

## TEHNIČKA I TEHNOLOŠKA DOSTIGNUĆA U FUNKCIJI USVAJANJA MOTORIČKIH ZNANJA

Vladimir Medved, Mladen Mejovšek, Emil Hofman

Fakultet za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu

*Pregledni članak*

UDK: 796.012:681.5

Primljeno: 10.09.93.

### Sažetak:

*Daje se sažeti pregled tehničkih uređaja, metoda, postupaka i pomagala koji mogu doprinijeti usvajanju pojedinih motoričkih znanja, kako u sportu, tako i u rehabilitacijskoj medicini, kada je, zbog bolesti ili traume, narušena prirodna motorika. Uređaji su kategorizirani na dijagnostičke i one za direktnu primjenu u motoričkom učenju. Obuhvaćeni su kinematički, kinetički i elektromiografski dijagnostički postupci, a od tehničkih pomagala u motoričkom učenju audiovizualna sredstva, uređaji za tehniku relaksacije, te ortoze i proteze ekstremiteta. Navedeni su vodeći svjetski proizvođači odgovarajuće opreme, a referirana i neka vlastita rješenja iz oblasti dijagnostike stanja usvojenosti sportske tehnike.*

**Ključne riječi:** motoričko znanje, dijagnostika, motoričko učenje, tehnika, tehnologija

### Abstract

#### ENGINEERING AND TECHNOLOGICAL ACHIEVEMENTS APPLIED TO MOTOR SKILLS ACQUISITION

*The paper provides a brief survey of technical devices, methods, procedures and aids that can contribute to the acquisition of particular motor skills, in sports as well as in rehabilitation medicine, in case when natural motor system has been disturbed because of illness or trauma. The devices have been classified into diagnostic ones, and the ones applied directly in the motor learning process. The kinematic, kinetic and electromyographic procedures have been included. In this process of motor learning different technical devices have been used: audio-visual devices, devices necessary for the relaxation technique, and orthoses and prostheses of extremities. The largest world manufacturers of suitable equipment have been listed, and we have also referred to some of our methods in the field of diagnosing the level of the sports technique acquisition.*

**Key words:** motor skill, diagnostics, motor learning, technology

### Zusammenfassung

#### DIE ANWENDUNG VON TECHNISCHEN UND TECHNOLOGISCHEN ERFINDUNGEN BEI DER ERWERBUNG VON MOTORISCHEN FÄHIGKEITEN

*Man gibt einen kurzen Überblick über die technischen Geräte und Hilfsmittel, sowie über die Methoden und Verfahren, die der Erwerbung von einigen motorischen Fähigkeiten sowohl im Sport, als auch in der Rehabilitationsmedizin, beitragen können, wenn, wegen einer Krankheit oder eines Traumas, die Naturmotorik gestört wird. Die Geräte wurden in zwei Gruppen eingeteilt: diejenige, die für Diagnostik geeignet sind und diejenige, die man unmittelbar bei dem motorischen Lernen anwendet. Es wurden sowohl die kinematischen, kinetischen und elektromyographischen diagnostischen Verfahren umfaßt, als auch die technischen Hilfsmittel für das motorische Lernen wie audio-visuelle Mittel, Anlagen für die Relaxation, und Orthosen und Prothesen für Extremitäten. Es wurden die Spitzenhersteller der entsprechenden Ausrüstung aus der ganzen Welt angeführt, und es wurde auch von einigen eigenen Lösungen im Bereich der Diagnostik des Sporttechnikerwerbungs-niveaus berichtet.*

**Schlüsselwörter:** motorische Fähigkeiten, Diagnostik, motorisches Lernen, Technik, Technologie

\* Referat podnesen na 2.ljetnoj školi pedagoga fizičke kulture Hrvatske, Rovinj, 27.06.1993.

## 1. Uvod

Suvremena tehnička i tehnološka rješenja, instrumenti i uređaji pružaju velik i značajan potencijal u smislu primjene kod usvajanja motoričkih znanja. U kojoj će mjeri taj potencijal biti iskorišten u praksi usvajanja motoričkih znanja kod raznih kinezioloških aktivnosti, drugo je pitanje, vezano uz mnoštvo materijalnih i ostalih činilaca. Namjera je ovog rada da prikaže, tj. dade "presjek" kroz odgovarajuća suvremena sredstva. Pri tome će se uzeti u obzir stanje na svjetskom tržištu opreme i znanja, koji u ovom trenutku možda nisu dostupni našim sredinama, a ukazat će se i na neka vlastita rješenja.

Tehnička i tehnološka sredstva u funkciji usvajanja motoričkih znanja možemo kategorizirati na:

- sredstva i postupke **dijagnostike** motoričkih znanja, pod čime podrazumijevamo objektivnu kvantifikaciju stupnja usvojenosti određenog motoričkog znanja (vještine) i
- sredstva za primjenu u direktnom **učenuju**, tj. **treningu** i **svladavanju** određenih motoričkih vještina.

Naravno, određeni uređaj/tehničko sredstvo može u konkretnom slučaju zadovoljiti i obje navedene funkcije.

Zanimljivo je spomenuti stanovitu skepsu koja postoji u pojedinim oblastima u vezi stvarne vrijednosti i utilitarnosti tehničkih dostignuća kao "pomoćnog sredstva". Tako npr. u oblasti biomehaničke analize i dijagnostike hoda, jedne od elementarnih motoričkih vještina (motoričko znanje hoda usvaja se tijekom djetinjstva, a u slučaju traume tijekom života treba ga eventualno ponovo učiti) neki eksperti (Brand, 1989) su mišljenja da se često radi o "mjerenu koje je samo sebi svrhom", dok se suštinski vrijedne informacije ustvari ne dobivaju, jer se dijagnostika ionako provodi na klasičan medicinski način i opservacijom. Stoga je svakako potrebna kritičnost kod ocjene takvih dostignuća, a to je zadaća svakog kineziologa praktičara. Mi smo, naprotiv, mišljenja da tehnička dostignuća svakako mogu značajno doprinijeti dijagnostici.

## 2. Objektivizacija dijagnostike motoričkih znanja primjenom tehničkih uređaja

Određeno motoričko znanje uvijek se manifestira izvođenjem određenih pokreta, slijedova pokreta, tj. kretnih struktura. Stoga je u pokušaju objektivizacije dijagnostike motoričko znanje prvi korak **mjerenja**

pokreta, nakon čega slijede **obrada i interpretacija** mjernih veličina.

### 2.1. Kinematičke mjerne tehnike i metode obrade signala

Suvremene tehničke mogućnosti akvizicije kinematičkih signala, zajedno s odgovarajućom programskom podrškom, omogućuju neposrednu analizu i interpretaciju informacija o realizaciji motoričkih zadataka. Takva tehnička i tehnološka osnova stvara uvjete za egzaktnu dijagnozu na kojoj se temelje: procjena tehnike i optimalizacija gibanja, otkrivanje mogućih uzroka ozljeđivanja, oblikovanje i konstrukcija sportskih sprava i opreme, konstrukcija trenažera itd.

Uporaba spomenute tehnologije može također poslužiti za izradu programa treninga, odabir operatora u procesu treninga, selekciju, ali i kao sredstvo za efikasnije usvajanje motoričkih zadataka, jer neki kinematički sustavi omogućuju brzu povratnu informaciju koja upućuje na potrebnu korekciju i poboljšanje stereotipa gibanja.

Izravne kinematičke tehnike (elektrogoniometri i akcelerometri) daju informacije o gibanju samo određenog dijela muskuloskeletnog sustava i, u pravilu, ometaju ispitanika u izvođenju motoričkog zadatka. Zbog toga se relativno malo koriste u analizi sportskih gibanja. Mnogo su pogodnije tehnike koje omogućuju slikovnu registraciju gibanja kompletnog tijela (2D i 3D), jer su neinvazivne i imaju dovoljnu vremensku i prostornu rezoluciju mjerenja. Uz već klasičnu brzu kinematografiju, unazad nekoliko godina usavršeni su različiti tipovi video sustava (VICON, ELITE, ARIEL), optoelektroničkih sustava (SELSPOT-II, WATSMART), te optomehaničkih skenera (CODA-3).

Svako od navedenih tehničkih rješenja ima određene prednosti kao i nedostatke. Stoga, izbor mjernog sustava ovisi o zahtjevima korisnika, odnosno o tipu motoričkog zadatka i uvjetima u kojima se registracija realizira. Za kinematička mjerenja sportskih gibanja prednost imaju video sustavi s uređajem za digitalizaciju videosnimke (npr. Metrabyte ili Matrox), jer omogućuju kolekciju signala u situacionim uvjetima (na natjecanju), za razliku od laboratorijskih video i optoelektroničkih sustava.

Budući su kinematički signali u digitalnom obliku, za procesiranje signala i analizu gibanja potrebna je programska podrška; kupljena ili samostalno razvijena. Takvi programski paketi omogućuju korisniku jednostavan način komuniciranja s računalom, sadržeći izbor opcija preko menu-a i potrebnih objašnjenja

pomoću help podrške. Neki komercijalni sustavi kao npr. ARIEL PERFORMANCE ANALYSIS SYSTEM, VICON, ELITE u ponudi za opremu mjerenja daju i odgovarajuću programsku podršku. Pretpostavka je da vlastiti razvoj programske podrške ima prednost, jer dozvoljava intervencije i izmjene u skladu s novim spoznajama u procesiranju i obradi signala, te drugim zahtjevima.

Za cjelovitu dijagnozu motoričkog znanja od posebnog je interesa poznavanje veličina kao što su: intersegmentalne sile, neto mišićni momenti, izmjena energije unutar segmenata, transfer energije između segmenata i sl. Zbog toga se upotrebljavaju modeli inverznog dinamičkog pristupa, kojima se na temelju procesiranih signala kinematičkog mjerenja i parametara segmenata (mase i momenti inercije), dobivaju dinamičke veličine. Parametri segmenata (modela) određuju se antropomorfnim modelima koji upotrebljavaju regresijske jednadžbe ili geometrijsku aproksimaciju, na temelju antropometrijskih mjera sportaša. Takav pristup je posebno pogodan za ocjenu usvojenosti motoričkih znanja jer uz ocjenu kinematičke strukture gibanja, dozvoljava i procjenu motoričke (mehaničke) efikasnosti (Mejovšek, 1990).

## 2.2. Kinetički pokazatelji

U okviru mjerljivih kinetičkih pokazatelja za vrijeme kretanja najčešća veličina je sila reakcije podloge. To je razumljivo, budući su takva mjerenja, ukoliko su ispunjeni potrebni uvjeti, praktički neinvazivna, a daju korisne informacije o dinamici kontakta između tijela i podloge za vrijeme potpornih faza lokomocije. Sila reakcije podloge, a s njome i prateće veličine kao što su koordinate točke centra pritiska, kao i komponente vektora momenta sile, su stoga standardni kvantitativni pokazatelji u oblastima rehabilitacijske medicine i kineziologije (Medved, 1987). Sa stajališta dijagnostike motoričkih znanja istakli bi jedan specifičan način prikaza izmjerenih veličina komponenata vektora sile reakcije podloge, naročito pogodan čovjekovom načinu interpretacije. Radi se o tzv. vektordijagramu, tj. prikazu na istoj slici sukcesivnih vektora u vremenu sile reakcije podloge, zasebno za sagitalnu i frontalnu ravninu. Takav način prikaza signala, podržan današnjim relativno jeftinim osobnim računalima, naišao je na primjenu, u prvom redu, u oblasti dijagnostike patološke lokomocije (Crenna i Frigo, 1985). Tu je moguće ustanoviti korelacije oblika pojedinih vektordijagrama sa specifičnim patologijama motorike. U oblasti sportskih aktivnosti takav prikaz za sada nije standardiziran, no, smatramo da ima veliki potencijal za primjenu u budućnosti. Najpoznatiji svjetski proizvođači uređaja za mjerenje sile reakcije podloge, tzv. platformi, su švicarska tvrtka Kistler i

američka AMTI (Advanced Mechanical Technology Inc.). Tehnička rješenja navedenih proizvođača baziraju se na piezoelektričnim pretvornicima, odnosno rasteznim mjernim trakama, respektivno, a isporučuju u kompletu s osobnim računalom i programskom podrškom za crtanje vektordijagrama.

## 2.3. Kineziološka elektromiografija

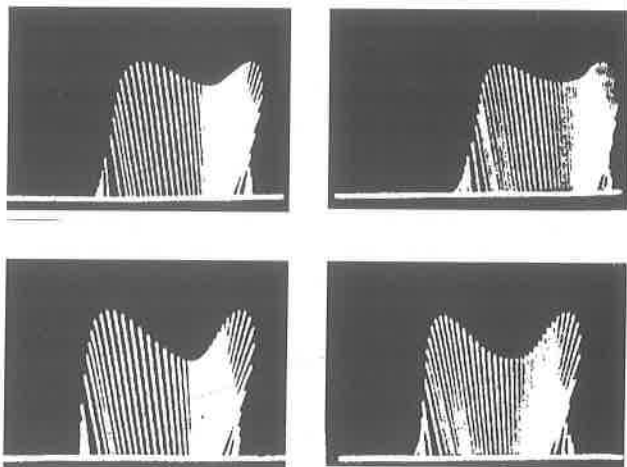
Oblast kineziološke elektromiografije inherentno je bliska problematici dijagnostike motoričkih znanja, iz razloga što aktivnost mišića održava stupanj motoričke usvojenosti određene kretne strukture. U tom smislu su praćenje i registracija EMG aktivnosti mišića aktivnih kod pojedinog pokreta prvi korak u objektivnoj registraciji stanja motoričke uvježbanosti. Drugi korak su obrada i interpretacija EMG signala, što podrazumijeva poznavanje fiziološke, kineziološke i biomehaničke osnovne funkcije neuro-muskulo-skeletnog sustava. Tehnička sredstva za provođenje takvih postupaka, a to su uređaji za detekciju i registraciju, te obradu EMG signala, relativno su jeftina i dostupna laboratorijskim sredinama. Tu je npr. omogućena i adaptacija srodnih uređaja za registraciju bioelektričkih veličina (osim EMG to mogu biti i EKG i EEG registracijski uređaji), te korištenje standardnih osobnih računala, uz odgovarajuće analogno-digitalne pretvornike. Možemo spomenuti suvremene EMG uređaje firme Noraxon, SAD, podržane računalom, primjenjive u biomehničkim, sportsko-medicinskim i srodnim laboratorijima.

Želimo li, što je često od interesa, pratiti slobodni pokret, potrebno je ostvariti telemetrijski prijenos signala. Za sada telemetrijski sustavi nisu dovoljno primjenjivani, no u budućnosti će svakako biti.

I u vlastitim je istraživanjima utvrđeno da postoje kvantitativni pokazatelji, elektromiografski i kinetički, kojima je moguće karakterizirati stupanj usvojenosti vještine nekih elemenata u sportskoj gimnastici (Medved i sur., 1986; Medved, 1989). Korišten je relativno jednostavan instrumentarij koji uključuje platformu za mjerenje sile reakcije podloge i višekanalni EMG registracijski uređaj proizvođača Beckman, SAD, spojene na mikroručalno, gdje se provode i obrade signala, tipično izračunavanje korelacije filtriranih EMG signala. Time dobivamo kvantitativne pokazatelje stupnja usvojenosti vještine.

## 3. Tehnička pomagala u motoričkom učenju

U okviru tehničkih pomagala u motoričkom učenju,



obradit ćemo audiovizualna sredstva, uređaj za tehniku relaksacije, te ortoze i proteze ekstremiteta. Zbog ograničenog opsega rada, nećemo, međutim, biti u mogućnosti da prikazemo trenažere, veliku skupinu uređaja namijenjenih vježbi specifičnih dijelova neuromišićnog sustava, odnosno cijelog tijela, već prema sportskoj disciplini.

### 3.1. Audiovizualna sredstva u analizi sportskih tehnika

Gotovo je sigurno kako je u učenju motoričkih znanja presudna uloga stvaranja kod učenika jasne predodžbe, naravno vizualne, o strukturi i varijantama motoričkih gibanja, a u odnosu na apstraktni opis pojedinih sportskih tehnika.

U svrhu opisa sportske tehnike, što je u biti temelj učenja motoričkih znanja, svakako je najznačajnija osobna demonstracija vrhunskog sportaša, ali to najčešće nije moguće, bilo zbog slabog znanja karakterističnih sportskih tehnika nastavnika tjelesne i zdravstvene kulture, bilo pak zbog manjka dobrih demonstratora, te sav prikaz tehnike ostaje na razini kinograma, konturograma, dijapozitiva, fotografija, filma i video zapisa.

I ne samo učenje motoričkih gibanja, već i analiza sportske tehnike u najvećoj mjeri ovisi od uspješne vizualne analize.

Svakako je mudrije i praktičnije posvetiti se opisu upotrebe video sustava u učenju i analizi motoričkih gibanja, nego foto sustavu; prvo, zbog jednostavnijeg tehnološkog procesa, drugo, zbog aktivne slike (mogućnosti projekcije pri dnevnoj svjetlosti) i, treće, zbog cijene, naime, videosustav je znatno jeftiniji i u startu i u kasnijoj eksploataciji.

Valja pripomenuti kako u Republici Hrvatskoj za sada nema ozbiljnih, stručnih, odgojnih kazeta o motoričkim gibanjima, već samo kazeta s prikazom

natjecanja i vrhunskih natjecatelja i to ponajčešće presnimljenih uz pomoć amaterskih rekordera.

Prije opisa video sustava u sportu, treba se upoznati sa, na prvi pogled, zbrkom koju uzrokuju i razni sustavi i razni trgovački nazivi kamkordera i pribora.

U svijetu postoje dvije velike skupine kamkordera-VHS i video 8, dok su betamax i U-matic praktično nestali, osim u skupljnoj - profesionalnoj verziji "extended beta" i "U-matic" u profesionalnoj verziji.

Sustav VHS i izvedenice VHS-C, S-VHS i S-VHS-C bilježe signale na magnetsku traku na jednak način, osim što su kazete sustava s oznakom C (compact) za dvije trećine manje, naime, manje kazete su se pojavile tada kada su se pojavili kamkorderi, aparati koji u sebi sadrže uređaje za snimanje i uređaj za reprodukciju, znači - video kameru i videorekorder.

Video 8 je, pak, format kazete i vrpce koji podsjeća na tonsku kazetu i na koji se može snimiti nešto više minuta programa nego na VHS kazetu, a također ima kvalitetniju verziju HI-8.

Važno je pripomenuti kako S-VHS i HI-8 imaju znatno veću horizontalnu rezoluciju ili, što u praksi znači, oštiju sliku i jasnije detalje, a to pogotovo dolazi do izražaja kod osvijetljenijih objekata snimanja.

Uporaba i primjena video-kino i foto sustava ovisi, ipak, ponajprije od tehničkih mogućnosti, pa je zbog toga važno učiniti jedan državni informacijski centar, kako bi se i skupili svi snimljeni materijali, arhivirali i obradili i kako bi se svima zainteresiranima pružile informacije gdje i kako posuditi ili iznajmiti nešto iz repertoara video i ostale, posve sigurno skupe, ali u sportu vrlo primjenljive tehnike.

### 3.2. Uređaji za tehniku relaksacije

Klasična bio-feedback tehnika neuromuskularne relaksacije temelji se na korištenju EMG signala kao povratne informacije, u vizualnom ili akustičnom obliku, koja se prikazuje ispitaniku (praktikandu) prilikom vježbi voljne kontrole stupnja kontrakcije i opuštanja (Basmajian i DeLuca, 1985). U tu svrhu može poslužiti svaki standardni EMG registracijski uređaj, uz izvedbu odgovarajućeg prikaza mjernog signala. Pri akustičnom načinu prezentacije mjernog signala pogodna je okolnost što frekvencijski spektar EMG signala pada u čovjekovo slušno područje, čime je pojednostavljena izvedba uređaja, jer je dovoljan samo zvučnik. Takvi uređaji mogu se izvesti kao prenosive i lagane jedinice, pogodne za terensku uporabu.

### 3.3. Ortoze i proteze ekstremiteta

Ova skupina uređaja/metoda primjenjuje se u slučajevima narušene funkcije lokomotornog sustava. S jedne strane, tu se može raditi o stanovitim neurološkim poremećajima kao npr. poremećenoj funkciji viših motoričkih neurona, uslijed bolesti ili traume. Tada je moguće, primjenom funkcionalne električne stimulacije (FES), umjetno izazvati mišićnu kontrakciju i restaurirati posturalnu i lokomocijsku funkciju. Sa stajališta motoričkog učenja veoma je zanimljiv, za sada dijelom još hipotetski, mehanizam da ponavljane FES-e mogu imati reorganizirajući učinak na živčani sustav, pa time, osim kratkotrajnog efekta, i trajno terapijsko djelovanje (Vodovnik, 1985). Moderna elektronička tehnologija omogućila je izvedbu višekanalnih implantabilnih stimulatora i široku primjenu u rehabilitacijskoj medicini, ili tzv. restaurativnoj neurologiji, u čemu je vrlo poznata Ljubljanska škola.

Adekvatna metodologija primjenjiva je i kod zdravog

neuromuskularnog sustava, npr. kod treninga sportaša.

Oblast konstrukcije i uporabe proteza ekstremiteta karakteristična je u tom smislu da pokazuje izrazitu zavisnost o stupnju razvoja tehnike (elektrotehnike, tehnologije materijala, elektromehanike, mikroprocesorske tehnike), no, i nesavršenosti takvih rješenja danas. Suvremene mioelektrički upravljane proteze predstavljaju složene kibernetičko-robotske sustave koji bi trebali maksimalno pomoći invalidu i omogućiti mu aktivnu izmjenu energije (lokomocija, manipulacija) i informacija (npr. veza invalidna osoba - računalo) s okolinom. Zbog specifičnog tržišta za takve sustave cijene suvremenih rješenja još su uvijek izuzetno visoke i teško dostupne pacijentu. Možemo spomenuti američku firmu Liberty Mutual Comp., što se bavi proizvodnjom proteza ekstremiteta. Veliki značaj u razvoju ovoga područja imaju u svijetu sveučilišne ustanove kao što su primjerice Sveučilište Utah i MIT (Massachusetts Institute of Technology) u SAD ili McGill u Kanadi, gdje se odvija rad u izrazito interdisciplinarnom duhu.

### Literatura

1. Basmajian, J.V., C.J. Deluca (1985): *Muscles Alive - Their Functions Revealed by Electromyography*, Baltimore: Williams & Wilkins.
2. Brand, R.A. (1989): *Assessment of musculoskeletal disorders by locomotion analysis: a critical historical and epistemological review*. Izlaganje na "Symposium on Biocomotion: A century of Research Using Moving Pictures", Formia.
3. Crenna, P., C. Frigo (1985): Monitoring gait by a vector diagram technique in spastic patients. U: *Delwaide P.J., Young R.R.* (ur.): "Clinical Neurophysiology in Spasticity", Amsterdam: Elsevier,(109-124).
4. Medved, V. (1987): *Instrumenti*. U: *R. Medved i sur., Sportska medicina*. Zagreb: JUMENA (789-810).
5. Medved, V. (1989): Bioelektrička i kinetička dijagnostika lokomocije. *Elektrotehnika*, 32, (6):335-343.
6. Medved, V., I. Wagner, K. Živčić (1986): Ka objektivnoj procjeni stepena usvojenosti vježbe u sportskoj gimnastici. *Fizička kultura*,(4):264-265.
7. Mejovšek, M. (1990): Prijedlog modela za kinetičku analizu gibanja sportaša. *Kineziologija*, 22(1-2):5-11.
8. Vodovnik, L. (1985): *Nevrokibernetika*, Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko.