

Dr Duško Bjelica

Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Nikšić, Crna Gora

RACIONALIZACIJA BIPEDALNOG KRETANJA - BRZINA KRETANJA -

Uvod. U lokomociji ljudske vrste uspravni stav i dvonožni hod spadaju u najmlađe evolucionarne tekovine. Posmatrajući razvoj ljudske vrste u milionima godina, u jednom od ranih perioda pojavila se potreba za promjenom načina života. U ono vrijeme je to bio biološki imperativ, jer se nije postavljalo pitanje dobre volje nego pitanje života i smrti, odnosno opstanka vrsta. Najvjerovatnija pretpostavka je da su se u tom periodu razvile vrste, koje su bile fizički sposobnije od homoidnih primata. Ta se sposobnost manifestovala nivoom biomotornih dimenzija, to jest jedinke tih vrsta su bile i brže i jače i izdržljivije od homoidnih jedinki. Ta nepovoljnost za homoide bila je još veća stoga što su te, fizički sposobnije jedinke, spadale u grupu mesoždera. Takva realnost je primorala homoide da promijene svoju životnu sredinu, jer dosadašnju sredinu one jače vrste nisu pristajale da je dijele. Može se pretpostaviti da su čovječiji pretci promijenili životnu sredinu na taj način što su se „preselili“ tamo gdje oni jači i gladni, nijesu mogli da stignu – na drveće. Svaka humanoidna jedinka, koja se nije pridržavala ovog biološkog ultimatum, nije preživjela. Ali za život na drveću bilo je neophodno novo prilagođavanje, koje je trajalo milenijumima. Budući da smo svjesni da smo mi njihovi potomci, sa sigurnošću se može tvrditi da se ljudska vrsta uspješno prilagodila novom načinu života.

Dominantni faktor ovog prilagođavanja je promjena prednjih nogu u ruke i prednjih šapa u šake. Svaka promjena ponašanja se odigrava upravljanjem iz kore velikog mozga, što znači da se tom prilikom razvijao i mozak. Manipulativnom lokomocijom mozak se sve više usavršavao, tako da je bio u stanju da razvije svijest o mogućnosti korišćenja kamena, korišćenja štapa-poluge, korišćenja vatre i slično. Sve navedeno doprinijelo je činjenici da je ljudska vrsta postala dominantna vrsta na ovoj planeti.

Iako u životu savremenog čovjeka dvonožni hod nije bio odlučujući za preživljavanje, homo sapiens je tom bipedalnom kretanju posvetio mnogo pažnje, prije svega kao mogućnost racionalizacije, kako u privredi, tako i u sportu, tako i u ratu, tako i u zdravlju. U ovoj studiji tretiraće se periodične relacije pređenog puta i brzine kretanja trkača-sprinterera.

Prvi pisani podaci srijeću se kod antičkih ljekara, koji su učestvovali u liječenju, vidanju rana i u razvoju fizičkih sposobnosti u gladijatorskim školama. Već je tada GALEN (131.-201.) utvrdio da se pokreti vrše u zglobovima, da te pokrete svojim grčenjem generišu određeni mišići a da mišići dobijaju naređenje iz mozga. U srednjem vijeku dominirala skoro cijelom Evropom, propovijedajući besmislene dogme i ugušujući svaki naučni pokušaj, koji bi bio u raskoraku sa biblijom. Ipak, i u tim vremenima, kada su napredni ljudi završavali na lomačama, bilo je hrabrih pokušaja. Jedan od najvećih umova toga doba je tajnim pokušajima, seciranjem leševa, pokušao da više sazna o anatomiji čovjeka, LEONARDO da VINČI (1452.- 1519.), jedva izbjegao lomaču.

Dolaskom renesanse nastao je i veliki pritisak na nametnute dogme pa je hrišćanska crkva morala da dobrim dijelom odustane od besmislenih tvrdnji. U to vrijeme pojavili su se vispreni istraživači, koji su primitivnim tehničkim sredstvima učinili veliki korak naprijed u razvoju naučne misli. Tako je BORELLI objavio klasično djelo – De Motu Animalium (1679.) u kojem se kretanje ljudi i životinja tumači preko zakona fizike. Braća Weber su istraživali mehaniku hoda (1836.) i tom su prilikom prvi koristili metod mjerenja, odnosno promjene stanja ljudskog tijela u prostoru. U drugoj polovini 19. vijeka MAREY i DEMENI uvode nove metode istraživanja brzog hoda. Isti autori su razvojem fotografije uveli novu metodu istraživanja – hronociklografiju, gdje se pokret studira mjerenjem na seriji uzastopnih snimaka, snimljenih foto-kamerom. Potkraj 19. vijeka ovu metodu su usavršili BRAUNE i FISCHER, koji su napravili veliki skok u razvoju istraživačke metodologije. Od istraživača prije pojave elektronskih računara, najdalje u istraživanju bipedalne lokomocije je došao N.A. BERNŠTEIN u svom klasičnom djelu: “Biodinamika Hoda, Trčanja i Skoka“. Kada je nauka „upregla“ elektroniku u svoja istraživanja, koja radi brzinom svjetlosti, ne griješi i ne zamara se, istraživanja u oblasti bipedalne lokomocije su dostigla za sada najviši nivo.

Skoro svi sportovi se baziraju na trčanju. U ovoj studiji kinematičkom metodom se tretira samo maksimalna brzina pravolinijskog kretanja-trčanja, postignuta vrhunskom tehnikom, koju postižu vrhunski sportisti-profesionalci. Radi mogućnosti upoređenja i na osnovu toga i zaključivanja, istraživaće se brzina kretanja težišta kaudalnog dijela tijela, kranijalnog dijela tijela, težišta cijelog tijela, kako u fazi odupirnja tako i u fazi leta.

Pored toga, vršiće se i upoređenje maksimalne brzine kretanja između profesionalnih sprintera i profesionalnih srednje- i dugoprugaša.

Elementarna jedinica bipedalne lokomocije je jedan dvokorak, koji se u toku trčanja ciklično ponavlja, dok je elementarna jedinica dvokoraka jedan korak. Svaki korak odvija se u dva perida – u periodu odupiranja i u periodu leta.

Prvi cilj ovog istraživanja je utvrđivanje da li se aktuelna težišta tijela kreću istom brzinom ili se njihove brzine kretanja razlikuju, zavisno od toga da li se te brzine posmatraju u periodu odupiranja ili u periodu leta.

Drugi cilj bilo bi utvrđivanje da li je tehnika sprinta tipična samo za profesionalce sprintere, ili isti tehnički principi važe i za srednjepругaše i dugoprugaše.

Zavisno od cilja ovog istraživanja postavljene su odgovarajuće hipoteze.

U toku trčanja maksimalnom brzinom kod sprintera-profesionalca, aktuelna težišta tijela i u toku perioda odupiranja i u toku perioda leta kretaće se podjednako brzinom (H_{01}).

U toku trčanja maksimalnom brzinom kod sprintera-profesionalca, težište kranijalnog dijela tijela u toku perioda odupiranja kretaće se većom brzinom (H_1).

U toku trčanja maksimalnom brzinom kod sprintera-profesionalca, težište kaudalnog dijela tijela u toku perioda leta kretaće se većom brzinom (H_2).

U toku trčanja maksimalnom brzinom kod srednjepругaša-profesionalca, aktuelna težišta tijela i u toku perioda odupiranja i u toku perioda leta kretaće se podjednako brzinom (H_{02}).

U toku trčanja maksimalnom brzinom kod srednjepругаša-profesionalca, težište kranijalnog dijela tijela u toku perioda odupiranja kretaće se većom brzinom (H_3).

U toku trčanja maksimalnom brzinom kod srednjepругаša-profesionalca, težište kaudalnog dijela tijela u toku perioda leta kretaće se većom brzinom (H_4).

U toku trčanja maksimalnom brzinom kod duopругаša-profesionalca, aktuelna težišta tijela i u toku perioda odupiranja i u toku perioda leta kretaće se podjednakom brzinom (H_{03}).

U toku trčanja maksimalnom brzinom kod duopругаša-profesionalca, težište kranijalnog dijela tijela u toku perioda odupiranja kretaće se većom brzinom (H_5).

U toku trčanja maksimalnom brzinom kod duopругаša-profesionalca, težište kaudalnog dijela tijela u toku perioda leta kretaće se većom brzinom (H_6).

Metod. Kinematička metoda istraživanja je izrazito ortodoksna metoda, gdje se operiše sa činjenicama, do kojih se došlo korektnim mjernim instrumentima, i gdje prilikom donošenja zaključaka ne postoje pretpostavke. Obrađuju se kinogrami, koji su dobijeni specijalnim snimanjem subjekta, koji se kreće ispred kamere. Kamera je fiksirana i na njenoj traci se bilježe položaji subjekta u toku kretanja. Na taj način se snimi veliki broj pozicija u jedinici vremena. U ovom istraživanju kamera je bilježila 60 snimaka u svakoj sekundi. Tako se „zaustavi“ vrijeme i istraživač može svaki snimak da posebnim uređajima prebacuje na ekran i da ga posebno obrađuje.

Za razliku od statističkih istraživanja, kinematičkom metodologijom se ne istražuje status neke populacije, nego najracionalniji način kretanja, uglavnom u sportskim složenim kretanjima. U kinematičkom istraživanju po pravilu se koristi metod paradigme, odnosno ne istražuju se grupe ispitanika nego samo pojedinac, i to pojedinac koji ima najbolji rezultat u domenu koji se istražuje. U ovom istraživanju snimljeni su sledeći ispitanici:

Atletičar-sprinter, državni prvak, koji nema rezultat na sto metara iznad 10.5 sec.

Napravljen je snimak kada atletičar-sprinter trči maksimalnom brzinom.

Napravljen je snimak kada atletičar-sprinter trči srednjom brzinom.

Napravljen je snimak kada atletičar-sprinter trči malom brzinom.

Atletičar-srednjepругаš, državni prvak, koji ima rezultat na 800 metara ispod 1.51 min.

Napravljen je snimak kada atletičar-srednjepругаš trči maksimalnom brzinom.

Napravljen je snimak kada atletičar-srednjepругаš trči srednjom brzinom.

Napravljen je snimak kada atletičar-srednjepругаš trči malom brzinom.

Atletičar-dugopругаš, državni prvak, koji ima rezultat ispod 15 min. na 5000 m.

Napravljen je snimak kada atletičar-dugopругаš trči maksimalnom brzinom.

Napravljen je snimak kada atletičar-dugopругаš trči srednjom brzinom.

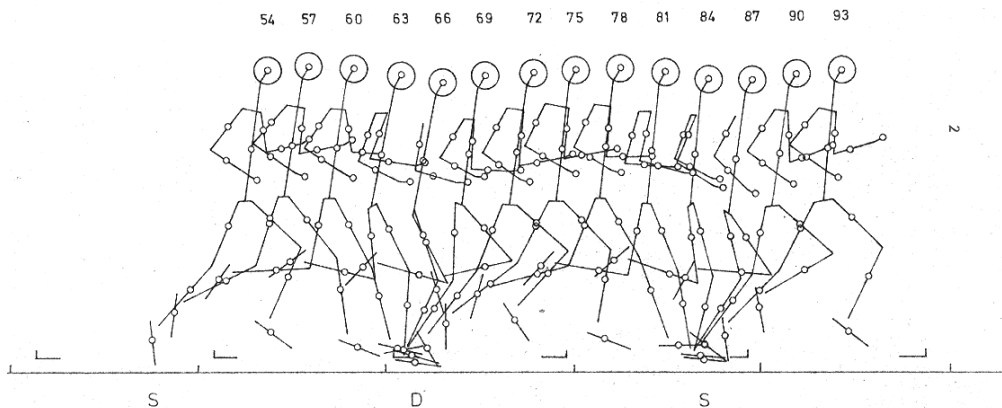
Napravljen je snimak kada atletičar-dugopругаš trči malom brzinom.

Prolječni dan, sunčano popodne, 20°C, bez vjetra. Reprezentativni stadion sa kompletnom atletskom infrastrukturom. Snimani su državni reprezentativci u atletskom sportu. Trčanje je izvođeno po ravnoj atletskoj stazi. Na stazi, u ravni trčanja, bile su postavljene oznake za izračunavanje srazmjere, kao i visak za oznaku vertikale. Kod

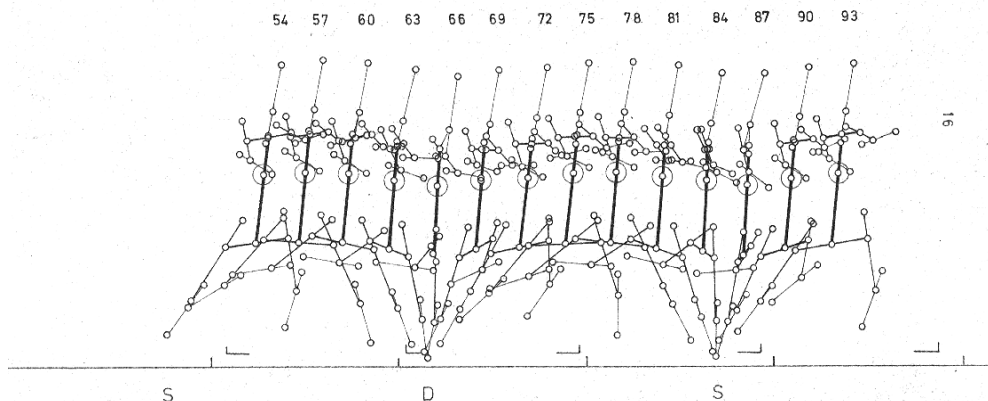
eksperimentalnih subjekata su u nivou centara zglobova bojom markirane oznake. Snimljeno je više trkača, a za dalju obradu određeni su oni koji su trčali ujednačeno. Svim ispitanicima je izmjerena težina tijela, tjelesna visina, dužine nadlaktak, podlaktak i šake, kao i dužine netkoljenice, potkoljenice i stopala.

Na posebnom čitaču mikrofilmova serije snimaka prerađene su u kinograme (vidi primjer na Sl.1) na kojima su se, prema poznatoj srazmjeri i prema postojećim tablicama za određivanje lokacije težišta svakog kompaktnog tjelesnog segmenta, kao i težine tih segmenata, izračunavali sljedeći podaci:

1. Lokacija težišta šake. 2. Težina šake. 3. Lokacija težišta podlaktice. 4. Težina podlaktice. 5. Lokacija težišta nadlaktice. 6. Težina nadlaktice. 7. Lokacija težišta stopala. 8. Težina stopala. 9. Lokacija težišta potkoljenice. 10. Težina potkoljenice. 11. Lokacija težišta natkoljenice. 12. Težina natkoljenice. 13. Lokacija težišta glave. 14. Težina glave. 15. Lokacija težišta trupa. 16. Težina trupa. 17. Lokacija zajedničkog težišta šake i podlaktice. 18. Težina šake i podlaktice. 19. Lokacija zajedničkog težišta šake, podlaktice i nadlaktice. 20. Težina šake, podlaktice i nadlaktice. 21. Lokacija zajedničkog težišta stopala i potkolenice. 22. Težina stopala i potkolenice. 23. Lokacija zajedničkog težišta stopala, potkoljenice i natkoljenice. 24. Težina stopala, potkoljenice i natkoljenice. 25. Lokacija zajedničkog težišta obje noge (kaudalni dio tijela). 26. Težina kaudalnog dijela tijela. 27. Lokacija zajedničkog težišta obje ruke. 28. Težina obje ruke. 29. Lokacija zajedničkog težišta obje ruke i glave. 30. Težina obje ruke i glave. 31. Lokacija zajedničkog težišta obje ruke, glave i trupa (kranijalni dio tijela). 32. Težina kranijalnog dijela tijela. 33. Lokacija težišta tijela (vidi primjer Sl.2). 34. Težina tijela.



Sl.1. Kinogram – poluge



SI. 2. Kinogram – težišta

Rezultati istraživanja. Tematika ovog istraživanja ograničena je samo na problem brzine kretanja težišta tijela, težišta kranijalnog i težišta kaudalnog dijela tijela, sa ciljem da se utvrde brzine kretanja aktuelnih segmenata tijela i to atletičara sprintera, srednjepругaša i dugopругaša, koji su trčali maksimalnom, srednjom i malom brzinom. Nakon mjerenja dobijeni su sljedeći rezultati:

Brzina kretanja težišta tijela sprintera u fazi odupiranja, kada se kretao maksimalnom brzinom, iznosila je 9.40 m/sec.

Brzina kretanja težišta kranijalnog dijela tijela sprintera u fazi odupiranja, kada se kretao maksimalnom brzinom, iznosila je 9.72 m/sec.

Brzina kretanja težišta kaudalnog dijela tijela sprintera u fazi odupiranja, kada se kretao maksimalnom brzinom, iznosila je 9.08 m/sec.

Brzina kretanja težišta tijela sprintera u fazi leta, kada se kretao maksimalnom brzinom, iznosila je 9.47 m/sec.

Brzina kretanja težišta kranijalnog dijela tijela sprintera u fazi leta, kada se kretao maksimalnom brzinom, iznosila je 9.28 m/sec.

Brzina kretanja težišta kaudalnog dijela tijela sprintera u fazi leta, kada se kretao maksimalnom brzinom, iznosila je 9.66 m/sec.

Brzina kretanja težišta tijela srednjepругaša u fazi odupiranja, kada se kretao maksimalnom brzinom, iznosila je 8.26 m/sec.

Brzina kretanja težišta kranijalnog dijela tijela srednjepругaša u fazi odupiranja, kada se kretao maksimalnom brzinom, iznosila je 8.39 m/sec.

Brzina kretanja težišta kaudalnog dijela tijela srednjepругaša u fazi odupiranja, kada se kretao maksimalnom brzinom, iznosila je 8.12 m/sec.

Brzina kretanja težišta tela srednjepругaša u fazi leta, kada se kretao maksimalnom brzinom, iznosila je 8.30 m/sec.

Brzina kretanja težišta kranijalnog dijela tijela srednjepругaša u fazi leta, kada se kretao maksimalnom brzinom, iznosila je 8.21 m/sec.

Brzina kretanja težišta kaudalnog dijela tijela srednjepругаša u fazi leta, kada se kretao maksimalnom brzinom, iznosila je 8.39 m/sec.

Brzina kretanja težišta tijela dugopругаša u fazi odupiranja, kada se kretao maksimalnom brzinom, iznosila je 7.73 m/sec.

Brzina kretanja težišta kranijalnog dijela tijela dugopругаša u fazi odupiranja, kada se kretao maksimalnom brzinom, iznosila je 7.85 m/sec.

Brzina kretanja težišta kaudalnog dijela tijela dugopругаša u fazi odupiranja, kada se kretao maksimalnom brzinom, iznosila je 7.61 m/sec.

Brzina kretanja težišta tijela dugopругаša u fazi leta, kada se kretao maksimalnom brzinom, iznosila je 8.04 m/sec.

Brzina kretanja težišta kranijalnog dijela tijela dugopругаša u fazi leta, kada se kretao maksimalnom brzinom, iznosila je 7.98 m/sec.

Brzina kretanja težišta kaudalnog dijela tijela dugopругаša u fazi leta, kada se kretao maksimalnom brzinom, iznosila je 8.10 m/sec.

Tabelarni prikaz da je na tabeli br.1

Tabela br. 1

MAKSIMALNA BRZINA TRČANJA (m/sec)	PERIODI TRČANJA					
	PERIOD ODUPIRANJA			PERIOD LETA		
SPRINTER	Tt 9.40	Tcr 9.72	Tca 9.08	Tt 9.47	Tcr 9.28	Tca 9.66
SREDNJEPRUGAŠ	Tt 8.26	Tcr 8.39	Tca 8.12	Tt 8.30	Tcr 8.31	Tca 8.39
DUGOPRUGAŠ	Tt 7.73	Tcr 7.85	Tca 7.61	Tt 8.04	Tcr 7.98	Tca 8.10
Tt = težište cijelog tijela Tcr = težište kranijalnog dijela tijela Tca = težište kaudalnog dijela tijela						

Zaključak. Na osnovu ovog istraživanja utvrđeno je sledeće:

1. Težišta aktuelnih delova tela (težište celog tela, težište kranijalnog dela tela, težište kranijalnog dela tela) ne kreću se istom brzinom prilikom trčanja maksimalnom brzinom sprintera, srednjepругаša i dugopругаša, čime se odbacuju sve nulte hipoteze.

2. Kod sprintera u periodu odupiranja težišta kranijalnog dela tela kreće se brže u odnosu na težište kaudalnog dela tela, čime se potvrdila hipoteza H₁.

3. Kod srednjepругаša u periodu odupiranja težišta kranijalnog dela tela kreće se brže u odnosu na težište kaudalnog dela tela, čime se potvrdila hipoteza H₂.

4. Kod dugopругаša u periodu odupiranja težišta kranijalnog dela tela kreće se brže u odnosu na težište kaudalnog dela tela, čime se potvrdila hipoteza H₃.

5. Kod sprintera u periodu leta težišta kaudalnog dela tela kreće se brže u odnosu na težište kranijalnog dela tela, čime se potvrdila hipoteza H₄.

6. Kod srednjepругаša u periodu leta težišta kaudalnog dela tela kreće se brže u odnosu na težište kranijalnog dela tela, čime se potvrdila hipoteza H₅.

7. Kod dugoprugaša u periodu leta težišta kaudalnog dela tela kreće se brže u odnosu na težište kranijalnog dela tela, čime se potvrdila hipoteza H₆.

Uzimajući u obzir biomehaničke postulate tehnike trčanja, može se generalno zaključiti:

1. Razlike u tehnici trčanja kod trkača sa različitim specijalnostima su po pravilu kvantitativne prirode, tj što je brzina kretanja manja, samo je kraći korak i samo su amplitude zamaha manje.

2. Tipično za racionalnu tehniku trčanja je prisustvo oscilatornog kretanja uzdužne ose aparata za kretanje u sagitalnoj ravni.

Literatura

Bošković, S.M. (1961): *Anatomija čoveka*, III izd. Medicinska knjiga, Beograd-Zagreb

Braune, W.- Fischer, O. (1892): *Bestimmung der Trägheitsmomente des Menschliches Körpers und seiner Glieder*, Abh. K. Sächs. Ges. d. Wiss., Bd. XVIII

Braune, W.- Fischer, O.(1895-1905): *Der Gang des Menschen*. I-IV Teil. Abh. d. K. Sächs. Ges. d. Wiss.

Braus, H.(1954): *Anatomie des Menschen*. Bd. I. III. Aufl. Springer – Verlag, Berlin – Göttingen – Heidelberg

Бернштейн, Н.А. (1935): *исследования по биодинамике локомоции*, В.И.Е.М.

Бернштейн, Н.А. (1940): *исследования по биодинамике ходьбы, бега, прыжка*, Физкультура и спорт, Москва

Govaerts, A.(1962): *La biomecanique – nouvelle methode d’analyse du mouvement*, Presses universitaires, Bruxelles

Hochmuth, G. – Marhold, G.(1957-1958): *Biomechanische Untersuchungsmethoden im Sport*, Theor. u Prax. Körperkultur, No 6-7

Иваницкий, М.Ф.(1956): *Анатомия человека*, III Изд. Т. I. Физ. и спорт, Москва

Иваницкий, М.Ф.(1938): *Движения человеческого тела*, Физ. и спорт, Москва

Knoll, W.(1936): *Der Bewegungsablauf bei sportlicher Arbeit*, Leipzig

Котикова, Е.А.(1939): *Биомеханика физических упражнений*, Физ. и спорт, Москва – Ленинград

Marey, E.J. – Demeny G.(1887): *Etude experimentale de la locomotion humaine*, C. r. d. l’ Acad. d. Sciences, Paris

Marey, E.J.(1868): *Du mouvement dans les fonctions de la vie*, Paris

Marey, E.J.(1898): *La chronofotographie appliquee a la l’etude des actes musculaires dans la locomotion*, Comt. rend., T. 126, Paris

Margaria, R. (1979):. *Biomechanics and energetics of muscular exercise*. Clarendon press,Oxford.

Opavský, P. (1969): *Oscilatorni karakter trčanja*, Beograd, disertacija (272 str.).

Opavský, P. (1982): *Osnovi biomehanike*. Naučna knjiga, Beograd

Жуков – Котелькикова – Семенов.(1963): Биомеханика физических упражнений, Физ и спорт, Москва

RATIONALIZATION OF BIPEDAL MOVEMENT – SPEED –

Introduction. The primary aim of this investigation was to determine if the actual centers of bodily gravitation move in the same speed or whether their movements differ in speed, depending on the periods the speeds are observed, namely the period of resistance and the period of flight. Whereas the other aim of the investigation was to determine whether the sprint technique is typical only for the professional sprinters, or the same principles are valid to both medium and long-distance runners.

Methodology. Analyzing kinograms we get special recording of the subject who is moving in front of the camera. The camera is fixed and its film records the positions of the subject while moving. This methodology allows us to record numerous positions in a time unit. During this research, camera made 60 records in each second. Contrary to the statistic research, kinematic methodology is not interested in a status of a population, but in a most rational way of movement, mainly with the regard to complex sport movements. As a principle, kinematic research uses the method of paradigm, i.e. it does not investigate the groups but the individual subjects. Moreover, it is a subject who has achieved the best result in the investigated domain.

Results of the research. This research is primarily focused on the problem of the speed of the gravitational centre of the caudal part of the body, cranial part of the body, and the centre of gravity of the whole body. We aimed at determining the speed of the actual parts of the body at the athletic sprinters, medium and long-distance runners, who used maximum, medium, and low speed. After the measurements, we are given the following results: the speed of the gravitational centre of a sprinter's body in the phase of resistance, when he moved in a maximum speed, was 9.40 m/sec, the medium distance runner made 8.26 m/sec, while the long distance runner made 7.73 m/sec.

Conclusion. Having in mind the biomechanical postulates of the running technique, we've come to a general conclusion that the differences in the running technique at variously specialized runners are, by a rule, of quantitative nature, i.e. as the speed decreases the step becomes shorter and the amplitudes of the swing become smaller. Typical of the rational running technique is the presence of the oscillatory movement of the longitudinal axis of the moving apparatus in the sagittal plane.