

TEHNIKA I BIOMEHANIČKA ANALIZA U SPORTSKOJ GIMNASTICI



Prof dr Emilija Petković

UVOD

Govoreći o sportskoj gimnastici kao sportu treba ukazati da najšire posmatrano razlikujemo pre svega

1. **motoričke informacije** sportske gimnastike, koje nadalje predstvaljaju samo **jednim svojim delom sinonim za kretne navike**,
2. a to dalje predpostavlja **tehniku** izvođenja gimnastičkih vežbi.
- 3. **Drugim** svojim delom motoričke informacije sadrže (i ako ne od posebnog značaja) **područje taktike** u sportskoj gimnastici.
- Tako su motoričke informacije sportske gimnastike ustvari spoj tehničko-taktičkih komponenti takmičarske uspešnosti.
- Kada motorička informacija postane **navika**, onda o njoj govorimo kao o **primenjenoj tehnici**.

Kretna navika (motorička informacija) jeste efikasno i racionalno izvođenje kretnih radnji radi rešavanja određenog zadatka. Kada se za kretnu naviku kaže da je to forma kretanja, onda se pre svega misli ne samo na spoljašnji oblik već i na unutrašnju strukturu.

- Tako se razlika između forme (stila) kretanja i tehnike može definisati kao:
 1. **tehnika** je forma kretanja nastala u procesu trenažne prakse, a
 2. **forma** je samo spoljašnje obeležje tehnike.

MOTORNO UČENJE- Centralni problem u trenažnom procesu gimnastičara jeste rad na tehničkoj pripremi, odnosno proces formiranja i usavršavanja kretnih navika sportske gimnastike.

- Po Rotu, 1973. proces usvajanja pojedinih pokreta (vežbi) i povezivanje već postojećih i od ranije naučenih u jedinstvene sisteme pokreta (npr. gimnastički sastav) naziva se *motornim učenjem*.
- **Faze u formiranju-stvaranja motorne navike**- Proces formiranja motornih navika jeste proces u kome postoje *četiri faze*, kako je predložio A. N. Krestovnikov (Puni, 1959).
 1. Sam početak stvaranja nove motorne navike karakteriše se pojavom **generalizacije (uopštavanja)**.
 2. Proces **iradijacije** razdraženja u početku stvaranja navike potpomaže izvođenje potrebnih pokreta kada oni još nisu dovoljno usvojeni. Radi se o tome da čovekovi ekstremiteti predstavljaju lančani sistem karika sa neograničenim brojem stepena slobode.
 3. Oslobođanje pokreta i povećanje stepena slobode zbiva se tek u sledećoj fazi koju nazivamo **koncentracija**. Ovde nastaje diferencirano kočenje i koncentracija razdraženja.
 4. Stvaranje *dinamičkog stereotipa* (grč. *stereos* - čvrst, *tipos* - otisak). **Dinamički stereotip izgrađuje se ne samo stalnim redosledom nadražaja već i njihovim istovremenim povezivanjem.**
 5. **Automatizacija** je proces *kada* motorna navika prolazi stadijum fiksiranja tako da se pod njomse obično podrazumeva takvo stanje motorne navike za čije ostvarenje nije potrebna posebna pažnja.

BIOMEHANIKA SPORTSKE GIMNASTIKE

- Da bi supešno analizirali tehniku izvođenjas neke vežbe neophodno je poznavati Zakone Mehanike odnosno primenu istih – čime se bavi *biomehanika*.
- Poznato je da mehanika kao deo fizike proučava najopštije zakone kretanja i uravnoteženja tela dejstvom spoljašnjih sila.
- Kod čoveka kretanje se odvija sopstvenim mehanizmima (muskulatura) pa je on zato predmet izučavanje jedne nove nauke, **biomehanike**, koja se nadalje predstavlja kao spoj mehanike i anatomije.
- Ovo ukazuje na potrebu izučavanje mehanike u sva tri njena dela, i to:
 - **kinematike**, deo koji proučava prostorno vremenske parametre;
 - **dinamike**, deo koji proučava zakone inercije, sile, akcije i reakcije;
 - **statike**, deo koji proučava održavanje i narušavanje ravnoteže.
- Dakle važno je na ovom mestu upoznati osnovne fizičke veličine koje primenjuje mehanika radi kasnije primene u sportu primenom biomehaničkih metoda u analizi tehnike izvođenja određenih vežbi.

BIOMEHANIKA SPORTSKE GIMNASTIKE

- Podela je izvršena je na osnovu načina izvođenja gimnastičkih vežbi u sedam grupe za koje je dominantan jedan od biomehaničkih principa iako ih najčešće, u zavisnosti od složenosti vežbe ima po pravilu više.

- I. Osnovne zakonitosti mehanike kod vežbi izvedenih **odskokom**
- II. Osnovne zakonitosti mehanike kod vežbi izvedenih **zarnahom**
- III. Osnovne zakonitosti mehanike kod vežbi izvedenih **kruženjem**
- IV. Osnovne zakonitosti mehanike kod vežbi izvedenih **kao saskod**
- V. Osnovne zakonitosti mehanike vežbi **naupora i uzmaka**
- VI. Osnovne zakonitosti mehanike vežbi **snage i ravnoteže**
- VII. Osnovne zakonitosti mehanike vežbi izvedene **spadom**

OSNOVNE ZAKONITOSTI MEHANIKE KOD VEŽBI IZVEDENIH ODSKOKOM

SKOKOVI

Sa mesta
Jednonožno i sunožno
Jedan odskok
Max. sila

POSKOCI

Sa mesta i kretanja
Jednonožno i sunožno
Dva i više odskoka
Kontrolisana sila

ODSKOCI

Iz kretanja
Sunožno
Jedan odskok
Max. sila

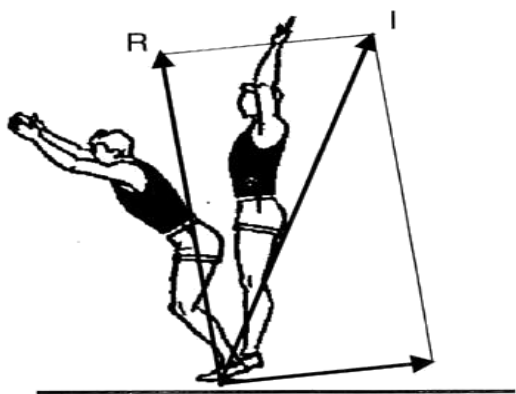
PRESKOCI

Iz kretanja (zaleta)
Sunožno
Dva odskoka (n i r)
Max. sila

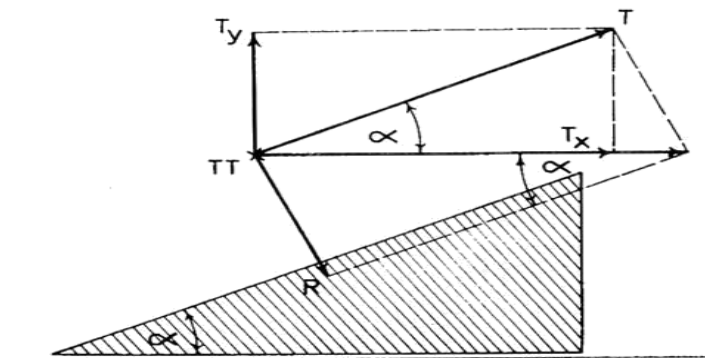
VODEĆI BIOMEHANIČKI PRINCIPI PRIMENJENI U SP. GIMNASTICI

SUDAR TELA

Karakterističan je samo za vežbe skokova i odskoka izvedenih iz kretanja (zaleta).
Razlikujemo centrični, ekscentrični i kosi sudar.
Veličina sudara izračunava se pomoću koeficijenta sudara (K).

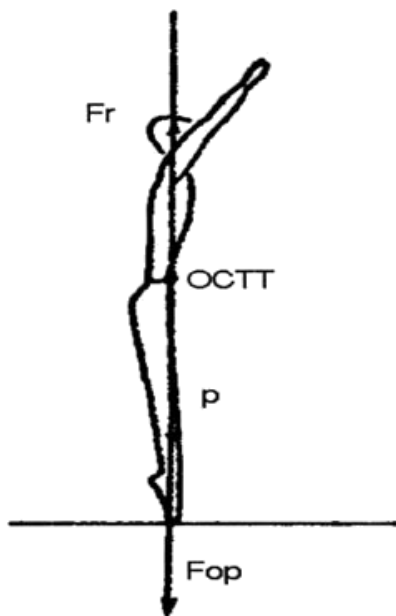


$K = 0$ za neelastična tela
 $K = 1$ za elastična tela
 $R = I \times \cos \alpha$
 $T = I \times \sin \alpha$
 α = ugao ekscentra



Odskok sa odskočne daske
kao strme ravni predstavlja
specifičan kosi sudar
gimnastičara koji se kreće i
odskočne daske koja miruje

IMPULS SILE - Skokovi i poskoci su vežbe izvedene *sa mesta* uz uslov da je impuls isle veći od sile teže (g)



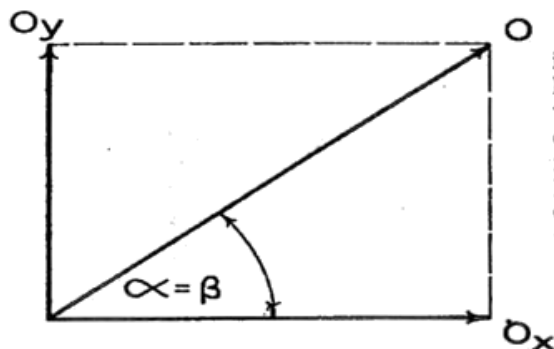
$$(1) \quad Fr = Fo + Ft.$$

Kako ovu reakciju izaziva masa tela (m) odskok-odvajanje od podloge vrši se na osnovu postojanja ubrzanja (a_r) koje se izračunava kao sila otpora kroz masu tela.

$$(2) \quad a_r = \frac{Fo}{m}$$

Kako u istom trenutku na to utiče i zemljina teža odnosno ubrzanje zemljine teže (g), može se uočiti da je ubrzanje naviše (a_h) može objasniti razlikom između sile otpora (Fo) i ubrzanja zemljine teže (g).

$$(3) \quad Ah = a_r - g$$



Kod skokova iz mesta, gde ne postoji komponenta zaleta, elevacioni ugao jednak je odraznom uglu: O — odraz, O_y — vertikalna komponenta sile odraza, O_x — horizontalna komponenta sile odraza, β — odrazni ugao, α — elevacioni ugao

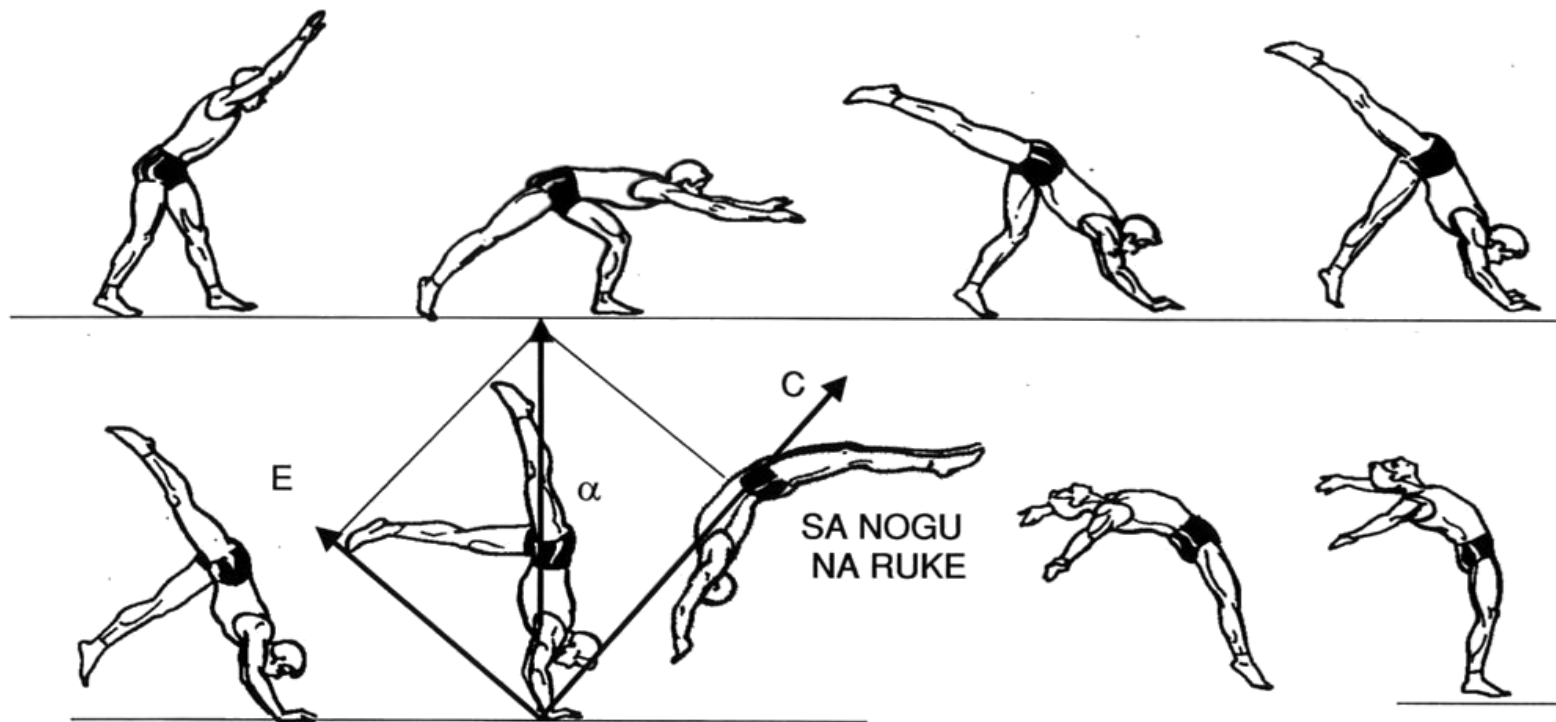
EKSCENTRIČNI ODRAZNI IMPULS IZVEDEN RUKAMA

Premet napred - skok napred sa rotacijom napred

POSTAKTIVNO PRENOŠENJE ZAMAH SA NOGU NA RUKE

$$E = R \times \sin \alpha$$

$$C = R \times \cos \alpha$$



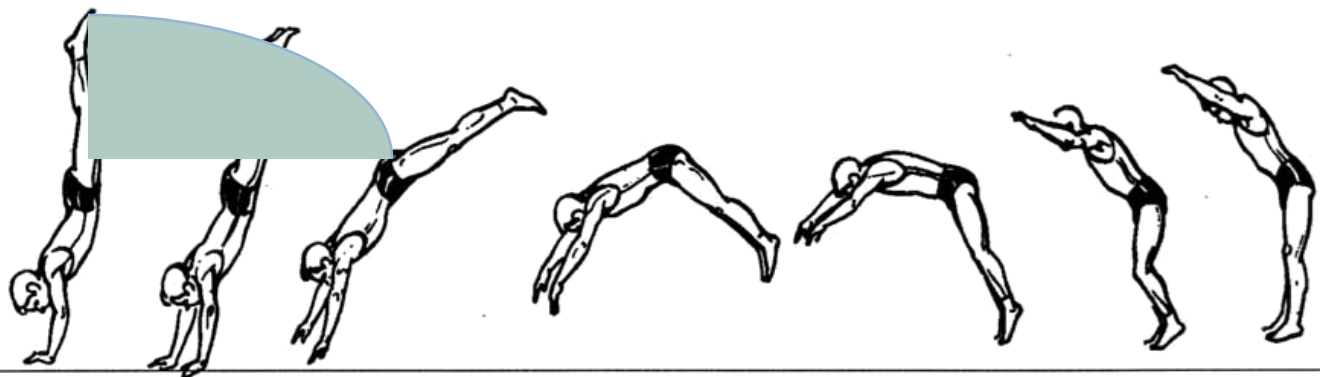
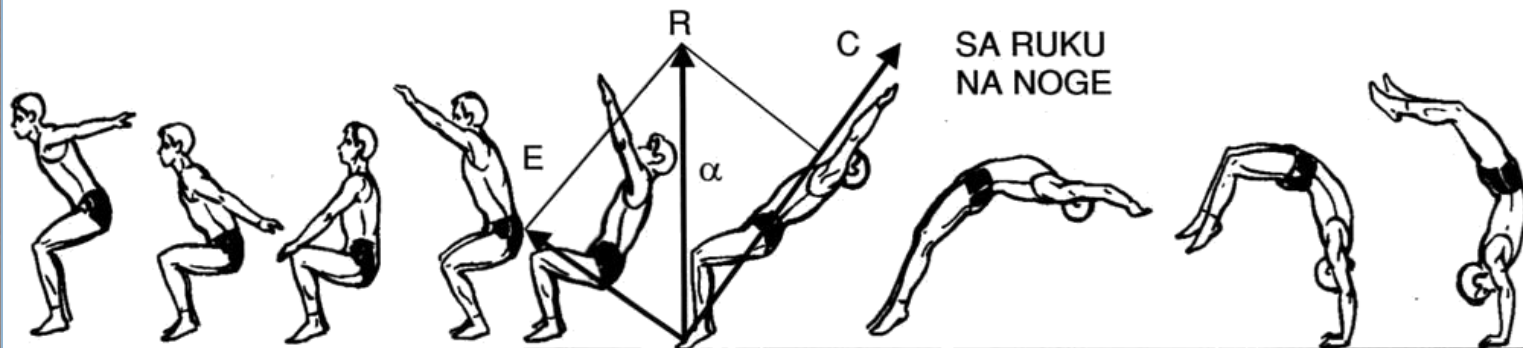
EKSCENTRIČNI ODRAZNI IMPULS IZVEDEN NOGAMA

Premet nazad - skok nazad sa rotacijom nazad

POSTAKTIVNO PRENOŠENJE ZAMAH SA RUKU NA NOGE

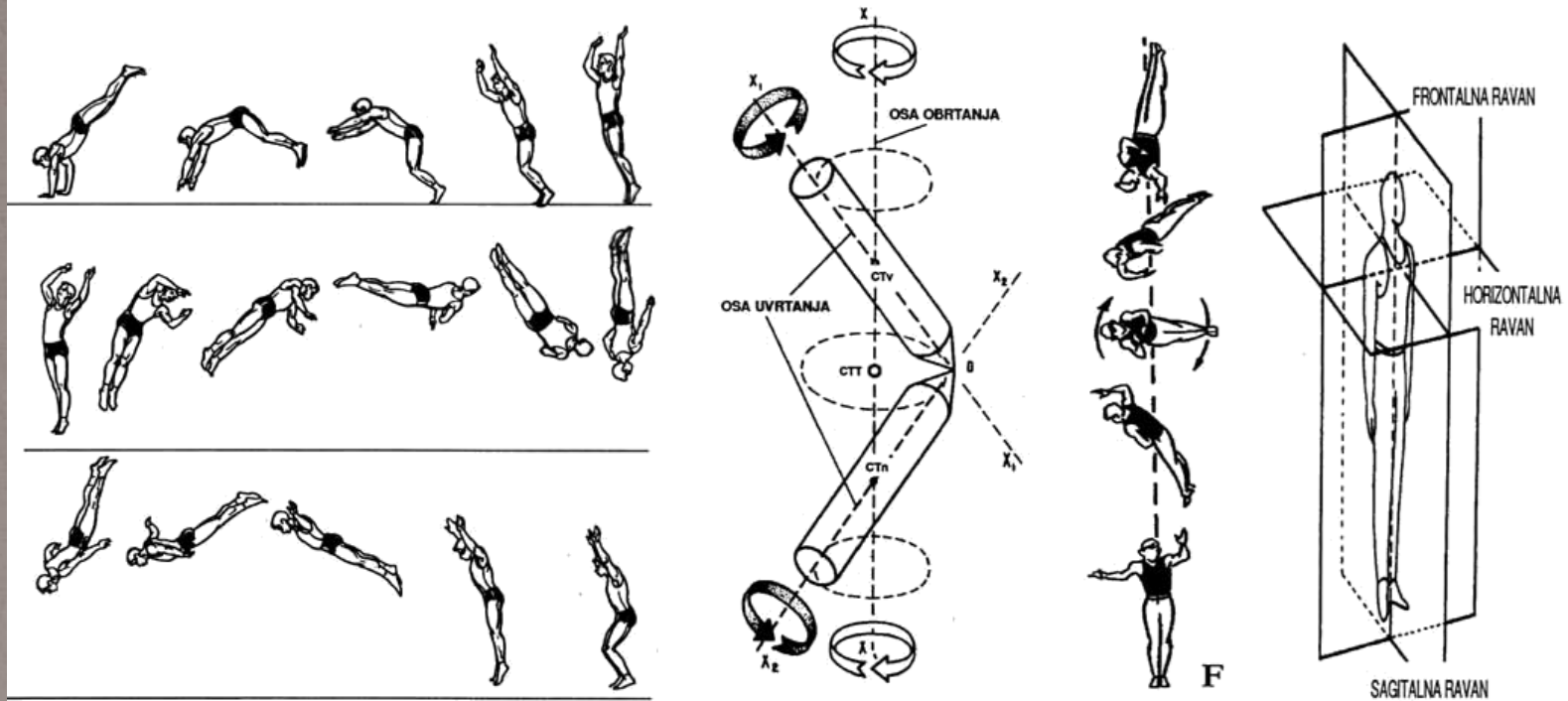
$$E = R \times \sin \alpha$$

$$C = R \times \cos \alpha$$



GIROSKOPSKI MOMENT

Karakterističan je samo za vežbe skokova i odskoka izvedenih u bespotpornoj fazi promenom ravni kretanja rukama (iz sagitalne u horizontalnu) pretvaranjem prividnih u prave rotacije

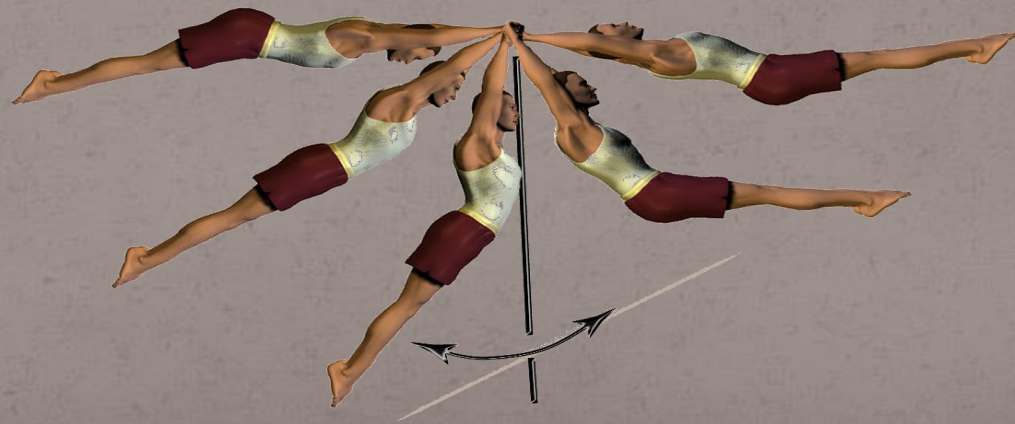


Salto nazad pruženim telom sa okretom za 360° oko vertikalne ose

Oscilacije

- Oscilacije nekog dela tela, celog tela, ili sistema više delova tela su složene, pošto, radi ostvarenja tih oscilacija, **ne učestvuje samo sila teže, nego još i ceo niz spoljanih i unutrašnjih sila sa promenljivim intenzitetom** i sa promenom položaja čvrste tačke u prostoru i u samom sistemu.
- Međutim, čovečji aparat za kretanje, pošto poseduje **sopstvenu motoriku**, može dodatnim dejstvom mišića da:
 - a) **održi određeno oscilatorno kretanje**
 - b) **poveća brzinu kretanja i**
 - c) **poveća ili samanji ugao otklona.**

Njih u visu nathvatom na vratilu kao oscilacija u stabilnoj vrsti ravnoteže

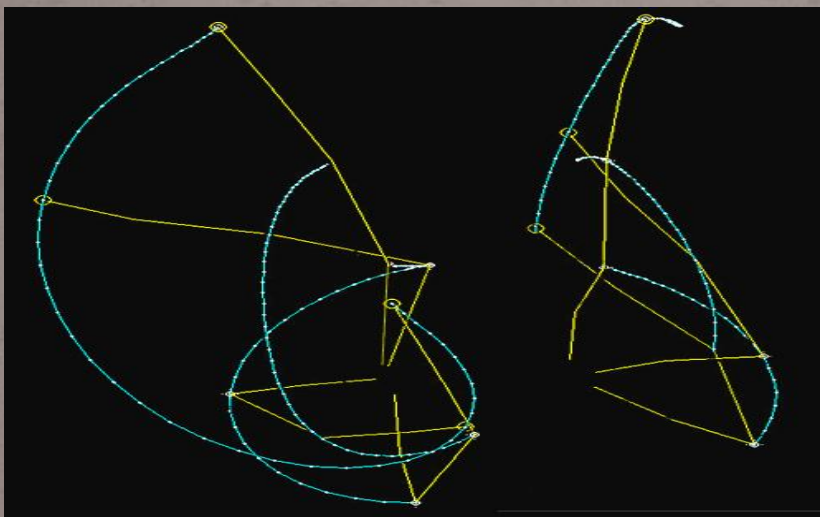


- a) Visina maksimalne tačke prednjih i zadnjih gimnastičar može sam da reguliše **unutrašnjim silama** (mišićima) vršeći zamah nogama blagim sklanjanjem (u prednjem) ili blagim uvijanjem (u zadnjem).
- b) Na taj način **smanjuje rastojanje od stopala do hvatišta** odnosno dužinu klatna, čime **povećava ugaonu brzinu**, te se vežbač u visu (klatnu) **kreće brže i postiže veću visinu u prednjem ili zadnjem**.



Rotaciona ili kružna kretanja

Rotaciona (kružna) kretanja predstavljaju **pretvaraje potencijalne u kinetičku energiju** dejstvom zemnjine teže **kao dejstvo spoljašnjih sila** (biomehanički principi) i načine dejstva sopstvene muskulature čoveka koji deluje na takvo kretanje **kao dejstvu unutrašnjih sila** (mišića).



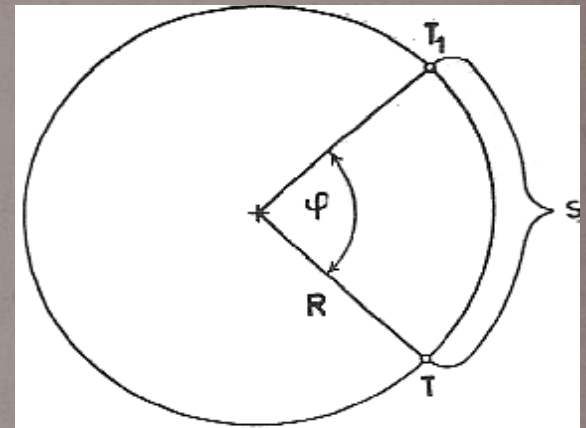
1. Princip je da se telo dovede na **što veću visinu i što dalje od TT** sa jedne strane da bi se dobila maksimalna potencijalna enegrgija
2. a sa druge strane da se pretvaranje potencijalne u kinetičku energiju potpomogne sopstevom muskulaturom tako što će se **skratiti poluprečnik obrtanja TT sklanjanjem u zglobu kuka i ramena.**

Trajektorija kretanja centara zglobova glava, trup, noge pri kovrtljau nazad do stva na šakama

ЦЕНТРАЛНА КРЕТАЊА

Иако на једно тело дејствују **истовремено две силе** које производе два праволинијска кретања под углом и због тога што је једно кретање једнолико а друго неједнолико, сложено кретање, које је последица оваквог дејства, ће бити **криволинијско**.

1. **Најпростије криволинијско кретање је кружно кретање.** Ако је брзина кретања по кружној путањи константна, онда се то кретање зове једнолико кружно, или централно кретање.
- Ако се вредност брзине кретања мења у јединици времена, онда је то **неједнолико кружно кретање**, које може бити **убрзано** или **успорено**
- Обрасци изведени за праволинијска кретања се примењују и код централних кретања, с том разликом, што се код централних кретања уводе нови појмови, као што су **угловна брзина и угловно убрзање**.



$$s = R \cdot \varphi$$

$$\text{• кружне путање: } s = 2 \cdot R \cdot \pi$$

- а) При кретању тачке (Т) по кружној путањи средишњи угао се стално мења.
- б) Брзина којом расте средишњи (централни) угао зове се угловна (угаона) брзина (ω) и може се изразити следећим односом:

$$\omega = \frac{\varphi}{t}$$

Угловна брзина се такође мери јединицом radijan/sec.

б) Код једноликог кружног кретања брзина је по величини константна, али јој се правац стално мења. Ову промену правца изазива убрзање које је управно на саму брзину, *Убрзање изражено брзином кретања и полупречником путање се назива центрипеталним убрзањем:*

$$a = \frac{v^2}{R}$$

Центрипетална сила постоји само када постоји центрифугална сила (CF) која настаје услед инерције и није одређена реална сила.

Обе наведене централне силе (CP, CF,) дејствују увек дуж исте нападне линије, једнаке су по величини (CP = CF) и супротног су смера.

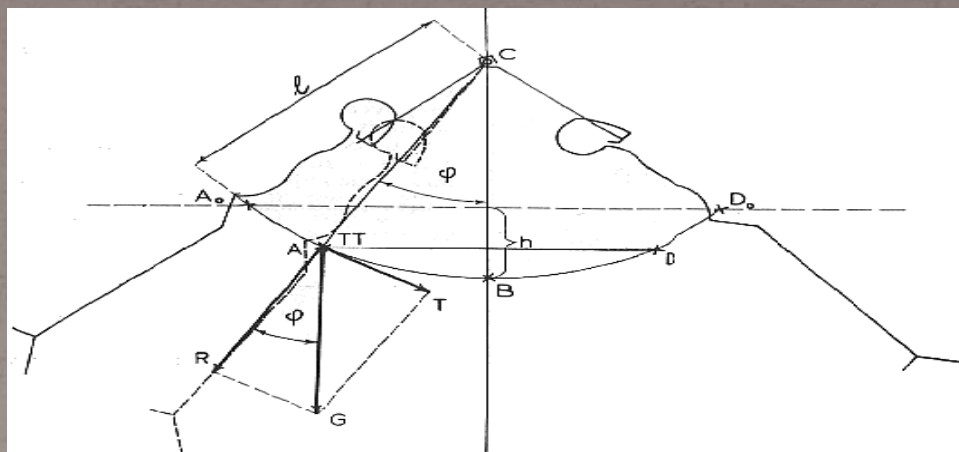
$$C_P = \frac{m \cdot R^2 \cdot \omega^2}{R}$$

$$C_P = m \cdot R \cdot \omega^2$$

Центрифугалној сили се супротставља центрипетална сила, која се свесно формира нагибом система који се креће према центру лука по којем се врши кретање .

$$C_F \cdot \sin \alpha = G \cdot \cos \alpha$$

$$C_F = G \cdot \operatorname{ctg} \alpha$$



1. Радијална компонента се поништава чврстином апарата за кретање и хватом,

2. а тангенцијална компонента је активна сила и производи кретање.

3. Угао отклона клатна (φ) се назива елонгација.

Према другом Њутновом закону може се сила, која производи кретање, представити:

$$m \cdot a = m \cdot g \cdot \sin \varphi$$

па ће тангенцијално убрзање клатна бити једнако:

$$a = g \cdot \sin \varphi$$

$$R$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{G}$$

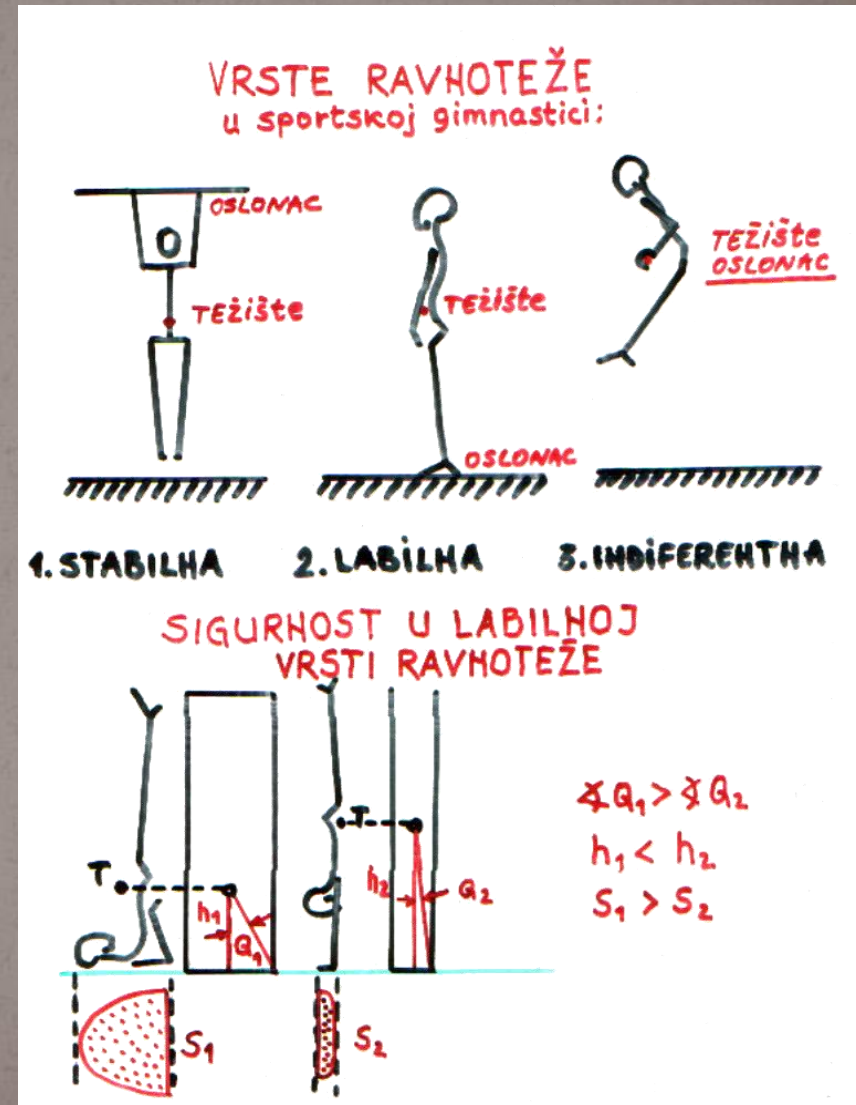
$$G$$

Потенцијална енергија једнака је тада нули, а кинетичка енергија је постигла максималну вредност.

Ravnoteža

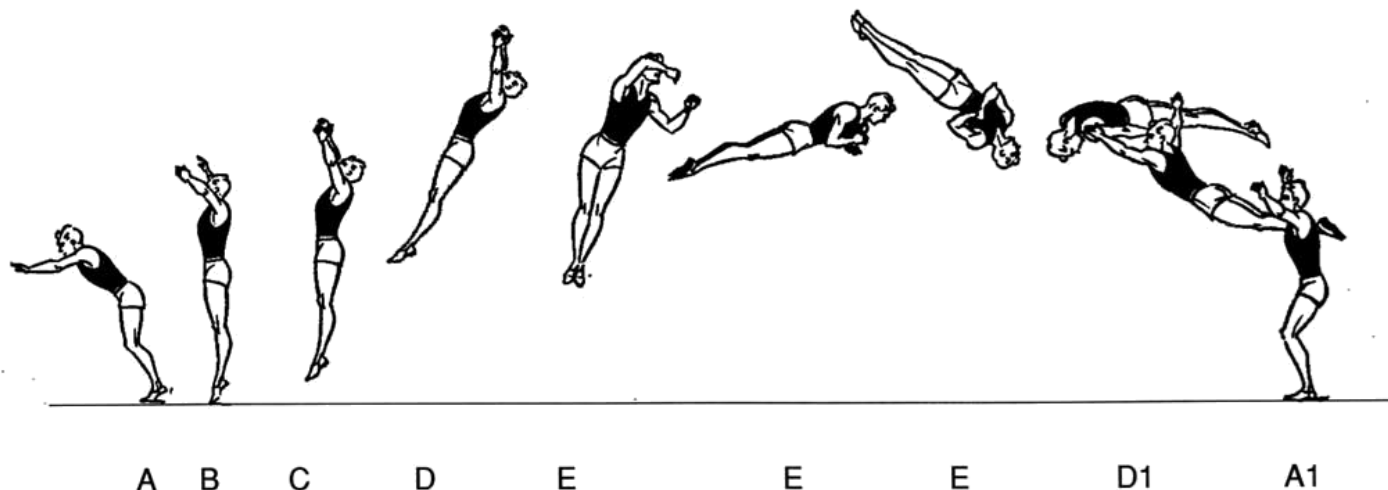
Vežbač može da zauzme ravnotežne položaje *zavisno od vrste ravnoteže*.

- a) Kada je **tačka oslonca iznad težišta tela**, vežbač je u **stabilnoj ravnoteži**. To je slučaj kadaje vežbač u raznim položajima visa (npr. vis prednji na vratilu, krugovima i sl.). Vežbač osciluje (njiše se, izvodi klatnasto kretanje) oko vertikale i ako ništa ne preduzima umiri se u vertikali, odnosno postiže stabilan ravnotežni položaj.
- b) Ako je vežbač u uporu (na parteru, razboju, konju sa hvataljkama, krugovima, vratilu), onda mu je **oslonac ispod težišta tela** i on ima **labilnu ravnotežu**. Narušavanjem te ravnoteže dolazi do nekog kretanja ili pada. Uobičajeno u vežbanju na spravama, to kretanje predstavlja njihanje u visu, odnosno klatnasto kretanje koje se izvodi u uporu (razboj, kmgovi, konj sa hvataljkama).
- c) **Indiferentna ravnoteža** je uspostavljena kada je **težište tela vežbača centru obrtanja (tački oslonca)**. Kada vežbač leži na leđima ili trbuhu



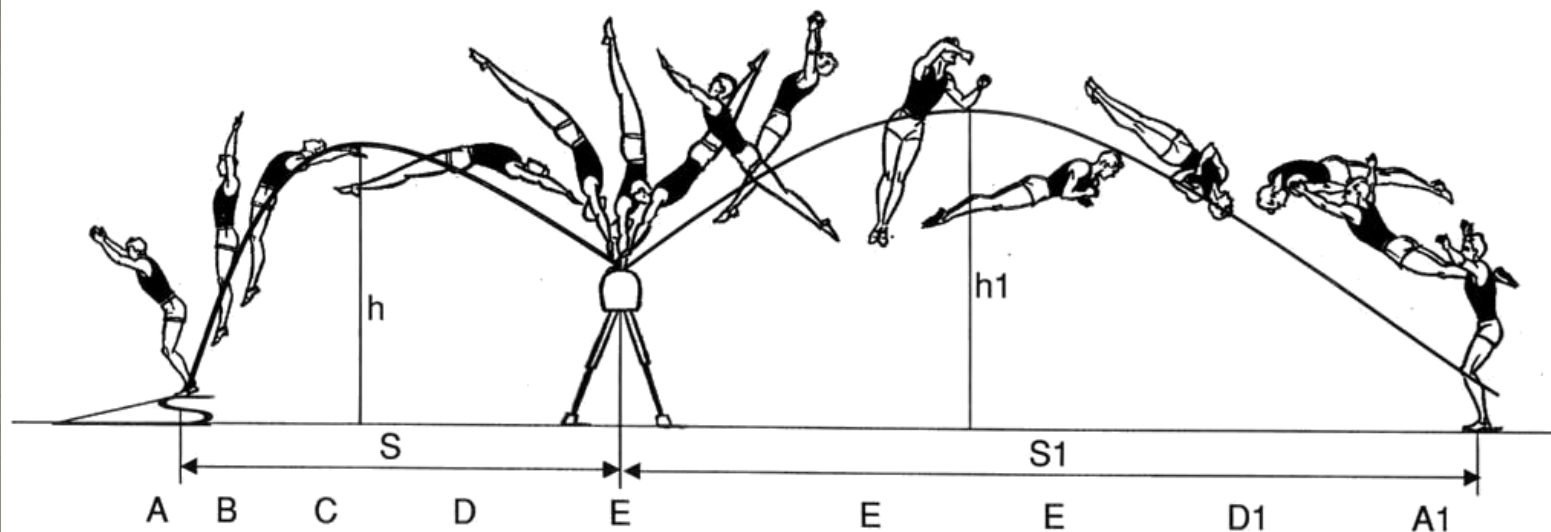
Bimehanička analiza složenih tehnika u Sportskoj gimnastici

ANALIZA TEHNIKE - akrobatska vežba "pirueta salto" za 360°



- A = Sudar
- B = Impuls tela
- C = Ekscentrični odrazni impuls
- D = Postaktivno prenošenje zamaha sa ruku na noge (salto nazad u sag. ravni)
- E = Giroškopski moment (360° - u horizontalnoj ravni oko vertikalne ose)
- D1 = Završetak salta (nastavak rotacije u sagitalnoj ravni)
- A1 = Prizemljenje (doskok - uravnoteženje)

ANALIZA TEHNIKE - preskoka "Čukahara salto pruženo" sa okretom za 360°



- A = Sudar
- B = Impuls tela
- C = Ekscentrični odrazni impuls
- D = Postaktivno prenošenje zamaha sa ruku na noge (salto nazad u sag. ravni)
- E = Giroscopski moment (360° - u horizontalnoj ravni oko vertikalne ose)
- D1 = Završetak salta (nastavak rotacije u sagitalnoj ravni)
- A1 = Prizemljenje (doskok - uravnoteženje)
- h i h1 = Visine prve i druge faze leta (visina kod kosog hica sa razlikom nivoaa)
- S i S1 = Dužina prve i druge faze leta (put kod kosog hica sa razlikom nivoaa)