:48. doi: 10.1186/1743-0003-7-48.
10. Eng K et al. Interactive visuo-motor therapy system for stroke rehabilitation. *Med Biol Eng Comput.* 2007; 45:901–907. doi: 10.1007/s11517-007-0239-1.
11. Piron L et al. Virtual environment training therapy for arm motor rehabilitation. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments.* 2005;14: 732–740.
12. Siekierka EM et al. New technologies and concepts for rehabilitation in the acute phase of stroke: a collaborative matrix. *Neurodegener Dis.* 2007; 4:57–69.
13. Zimmerli L et al. Virtual reality and gait rehabilitation Augmented feedback for the Lokomat. *Virtual Rehabilitation International Conference, 2009.* pp. 150–153.
14. Hill T, Fultz J, Biner PM. Incidental learning as a function of anticipated task difficulty. *Motivation and Emotion.* 1985; 9:71–85.
15. Kukla A. Foundations of an attributional theory of performance. *Psychological Review.* 1972;79: 454–470.
16. Lequerica AH, Kortte K. Therapeutic engagement: a proposed model of engagement in medical rehabilitation. *Am J Phys Med Rehabil.* 2010; 89:415–422.
17. MacKenzie IS. Fitts' law as a research and design tool in human-computer interaction. *Human Computer Interaction.* 1992;7: 91–139.
18. Web 1 - <http://www.hocoma.com/products/armeo/>
19. Stienen A et al. Design of a Dedicated Weight-Support System for Upper-Extremity Rehabilitation. *Journal of Medical Devices,* DECEMBER 2009, Vol. 3 / 041009-1.
20. Barreca S et al. Treatment interventions for the paretic upper limb of stroke survivors: A critical review. *Neurorehabil Neural Repair* 2003, 17:220-226.

21. Langhorne P, Coupar F, Pollock A: Motor recovery after stroke: a systematic review. *Lancet Neurol* 2009, 8:741-751.
22. Oujamaa L et al. Rehabilitation of arm function after stroke. Literature review. *Annu Phys Rehabil Med* 2009, 52:269-293.
23. Meadmore K et al. Functional electrical stimulation mediated by iterative learning control and 3D robotics reduces motor impairment in chronic stroke. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 2012, 9:32
24. Dobkin BH: Strategies for stroke rehabilitation. *Lancet Neurol* 2004, 3:528-536.
25. De Kroon JR, van der Lee JH, IJzerman MJ: Therapeutic electrical stimulation to improve motor control and functional abilities of the upper extremity after stroke: a systematic review. *Clin Rehabil* 2002, 16:350-360.
26. Clinical Success Using Armeo®Spring, St. Mauritius Therapieklinik, Meerbusch, Germany
27. Kwakkel et al, *Lancet* 1999; 354: 191-196
28. Waldner A, Tomelleri C, Hesse S. Transfer of scientific concepts to clinical practice: recent robot-assisted training studies. *Funct Neurol* 2009, 24:173-177.
29. Mehrholz J, Platz T, Kugler J, Pohl M. Electromechanical and Robot-Assisted Arm Training for Improving Arm Function and Activities of Daily Living After Stroke. *Stroke; a journal of cerebral circulation* 2009, 40:e392-e393.
30. Sanchez RJ, Liu J, Rao S, Shah P, Smith R, Rahman T, Cameron SC, Bobrow JE, Reinkensmeyer DJ: Automating arm movement training following severe stroke: functional exercises with quantitative feedback in a gravity-reduced environment. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2006, 14:378-389.
31. Marchal-Crespo L, Reinkensmeyer DJ: Review of control strategies for robotic movement training after neurologic injury. *J Neuroeng Rehabil* 2009, 6:20.
32. Referenca - Claudia Rudhe, Urs Albisser, Michelle L Starkey, Armin Curt and Marc Bolliger. Reliability of movement workspace measurements in a passive arm orthosis used in spinal cord injury rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 2012, 9:37.
33. Kwakkel G, Kollen BJ, Krebs HI: Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: a systematic review. *Neurorehabil Neural Repair* 2008, 22:111-121.
34. Referenca - Domien Gijbels, Ilse Lamers, Lore Kerkhofs, Geert Alders, Els Knippenberg and Peter Feys. The Armeo Spring as training tool to improve upper limb functionality in multiple sclerosis: a pilot Study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 2011, 8:5
35. Van Peppen RP, Kwakkel G, Wood-Dauphinee S, Hendriks HJ, Van der Wees PJ, Dekker J: The impact of physical therapy on functional outcomes after stroke: what's the evidence? *Clin Rehabil* 2004, 18:833-862.
36. Golubović S. Disleksija, disgrafija, dispraksija. Fakultet za specijalnu edukaciju i rehabilitaciju, Univerzitet u Beogradu, Merkur, Beograd, 2011.