

**Téma seminární práce:**  
**Kinematická a dynamická analýza salta vpřed skrčmo**

**V Brně 11. 11. 2010**

**Daniela Hadlačová**

**UČO: 356552**

**Trenérství**

# **Struktura seminární práce**

Úvod

## **1. Východiska zkoumaného problému**

- 1.1. Teorie řešeného problému
- 1.2. Současná praxe
- 1.3. Vytyčení problému

## **2. Cíle, hypotézy a úkoly výzkumu**

- 2.1. Cíle výzkumu
- 2.2. Hypotézy výzkumu
- 2.3. Úkoly výzkumu

## **3. Metoda výzkumu**

- 3.1. Charakteristika výzkumných souborů
- 3.2. Výzkumná situace
- 3.3. Metody získávání údajů
- 3.4. Metody zpracování údajů
- 3.5. Metody vyhodnocování údajů

## **4. Výsledky diskuze**

Závěry do praxe

Přílohy

Použitá literatura

Tématem moji seminární práce je rozbor gymnastického prvku a to salta vpřed skrčmo z hlediska biomechaniky, proto bych nejprve ráda objasnila, co taková biomechanika vlastně znamená.

Biomechanika je vědní obor, který se zabývá příčinami pohybu lidského těla a pohybů, kterých je lidské tělo příčinou. Každá lidská činnost, pokud má být v praxi co nejuspěšnější, vyžaduje správnou techniku, což je řešení pohybového úkolu jedincem na základě jeho anatomicko – fyziologických a psychických předpokladů. Technický základ pohybu je systém pohybových aktů a operací, kterými je řešen pohybový úkol. To znamená, že každý pohyb, každý cvik se skládá z několika dílčích pohybových aktů, které jsou provedeny v časové posloupnosti.

Úkolem biomechanických analýz je poznání technického základu pohybu jako nositele dějové aktivity.

Ještě bych zde také ráda zmínila, jak se na problém salta vpřed zaměřili autoři knih, ve kterých jsem se pro svou práci inspirovala.

Jaroslav Křištofič ve své knize *Fyzikální aspekty sportovní techniky* popisuje spíše kinematiku salta vpřed, ale zabývá se i tím, jak správně provést tento cvik od rozběhu až po doskok. Můžeme v této knize najít i grafy časových závislostí různých provedení salt.

Ve své další knize *Základy biomechaniky dynamických gymnastických cvičení* se Jaroslav Křištofič zaměřuje převážně na dynamiku cvičení. Rozvádí zde síly a jejich účinky, Newtonovy pohybové zákony, charakteristiky otáčivého pohybu a energie. Uvádí i množství vzorečků pro výpočty týkající se této problematiky.

Miroslav Zítka a Jan Chrudimský se zaměřují v publikaci *Akrobacie* na rozdíl salta vpřed z místa a z rozběhu, popisují fyzikální východiska techniky a technický základ pohybu. Doporučují také, jak správně provádět nácvik salta, aby bylo jeho provedení v pořádku.

Josef Libra s kolektivem v učebnici *Teorie a metodika sportovní gymnastiky* charakterizují salto krok za krokem z hlediska správné techniky od rozběhu po dokončení. Uvádí, jak používat co nejefektivněji paže. Dozvíme se také, s jakými dalšími prvky můžeme salto vpřed spojovat, neboli jaké další cviky na něj můžeme navázat. Najdeme zde i pěkný kinogram celého salta vpřed.

## 1. Východiska zkoumaného problému

### 1.1. Teorie řešeného problému

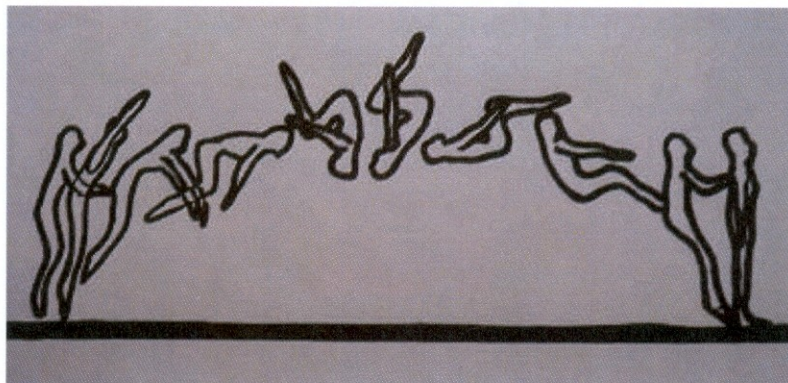
Salta jsou akrobatické prvky, při kterých dochází k úplnému přetočení těla směrem vpřed kolem příčné osy v bezoporové fázi letu. Salta se dají provádět z místa, z rozběhu nebo po jiných cvičebních tvarech (přemet vpřed, vzklopka, rondát, přemet vzad...) a lze je realizovat v modifikacích skrčmo, schylmo, prohnutě, toporně, i s obraty okolo výškové osy těla.

Salto vpřed můžeme rozdělit na dvě hlavní části. Za první považujeme rozběh a odraz a druhá je přetočení těla v letu a doskok. Předpoklady k provedení cviku vznikají v první části. Jejím cílem je uvedení těla do bezoporové fáze, v níž dochází k přetočení kolem volné osy. Základními složkami je rozběh a odraz. Rozběhem cvičenec získává určitou horizontální rychlost, kterou převádí na složku



k ní kolmou – odraz. Vzájemný poměr a souhra obou složek určuje úhel, pod kterým tělo stoupá do letové fáze. Přechod mezi rozběhem a odrazem se uskutečňuje náskokem, tj. odrazem jednož při posledním kroku rozběhu a doskokem snožmo do místa odrazu. Při doskoku dochází k aktivnímu vysunutí pánve vzad, takže cvičenec doskakuje v mírném povysazení, v němž je těžiště posunuto poněkud vzad. Velikost tohoto vysazení je přímo úměrná rychlosti odrazu. Nezbytným předpokladem účinného odrazu je dokončení náskoku na zpevněné nohy, které jsou nepatrně pokrčeny v kolenou jednak pro zmírnění nárazu, jednak pro rychlý přechod k extenzi při odrazu. V oporové fázi, v níž se tělo se tělo přetáčí kolem pevné osy procházející chodidly, se těžiště předsunuje před místo opory.

### Kinogram salta vpřed skrčmo



### 1.2. Současná praxe

Někteří začátečníci se dopouští chyby ve snaze se co nejdříve přetočit a příliš zmenšují úhel v kyčelních kloubech. Výsledkem delšího ramena je sice větší točivost, avšak na úkor celkové výšky skoku, takže cvičenec letí příliš nízko a daleko a většinou se mu nepodaří salto dotočit až na chodidla a skončí vsedě.

Cvičenec by měl proto myslet na to, že po odrazu tělo opouští zemi při velkém momentu setrvačnosti. K lepšímu využití počátečního přetáčení získaného odrazem proto cvičenec musí původní moment setrvačnosti zmenšit. Děje se to zkrácením poloměru otáčení – sbalením těla a předklonem hlavy. Čím rychleji ke sbalení dojde, tím rychlejší je přetočení. K opětovnému snížení rychlosti přetáčení před doskokem dochází vzpřímením hlavy a trupu, napnutím nohou v kolenou, popřípadě vzpažením. Doskakuje se na špičky mírně pokrčených a zpevněných nohou.

### 1.3. Vytyčení problému

Salta vpřed lze provádět mnoha různými způsoby, ale jen jeden z nich je ten nevhodnější. Proto bych se ve své práci ráda zaměřila na správný pohyb paží při odrazu, protože právě paže udávají saltu vhodnou točivost a potažmo i ideální výšku skoku a zároveň bych uvedla rozdíly provedení salta z místa a z rozběhu. Vycházet budu z experimentu, který bude následně analyzován danými metodami.

## 2. Cíle, hypotézy a úkoly výzkumu

## 2.1. Cíle výzkumu

Cílem výzkumu je kinematickou a dynamickou analýzou rozebrat salto vpřed a docílit tak poznání správného provedení tohoto prvku.

A co vlastně taková kinematika a dynamika obnáší?

Kinematická charakteristika popisuje pohyb v prostoru a čase bez ohledu na příčiny pohybu. Příkladem může být tělo v letové fázi, kdy víme v jaké výšce, kterým směrem a jakou rychlostí se pohybuje, ale to nic nevypovídá o příčinách pohybu.

Dynamická charakteristika se zabývá silovými účinky v čase a prostoru, tedy jakou silou se cvičenec odrazil, což je příčinou následně letové fáze (např. právě salto vpřed).

## 2.2. Hypotézy výzkumu

Předpokládáme, že hlavně pohyb paží při odrazu ovlivňuje další fázi salta, což je ideální výška a rychlost otáčení.

A myslíme, že je potřeba odlišná technika provedení salta z místa a salta z rozběhu.

## 2.3. Úkoly výzkumu

Úkolem je, pomocí již zmíněných biomechanických metod a pomocí experimentu, natáčení a fotografování, předvést a potvrdit hypotézu, že správný pohyb paží hraje velkou roli při ideálním provedení salta vpřed. A stejně tak dokázat rozdílnou techniku provedení salta z místa a salta z rozběhu.

## 3. Metoda výzkumu

### 3.1. Charakteristika výzkumných souborů

Pro experiment byl vybrán jeden schopný cvičenec, který měl za úkol předvést všechny typy provedení salta vpřed, na které je zaměřen tento výzkum (to znamená salto vpřed z místa a z rozběhu a tři způsoby pohybu paží při odrazu).

### 3.2. Výzkumná situace

Výzkumná situace se zabývá těmito prvky:

#### **SALTO VPŘED Z MÍSTA**

#### **Fyzikální východiska techniky:**

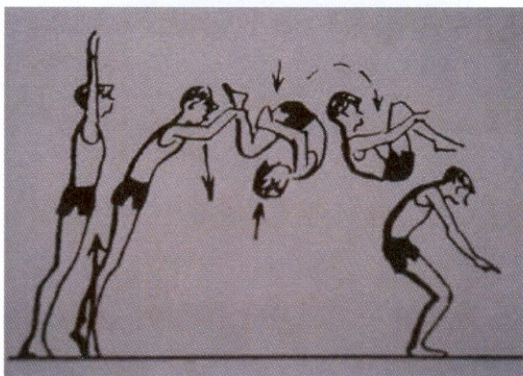
Momentové působení odrazu nohou (mimo těžiště těla)

Změna momentu setrvačnosti těla za letu

#### **Technický základ pohybu**



Pro provedení salta vpřed z místa je nutný vznik ramene síly (působení výslednice sil mimo těžiště těla) a mohutný odraz nohou. Pro zajištění těchto podmínek začínáme z polohy stoj, vzpažit a pokračujeme náklonem těla vpřed a předklonem trupu i hlavy. Odraz nohou tak působí na rameni (kolmá vzdálenost od průvodce síly k ose otáčení) a vzniká primární rotační impuls. Energickým sbalením ve shodě se směrem rotace zkrátíme poloměr otáčení, což má za následek zvýšení úhlové rychlosti (čím rychleji a více se zkrátí poloměr otáčení, tím větší změna rychlosti nastane).



### **SALTO VPŘED Z ROZBĚHU**

#### **Fyzikální východiska techniky:**

Získ dopředné rychlosti

Účinek setrvačné síly a tření – změna postavení těla cvičence vzhledem k opoře

Přenos hybnosti paží na trup

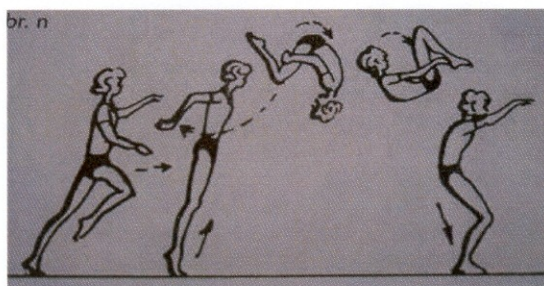
Momentový účinek odrazu nohou

Změna momentu setrvačnosti za letu

#### **Technický základ pohybu**

Z rozběhu naskakuje cvičenec na mírně přesunutých a zpevněných nohách. Náskok nesmí být příliš vysoký, aby se neztratila dopředná rychlost získaná rozběhem. V průběhu odrazu se vlivem tření zastaví pohyb špiček nohou a v důsledku setrvačnosti se posune těžiště těla před místo odrazu. Postupným zmenšováním poloměru otáčení (sbalením) ve shodě se směrem rotace, se zmenšuje moment setrvačnosti a vzrůstá rychlost otáčení. Otáčení těla a výšce salta pomáhá doplňující silový impuls - pohyb paží.

Na rozdíl od salta z místa zde není tak nutnou podmínkou k získání točivosti momentové působení odrazu, protože se hmotné segmenty setrvačně pohybují vpřed vlivem hybnosti získané rozběhem a jejich obvodová rychlost se úměrně zvětšuje se vzdáleností od místa opory (před špičky) a momentovým působením odrazu je zajištěna dostatečná točivost, potřebná k realizaci salta vpřed.



Existují tři základní možnosti v práci paží:

Obr. 130

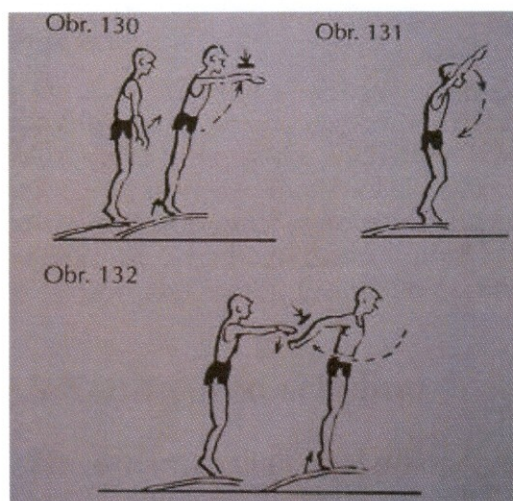
Z nízké polohy paží předpažit povýš, aby pohyb paží nepůsobil proti směru rotace, musí být akce paží zastavena nejvýše v předpažení. Při tomto způsobu ale salto není dost vysoké a rychlé.

Obr. 131

Ze vzpažení vpřed předpažením připažit, tento způsob je výhodný pro rotaci a používá se například při vazbě přemet vpřed – salto vpřed, protože po přemetu navazujeme rovnou polohou, kdy jsou paže ve vzpažení a jejich rychlým připažením zrychlujeme rotaci, což potřebujeme, protože už nemáme takovou rychlost jako při saltu navazujícím přímo na rozběh.

Obr. 132

Z předpažení zapažit, tento způsob je biomechanicky nejúčinnější, protože při správné koordinaci odrazu s aktivním pohybem paží do zapažení umožňuje přenos hybnosti paží na trup, což přispívá ideální výšce i rotaci skoku.



### 3.3. Metody získávání údajů

Pomoci fotoaparátu a kamery jsem získala údaje, které jsem dále zpracovávala a vyhodnocovala.



### 3.4. Metody zpracování údajů

Zde jsou popsány základní fyzikální aspekty sportovní techniky a přiložený kinogram s rozkreslenými silami, které působí na cvičence v momentě odrazu.

Na začátku najdeme tři Newtonovy pohybové zákony (princip setrvačnosti, zákon síly a zákon akce a reakce), a dále první a druhou impulzovou větu, zákon o zachování hybnosti a zákon o zachování momentu hybnosti, přenos hybnosti, zákon o zachování dráhy těžiště, moment síly, moment setrvačnosti, odstředivou a dostředivou sílu, kinetickou a potenciální energii.

#### PRINCIP SETRVAČNOSTI

Těleso setrvává v klidu nebo v pohybu rovnoměrném přímočarém, není-li nuceno tento stav změnit působením jiných sil. Setrvačnost představuje vlastnost hmoty zachovat si svůj pohybový stav. Je to odpor tělesa proti změně hybnosti. Účelem každého rozběhu je získat dopřednou rychlost, tedy účinkem silových impulsů získat hybnost. Takto získaná hybnost působí setrvačně i během dalších pohybových aktů. S účinky setrvačnosti se setkáváme v každém pohybovém projevu. Po rychlém rozběhu se nemůžeme zastavit na místě, protože se tělo setrvačně pohybuje ve směru působící síly. Stejně tak na konci gymnastických sestav, každý krůček navíc znamená srážku z hodnocení.

#### ZÁKON SÍLY

Změna pohybu je úměrná působící síle a děje se v tom směru, ve kterém síla působí.

Síla jako pohybová vlastnost je definována jako schopnost překonávat vnější odpor, neboli pro nás „síla je příčinou změny pohybového stavu“. Takže pokud chceme těleso uvést do pohybu, musíme k tomu použít sílu.

Čím větší silou působilme na těleso, tím je jeho zrychlení větší a zrychlení je větší, čím je hmotnost tělesa menší. Při jednorázovém silovém impulsu (odraz), při stálém působení síly uděluje síla tělesu stále stejné zrychlení.

$$a = F/m$$

a – zrychlení

F – síla

m – hmotnost

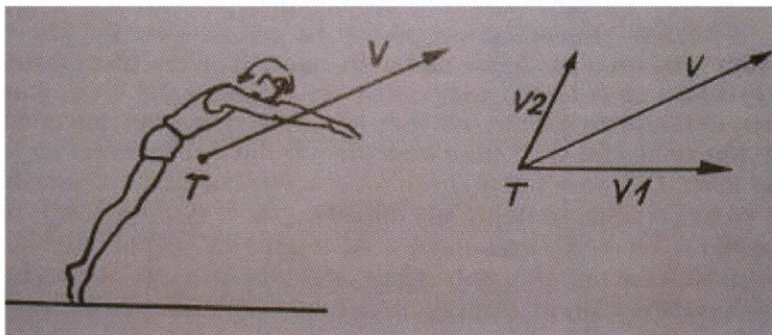
**Dále rozlišujeme síly na:**

- vnější (gravitace, tření,...)
- vnitřní (svalová kontrakce)
- statické (udržují tělo v klidu)
- dynamické (mění pohybový stav těla (odraz))



Jednotlivé síly můžeme skládat pomocí metody vektorového rovnoběžníku.

Př. rozběhem získal cvičenec horizontální rychlost  $V_1$ . Odrazem dolních končetin získal vertikální rychlost  $V_2$ . Součtem obou vektorů získáme výsledný vektor  $V$ , který udává směr výsledného působení obou sil a tedy okamžitý směr pohybu těžiště těla, neboli jeho hmotný střed. Může být i mimo tělo, používáme ho jako pomocný bod, kterým můžeme v letových fázích znázornit pohyb těla jako pohyb hmotného bodu, v němž je jakoby soustředěna veškerá hmotnost těla.



## ZÁKON AKCE A REAKCE

Při odrazu působí dolní končetiny proti podlaze silou – akce. Reakcí je stejně velká síla, ale opačného směru, která vzdálí tělo od podlahy. Účinky akce a reakce jsou patrné při všech cvičeních na opoře a bývají ještě zdůrazněny o složku elastické energie – reakce náradí např. akrobatická podlaha.

**Princip protipůsobení** – je důsledkem zákona akce a reakce. Působíme-li na pružné těleso silou, vznikne vratná tvarová deformace, která při zpětném pohybu posílí reakční účinek a složku elastické energie. Příkladem je cvičení na pružné akrobatické podlaze.

## 1. IMPULZOVÁ VĚTA

Definuje účinek vnější síly na pohybový stav těles na základě zákona akce a reakce.

Vycházíme ze zákona síly  $F = m \cdot a$

$$F \cdot t = m \cdot v$$

Impulz síly = hybnost

F ... síla

t ... čas

m ... hmotnost

v ... rychlost

a ... zrychlení

Silovým impulzem udělíme tělesu hybnost, uvedeme jej v pohyb. Takže při odrazu gymnasta udělí tělu hybnost a tělo přechází do letové fáze.

**Zákon o zachování hybnosti** – hybnost získaná při odrazu zůstává po celou dobu letu a nelze ji změnit. To platí pro izolovanou soustavu, již lidské tělo za letu je, lze jen zvětšit hybnost jednoho segmentu, na úkor druhého, ale celková hybnost se nezmění. Proto je pro získání hybnosti důležitá činnost na opoře, kdy se do posledního okamžiku spojení těla se zemí dá hybnost ovlivnit.

**Přenos hybnosti** – aktivním pohybem segmentu horních, nebo dolních končetin se získá hybnost, která se díky následné fixaci určitého segmentu vůči trupu přenesou na sousední (hmotnější) články kinematického řetězce – v případě salta na trup, který pokračuje v setrvačném pohybu.

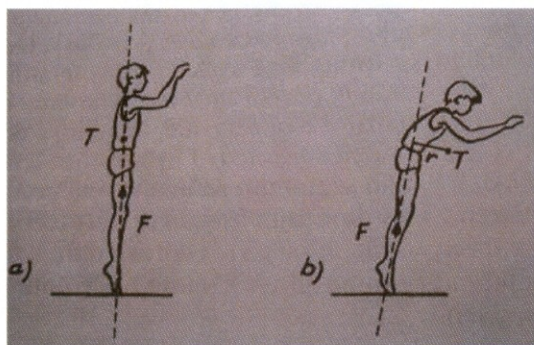
### ZÁKON O ZACHOVÁNÍ DRÁHY TĚŽIŠTĚ

Jak jsme už prokázali, hybnost těla získanou odrazem nemůžeme za letu měnit, lze jen zvětšit hybnost jednoho segmentu na úkor druhého, ale celková hybnost se nemění. Gymnasta při saltu může ovlivnit pouze natočení těla vůči podložce při dopadu, ale dráhu těžiště těla v letové fázi však vnitřními silami ani vůlí ovlivnit nelze. Výšku skoku a dráhu letu těžiště určujeme ještě na podložce, za letu již nelze hybnost ani dráhu těžiště měnit.

### CHARAKTERISTIKY OTÁČIVÉHO POHYBU

V gymnastice převládají otáčivé pohyby, a proto je nutné charakterizovat některé pojmy ve vztahu k nim.

#### MOMENT SÍLY



Na obrázku **a** působení síly způsobuje pouze vertikální výskok. Aby nastal pohyb otáčivý, musí nastat stav na obrázku **b**, kdy síla musí působit mimo těžiště. Podmínkou vzniku otáčivého pohybu je vznik ramene síly, což je kolmý průmět vektoru působící síly a těžiště. Velikost momentu síly **M** je dána velikostí působící síly **F** a velikostí ramene síly **r**.

$$M = F \cdot r$$

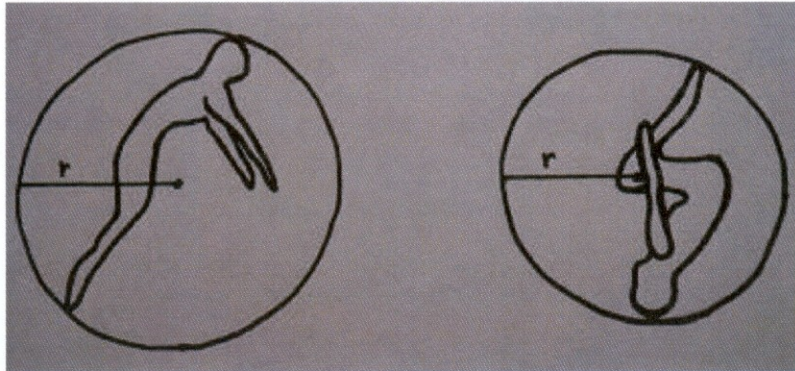
Působení síly na rameni síly nazýváme momentovým působením a má otáčivý účinek. Jestliže chce gymnasta provést salto vpřed z místa, je nutné, aby jeho výchozí poloha byla jako na obrázku **b**.

#### MOMENT SETRVAČNOSTI

$$J = m \cdot r^2$$



Moment setrvačnosti představuje setrvačný odpor hmoty proti změně pohybového stavu a charakterizuje rozložení hmoty vůči ose otáčení. Čím větší je  $r$  (poloměr otáčení, neboli vzdálenost hmoty tělesa od osy otáčení), tím větší je moment setrvačnosti a otáčivý pohyb je obtížnější (větší setrvačný odpor). Ke vzniku otáčivého pohybu musí existovat vnější síla, např. reakce podlahy při saltu u místa.



**Změna momentu setrvačnosti** – vyskytuje se ve dvou podobách, ale se stejným důsledkem: za volného letu, kdy osa těžiště prochází těžištěm a při otáčivém pohybu těla a kolem volné osy, kdy dojde k přiblížení těžiště k ose otáčení (to znamená zmenšení setrvačnosti těla, což má za následek zvýšení úhlové rychlosti těla).

## 2.IMPULZOVÁ VĚTA

Je základní zákon biomechaniky pro otáčivý pohyb.

Úpravou vzorce pro moment síly  $M = F \cdot r$

Dostaneme rovnici:  $M \cdot t = J \cdot \omega$  ... impulz momentu síly = moment hybnosti

$M$  ... moment síly

$t$  ... čas

$J$  ... moment setrvačnosti

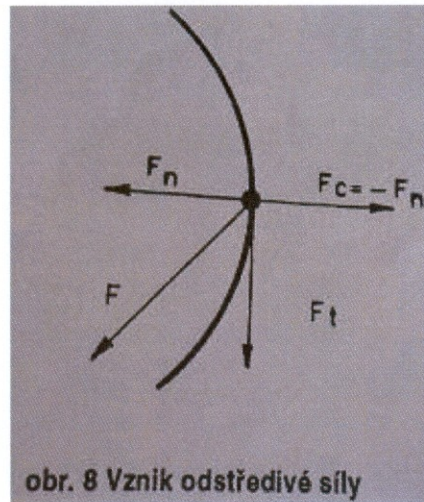
$\omega$  ... úhlová rychlost

**Zákon o zachování momentu hybnosti** – v okamžiku přechodu těla do letu je určena dráha jeho těžiště, jako důsledek pohybových operací na opoře. Získaný moment hybnosti (točivost) nelze za letu měnit, ale lze s ním „hospodařit“ na principu změny  $J$ .

## ODSTŘEDIVÁ A DOSTŘEDIVÁ SÍLA

Dle principu setrvačnosti se snaží každé těleso zachovat svůj pohybový stav, to znamená i směr pohybu. Aby nastala změna směru pohybu, je nutné na těleso působit vnější silou. Sílu  $F$  můžeme rozložit na složku normálovou  $F_n$  (dostředivou) a složku tečnou  $F_t$ . Dostředivá síla  $F_n$  vychyluje vázané těleso na kruhovou dráhu a podle zákona akce a reakce k ní musí vzniknout síla stejně velká,

ale opačného směru, síla odstředivá  $F_c$ . Odstředivá síla je důsledkem setrvačnosti hmoty, je reakcí na sílu dostředivou.



obr. 8 Vznik odstředivé síly

## ENERGIE

Předpokladem k provedení jakéhokoliv cviku je účinkem síly uvést hmotu těla do pohybu, jinými slovy získat energii. Tento pojem můžeme definovat jako schopnost konat práci. Tato schopnost může být vyjádřena dvěma základními kvalitami.

**Energie kinetická (pohybová)**, která se rovná práci potřebné k uvedení tělesa z klidu do pohybu o rychlosti  $v$ .

$$E_k = mv^2/2$$

$m$  ... hmotnost

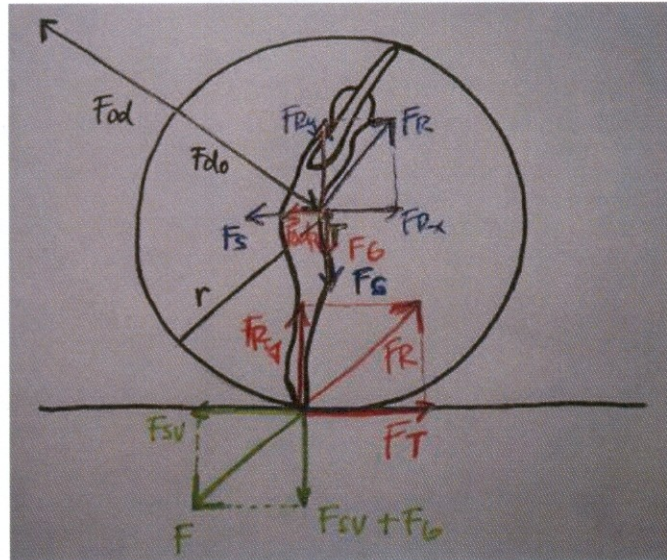
$v$  ... rychlost

**Energie potenciální (polohová)** vyjadřuje práci, kterou je těleso o hmotnosti  $m$  schopné vykonat působením tíhové síly  $g$  při dopadu z výšky  $h$ .

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$



Rozložení sil, které působí na cvičence při odrazu:



Fod ... síla odstředivá

Fdo ... síla dostředivá

r ... poloměr otáčení

FS ... síla setrvačná

Fodp ... síla odporová

FG ... síla tíhová

FR ... síla reakční

Fsv ... síla svalová

FT ... síla třecí

**Při saltu pracují hlavně tyto svaly:**

Trojhlavý lýtkový sval (musculus triceps surae)

Čtyřhlavý stehenní sval (musculus quadriceps femoris)

Dvojhavý stehenní sval (musculus biceps femoris)

Přímý sval břišní (musculus rectus abdominis)

Velký hýžděový sval (musculus gluteus maximus)

### 3.5. Metody vyhodnocování údajů

Analýzou jednotlivých poznatků jsem dospěla k jejich syntéze a vydedukovala jsem, že opravdu existuje rozdíl mezi technikou salta z místa a salta z rozběhu, kdy při provedení salta z místa je důležitý vznik ramene síly (působení výslednice sil mimo těžiště těla) a mohutný odraz nohou. Naopak při saltu z rozběhu si musíme ponechat již získanou setrvačnost proto, aby byl celý pohyb jednodušší a zároveň dynamický.

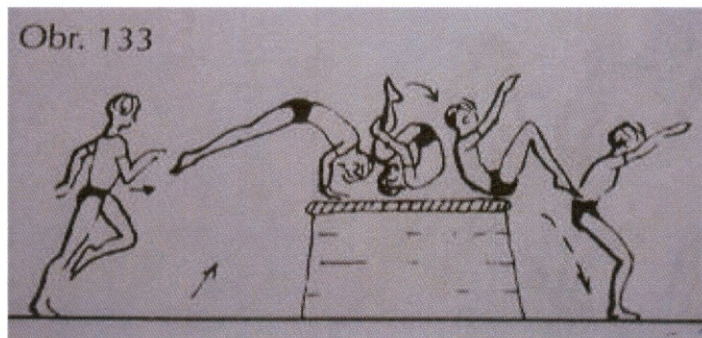
Také jsem došla k závěru, že důraz na pohyb paží není bezdůvodný, protože paže jsou hlavním segmentem našeho těla, který ovlivňuje výšku a rychlost salta tak, aby člověk doskočil na mírně pokrčené nohy a zůstal stát na místě. Paže podporují na začátku salta setrvačnost a na konci ji zase brzdí, aby cvičenec nemusel po dopadu dělat další kroky vpřed.

## 4. Výsledky diskuze

### Závěry do praxe

Provedení salta vpřed skrčmo není jednoduchou záležitostí, proto by měli začátečníci věnovat nejprve pozornost řádnému nácviku.

Například nácvik doskoku po sbalení: rychlý kotoul na bedně nadél s doskokem do podřepu, aby si cvičenec zvykl začínat se správnou polohou paží a aby dopadal na mírně pokrčené nohy se vzpažením paží.



Dále nejsou od věci pokusy skákání salta z trampolíny nebo do sedu na zvýšenou plochu (žínětku).

Také by měli cvičenci dbát na posílení dolních končetin, protože ty jsou velmi důležité u odrazu, při kterém máme poslední šanci průběh našeho letu ještě nějak ovlivnit.



## **Přílohy**

Ofocené obrázky a kinogramy

## **Použitá literatura**

LIBRA, J. a kol. *Teorie a metodika sportovní gymnastiky*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1973. ISBN 23-08-13

KRIŠTOFIČ, J. *Základy biomechaniky dynamických gymnastických cvičení*. Praha: Ústřední škola české obce sokolské, 1997.

KRIŠTOFIČ, J. *Fyzikální aspekty sportovní techniky*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 1996. ISBN 382-101-96

ZÍTKO, M.; CHRUDIMSKÝ, J. *Akrobacie*. 2. vyd. Praha, 2006. ISBN 80-86586-17-0