

SÉRIE DYNAMICKÝCH ZKOUŠEK STŘETU OSOBNÍHO AUTOMOBILU S DĚTSKÝM CHODCEM

Bezpečnost chodců je v současné době jedním z významných kritérií pro hodnocení bezpečnosti vozidel. Homologační předpisy jsou založeny na testování přídílí těchto vozidel nárazovými maketami, které reprezentují části těla dospělého chodce, riziko pro dětského chodce je vyjádřeno testem impaktorem dětské hlavy. Poranění ostatních tělesných lokalit (viz tabulka) se v rámci homologačních testů nezohledňuje.

	Zdroj (1)		Zdroj (2)		Zdroj (3)
	Dospělí	Děti	Dospělí	Děti	Děti 5-7 let
Hlava	30,9%	56,4%	31,3%	42,1%	37,7%
Krk	4,3%	0,0%	1,3%	4,8%	1,9%
Hrudník	12,8%	7,7%	10,2%	14,0%	15,1%
Horní končetiny	7,4%	12,8%	8,1%	3,6%	3,7%
Břicho	1,1%	0,0%	5,6%	8,5%	18,9%
Pánev	5,3%	0,0%	6,3%	10,5%	7,6%
Dolní končetiny	38,3%	23,1%	32,4%	16,5%	15,1%

Zdroj (1) GIDAS/German In-Depth Accident Study, rozsah výběru N = 188

Zdroj (2) IHRA/PS Accident Data

Zdroj (3) Klinická studie provedená autorkou, pacienti ARK FN Motol 1996 – 2007, rozsah výběru pacientů N = 146

FD ČVUT v Praze provedla v rámci základního výzkumu sérii dynamických zkoušek pasivní bezpečnosti dětského chodce při střetu s osobním vozidlem kategorie M1 při různých kolizních rychlostech (10, 20, 30km/h).

V rámci testů byly sledovány kontaktní zóny na přídílí vozidla včetně poškození a na upravené dětské figuríně typu P6 stojící čelem ke kolidujícímu vozidlu výsledná zrychlení hlavy, hrudníku, pánve a zrychlení kolenního kloubu v sagitální rovině. Provedeno bylo rovněž tenzometrické měření kontaktní síly působící na stehenní skelet.

Cílem této experimentální činnosti je kromě podrobné deskripce kinematiky dětského chodce i porovnání závažnosti primární a sekundární kolize simulace potenciální reálné nehodové situace pomocí tzv. full-scale testu (testu s úplnou figurínou) a v další fázi poskytnutí údajů pro tvorbu matematického modelu. (Schejbalová Z.: Biomechanické aspekty kolize chodec-vozdlo se zaměřením na dětskou populaci. Dizertační práce. ČVUT, Praha 2010)

Experiment

Podmínky experimentu

S ohledem na získané poznatky o problematice a na technické možnosti byly formulovány následující počáteční podmínky:

- Kolize automobilu kategorie M1 homologovaného z hlediska ochrany při srážce s chodcem podle směrnice 2003/102ES
- Figurína P6, (šestileté dítě; 1,17m; 22kg)

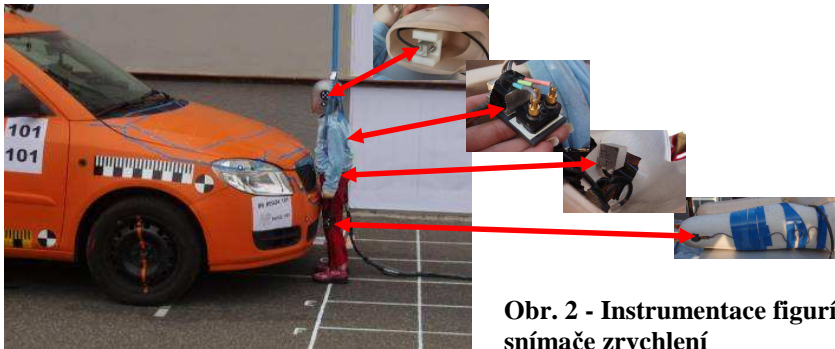
Pozn.: V současné době neexistuje dětská figurína, která by byla určena pro provádění full-scale testů vozidlo – chodec jako je tomu u dospělé figuríny typu Polar. Figurína typu P6 je určena pro testování dětských zádržných systémů dle EHK 44.

- c) Pozice figuríny čelem ke kolidujícímu vozidlu, stoj spatný v prodloužení podélné osy vozidla (viz obr.1)



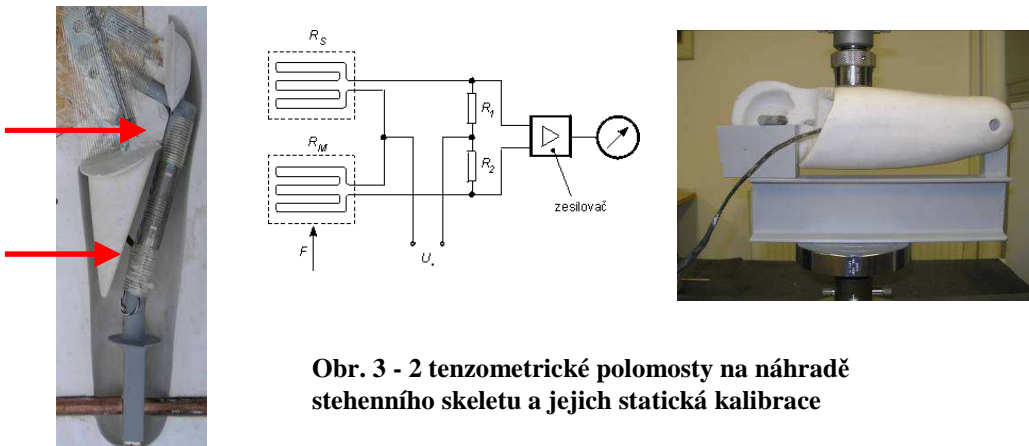
Obr. 1 - Pozice figuríny vzhledem ke kolidujícímu vozidlu

- d) Rychlosti nárazu 10, 20, 30 km/h
 e) Vozidlo brzděno s počátkem v okamžiku nárazu
 f) Snímané veličiny:
- reálná rychlost vozidla
 - průběh zrychlení v závislosti na čase v těchto částech figuríny
 - hlava, směry x,y,z
 - hrudník, směr x,y,z
 - oblast pánve, směr x,y,z
 - kolenní kloub, směr x



Obr. 2 - Instrumentace figuríny: snímače zrychlení (hlava, hrudník, pánev, koleno)

- kontaktní síla působící na stehenní kost, jednoosá napjatost tenzometricky (za tímto účelem byla vytvořena náhrada stehenního segmentu jejíž skelet byl osazen tenzometry)

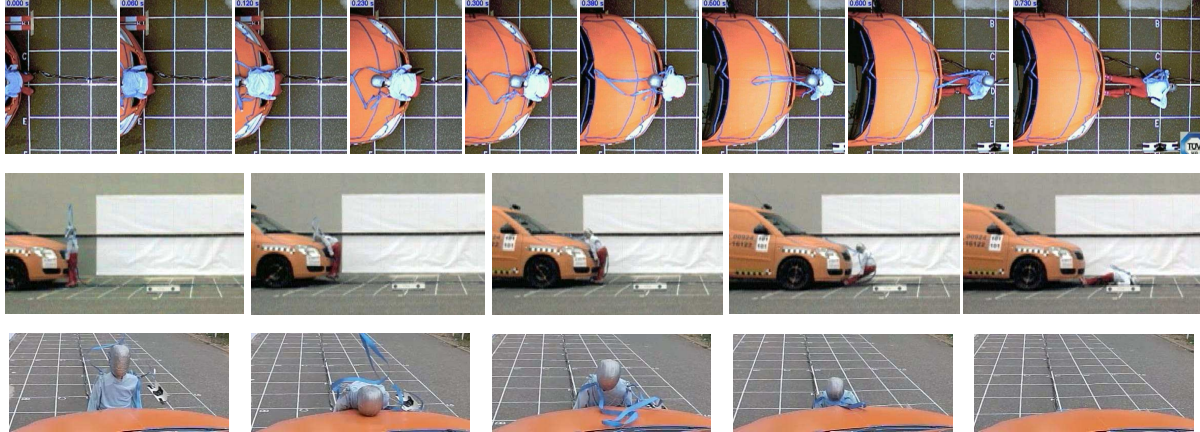


Obr. 3 - 2 tenzometrické polomosty na náhradě stehenního skeletu a jejich statická kalibrace

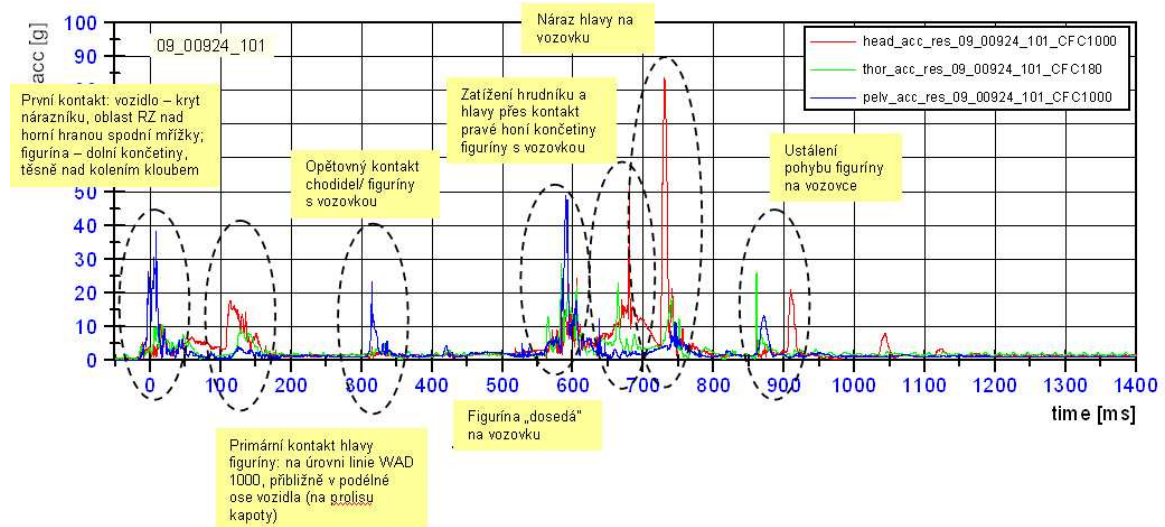
- trajektorie figuríny v závislosti na čase (deskriptivní způsob)
- obrazový záznam
- rozměrová charakteristika děje (počáteční a koncová poloha objektů)

Průběh experimentů

Střetová rychlost 10,62 km/h

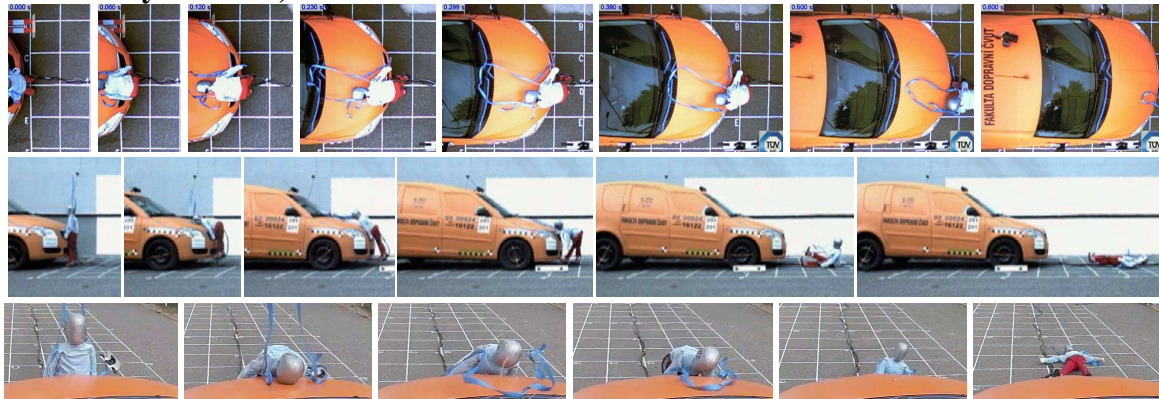


Obr. 4 - Obrazová sekvence střetu 09_00924_101

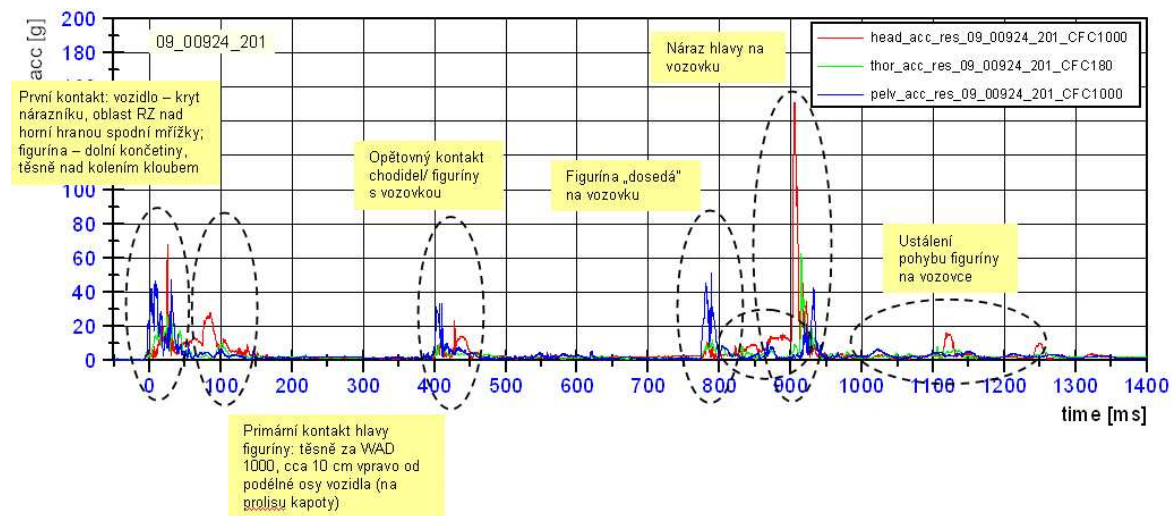


Obr. 5 - Popis děje 09_00924_101

Střetová rychlost 17,32 km/h

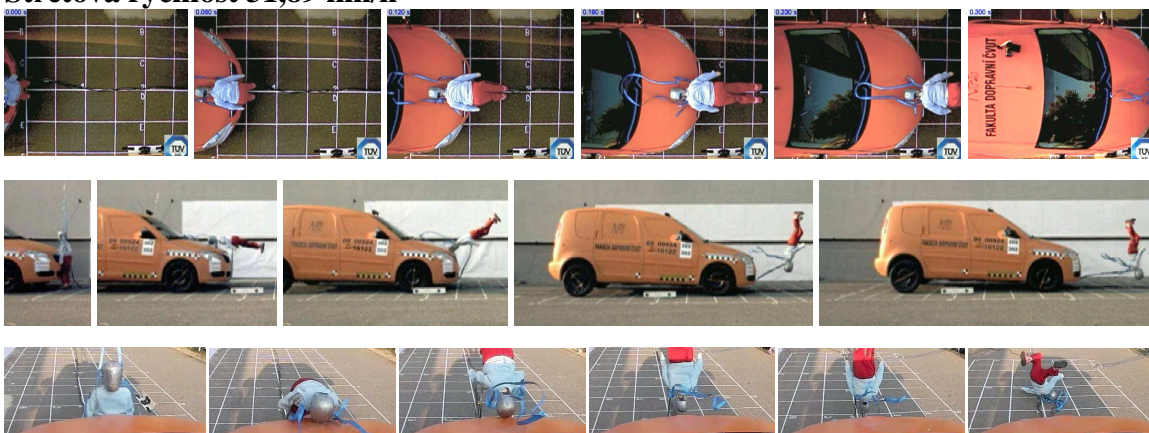


Obr. 6 - Obrazová sekvence střetu 09_00924_201

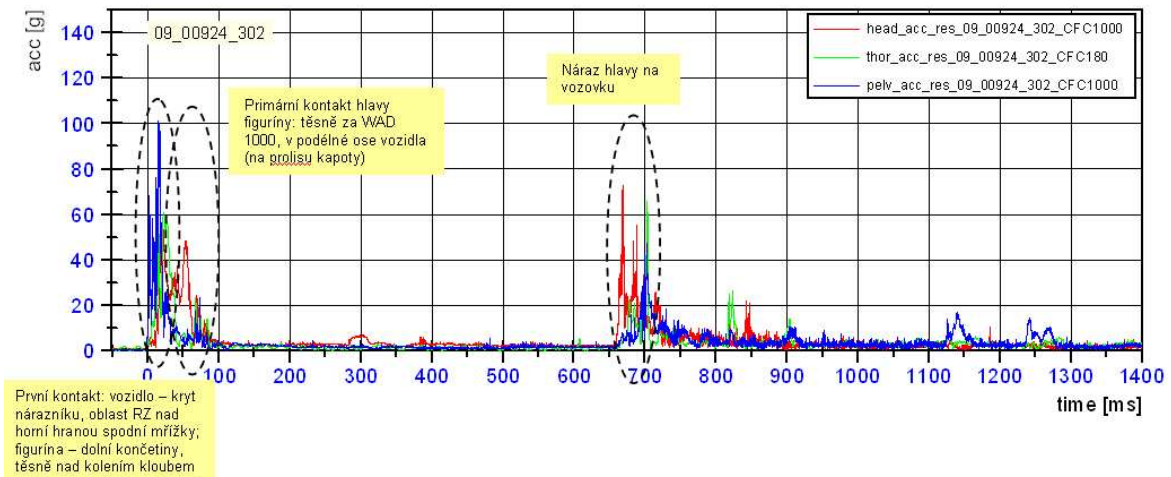


Obr. 7 - Popis děje 09_00924_201

Střetová rychlost 31,89 km/h



Obr. 8 - Obrazová sekvence střetu 09_00924_302



Obr. 9 - Popis děje 09_00924_302

Konečná poloha objektů po kolizi

místo střetu: X= 0.0000 Y= 0.0000
 poloha levého předního kola: X= 0.2292 Y= 0.8431
 poloha pravého předního kola: X= 0.2292 Y= -0.7905
 poloha levé nohy: X= 1.1468 Y= -0.1018

poloha pravé nohy: X= 1.2690 Y= 0.1792
 poloha levé ruky: X= 1.8588 Y= -0.2404
 poloha pravé ruky: X= 1.9591 Y= 0.0753
 poloha hlavy: X= 2.1766 Y= -0.1523

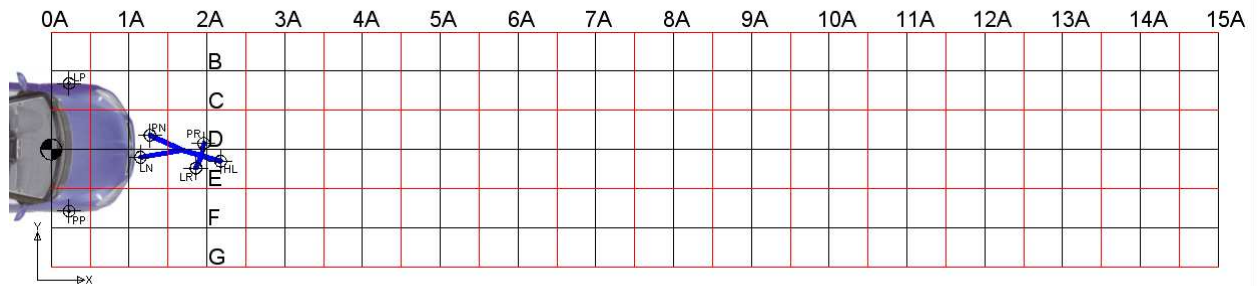


Schéma 1 konečná poloha objektů po testu 09_00924_101

místo střetu: X= 0.0000 Y= 0.0000
 poloha levého předního kola: X= 1.8509 Y= 0.8680
 poloha pravého předního kola: X= 1.8509 Y= -0.7656
 poloha levé nohy: X= 3.9660 Y= -0.4072

poloha pravé nohy: X= 4.0468 Y= -0.0532
 poloha levé ruky: X= 4.5793 Y= -0.8189
 poloha pravé ruky: X= 4.6463 Y= 0.0728
 poloha hlavy: X= 4.9906 Y= -0.3762



Schéma 2 konečná poloha objektů po testu 09_00924_201

místo střetu: X= 0.0000 Y= 0.0000
 poloha levého předního kola: X= 5.2797 Y= 0.8019
 poloha pravého předního kola: X= 5.2797 Y= -0.8316
 poloha levé nohy: X= 11.9364 Y= 0.7264

poloha pravé nohy: X= 12.2328 Y= 0.2942
 poloha levé ruky: X= 10.9829 Y= 0.0609
 poloha pravé ruky: X= 11.7905 Y= 0.1274
 poloha hlavy: X= 11.1460 Y= 0.0210

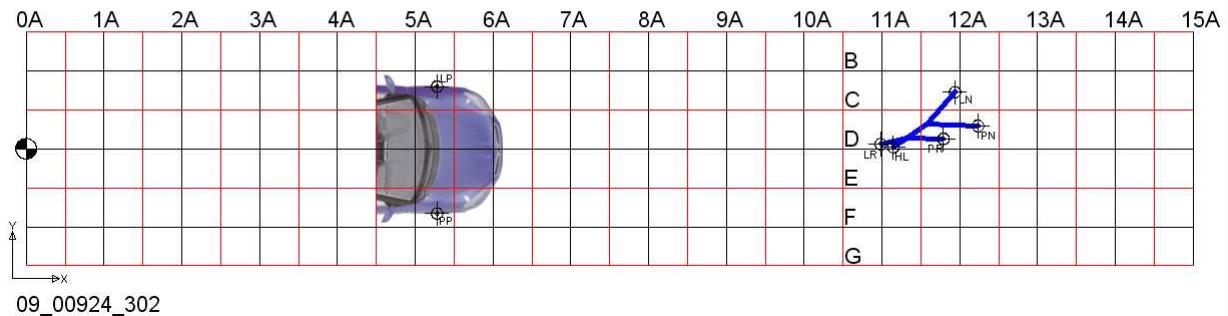


Schéma 3 konečná poloha objektů po testu 09_00924_302

Výsledky

Hodnoty biomechanických kritérií

Kritérium poranění hlavy HPC

Zrychlení je vyhodnoceno jako jedna z kritériálních hodnot zranění pomocí vztahu

$$HPC = \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a \cdot dt \right]^{2,5} (t_2 - t_1) \text{ , kde}$$

a = výsledné zrychlení jako násobek „g“ [ms⁻²]

t₁ a t₂ = časové okamžiky v průběhu nárazu, určující počátek a konec intervalu, pro nějž je hodnota HPC nejvyšší. Pro „tvrďý“ náraz se pro výpočet max. hodnoty uvažuje časový interval 15 ms.

Limitní hodnota kritéria HPC je 1000.

Pozn.: Dle amerického standardu FMVSS 208 „Occupant crash protection“ je limitní hodnota kritéria HPC₁₅ pro šestileté dítě 700.

Hodnoty kritéria HPC:

HPC	Primární náraz	Sekundární náraz
09_00924_101	13,6	251,1
09_00924_201	39,0	1107,8
09_00924_302	115,2	84,2

Kritérium poranění 3ms - hlava

Toto kritérium je aplikovatelné nejen na poranění hlavy. Limitní hodnota je 80g. Interpretace kritéria: Zrychlení vyšší než 80g nesmí působit po dobu delší než 3ms.

Pozn.: Dle amerického standardu FMVSS 208 „Occupant crash protection“ je limitní hodnota kritéria 3ms pro hlavu šestiletého dítěte 60g.

Hodnoty kritéria 3ms:

3ms [g]	Primární náraz	Sekundární náraz
09_00924_101	16,1	71,3
09_00924_201	26,4	128,1
09_00924_302	46,1	48,5

Kriterium poranění 3ms – hrudník

Limitní hodnota tohoto kritéria v případě poranění hrudníku je 60g.

Pozn.: Dle předpisu EHK 44 „Dětské zádržné systémy“ je limitní hodnota kritéria 3ms pro hrudník šestiletého dítěte 55g.

3ms [g]	Primární náraz	Sekundární náraz
09_00924_101	9,5	22,0
09_00924_201	22,2	35,6
09_00924_302	57,1	58,1

Kriterium poranění a_{max} – pánev

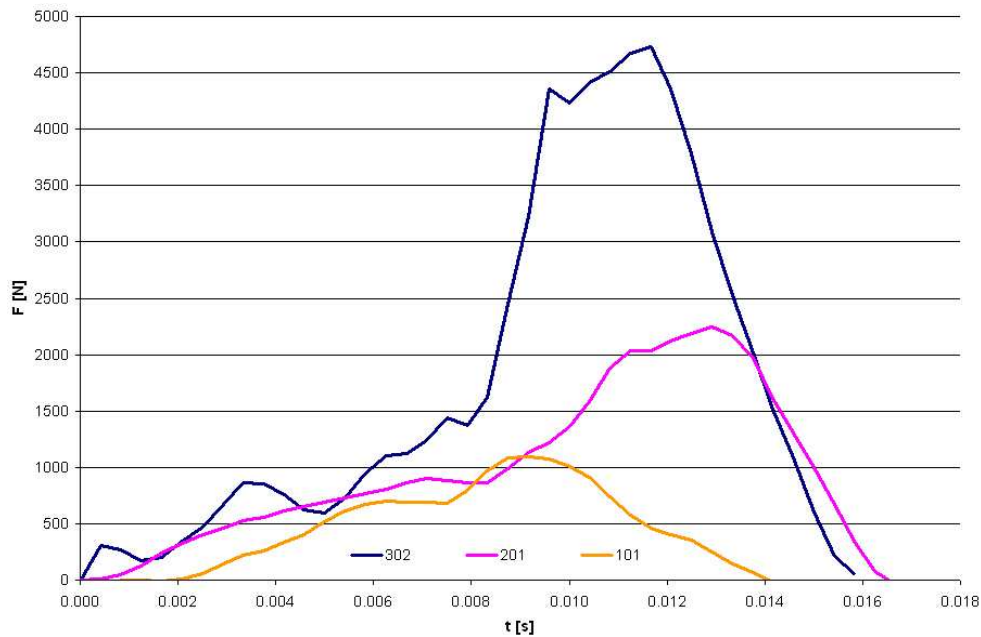
Maximální hodnota zrychlení nesmí přesáhnout 130g.

a_{max} [g]	Primární náraz	Sekundární náraz
09_00924_101	38,4	48,8
09_00924_201	47,2	50,9
09_00924_302	101,3	47,6

Kriterium poranění stehenní kosti – síla působící na ohyb

Ohybová tolerance femuru není přesně stanovena. V případě dospělé stehenní kosti jsou nejčastěji uváděny hodnoty v rozpětí od 1,5 do 4kN. Autor Levine (2002) uvádí limitní hodnoty ohybové rezistence vůči fraktuře 3,92kN u mužů a 2,58kN u žen.

Yamada (1970) uvádí maximální hodnoty ohybového namáhání do porušení vzorku v závislosti na věkové skupině dárce vzorku. U skupiny 20-39 let je tento limit cca 2,8 kN při plošném průřezu kortikální části femuru 260mm² a ohybové tuhosti 21,2 kg/mm². U dítěte okolo šesti let je dle tohoto autora ohybová tuhost stejná, kost je ale více plastická a je schopna absorbovat více energie do porušení, plošný průřez kortikální kostí je však menší.



Obr. 10 - Průběh kontaktní síly na stehenním skeletu

F_{\max} [kN]	Primární náraz	Sekundární náraz
09_00924_101	1,1	-
09_00924_201	2,25	-
09_00924_302	4,75	-

Pozn.: Sekundární náraz nesledován.

Zrychlení kolena

Maximální hodnota zrychlení nesmí přesáhnout 170g.

a_{\max} [g]	Primární náraz	Sekundární náraz
09_00924_101	62	-
09_00924_201	113	-
09_00924_302	200	-

Pozn.: Sekundární náraz nesledován.

Závěr

FD ČVUT v Praze provedla sérii dynamických zkoušek střetu osobního automobilu Škoda Roomster s figurínou P6

- Konfigurace zkoušky: Figurína stojí čelem k narážejícímu vozidlu, uprostřed šířky vozidla
- Instrumentace figuríny: tříosý snímač zrychlení v hlavě, tříosý snímač zrychlení v hrudníku, tříosý snímač zrychlení v prostoru pánve, jednoosý snímač zrychlení v lokalitě kolenního kloubu, 2 tenzometrické polomosty na náhradě levé stehenní kosti
- Provedeny 3 testy, rychlost v okamžiku střetu:

Test 09_00924_101: 10,6 km/h

Test 09_00924_201: 17,3 km/h

Test 09_00924_302: 31,9 km/h

Diskuze

- Kriterium poranění hlavy HPC:

Test č. 101 - hodnota HIC při sekundárním nárazu o řád vyšší než při primárním nárazu (možnost vzniku středně těžkého poranění vlivem pádu na vozovku), u testu č. 201 dokonce o dva řády vyšší hodnota HIC (limitní hodnota 1000 byla u testu č. 201 překročena)

Test č.302 - hodnota HIC při sekundárním nárazu nižší než při primárním nárazu, ale ze záznamu děje je zřejmé, že závažnost kontaktu figuríny s vozovkou naměřená hodnota kritéria HIC nevystihuje. Důvodem byl pravděpodobně převažující flexně extenční mechanismus pohybu krční páteře a smýkání hlavy po vozovce – z toho lze usuzovat na vznik závažného poranění krční páteře.

Komentář k poranění hlavy:

Vypočtené hodnoty obou kritérií poranění hlavy v souladu s obrazovým záznamem ukazují, že u testu 201 výrazně převládalo při sekundárním nárazu osové zrychlení hlavy v ose x a lze tedy předpokládat vznik závažného poranění. Závažnost následků rostoucí s vyšší nárazovou rychlostí se těmito kritérii založenými na měření osového zrychlení pro případ sekundárního nárazu nepotvrdila.

- Hrudník: U testu č. 302 byla při primárním i sekundárním nárazu překročena limitní hodnota kritéria 3ms pro poranění šestiletého dítěte (limit 55g dle EHK44), předpokládaná kontuze hrudníku a plic.
- Pánevev: limit a_{max} 130g nebyl překročen, závažnost primárního i sekundárního nárazu je u testů č. 201, 302 téměř shodná. U těchto nárazových rychlostí lze předpokládat vznik kontuze orgánů dutiny břišní, hrozí riziko zlomeniny pánve (ve sponě stydké)
- Koleno: Průběh zrychlení z akcelerometru u testu č. 302, ukazuje na přebuzení snímače a následně zaznamenaný signál pravděpodobně neodpovídá realitě, limit a_{max} 170g (dle nařízení 78/2009) byl při tomto testu překročen. Hodnota kritéria přesáhla více než dvojnásobně biomechanický limit, lze očekávat poranění „měkkého“ kolena, popř. zlomeninu bérce v oblasti epifýzy či metafýzy.
- Hodnocení síly z tenzometrů: Nárazová síla působící na skelet stehenní kosti vypočtena z hodnot napjatosti při znalosti materiálových vlastností struktury skeletu. Lze říci, že biomechanická tolerance stehenní kosti vůči namáhání na ohyb byla překročena při testu 302, lze tedy predikovat frakturu femuru.

Partneři zkoušky:



Czech



Podporováno VZ MŠMT (MSM6840770043)