

KFE/KIP3

Mgr. Tomáš Votík
votikt@kfe.zcu.cz

- Předmět se zabývá mechanikou a biomechanikou pohybového systému lidského těla. Zabývá se tělem jako tělesem. Popisuje podstatu normálního a patologického pohybu, jeho typů, posturálních funkcí, volných a automatických pohybů. Přihlíží k běžným činnostem, lokomoci a manuálním činnostem a jejich poruchám.

Kineziologické modely

(punctum fixum, punctum mobile, kinematické řetězce,
stupně volnosti)

KIP3

- při pohybu působí vždy několik svalů současně a tvoří tím svalové skupiny se společnou funkcí
- svaly, které propojují pohybový kostní segment se dvěma pevnými strukturami tvoří **svalovou smyčku** (ne gama smyčka)
- ta přitahuje pohyblivý segment k jednomu či druhému opěrnému bodu nebo fixuje pevně jeho pozici vůči opěrným bodům (CKC, OKC)

Svalová smyčka

-
- mezi svaly je vmezeřen pohyblivý kostní segment
- svaly ve smyčce působí na vmezeřený pohyblivý segment jako otěže, mezi nimiž je pohyblivý segment „dynamicky“ zavěšen tak, že ho lze fixovat i jím cíleně pohybovat ve směru tahu svalů

Svalový řetězec

- vzniká vzájemnou fyzikální i funkční vazbou několika svalů nebo smyček propojených mezi
- řetězců může pracovat několik současně → značné rozšíření adaptability a flexibility pohybové soustavy jako celku
- při poruše rovnováhy uvnitř sv. řetězce mohou vznikat různé poruchy držení těla

Punctum fixum (PF), punctum mobile (PM)

- Kontrakční svalová síla je převedena na momenty sil a vyvolává reakční svalové síly v celém pohybovém systému (**posturální reaktibilita**)

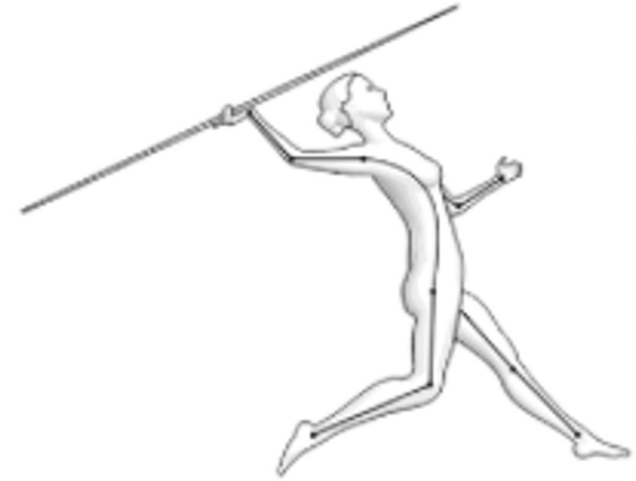
Účelem reakční svalové síly je zpevnění segmentů, aby byla získána stabilní úponová oblast a segment odolával účinkům zevních sil = **punctum fixum**

Punctum fixum (PF), punctum mobile (PM)

- **PF** tedy znamená, že jedna z úponových částí svalu je zpevněna
- druhá úponová část provádí **efektivní** fázickou hybnost segmentu –
- Tuto druhou pohyblivou část nazýváme **punctum mobile**

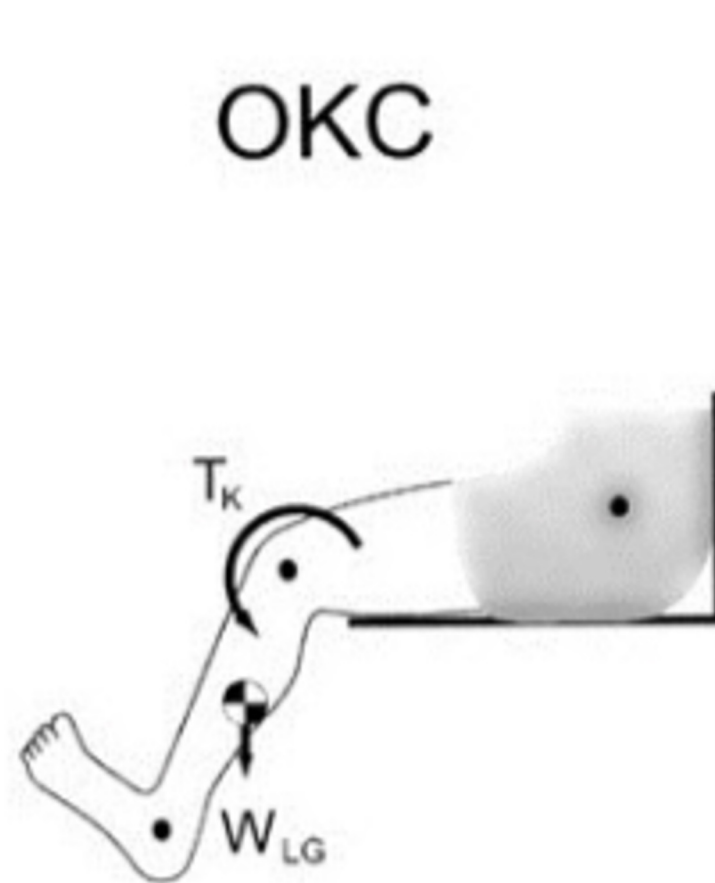
Kinematické řetězce

- dle PF/PM
 - Otevřený kinematický řetězec (OKC)
 - Uzavřený kinematický řetězec (CKC)



Otevřený kinematický řetězec

- jeden konec volný, druhý fixovaný
- PF proximálně, PM distálně



Otevřený kinematický řetězec

- terminální článek se setkává s tak malým odporem, že to má na ostatní segmenty zanedbatelný (přestože existující) vliv
- nezávislost segmentů vůči sobě

OKC

- možnost změny pohybu v jednom kloubu nezávisle na kloubu sousedním (teoreticky)
- pohyb končetinou nesouvisí s postavením a pohyby trupu, akrum je volné
- otevřený směrem do periferie
- energeticky náročný

OKC v praxi

- využíván za účelem zlepšení **pohyblivosti**
 - Mobilní
 - Větší počet stupňů volnosti (DOF)
 - Větší možnost variability (často chybí)
 - Nutnost kvalitního PF
-
- spíše pro funkční aplikaci (např. manipulace)
 - ale špatně se to v tomto modelu opravuje, pokud tam je něco špatně

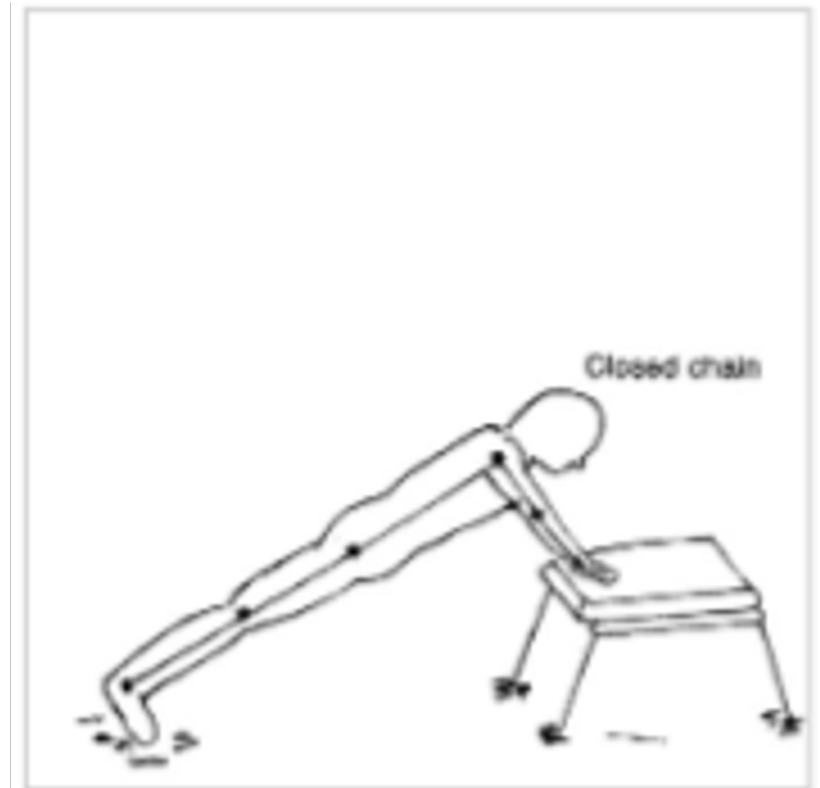
Příklady OKC:

- pohyby končetinou při neměnné poloze trupu
- cvičení na lůžku, cvičení s činkami, „šlapání na kole“, elevace HK z upažení ve stoji
- v reálných podmínkách při manipulacích s drobnými předměty → trup člověka (relativně fixován gravitační silou v sedu nebo stoji)
- změna punctum fixum a mobile
 - charakteristická pro lokomoci (bipední i kvadrupední)
- pohyby velkého rozsahu a rychlosti, korigované až po jejich dokončení

přechod z OKC v CKC

- odpor kladený koncovému článku řetězce je tak velký, že je jeho pohyb spojen se souhybem ostatních článků → řetězec se začíná uzavírat (vrtěti psem)
- → dochází ke zvratu punctum fixum a punctum mobile celého řetězce
- přechod mezi OKC a CKC je tedy ovlivněn probíhající pohybovou činností – nelze zde stanovit přesné určení hranice

Uzavřený kinematický řetězec

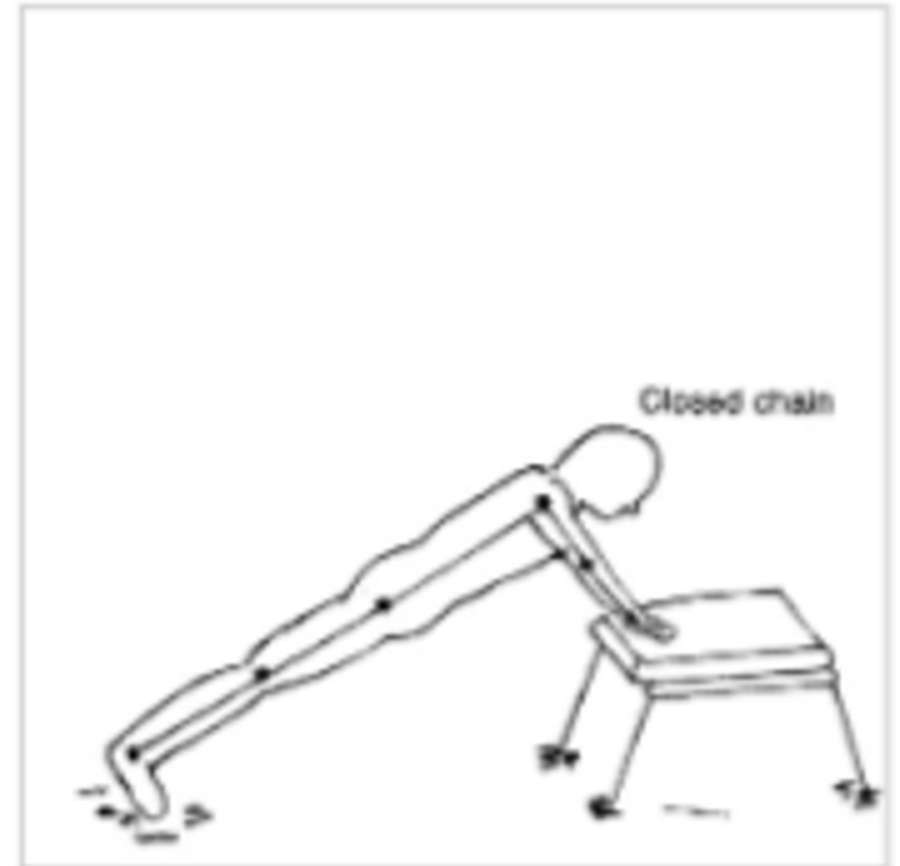


CKC

- je uzavřen akrálně (punctum fixum)
 - perifernější kloub je fixovaný a pohybuje se kloub proximálnější
- vyžaduje aktivaci vyšších struktur CNS
 - má charakter komplexnějšího pohybu, počítá s aktivitou celého těla

Uzavřený kinematický řetězec

- využívá principu opory
- snížení DOF
- stabilní
- aproximace
- Uplný CKC - vzpřimování systému.



CKC

- energeticky méně náročný
 - využití pro zlepšení **stability**
 - pohyby malého rozsahu a rychlosti,
-
- charakter komplexnějšího pohybu, který „počítá“ s aktivitou celého těla
 - zevní síla pro systém nepřekonatelná
 - k pohybu v rámci řetězce nemusí vůbec dojít, přestože jsou svaly řetězce aktivovány = kontrakce izometrická

- **Příklady CKC:**
- aktivity spojené se změnou těžiště a obecně s vertikalizací
 - cvičení v opoře
- úplně uzavřený řetězec
 - K této situaci prototypově dochází při vzpřimování systému



jiné definice

Dle Zatsiorskyho (kinetické hledisko)

- OKC – 1 konec volný, druhý pevně fixován
- CKC – oba konce fixovány

Dle Vařeky (kinematické hledisko)

- OKC – možná změna postavení v 1 kloubu beze změny v postavení v ostatních kloubech
- CKC – změna postavení v 1 kloubu je možná pouze za současné změny postavení v dalším kloubu

Dle Krobota (funkční hledisko)

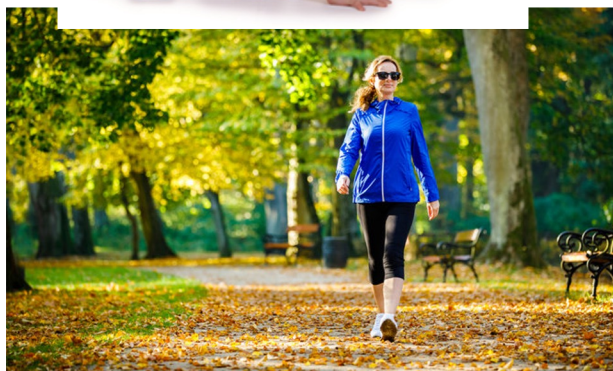
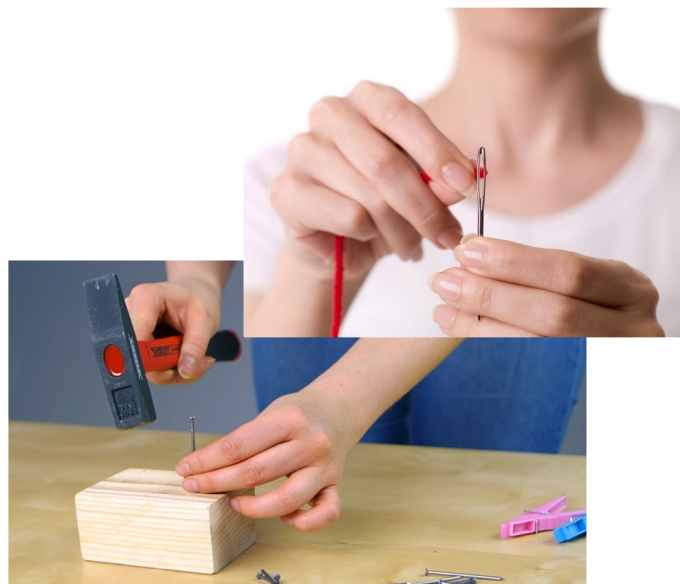
- OKC – trup představuje punctum fixum a akrum punctum mobile
- CKC – třep představuje punctum mobile a akrum punctum fixum

Dle Steindlera

- OKC – terminální segment je volný
- CKC – terminální segment se setkává s dostatečně velkým odporem proti pohybu

POJMY OKC A CKC

- POUZE MEZNÍ SITUACE -



Praktické aplikace



Praktické aplikace OKC CKC

- při OKC dochází k rotatory stress pattern
- zatímco CKC linear stress pattern
- začínáme tedy v CKC pro získání přiměřené kloubní stability (fáze vytvoření posturálních synergií je podmínkou pro další motorický vývoj)
- nejprve je potřeba zvládnout statickou stabilizaci kloubu a následně dynamickou

Praktické aplikace OKC CKC

- CKC – např. dřepy (weight-bearing exercise) vhodné jako hlavní typ cvičení pro RHB po úrazech nebo operacích DKK
- OKC – fáze letová při běhu, s odlehčením končetiny, pro doplnění i prvky cvičení v tomto režimu

Praktické aplikace OKC CKC

- z vývojového hlediska je fáze vytvoření posturálních synergií v CKC podmínkou pro další motorický vývoj (obecně i segmentově)
- zvládnutí cvičení v CKC je univerzálně nezbytné pro to, aby daný segment mohl být integrální součástí fungujících OKC
- racionální je zahájit program RHB cvičením v CKC
 - např. v opoře, mostění – stabilizace v oblasti pánve

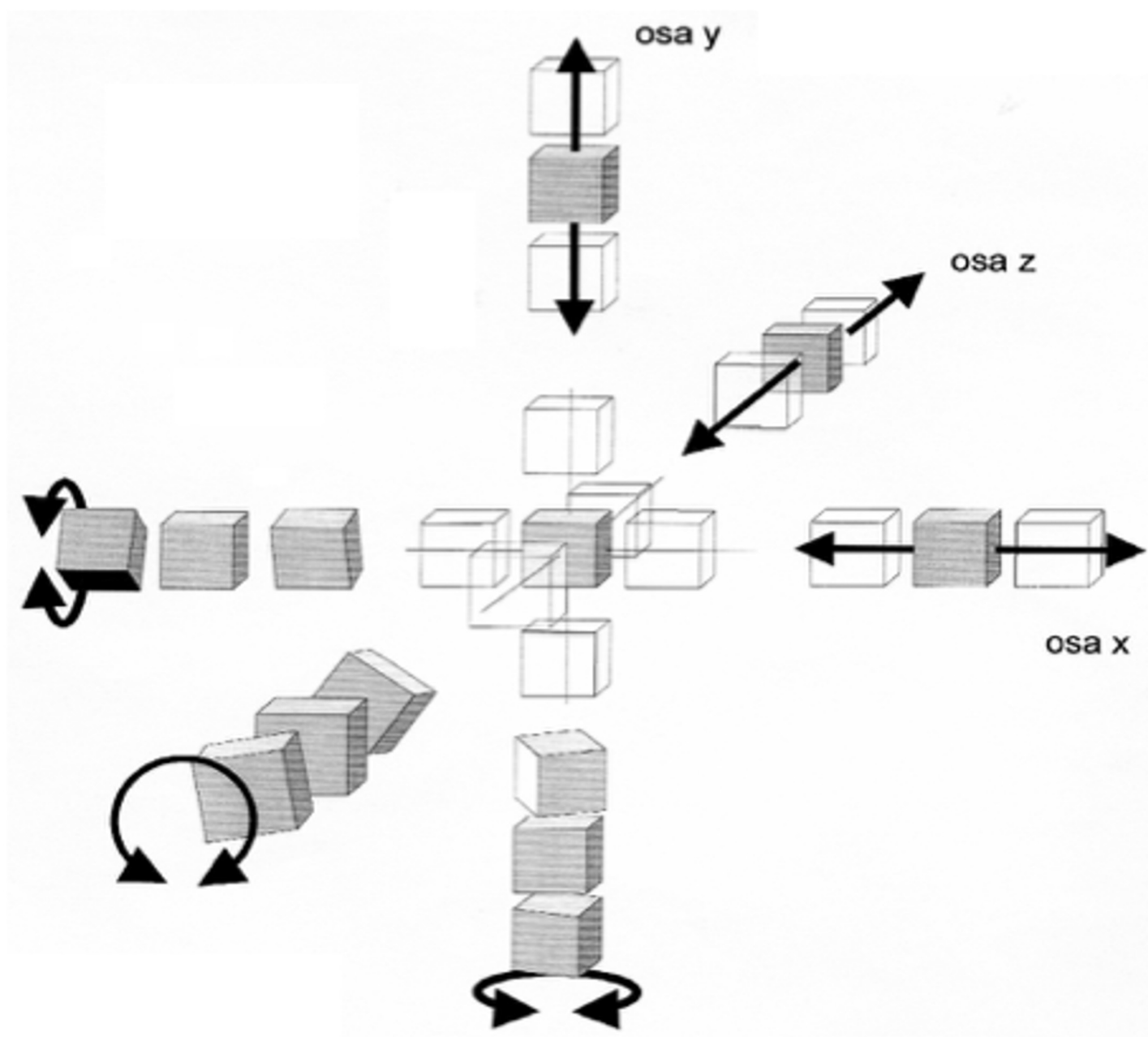
Stupně volnosti (DOF)

Stupně volnosti kloubu a kinematického řetězce

- synoviální kloub jako kompromis mobility a stability
- stabilita/mobilita je dána tvarem artikulujících ploch, limitacemi a aktivitou periartrikulárních struktur (úpon blízko kapsuly)

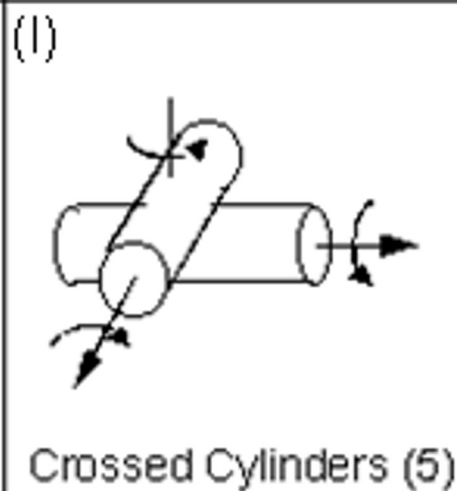
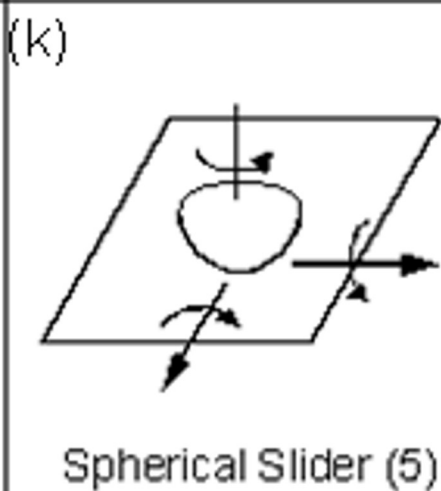
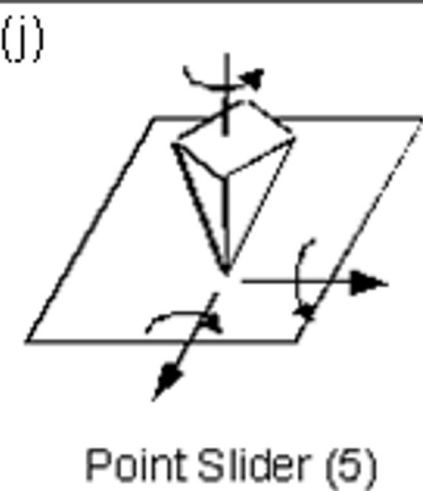
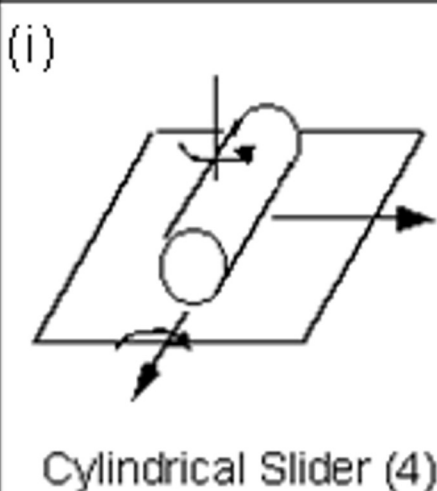
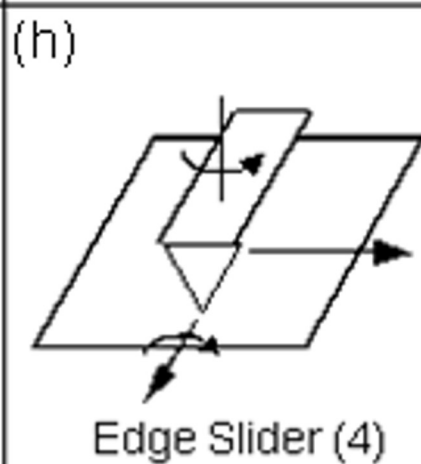
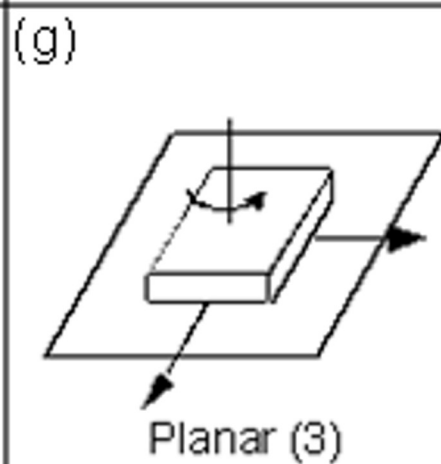
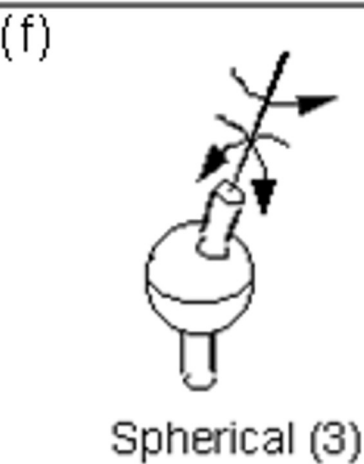
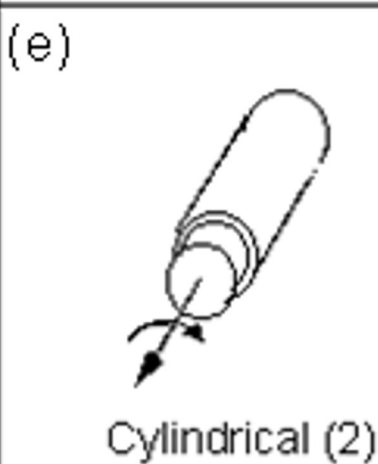
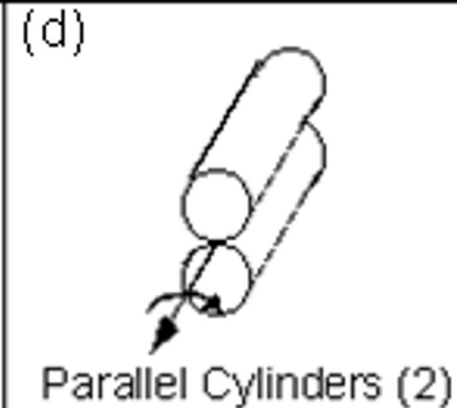
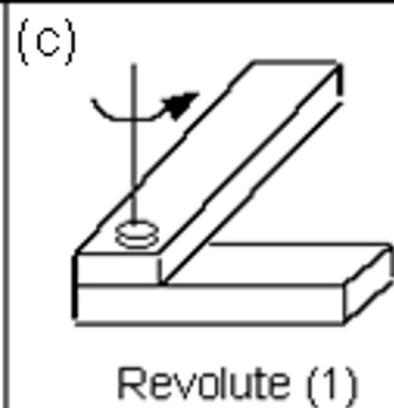
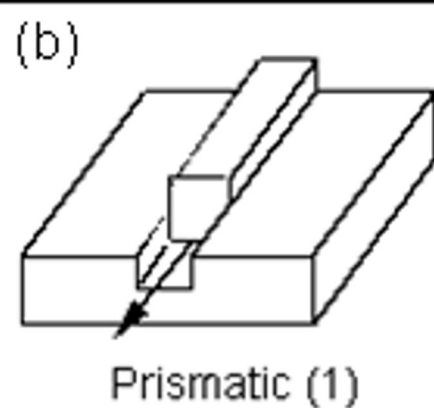
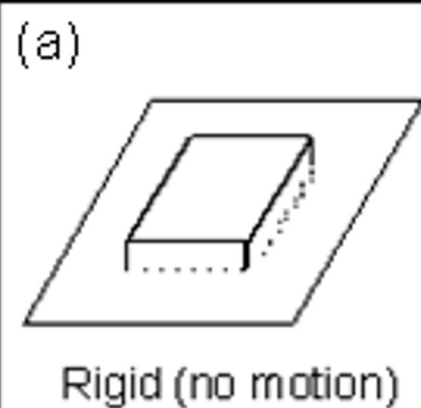
Stupně volnosti (DOF)

- Počet os/rovin, kolem kterých/v kterých je možný pohyb
- Nejvyšší stupeň volnosti má těleso volně v prostoru – 6



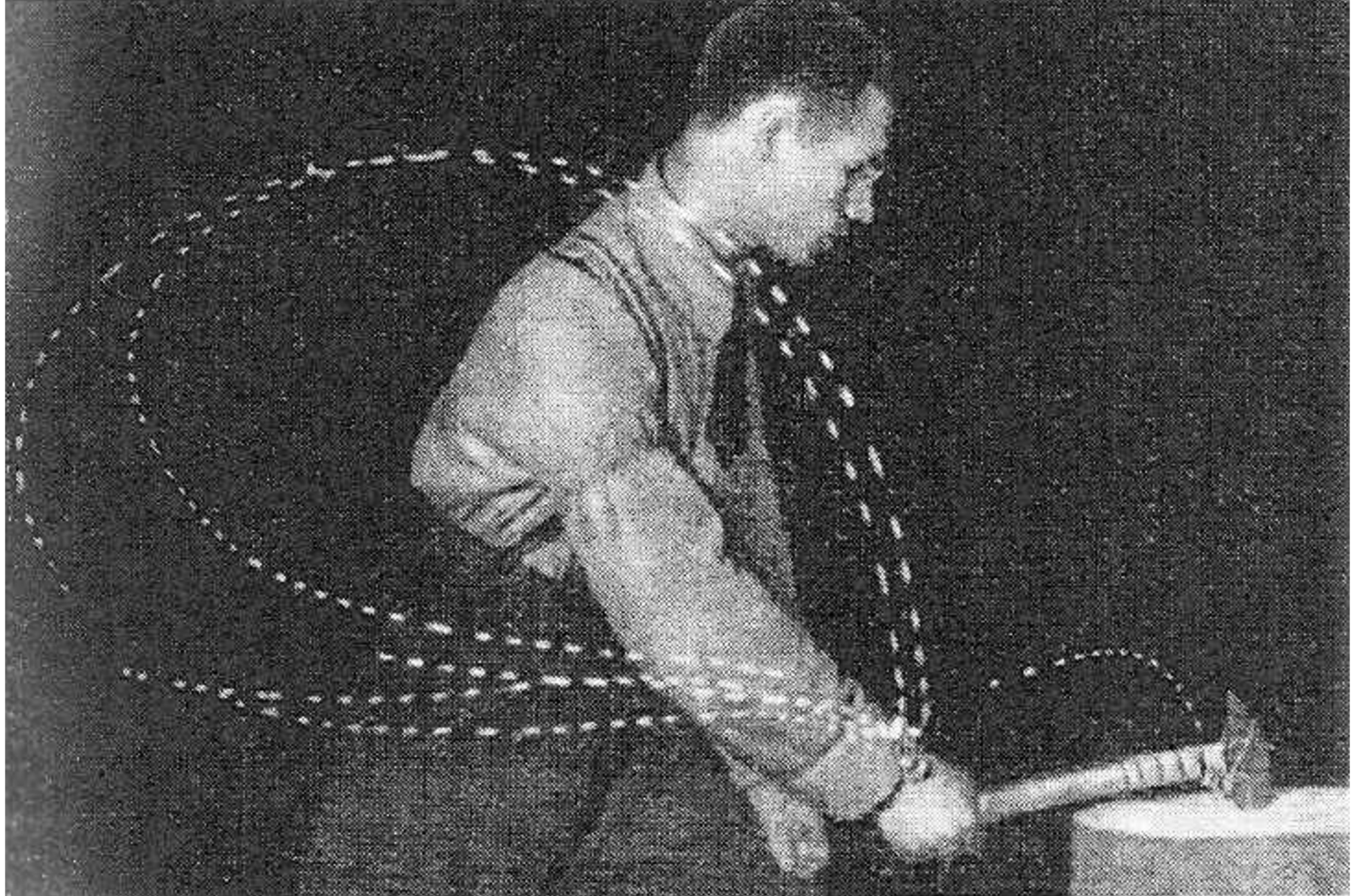
Obr. 5. Těleso s šesti stupni volnosti ($\text{DOF} = 6$).

- **V kineziologii jednoho kloubu pracujeme s max třemi stupni volnosti**
- sférický(kulový) kloub - 3 DOF
- TM kloub - 2 DOF (translace a rotace)
- Kladkový kloub - 1 DOF



- DOF v pohybovém řetězci sčítáme a bavíme se o celkovém stupni volnosti řetězce = **mobilita řetězce**
- Čím větší je mobilita řetězce, tím více variant pohybu má systém k dispozici, kdy konečný článek je nastavený stejně – **variabilita**
 - **motorická ekvivalence**
- Z tohoto vzniká funkční „nadbytečnost“ - **Redundance**
 - Existuje více možností, které nelze využít naráz, ale potenciálně využitelné

- **variabilita**



Variabilita

Fyziologie motoriky v kontextu DOF

- Koordinace pohybu je proces zvládnutí redundance stupňů volnosti pohybujících se organismu“ Bernstein 1966
- Kvalita provedení činnosti je dána stupněm kontroly možností provedení

- Zdravý systém má na výběr z více variant DOF a volí tu, která je pro danou situaci nejvhodnější („nejfyziologičtější“)
- tzn.: většinu úkonů lze provést mnoha způsoby (motorická ekvivalence)

- Problém nastává při selekci způsobu
- Závisí na:

- > závisí na úrovni „zralosti“ CNS

Problém DOF

- **Jak regulovat/volit nejvhodnější způsob pohybu?**
- **CNS “aktivuje” synergie**
 - skupiny svalů, které jsou nuceny pracovat spolu jako jednotka
- Jak se jedinec vyvíjí, dochází od elementárních pohybových principů ke složitějším synergiím (chůzová, kotníková)

- **Jak regulovat/dle čeho vybrat nejvhodnější způsob provedení pohybu?**
- **např.: pohybová efektivita**

Motorické učení a DOF

- Motorické učení je v podstatě proces ovládnutí a řešení DOF
- Podle Bernsteina dělíme proces učení na 3 fáze

Proces řešení DOF/motorické učení

- **Freezing DOF**
- Motorika novorozence
- Jednoduché, hrubé pohyby
- Např.: spasticita –

Proces řešení DOF/motorické učení

- **Releasing DOF**
- odejmutí omezení DOF
- zvýšení efektivity prováděného pohybu

Proces řešení DOF/motorické učení

- **Exploiting DOF**
- plné využití přirozených možností DOF
- výklady se liší dle autora (“Bernstein vs Latash“)

- V případě patologie dochází ke snížení repertoáru pohybových strategií
- dochází ke „sklouznutí“ pouze k jednomu způsobu, a to takovému, který je v daný moment pro systém nejjednodušší provést – ne vždy energeticky a biomechanicky efektivní a fyziologický

Práce s DOF v praxi

- CKC
- OKC

Literatura

- <https://www.prolekare.cz/casopisy/rehabilitace-fyzikalni-lekarstvi/2005-1/nektere-teoreticke-poznamky-k-problematice-otevrenych-a-uzavrenych-biomechanickych-retezcu-5286/download?hl=cs>
- Latash, neurophysiological basic of movement
- Véle
- Dvořák