

Kineziologické aspekty lidské lokomoce

Mgr. Petra Valouchová, Ph.D.
Klinika rehabilitace, 2.LF UK

Chůze

**je základní
lokomoční stereotyp**

**vybudovaný v ontogenezi
na fylogeneticky fixovaných
principech,**

**charakteristických
pro každého člověka.**

Fylogeneze lokomoce

- **Obojživelníci a plazi**
 - střídavá kvadrupedální lokomoce
 - lateroflexe páteře
 - abdukce v kořenových kloubech,
flexe středních kloubů
- **Kvadrupedální savci**
 - při běhu pohyb pomocí ext/fl páteře

Fylogeneze lokomoce

- **Primáti**
 - schopni krátké bipedální lokomoce bez vzpřímení pánve,
 - VR + FL DKK, lateroflexe páteře

Nevýhody bipedální lokomoce

- **menší stabilita**
- **menší rychlost pohybu**
- **vyšší nároky na koordinaci segmentů těla**

Výhody

- **uvolnění HKK pro manipulaci**
- **zlepšení vizuální orientace**

Vývojová kineziologie

Motorická ontogeneze

- **geneticky determinovaná v DNA každé buňky**
- **druhově specifická**
 - **bipedální lokomoce**
 - **vzpřímené postavení pánve a sakra**
 - **extenze + ZR v kyč. kl., extenze kol. kl**
 - **úchop – opozice palce**
 - **řeč – pohyb jazyka**

Podmínky pro neporušený vývoj lokomoce

- Motivace – mentální vývoj
- Senzorická orientace
- Automatické řízení polohy – pro volní pohyb
= vyjádřením stupně zralosti CNS
diferenciace fce svalů = vytvoření PF
= vzpřímení páteře

Klíčová období vývoje lokomoce

- 3. měsíc – vytvoření opěrné báze
- 4,5. měsíce – diferenciace funkce končetin
rotabilita páteře po Th/L
- 6. – 7,5. měsíc – rotabilitata celé páteře
šikmý sed - vstup do vertikály
- 8. – 9. měsíc – zkřížený vzor kvadrupedální lokomoce
- 10.- 12. měsíc – kvadруп. lokomoce ve vertikále
- 14.-16. měsíc – bipedální lokomoce

Charakteristiky lokomoce dětí do 6 let

- 1 – 2 roky – větší PF, v kolenním kloubu semiflexe, menší rozsah FL/EX v kyčelním kloubu
- širší opěrná báze (zmenšuje se ve 4 – 7 letech)
- větší kadence kroků, menší délka krokového cyklu (dosahuje hodnot dospělé chůze cca v 15 letech)
- kontakt celou ploskou (chybí počáteční kontakt paty)
- absence recipročních souhybů HKK (objevují se ve 4 letech)

Centrální mechanismy řízení volního pohybu

- **Koncepce** (idea) pohybu – limbická kůra a kůra frontálního laloku
- **Taktika** – asociační korová oblast
- **Iniciace pohybu:**
asociační kůra → **bazální ganglia** → thalamus
→ *premotorická a doplňková motorická kůra*
- **Předprogramování a kontrola pohybu:**
asociační k. → nucleus pontis → **later. cerebellum**
→ thalamus → *motorická kůra*
- **kortikální pohyb** – relativně pomalý a opravován
- **rychlý pohyb** – zautomatizovaný, naprogramovaný

Centrální mechanismy řízení lokomoce

A) Teorie centrálních generátorů lokomočních vzorů

- vytváří explicitně rytmickou neurální činnost
- 2 typy neurálních buněk
- aktivita jednoho typu inhibuje druhý typ buněk
- přijímá vzruchy z periferních receptorů
- v oblasti mezencephala a v krčních segmentech míchy (lokomoční pruh)
- korekční pohybové reakce – preprogramované balanční pohyby dále korigovány volní činností

Centrální mechanismy řízení lokomoce

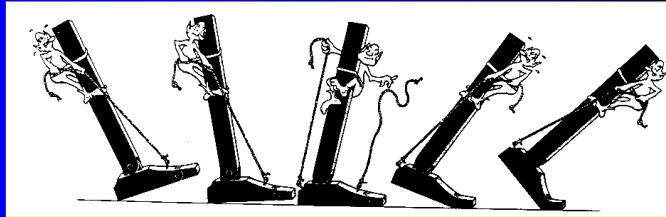
B) Teorie dynamických lokomočních vzorů

- systém vytvářející pohyb (CNS, efekторы, vnější a vnitřní působící síly) je modelován nelineárními diferenciálními rovnicemi
- popisuje přesněji komplexní chování, oscilační pohybové reakce a změny koordinace
- přístup využívá matematické modelování
- otázka biologické relevance

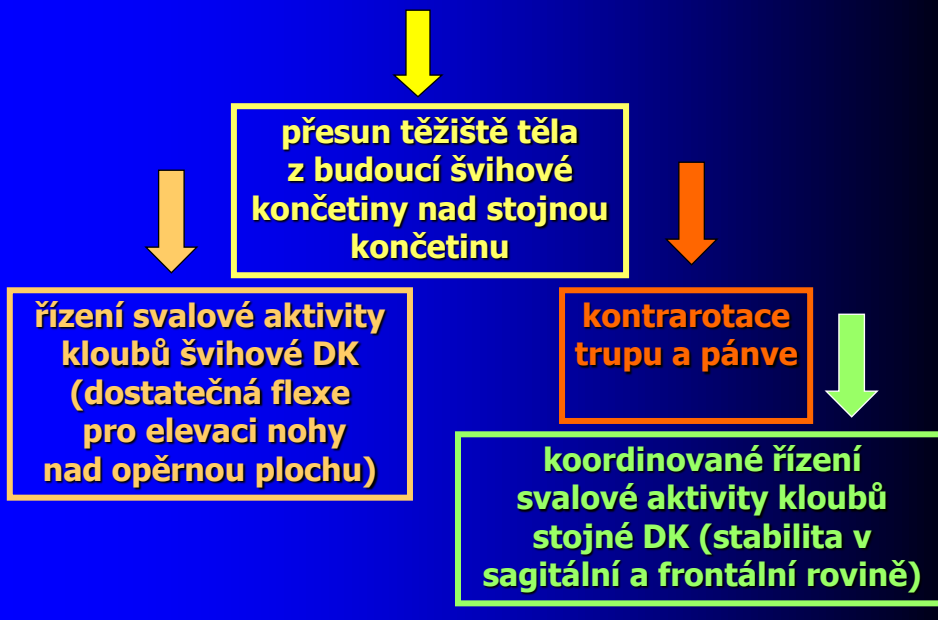
Základní podmínky pro lokomoci

1. nepřetržitá generace pohybu nutná k přemístění v prostoru
2. udržení dynamické stability během pohybu těla vpřed
3. schopnost přizpůsobit se změnám prostředí nebo jiným souběžným požadavkům
4. iniciace a terminace lokomočních dějů

M. H Woollacott 1997



DŮLEŽITÉ PŘEDPOKLADY PRO CHŮZI



Lokomoce je pohyb z místa na místo.

Chůze je řízený pád, ve kterém tělo padá vpřed z pozice stabilní, zajištěné stojnou dolní končetinou, na druhostrannou dolní končetinu.

Základní jednotkou chůze je **krokový cyklus**

Krokový cyklus

Krokový cyklus, neboli dvojkrok se skládá ze dvou základních fází (Vaughan, 1992).

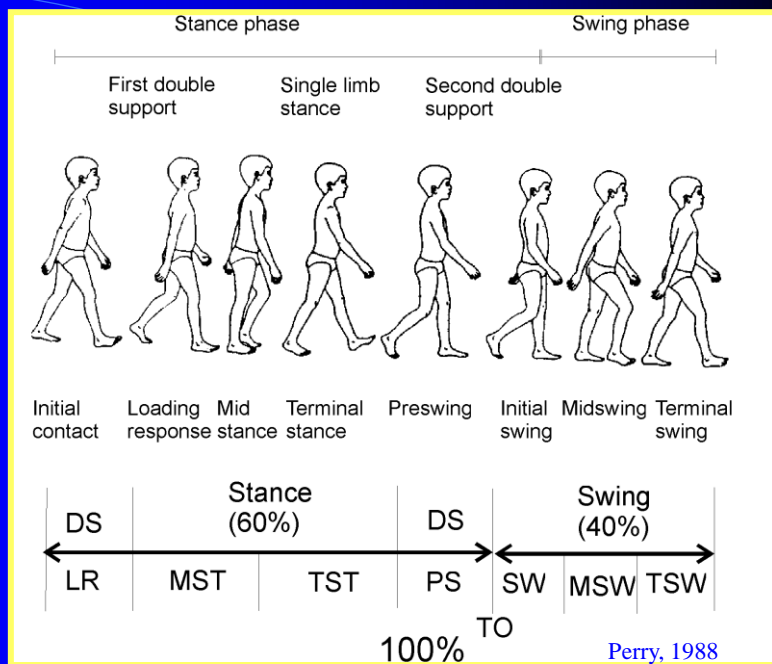
Stojná fáze
"stance phase"

Švihová fáze
"swing phase"

Krokový cyklus podle Perry

1. Počáteční kontakt - "initial contact", IC, 0%
2. Stadium zatěžování - "loading response", LR, 0-10%
3. Střed stoje - "midstance", MS, 10-30%
4. Konečný stoj - "terminal stance", TS, 30-50%
5. Předšvihová fáze - "preswing phase", PSW, 50-60%
6. Počáteční švih - "initial swing", ISW, 60-70%
7. Střed švihu - "midswing", MSW, 70-85%
8. Konečný švih - "terminal swing", TSW, 85-100%

K
r
o
k
o
v
ý
c
y
k
l
u
s



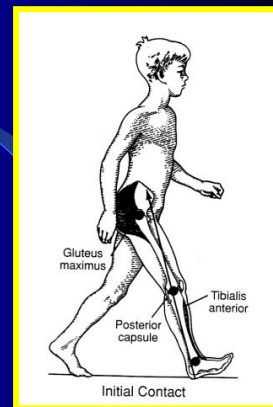
Časoprostorové charakteristiky

- *Rychlost chůze* – průměrná rychlost 1,35 m/s
maximální 3,6 m/s
- *Časový interval KC* – pomalá chůze 3 s
rychlá chůze 1s
- *Frekvence (kadence) chůze* – 113- 118 kr/min
- *Průměrná vzdálenost za den* - 3,2 – 6,4 km

Kinematické charakteristiky a svalová koordinace

Počáteční kontakt

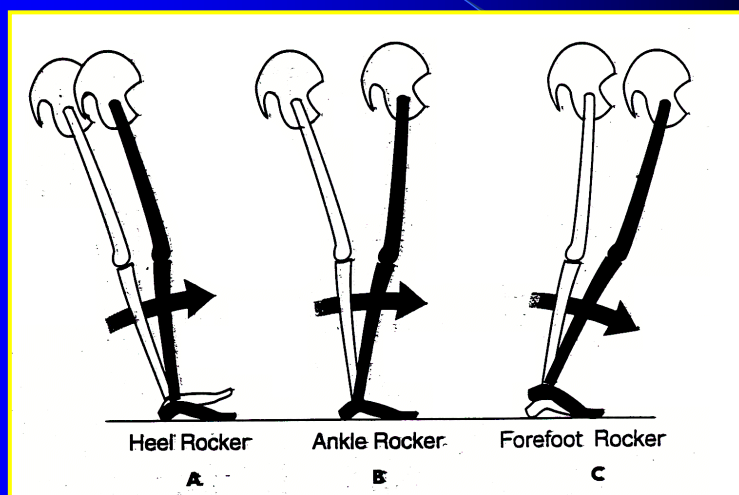
Pánev v maximální rotaci, trup kontra
HKK maximální FL/EX
Kyčelní kloub 30-35° FL
Kolenní kloub lehká FL
Hlezenní kloub - střední pozice
Pivot patní
Pata v inverzi, předonoží v supinaci



Gage, 1991

- Glutaeus maximus, HMS
- Adduktory – rotují pánev ke stejné DK
- m. Tibialis anterior

Pohyb v hlezenním kloubu stojná fáze



Gage, 1991

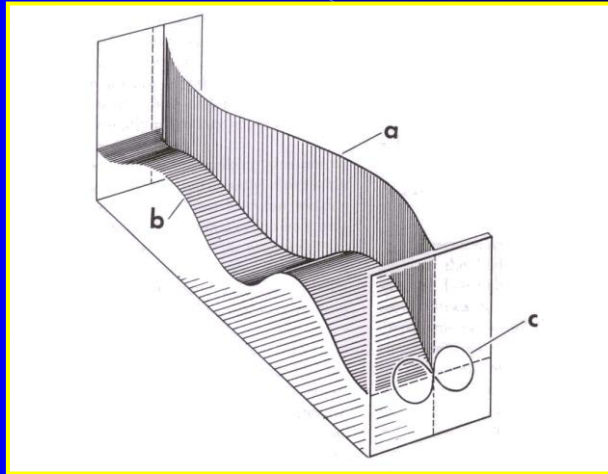
Kinematické charakteristiky a svalová koordinace

Fáze zatěžování

COM na na nejnižším bodě
Trup se pohybuje laterálně
HKK se vrací z maximální FL/EX
Držená semiflexe v kol. kl
VR bérce
Pohyb nohy do PF a pronace

- m. Gmax
- Add. Magnus, m. Gl. medius
- m. Quadriceps femoris – excentricky
- HMS
- m. Tibialis anterior – excentricky

Pohyb COM během chůze

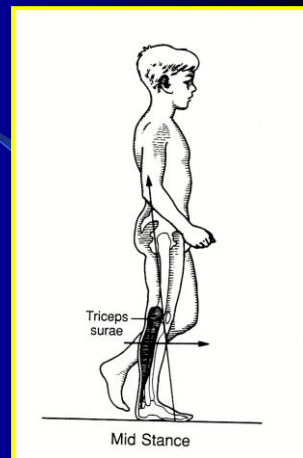


Gage, 1991

Kinematické charakteristiky a svalová koordinace

Střed stojné fáze

HKK a trup do střední pozice
Výška COM ↑, max. laterální posun
Pokles pánve o 5°
Kyčelní kloub pohyb směrem do EX
Kolenní kloub FL 10-20°
Bérec max. VR, pivot hlezenní
↑ DF v hlezenním kloubu
Pronace předonoží



Gage, 1991

- ↓ m. GMax
- m. QF – excentricky → koncentricky
- m. Glutaeus medius, m. TFL
- ↓ m. TA, ↑ m. TS

Kinematické charakteristiky a svalová koordinace

Terminální stojná fáze

Trup a COM vertikálně klesá

↑ Rotace pánve a trupu

Kyčelní kloub ↑ extenze

(max EX při PK opačné DK)

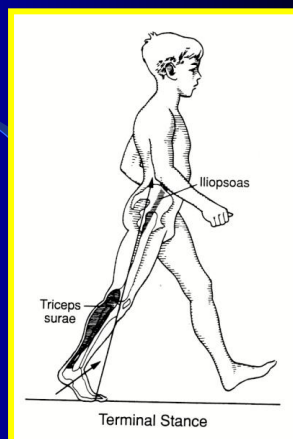
Max. EX v kol. kl. po odvinutí paty

Max. DF v hlez. kl. před

odvinutím paty

Bérec rotuje zevně, noha supinuje

Pata po odvinutí v inverzi



Gage, 1991

- ↓ ABD
- koncentricky m. TS
- m. TA/ m. PP, m. FHL

Kinematické charakteristiky a svalová koordinace

Předšvihová fáze

Kyč. kloub max EX 10-20°

Kolenní kloub – flekční pohyb

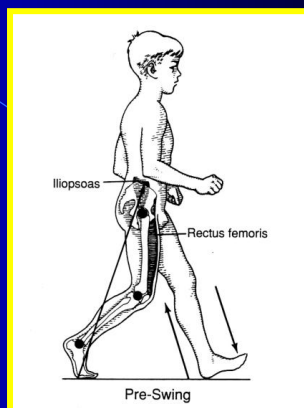
Hlezenní kloub – do PF

↑ FL MP kloubů prstců

(↑ napětí plant. fascie)

Max. supinace předonoží

ZR bérce



Gage, 1991

- m. Adductor longus – flexor kyč. kl z max. EX
- m. Rectus femoris excentricky – kontrola FL v kol. kl.
- m. TS - ↑ PF v hlez. kloubu
- ↑ m. FHL

Počáteční švih

FL kyč. kloubu

Opožděná FI kol. kloubu

(segmenty DK složené kyvadlo)

Max PF v hlez. kloubu (20°)

(hned po odvinutí palce)

- m. ILP, m. RF, m. AddL, m. sartorius – flexe v kyčli
- HMS
- m. TA

Mezišvih (střední švihová fáze)

Flexe v kyč. kloubu do 20°

Max. FL v kol. kloubu 60-70°

(v období střední stoj.f. opačné DK)

Neutrální pozice v hlez. Kloubu

(noha cca 14 mm nad zemí)

Lehká supinace předonoží

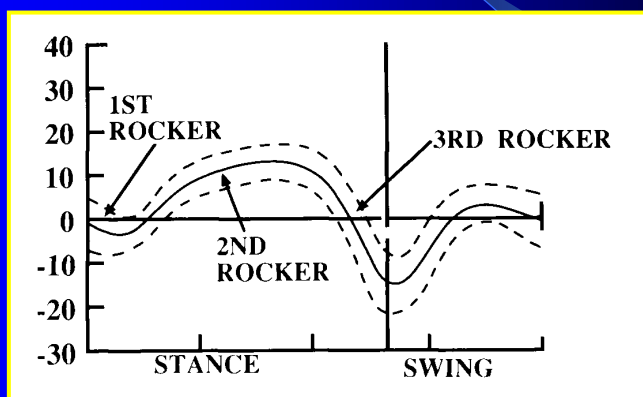
- m. Iliopsoas
- m. TA

Terminální švih

Decelerace FL pohybu
Kolenní kloub max. Ex těsně před PK
Hlezenní kloub neutral. pozice

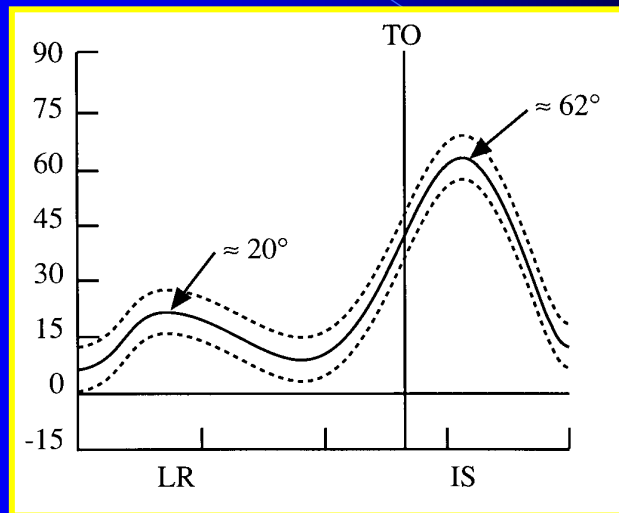
- HMS – kontrola EX v koleně za FL v kyčli
- mm. vasti
- m. TA

Grafické znázornění pohybu v hlezenním kloubu.



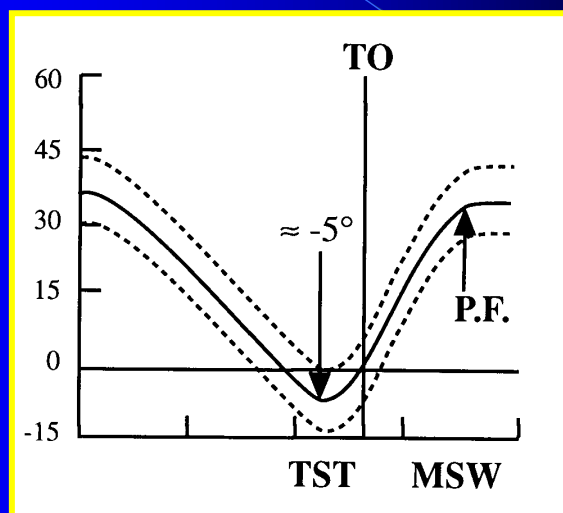
Gage, 1991

Grafické znázornění pohybu v kolenním kloubu.



Gage, 1991

Grafické znázornění pohybu v kyčelním kloubu



Gage, 1991

Kineziologický rozbor chůze

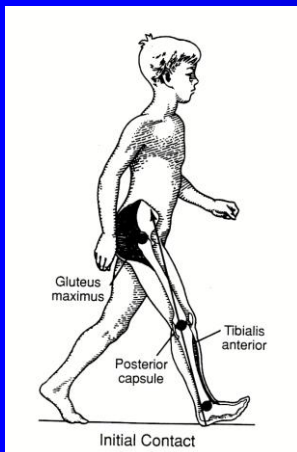
- zaměřit se zvláště na stojnou a švihovou fázi
- hlasitost kroků
- plynulost při iniciaci, zastavení, změna směru chůze
- pohyb HKK
- pohyby trupu a páteře při stojné fázi – rotace, lordotizace, lateroflexe
- pohyby pánve – rotace, zešikmení, laterální posun
- asymetrie délky kroku
- charakter zatížení nohy – laterálně, mediálně, změna klenby
- práce prstců a palce nohy

Vyšetření modifikované chůze

- chůze o zúžené bázi
- chůze po měkkém povrchu
- chůze pozpátku
- chůze s elevací horních končetin s nesením vodorovné desky
- chůze se souběžným kognitivním úkolem (počítání, zpěv, jména v rodině)
- chůze o různé rychlosti
- chůze za použití vnější opory (opěrná pomůcka), chůze s ortézou nebo bandáží, chůze s ortopedickou obuví
- chůze po různé dráze - chůze přes překážky, chůze určenou dráhou (slalom), chůze po schodech.

PATOLOGICKÉ KOMPONENTY STOJNÉ FÁZE

Počáteční kontakt a fáze zatížení



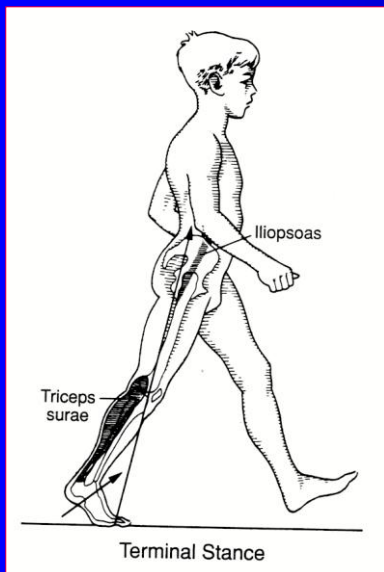
- nedostatečná dorzální flexe v hlez. kl. - foot drop
- hyperextenze v kol. kl. - locked knee
- omezená rotace trupu
- omezený souhyb HKK

Gage, 1991

Fáze středního stoje

- hyperextenze kol.kl.(locked knee)
 - spasticita QF
 - dyskoordinace TFL, SA, RF, HMS
 - omezená extenze v kyč.kl.
 - omezená dorz.fl.v hlez. kl.
- kolaps kol. kloubu
 - inaktivita QF
- hip hiking na straně švihové DK
 - inaktivita Gme
 - spasticita nebo zkrácení QL
- hip drop na straně švihové DK
 - inaktivita GMe,
 - spasticita adduktorů

PATOLOGICKÉ KOMPONENTY STOJNÉ FÁZE

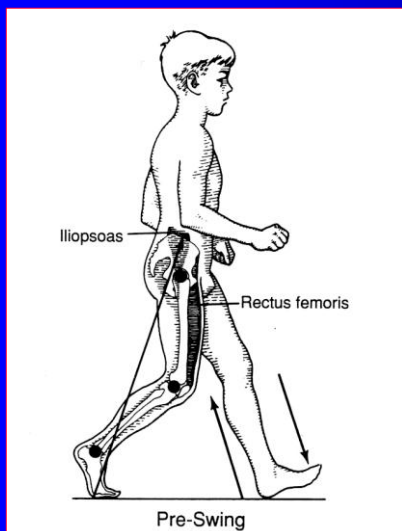


Konec stojné fáze

- omezená extenze v kyč. kloubu
 - inaktivita Gmax
 - kloubní omezení
 - spasticita nebo zkrácení RF, ILP, QL
- inaktivita plantárních flexorů

Gage, 1991

PATOLOGICKÉ KOMPONENTY STOJNÉ FÁZE



Předšvihová fáze

- dyskoordinace RF, QF, HMS
 - problém souběžné flexe v kol. a kyč. kloubu
- omezená plantární flexe
 - inaktivita plant. flexorů

Gage, 1991

PATOLOGICKÉ KOMPONENTY ŠVIHOVÉ FÁZE



Fotoarchiv autora

Počáteční švih

- **omezená dorzální flexe hlezna**
 - inaktivita dorz. flexorů
 - spastické nebo zkrácené plant. flexory
- **omezená flexe v kol. kl.**
- **omezená flexe v kyč. kl.**
 - inaktivita ILP (aktivace QL)
 - neschopnost dekontrakce GMax

PATOLOGICKÉ KOMPONENTY ŠVIHOVÉ FÁZE



Fotoarchiv autora

Střední švih

- „hip hiking“
- **omezená flexe v kol. kl.**
 - spasticita QF
- **omezená dorz. fl. v hlez. kl.**
 - inaktivita dorz. flexe
 - spasticita plant. flexe

PATOLOGICKÉ KOMPONENTY ŠVIHOVÉ FÁZE



Fotoarchiv autora

Konečný švih

- omezená extenze v kol.kl.
 - spasticita HMS
 - inaktivita QF
- omezená flexe v kyč. kl.
 - neschopnost dekontrakce GMax