

ÚVOD DO BIOMECHANIKY

Biomechanika ako odbor
vedy

Biomechanika a jej predmet

Biomechanika je transdisciplinárny odbor, ktorý sa zaoberá mechanickou štruktúrou, mechanickým správaním a mechanickými vlastnosťami živých organizmov a jeho častí, a mechanickými interakciami medzi nimi a vonkajším okolím.

- **Predmetom biomechaniky** sa stali pohyby človeka v mechanickom prejave.
- skúma z hľadiska **všeobecne platných zákonov mechaniky**
- Zákony platia rovnako **pre živú** ale **aj pre neživú** hmotu.



Watts Zap



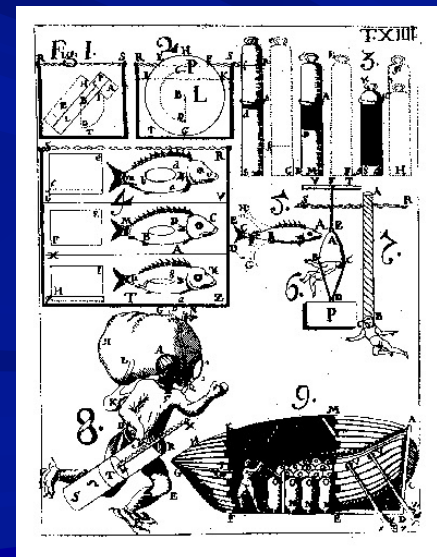
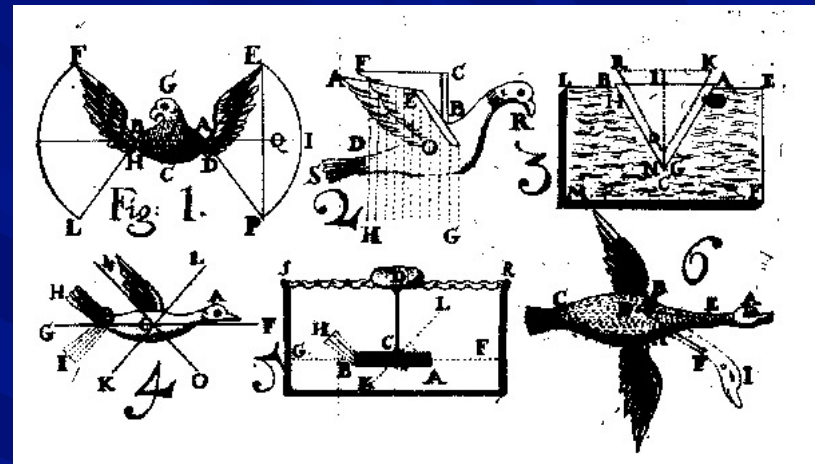
Špeciálne biomechaniky

Vznikli z potreby diferencovať pohyby na základe ich obsahovej a kvalitatívnej odlišnosti (biomechanika práce, rehabilitácie, telesných cvičení a pod.....)

- **Biomechanika telesných** cvičení je špecializovaný vedný odbor vzniknutý pre potreby telesnej kultúry.

Vznik a vývoj biomechaniky

- (287 – 212 pred. n. l.) **ARCHIMEDES** priniesol poznatky o mechanických vlastnostiach hmoty , obohatil mechaniku a hydromechaniku
- 1452 - 1519) **LEONARDO DA VINCI** Veľkú pozornosť venoval najmä mechanike pohybov. Opísal mechaniku chôdze, behu, skoku a pod. Pohyby spájal so svalovou činnosťou.



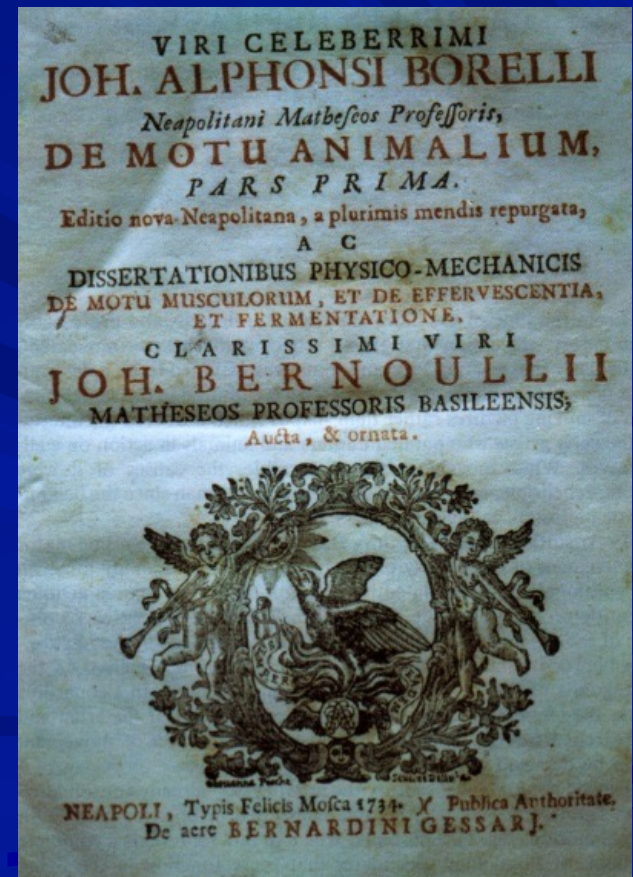
1564 - 1642) GALILEO GALILEI Ako astronóm a fyzik objavil a opísal **zákony mechaniky**, ako sú **zákon voľného pádu**, **zákon pohybu po naklonenej rovine**, **zákon šikmého vrhu** a pod. Tvrdil, že pohyb je vždy vyvolaný pod vplyvom pôsobiacej sily

Za zakladateľa biomechaniky sa všeobecne považuje

Giovani Alfonso Borelli
(1604 – 1680)

prvá štúdia z oboru biomechaniky

DE MOTU ANIMALIUM



Rozvoj kinematografie (1830-1904)

Eadweard J. Muybridge

Aplikoval kinematickú analýzu pohybu, ktorej princíp sa uplatňuje aj dnes.

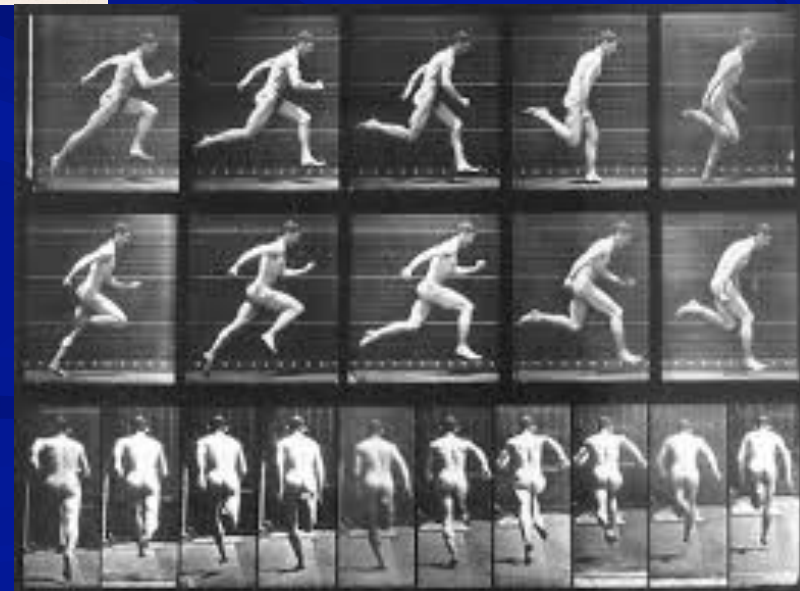
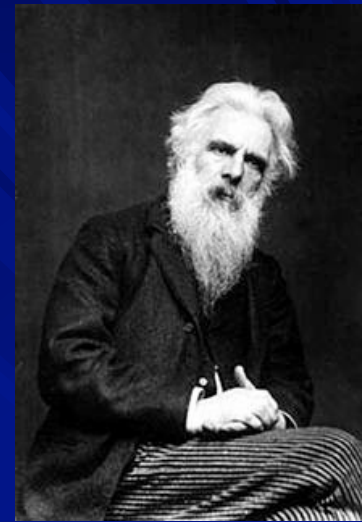
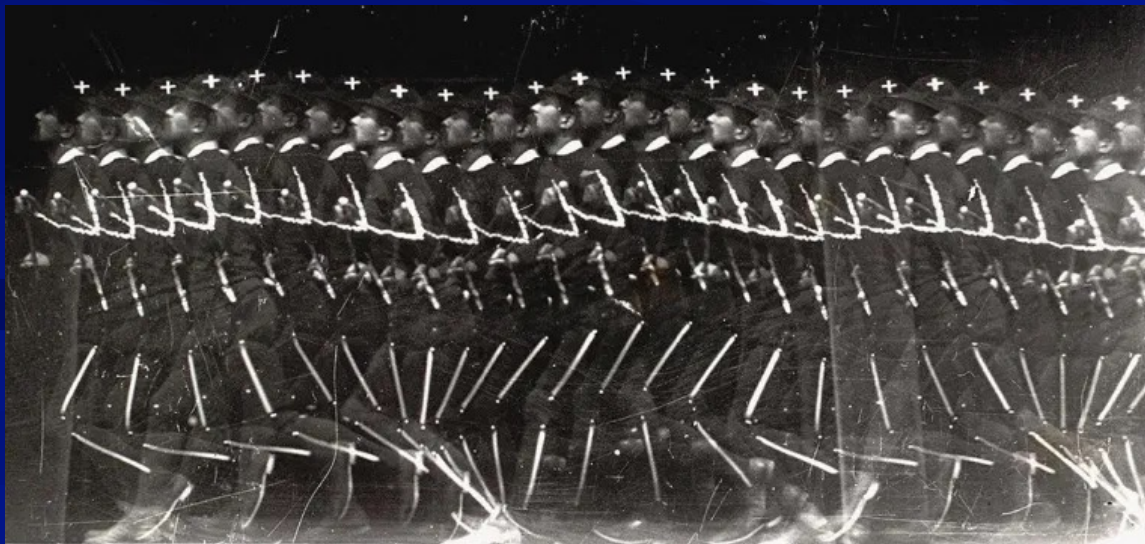
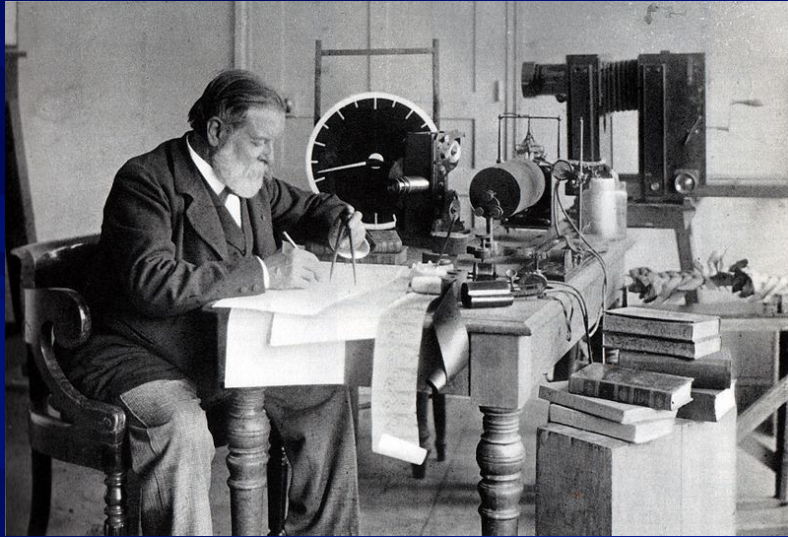
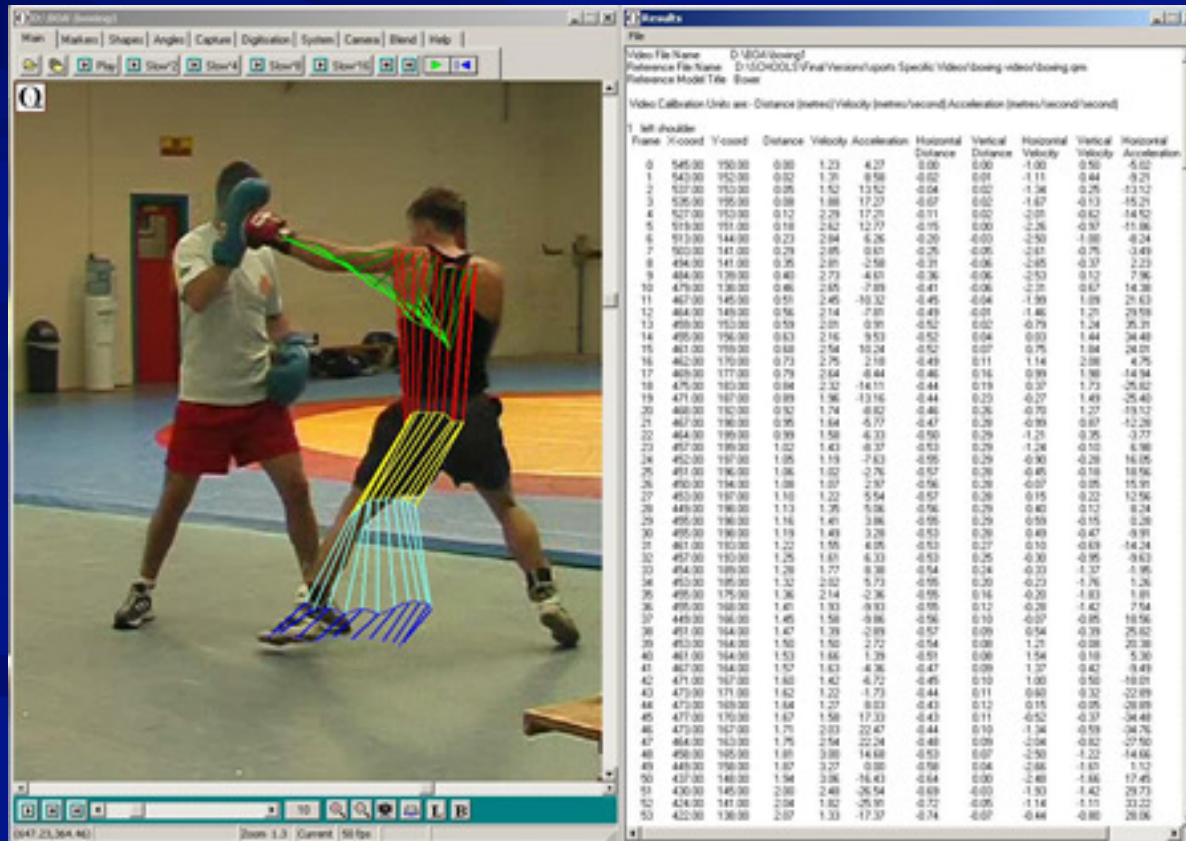


Diagram illustrating the motion of a person running, showing the sequence of positions in a circular path.

■ Etienne-Jules Marey (1830-1904)

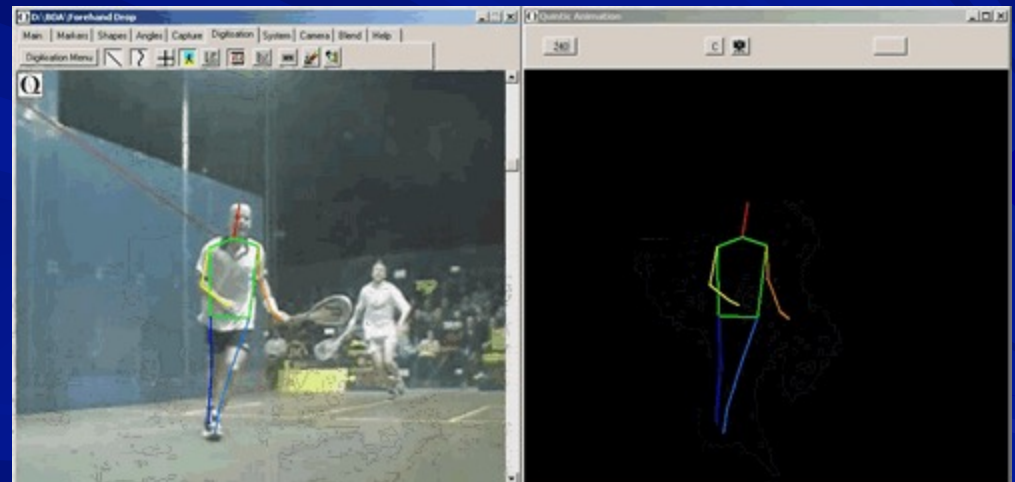
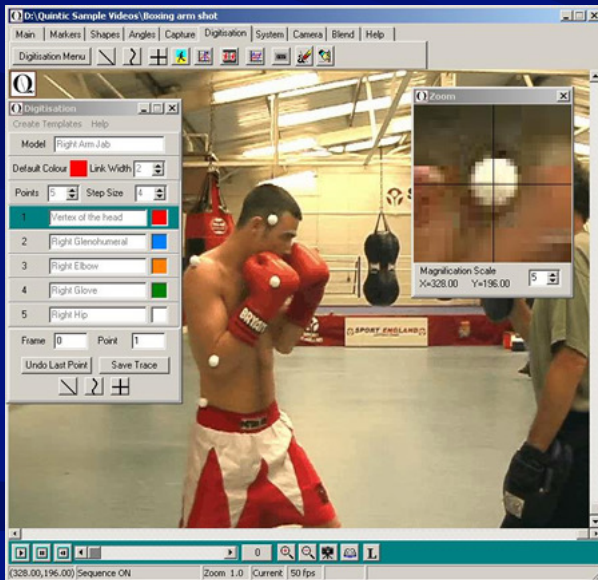


Od čias **Bernsteina (20 storočie)** sa biomechanika začala prudko rozvíjať. Okrem teoretických a metodologických otázok biomechaniky rozoberal aj **otázky riadenia a koordinácie pohybov**. Tu vidíme najväčší prínos v princípe **senzorickej korekcie pohybov**



Biomechanická analýza pohybov v športe

Najčastejšie techniky pre analýzu ľudského pohybu sú **softvérové technológie snímania pohybov**



Základné úlohy biomechaniky

- Zovšeobecňovať poznatky o mechanických vlastnostiach **oporného a pohybového systému** z ohľadom na pohlavie, vek, tréňovanosť
- Zisťovať a posudzovať **mechanické nároky** na oporný, pohybový a funkčný systém
- Analyzovať pohybové prejavy športovca z hľadiska kinetiky, a dynamiky a hľadať optimálny variant techniky pohybu
- Podieľať sa na **vytváraní modelových pohybových štruktúr** v jednotlivých športoch



Vzťah k iným vedným odborom

- **Vzťah k biologickým vedám** - sú to vedy, ktoré študujú tie stránky pohybového systému človeka, ktoré majú bezprostredný vzťah k jeho pohybu, podmieňujú, riadia a koordinujú ho. (anatómia, fyziológia, kineziológia a iné.) Tvorí všeobecný základ biomechaniky.
- **Vzťah k fyzikálnym vedám** - každá hmota či živá alebo neživá podlieha všeobecne platným zákonom mechaniky. Pri štúdiu pohybov sa biomechanika opiera hlavne o mechaniku (fyzika, geomechaniku, hydromechaniku, aeromechaniku) Preberá poznatky z kinematiky (pohyby vo vzťahu k priestoru a času) a dynamiky (pohyby vo vzťahu k pôsobiacim silám).
- **Vzťah k vedám o telesnej kultúre** - tento vzťah vyplýva z jej postavenia v týchto vedách ako jednej zo špeciálnych vedných disciplín. Patria sem vedy ako: vedy o športe, antropomotorika, psychológia telesnej výchovy a športu, teória a didaktika telesnej výchovy, teória a didaktika športu a pod.



BIOMECHANICKÁ CHARAKTERISTIKA POHYBU

Všeobecná charakteristika pohybu

- Pohyb je s hmotou nerozlučne spätý ; je neodlučiteľnou vlastnosťou hmoty
- Každé hmotné teleso, každá hmotná častica je pohyblivá , premenlivá svojou vnútornou podstatou.
- Najjednoduchšou je *mechanická forma* t.j. mechanické premiestňovanie hmoty v priestore.
- Zložitejšou formou pohybu sú *chemické procesy*, premeny látok, fyziologické procesy v živých organizmoch, psychické procesy odohrávajúce sa v mozgu človeka a pod.
- Najzložitejšou formou hmoty i formou pohybu je *živá hmota tvoriaca telo človeka*. Tejto najzložitejšej forme hmoty zodpovedá aj najzložitejší pohyb *aktívny pohyb*, ktorý je výsledkom pôsobenia všetkých orgánov tela vrátane mozgu.

Pohyb ako zložitý pohybový systém

- človek vykonáva pohyby cieľavedome, za určitým pracovným, rekreačným, zdravotným, športovým či iným cieľom.
- **Pohyb** - zložitý jav, ktorý je výsledkom zložitej činnosti nervovo – svalového systému, pričom tento systém je podmienený činnosťou ďalších systémov, čím sa vytvárajú zložité vzťahy.
- **Systém** je široký pojem. Ide o množinu prvkov, medzi ktorými existujú určité vzťahy.

Oporný systém (oporné ústrojenstvo – opora tela: kostra)

Pohybový systém (svaly – vykonávajú pohyb)

Srdcovo – cievny systém (rozvod krvi po tele)

Dýchací systém (dýchacie ústrojenstvo -dýchanie)

Tráviaci systém (tráviace ústrojenstvo)

Zažívací systém (zažívacie ústrojenstvo)

Vylučovací systém (vylučovacie ústrojenstvo)

Nervový systém (nervové ústrojenstvo – koordinácia všetkých orgánov tela)



Telo človeka ako hmotný systém

Pojem hmota a hmotnosť v biomechanike

Telo človeka je chápané ako živá vysoko organizovaná hmota , ktorá obsahuje všetky formy hmoty.

Biomechanika ako veda študuje predovšetkým **látkovú formu hmoty**, (kosti, svaly, chrupavky a ostatné väzivo) - všetko čo má materiálnu povahu.

Biofyzika - študuje **poľovú formu hmoty** (gravitačné pole, magnetické pole, elektrické pole ...)



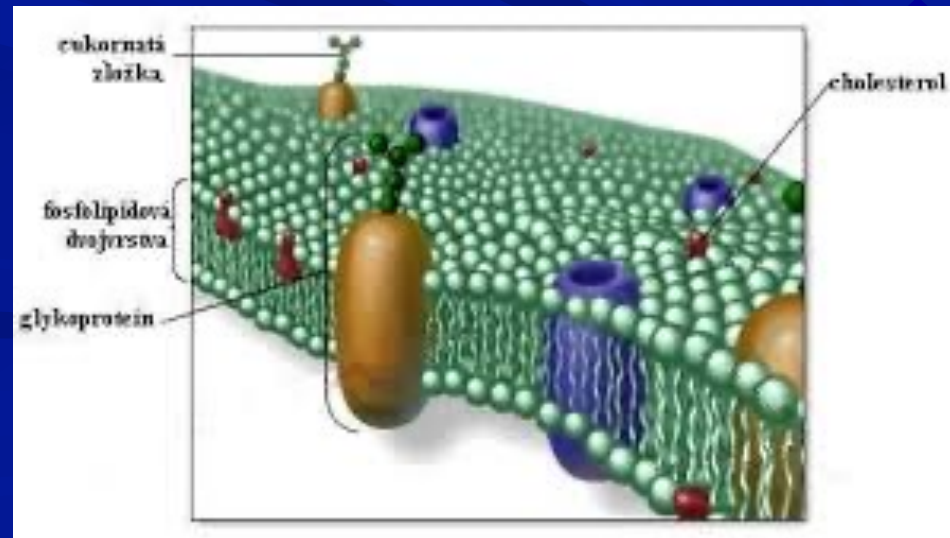
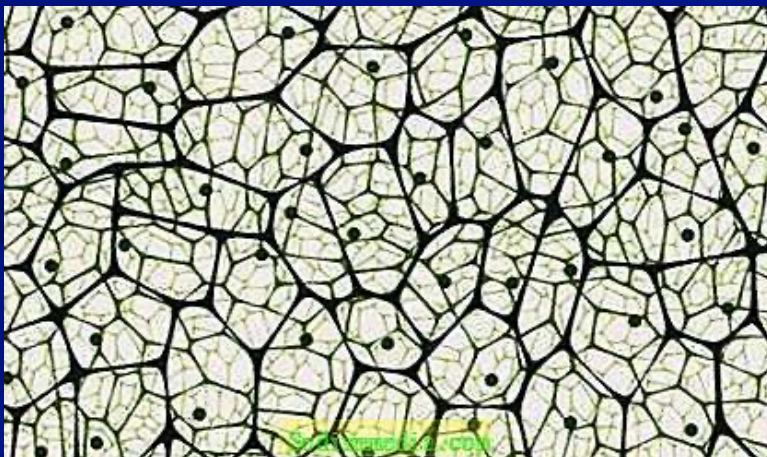
Telo človeka ako hmotný systém a jeho štruktúrnosť



- **Telo človeka** je hmotný systém nepravidelného a nehomogénneho tvaru.

Tvoria ho orgány tela, **ktoré majú hmotnú podstatu** (kosti, svaly, chrupavky, srdce, cievy, nervy atď.)

Hlavný rozdiel tkanív je daný v ich štruktúrnosti – type buniek a ich množstve.



Mechanické vlastnosti tela

- pevnosť a pružnosť tkanív

Schopnosť tkaniva odporovať účinkom pôsobiacich síl, nazývame v biomechanike **pevnosťou** alebo **pružnosťou** tkanív.



Pevnosť

- Pod pojmom pevnosť tkaniva rozumieme jeho odpor, ktorý kladie proti svojmu porušeniu. Táto schopnosť závisí od vnútornej štruktúry tkaniva, od jeho tvaru a od spôsobu zaťaženia.
- Tkanivá majú schopnosť pod vplyvom zaťaženia sa deformovať dokiaľ sú ich vnútorné sily schopné odporovať účinkom vonkajších síl.

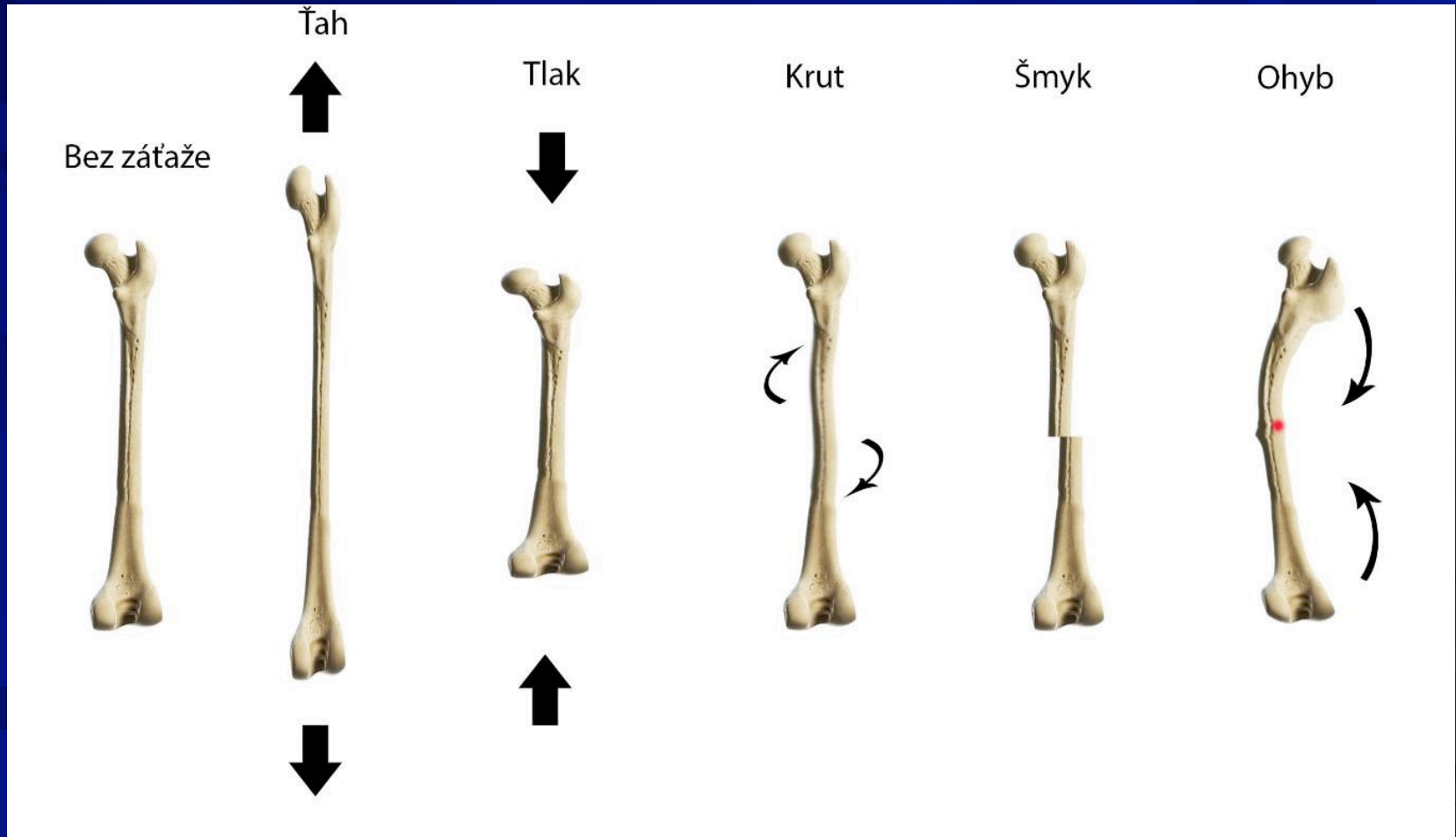


Pružnosť

- Tkanivo je pod účinkami pôsobiacich síl vždy deformované. Ak sú tieto sily veľké a často sa opakujúce, môže sa tkanivo natrvalo deformovať.
- Ak sily pôsobiace na tkanivo neprekročia tzv. medzu pružnosti, považujeme tieto deformácie za malé a nepodstatné. Po medzu pružnosti považujeme tkanivo za dokonale pružné (kostrové svaly, šľachy, väzivá,...).



Pôsobiace javy na tkanivá človeka

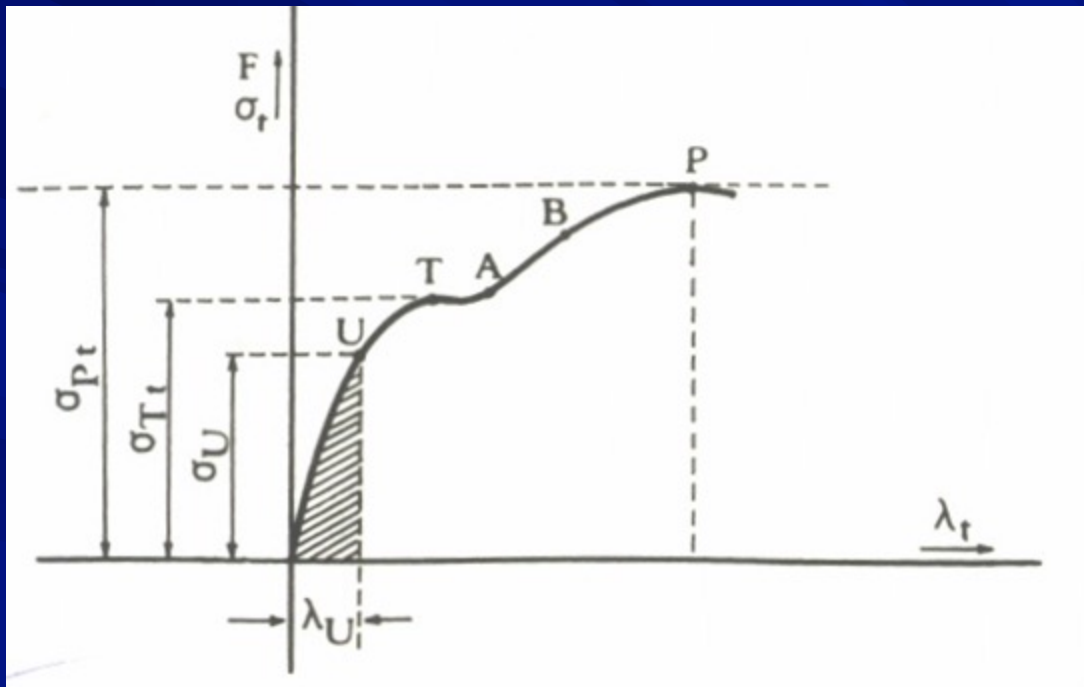


Pevnosť a pružnosť tkanív v ťahu

- O pevnosti a pružnosti tkanív v ťahu hovoríme vtedy, keď na tkanivo pôsobia dve opačne orientované sily.
- Napätie je vnútorná sila pôsobiaca medzi molekulami tkaniva a označuje sa gréckym písmenom σ (sigma).
- Pri pôsobení ťahovej sily nastáva **deformácia tkaniva**. Aby nenastala trvalá deformácia, nesmie napätie prekročiť tzv. **dovolené ťahové napätie** – $\sigma_{dov,t}$, teda platí rovnica pevnosti $\sigma_{dov,t} \geq \sigma$



Pri mäkkých tkanivách dochádza vplyvom veľkých ťahových síl k ich **predĺženiu**. Toto predĺženie predstavuje jeho **deformáciu**.



λ_t – predĺženie

U – bod úmernosti – úmerne sa predlžuje tkanivo sile

U až A – medza priťažnosti resp. sklzu pri poklese sily

A – P – predĺženie tkaniva vplyvom zvýšenej sily

P - medza pevnosti – po prekročení sa tkanivo pretrhne

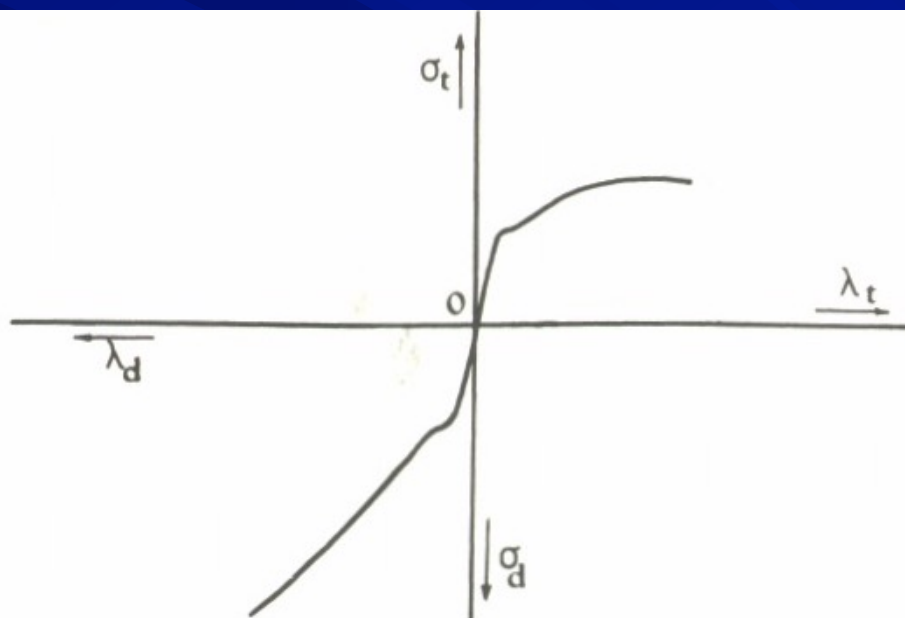
Pevnosť a pružnosť tkanív v tlaku

- O pevnosti a pružnosti tkanív v tlaku hovoríme vtedy, keď na tkanivo pôsobia **dve sily proti sebe smerom dovnútra**.
- Pre pevnosť a pružnosť tkanív v tlaku platia tie isté zákony ako pri ťahu, len koeficienty pri znakoch veličín sú iné.
- Pri **ťahu** pripisujeme k znaku danej veličiny index **t**, pri **tlaku** pripisujeme index **d**. najčastejšie podliehajú tlaku kosti a chrupavky,



Pevné a pružné tkanivá majú diagram tlakovej skúšky podobný diagramu skúšky na ťah.

ťah



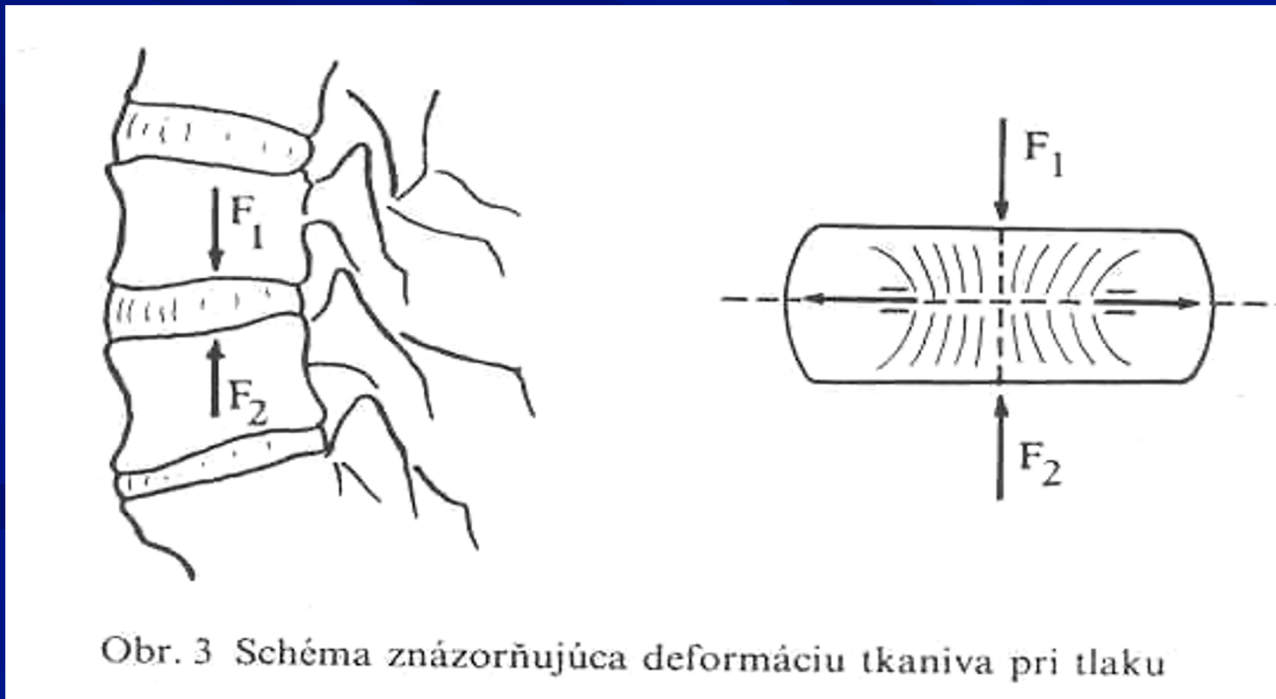
tlak

Obr. 2 Schéma znázorňujúca závislosť predĺženia a skrátenia tkaniva od ťahovej a tlakovej sily

Pri náročných činnostiach v tkanive nastáva **porušenie rovnováhy molekulárnych síl** a tým aj jeho **trvalá deformácia**.

K tejto deformácii dochádza najmä pri chrupavkách, ktoré sú často zaťažované veľkými tlakovými silami (dvíhanie ťažkých bremien,...).

Veľkým tlakovým silám sú schopné odporovať najmä **kosti**.



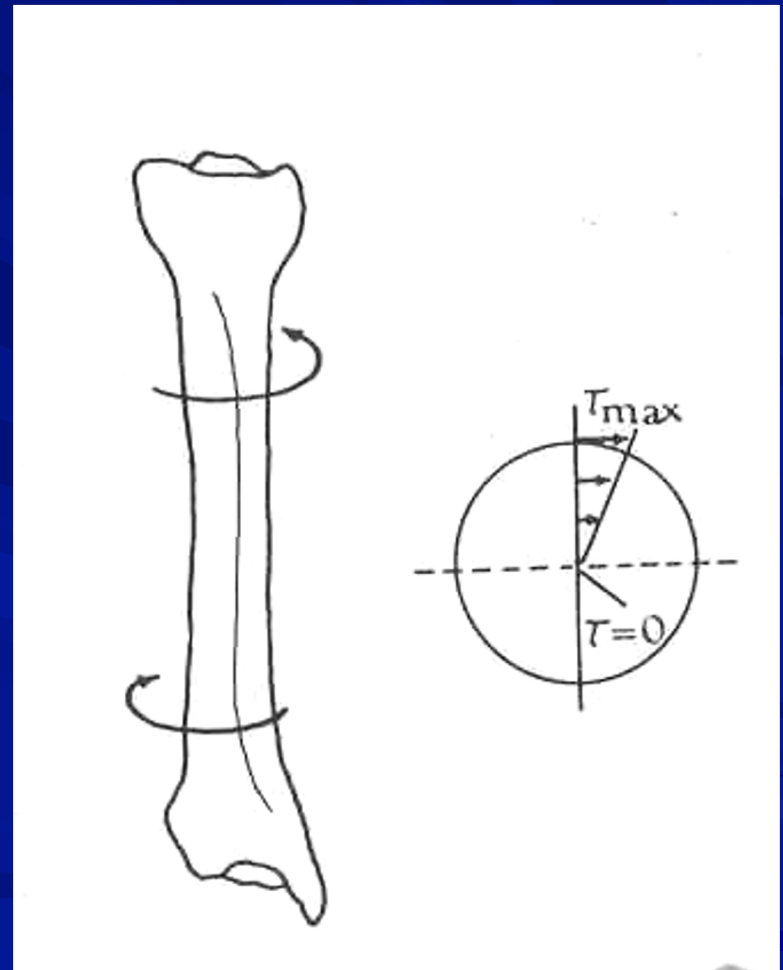
Pevnosť a pružnosť tkanív v krútení

Tkanivá sú namáhané krútením vtedy, keď sú krútené tzv. **krútiacim momentom M_k** dvojice síl, ktorých rovina je kolmá na os tkaniva, napr. k pozdĺžnej osi kosti.

V každom kolmom priereze kosti vznikne **moment vnútorných síl tkaniva M** ako odpor proti momentu krútiacich síl, pričom platí: **$M_k = M$**

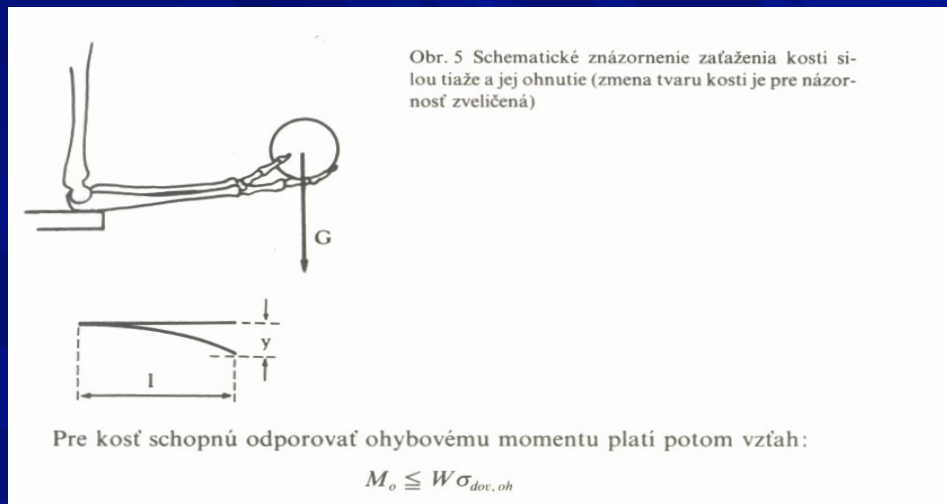


- Vnútorne sily pôsobiace v rovine prierezu spôsobujú dotyčnicové alebo šmykové napätie τ .
- Toto napätie rastie priamo úmerne so vzdialenosťou vlákien tkaniva od 0 pozdĺžnej osi kosti článku do najväčšej hodnoty τ_{max} na jej obvode.
- **Pri krútení nesmie najväčšie napätie krajných vlákien na obvode kosti článku τ_{max} prekročiť hodnotu dovoleného napätia krútení $\tau_{dov,k}$, teda**
$$\tau_{max} \leq \tau_{dov,k}$$



Pevnosť a pružnosť tkanív v ohybe

K **ohybu** tkaniva (kosti) dochádza vtedy, keď na kosť pôsobia dve **sily** proti sebe, avšak nie v jednej priamke, ale v rovine. Tieto sily ohýbajú kosť v rovine prechádzajúcej jej pozdĺžnou osou.



Pri **ohýbaní** kosti sa vrchné pásmo štruktúry kosti **predĺži** dolné **skrúti**. Medzi týmito pásmami je **neutrálne pásmo**, od ktorého rastie v jednom smere **táhové napätie**, v druhom smere **tlakové napätie**.

Napätia rastú od 0 priamo úmerne so vzdialenosťou od neutrálneho pásma k okraju kosti. Ak je ohybový moment **M_o** väčší ako je **dovolené ohybové napätie**, potom nastane **zlomenie kosti**.



Rozloženie hmoty tela a miera jej zotrvačnosti

Štúdium tela človeka si často vyžaduje poznať nielen hmotnosť celého tela ale aj hmotnosť jeho jednotlivých častí

Celkovú hmotnosť tela zistíme **vážením**,

■ TANITA



Hmotnosť tela a jeho častí vyjadrujeme alebo v absolútnych hodnotách v **kg** alebo priemerom k hmotnosti celého tela vyjadrením v **%**.

Zisťovanie hmotnosti segmentov tela (keďže ich nemožno od tela oddeliť) určujeme približne, teda - **na základe relatívnych hodnôt hmotností.**

Príklad rozloženia hmotnosti jednotlivých segmentov u 70 kg muža

Segment	Podiel segmentov z celkovej hmotnosti tela (Balatky 2002)
Hlava	7 %
Trup	46,4%
Rameno	2,7%
Predlaktie	1,4%
Ruka	0,6%
Stehno	13,4%
Predkolenie	3,7%
Noha	1,5%

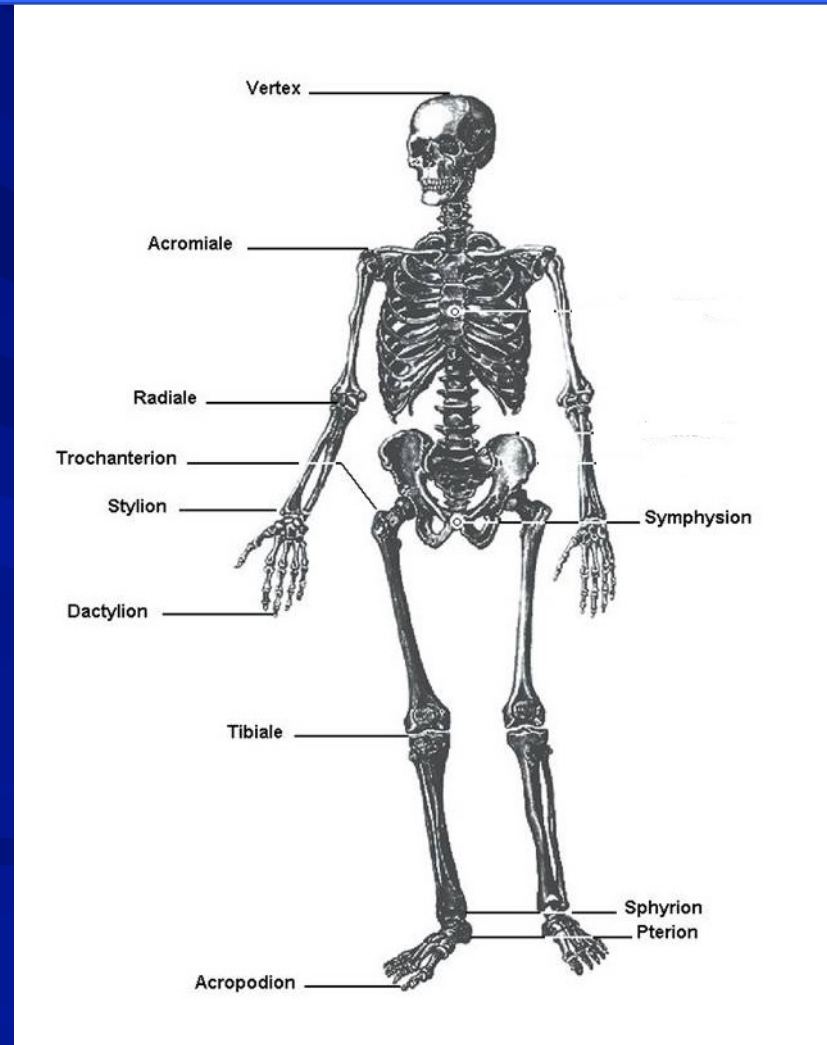
Pomer hmoty (relatívnych hmotností) jednotlivých častí tela k celému telu vyjadrený v % (Zatsiorskij 1981)

Časť tela	Podľa Harlessa	Podľa Fischera	Podľa Dempstera	Podľa Clausera
Hlava	7,6	8,8	8,1	7,9
Trup	45,6	45,2	49,7	50,7
Stehno	11,9	11,0	9,9	10,3
Predkolenie	4,4	4,5	4,6	4,3
Noha	2,0	2,1	1,4	1,5
Rameno	3,3	2,8	2,8	2,6
Predlaktie	1,7	2,0	1,6	1,6
Ruka	0,8	0,8	0,6	0,7

Pri analýze pohybu cvičenca musíme brať do úvahy aj dĺžku tela a jeho častí

Dĺžku jednotlivých častí tela predstavujú vzdialenosti medzi príslušnými **antropometrickými bodmi**

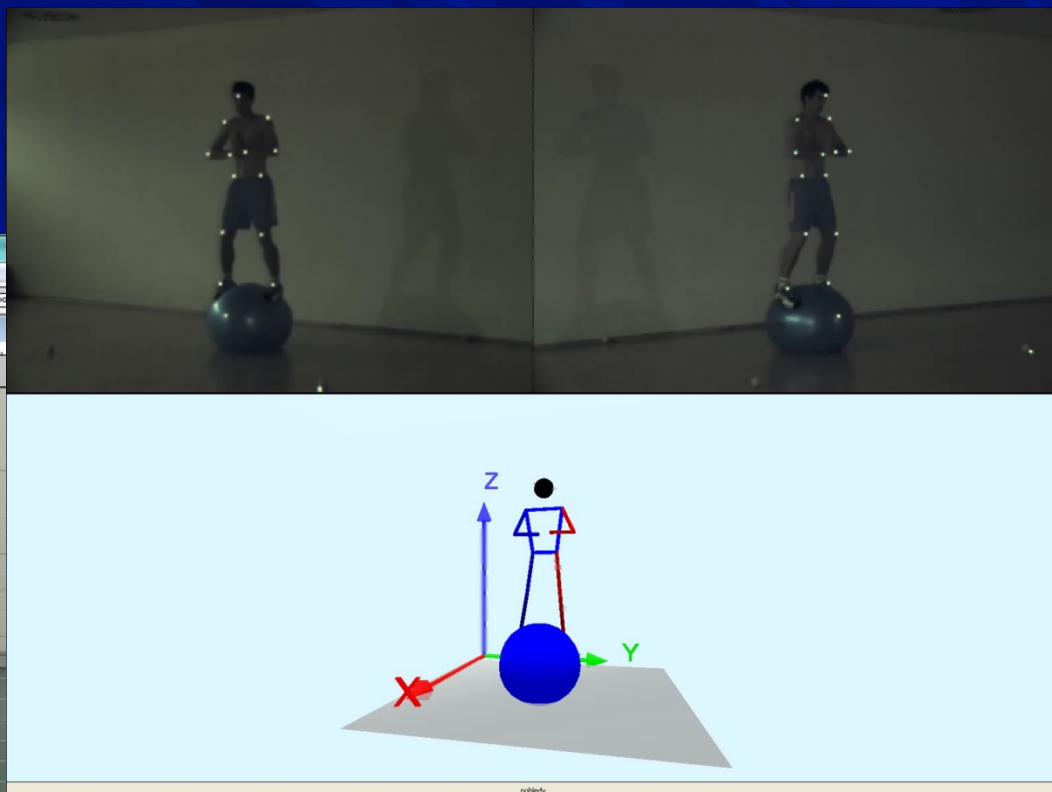
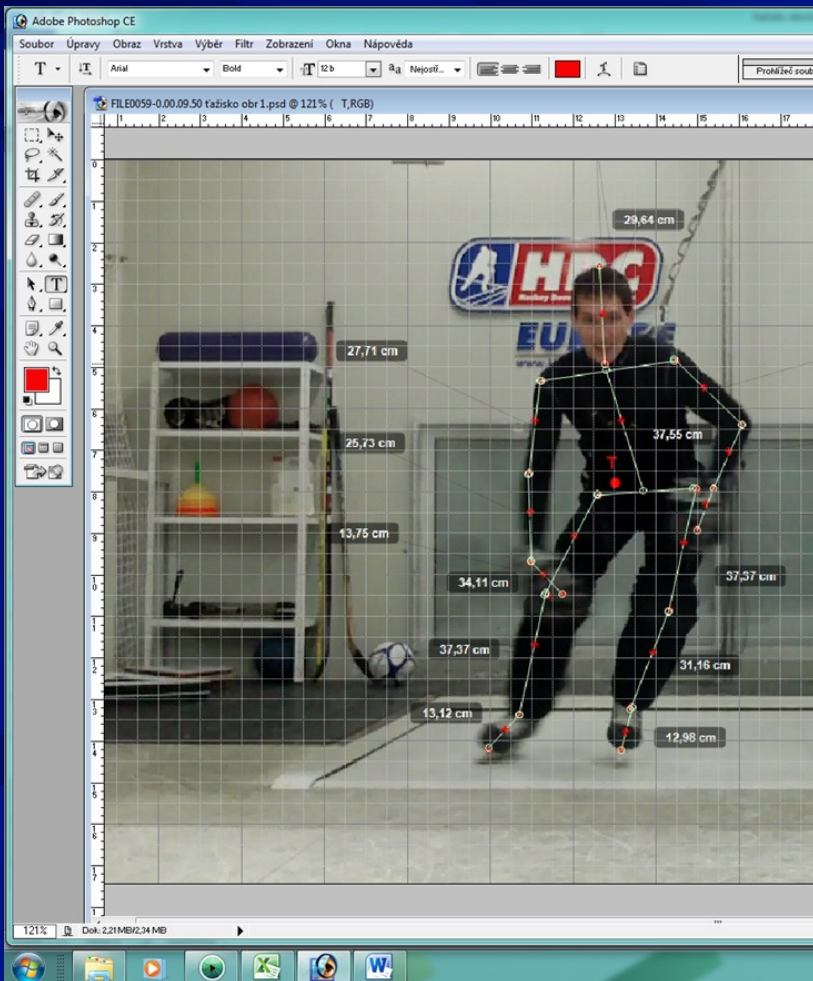
1. Vertex – najvyšší bod na temene
2. Suprasternale – vrchná časť hrudnej kosti
3. Symphision – koniec kostrče
4. Acromiale – laterálny výbežok lopatky
5. Radiale – výbežok vretennej kosti horný okraj
6. Stylium – palcová strana predlaktia spodný okraj
7. Dactylion – konček prostredníka
8. Trochanterion – laterálny výbežok stehennej kosti
9. Tibiale – horný laterálny/mediálny výbežok tibiae
10. Sphyrion – vnútorný členok
11. Acropodion – konček 1-2. prstu špičky chodidla
12. Pterion – zaťažená päta



Príklady označenia antropometrických bodov – segmentov tela

3D analýza pohybu

2D analýza pohybu



Dĺžku jednotlivých častí vyjadrujeme alebo v absolútnych hodnotách v **cm**, alebo percentuálne (%) k výške tela.

Relatívne a absolútne hodnoty dĺžok jednotlivých častí tela človeka
(Seliger – Novák, 1960)

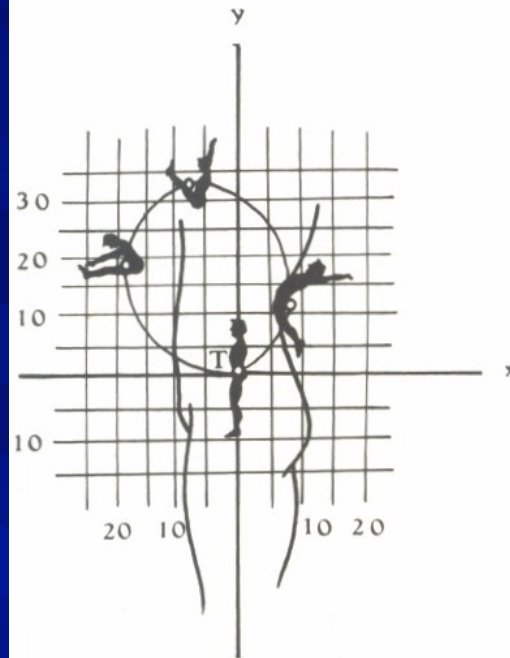
	Absolútne hodnoty cm	Relatívne hodnoty %
Výška tela	174	100
Hlava s krkom	30	17,2
Trup	58	33,3
Trup s hlavou	88	50,5
Dolná končatina	90	51,7
Stehno	42	24,1
Predkolenie s nohou	48	27,6
Výška nohy	6	3,5
Dĺžka nohy	28	16,1
Horná končatina	74	42,5
Rameno	30	17,2
Predlaktie	25	14,3
Ruka	19	10,9
Predlaktie s rukou	44	25,2

Ťažisko tela ako centrum hmoty

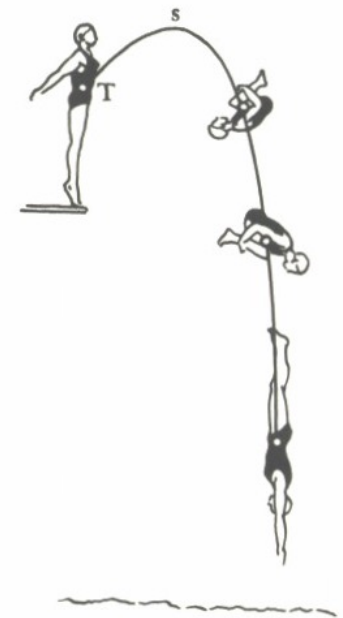
V biomechanike sa pri skúmaní pohybu nahrádza hmota za bod ktorý nazývame *ťažisko*.

Je to zmenšenie rozmernosti hmoty, pričom si hmota svoju hmotnosť ponecháva.

Ťažisko tela cvičenca predstavuje hmotný bod, v ktorom akoby bola sústredená celá hmota jeho tela. Nazývame ho aj *centrum hmoty*.



Obr. 12 Rozsah pohybu ťažiska tela

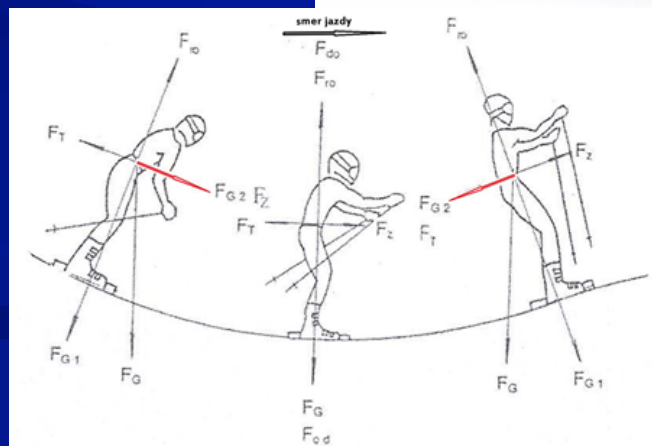
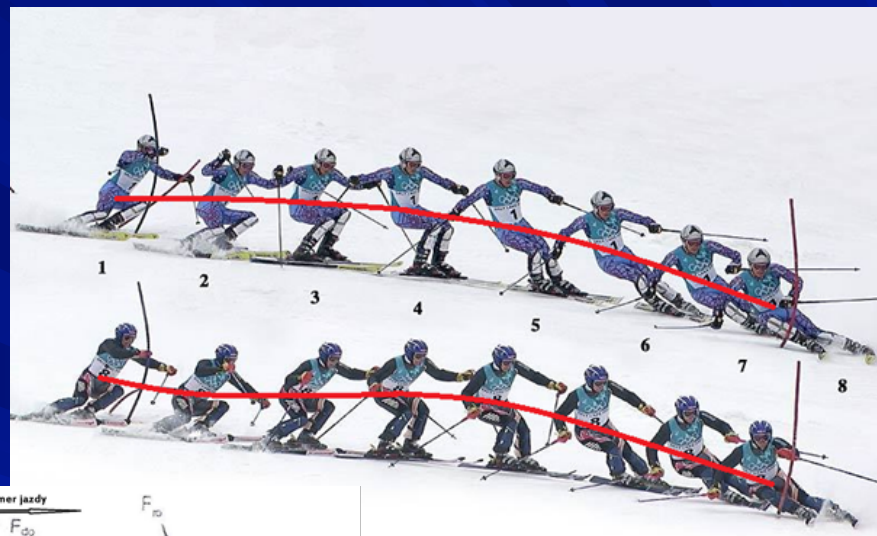
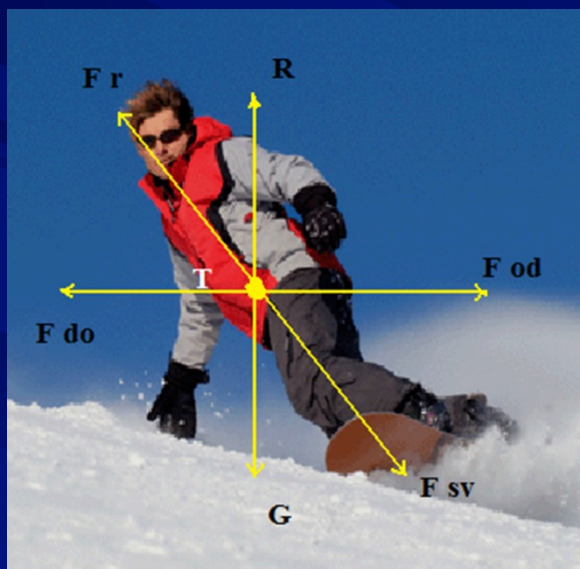


Obr. 13 Dráha pohybu ťažiska tela vo fáze letu



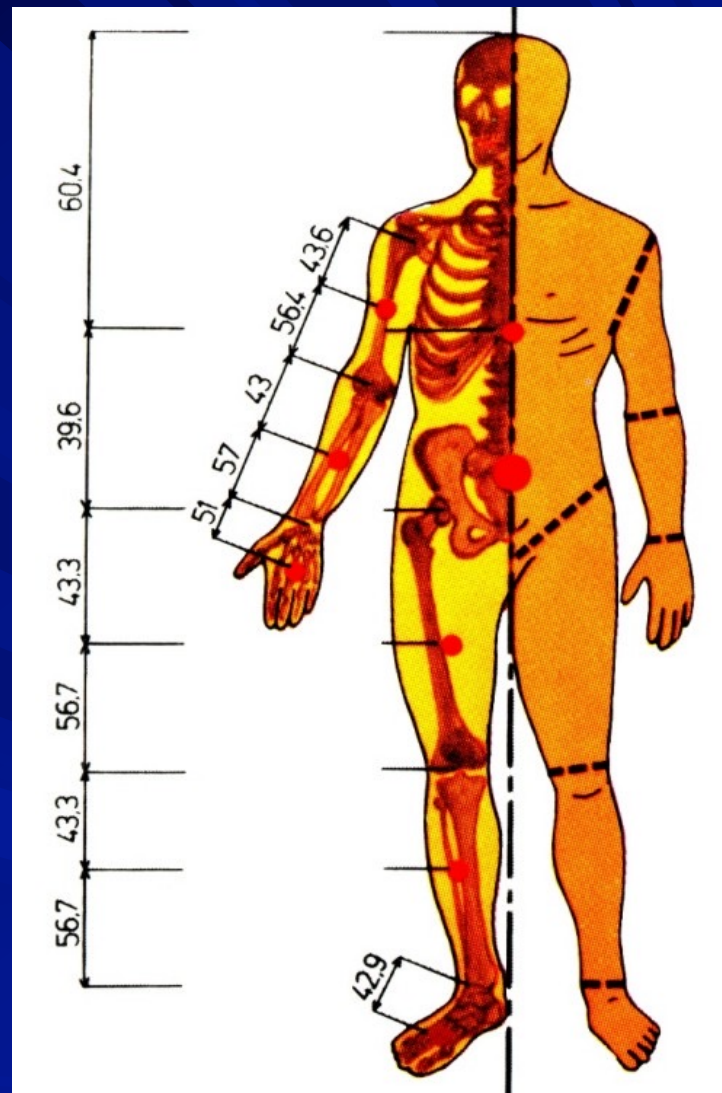
Od tohto bodu je **hmota tela rozložená rovnomerne na všetky strany**, takže momenty všetkých ťahových síl hmoty sú vo vzťahu k tomuto bodu rovnako veľké.

Preto ho nazývame aj **centrom zotrvačnosti**. Zvislú priamku prechádzajúcou ťažiskom nazývame ťažnicou



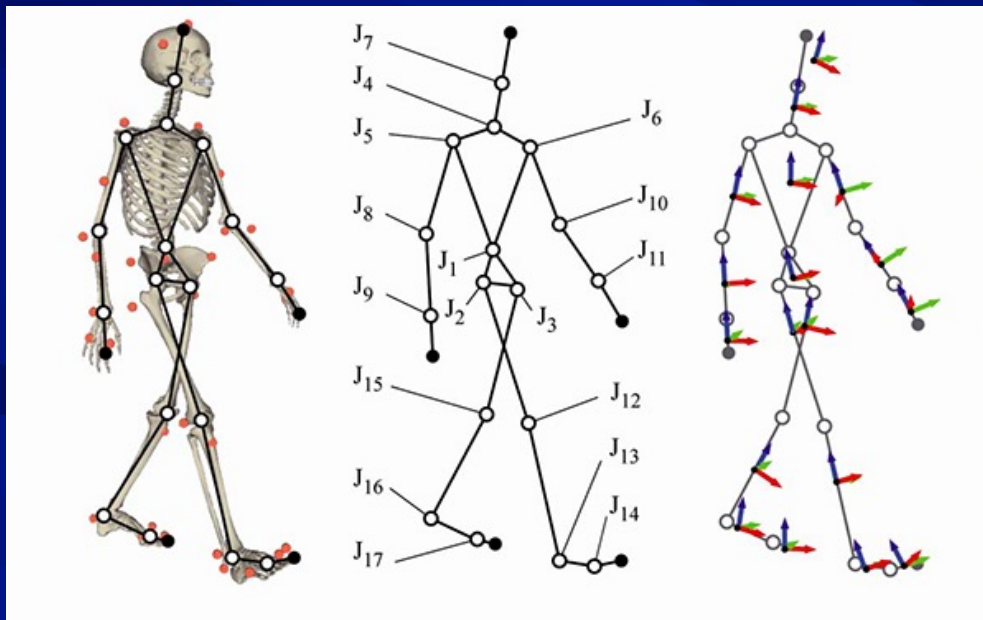
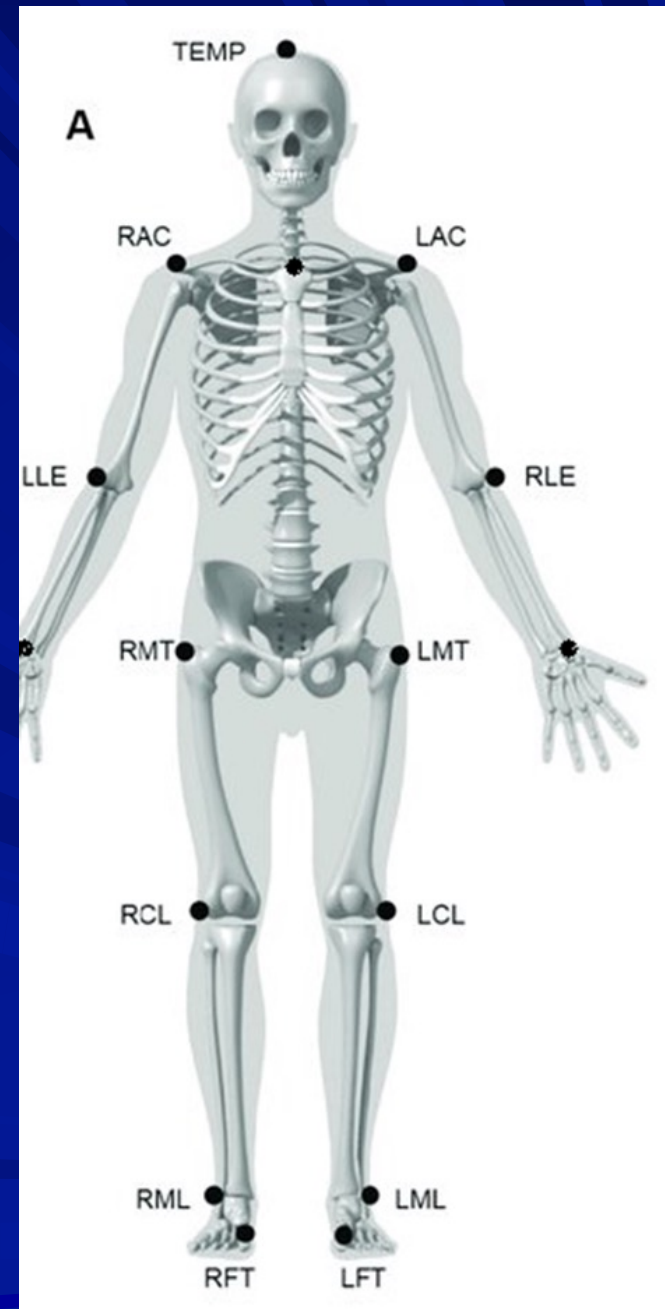
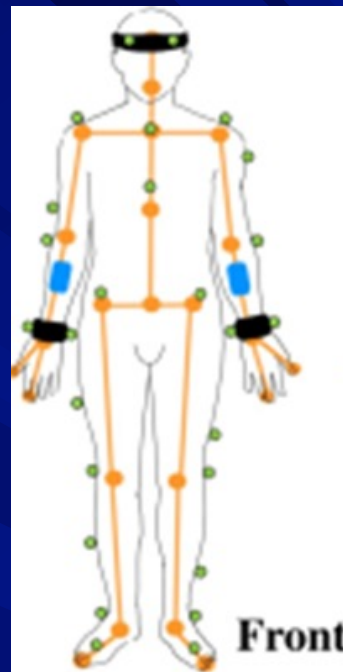
Poloha ťažiska závisí od

- Hmotnosti tela,
- tvaru,
- pomeru hmotnosti tela k jeho jednotlivým častiam

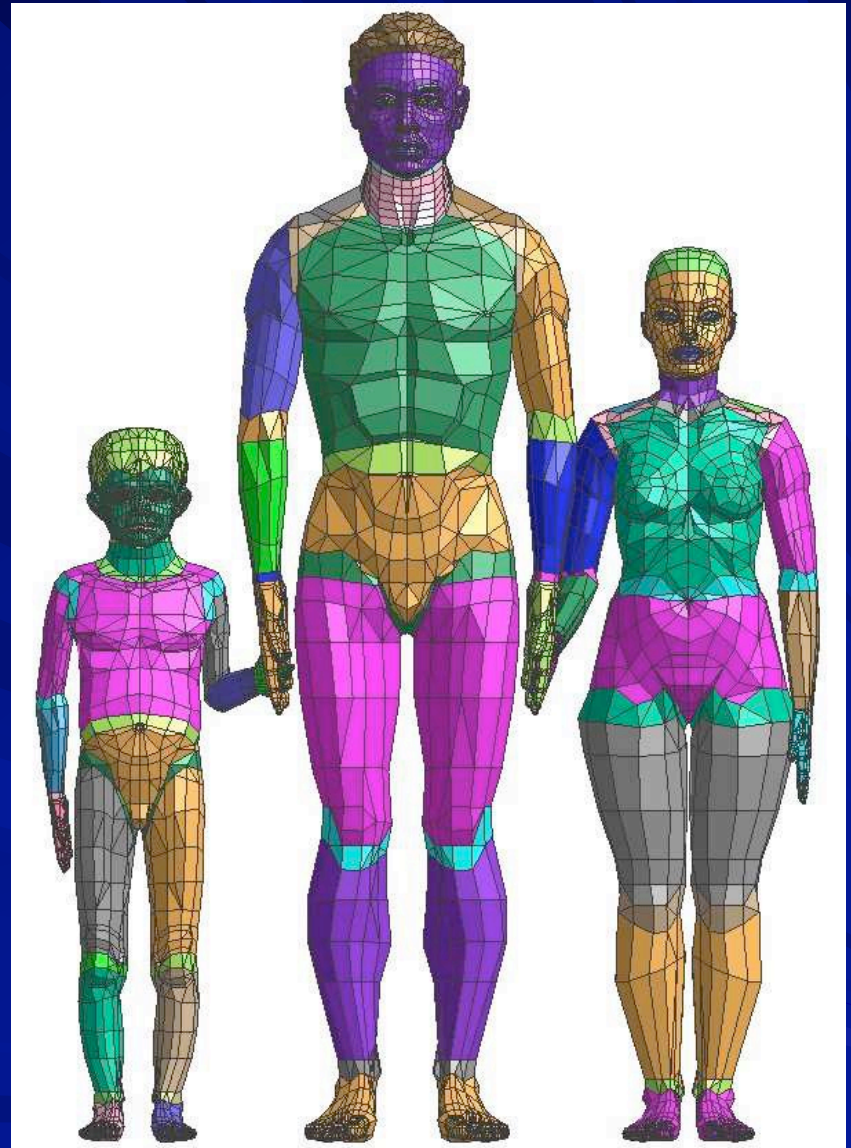


Príklad: Ľudia so svalovo prevyšujúcou hornou časťou tela majú ťažisko vyššie a cvičenci so svalovo prevyšujúcou dolnou časťou tela majú ťažisko nižšie.

14 segmentový model ľudského tela

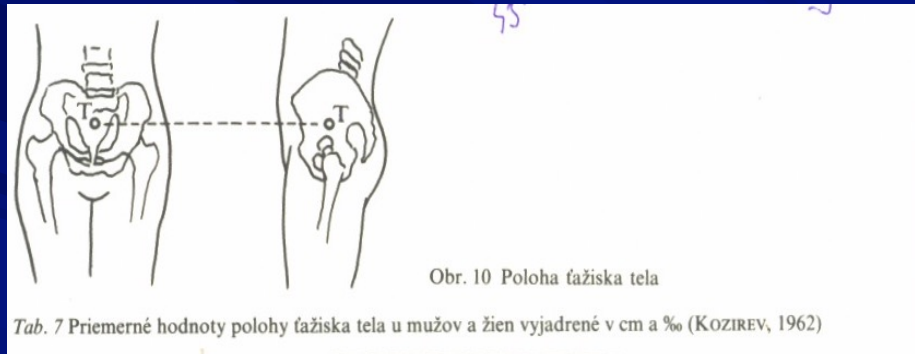


Tvarová typológia tela
(vychádzajúca z genetiky)
špecifikuje polohu ťažiska
v tele. Napríklad u žien je
ťažisko nižšie ako
u mužov o 0,5 – 2 %.



Zdroj: Hynčík, L.

Poloha ťažiska tela sa vo vzpriamenom postoji nachádza asi 5 cm nad kĺbovým spojením stehenných kostí v rovine súmernosti tela v panve za lonovou sponou. **Predstavuje to asi 52% z celkovej výšky človeka nad plochou opory** (výška ťažiska sa určuje vzdialenosťou od zeme v cm alebo v % vzhľadom na výšku postavy).



- **Rozdiely vo výške ťažiska sa zistili** napr. u športovcov rôznych špecializácií, výkonnosti, stupňom trénovanosti, podmienené genetikou. (cca 1 – 4 cm)
- **Ťažisko nie je stály bod**, jeho poloha sa neustále mení podľa zmeny polohy jednotlivých častí tela (aj vnútorných). Zmeny polohy ťažiska tela určujú jeho **pohybový rozsah**.
- Zmena polohy ťažiska nastáva len ak je človek v styku so zemou. Ak je človek pri behu vo fáze letu, polohová zmena ťažiska nenastáva a ťažisko opisuje len dráhu letu ktorá je daná odrazom a potom sa už nemení.



Charakteristika techniky pohybov, štýlu a prístup k ich hodnoteniu

Techniku pohybov cvičenca:

predstavuje tá stránka jeho pohybového systému, v ktorej všetky odohrávajúce sa zmeny a procesy **vedú k účelnému vykonaniu pohybov a odrážajú sa vo vykonaní pohybov v správnom smere, v požadovanej rýchlosti, správnej časovej následnosti, vysokej koordinácii, ako aj ekonomickosti a efektívnosti pohybov.**



Pohybový štýl

Pri vykonávaní rovnakej pohybovej činnosti u viacerých cvičencov sa technika líši.



Štýl je **svojské prispôsobenie techniky** pohybov vzhľadom na svoje somatické, funkčné a psychické osobitosti.



2. prednáška

Kinematika pohybu cvičenca

Pri pohyboch je možné sledovať, že poloha jednotlivých častí tela sa mení vzhľadom k prostrediu. Mení sa dráha pohybu, veľkosť jeho smer, nadobúda rôzny tvar. Menia sa aj uhly, ktoré zvierajú jednotlivé časti k sebe, k okolitému prostrediu.

Kinematické charakteristiky nazývame:

- **Priestorové charakteristiky** – veľkosť dráhy pohybu, tvar a smer uhlové zmeny v kĺboch, uhol odrazu, odhodu, pracovné uhly
- **Časové charakteristiky** trvanie pohybu, tempo, rytmus
- **Priestorovo – časové charakteristiky** – všetky druhy rýchlosti a zrýchlení
- **Dynamické charakteristiky** – pôsobiace sily a ich momenty, mechanická práca

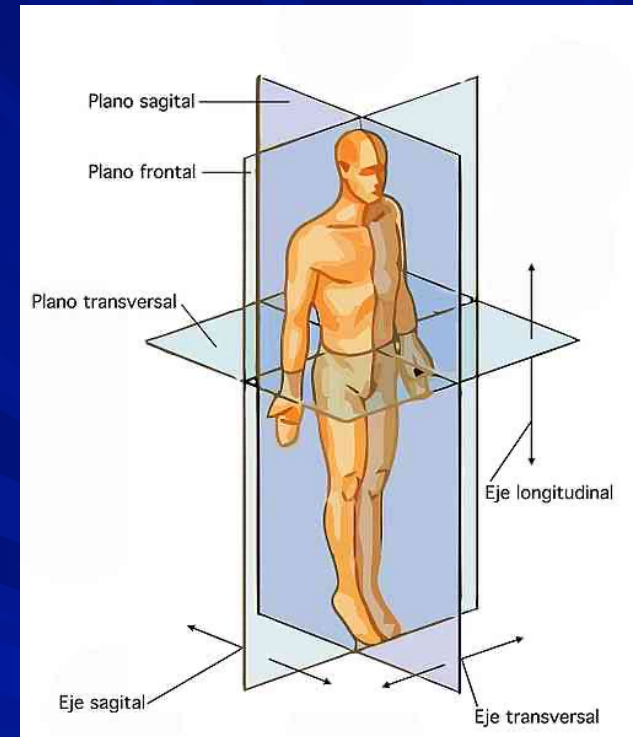


Určovanie polohy cvičenca a jeho pohybov v priestore

Pri biomechanickej analýze pohybov cvičenca potrebujeme často zistiť jeho polohu v priestore alebo zmenu jeho pohybového stavu. Na tento účel používame *súradnicovú sústavu*, najčastejšie pravouhlých súradníc

V každej súradnicovej sústave rozoznávame tri základné roviny:

- **Frontálna** (čelná x,y)
 - **Sagitálna** (predozadná z,y)
 - **Transverzálna** (priečna x,z)
-
- Vo frontálnej rozdeľujeme roviny na dve polovice prednú a zadnú, ide o skúmanie pohybov: pohyby do strán, úklon vpravo a vľavo, upaženie, pripaženie, unoženie, prinoženie a úkroky do strán
 - V sagitálnej rovine rozdeľujeme strany na pravú a ľavú, ide o skúmanie pohybov: predklony, záklony, predpaženie, zapaženie
 - V transverzálnej rovine rozdeľujeme na hornú a dolnú časť, ide o skúmanie pohybov: rotačné - napríklad otáčanie do strán a krúženie trupom.



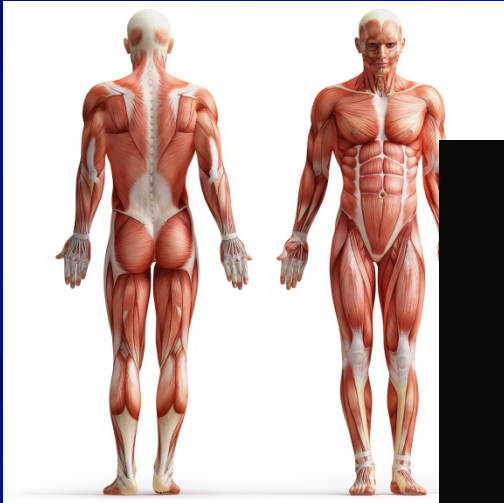
Mechanika oporného a hybného systému cvičenca

Mechanika oporného a pohybového systému

Všetky pohyby (pohyby rúk, nôh, hlavy, trupu a pod...) zabezpečujú orgány, ktoré plnia rôzne funkcie: oporná, hybná, riadiaca a koordinačná..

Sú ovládané cerebrospinálnym nervovým systémom prostredníctvom miechových a hlavových nervov.

Prostredníctvom svalov zabezpečujú reakciu organizmu na vonkajšie podnety.



Okrem toho má telo ešte ďalšie orgány zabezpečujúce životne dôležité funkcie (dýchanie, trávenie, vylučovanie, zažívanie a pod.....)

Sú riadené periférnymi nervami, ktoré nie sú ovládané vôľou ide o tzv. autonómny nervový systém.



Oporný systém cvičenca – zabezpečuje oporu jednotlivým častiam tela cvičenca. Sú *pasívnym pohybovým aparátom* lebo sami nevyvolávajú pohyb. Patria tu kosti, chrupavky a väzivá.



Pohybový systém cvičenca – nervosvalový systém zabezpečujúci pohyb cvičenca.

Ide o aktívny pohybový systém(vyvoláva pohyb).

Oporný a pohybový systém tvorí väčší systém, ktorý nazývame *systém pohybového aparátu tela*.



Mechanika oporného systému

- Kostí tvoria kostru tela, ktorá vytvára oporu mäkkým častiam tela.
- Kostí udržujú polohu tela v rôznych polohách a prostredníctvom kĺbových spojení umožňujú vykonávať pohyb tela.
- Okrem toho plnia ochrannú funkciu pred poškodením napr.: mozog, pľúca, srdce, cievy a pod. Schopnosť kostí vykonávať túto funkciu je daná *tvarom, stavbou a charakterom spojenia*.



Tvar kostí – závisí od funkcie.

Krátke kosti : okrem pevnosti plnia funkciu pohyblivosti (ruka, noha , stavce).



Dlhé kosti sú v častiach, ktoré si vyžadujú väčší rozsah pohybu (napr: paže, nohy).



Ploché kosti plnia hlavne funkciu ochrannú (kosti lebky, hrudník, panva, lopatka).



Stavba kostí - je pre mechaniku dôležitejšia ako ich tvar.

Zloženie kosti:

Okostica - vonkajšia časť, zabezpečuje pevnosť kosti

Hubovitá hmota - zvyšuje ich schopnosť pružnosti. Kompaktná hmota je jednoliata a značne pevná. Hubovitá hmota je tvorená z platničiek a trámikov, ktoré sa sieťovito splietajú a sú schopné odolávať pôsobiacim silám na tlak, ťah, ohyb a krut. Mechanickú úpravu trámikov nazývame **kostnou architektonikou**.



Architektonika kosti sa môže pod vplyvom skrátenia kosti alebo v dôsledku dlhodobého zaťaženia v priebehu života meniť. Architektonika **nie je** teda nemenná a určuje pevnosť a pružnosť kosti pri doskokoch, pádoch, chôdzi, behu a pod.



Model ľudského tela - kostra

Ľudské telo je chápané ako vzájomne spojenú **sústavu segmentov**.

Telo má viac ako 200 kostí v tele.

Oporný systém je tvorený kĺbovým spojením, ktoré sa líši svojim tvarom a uložením v púzdre.



Spojenie kostí a ich pohybový rozsah.

Stupne voľnosti



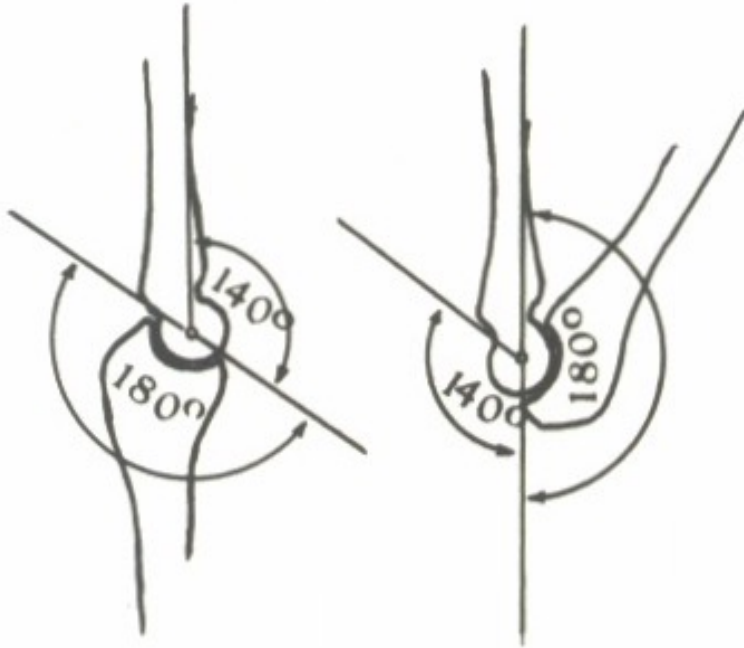
Spojenie dvoch alebo viacerých susedných kostí nazývame kĺbové spojenie.

- Dotykové plochy kostí sú upravené do hlavice a kĺbovej jamky. Kĺbová hlavica na jednej strane zapadá do jamky na konci druhej kosti. Na obvode dotykových plôch kostí je kĺbové puzdro, ktoré **svojou pevnosťou určuje pohybový rozsah v kĺbe.**

Konce kostí (hlavica a jamka) sú na seba tlačené pevnosťou kĺbového puzdra, svalstvom a atmosférickým tlakom ktorý je tvorený v nepriedušnej uzavretej časti kĺbovej dutiny.



Rozsah pohybu v kĺbe - je tvorený tvarom a veľkosťou dotykových plôch kostí a úpravou kĺbového puzdra. (obr.15)



Obr. 15 Rozsah pohybu v lakťovom kĺbe (podľa Donského, 1958)

Kosti s malými styčnými plochami majú aj malý rozsah pohybu a rovnako kosti s veľkými plochami majú veľký rozsah pohybu. Rozsah pohybu určuje aj vplyv väzív, svalov a šliach.



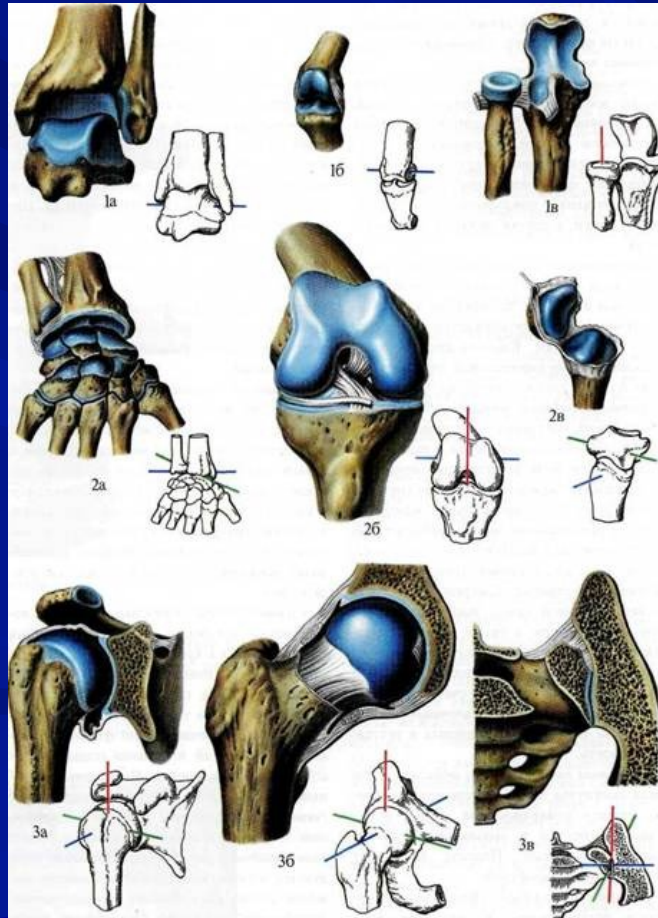
Stupne voľnosti pohybu v kĺbe

Podľa typu a tvaru dotykových plôch kĺbu, segment vykonáva pohyb v rôznych rovinách.

Valcovitý tvar

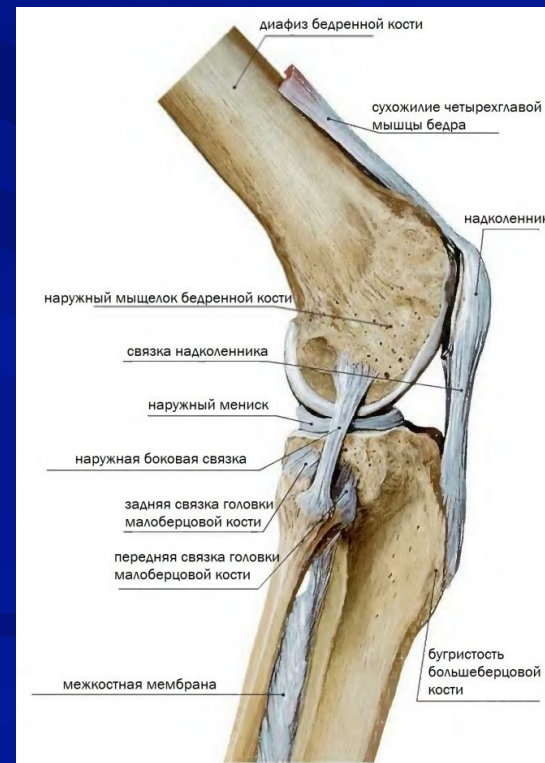
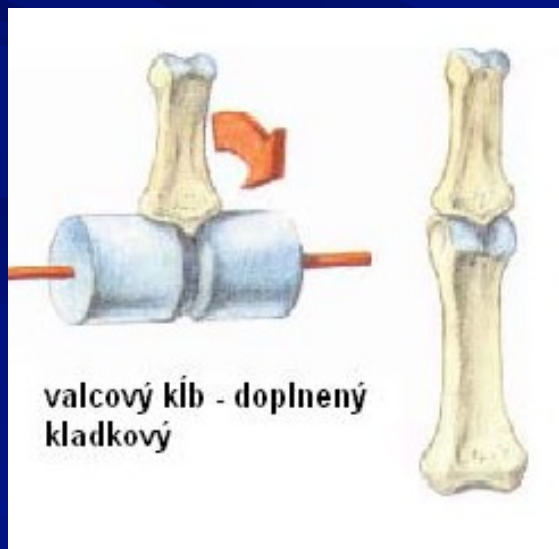
Sedlový a elipsový tvar

Gulový tvar



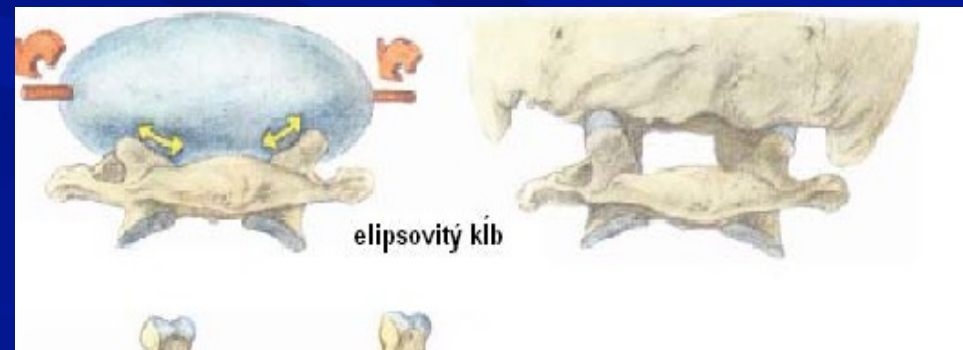
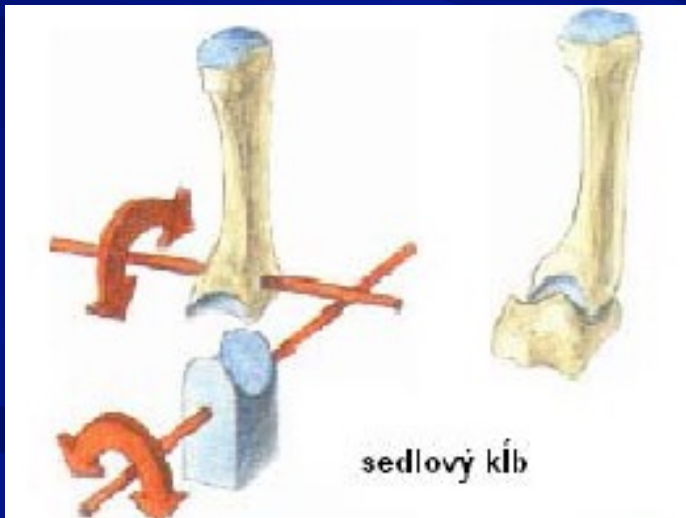
Podľa schopnosti kosti otáčania sa okolo osi, určujeme *stupne voľnosti pohybu*.

- Ak sa kosť otáča len *okolo jednej osi* hovoríme o *jednom stupni voľnosti*. Ide o flexné a extenzné pohyby. Jeden stupeň voľnosti majú väčšinou *valcovité kĺby* napr. laktová alebo kolenná kosť.

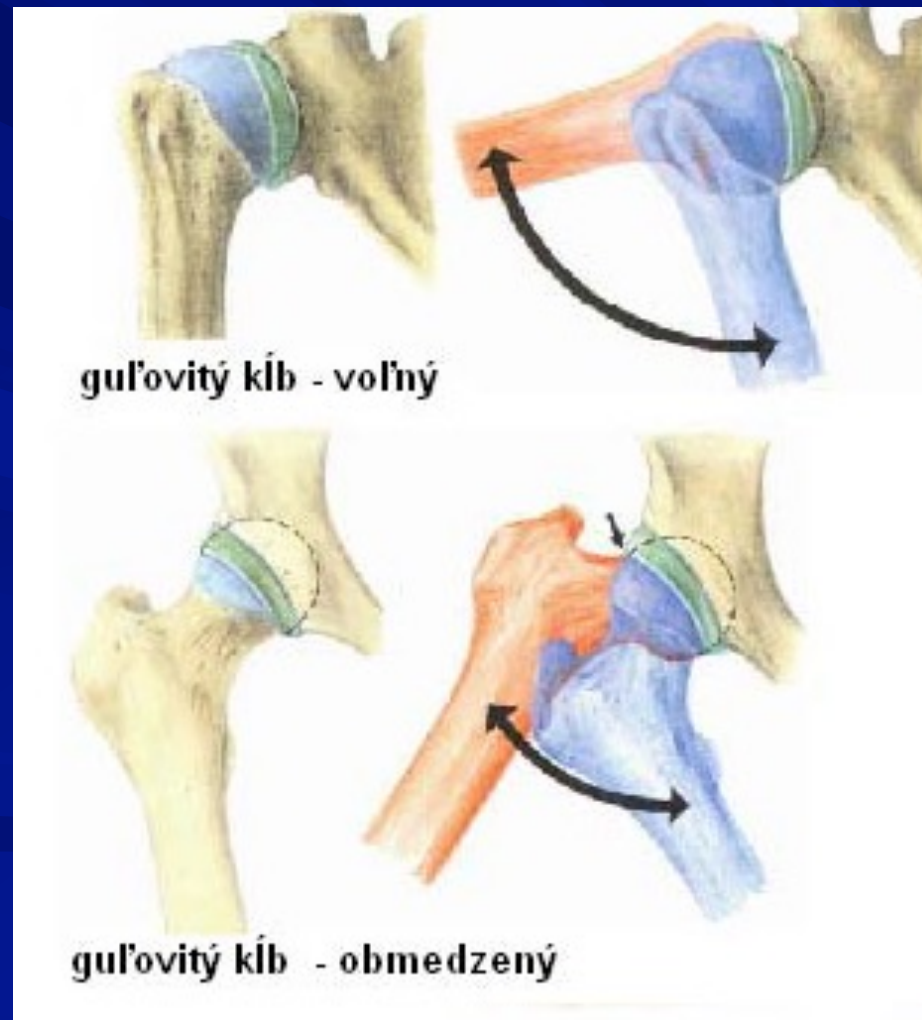


Pohyb v kĺbe okolo dvoch osí majú elipsoidné kĺby, tu hovoríme o *dvoch stupňoch voľnosti*.

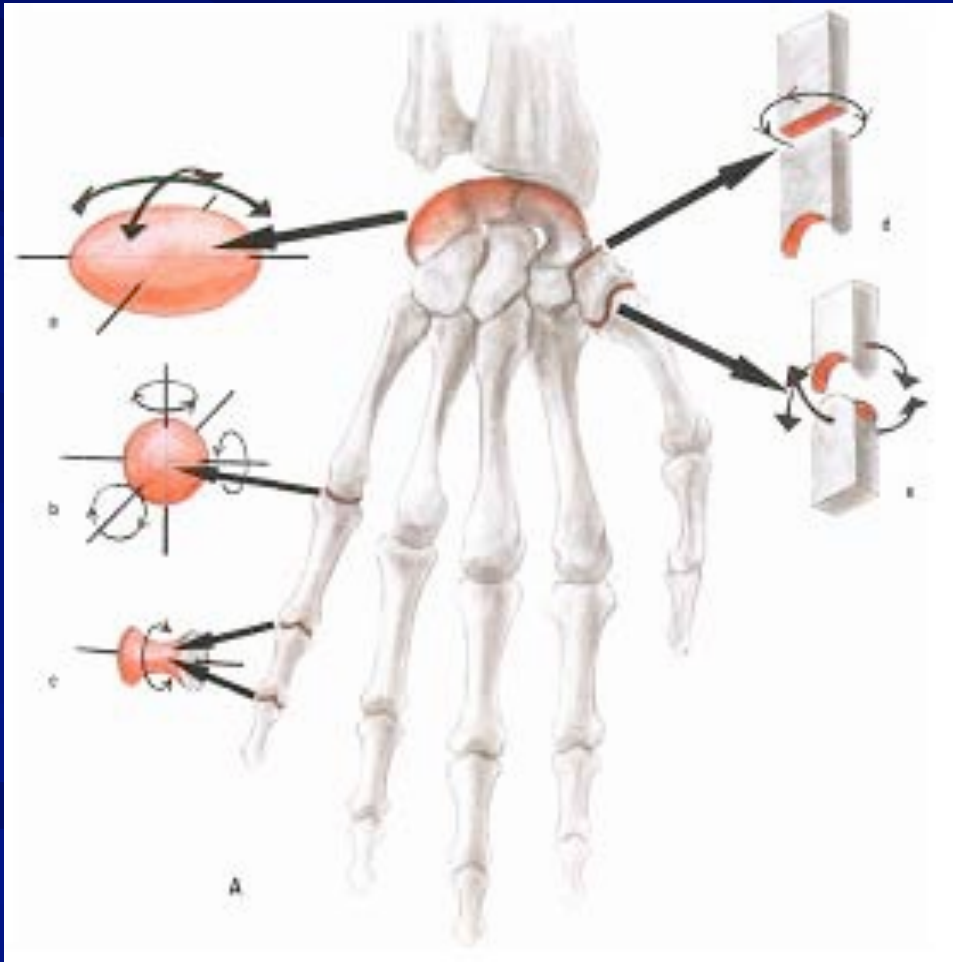
Ide o kĺby medzi lebkou a prvým krčným stavcom (**elipsoidné**) a spojenie záprstnej kosti palca ruky s kosťou zápästnou (**sedlové**). Pohyby v kĺboch je spravidla vykonávaný na seba kolmo.



Kĺb, kde styčné plochy majú guľovitý tvar má tri stupne voľnosti. Pohyb je tu možný prakticky vo všetkých smeroch (pohyb kyvadlový, otáčavý a krúživý). Ide o kĺby ramena a bedra.



Kombinácia kĺbových spojení



**Ruka má cca 29
stupňov voľnosti**

Pohyblivosť v kĺboch nie je nemenná. V priebehu života sa mení. U detí je rozsah pohybu väčší a v starobe sa znižuje. Je ju možno aj zmeniť prostredníctvom príslušných telesných cvičení. Je smerodajná aj v niektorých športoch (gymnastika, krasokorčuľovanie, lezenie, plávanie a pod.)



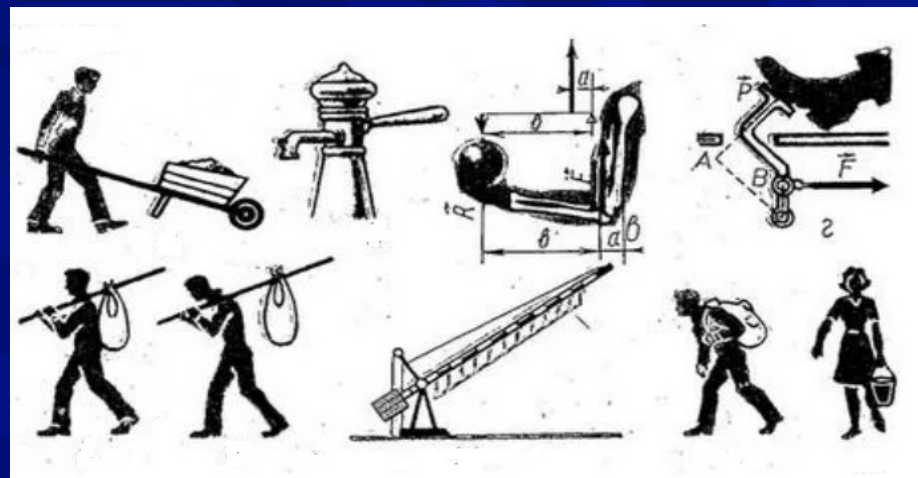
Rozsah pohybu jednotlivých častí sa určuje sumáciou stupňov voľnosti. Celé telo má asi 105 stupňov voľnosti.



Pákový mechanismus kostí

Pákový mechanizmus

Páka je jeden z najjednoduchších fyzikálnych strojov.



Pákou vykonávame otáčavé pohyby okolo bodu (V_p – vrchol pohybu alebo os), ktorý môže byť umiestnený na konci páky alebo niekde na nej.

Podľa umiestnenia vrcholu pohybu rozdeľujeme páky na:

- Jednozvrtné páky
- Dvojzvrtné páky



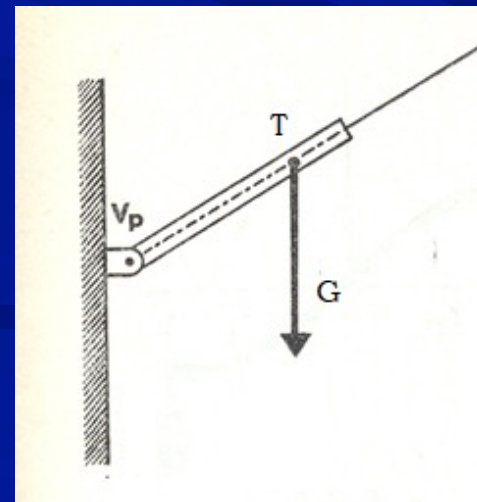
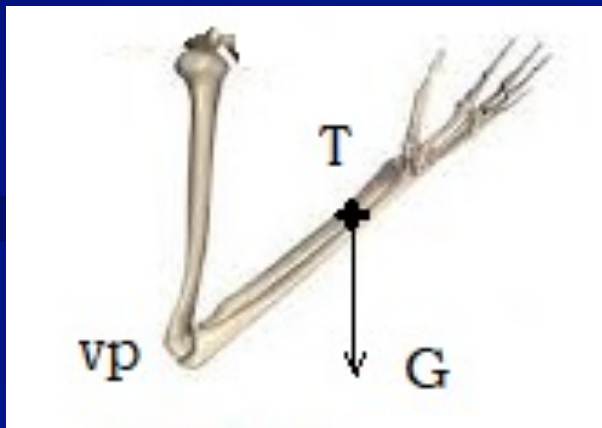
Jednozvratné páky

ak vrchol pohybu je na jednom konci páky a celá páka sa pohybuje okolo vlastnej osi

Predstavujú taký pákový mechanizmus, kde pôsobiace sily, sila tiaže a svalová sila sú na tej istej strane od osi otáčania v kĺbe, ale pôsobia opačným smerom. Rovnováha kostí nastáva vtedy, keď moment svalovej sily sa bude rovnať momentu sily tiaže (obr. 18).

Platí vzťah

$$MF = MG$$

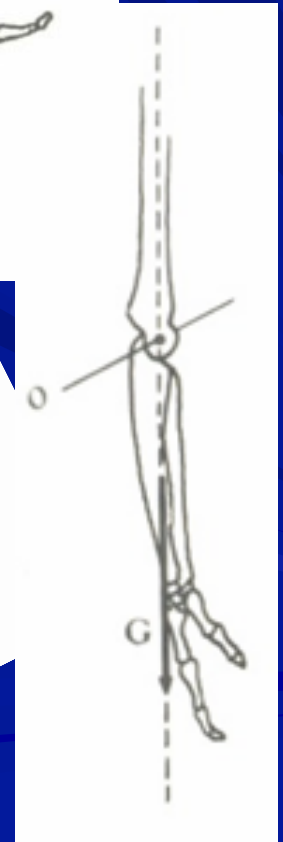
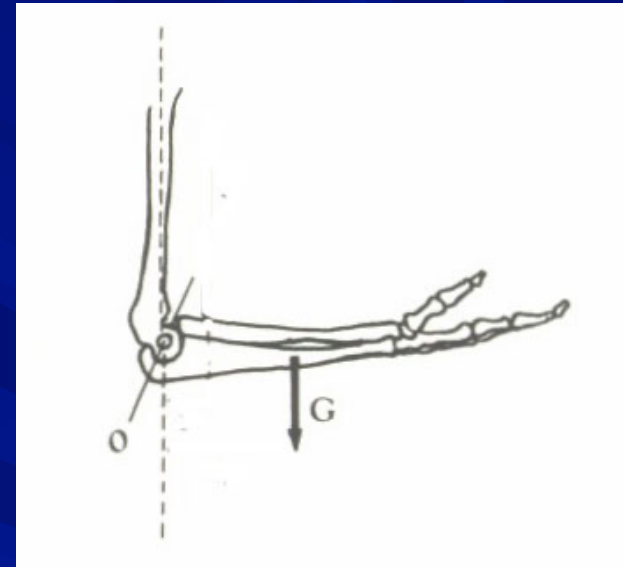


Pákový mechanizmus kostí

Kosti prostredníctvom pákového mechanizmu zabezpečujú pohyby cvičenca.

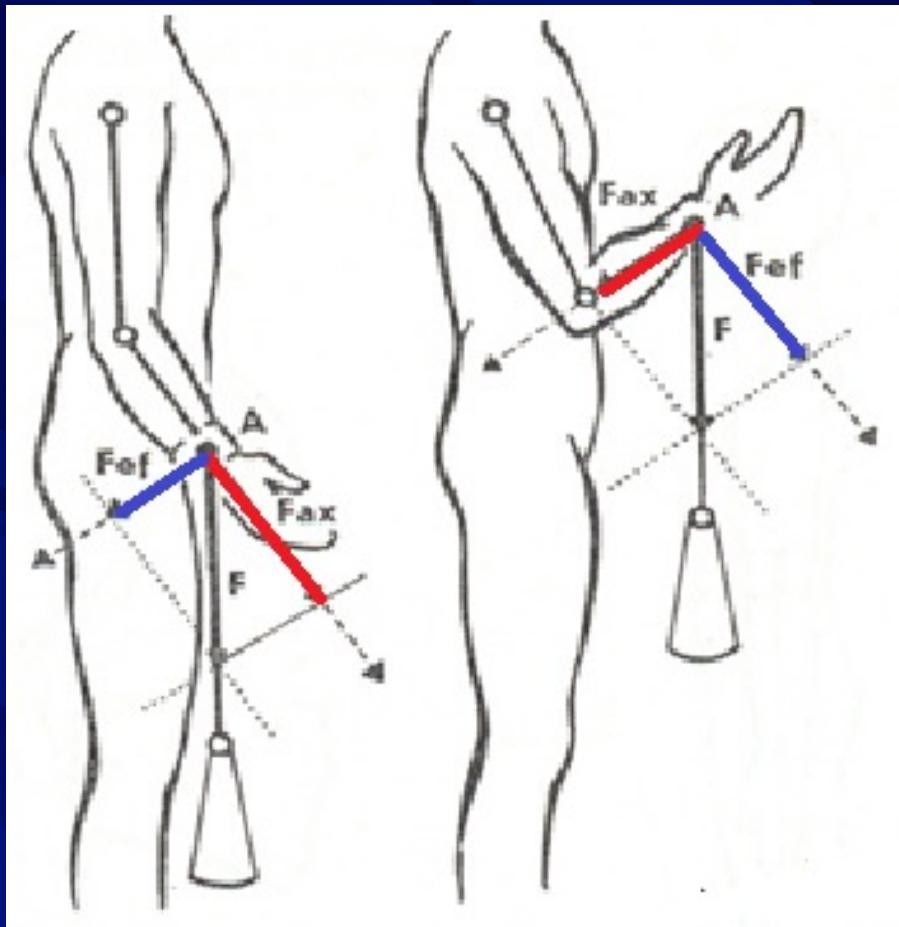
Kosti tvoria funkciu páky a kĺby zasa os otáčania a sily, ktoré na páku pôsobia a uvádzajú pákový mechanizmus do pohybu.

Základnou silou ktorá pôsobí na páku je vlastná tiaž, ktorej vektor je v ťažisku kosti.



Výskyt jednozvratných pákových mechanismov



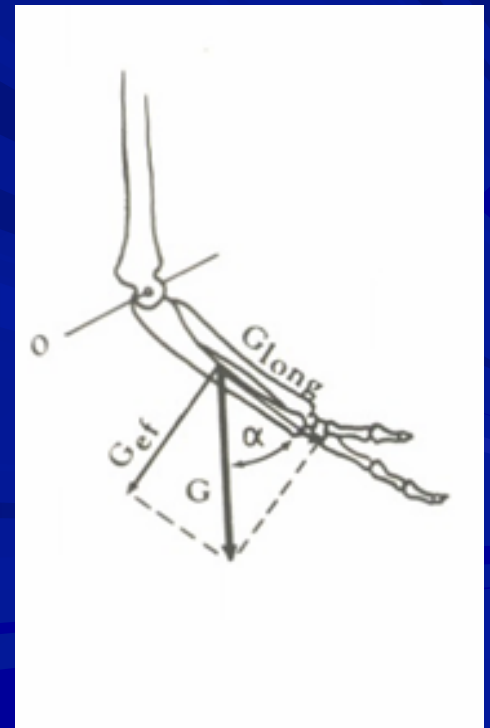


Ak je kosť v šikmej polohe vzniká tam niekoľko síl.

Jedna zložka **G-long** má smer v pozdĺžnom (**longitudinálnom**, **axiálnom**) smere kosti a ťahá kosť od osi otáčania alebo tlačí kosť k osi otáčania.

Druhá **G - ef** (efektívna sila) **rotuje kosť okolo osi**. Rozloženie týchto zložiek a výslednou silou je vektor **G**.

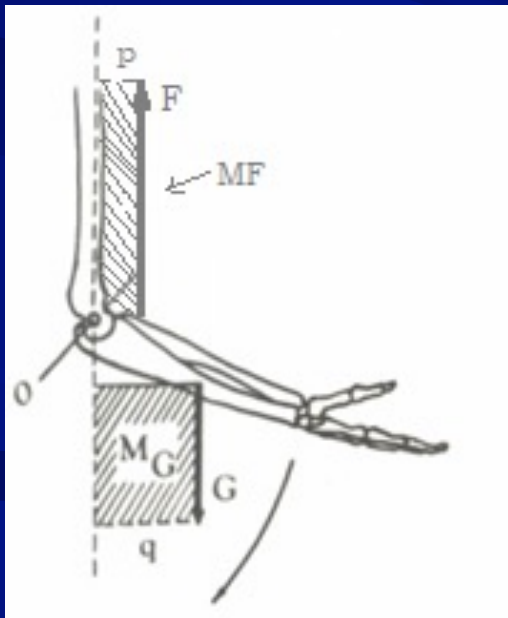
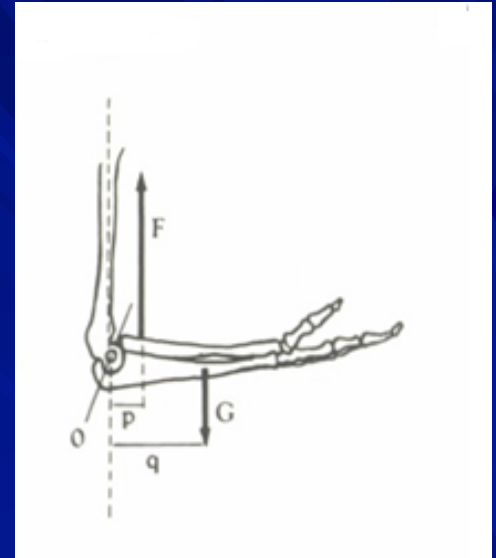
Ak silu kosti dáme do vzťahu k osi otáčania v kĺbe, potom vektor sily nesmeruje do osi **otáčania** ale mimo nej a vzniká **moment sily** tiaže **MG** s rotačným účinkom.



Princíp vzniku momentu silu

Pre vznik pohybového momentu platí vzťah

$$MF = MG \quad \text{resp.} \quad F \times p = G \times q$$



Ak sa **zväčší moment svalovej sily** (oproti momentu tiaže) tak pohyb kosti **smeruje nahor**.

Ak je **moment sily menší ako moment tiaže** pohyb kosti **smeruje nadol**.

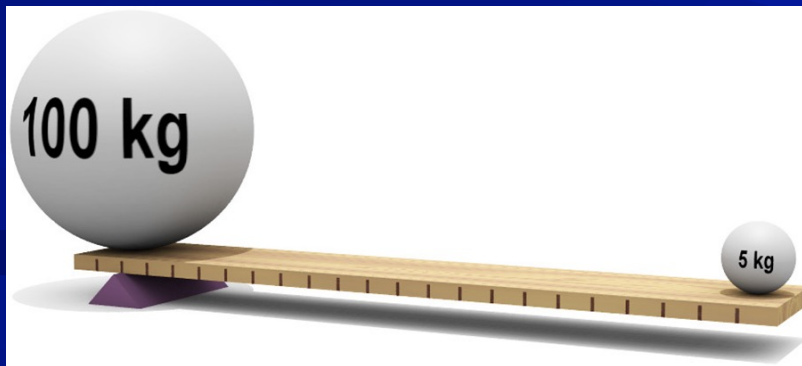
$$MF < MG \quad \text{resp.} \quad F \times p < G \times q$$

Dvojzvratné páky

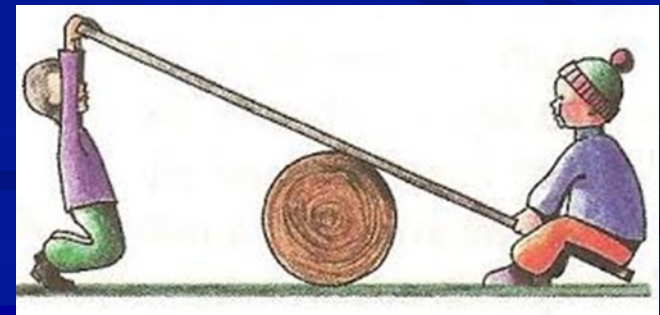
ak je vrchol pohybu na páke a konce páky sa budú pohybovať v protismere.

Dvojzvratné páky sú také, pri ktorých sily pôsobiace na páku sú na oboch stranách od osi otáčania v kĺbe. Sú tam kde sa udržia rôzne rovnovážne polohy.

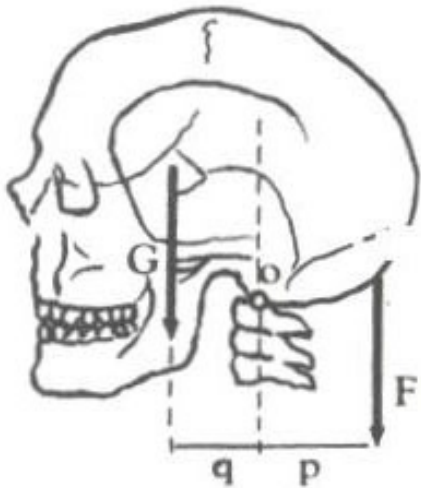
nerovnoramenné



rovnoramenné



Rovnovážne dvojzvratné páky



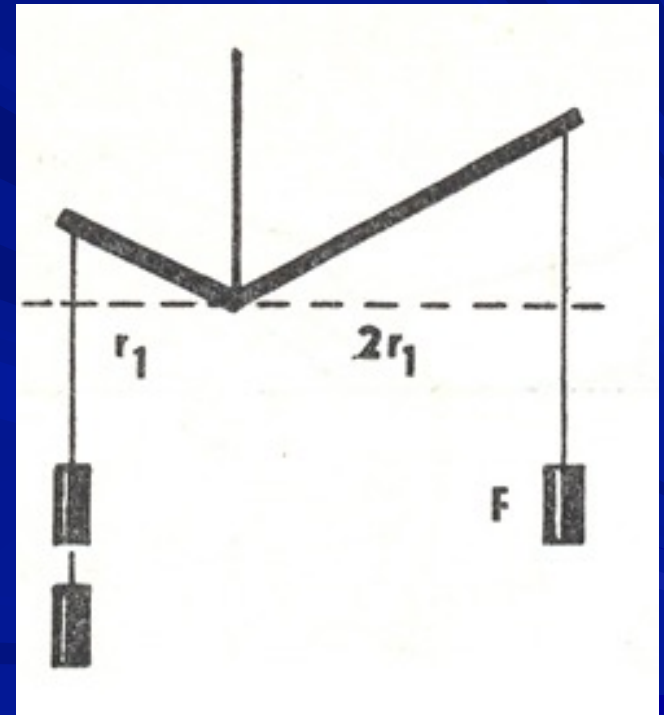
Obr. 19 Páka dvojzvratná

Pri rovnováhe platí vzťah $F \cdot p \leq G \cdot q$

Príkladom je podopretie v atlantookcipitálnom kĺbe.

Na páke bude mať tá istá sila tým väčší účinok, čím bude pôsobiť na dlhšom ramene.

Rovnováha na páke nastane v prípade, keď sa súčin sily a jej ramena bude rovnať súčinu protisily a jej ramena.



$$2F \cdot r_1 = 2r_1 \cdot F$$

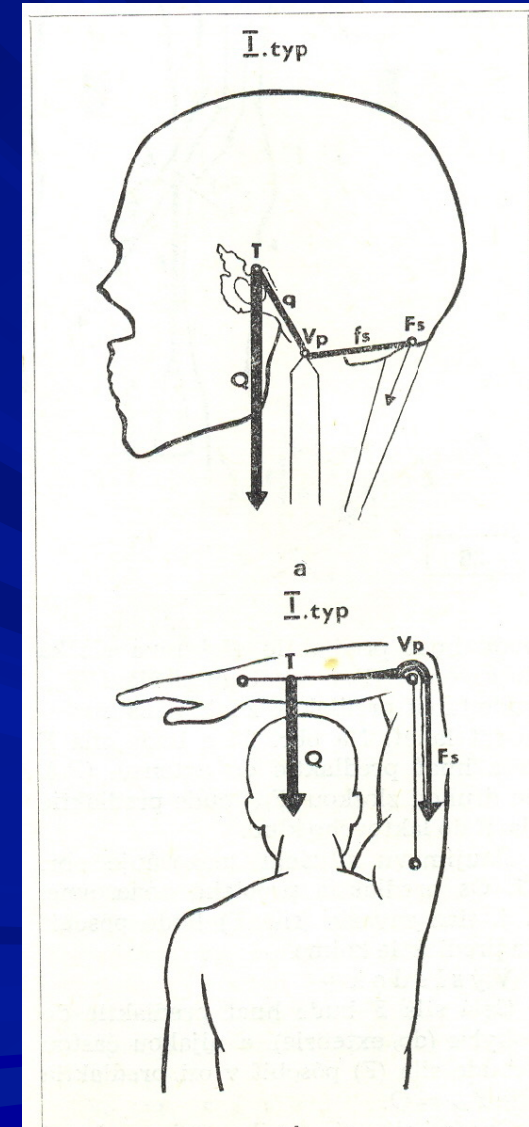
Typy pákového usporiadania

Pákové usporiadanie typu 1.

Ide o usporiadanie dvojzvratnej páky.

V prvom prípade(lebka) je dĺžka pák približne rovnaká. Preto vyvinutie sily na dosiahnutie rovnovážneho stavu si vyžiada len mierne zvýšenie napätia.

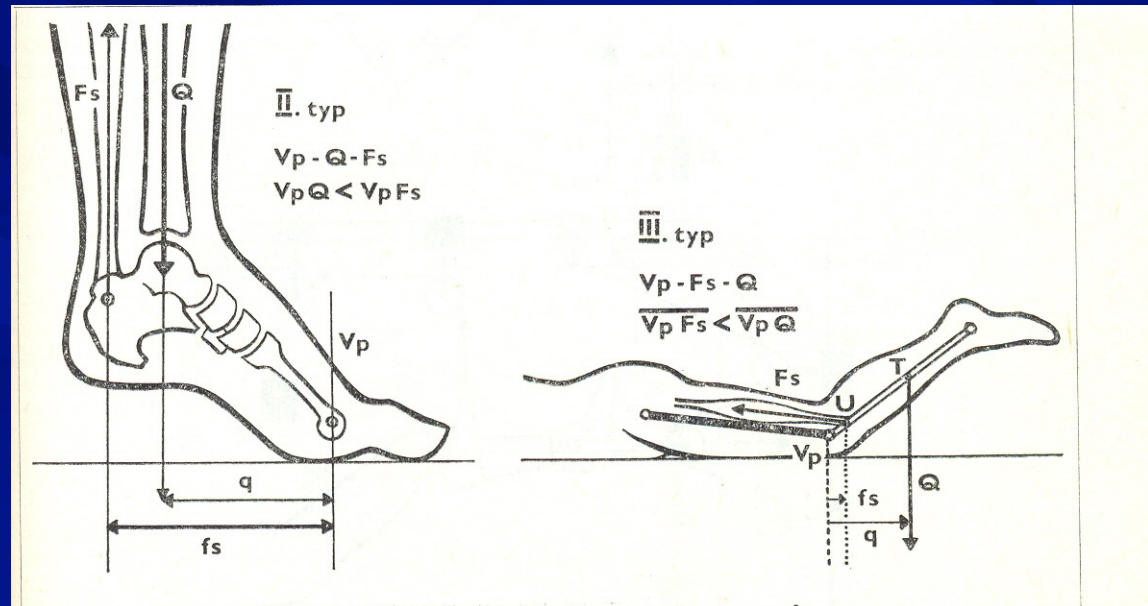
V druhom prípade pôsobí tiaž predlaktia na pomerne dlhom ramene páky. Pre zachovanie rovnovážneho stavu bude musieť sila m. tricepsu brachii vyvinúť na malom ramene páky podstatne väčšiu silu.



Pákové usporiadanie 2 a 3 typu.

Ide o usporiadanie jednozvratnej páky na ktorú pôsobí svalová aj tiažová sila.

Páka 2 typu: Rameno tiaže je kratšie ako rameno sily. Preto na vykonanie pohybu je potrebné vynaložiť menšiu silu pri väčšej kontrakcii (skrátení).



Páka 3 typu: V tomto prípade je rameno sily kratšie ako rameno tiaže. Pri malom skrátaní svalu dochádza k veľkému rozsahu pohybu. Veľkosť sily je v porovnaní s prvým prípadom väčšia.

Pôsobenie gravitačnej sily na človeka

Gravitačná sila je najvšeobecnejším pôsobením na človeka.

Pod gravitačným vplyvom človek vzniká, rastie, dostáva tvarové charakteristiky.

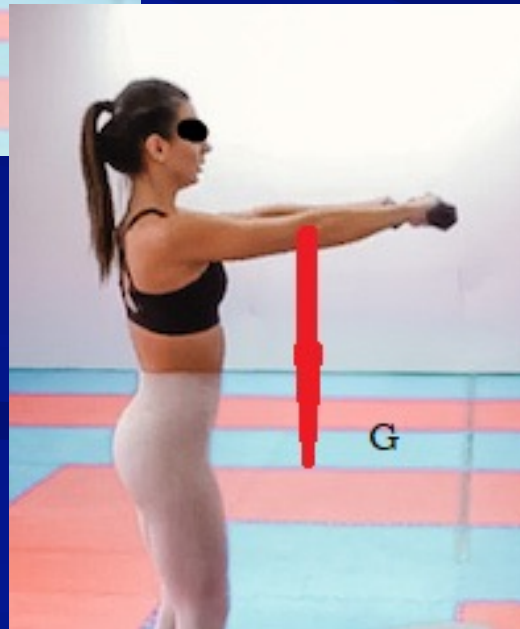
Pohyby v smere gravitačného pôsobenia – gravitačné pohyby – pripaženie, predklon, zoskok,

Pohyby proti smeru pôsobenia tiaže - pohyby antigravitačné

Proti gravitačnému pôsobeniu človek dvíha hlavu, vstáva, beží, chodí.



Biomechanika pohybov vo vertikálnej rovine



Keď je končatina vo vertikále, bude ju celá jej tiaž tlačiť do kĺbu (**vzpažená končatina**)..

Z hľadiska potreby svalovej sily je **vertikálna poloha končatiny najmenej náročná**,

Ak je končatina v horizontále (**predpažená, upažená**), horizontálna poloha končatiny najviac náročná.



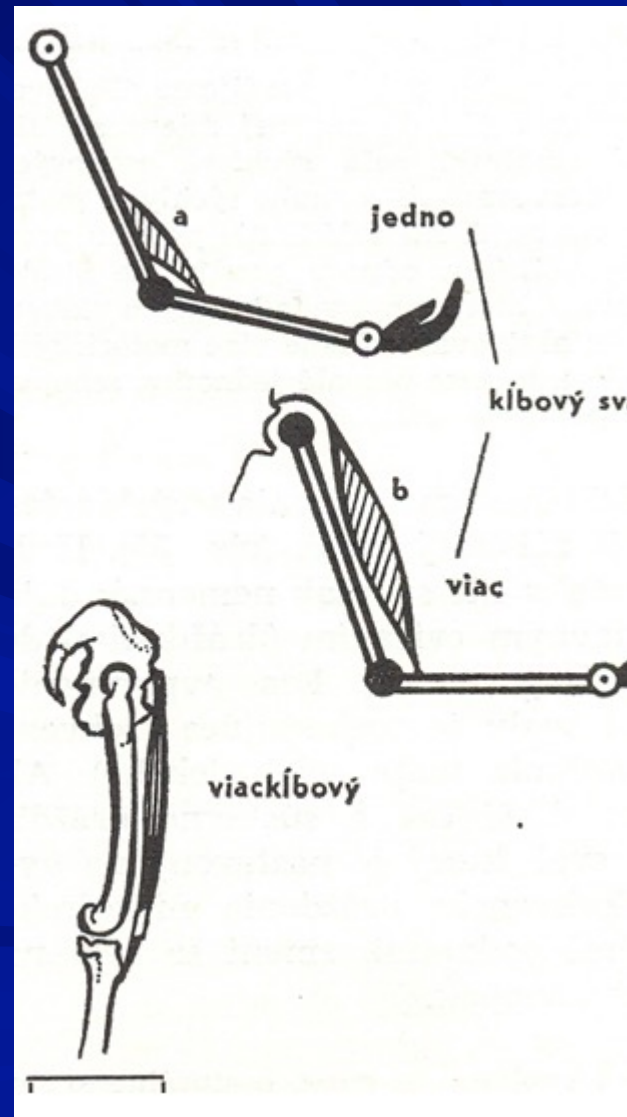
Klasifikácia svalov z pohľadu funkcie a umiestnenia

Svaly ploché: **Statická funkcia**

Krátke a Dlhé svaly: **Pohybová funkcia**

Jednokĺbové svaly: majú vzťah k svalu ponad, ktorý prechádzajú. Pri kontrakcii budú pôsobiť na obe kosti, na ktoré sa upínajú.

Viackĺbové svaly: vykonávajú pohyb v jednom kĺbe a to v proximálnom alebo distálnom alebo vo viacerých kĺboch súčasne. Rovnako vykonávajú aj fixačnú funkciu.



3. prednáška

Fyzikálny základ v biomechanike

Fyzikálna veličina

- Vyjadruje vlastnosti, stavy alebo zmeny hmotných bodov
- je daná hodnotou,
(ich hodnotu môžeme meniť alebo spočítať)
- Je udávaná v mernej jednotke (meter, stupeň)
(hodnota)

napr. $s = 31 \text{ m}$

(jednotka)



Medzinárodná sústava SI

- Základné (meter, sekunda, kilogram, kelvin, mol, ampér a pod)
- Odvodené (meter za sekundu, newton, meter štvorcový, pascal, watt)
- Predpony (10^{-2} – centi c; 10^3 – kilo k, 10^9 – giga G)

Do SI nepatria ale z praktických dôvodov sa využívajú: Vedľajšie (hodina, minúta, tona, liter)



Fyzikálne veličiny delíme do dvoch skupín

■ **Skaláre** — sú určené číselnou hodnotou a jednotkou

– $t = 15 \text{ s}$, $m = 20 \text{ kg}$

■ Zaradujeme sem: (čas (t), hmotnosť (m), dráha (s))

■ **Vektory** — sú určené veľkosťou, jednotkou a smerom

– $v_0 = 15 \text{ km/h}$, $F = 20 \text{ N (kg/m.s}^2\text{)}$,

■ (sila, okamžitá rýchlosť, hybnosť)

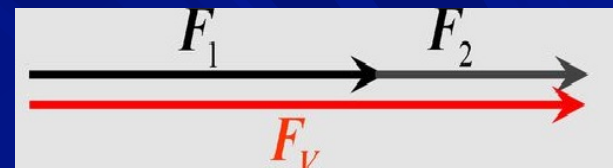
■ Označenie napr. tučným a kurzívou (***a***, ***b***, ***c***), alebo šípkou nad písmenom



Pôsobením viacerých síl a vzniká potreba **skladania** (**skladanie vektorov**).

- Pri silách pôsobiacich v rovnakom smere

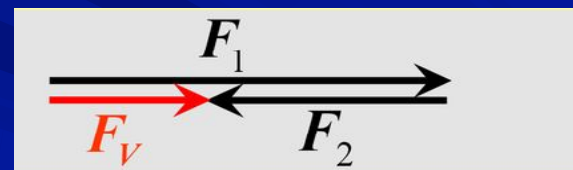
$$F = F_1 + F_2$$



Opačný postup ako skladanie síl je ich **rozklad**. Danú silu rozkladáme do dvoch zložiek, ktorých smer je určený.

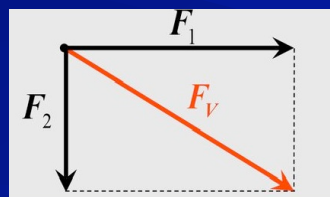
- Pri silách pôsobiacich v opačnom smere

$$F = F_1 - F_2$$



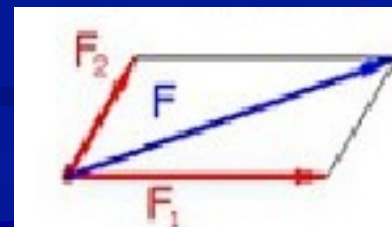
- Ak sú sily kolmé na seba

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$



- Ak sily zvierajú rôzny uhol

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1 F_2 \cos \alpha}$$



Mechanika

- zaoberá sa zmenou pohybu
t. j. premiestňovaním v priestore a čase.
Podľa hľadiska pohľadu delíme
mechaniku na :

- **Kinematiku** - popisuje pohyb telesa bez ohľadu na príčiny. Zaoberá sa tým ako vyzerá pohyb navonok z pohľadu času a priestoru.
- **Dynamiku** - sleduje príčiny vzniku pohybu. Vyšetruje vzájomné pôsobenie telies (síl) ktoré menia polohu telies.



KINEMATIKA

Pri pohybe telesa sa jeho premiestnenie hodnotí vzhľadom k inému telesu (t.j. sústave).

Vzťažná sústava

Rozdiel pohľadu trénera - pohyb jazdca v lodi vzhľadom k brehu (poloha dynamická)

Rozdiel pohľadu spolujazdca – pohyb jazdca k druhému spolujazdcovi v jednej lodi (poloha je statická ale jazdcovi sa mení poloha tela bez pôsobenia inej sily)

Vzťahné sústavy

■ *Inerciálna sústava*

- **platí** v nej Newtonov zákon *zotrvačnosti*
- stojaci na zastávke vidí ako sa vlak pohybuje, aj s cestujúcim pri nematickej rýchlosti , resp. v pokoji

■ *Neinerciálna sústava*

- **neplatí** v nej Newtonov zákon *zotrvačnosti*
- sediaci vo vlaku – vidí ako sa spolucestujúci pohne (pri zmene polohy vlaku) ale nevidí reálne silu ktorá by to spôsobila.



Pohyb telesa

- **Posuvný** – všetky body telesa sa pohybujú rovnobežne a dosahujú v určitom okamihu rovnakú rýchlosť.
- **Otáčavý** – všetky body sa pohybujú po kružnici okolo jedného bodu a dosahujú v určitom okamihu rovnakú uhlovú rýchlosť

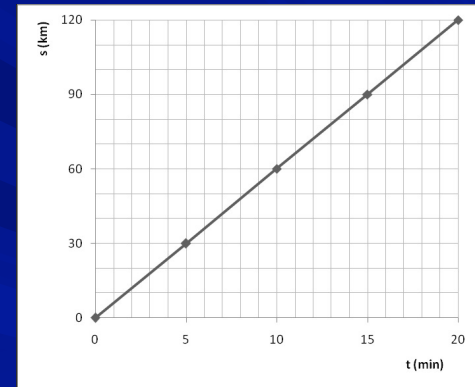


Priamočiary pohyb

Rovnomerný priamočiary pohyb

- Nemení sa smer ani rýchlosť t.j. trajektória je priamka - (veslica, automobil)

$$s = v \times t$$



Pri konštantnej rýchlosti rastie prejdená dráha objektu priamo úmerne s časom.



Rovnomerne zrýchlený pohyb

Nerovnomerný pohyb telesa s konštantným zrýchlením, resp. spomalením.

Veľkosť rýchlosti v sa mení úmerne s časom t .

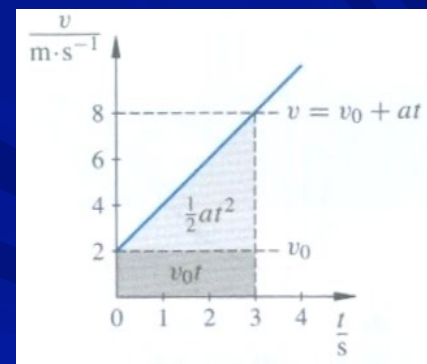
$$v = a \cdot t + v_0 \text{ (zrýchlenie)}$$

$$v = v_0 - a \cdot t \text{ (spomalenie)}$$

Dráha, ktorú teleso urazí je daná vzťahmi

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$s = v_0 t - \frac{1}{2} a t^2$$



Z uvedeného vyplýva, že dráha je priamo závislá na druhej mocnine rýchlosti - ak vzrastie dráha 2x rýchlosť telesa 4x



Voľný pád

Rovnomerne zrýchlený pohyb v s nulovou počiatočnou rýchlosťou.

**Na teleso pôsobí len gravitačná sila
pričom prostredie zanedbávame.**

Rýchlosť voľ. pádu

dráha voľ. pádu

$$v = g \cdot t$$

$$s = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$



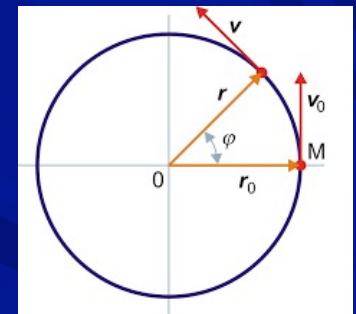
Veľkosť hmotnosti telesa nemá vplyv na pohyb. Všetky telesá padajú vo vákuu s rovnakým gravitačným zrýchlením

$$g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$$



Rovnomerný pohyb po kružnici

- Najčastejší krivočiary pohyb,
- V praxi ide o pohyby tela alebo jeho častí po kružnici s nemennou rýchlosťou, mení sa však smer rýchlosti.
- polohu bodu určuje polohový vektor r ktorého veľkosť sa rovná polomeru kružnice.
- Bod sa pohybuje rýchlosťou v a prejde dráhu Δs , v čase Δt , pričom polohový vektor opíše stredový uhol $\Delta\varphi$.
- Pri popise pohybu hmotného bodu sa využíva **obvodová** a **uhlová** rýchlosť.

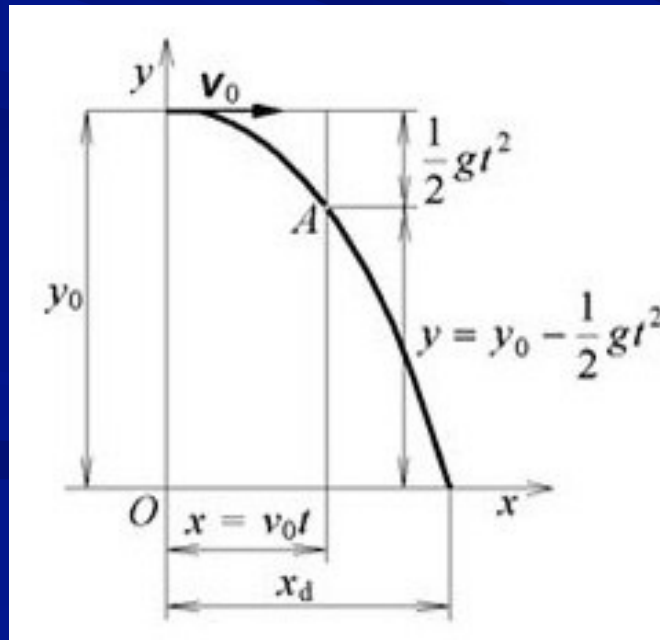


Vodorovný vrh

Ide o pohyb, v homogénnom gravitačnom poli, kde telesu je udelená počiatočná rýchlosť v_0 vo vodorovnom smere.

Tento pohyb možno rozložiť na rovnomerne priamočiary pohyb a na voľný pád čiže rovnomerne zrýchleným pohybom.

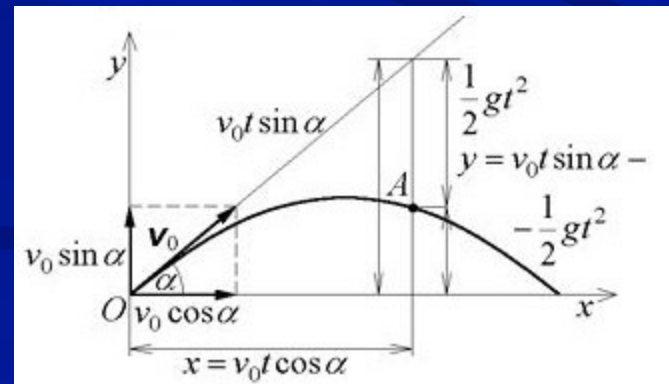
Trajektóriou je časť paraboly s vrcholom v mieste hodu.



Šikmý vrh

V športovej činnosti sa nachádza často. Po tejto trajektórii sa pohybujú športové náčinia ako – ***hody, vrhy, skoky, kopy, behy***, kedy sa teleso dostáva do letovej fázy.

Pohyb vykonáva teleso, ktorému je udelená počiatočná rýchlosť v_0 zvierajúcu s horizontálnou rovinou nenulový uhol tzv. **elevačný uhol**.



Priestorové charakteristiky pohybu

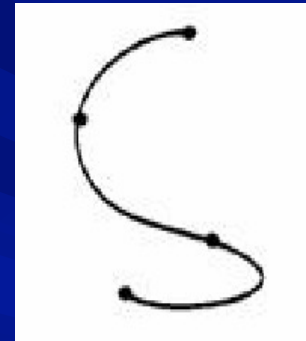
- Charakterizujeme ich ako zmenu polohy tela športovca v priestore.
- Základné priestorové charakteristiky pohybu
 - **dráha pohybu** (veľkosť, smer a tvar)
 - **dĺžka**
 - **výška**
 - **uhly**



Dráha

- Spojnica všetkých okamžitých polôh skúmaného bodu (**tzv. trajektória**) – geometrická čiara, ktorú teleso v pohybe opisuje.

- Označenie s



- Jednotka **meter** [m]

- Výsledok pôsobenia síl (svalových)



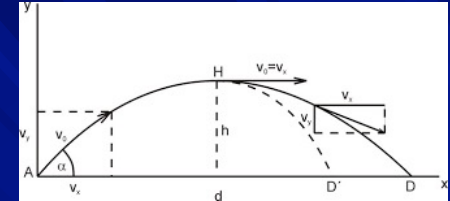
Tvar dráhy - priamka

■ **Priamka** – relatívne priamočiary pohyb



Tvar dráhy - krivka

z pohľadu rovín - rovinná alebo priestorová



Otvorená dráha

parabola

- Ťažšie a pomaly letiace náčinie
(vrh guľou, skok do diaľky, premety)



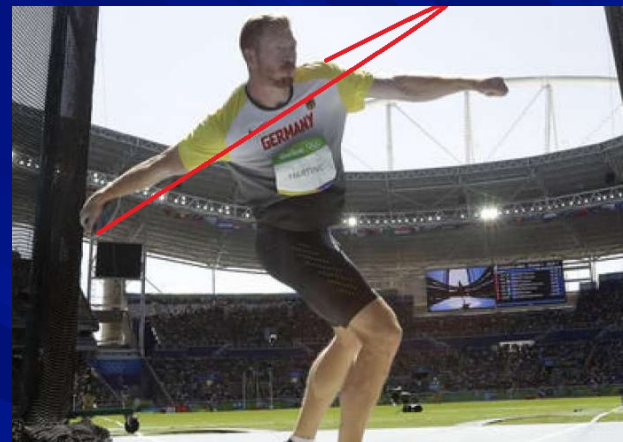
balistika

- Ľahšie náčinie - balistická krivka
(šíp, lopta, oštep, disk)



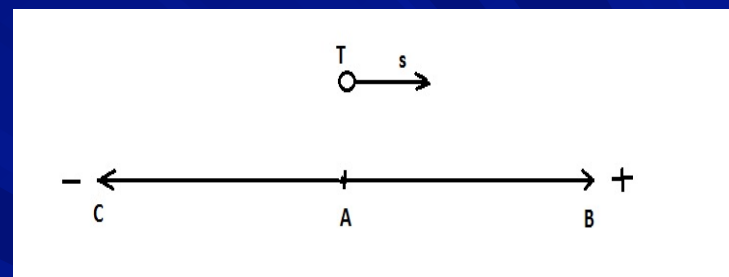
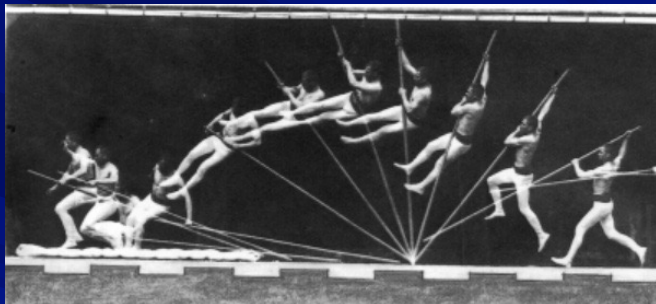
Tvar dráhy krivka

Uzavretá dráha
kružnica, elipsa



Smer a veľkosť dráhy

- Pohyb cvičenca prebieha v rôznych **smeroch** (os X ; Y; Z)



- Určujeme preto **zmysel**

- **Veľkosť určíme** pomocou $s_{\text{zač}}$ (začiatok dráhy) a $s_{\text{kon.}}$ (koniec dráhy).

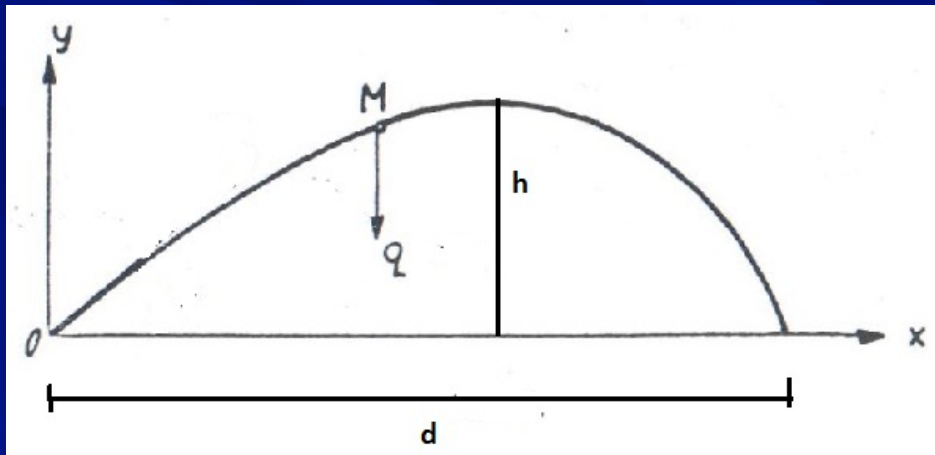
$$s = s_{\text{kon}} - s_{\text{zač}}$$

Časti dráhy podľa vzorca

$$s = \Delta s_1 + \Delta s_2 + \Delta s_3 + \dots + \Delta s_n$$

Dížka a výška

- Priama vzdialenosť krivky – **dížka** (d)



- Priama vzdialenosť vrcholu krivky – **výška** (h)



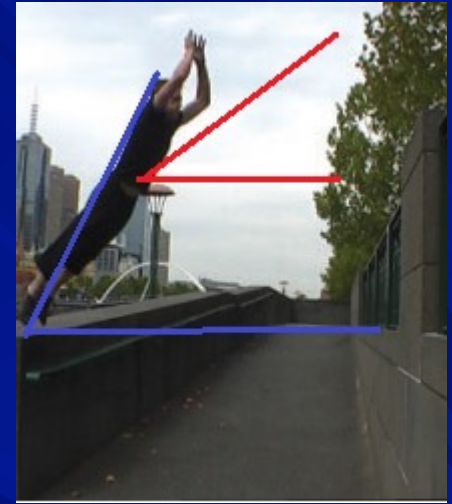
Uhly

- Pomocou nich hodnotíme techniku pohybov cvičenca
- Má rozmer prostého čísla. Jednotka je stupeň.
- Pri meraní – veľkosť a miera uhla



Uhlové zmeny v kĺboch

- Základný výskumný materiál pri hodnotení techniky.
- Dôležité tie uhly ktoré ovplyvnia športový výkon.
- Uhly medzi segmentami
- Uhol medzi ťažnicou a povrchom zeme
- Uhol odhodu,
- Uhol odrazu,
- Uhol vzletu (elevačný)
- Uhol dopadu



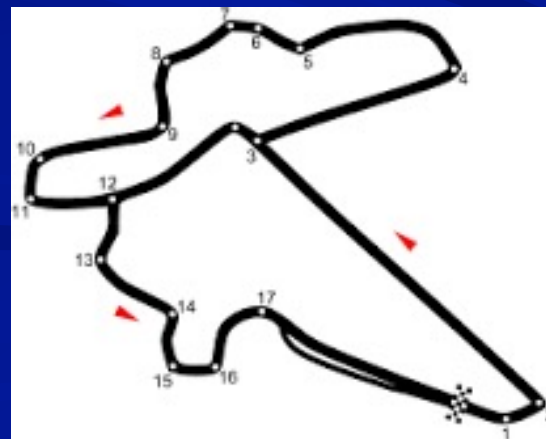
Časové charakteristiky pohybu

Čas je základnou fyzikálnou veličinou, ale aj základnou biomechanickou charakteristikou pohybu. **Pomocou času zisťujeme ,ako dlho pohyb trval , v akej časovej následnosti sa jednotlivé pohyby vykonali, koľko pohybov sa vykonalo za určitú časovú jednotku a v akom rytme.**

Čas označujeme malým písmenom t a jeho jednotkou je jedna sekunda s alebo jej násobky minúta min a hodina hod .

Pri biomechanickej analýze pohybu treba určiť, **kedy sa pohyb začal**, ako **prebiehal** a **kedy bol ukončený**.

Jazda na okruhu -



Moment času



- Predstavuje časová miera polohy cvičenca.
- Takýmto momentom času je napríklad začiatok pohybu t-zač koniec pohybu t-kon alebo hociktorý okamih, v ktorom pohyb začneme skúmať alebo jeho skúmanie ukončíme.
- Tieto časové okamihy označujeme t_1 , t_2 , t_3 ... Časové okamihy, momenty času, trvanie nemajú.
- Moment času zisťujeme, aby sme mohli určiť polohu cvičenca v priestore v danom okamihu. Takéto polohy zisťujeme zo stroboskopických alebo filmových záznamov.



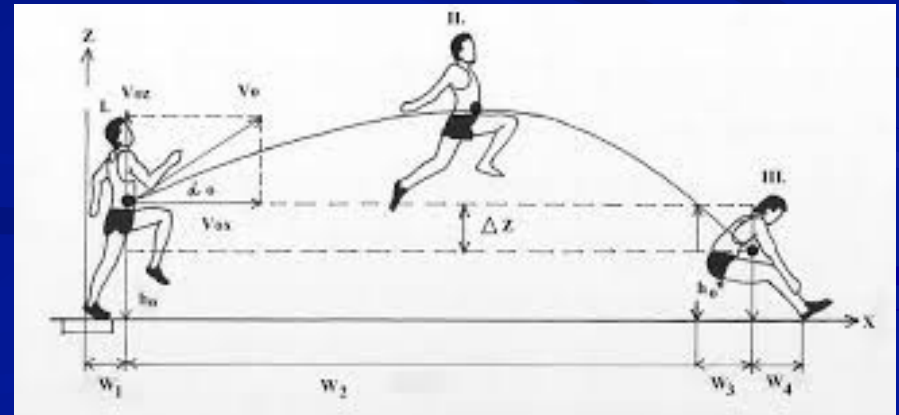


Trvanie pohybu

- Je to časová miera, ktorá udáva rozdiel momentov času na začiatku a na konci vyšetrovania pohybu.
- **Trvanie pohybu predstavuje potom čas, ktorý uplynie od začiatku vykonania pohybu až po jeho ukončenie.**
- Pri skúmaní pohybu nezisťujeme len celkový čas trvania pohybu, ale aj trvanie jednotlivých fáz. Trvanie týchto fáz predstavuje časové intervaly, ktoré označujeme (delta) Δt_1 , Δt_2 , Δt_3 Časový interval predstavuje čas, ktorý je ohraničený dvoma časovými okamihmi

Trvanie pohybu zisťujeme podľa technických zariadení (stopky, chronografy, stroboskop, kamery)

$$t = t_{\text{konč}} - t_{\text{zač}}$$



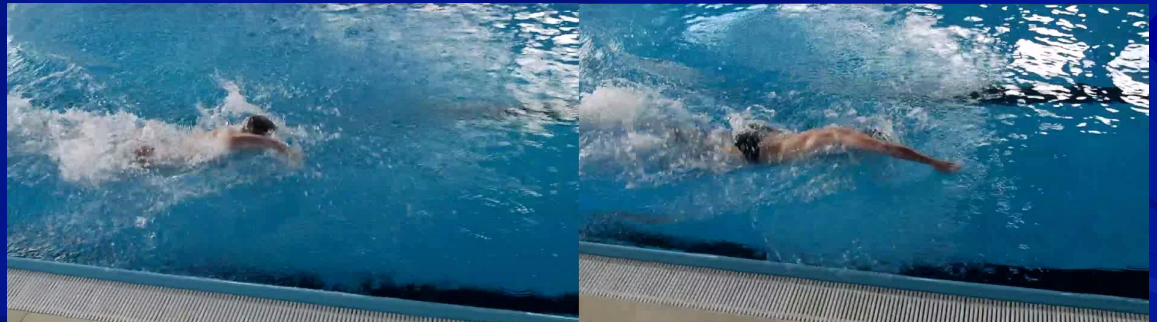
Tempo

- Je to časová miera za sebou sa opakujúcich pohybov. Tempo sa meria množstvom vykonaných pohybov za určitú časovú jednotku, napríklad: počet krokov za minútu,
- Tempo môže výrazne ovplyvniť výkon. Pre vzťah medzi rýchlosťou pohybu, dĺžkou krokov a tempom platí, že rýchlosť pohybu sa rovná násobku dĺžky a počtu krokov za sekundu alebo minútu a vyjadrená rovnicou má tvar:
- $v = d \times n$

v = rýchlosť pohybu

d = dĺžka krokov

n = tempo - počet



Rytmus

- Je časová miera vzájomného pomeru časti pohybu cvičenca. Aj keď je rytmus časovo – priestorovo – dynamickým javom, najčastejšie ho skúmame ako časový, respektíve priestorovo časový jav.

Rytmus môže byť:

pravidelný, - cyklický

Nepravidelný - acyklický

Stály rytmus = čas trvania opakujúcich sa pohybov je rovnaký.

Nestály rytmus = keď sa čas trvania opakujúcich sa pohybov mení

Rytmus zisťujeme pomocou rytmografou, chronografou, dynamografou.





Cyklický pohyb

Acyklický pohyb



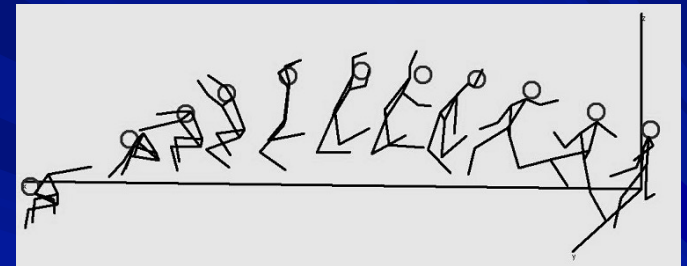
Priestorovo - časové charakteristiky pohybu



Priestorovo časové charakteristiky pohybu



predstavujú tú stránku pohybov cvičenca, ktorá sa prejavuje v **rýchlosti** a **zrýchlení** pohybov.



Rýchlosť pohybu



Rýchlosť pohybu v biomechanike charakterizujeme ako v priestore prebiehajúcu zmenu, ktorú cvičenec vykoná za určitú časovú jednotku.

Rýchlosť pohybu cvičenca ako pohybová schopnosť sa navonok prejavuje mechanicky ako celku alebo jeho častí.

Jej veľkosť a druh sa mení vzhľadom na špecifikum dosahovaného cieľa.

pri behu v teréne



pri veľtoči na hrazde



Rýchlosť delíme podľa **priebehu**

konštantnú

premennú

Ak do úvahy berieme **priemerné, alebo okamžité stavy**
rýchlosti, potom hovoríme o rýchlosti:

priemernej

okamžitej

Ak cvičenec vykonáva pohyby po **priamke, alebo po krivke**.
Potom hovoríme o rýchlosti:

lineárnej,

obvodovej,

uhlovej



Konštantná rýchlosť

Konštantná je taká rýchlosť, ktorej **veľkosť sa** v priebehu pohybu cvičenca **nemení**.

V každom okamihu jeho pohybu je rovnako veľká. To znamená, že cvičenec vykonáva za rovnaký čas rovnako veľký úsek dráhy.

O konštantnej rýchlosti môžeme hovoriť **pri všetkých rovnomerných pohyboch**, či ide o pohyby priamočiare, alebo krivočiare. Konštantnú rýchlosť môžeme vyjadriť matematickým vzťahom.

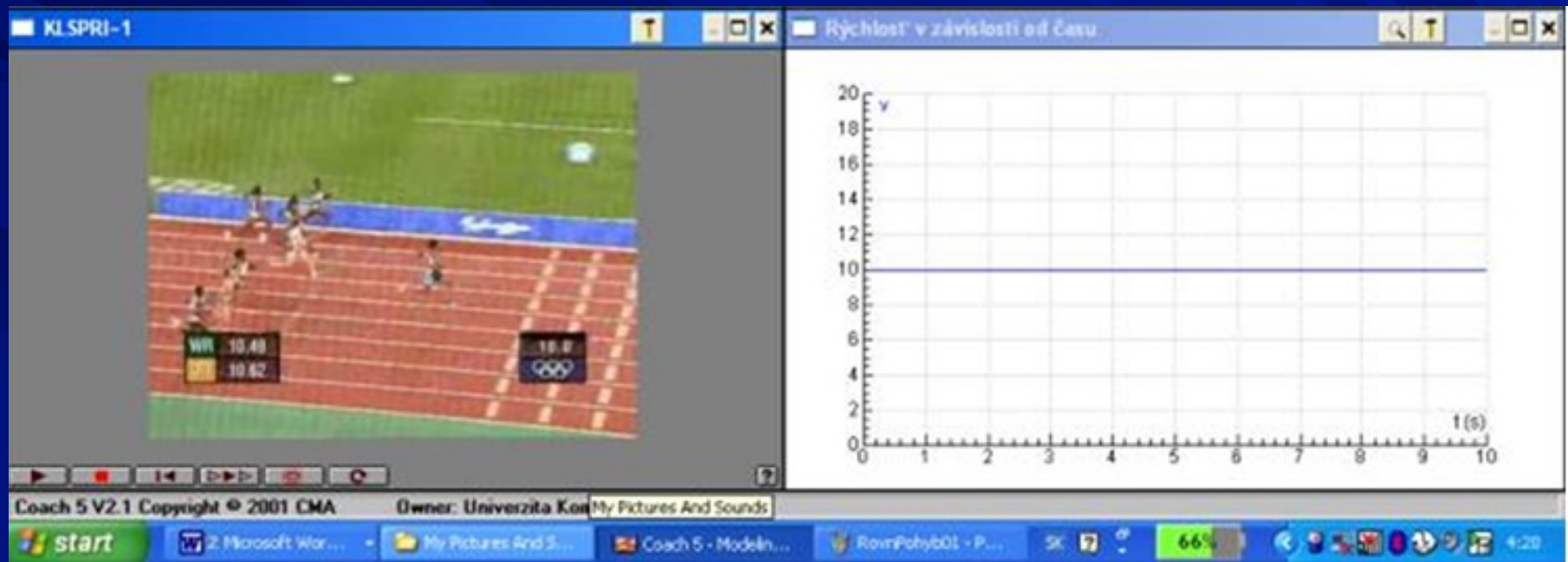
$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$



konštantná



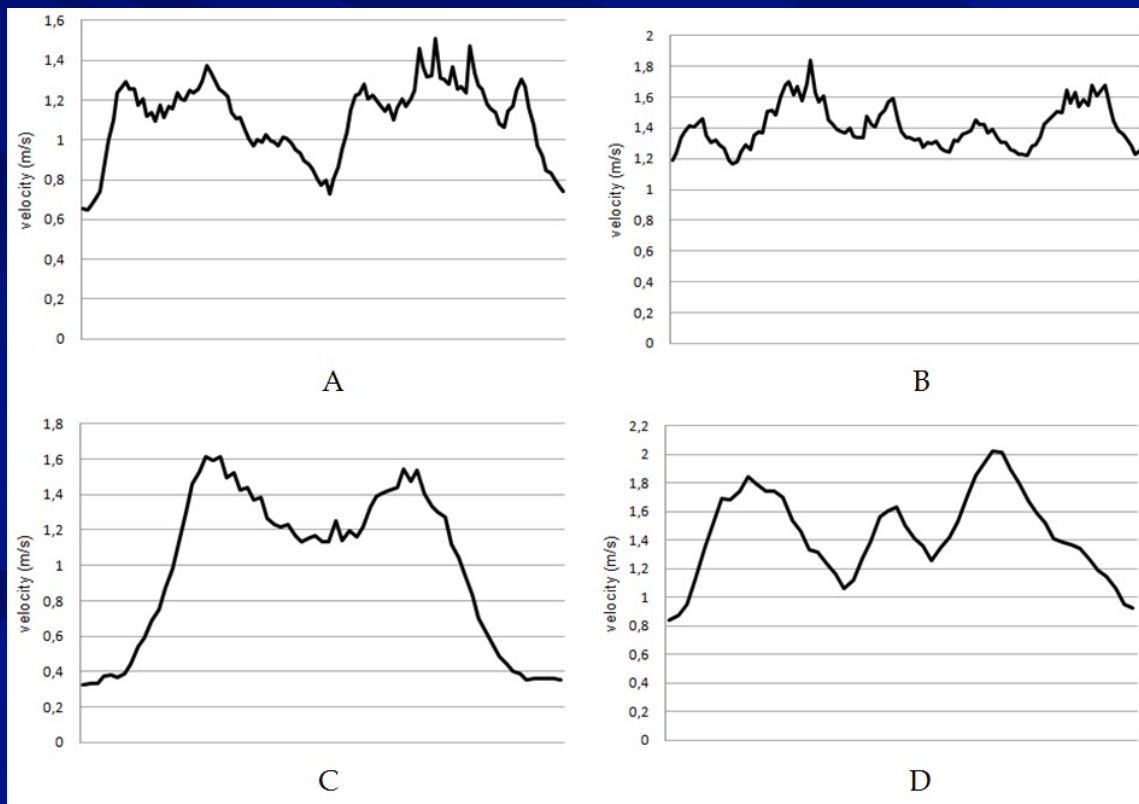
Graf konštantnej rýchlosti pri behu



PREMENNÁ RÝCHLOSŤ

je taká rýchlosť, ktorej veľkosť sa v každom okamihu mení, a to zväčší, alebo zmenší. Potom hovoríme o **nerovnomernom pohybe**.

Pri premennej rýchlosti zisťujeme tzv. **okamžitú rýchlosť**.



Túto nerovnomernosť spôsobujú sily ktoré sa v priebehu pohybu cvičenca menia v každom okamihu.

Plavecký záber

The intra-cyclic variation of the horizontal velocity at:
Front Crawl (panel A), Backstroke (panel B), Breaststroke (panel C) and Butterfly stroke (panel D).

PRIEMERNÁ RÝCHLOSŤ



Rýchlosť pohybu v biomechanike charakterizujeme ako v priestore prebiehajúcu zmenu, ktorú cvičenec vykoná za určitú časovú jednotku.

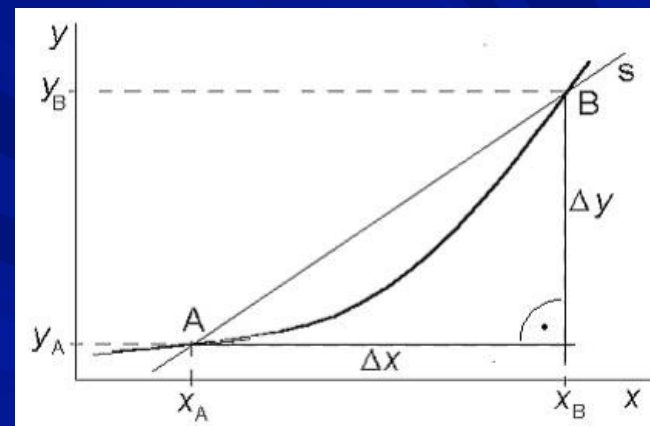
V_p – priemerná rýchlosť - jednotka je $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ (alebo) $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 3,6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

môžeme ju vyjadriť matematickým vzťahom:

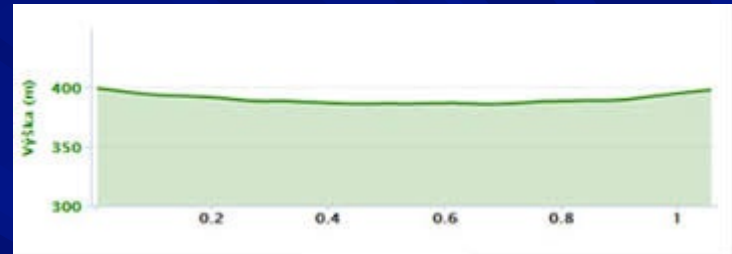
s - dráha

$$V_p = \frac{s}{t} \quad \text{t - čas}$$



Sama o sebe je pre analýzu pohybu nedostatočná, lebo neinformuje o tom ako sa veľkosti rýchlosti v priebehu pohybu menili. Preto zisťujeme OKAMŽITÚ rýchlosť

PRIEMERNÁ RÝCHLOSŤ



Beh na 20km s rovnakou priemernou rýchlosťou, ale jej priebeh môže byť rozdielny.



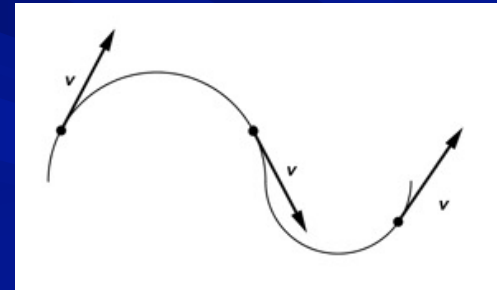
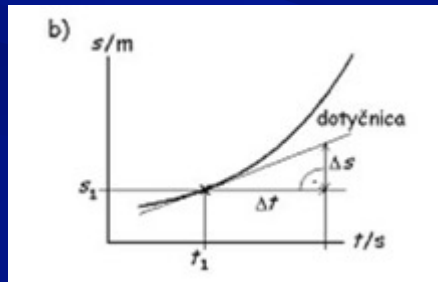
Okamžitá rýchlosť

je taká, ktorá určuje akú rýchlosť má teleso **v danom časovom okamihu**. Dá sa vyjadriť vzťahom:

$$\vec{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}, \text{ kde } \Delta t \rightarrow 0$$

$$v = \frac{ds}{dt}$$

Okamžitá rýchlosť **predstavuje dotyčnicu k trajektórii pohybu** telesa. Vyjadrenie rýchlosti v ktoromkoľvek časovom okamihu bodu.

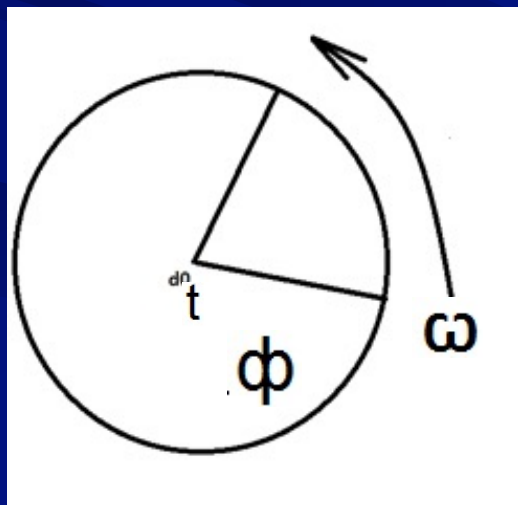


Je to rýchlosť akou by sa pohyboval objekt od daného okamihu rovnomerne priamočiarym pohybom.

UHLOVÁ RÝCHLOSŤ

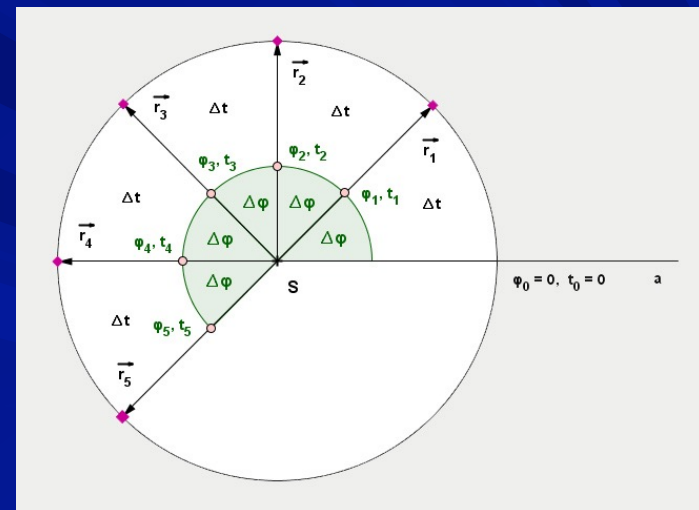
vzniká pri rotačných pohyboch cvičenca. Charakterizujeme ju ako časovú zmenu stredového uhla pootočenia.

Jej veľkosť je daná veľkosťou uhla pootočenia za časovú jednotku.



ω uhlová. rýchlosť
 ϕ uhol pootočenia
 t čas pootočenia

$$\omega = \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$



Základnou jednotkou je radián za 1 sekundu (rad.s^{-1}).

OBVODOVÁ RÝCHLOSŤ

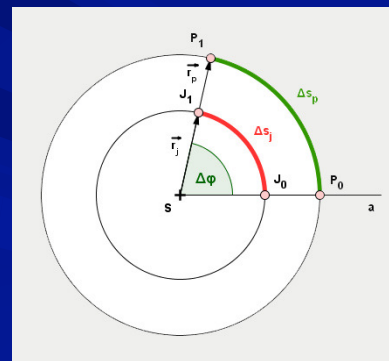
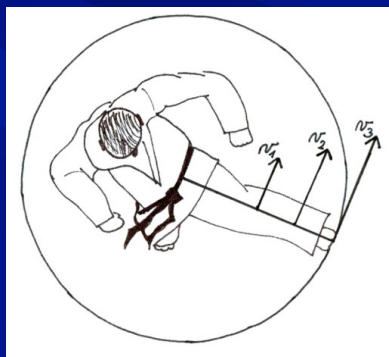
Pri **krivočiarych pohyboch** sa telo cvičenca otáča okolo stredovej osi (**veľtoč na hrazde, hod diskom, lyžiarsky oblúk a pod.**)

Telo tu vykonáva pohyb po kružnici, alebo krivke blížiacej sa ku kružnici.

Obvodovú rýchlosť odvodíme z uhlovej rýchlosti.

$$v = r \cdot \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

$$v = r \cdot \omega$$



Vzťah uhlovej a obvodovej rýchlosti hmot. bodu je v tom, že body umiestnené v rozdielnej vzdialenosti od osi opíšu za rovnaký čas rovnaký uhol ale dĺžka dráhy a rýchlosť bude odlišná !!!!

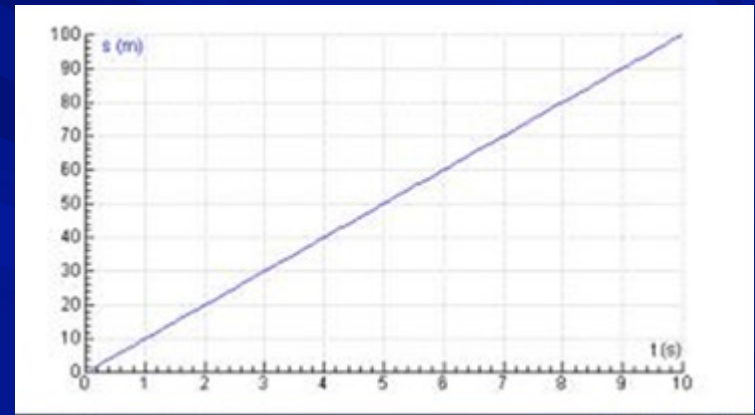
Lineárna rýchlosť

Rýchlosť spojená s pohybom cvičenca alebo náradia, ktorého **dráha má vždy tvar priamky** - (voľný pád, vertikálny výskok, jazda na bicykli)

Vektor rýchlosti sa vždy zhoduje s vektorom dráhy.

Môžeme ho vyjadriť vzťahom:

$$v = \frac{ds}{dt}$$



V praxi je takýto pohyb zriedkavý. Má krátky časový úsek. Častejšie sa vyskytujú pohyby krivočiare.

Zrýchlenie pohybu

je to časová zmena rýchlosti.

Je spôsobené pôsobením sily na cvičenca, alebo na náčinie

2 pohybový zákon – sily charakterizuje to, že čím je sila väčšia tým je väčšie zrýchlenie

$$a = \frac{F}{m}$$

ak

$$a > 0$$

- akcelerácia

$$a < 0$$

- decelerácia

Zrýchlenie poznáme

konštantné, premenné, okamžité, priemerné, lineárne tangenciálne, dostredivé, uhlové.



Konštantné zrýchlenie

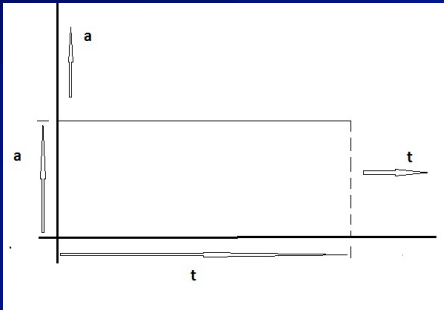
- Vzniká pri rovnomerne zrýchlených pohyboch

pomer prírastku rýchlosti a sily za trvanie pohybu

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{v}{t} = \text{konštanta}$$

- prírastok rýchlosti

- prírastok času



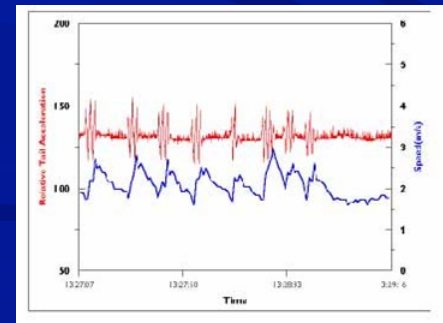
Vzniká pri pohyboch, kde pôsobí stála sila.
(ťah motora, sila tiaže – voľný pád a pod.)

Premenné zrýchlenie

- Ak sa sila pri pohybe cvičenca neustále mení, dochádza k nerovnomernému pohybu **a teda k nerovnomerne zrýchlenému alebo spomalenému**.
- **Premenné zrýchlenie** vyjadrujeme okamžitým zrýchlením – neobmedzeným zmenšovaním intervalu. Časový interval t sa blíži nule.

Potom platí vzťah :

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{t} = \frac{dv}{dt}$$



lineárne zrýchlenie

- Dráha pohybu sledovaného bodu má tvar priamky
- Cyklista - nástup do tempa, voľný pád....



- Zrýchlenie bude tým väčšie, čím väčší bude prírastok rýchlosti za čas.
- Podobne ako v predchádzajúcom prípade aj tu bude zrýchlenie vyšetrované v krátkom časovom intervale – diferenciál času.

tangenciálne zrýchlenie

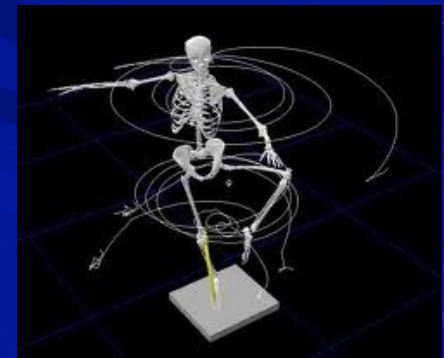
- Je vždy tam , kde pohyb je nerovnomerný a rýchlosť pohybu sa neustále mení (lyžiarsky oblúk, zákruta pri behu,). **tzv. dotyčnicové zrýchlenie**



UHLOVÉ ZRÝCHLENIE

Vyskytuje sa pri pohyboch rotačných

- toče, piruety otočka pri vrhoch a hodoch.



4. prednáška

Dynamika pohybu cvičenca

Pohyb cvičenca a pôsobenie síl

Základom poznania vzťahu medzi pohybom cvičenca a pôsobiacimi silami sú tri pohybové zákony (Newtonové zákony – zákony dynamiky).

1. zákon zotrvačnosti

Prvý pohybový zákon – *zákon zotrvačnosti* vyjadruje podmienku zotrvania objektu v stave pokoja alebo rovnomernom priamočiarom pohybe. T.j., že teleso zotrváva v pokoji alebo rovnomernom priamočiarom pohybe, pokiaľ nie je vonkajšími silami prinútené svoju polohu zmeniť.

Z tohto možno rovno potvrdiť, že zmena rýchlosti pohybu alebo zmena smeru nastane vždy pod vplyvom pôsobenia nejakej sily. Bez jej pôsobenia nemôže prísť k zmene nejakého stavu telesa.



2. zákon sily

Kvantitatívnu stránku (aká je **miera zmeny stavu**) zmeny polohy telesa vyjadruje druhý pohybový zákon a to *zákon sily*.

Ten udáva veľkosť spomalenia alebo zrýchlenia pri zmene pohybového stavu. Matematicky sa zrýchlenie **a** udáva ako **podiel** sily **F** a hmotnosti telesa **m**. Podľa tohto zákona pri rovnakej hmotnosti je zrýchlenie (spomalenie) priamo úmerné pôsobiacej sile.

$$a = F / m$$

3. zákon akcie a reakcie

Tretí zákon hovorí o princípe *akcie a reakcie*.

Každá akcia vyvolá rovnako veľkú reakciu opačného smeru. Teda ak na teleso pôsobí nejaká sila (akcia), ktorá vyvoláva zmenu ich pohybového stavu, pôsobí teleso, resp. náčinie proti nej takou istou silou. Tú nazývame reakciou.



Každú silu v biomechanike chápeme vektorovo. T.j. každá sila je **daná veľkosťou, smerom pôsobenia, zmyslom a pôsobiskom**.

- Sily označujeme veľkým písmenom **F** s indexom $F_1, F_2, F_3, \dots$ a s jednotkou **N** (newton).

Je to sila, ktorá telesu o hmotnosti 1 kg udeľuje zrýchlenie 1 meter za sekundu na druhú.

Pri grafickej analýze znázorňujeme sily úsečkami, ktorých **dĺžka znázorňuje veľkosť sily**, vektorová priamka smer pôsobenia sily, **šípka udáva jej zmysel**.

- Pôsobením viacerých síl a vzniká potreba **skladania (skladanie vektorov)**. Opačný postup ako skladanie síl je ich **rozklad**. Danú silu rozkladáme do dvoch zložiek, ktorých smer je určený.



Delenie síl možno uskutočniť podľa viacerých klasifikačných znakov.

Základné je delenie, ktorom klasif. znakom je *miesto vzniku sily* vzhľadom na telo človeka:

- **Vnútorne sily** - spolupôsobení častí jeho tela, primárna príčina zmeny pohybového stavu
- **Vonkajšie sily** - sily, ktoré pôsobia na cvičenca z vonku

pri zmenách pohybového stavu cvičenca sú vnútorné a vonkajšie sily vo vzťahu:

- bez vonkajších síl by človek nemohol zmeniť svoj pohybový stav,
- bez vnútorných by nemohol túto zmenu riadiť.



Ďalšie delenie (klasifikácia) vychádza zo vzťahu pôsobiacich síl k pohybu:

- **Aktívne sily** - sila napomáha pohybu, o ktorý sa cvičenec snaží
- **Pasívne sily** - sila brzdí pohyb, o ktorý sa cvičenec snaží

V praxi sa používa delenie síl na:

- **Dynamické sily** - sily, ktoré uvedú cvičenca prípadne náčinie do pohybu (ak predtým boli v pokoji) alebo zmenili smer pohybu či zvýšili rýchlosť pohybu
- **Statické sily** - sily, ktoré udržujú cvičenca v pokoji tým, že rušia pôsobenie iných síl



DYNAMIKA POHYBU CVIČENCA

Charakteristika
vnútorných síl

Základné delenie síl pôsobiacich pri telesných cvičeniach

- ▶ **vonkajšie:** sily, ktoré pôsobia na cvičenca z vonku,
- ▶ **vnútorné:** spolupôsobení častí jeho tela, primárna príčina zmeny pohybového stavu

Pri pohybe sú vnútorné a vonkajšie sily vo vzťahu:

- bez vonkajších síl by človek nemohol zmeniť svoj pohybový stav
- bez vnútorných by nemohol túto zmenu riadiť.



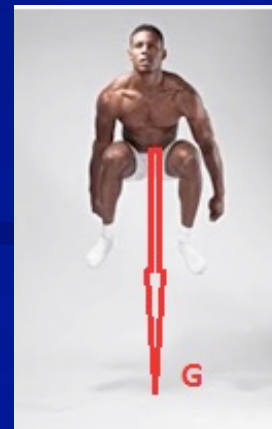
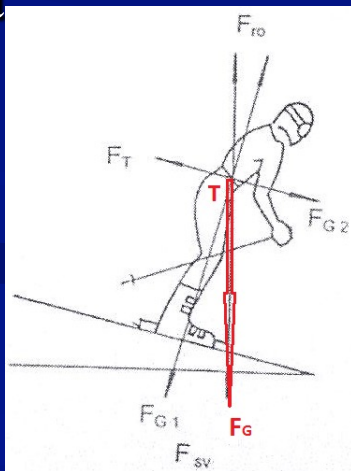
Iné delenie síl - vzťah pôsobiacich síl k pohybu cvičenca alebo náčinia:

aktívne sily - sila napomáha pohybu, o ktorý sa cvičenec snaží

pasívne sily – sila brzdí pohyb, o ktorý sa cvičenec snaží

tá istá sila pôsobí pri niektorých cvičeniach ako aktívna, inokedy ako pasívna

zjazd - aktívna

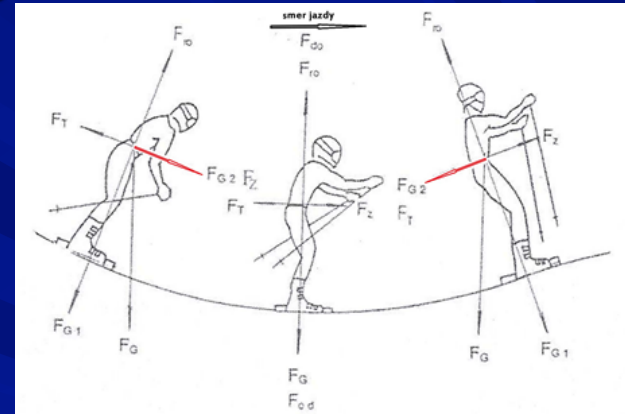


výskok - pasívna



V praxi sa ešte používa delenie síl na:

- ▶ **dynamické sily** - sily, ktoré uvedú cvičenca prípadne náčinie do pohybu (ak predtým boli v pokoji) alebo zmenili smer pohybu či zvýšili rýchlosť pohybu



- ▶ **statické sily** - sily, ktoré udržujú cvičenca v pokoji tým, že rušia pôsobenie iných síl



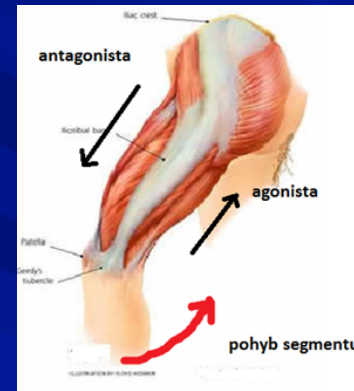
VNÚTORNÉ SILY

- štúdium vnútorných síl skúma otázku možnosti jednotlivých orgánov - **v biomechanike športu sú zanedbateľné**
- biomechanika ich chápe ako fyzikálne veličiny
- zo štúdia vnútorných síl vychádzajú požiadavky na ich veľkosť, smer, miesto, čas a dráhu pôsobenia s ohľadom na pohybový cieľ daný pri telesných cvičeniach.
- najdôležitejšou vnútornou silou (z hľadiska biomechaniky) je **svalová sila**



Svalová sila

- ▶ v biomechanike je považovaná za **vektor**,
- ▶ je charakterizovaná pôsobiskom, veľkosťou, smerom a zmyslom,
- ▶ vzniká kontrakciou svalu, ku ktorej dochádza na základe nervového podráždenia svalu



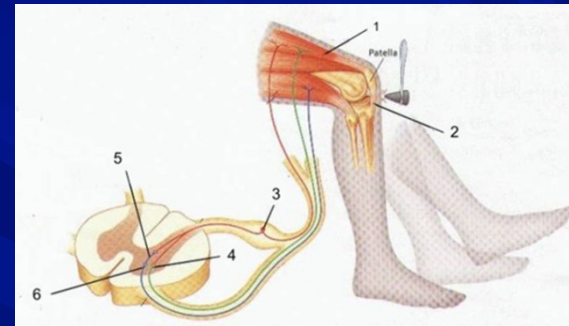
- ▶ čím väčší odpor, tým viac svalových vlákien je do práce zapojených
- ▶ platí pre ňu druhý pohybový zákon (zákon sily)



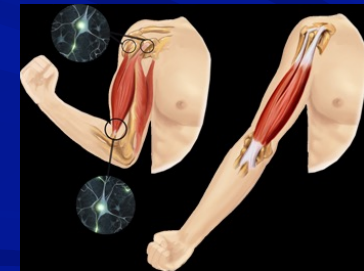
Vznik svalovej kontrakcie



z centrálnej nervovej sústavy prichádza **vzruch** po motorických nervových vláknach k vláknam svalovým,



izotonický svalový režim - sval sa pripevnený zmršťuje - ťahá obidva konce a tým i kosti k sebe,



izometrický svalový režim - sval sa nekontrahuje, vzniká v ňom len napätie.

ÚČINOK SVALOVEJ SILY

- ▶ meria sa vždy *účinok svalovej sily*
- ▶ veľkosť sily, ktorú je sval schopný vyvinúť je závislá od:
 - **veľkosť svalu** - dĺžka svalu a jeho hrúbka
 - **veľkosť skrátenia svalu** – rozdiel zmeny dĺžky svalu
 - **rýchlosť skrátenia svalu** -
 - **činnosť CNS** -
 - **biochemické procesy** – energetické krytie vo svale
- ▶ priemerná hodnota svalovej sily: $40 - 120 \text{ N/cm}^{-1}$ pričného rezu svalu - *absolútna sila*



OSTATNÉ VNÚTORNÉ SILY

- sila odporu tkanív,
- sila vnútorného trenia,
- sila zotrvačnosti častí tela a vnútorných orgánov,
- odstredivá sila častí tela a vnútorných orgánov.

Vlastnosti:

- vnútorné sily nevyvolávajúce samotný pohyb
- reakcia na pohyb cvičenca, alebo
- odpor na sily, ktoré tento pohyb vyvolali
- sú to zvyčajne pasívne sily



SILA ODPORU TKANÍV JE REPREZENTOVANÁ PEVNOSTOU A PRUŽNOSTOU TKANÍV

- ▶ pevnosť a pružnosť tkanív *v ťahu* - na tkanivá pôsobia dve sily v opačnom smere (napr. pri visoch na náradí, hodoch a pod.),
- ▶ pevnosť a pružnosť tkanív *v tlaku* - na tkanivá pôsobia dve sily proti sebe smerom do vnútra (napr. pri držaní vzpieračskej činky nad hlavou)
- ▶ *ohyb tkaniva* - na kosť pôsobia dve sily proti sebe v rovine
- ▶ ohybový moment – ohyb kostí pod vplyvom pôsobiacich síl



SILY VNÚTORNÉHO TREANIA

- trenie môže byť **valivé a klzavé** – vždy pôsobí ako odpor proti pohybu
- **vzniká vnútri tela cvičenca** medzi jednotlivými orgánmi a štruktúrami pri ich pohyboch:
 - vnútrosvalové a medzisvalové trenie,
 - trenie v kĺboch,
 - trenie ostatných štruktúr tela, ktoré sa klžu, prípadne valia jedna po druhej.



SILA ZOTRVAČNOSTI ČASTÍ TELA A VNÚTORNÝCH ORGÁNOV

- vzniká pri zrýchlených alebo spomalených pohyboch
- reakcia hmoty tela cvičenca, ktorou sa bráni pri zmene pohybového stavu
- pri všetkých zmenách pohybového stavu, kde zrýchlenie resp. spomalenie dosahuje veľké hodnoty
- má nepriaznivý vplyv na organizmus cvičenca



ODSTREDIVÁ A DOSTREDIVÁ SILA ČASTI TELA A VNÚTORNÝCH ORGÁNOV

- vzniká pri zmene pohybového stavu v smere pohybu
- vyvolaná nejakou vonkajšou silou – *dostredivá sila*
- podľa zákona akcie a reakcie vzniká s ňou súčasne sila rovnako veľká, ale pôsobiaca v opačnom smere - *sila odstredivá*



Vonkajšie sily



Budeme charakterizovať tieto vonkajšie sily:

silu tiaže,
silu reakcie opory,
silu pružnej deformácie,
silu zotrvačnosti,
silu trenia,
dostredivú a odstredivú silu,
sily súvisiace s prostredím.

Uvedené vonkajšie sily nemusia pôsobiť vždy pri každom pohybe cvičení nemusia pôsobiť všetky odrazu.

Ich prítomnosť či neprítomnosť závisí od charakteru pohybu, od podmienok, v ktorých sa pohyb uskutočňuje a podobne.

Sila tiaže

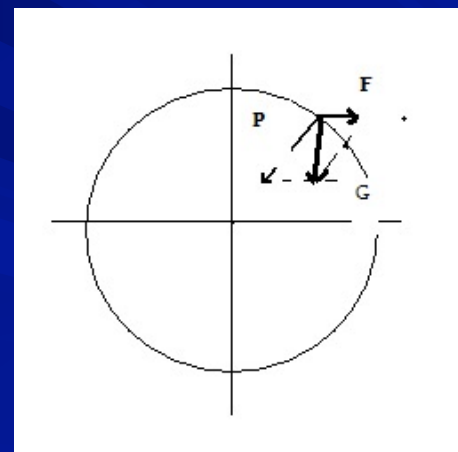
Tiaž je najbežnejšou vonkajšou silou, s ktorou sa neustále stretávame je tá, ktorou je každé teleso priťahované k podložke.

Pôsobenie sily a tiaže sa týka aj cvičenca, športového náradia a náčinia.

Vznik sily tiaže:

Hlavnou príčinou je príťažlivosť (gravitácia), ktorá je vyjadrená gravitačným zákonom.

Gravitácia Zeme a odstredivá sila tvoria spolu silu tiaže.



Sila tiaže je teda vektorový súčet gravitácie a odstredivej sily. Sila tiaže zohráva v pohybovej činnosti človeka dôležitú úlohu, pretože vplýva na všetkých miestach v každom čase.



Sila tiaže

Podľa toho na akom mieste sa nachádza teleso na zemskom povrchu (zemepisná šírka) závisí veľkosť gravitačného zrýchlenia.

na našom území sa jedná o hodnotu

$$g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$$

Z princípu vzájomnej príťažlivosti telies vyplýva, že sila tiaže je priamo úmerná hmotnosti priťahovaného telesa.

Na základe toho platí :

$$G = m * g$$

Sila tiaže pôsobí na telo cvičenca vždy a všade. Pri analýze uvažujeme

- o sile celkovej tiaže tela
- o sile tiaže jednotlivých častí tela alebo náčinia

Sila tiaže je prekonávaná vnútornými silami svalov.



Sila zotrvačnosti

- Z druhého pohybového zákona vyplýva, že zmenu rýchlosti pohybu cvičenca a časti jeho tela alebo náčinia môže vyvolať iba nejaká sila.
- Podľa tretieho pohybového zákona proti tejto sile pôsobí rovnako veľká sila opačného smeru.

Nazývame ju silou zotrvačnosti.

- Sila zotrvačnosti F_z tu vystupuje ako vnútorná sila a prejavuje sa pôsobením proti nejakej vonkajšej sile F , obyčajne proti reakcii opory. je vyjadrená vzťahom:

$$F = m * a$$

Ak F_z sa jej rovná, potom platí aj

$$F_z = m * a$$

- Zrýchlenie môže mať aj zápornú hodnotu - spomalenie pohybu, - teda sila vyvolávajúca zmenu pohybového stavu pôsobila proti pohybu.

Ak ide o zvýšenie rýchlosti pohybu náčinia, teda sila meniaci pohybový stav náčinia pôsobí v smere pohybu, sila zotrvačnosti pôsobí proti smeru pohybu.

Ak ide o zníženie rýchlosti náčinia, čiže sila meniaci jeho pohybový stav proti pohybu, sila zotrvačnosti pôsobí v smere pohybu.



Sila reakcie opory

Ak cvičenec stojí na podložke, visí na náradí, beží, odráža sa a podobne pôsobí na podložke určitou silou (tretí pohybový zákon)

Pôsobenie cvičenca je akciou, pôsobenie podložky je reakciou, ktorá ju vyvolala.

Obidve sily sa rušia a vzájomne platí:

$$R = G \text{ alebo } R - G = 0$$

R - sila reakcie opory

G - sila tiaže cvičenca

príklad: stoj vzpriamený



Sila reakcie opory

- Sila reakcie opory môže byť aj väčšia, ako je tiaž cvičenca.

Ako príklad môžeme uviesť zhyb na hrazde.

K sile tiaže, ktorou pôsobí na hrazdu už vo vise, sa pridáva sila flexorov predlaktia a ramena, ktorou sa cvičenec pritahuje k hrazde a ktorou prekonáva silu zotrvačnosti tela F_z .



$$R = G + F_z$$



Sila pružnej deformácie

Silu pružnej deformácie chápeme ako silu pôsobiacu proti deformácii a po jej skončení zase obnovujúcu pôvodný tvar telesa.

Stretávame sa s ňou iba pri tzv. pružných telesách, teda takých, ktoré zaťažovaním menia svoj tvar - deformujú sa, ale po skončení zaťaženia nadobudnú svoj pôvodný tvar. Zaťažovanie sa môže prejavovať tlakom, ťahom, ohýbaním alebo krútením. Podľa toho hovoríme o druhu pružnosti - pružnosť v tlaku, ťahu, atď., Samozrejme, že zaťažovanie má svoju hranicu.



$$F_e = \Delta l * c$$

F_e - sila pružnej deformácie
 Δl - deformácia
 c - koeficient pružnej deformácie



Sila trenia

Pri pohybe jedného telesa po druhom vzniká odpor proti tomuto pohybu, ktorému hovoríme trenie. Podľa toho, ako sa telesá pohybujú navzájom voči sebe vo vzťahu k ich povrchu, **rozoznávame trenie**:

- **kĺzavé,**
- **valivé.**

Kĺzavé trenie vzniká vtedy, keď sa teleso kĺže po nejakej ploche. Jeho veľkosť závisí od **kolmého tlaku** a od **kvality trecích plôch**, ktorá je vyjadrená **tzv. koeficientom trenia**. Vyjadrujeme ho rovnicou:

$$T_k = f * N$$

T_k - trenie kĺzavé

f - koeficient kĺzavého trenia

N - kolmý tlak



Koeficient trenia sa určuje experimentálne a pre bežnejšie látky je uvedený v technických tabuľkách. Je väčší pri prechode telesa z pokoja do pohybu (**trenie statické**) ako pri pohybe telesa (**trenie kinetické**). Čiastočne sa mení aj zmenou, rýchlosti pohybu - pri väčších rýchlostiach klesá.



Sila trenia

- Valivé trenie pri kolesách – nekľžu sa ale valia po oprnej ploche

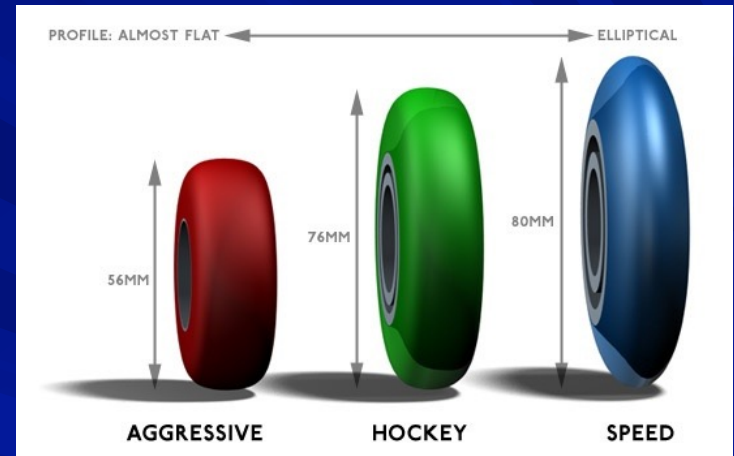
$$T_v = \frac{\xi}{r} * N$$

T_v - trenie valivé

ξ - koeficient valivého trenia (xí)

r - polomer kolesa

N - kolmý tlak



V praxi sa najčastejšie uvažuje o kĺzavom trení. Ide o pravidelnejší výskyt. (lyže, chôdza, beh a pod)

Dostredivá a odstredivá sila

- Zo zákona zotrvačnosti vyplýva, že zmena pohybového stavu cvičenca alebo náčinia nastáva vtedy, a len vtedy, keď pôsobí nejaká sila. Znamená to, že na to aby pohybujúci sa cvičenec, resp. náčinie zmenilo smer svojho pohybu, je potrebná sila. Takúto silu spôsobujúcu zakrivenie dráhy pohybu označujeme dostredivú silu. Smer jej pôsobenia je vždy do stredu zakrivenia dráhy pohybu.

F_d - dostredivá sila
 m - hmotnosť
 v - rýchlosť
 r - polomer zakrivenia

$$F_d = m * \frac{v^2}{r}$$



- Podľa zákona akcie a reakcie pôsobenie nejakej sily vyvoláva pôsobenie inej sily, rovnako veľkej, avšak opačného smeru. Pri vzniku sily dostredivej je druhou silou sila odstredivá. Táto reakčná sila k sile dostredivej má smer od stredu zakrivenia dráhy pohybu. Obidve sily vznikajú v zanikajú súčasne, nakoľko sa znižujú alebo zväčšujú. Každá z oboch síl pôsobí na iný objekt.

$$F_o = m * \frac{v^2}{r}$$



Sily súvisiace s prostredím

- Telesné cvičenia sa vykonávajú v priestore, ktorý je vyplnený vzduchom prípadne vodou. Vzduch a voda tvoria prostredie pre telesné cvičenia. Prvé je plynné prostredie, druhé kvapalné.
- Pretože telesné cvičenia sa vždy uskutočňujú v jednom alebo v druhom prostredí, neustále sa s týmito zákonitosťami a vzťahmi stretávame.
- V dynamike pohybu cvičenca nás zaujímajú tie zákonitosti, z ktorých vyplýva pôsobenie síl v súvislostiach s prostredím. Sú dvojakého druhu:
- Sily, ktoré sa prejavujú tlakom prostredia v pokoji. Patrí sem statický tlak a z neho vyplývajúci statický vztlak.
- Statický tlak je vyvolaný vlastnou tiažou vody, resp. vzduchu. Pre vodu má statický tlak špeciálny názov hydrostatický tlak. Pre vzduch má názov aerostatický. Vzduch má však v porovnaní s vodou nepatrnú hustotu, a tiež nepatrnú tiaž, ktorú zanedbávame.

hydrostat. tlak

$$p = h * \rho * g \text{ (potápanie)}$$

Tlaková sila

$$F = S * p$$

statický vztlak

$$F = V * \rho \text{ (plavec nadnášaný vodou)}$$

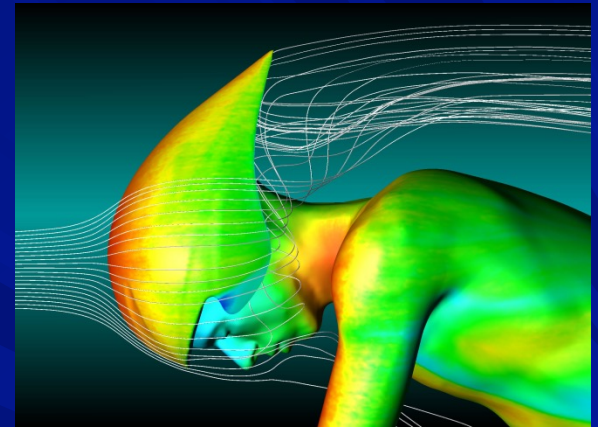


- Sily prejavujúce sa len pri pohybe cvičenca, resp. náčinia v prostredí. Do tejto kategórie patrí odpor prostredia, dynamický vztlak vznikajúci rotáciou náčinia. S odporom prostredia a dynamickým vztlakom, stretávame aj vtedy, keď cvičenec, či náčinie sú v pokoji a pohybuje sa okolité prostredie.

Odpor prostredia

Závisí od obtekania prúdnic okolo objektu :

1. laminárne
2. turbulentné



Kritická rýchlosť - mení sa laminárne obtekanie na turbulentné.

Predstavuje ju

Reinoldsovo číslo:

$$R_e = v * \frac{l}{\lambda}$$

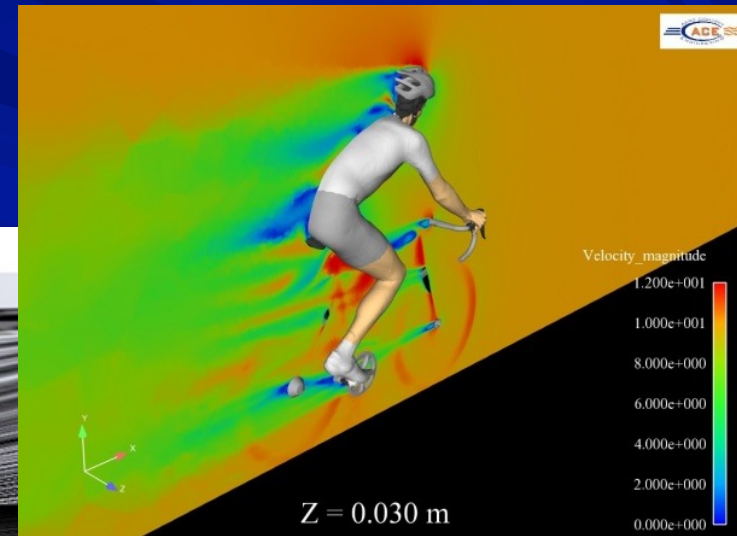
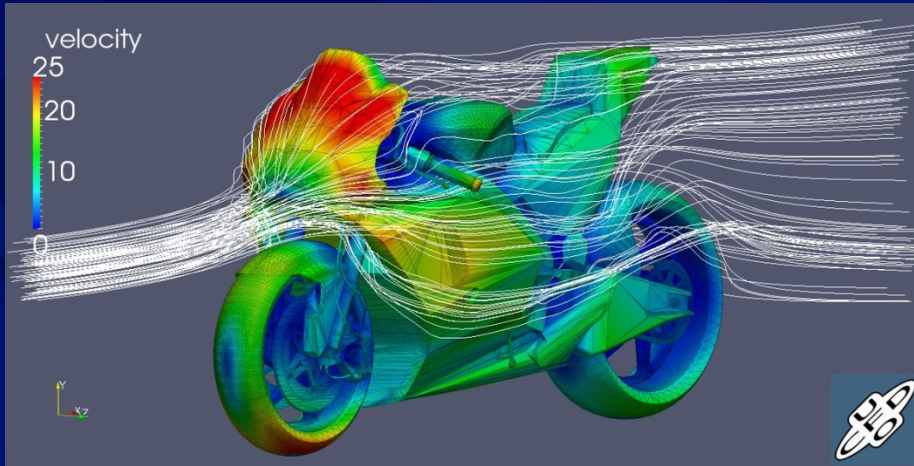
v – rýchlosť pohybu telesa

l - dĺžka obtekania

λ – viskozita prostredia



Prúdenie



■ Odpor prostredia :

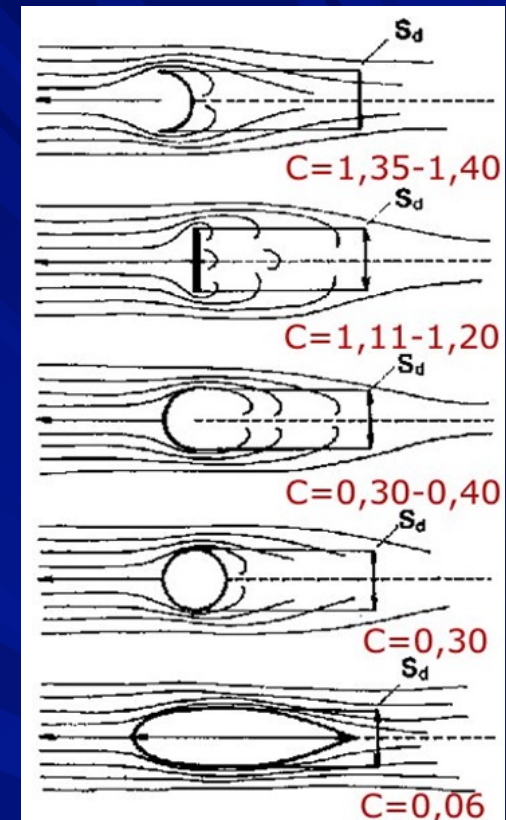
$$- O = C * S * q * v^2 / 2g$$

C – koeficient odporu

S - priečny rez telesa

q - hustota prostredia

v - rýchlosť pohybu telesa



Koeficient odporu závisí od tvaru a hladkosti povrchu telesa.

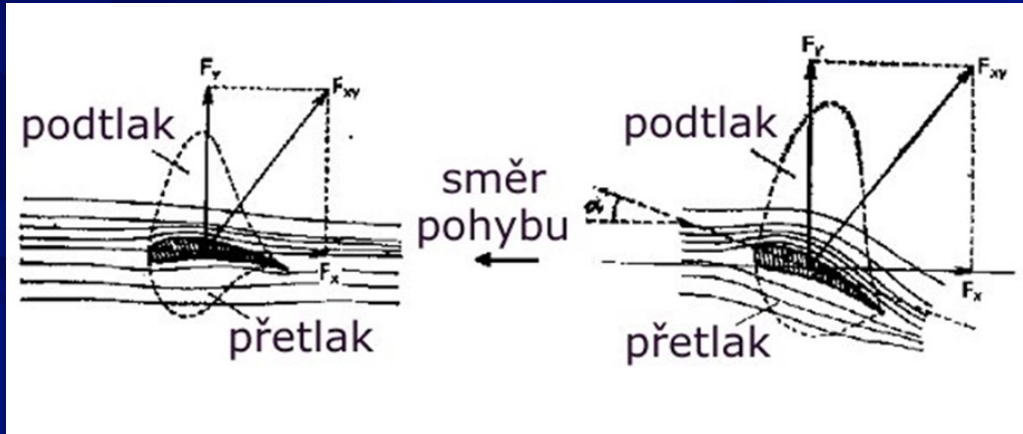
Oblé tvary majú nižší koeficient odporu ako hranaté telesá.

Dynamický vztlak:

Vzniká vtedy, keď pozdĺžna os náčinia zvierá s so smerom pohybu určitý uhol – **nábehový uhol**. (disk)

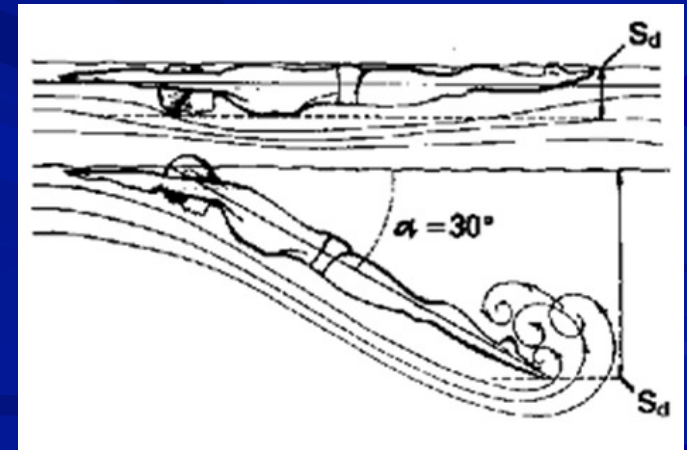
Magnusov jav:

Dynamický vztlak



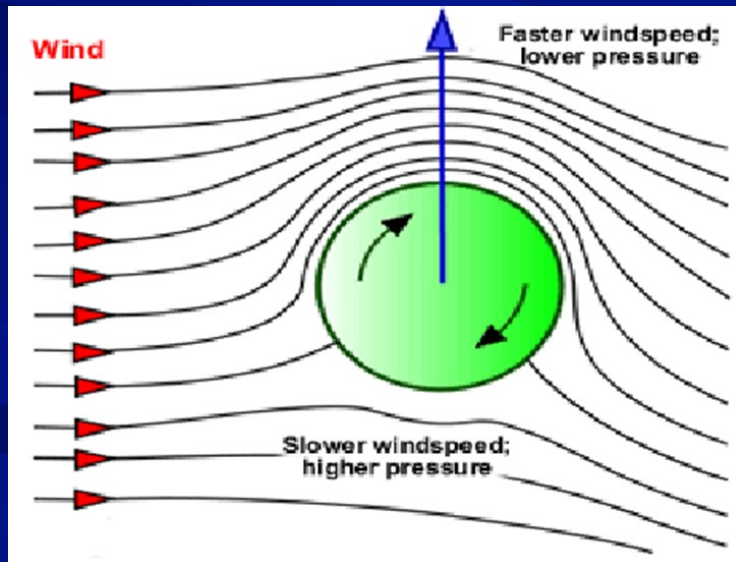
Dynamický vztlak:

Vzniká vtedy, keď pozdĺžna os náčinia zvierá s
so smerom pohybu určitý uhol – **nábehový**
uhol. (disk)



Magnusov jav

Strhávanie častočiek prostredia v smere rotácie. To vychyluje smer a rýchlosť letu náčinia.



5. prednáška

Rovnovážne polohy cvičenca

Charakteristika rovnovážnych polôh cvičenca

V pohybovej činnosti cvičenca môžeme pozorovať také situácie, pri ktorých zotrúva po určitý čas v kludovej polohe. Sú to rôzne stoje, sedy, ľahy a visy... , ktorých charakteristickým znakom je, že pri nich cvičenec nemení svoju polohu.

Pod rovnovážnou polohou cvičenca rozumieme takú polohu, pri ktorej cvičenec ako aj jednotlivé časti tela nemenia polohu. Na udržanie tejto polohy je potrebné, aby účinky **všetkých pôsobiacich síl ako aj ich momentov, sa navzájom rušili.** Niet teda sily, ani momentu sily, ktorý by zmenil jeho rovnovážnu polohu.

Pri analýze rovnovážnych polôh cvičenca musíme brať do úvahy tú skutočnosť, že cvičenec nepredstavuje pevnú, kompaktnú hmotu, ako je pri pevných telesách, ale predstavuje sústavu článkov, ktoré sú vzájomne pohyblivo spojené. **Ak nastane pohyb niektorého článku, spôsobuje zmenu polohy ťažiska, ktoré sa vychýľuje na stranu pohybujúceho sa článku. Tým sa rovnovážna poloha cvičenca narušuje.**



Druhy rovnovážnych polôh cvičenca

Rovnovážne polohy cvičenca môžeme posudzovať z rôznych hľadísk.

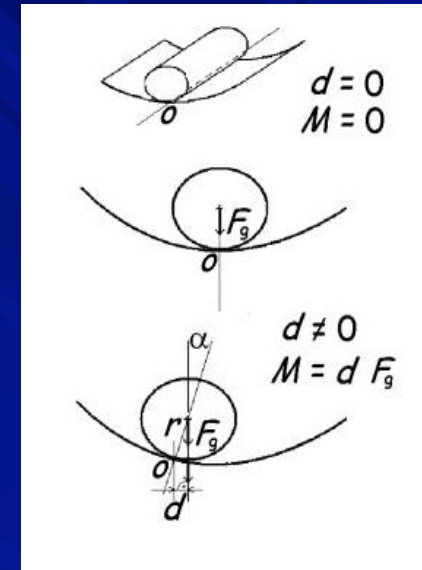
Môžeme ich posudzovať podľa toho :

- Aká je **stálosť cvičenca** proti jeho zvráteniu do inej polohy
- Aké **svalové úsilie** musí cvičenec vynaložiť na udržiavanie si svojej rovnovážnej polohy
- Či cvičenec **zotrváva na svojom mieste**, alebo **mení miesto svojej opory**



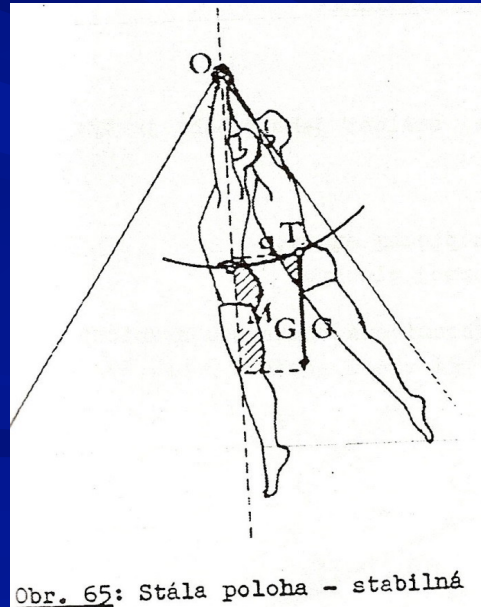
Podľa stálosti polohy rozoznávame :

Poloha stála alebo stabilná
Poloha vratká alebo labilná
Poloha voľná alebo indiferentná



Poloha stála alebo stabilná.

- Je taká poloha, pri ktorej cvičenec po jeho vychýlení z rovnovážnej polohy sa vracia späť do svojej pôvodnej polohy.
- Pri tejto polohe ťažisko tela cvičenca po jeho vychýlení stúpa hore, potom sa vracia späť a po ustálení zaujíma svoju pôvodnú polohu.



S takými polohami sa stretávame pri visoch na náradí, ako sú hrazda, bradlá, kruhy a pod.

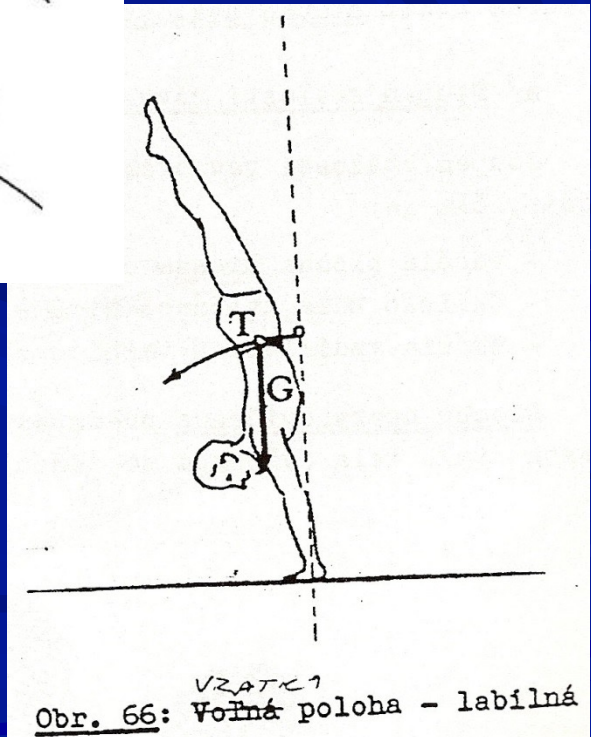
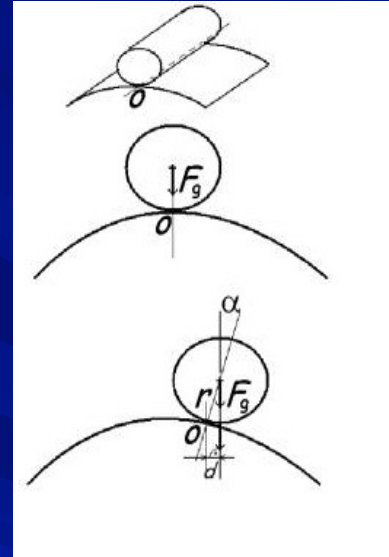
Obr. 65: Stála poloha - stabilná





Poloha vratká alebo labilná

- Je charakterizovaná množstvom práce vynaloženej na to, aby zvrátila cvičenca do novej rovnovážnej polohy.
- K tomuto zvráteniu dochádza vtedy, keď ťažnica tela cvičenca prekročí hranicu opornej plochy.
- Po prekročení tejto hranice zaujíma cvičenec novú rovnovážnu polohu, ktorá je stabilnejšia.
- S vratkými polohami sa stretávame tam, kde ťažisko tela cvičenca sa nachádza nad plochou opory, ako sú rôzne stoje, sedy a pod.



Obr. 66: Vratká poloha - labilná

Voľná alebo indiferentná poloha

- Je taká poloha, pri ktorej ťažisko tela cvičenca zotrúva po jeho vychýlení v rovnovážnej polohe, nevracia sa späť, ale zaujíma novú polohu.
- S týmito polohami sa v telesnej výchove stretávame len zriedkavo, pretože si vyžaduje rotáciu a rovnomerné rozloženie hmoty.



- Príkladom môže byť cvičenec alebo plavec vo vode, keď ťažisko jeho tela a pôsobisko vztlaku sú v jednom spoločnom bode.



Podľa veľkosti svalového úsilia rozoznávame tieto druhy :



Aktívna rovnováha

- Je charakterizovaná veľkým svalovým úsilím
- S aktívnou rovnováhou sa stretávame napr:
- pri predklone,
- záklone,
- váhe na jednej nohe a pod.



Pasívna rovnováha

- Predstavuje takú rovnovážnu polohu cvičenca, pri ktorej tento vynaloží len malé svalové úsilie na jej udržanie.
- Sú to z pravidla polohy s veľkou plochou opory:
- sedy, ľahy, visy a pod.



Podľa toho či cvičenec zotrváva na svojom mieste, alebo mení miesto svojej polohy rozoznávame :

Statickú rovnováhu

- Je, že cvičenec počas svojej rovnováhy **neopúšťa miesto plochy opory**, ale zotrváva určitý čas na tomto mieste.
- Zaradujeme sem **stoje, sedy, ľahy, visy a pod.**

Dynamickú rovnováhu

- Je, že cvičenec si udržiava svoju **rovnovážnu polohu počas pohybu** napr. počas jazdy na lyžiach, jazdy na bicykli, pri behoch a skokoch a pod.



Mechanické podmienky stálosti cvičenca.

- Pri rovnovážnych polohách cvičenca sa stretávame s rôznou stálosťou rovnováhy. Z mechanického hľadiska vyplýva, že pri posudzovaní stálosti rovnováhy je potrebné určiť **stupeň stálosti a mieru stálosti rovnováhy**.

A : Stupeň stálosti rovnováhy

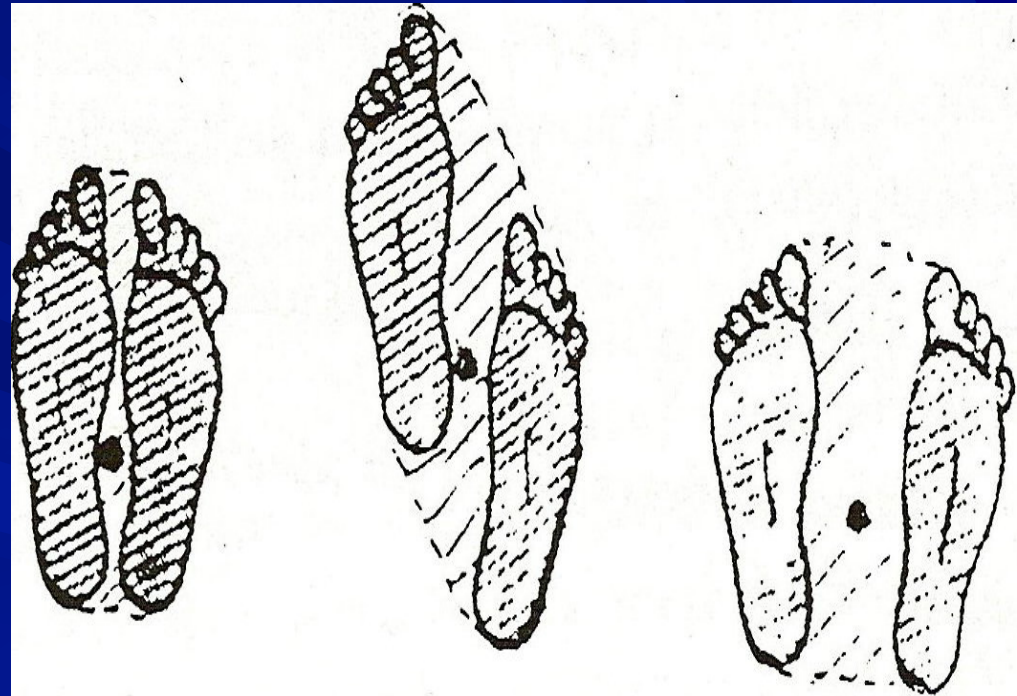
Stupeň stálosti rovnováhy cvičenca aj tým aj stálosť jeho polohy je tým väčšia, čím je :

- Väčšia plocha miesta opory
- Ťažisko tela cvičenca nižšie nad miestom opory
- Väčšia vzdialenosť ťažnice od okraja opornej plochy



Plocha opory cvičenca

- Predstavuje plocha ohraničená vonkajšou hranicou miesta styku tela cvičenca so zemou..
- Čím väčšia je plocha opory cvičenca, tým väčšia je jeho **stabilita**. Preto ak cvičenec chce zväčšiť svoju stabilitu, zaujíma takú polohu, ktorá sa vyznačuje veľkou plochou opory.



Obr. 67: Veľkosť plochy opory pri stoji



Výška ťažiska tela cvičenca nad miestom plochy opory

- Čím vyššie sa nachádza ťažisko tela cvičenca nad miestom plochy opory, tým menší je stupeň jeho stability a naopak, čím je nižšie jeho ťažisko nad plochou opory, tým väčšia je jeho stabilita. Napr. cvičenec prejde zo stoja do drepu, zníži sa poloha jeho ťažiska, čím sa zvýši jeho stabilita. Zvyšovanie jeho stability môžeme podporovať napr, u lyžiarov pri zjazde na lyžiach, u zápasníkov a pod.



Poloha ťažnice vo vzťahu k ploche opory

- Je pri rôznych rovnovážnych polohách cvičenca rôzna, najčastejšie však **prechádza stredom miesta plochy opory**. Pri rovnovážnych polohách cvičenca sa poloha ťažnice často vychýľuje zo stredu plochy opory a to v dôsledku premiestňovania častí tela, **napr. predklonom, záklonom, upažením a pod., čím sa narušuje jeho stabilita.**



B : Miera stálosti rovnováhy

- **Mieru stálosti rovnováhy cvičenca** charakterizuje moment sily tiaže jeho tela. Tento moment odporuje inej pôsobiacej sile, napr. úderu boxera, ktorá sa usiluje zvrátiť cvičenca do inej rovnovážnej polohy. Tomuto momentu hovoríme moment stability.

Moment stability

- Je určený silou tiaže cvičenca a ramenom stability, ktoré predstavuje kolmá vzdialenosť ťažnice cvičenca od okraja jeho opornej plochy a vyjadrený rovnicou má tvar : **$M_s = G \times p$**

M_s – moment stability

G – sila tiaže cvičenca

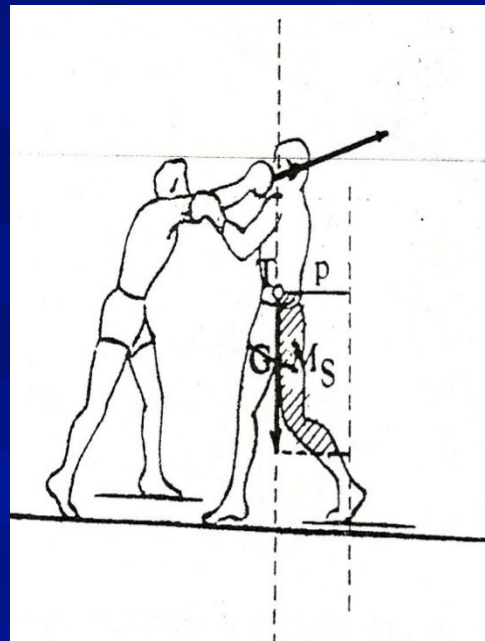
p – rameno stability

Moment stability sa bude zväčšovať alebo zmenšovať so zväčšovaním alebo zmenšovaním ramena stability. Napr. prekročením, ukročením, zakročením a pod.

Pri zvyšovaní alebo znižovaní polohy ťažiska, alebo pri zväčšovaní plochy, mení sa aj uhol, ktorý zvierajú ťažnica a priamka prechádzajúca ťažiskom a vonkajšou hranou opornej plochy. Tomuto uhlu hovoríme **uhol stability**.

Uhol stability

predstavuje uhol, ktorý zvierajú spojnice ťažiska tela cvičenca s okrajom opornej plochy a ťažnica prechádzajúca ťažiskom tela. Uhol stability sa zväčšuje aj so zväčšovaním plochy opory. Čím väčšia bude plocha opory cvičenca, tým väčší bude uhol stability a tým aj väčšia jeho stabilita. Preto cvičenec pre zvýšenie svojej stability zväčšuje aj uhol stability, a to alebo znížením polohy ťažiska, alebo zväčšovaním plochy opory.



Obr. 69: Moment stability



Obr. 70: Uhol stability



Statické účinky svalov pri rovnovážnych polohách tela

- **Udržujúca činnosť svalov** – vzniká pri vychýlení určitej časti tela pričom vznikne moment sily tiaže. Pre zachovanie rovnováhy nastáva svalová činnosť pre zvrátenie nerovnovážneho stavu (predpaženie, upaženie)
- **Spevňujúca činnosť svalov** – pri častiach tela vo zvislej polohe, kde nevzniká moment tiaže. Svaly spevňujú časť tela a nevychýlia ju, pokiaľ nie je zmena nežiadúca.
- **Fixujúca činnosť svalov** – ak napätie týchto svalov odporuje silám iných svalov. Svaly fixujú článok, aby bol pohyb správne vykonaný. (cvičenie na náradí, hody, skoky)

Analýza základných rovnovážnych polôh

- Pri biomechanickej analýze rovnovážnych polôh je potrebné:
- zisťovať polohy tela voči sebe a voči okoliu
- zistiť polohu ťažiska a ťažnice vo vzťahu k ploche opory
- zistiť podmienky rovnováhy tela a jeho častí
- zistiť účinky síl a ich momentov, ich vplyv na rovnovážny stav

■ Delenie rovnovážnych polôh podľa polohy ťažiska cvičenca (nad oporou, pod závesom)

■ Stoje

■ Sedy

■ L'ahy

■ visy



Rovnováha v stoji

- Plocha opory sa nachádza pod ťažiskom tela a hlava a trup smerujú hore.
- Od každého postoja závisí iný pomer postavenia panvy a dolných končatín.
- **Postoje:**
- **Vzpriamený** – vyžaduje malú svalovú aktivitu (aj to nepravidelnú). Poloha tela má malú stabilitu, lebo ťažisko je vysoko a plocha opory je malá.
- **Stoj v pohove** – jedna noha je odľahčená, panva klesá na stranu odľahčenej nohy. Nastáva skolióza a zošikmenie ramien. Telo má malú svalovú aktivitu lebo jednotlivé jeho časti nevytvárajú momenty síl. Poloha je vratká, lebo je relaxovaných viacero svalových skupín.



Rovnováha v stoji

- **Streh** – najstabilnejší postoj, nohy sú od seba vzdialené, v kolenách pokrčené, trup predklonený, a horné končatiny pokrčené v lakt'och. Plocha opory je väčšia a ťažisko nižšie. Svalová aktivita je vyššia ako u vzpriamenom postoji. Výhoda postoje je v krátkej dobe zmeny v pohybe (úder, kop, výpad).
- **Stoj na rukách, predlaktí, hlave** - ruky a hlava tvoria plochu opory, pričom trup a hlava smerujú dolu. Labilita postojov je vysoká. Poloha tela je závislá od vysokej svalovej aktivity. Poloha je vratká polohou ťažiska a malou plochou opory.



Rovnováha v sede

- Sú to východzie, oddychové alebo končiace polohy cvičenca
- Stupeň stálosti je oproti stojom väčší v závislosti od plochy opory, polohy paží a nôh.
- Svalová aktivita je malá, ale závisí od toho, či sa cvičenec opiera (napr. o stenu, operadlo) alebo nie (vzpriamený sed).
- Na základe prenášania váhy v sede môže dôjsť k kyfotickému alebo skoliotickému zakriveniu chrbtice.

Rovnováha v ľahu

- Sú charakteristické veľkou stabilitou
- **Produkujú malú svalovú aktivitu** a preto ide hlavne o **oddychové polohy**
- Rovnako slúžia ako **stabilné polohy pri cvičeniach** (posilňovanie, konečné polohy pri pádoch a pod.)

Rovnováha o vise

- Plocha opory sa nachádza nad ťažiskom tela cvičenca
- Pri vychýlení tela z rovnovážnej polohy má tendenciu sa opäť vrátiť do pôvodnej polohy.
- Ide hlavne o visy.
- Svalová aktivita sa prenáša na flexory rúk a pletenca ramena. Ďalej sa zapájajú svaly chrbta, brucha a hrudníka. Svaly nôh fixujú kĺby.
- Vplyvom sťažených podmienok dochádza k rýchlejšej únave (ťažšie dýchanie, zhoršený krvný obeh a pod...)