

Duško Bjelica

Crnogorska sportska akademija, Podgorica

ISTRAŽIVAČKE METODE U SPORTSKOM TRENINGU

Objektivno znanje, koje se potvrđuje razvojem društva i tehnologije, postiže se samo na osnovu naučnog istraživanja, zasnovanog na sistematskom i analognom slaganju utvrđenih činjenica. Nauka, koja proučava cijelokupnost svih oblika i načina istraživanja zove se metodologija.

Tehničke metode istraživanja zasnivaju se na organizaciji eksperimenta i evaluaciji podataka, dobijenih tačnim mjerenjima.

Logičke metode karakteriše naučna obrada podataka, na osnovu kojih se izvode relevantni zaključci, a na bazi njih se dalje grade teorije i sistemi. Sport, a unutar njega i sportski trening imaju svoju, odgovarajuću metodologiju. U sportskoj metodologiji su uključene specifične tehničke i logičke operacije, primjenjive samo za tipične pojave u području sportskog treninga.

Najčešće istraživačke metode u sportskom treningu su sljedeće:

- 1. Analitička metoda**, kojom se utvrđuju aktuelne sile, kao uzroci.
- 2. Sintetička metoda**, kojom se utvrđuju određena kretanja, kao posljedice.
- 3. Statistička metoda** istraživanja.

1. Analitička metoda istraživanja

Ova metoda se primjenjuje u svim slučajevima kada još nije savladan pretpostavljeni dinamički stereotip. Iako konačni oblik kretanja nije poznat, postoji način da se njegove performanse izračunaju. Poznato je da je svako složeno kretanje samo posljedica određenog djelovanja određenih sila. Za kvantitativno utvrđivanje tih uzroka odnosno sila, koriste se odgovarajući uređaji, koji su razvojem elektronike sve raznovrsniji i sve precizniji.

Tenziometrijska platforma se koristi za određivanje sile odskoka, sile potiska i sile pritiska.

Elektronskim dinamometrom se određuje sila aktuelnih mišićnih grupa u statičkom i dinamičkom režimu.

Serijski postavljenim elektronskim „mlazevima” mjeri se kretanje vrijednosti brzine kretanja u određenim dionicama (spidometrija).

Aerodinamičnim tunelom mjeri se čeon otpor vazduha na površinu poprečnog presjeka i bočni otpor na strukturu odijela, pri raznim brzinama i pri raznim položajima.

Elektromiografijom se mjeri bioelektrična aktivnost određenih mišića u raznim režimima naprezanja.

Kao primjer za analitičku metodu istraživanja poslužiće istraživanja tehnike skoka u dalj. Pomoću navedenih aparatura i dodatne antropometrije, kod jednog skakača u dalj mogu se izmjeriti sljedeći podaci:

1. Tjelesna visina (antropometrija).
2. Visina težišta tijela u trenutku odskoka (VRT-test).
3. Odskočni impuls (tenziometrijska platforma).
4. Elevacioni ugao (biomehanika-kosi hitac).
5. Mjesni ugao (biomehanika-kosi hitac).
6. Površina poprečnog presjeka (aerodinamički tunel).
7. Gustina i otpor vazduha – čeon, bočni i depresija (aerodinamički tunel).
8. Brzina zaleta (rapid kino-kamera).
9. Odskočni impuls (biomehanika-kinogram).

Na osnovu navedenih podataka sa velikom tačnošću se može izračunati jednačina parabole, odnosno jednačina balističke krive, i njena projekcija na x-osu (apscisu), koja predstavlja teoretski izračunat domet, odnosno daljinu skoka. Ukoliko je teoretski izračunata daljina skoka veća od stvarno postignute, to znači da u tehnici skoka kod tog skakača postoji greška, čiji uzrok treba pronaći i eliminisati. Ukoliko je teoretski izračunata daljina skoka približno jednaka sa stvarno postignutom, to znači da u tehnici skoka kod tog skakača ne postoji greška, što upućuje da se kod tog skakača može poboljšati rezultat skoka samo ako se poboljšaje glavne komponente skoka u dalj, a to je brzina zaleta i jačina odskočkog impulsa.

2. Sintetička metoda istraživanja

Tipično za sintetičku metodu istraživanja je posmatranje kretanja u cjelini, definisati suštinu tog kretanja, utvrditi sile, koje su bile potrebne da se takvo kretanje realizuje, i uporediti te sile sa stvarnim silama, koje su izmjerene analitičkom metodom. Za definiciju tog kretanja, pored morfoloških podataka, neophodan je odgovarajući instrumentarij.

1. Sprava za određivanje srazmjere i vertikale, postavljenje u dvije ravni.
2. Dvije elektronske rapid kino-kamera, upravno postavljene u dvije ravni.
3. Računar sa osnovnom pločom i karticama za podršku programa.
4. Program, koji registruje zadate lokacije na ekranu, i dalje vrši obradu.
5. Sistem za telemetrijsko registrovanje signala sa dioda, postavljenih u zonama oko aktuelnih zglobova.

Da bi se jedno složeno kretanje moglo predstaviti po svome sadržaju, neophodno je:

- Odrediti razmjeru i vertikalu.
- Snimiti složeno kretanje rapid-kamerom iz statičke pozicije.
- Prikazati kinogram tog kretanja pomoću biomehaničkih poluga.
- Odrediti centre zglobova na kinogramu (figurativne tačke).
- Izračunati dužinu svakog homogenog segmenta.
- Odrediti težište svakog segmenta (reprezentativne tačke).
- Odrediti zajednička težišta aktuelnih segmenata.
- Pomoću vertikale odrediti aktuelne uglove.
- Za svaku reprezentativnu tačku izračunati pređeni put.

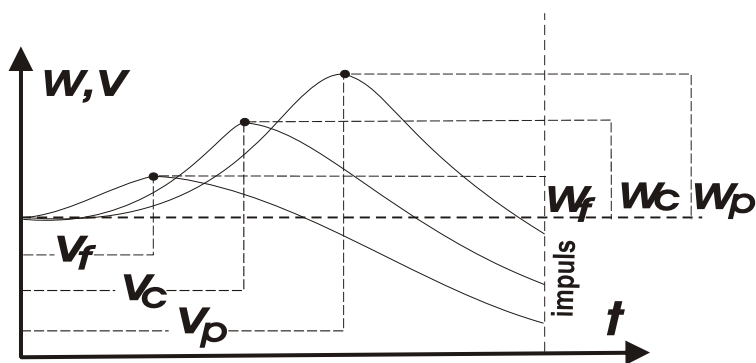
- Za svaku reprezentativnu tačku izračunati perifernu brzinu.
- Za svaku reprezentativnu tačku izračunati periferno ubrzanje.
- Za svaku polugu izračunati zahvaćeni ugao.
- Za svaku polugu izračunati uglovnu brzinu.
- Za svaku polugu izračunati uglovno ubrzanje.

Na osnovu tih podataka dobije se šest krivih linija, koje se upoređuju sa odgovarajućim krivim linijama paradigmalnog kretanja. Tek nakon dijagramske komparacije mogu se utvrđivati greške, pronalaziti njihove uzroke, i otklanjanjem tih uzroka, odrediti način uklanjanja i njihovih posljedica.

Paralelno sa snimanjem mehaničkih podataka, snimaju se i anatomske podaci. Ti podaci ukazuju da li je i kada je određena grupa mišićnih vlakana kontrahovana ili distrahovana. Svaka mišićna kontrakcija registrovana je velikim brojem tzv „spajkova“, i njihovim sabiranjem i preklapanjem vrši se dalja obrada te kontrakcije.

Da bi se navedeno moglo registrovati, a da se što manje remeti složeno kretanje, diode, koje eksperimentalna ličnost nosi na sebi su sve manje i sve osjetljivije. U kinematografskoj metodi, diode su postavljene u projekciji određenih zglobova na ravan kretanja, a u elektromiografskoj metodi anatomske senzori su postavljeni uvijek na ista mjesta u odnosu na mišićna vlakna, čije se kontrakcije registruju. Svi impulsi sa dioda i senzora se telemetrijski prenose na elektronsku jedinicu, koja je vezana za računar.

Kao primjer može se navesti biomehanička analiza udarca hrptom stopala po lopti, gdje su prikazane periferne brzine (v) i uglovne brzine (w) reprezentativnih tačaka, težišta natkoljenice (f_v, f_w), težišta potkoljenice (c_v, c_w) i težišta stopala (p_v, p_w), kao autentični indikatori racionalne tehnike udarca nogom po lopti.



Sl. br. 7. Sukcesivni talas periferne i uglovne brzine težišta homogenih djelova noge kod zamaha.

3. Statistička metoda istraživanja

Za sportski trening značajno je i praćenje rasta i razvoja budućih sportista. Budući da se radi o velikom broju ispitanika, jedna istraživačka metodologija je u tom pro-

storu našla svoju maksimalnu primjenu, a to je statistika. U oblasti kineziologije je na tom polju dao najveći doprinos prof. dr Konstantin Momirović, koji je svojim originalnim projektima obilježio jednu cijelu epohu istraživanja u toj oblasti.

Nakon definisanja uzoraka i njihove eventualne homogenizacije, neophodno je izračunati bazične statističke vrijednosti, kako bi se dalje mogla sprovesti statistička operacionalizacija. Najaktuelniji deskriptivni statistički parametri za prikaz aktuelne Gausove krive su:

- **Aritmetička sredina.**
- **Standardna greška aritmetičke sredine.**
- **Standardna devijacija.**
- **Zajednička standardna devijacija.**
- **Koeficijent varijacije.**
- **Varijansa.**
- **Treći moment.**
- **Četvrti moment.**
- **Simetričnost (skewnes).**
- **Spljoštenost (curtosis).**

Navedeni statistici se izračunavaju na sljedeći način:

$$\text{Aritmetička sredina} = \frac{\sum X}{N}$$

$$\text{Standardna greška aritmetičke sredine (Sx bar)} = \frac{SD}{\sqrt{N}}$$

$$\text{Standardna devijacija} - SD = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Zajednička standardna devijacija

$$- SD_{(x,y)} = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2 + \sum (Y - \bar{Y})^2}{(N_x - 1) + (N_y - 1)}}$$

$$\text{Koeficijent varijacije} - CV = \frac{SD \times 100}{\bar{X}}$$

$$\text{Varijansa} - VAR = \frac{\sum X^2}{N} - \left(\frac{\sum X}{N} \right)^2 = M_2$$

$$\text{Treći moment - } M_3 = \frac{\sum X^3}{N} - \frac{3\sum X \sum X^2}{N^2} + \frac{2(\sum X)^3}{N^3}$$

Četvrti moment

$$-M_4 = \frac{\sum X^4}{N} - \frac{4\sum X \sum X^2}{N^2} + \frac{6(\sum X^2)(\sum X^2)}{N^3} - \frac{3(\sum X)^4}{N^4}$$

$$\text{Simetričnost (skewnes)} = \frac{M_3}{\sqrt{(M_2)^3}}$$

$$\text{Spljoštenost (curtosis)} = \frac{M_4}{(M_2)^2}$$

3.1. Upoređivanje uzoraka

Najčešća istraživanja su vršena u oblasti upoređivanja uticaja jednog ili više trenajnih procesa, ili uticaja jednog ili više programa vježbanja na određeni uzorak. Jedna pojava se može istraživati longitudinalnom procedurom, tj. na istom uzorku na određenoj vremenskoj distanci, ili na više uzoraka, transverzalom procedurom, gdje vremenska distanca nema veliki značaj. Za takva istraživanja koristi se tzv T-test. U tu svrhu dovoljno je operisati sa četiri testa:

- T-test za male nezavisne uzorke.
- T-test za velike nezavisne uzorke.
- T-test za male zavisne uzorke.
- T-test za velike zavisne uzorke.

3.1.1. T-test za male nezavisne uzorke

Ovaj test se primjenjuje transverzalom procedurom na različitim uzorcima i njime se utvrđuje eventualna razlika uticaja jedne vježbe na ispitanike sa različitim statusom: ili su iz raznih sredina, ili jesu ili nijesu aktivno uključeni u sistematsko vježbanje, i sl. Na primjer, ovim testom se može utvrditi da li postoji značajna razlika npr. u sili mišića pregibača u zglobu lakta, između djece jednog razreda iz ruralnog, i djece jednog razreda iz urbanog regiona. Za ove potrebe se koristi t-test za male, nezavisne uzorke:

$$-t_{mn} = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{SD_{(X,Y)}} \times \sqrt{\frac{N_X \times N_Y}{N_X + N_Y}}$$

3.1.2. T-test za male zavisne uzorke

Ovaj test se primjenjuje longitudinalnom procedurom na istom uzorku i njime se utvrđuje eventualna razlika uticaja jedne vježbe sa određenim tretmanom na iste ispitanike. Ovim testom se može utvrditi da li postoji značajna razlika npr. u sili mišića pre-gibača u zglobo lakta na inicijalnom mjerenju, i sile istih mišića na finalnom mjerenju, koje se izvršilo nakon određenog vremena. U vremenu od inicijalnog do finalnog mjerenja svi ispitanici su bili podvrgnuti određenom vježbovnom tretmanu. U zaključku ispitivanja se navodi da li je taj tretman značajno i u kojoj mjeri uticao na promjenu statusa navedenih mišića. Za ove potrebe se koristi t-test za male, zavisne uzorke:

$$- t_{mz} = \frac{\bar{x}_{dif}}{\sqrt{\frac{\sum dif^2 - \left(\sum dif\right)^2 : N}{N(N-1)}}$$

3.1.3. T-testovi za velike zavisne i nezavisne uzorke

Postoje posebni obrasci za izračunavanje značajnosti između aritmetičkih sredina i kod velikih zavisnih i nezavisnih uzoraka, koji nijesu toliko osjetljivi kao obrasci za ista izračunavanja kod malih uzoraka. Kada se radi o velikim brojevima, male razlike su potpuno zanemarljive pa se za njihovo izračunavanje mogu konstruisati obrasci sa znatnim matematičkim olakšicama. Tome u prilog govore i kvalitetni statistički kompjuterski paketi, koji zanemaruju posebne obrasce sa t-testove za velike uzorke, i za njih primjenjuju obrasce za male uzorke, koji su osjetljiviji i na manje greške. Što se tiče sadržaja t-testova za velike uzorke, oni se ne razlikuju od t-testova za male uzorke.

3.1.4. Analiza varijanse

Unutar diskriminativne analize moguće je izdvojiti najmanje tri tipične statističke procedure:

- t-test (četiri oblika).
- Univarijantnu analizu varijanse (ANOVA).
- Multivarijantnu analizu varijanse (MANOVA).

Procedura analize varijanse se donekle razlikuje od svih t-test procedura, ali se rezultati u suštini ne razlikuju. Pomoću t-testa bilo je moguće numerički utvrditi da li uopšte postoji, i ako postoji, u kojoj mjeri je značajna razlika između aritmetičkih sredina samo dva uzorka, dok kod analize varijanse može istovremeno da se utvrdi značajnost razlika između tri i više statističkih serija.

Tehnički se u proceduri analize varijanse prvo izračuna faktorska varijansa, zatim rezidualna varijansa:

$$\text{Faktorska varijansa} - V_A = S_A/df_A$$

$$\text{Rezidualna varijansa} - V_R = S_R/df_R$$

Zatim se izračunava F-vrijednost: $F = V_A/V_R$

Dobijena vrijednost se postavlja u posebne tablice, na osnovu kojih se dalje određuje prag i nivo značajnosti razlika aritmetičkih sredina.

3.2. Korelaciona analiza

U životu čovjeka su mnoge pojave povezane, i usko zavise jedna od druge. Poznato je da tjelesna visina i tjelesna težina, ako se radi o istom konstitucionalnom tipu, zavise jedna od druge. Kada se radi o sportskom treningu, nije dovoljno utvrditi da postoji povezanost pojava, nego je neophodno utvrditi i numeričku vrijednost te povezanosti. Obrazac za izračunavanje standardnog koeficijenta korelacije (r) izradio je Pearson, K.:

$$r = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2] \times [N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Postoji više vrsta koeficijenata korelacije, i svaki nosi sobom svojstvenu karakteristiku.

Multiplom korelacijom se u sportskoj praksi izračunava zavisnost neke pojave od svih relevantnih performansi, koje mogu značajno da utiču na rezultat.

Parcijalnom korelacijom se izračunava stepen zavisnosti samo dviju varijabli u sistemu većeg broja varijabli, To se radi posebnom procedurom, gdje se određuje mjera povezanosti aktuelnih varijabli, uz isključivanje uticaja ostalih prediktora.

Kanoničkom korelacijom se u sportskoj praksi izračunavaju relacije između dva multidimenzionalna sistema varijabli. Ako bi se npr. tražile relacije između repetitivnog i izometrijskog mišićnog potencijala, onda bi repetitivni sistem bio zastupljen sljedećim setom varijabli:

- Vježba vis-zgib do otkaza.
- Vježba upor-sklek do otkaza.
- Vježba podizanje trupa iz ležanja, do otkaza.
- Vježba čučnjevi sa opterećenjem, do otkaza.

Izometrski sistem bi bio zastupljen sljedećim setom varijabli:

- Vježba izdržaj u zgibu, do otkaza.
- Vježba izdržaj u poluskleku, do otkaza.
- Vježba izdržaj u ležanju bez oslonca trupom, do otkaza.
- Vježba izdržaj u polučučnju sa opterećenjem, do otkaza.

Da bi se dobio koeficijent korelacije koji izražava relacije između setova varijabli, neophodno je izvršiti kanoničku korelaciju. Matematički obrazac je vrlo složen, ali postoji u kompjuterskim paketima, tako da je najsloženiji problem, svrsishodno izabrati setove varijabli.

3.3. Regresiona analiza

Korelacionom analizom mogu se dobiti informacije samo dijagnostičke prirode, dok je mogućnost prognostike sasvim izostala. Za određivanje ponašanja jedne varijable na osnovu promjene ponašanja druge varijable, oformljena je posebna statistička, komparativna parametrijska procedura, označena kao **regresiona analiza**. Postoji više regresionih modela, i oni se mogu svrstati u dvije grupe, na linearne i na krivolinijske. Svaki od navedenih modela nosi posebne karakteristike, i zasnovani su na različitim matematičkim modelima. Zavisno od broja nezavisnih varijabli i oblika raspršenosti podataka, mogu se uobličiti četiri regresione analize:

- Prosta linearna regresija.
- Prosta krivolinijska regresija.
- Multipla linearna regresija.
- Multipla krivolinijska regresija.

Izbor odgovarajuće regresione analize je vrlo suptilan, jer pogrešan izbor uvijek dovodi do pogrešnih zaključaka. Svi obrasci regresionih analiza postoje u kompjuterskom statističkom paketu, pa je njima, nakon pravilnog izbora, lako operisati.

Kao primjer, navedene su statističke formule, dobijene metodom najmanjih kvadrata, pomoću kojih se izračunava promjena vrijednosti jedne zavisne, na osnovu promjene vrijednosti jedne nezavisne varijable, u slučaju linearne regresije:

$$y = a + bx$$

$$F(a, b) = \sum (a + bx - y)^2$$

$$a = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum xy}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Za izračunavanje zavisnosti dvijeju varijabli krivolinijskom regresijom, koristi se metoda polinomizacije.

3.4. Faktorska analiza

Sportski trening obuhvata cjelokupno biće sportiste, i u sportskoj praksi takmičaru se pristupa multidisciplinarno, sa aspekta ostalih nauka, kao što su fiziologija, biomehanika, pedagogija, psihologija, kibernetika, metodologija i sl. Da bi se komponovao dobar plan i program sportskog treninga, neophodno je tom problemu prići sa poznavanjem antropologije. Ljudsko biće može da se predstavi samo sa velikim brojem

informacija, što u istraživanju predstavlja teškoću. Da bi se to izbjeglo, rješenje se nalazi u predstavljanju niza srodnih obilježja samo jednim, najtipičnijim obilježjem. Veliki broj obilježja svijesti na manji broj (parsimonija) a da se osnovno obilježje uzorka ne naruši, može da se izvrši jednom od najsloženijih statističkih procedura, faktorskom analizom.

U proceduri faktorske analize određeni faktori se ekstrahuju. Ova procedura se vrši **metodom glavnih komponenti i ortogonalnim i kosim transformacijama**. Postoji cio niz udžbenika o faktorskoj analizi, sa vrlo složenim objašnjenjima, ali sva ova složena izračunavanja i zaključivanja nalaze se u kompjuterskim statističkim paketima, tako da danas može svaki sportski pedagog da se informiše o toj proceduri, i da je uspješno primjenjuje u svojim istraživanjima.

Navedene su samo statističke operacije, koje se zasnivaju na normalnoj raspodjeli, odnosno na prirodnoj raspodjeli jedne pojave. Postoje i statističke operacije, koje se ne zasnivaju na velikim uzorcima, niti na normalnoj raspodjeli, koji će u ovom udžbeniku biti samo navedeni:

- Test sume rangova.
- Test homogenih nizova.
- Wilcoxon-ov test ranga sa znakom.
- Test znakova.
- Kruskall-Wallisov test.
- Friedmanov test.
- X^2 -test.
- Korelacija rangova.
- Biserijska korelacija.

Literatura:

- Bjelica, D.: Uticaj fudbalskog treninga na biomotorički status kadeta Crne Gore. Doktorska disertacija, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2003.
- Bjelica, D.: Proširena metodologija istraživanja u odnosu na reprezentativni uzorak u fudbalu, "Sport Mont", Podgorica, 2004 /2-3. (Prva međunarodna naučna konferencija CSA, Bar, 2004.)
- Bjelica, D.: Sportski trening i antropomotoričke sposobnosti fudbalera petnaestogodišnjaka kontinentalne regije u Crnoj Gori, "Sport Mont", Podgorica, 2005/5
- Bjelica, D.: Sportski trening i tjelesna sposobnost fudbalera petnaestogodišnjaka mediteranske regije u Crnoj Gori, Prvi međunarodni simpozijum novih tehnologija u sportu (Fakultet sporta i tjelesnog odgoja Univerziteta u Sarajevu, Bosna i Hercegovina, 8-10. april. 2005.).
- Bjelica, D.: Sportski trening, CSA i Filozofski fakultet, Podgorica, 2006.
- Cvetković, Lj., Bjelica, D., Kostić, V., Kovačević, M.: Matrično vjerovatnosni modeli u sportu, CSA, Podgorica, 2005.

- Bjelica, D.: Sistematizacija sportskih disciplina i sportski trening, Crnogorska sportska akademija, Podgorica, 2005.
- Bošković, S.M.: ANATOMIJA ČOVJEKA, III izd. Medicinska knjiga, Beograd-Zagreb, 1961.
- Fulgosi, A. : Faktorska analiza. „Školska Knjiga”, Zagreb, 1979.
- Kiljman, J.: PLASTIČNA ANATOMIJA, Izd. pred. „Veselin Masleša”, Sarajevo, 1958.
- Mijanović – Stojak.: Statističke metode primjenjene u antropologiji i fizičkoj kulturi. „Naučna Knjiga”, Beograd, 1989.
- Momirović – Štalec i sar.: Utjecaj kriterija za zaustavljanje ekstrakcije faktora na strukturu, dobivenu oblimin i varimax transformacijom značajnih glavnih osovina. „Kineziologija”, Zagreb, 1972.
- Momirović, K.: Metode za transformaciju i kondenzaciju kinezioloških informacija. Inst. za kineziol., Zagreb, 1972.
- Momirović, K. i sar.: Cokain – algoritam i program za kanoničku korelacionu analizu. „Kineziologija”, Zagreb, 1980.
- Mužić, V.: Metodologija pedagoškog istraživanja. „Svjetlost”, Sarajevo, 1979.
- Opavský, P.: OSNOVI BIOMEHANIKE, I izd. Zav. za izd. udžb. SRS, Beograd, 1962.
- Perić, D.: Operacionalizacija I. Samizdat, Beograd, 1994.
- Perić, D.: Operacionalizacija II. Samizdat, Beograd, 1996.

RESEARCH METHODS IN SPORT TRAINING

Objective knowledge, which is confirmed by social and economic development, is achieved only on the basis of scientific research growing out of systematic and analogous collection of established facts. Science that deals with the totality of all research forms and ways is called methodology.

Technical methods of research are based on the organization of experiments and evaluation of data acquired by precise measuring.

Logical methods are characterized by scientific data processing on the basis of which relevant conclusions are deducted. These conclusions themselves serve as the basis of further development of theories and systems. Sport, together with sport training, has its own adequate methodology. Sport methodology involves specific techniques and logical operations that can be applied only for typical occurrences on the field of sport training.

Most frequent research methods in the field of sport training are:

- 1. Analytical method**, which determines actual forces as causes.
- 2. Synthetic method**, which determines certain tendencies as results.
- 3. Static method** of research.