

Forenzní biomechanika: biomechanika pádů z výšky

Biomechanika

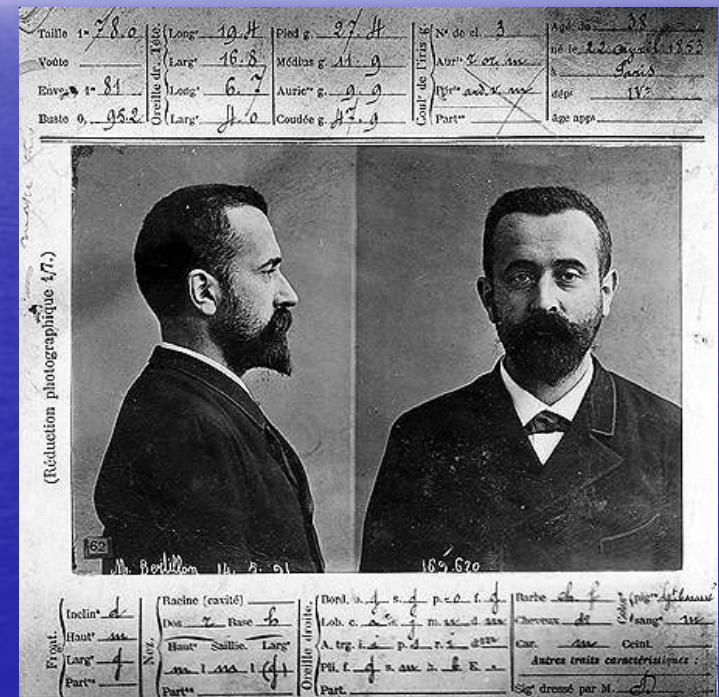
- je věda, která se zabývá mechanickou strukturou, chováním a vlastnostmi živých organismů a jejich částí a mechanickými interakcemi mezi nimi a vnějším prostředím.
- **Biomechanika člověka** je obor studující strukturu, vlastnosti chování člověka a jeho vzájemné biomechanické působení mezi pozorovanými jevy, tělesy či osobami na různé rozlišovací úrovni.

Forenzní biomechanika

- je vědní obor, který aplikuje biomechaniku a biomechanické metody na zkoumání kriminalistických stop s biomechanickým obsahem, které vznikly v důsledku pohybové činnosti člověka a které souvisí s vyšetřovanou událostí (informaci o svalově-kosterním aparátu pachatele nebo jeho pohybovém chování).

Vývoj forenzní biomechaniky:

- nejmladší forenzní věda
- Rozmach ve 2. pol. 20. století
- „otec kriminalistiky“ – Luis Alphonse Bertillon:
vztahy mezi rozměry lidského těla
(výpočet tělesné výšky z délky bosé nohy je tabulka koeficientů, 1889)



- **Tři hlavní období vývoje:**

1.etapa:(1889 – 1971) „Pravěk biomechanických aplikací“
- okrajové využití v rámci trasologie

2.etapa: (1971 – 1994) vznik kriminalistické biomechaniky – první aplikace biomechaniky v kriminalistice, forenzní vize na katedře anatomie, biomechaniky a antropomotoriky FTVS UK v Praze (prof. Karas)

3.etapa: (od 1994 – do současnosti) vznik forenzní biomechaniky – hlavní aplikace jsou biomechanika extrémního dynamického zatěžování organismu, biomechanika pádu z výšky a biomechanický obsah trasologických stop, katedře kriminalistiky Policejní akademie ČR v Praze.

Výpočet tělesné výšky z délky bosé nohy (Bertillon):

$$dn = 0,75 \cdot vT$$

$$vT = \frac{dn}{0,75}$$

$$vT = \frac{dn}{0,75}$$

dn – délka nohy
vT – výška těla

Výpočet tělesné výšky z délky bosé nohy (STRAUS):

tělesná výška = $2,6 \times \text{délka obuvi} + 4,3 \times$
 $\text{šířka obuvi} + 55$

(v centimetrech)

Odchylka +/- 4cm

Tabulka rozložení případů řešených pomocí forenzní biomechaniky

Problematika v období let 1994-2007	Počet případů
Biomechanika pádu z výšky – posuzování zavinění cizí osobou, působení vnější síly	43
Extrémní dynamické zatěžování organismu – zpravidla údery do hlavy, posuzování otázky tolerance organismu, přežití, vzniku fraktur lebečních kostí	24
Pád ze stoje na zem, pád ze schodů – posuzování průběhu pádu, možnost cizího zavinění, příčiny pádu	15
Biomechanická analýza chůze – identifikace osoby podle dynamického stereotypu chůze, stanovení geometrických charakteristik osob	4
Analýza střetného boje – stanovení reakčních časů, možnosti silového působení, reálnost obranných reakcí	4
Dopravní nehody – mechanické působení na účastníky dopravní nehody uvnitř vozidla a mechanické působení na sražené osoby.	3
Bodnutí nožem – silové působení při bodnutí, možnost účasti druhé osoby, stanovení síly na probodnutí kůže	2
Biomechanický obsah trasologických stop lokomoce - predikce tělesné výšky pachatele a způsobu lokomoce podle zanechaných stop lokomoce	1
Ostatní – ojedinělé případy např. poranění osoby hozeným granátem, poranění vazů v koleni při rvačce, třesení hlavou dítěte, oběšení, smrtelné zranění při skoku do dálky.	4
<u>Celkem</u>	100

Směry zkoumání forenzní biomechaniky

- Posouzení biomechanického obsahu vybraných druhů kriminalistických stop
- Extrémní mechanické zatěžování organismu
- Biomechanické posouzení pádu oběti z výšky

Biomechanika pádů lidského těla

- Rozdělení pádů podle výšky:
 - pád ze stoje*
 - pád z výšky*
 - volný pád*
- Rozdělení pádů podle toho, zda je tělo před vlastním pádem v klidu, nebo v pohybu:
 - pasivní pády*
 - aktivní pády*

- Rozdělení pádů podle toho, zda tělo při pádu rotuje:

- *s rotací*

- *bez rotace*

- Rozdělení dopadů podle nálezu poškození těla:

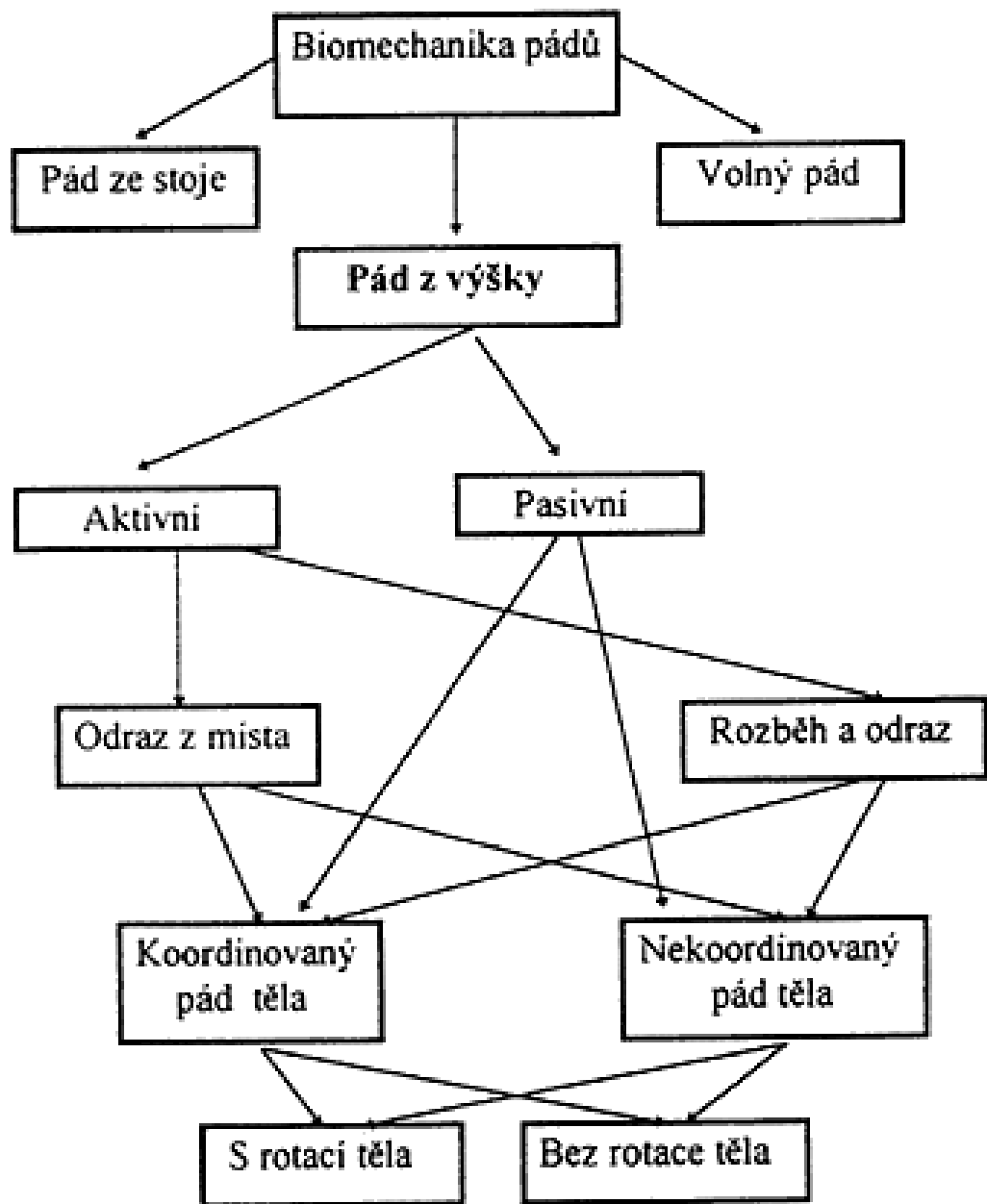
- *primární dopad těla*

- *sekundární dopad těla*

- Od okamžiku opuštění podložky tělo nabývá:

- *vertikální polohu*

- *horizontální polohu*



Modely pro simulování pádů z výšky

- Experimentální výzkum — pokusné osoby skáčou z věže do vody, simulované pády pomocí vhodných figurín, simulace pomocí PC programů (
- Matematické modelování:
 1. Tělo se při pádu chová jako otevřený kinematický řetězec.
 2. Těžiště těla se při pádu pohybuje po parabole.
 3. Z polohy vstoje do okamžiku ztráty kontaktu (zpravidla horizontální poloha) se tělo pohybuje po kružnici.
 4. Na tělo působí jen ty síly, které vznikly v okamžiku odrazu.
 5. Pád těla je z relativně malé výšky, a proto sílu odporu vzduchu lze zanedbat.

Pád z výšky:

Y - místo těžiště těla v okamžiku pádu

X - místo dopadu těžiště těla

OY = y - výška těžiště těla nad podložkou v okamžiku zahájení pádu

OX = x - vzdálenost těžiště těla od svislice pádu v okamžiku dopadu těla

Pak pro volný pád tuhého tělesa z výšky (y) platí vztah pro výpočet doby pádu (t):

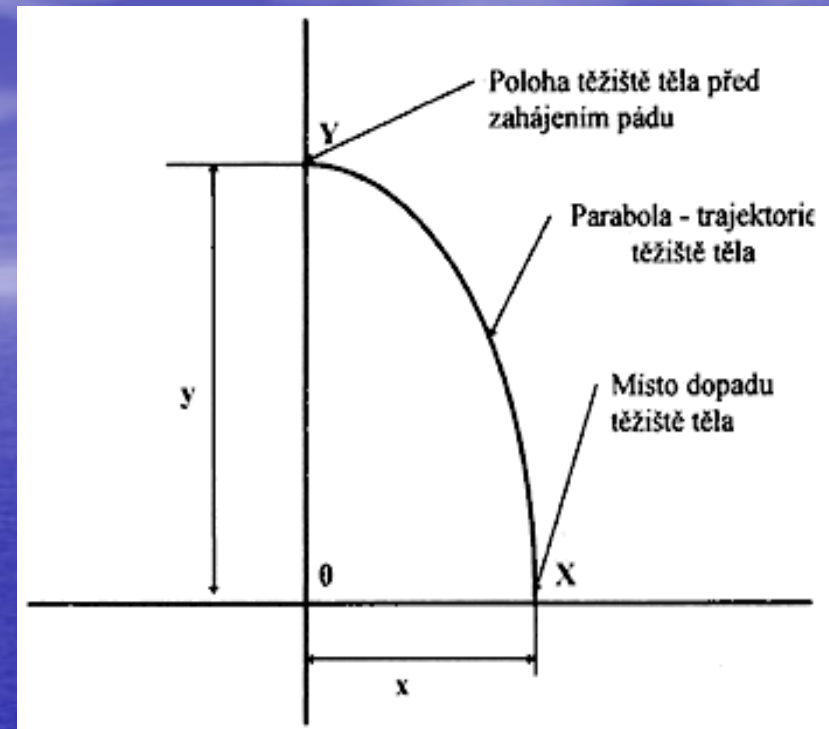
$$y = \frac{1}{2} g t^2$$

odtud lze odvodit pro dobu pádu vztah:

$$t = \sqrt{\frac{2y}{g}}$$

Dopřednou horizontální složku rychlosti (v) těžiště tělesa lze vyjádřit jako:

$$v = \sqrt{2gy}$$



Příklad:

- Příklad: Kdybych vypadl z okna našeho bytu, které je 5m vysoké a mé tělo by bylo nalezeno 3m od okraje domu, jaká by byla moje dopředná rychlost a jak dlouho bych padal?

$$y = 5\text{m}$$

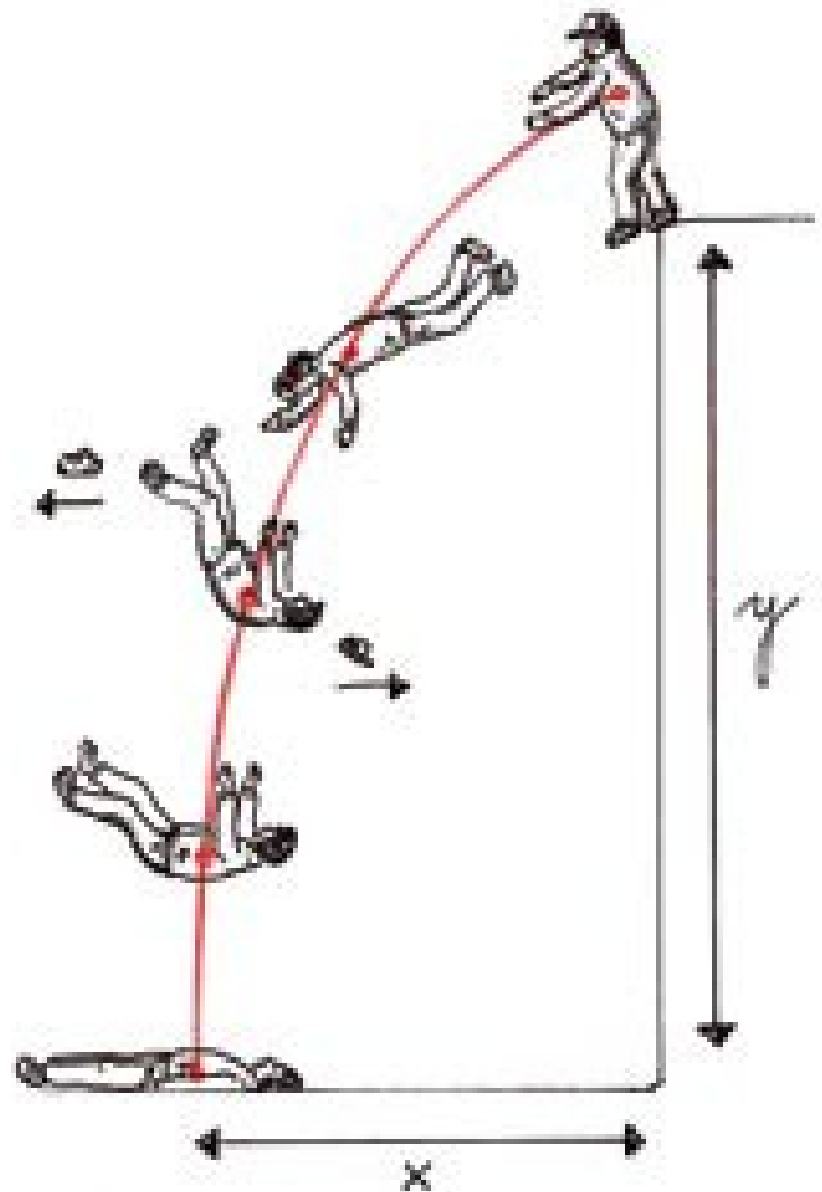
$$x = 3\text{m}$$

$$t = \sqrt{\frac{2y}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5}{9,81}} = 1\text{s}$$

$$v = \sqrt{g \cdot 2y} = \sqrt{9,81 \cdot 2 \cdot 5} = 9,9\text{m/s}$$

Hlavní determinanty před vznikem pádu, které předurčují typ pádu, jsou:

- bod odrazu,
- úhel odrazu,
- bod dopadu,
- výška pádu



Biomechanická analýza pádů umožňuje řešit následující otázky:

- Byl pád osoby spontánní, bez přiložených vnějších sil, tedy padala osoba bez cizího zavinění, bez vystrčení, případně bez vlastního odrazu?
- Byl naopak pád způsoben a dopad ovlivněn působením vnějších sil, tedy se osoba buď odrazila, nebo byla vystrčena?
- Lze přibližně vypočítat velikost přiložené vnější síly v okamžiku ztráty kontaktu?
- Odpovídá vzdálenost dopadu těla od svislice pravděpodobné výšce pádu?
- V případě, že se osoba odrazila, je možné orientačně vypočítat velikost vektoru rychlosti odrazu?
- Lze podle mechanismu pádu a dopadu usuzovat na sebevražedný skok, nebo nešťastnou náhodu, nebo úmyslné vystrčení druhou osobou?

Pro výpočet trajektorie těžiště je nezbytné získat následující informace:

- Měření vzdálenosti dopadu těla od svislice pádu - nejkratší vzdálenost, nejdelší vzdálenost.
- Poloha těla při dopadu - skrčená, vzpřímená.
- Tělesná výška a hmotnost těla.
- Úhel délkové osy těla (osa trupu) k základně budovy.
- Posouzení druhu poranění a intenzity při primárním a sekundárním pádu
- Odlet oděvních součástí, především obuvi a pokrývky hlavy - zda při pádu odlétly boty, kde byly nalezeny, kde se našla např. čepice atd.
- Výška předpokládaného pádu, tedy odkud oběť přibližně spadla, tj. například výška okna, parapetu atd.

Rozsah poškození těla a jednotlivých tkání je závislý na:

- rychlosti těla v okamžiku dopadu,
- kontaktní ploše těla a podložky v okamžiku dopadu,
- charakteru a tvaru dopadové plochy,
- úhlu dopadu
- a charakteru tkání, které byly při pádu poškozeny.

Síla úderu, která působí na tělo v okamžiku dopadu jako destrukční síla, je prioritně závislá

- na dopadové rychlosti
- hmotnosti těla
- čas destrukce, tedy ten časový okamžik, při kterém rychlost těla nabývá nulovou hodnotu.

Nezávisle na druhu pádu vznikají principiálně dva druhy poranění:

- místní (primární) - v místech bezprostředního kontaktu přiložených traumatizujících destrukčních sil v okamžiku dopadu těla na podložku.
- vzdálené (sekundární) - druhotná poranění vzdálená od míst primárních poranění.

Rychlost volného pádu:

- Na konci první sekundy - $9,81 \text{ ms}^{-1}$.
- Ve 12. sekundě - 65 ms^{-1} , tj. 216 km/h.
- Nejvyšší rychlosti u sportovců:
v nízkých vrstvách atmosféry - 298 km/h
v nejvyšších výškách - 988 km/h (274 ms^{-1}).

Extrémní dynamické zatěžování organismu

- napadne oběť úderem pěstí, kamenem, kladivem, basebalovou pálkou nebo jiným pevným předmětem
- útok směřován na hlavu oběti
- posouzení odolnosti organismu, jeho snášenlivost na vnější zatížení
- zda napadená osoba zemřela ihned, nebo nějaký čas přežívala a teoreticky by bylo možné ji zachránit

Biomechanická analýza chůze

- první aplikace se objevují od počátku devadesátých let
- identifikaci osoby podle dynamického stereotypu chůze
- Nevýhoda: změna podmínek (např. oblečení, světelné podmínky, úhel kamery nebo dokonce rychlost chůze) může způsobit více odchylek u jedné osoby než mezi dvěma rozdílnými osobami
- náročné na čas, skladování a analýzu mnoha dat.

Závěr:

Forenzní biomechanika stojí svým předmětem zkoumání ve společném průniku biomechaniky a kriminalistiky.

Nejpropracovanější oblast je výzkum trasologických stop, ovšem ostatní směry- biomechanika pádu z výšky, extrémní zatěžování organismu...- vyžadují další výzkum.