

Prof. dr Pavle Opavsky

RELACIJE IZMEĐU BRZINE TRČANJA U KRIVINI I NAGIBA TELA

UVOD

Standardno kretanje kod savremenog čoveka je hodanje. Razvoj savremenog čoveka meri se sa nekoliko milenijuma, dok se razvoj čovekovog pretka meri sa više stotina milenijuma. Čovekovom pretku, u njegovim uslovima života, prirodni način kretanja bilo je trčanje, dok je hodanje koristio kao aktivno odmaranje između deonica napornog trčanja. Formiranje konstitucije vršeno je mnogo duže u uslovima života, koje civilizacija nije mogla ublažiti, jer tada nije ni bilo civilizacije. Današnja čovekova konstitucija prilagođena je više na trčanje nego na hodanje!

Svaki događaj u životu jedne jedinke, misaoni ili motorički, upisuje se u njenu svest, odnosno u njen mozak. Time se vrlo složenim putem, do danas još neotkrivenim, formiraju određene osobine, koje se genama prenose na sledeće naraštaje. Individualan život svake jedinke modifikuje nasledene osobine, i tako modifikovane prenose se generacijama. To je najprirodniji zakon dijalektike, čime se potvrđuje da današnji čovek nije isti kao što je bio juče, niti će sutra biti takav, kao što je danas!

Prenoseći stečene osobine iz generacije u generaciju, ljudsko biće je sve složenije, kako na intelektualnom, tako i na motoričkom nivou. Savremeni čovek u svome mozgu poseduje kretne stereotipe, koje je nemoguće veštačkim putem konstruisati. Savremena robotika, koristeći najviša naučna dostignuća, daleko je od toga da može konstruisati autonomni bipedalni sistem, koji bi mogao da trči, a još je dalje od toga da bi takav sistem mogao da menja pravac!

GENERALNA HIPOTEZA

Sledećim fizikalnim principima pristupa se aksiomatski:

- Mopertijev princip opšte racionalnosti prirode.
- Hamiltonov princip najmanjeg dejstva.
- Gausov princip najmanje prinude.
- Hercov princip najmanje krivine.

- Fermijev princip najkraćeg vremena.

Na osnovu ovih principa, u oblasti biomehanike humane lokomocije, može se postaviti hipoteza, da će prilikom trčanja po krivoj liniji, u odnosu na ekvivalentno kretanje po pravoj liniji iste dužine, biti potrebno:

- Duže vreme,
- veća sila, i
- više energije.

PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

Osnovni elementi teorije krivih linija su tri vektora, međusobno upravna, tako da tvore prostorni triedar. To su tangenta, normala i binormala. U isti sistem spadaju i dve skalarne veličine, to su krivina i torzija. I tri vektora i dva skalara su povezani međusobnim relacijama. U ovom istraživanju tretiraće se samo skalarna veličina krivine, postavljene u oskulatornoj ravni, gde je vektor normala jednak poluprečniku standardne atletske staze.

Kao što je naglašeno, od velikog broja kretnih stereotipa, koji su upisani u čovečjem mozgu, u ovom istraživanju se posmatra samo trčanje u krivini. Od kompletne tehnike trčanja u krivini, posmatraće se samo razlike kretanja u zglobovima kukova, između pravolinijskog trčanja i trčanja u krivini. Cilj istraživanja je da se utvrdi da li savremeni čovek može da razvije istu maksimalnu brzinu trčeći pravolinijski i krivolinijski.

METODIKA ISTRAŽIVANJA

Uzorak ispitanika. Budući da se ne radi o prosečnim nego o maksimalnim sposobnostima, neće biti primenjene statističke operacije sa velikim brojem podataka, dobijenih merenjem na reprezentativnom uzorku isoitanika, nego će se raditi metodom paradigme, tj kao uzorak biće izabrani ispitanici, najbolji od najboljih.

Uzorak varijabli. Varijable će obuhvatiti samo kvantitativne promene kretanja u zglobovima kukova prilikom pravolinijskog, odnosno trčanja po krivoj liniji, koje izvršavaju sledeće mišićne grupe:

- mišići opružači u zglobu kuka spoljašnje noge.
- mišići opružači u zglobu kuka unutrašnje noge.
- mišići pregibači u zglobu kuka spoljašnje noge
- mišići pregibači u zglobu kuka unutrašnje noge.
- mišići odvodiooci u zglobu kuka spoljašnje noge.
- mišići odvodiooci u zglobu kuka unutrašnje noge.

- mišići privodioci u zglobu kuka spoljašnje noge.
- mišići privodioci u zglobu kuka unutrašnje noge.
- mišići okretači unutra u zglobu kuka spoljašnje noge.
- mišići okretači unutra u zglobu kuka unutrašnje noge.
- mišići okretači upolje u zglobu kuka spoljašnje noge.
- mišići okretači upolje u zglobu kuka unutrašnje noge.

Prilikom trčanja po relativno pravoj liniji, postiže se sukcesivna simetrija, tj mišići u zglobu kuka spoljašnje noge deluju podjednako kao i mišići u zglobu kuka unutrašnje noge, samo za jedan korak kasnije. Preciznije posmatrano, u periodu odupiranja, u fazi prednjeg odupiranja deluju mišići opružači u zglobu kuka, privodioci u zglobu kuka i mišići okretači unutra u zglobu kuka odrazne noge ekscentričnom kontrakcijom. U istom periodu odupiranja, ali u fazi stražnjeg odupiranja, deluju mišići opružači u zglobu kuka, mišići odvodiooci u zglobu kuka i mišići okretači upolje u zglobu kuka odrazne noge, svi koncentričnom kontrakcijom sa perifernim osloncem. U istom periodu odvija se i period zamaha drugom nogom, gde u fazi stražnjeg zamaha deluju mišići pregibači u zglobu kuka, mišići privodioci u zglobu kuka i mišići okretači unutra u zglobu kuka, svi koncentričnom kontrakcijom sa centralnim osloncem. U istom periodu zamaha, ali u fazi prednjeg zamaha, deluju mišići pregibači u zglobu kuka, odvodiooci u zglobu kuka i okretači upolje u zglobu kuka, svi koncentričnom kontrakcijom sa centralnim osloncem. Redosled uključivanja i isključivanja mišića antagonista, u sukcesivnoj simetriji, je podjednak. Intenzitet delovanja je takođe podjednak. Uglovi pomeranja natkolenica prilikom pregibanja, opružanja, privođenja, odvođenja, okretanja unutra i okretanja upolje, su takođe podjednaki.

Ali kada se menja smer kretanja, javlja se inertna sila – centrifugalna sila, pa zbog održavanja dinamičke ravnoteže, mora sistem koji se kreće, da se nagne ka centru zakrivljenosti putanje, kako bi se tangencijalnom komponentom sile teže neutralizovala centrifugalna sila, situacija je sasvim drugačija. Pored promene kretnog stereotipa u zglobovima kukova, nastaju promene i u drugim centrima aparata za kretanje, budući da se čovekov aparat za kretanje ponaša kao nehomogeni sistem, ali u ovoj studiji biće stavljen akcenat na promene standardnog stereotipa samo u zglobovima kukova.

U novoj situaciji i zamah zamajnom i odraz odraznom nogom nisu usmereni u sagitalnoj ravni nego se, srazmerno brzini kretanja i veličini poluprečnika luka zakrivljenosti nove putanje trčanja, delimično usmeravaju prema centru lučne putanje. To znači da se traži preorijentacija postojećeg stereotipa. U ovom slučaju, kada je spoljašnja noga zamajna, više su angažovani mišići privodioci u zglobu kuka spoljašnje noge, preusmeravajući zamah prema unu-

trašnjosti lučne putanje. Takođe, kada se unutrašnja noga nalazi u periodu zamaha, više su angažovani mišići odvodiooci u zglobu kuka unutrašnje noge, preusmeravajući zamah prema unutrašnjosti lučne putanje. Da bi se stopalo postavilo u novi smer kretanja, mišići okretači upolje u zglobu kuka spoljašnje noge, kada se ona nalazi u periodu zamaha, vrše okretanje upolje sa manjom amplitudom, a kada se unutrašnja noga nalazi u periodu zamaha, mišići okretači upolje u zglobu kuka unutrašnje noge vrše okretanje upolje sa većom amplitudom.

Nastale izmene prevazilaze tolerantni prag stereotipa pravolinijskog kretanja, i stvara se potreba za novim kretnim stereotipom u centralnom nervnom sistemu, koji bi bio odgovoran za trčanje po krivoj liniji. Praksa je ukazala na pravilo, da dobri sprinteri u pravolinijskom trčanju moraju duže da uvežbavaju krivolinijsko trčanje. Međutim, iako trkač takoreći idealno savlada novu tehniku trčanja, on nikad ne postigne tako dobar rezultat, kao u pravolinijskom trčanju. Dva su razloga što se brzina krivolinijskog trčanja smanjuje. Prvi razlog je biomehantičke prirode, a to je što u novim uslovima ne može da se trči sukcesivnom simetrijom, koja najviše odgovora eudipleuralnoj građi čovečijeg aparata za kretanje. Osim toga, centrifugalna sila i sila teže svojim tangencijalnim komponentama održavaju nagnuto telo u dinamičkoj ravnoteži, dok svojim radialnim komponentama povećavaju pritisak na tlo, što srazmerno nagibu tela smanjuje intenzitet odraznog impulsa trkača.

Drugi razlog je mehaničke prirode i sastoji se u tome što jedna sila standardne veličine, zbog pojave centralnih sila, razvija sve manju brzinu, što je zakrivljenje putanje trčanja veće! Ovaj fizički aksiom važi i za sva kretanja čoveka, kada iz pravolinijskog, prelazi u krivolinijsko kretanje, kao što je trčanje u krivini, vožnja biciklom po krivoj liniji, promena smera kretanja na skijama, rolerima, klizaljkama, u svim (sportskim) igrama i sl.

U ovoj studiji, potvrda navedenog pravila, izvešće se na primeru sprinterskog atletskog takmičenja u trci na dvesto metara. Kao uzorak uzeti su trkači, koji u trci na sto metara postiže vreme ispod deset sekundi, a u trci na dvesto metara postiže vreme od oko dvadeset sekundi. U trci na dvesto metara, oni drugih sto metara trče po krivoj liniji, čiji je poluprečnik tačno određen. Tom prilikom se javljaju centralne sile, koje u dinamičku ravnotežu trkači postavljaju određenim nagibom, zbog čega je, izuzimajući faktor zamora, brzina kretanja manja. Na priloženoj tabeli prikazane su veličine poluprečnika za svaku od osam standardnih atletskih staza (R), tangens ugla nagiba u prirodnim brojevima ($\tan \alpha$), ugao nagiba izražen u stepenima ($\text{Arc } \tan \alpha$), kao i razlika u veličini ugla nagiba od staze do staze. Poznavajući brzinu kretanja i dužinu po-

luprečnika za svaku stazu ponaosob, izračunat je nagib tela po jednačini: $v^2/R * g$. (Tab).

Staza	Poluprečnik R(m)	tg & (prir. broj)	Arc tg & (ugao)	Razlika
1.	31.83	0.3202838	17.75942054	
2.	32.95	0.3093681	17.19039936	0.569
3.	34.17	0.2983225	16.61102590	0.579
4.	35.39	0.2880384	16.06843216	0.543
5.	36.61	0.2784398	15.55931894	0.509
6.	37.83	0.2694602	15.08074442	0.478
7.	39.05	0.2610417	14.63010778	0.451
8.	40.27	0.2537635	14.23901145	0.391

DISKUSIJA

U nastavku eksperimenta utvrđeno je sledeće:

- Maksimalnu brzinu ispitivani trkači su postizavali samo u pravolinijskom trčanju.
- Maksimalna brzina svakog trkača se sve više smanjivala, što je poluprečnik zakrivljene putanje bio manji.
- Smanjivanje brzine trčanja u krivini je bilo sve manje, što je trkač duže uvežbavao trčanje u krivini.
- Trkač, koji je uvežbavao trčanje u krivini, postizao je bolje vreme trčanja u krivini, od trkača istog nivoa, koji nije uvežbavao trčanje u krivini.

ZAKLJUČAK

Iako se teoretskim pristupom dokazuje da se smanjivanjem poluprečnika uz istu brzinu kretanja, nagib progresivno povećava, a smanjivanjem brzine uz poluprečnik iste veličine, nagib se progresivno smanjuje, te teoretske progresije se u praksi nisu potvrdile. Kod svih ispitanika je utvrđena modifikovana progresija u smislu da se u praksi smanjivanjem poluprečnika brzina trčanja više smanjivala, no što je to teoretski bilo izračunato.

Na osnovu navedenog može se zaključiti:

1. Nepostojanje posebnog dinamičkog stereotipa za trčanje u krivini nepobitno uslovljava veći gubitak brzine trčanja u krivini, od očekivanog.
2. Prilikom trčanja u krivini, trkač, koji trči u stazi sa većim rednim brojem, ima prednost, jer trči sa manjim nagibom od trkača u stazi sa manjim bro-

jem. To znači da trkač u osmoj stazi ima značajnu objektivnu prednost od trkača u prvoj stazi!

Prof. dr Pavle Opavsky

RELATION BETWEEN RUNNING SPEED IN A TURN AND BODY'S INCLINATION

SUMMARY

The most natural form of human moving is running. The most common form of running is the one in a bee-line at the area without inclination. This form is realized by a successive activity of the moving mechanism in the line. There is a stereotype described in the symmetric Central Nervous System. In a case that direction should be changed, this complex form of moving become more complicated. Moving is asymmetrical now, the amplitude of extremity move in one side is not in accordance with the other one. The muscles of the one side neither function in the same direction nor with the same intensity like the ones at the other side. The change of direction is the result of the body's inclination. The aim of this study is to show quantitative relation between the angle of body's inclination and the running speed in a turn.



Prof. dr Pavle Opavski (desno), autoritativno je vodio diskusije i rukovodio jednom sesijom