

*Prethodno saopštenje*

## **Uticaj tehničkih unapređenja savremenih automobila na povrede donjih ekstremiteta pješaka<sup>1</sup>**

Dalibor Nedić

Zavod za sudsku medicinu Republike Srpske, Banja Luka, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

---

### **Kratak sadržaj**

**Uvod.** U koliziji pješaka sa automobilom povrjeđivanje donjih ekstremiteta pješaka je skoro uobičajeno. Ove povrede, pored morbiditetnog, imaju i neprocjenjiv forenzički značaj. Izmjene u obliku i materijalima prednjih struktura savremenih automobila trebalo bi da djeluju protektivno na tijelo pješaka prilikom kolizije.

**Metode.** Ispitivanjem je obuhvaćena grupa pješaka povrijeđenih modelima automobila konstruisanim do 1990. godine (grupa A, 46 pješaka) i grupa pješaka povrijeđenih modelima automobila konstruisanim poslije 1991. godine (grupa B, 51 pješak). Analizirane su učestalost i težina povrjeđivanja donjih ekstremiteta po grupama. Podjela povreda po težini izvršena je na osnovu kriterijuma sadržanog u Krivičnom zakonu Republike Srpske i prema *Abbreviated Injury Scale (AIS)*.

**Rezultati.** Povrede donjih ekstremiteta registrovane su u grupi A kod 84,8%, u grupi B kod 72,5% pješaka ( $p=0,144$ ). Laku tjelesnu povredu zadobilo je 26,1% pješaka u grupi A, u grupi B 39,2% pješaka, dok je tešku tjelesnu povredu zadobilo 58,7% u grupi A, 33,3% pješaka u grupi B ( $p=0,041$ ). AIS1 povrede donjih ekstremiteta imalo je 26,1% pješaka u grupi A, u grupi B 39,2% pješaka, AIS2 povrede 52,2% u grupi A, 25,5% u grupi B, a AIS 3 povrede 6,5% u grupi A, 7,8% pješaka u grupi B ( $p=0,034$ ).

**Zaključak.** U slučaju čeonog naleta automobila na pješaka povrjeđivanje donjih ekstremiteta pješaka modelima automobila novije izrade manje je ekstenzivno u odnosu na povrjeđivanje starijim modelima motornih vozila.

**Ključne riječi:** pješaci, povrede donjih ekstremiteta, *Abbreviated injury scale*

*Adresa autora:*  
Dr Dalibor Nedić, Mr sc.  
S. Kulenovića 30 C, 78000 Banjaluka  
danedic@gmail.com

---

<sup>1</sup>Dio rezultata ovog rada prezentovan je na II Stručnom seminaru o bezbjednosti saobraćaja u lokalnoj zajednici u Banjaluci, 31. 10. - 01. 11. 2013. godine i objavljen na internet strani Agencije za bezbjednost saobraćaja, Ministarstva saobraćaja i veza Republike Srpske, <http://absrs.org/index.php?idsek=371&Radovi-sa-II-strucnog-seminara-#.VJf7qcDEw>

## Uvod

Pješaci su najranjivija grupa učesnika u saobraćaju, koji u koliziji sa motornim vozilima u primarnoj fazi uobičajeno zadobijaju povrede donjih ekstremiteta. Pored morbiditetne važnosti, ove povrede imaju i veliki sudskomedicinski značaj u procesu vještačenja saobraćajne nezgode u kojoj je učestvovao pješak. Savremena automobilska industrija ulaže velike napore u razvoj sistema aktivne i pasivne zaštite svih učesnika u saobraćaju, pa i pješaka. Zaštita pješaka pokušava se ostvariti izmjenama u obliku prednjih dijelova vozila kao i upotrebom plastičnih materijala većeg deformacionog potencijala koji će u sudaru sa tijelom pješaka veći dio udarne energije potrošiti na svoju deformaciju i tako maksimalno poštediti nježno biološko tkivo pješaka. Tako, umjesto isturenih, rigidnih metalnih struktura nezatne elastičnosti i deformacionog potencijala, današnje automobile odlikuje odgovarajuće oblikovanje karoserije, upotreba materijala velike elastičnosti i deformacionog ponašanja kontaktnih površina, posebno oblikovani i integrisani branici, elastični i odignuti poklopac motora, farovi integrisani u konturu prednjeg dijela vozila, sposobni da apsorbuju dio udarne energije, kao i drugi detalji [1-3]. Ova rješenja od devedesetih godina prošlog vijeka serijski se ugrađuju u motorna vozila i neprestano dalje usavršavaju. Savremena istraživanja pokazuju izvjesnu efikasnost ovih unapređenja na modernim automobilima [1,2,4-10]. Većina ovih studija je eksperimentalnog tipa u strogo kontrolisanim uslovima na lutkama ili kadaverima, često naručena i finansirana od bogatih automobilskih korporacija, dok je manje istraživanja u realnim uslovima na terenu.

Cilj rada bio je uporediti povrede donjih ekstremiteta kod pješaka povrijeđenih savremenim modelima u odnosu na pješake povrijeđene starijim modelima automobila i ustanoviti da li moderna motorna vozila zaista uzrokuju manju traumu donjih ekstremiteta pješaka.

## Metode rada

Podaci za studiju prikupljeni su iz medicinske dokumentacije Arhiva Hirurških službi

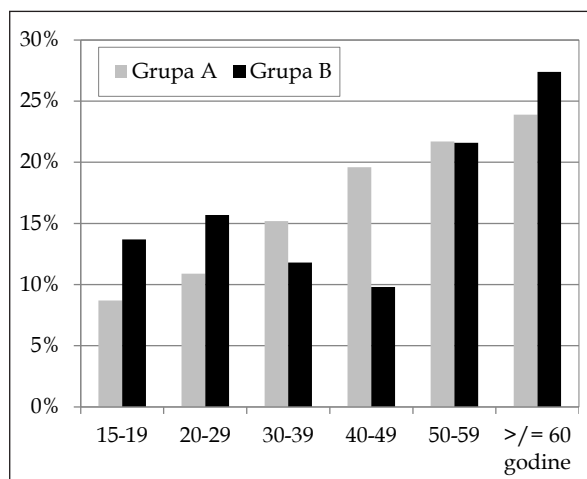
Kliničkog centra u Banjaluci, u periodu od početka 2010. do kraja aprila 2012. godine. U studiju su uključeni pješaci nastradali u koliziji sa putničkim motornim vozilima, i to njihovim prednjim dijelovima. Iz istraživanja su isključeni pješaci povrijeđeni sandučastim tipom vozila (autobus, kamion, kombi vozila i sl.), pješaci povrijeđeni u koliziji sa motociklima i biciklima, pješaci u ležećem ili sjedećem položaju u trenutku udara, kao i mlađi od 15 godina, zbog niže tjelesne visine koja uslovljava specifičnosti u mehanizmu povrjeđivanja. Isključeni iz istraživanja su i smrtno stradali pješaci, gdje fatalni ishod indirektno govori u prilog većih naletnih brzina od uobičajenih. U istraživanje je uključeno 97 povrijeđenih pješaka. Ispitanici su podijeljeni u dvije grupe: jednu grupu čine pješaci povrijeđeni modelima automobila dizajniranim do 1990. godine (grupa A, 46 pješaka), a drugu grupu pješaci povrijeđeni modelima automobila konstruisanim poslije 1991. godine (grupa B, 51 pješak). Iz raspoložive medicinske dokumentacije izdvojene su sve evidentirane povrede na donjim ekstremitetima pješaka. Zatim je posmatrana i upoređena učestalost i težina povreda donjih ekstremiteta pješaka u jednoj i drugoj grupi. Podjela povreda prema težini izvršena je na dva načina: prema kriterijumu sadržanom u Krivičnom zakonu Republike Srpske koji povrede dijeli na lake i teške tjelesne povrede, odnosno prema *Abbreviated Injury Scale (AIS)* kriterijumu kao široko prihvaćenom u međunarodnim stručnim krugovima koji se bave saobraćajnom traumatologijom [11-13].

Rezultati su obrađeni i analizirani  $\chi^2$  testom, a hipoteze testirane nivoom vjerovatnoće  $p=0,05$ .

## Rezultati

Od ukupno 97 pješaka uključenih u studiju, 60 (61,9%) je muškaraca i 37 (38,1%) žena. U grupi B odnos je 27:24, u grupi A 33:13 u korist muškaraca. Broj povrijeđenih pješaka raste zajedno sa starosnom dobi i maksimum dostiže poslije šeste decenije (Slika 1). Starosna distribucija po posmatranim grupama ne pokazuje značajne razlike ( $p=0,774$ ).

Povrede u predjelu donjih ekstremiteta



Grupa A – pješaci povrijeđeni modelima automobila konstruiranim do 1990. godine; grupa B – pješaci povrijeđeni modelima automobila konstruiranim poslije 1991. godine.

**Slika 1.** Distribucija povrijeđenih pješaka prema uzrastu

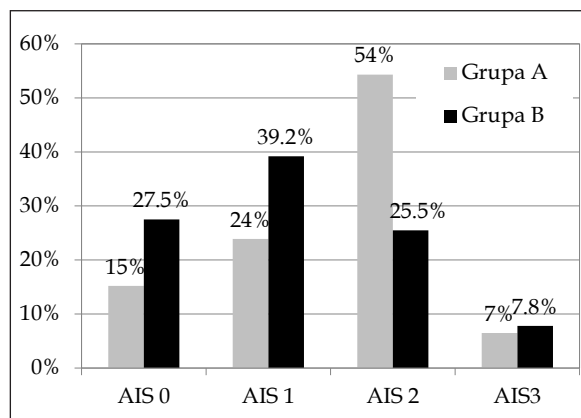
registrovane su u 84,8% pješaka iz grupe A i 72,5% pješaka iz grupe B ( $p=0,144$ ). U grupi A od 46 pješaka njih 12 (26,1%) zadobilo je laku tjelesnu povredu u predjelu donjih ekstremiteta, a 27 (58,7%) tešku tjelesnu povredu. Od 51 povrijeđenog u grupi B kod 20 (39,2%) pješaka radilo se o lakoj tjelesnoj povredi, a kod 17 (33,3%) o teškoj tjelesnoj povredi (Tabela 1,  $p=0,041$ ). Lake tjelesne povrede manifestovane su najčešće kao krvni podlivi, oguljotine i nag-nječine u predjelu donjih ekstremiteta, a teške tjelesne povrede kao iščašenja zglobova i prelomi kostiju. Pri tome najčešće su dijagnostikovani prelomi potkoljениčnih kostiju koji su u grupi povrijeđenih starijim modelima motornih vozila bili dvostruko češći (50% vs. 25,5%).

Upotrebom AIS kriterijuma ocjenjivanja težine povreda dobijeni su sljedeći rezultati: u grupi A 26,1% pješaka zadobilo je AIS1 povrede, 52,2% AIS2, a 6,5% pješaka AIS3

**Tabela 1.** Poređenje težine povreda donjih ekstremiteta u posmatranim grupama

Donji ekstremiteti	Grupa		Ukupno
	A	B	
Bez povrede, broj (%)	7 (15,2)	14 (27,5)	21 (21,6)
Laka tjelesna povreda, broj (%)	12 (26,1)	20 (39,2)	32 (33,0)
Teška tjelesna povreda, broj (%)	27 (58,7)	17 (33,3)	44 (45,4)
Ukupno, broj (%)	46 (100)	51 (100)	97 (100)

Pearson Chi square test:  $V=6,365$   $df=2$   $p=0,041$



Pearson Chi-Square test:  $V=8,644(a)$ ,  $df=3$ ,  $p=0,034$

Težina povreda definisana prema Abbreviated injury scale. Grupa A – povrijeđeni starijim modelima motornih vozila; grupa B – povrijeđeni novijim modelima motornih vozila.

**Slika 2.** Poređenje težine povreda donjih ekstremiteta u posmatranim grupama

povrede. U grupi B 39,2% pješaka zadobilo je AIS1 povredu, 25,5% AIS2, 7,8% AIS3 povredu donjih ekstremiteta ( $p=0,034$ ). U posmatranim grupama nisu zabilježene najteže AIS4+ povrede. (Slika 2).

## Diskusija

Tehnološki napredak u automobilskoj industriji posljednjih decenija stvorio je uslove za konkretna rješenja i po pitanju zaštite pješaka kao najranjivijeg učesnika u saobraćaju, koja se serijski ugrađuju u modele automobila od devedesetih godina prošlog vijeka. Ovaj rad bavi se upravo procjenom koristi od savremenih unapređenja prednjeg dijela motornih vozila u zaštiti pješaka u realnim uslovima na lokalnom nivou.

Polna distribucija povrijeđenih pješaka u ovoj studiji (muškarci: 61,9%) slična je polnoj distribuciji u zemljama Evropske unije (muškarci: 60%) prikazanoj u istraživanju Kormer i saradnika [14]. Ovo je očekivano s obzirom da naši prostori pripadaju evropskom kulturološkom i civilizacijskom obrascu. Veća zastupljenost osoba starije životne dobi u ovom istraživanju u skladu je sa uobičajenim rezultatima iz relevantne svjetske literature [1,5,6,10,14-18]. Povrede donjih ekstremiteta pješaka nešto su češće u grupi povrijeđenih starijim modelima automobila (84,8% vs. 72,5%) ali bez statistički značajne razlike ( $p=0,144$ ). Komparacija težine povreda

donjih ekstremiteta u ove dvije grupe pokazuje značajnu razliku u smislu težih povreda u grupi povrijeđenih starijim modelima automobila (Tabela 1,  $p=0,041$ ). Ovakav rezultat je u skladu sa podacima koji ukazuju da savremena konstrukciona rješenja i upotreba plastičnih materijala na prednjim dijelovima automobila zaista djeluju protektivno na donje ekstremitete pješaka [2,4,9, 19-22]. S obzirom na mehanizam kolizije, očekivano, najčešće su registrovani prelomi potkoljениčnih kostiju, koji su dvostruko češći u grupi pješaka povrijeđenih starijim modelima motornih vozila. S obzirom da je nemali dio ovih preloma nedovoljno precizno opisan, nije bilo moguće zaključiti nešto više o razlikama u karakteristikama preloma kostiju potkoljenica između posmatranih grupa. Otte & Haasper [9] su u svojoj studiji došli do zaključka da istureni branici starijih vozila znatno češće prave složene kominutivne prelome kostiju potkoljenica, dok zaobljene prednje strukture novijih motornih vozila sa integrisanim branicima štede noge pješaka u smislu da su prelomi rjeđi i obično tipa kosih preloma koji su jednostavniji za liječenje.

Posmatrajući povrede donjih ekstremiteta kroz prizmu AIS klasifikacije, dobijaju se slični rezultati, postoji značajna razlika u povrijeđivanju donjih ekstremiteta između posmatranih grupa, na štetu povrijeđenih starijim

modelima automobila ( $p=0,034$ ). Najviše je AIS2 povreda koje su predstavljene uglavnom prelomima potkoljениčnih kostiju i iščašenjima većih zglobova. Primjetno je odsustvo AIS4+ povreda, koje sa sobom nose ozbiljnu vitalnu ugroženost.

Ograničenja ove studije je često nedovoljna preciznost u opisu povreda od strane ljekara, kao i nepoznanica tačne udarne brzine povrednog vozila što je inače otežavajuća okolnost ovih istraživanja u realnim uslovima.

## Zaključak

Rezultati ovog rada u skladu su sa aktuelnim stavovima da tehnička unapređenja savremenih automobila, koja se tiču izmjena u obliku i konstrukciji njihovih prednjih dijelova, zaista djeluju protektivno na donje ekstremitete pješaka i smanjuju njihovu traumu u slučaju čeonog naleta automobila na pješaka. Potvrdu ovih rezultata trebalo bi tražiti u budućim istraživanjima koja bi uzela u obzir i naletne brzine motornih vozila, ali i precizniji opis izgleda nastalih preloma donjih ekstremiteta.

Autor izjavljuje da nema sukob interesa.  
The author declares no conflicts of interest.

## Literatura

1. Fredriksson R, Rosen E, Kullgren A. Priorities of pedestrian protection - A real-life study of severe injuries and car sources. *Accid Anal Prev* 2010;42(6):1672-81.
2. McLean AJ. Vehicle design for pedestrian protection. Adelaide, Australia: Centre for Automotive Safety Research, The University of Adelaide; 2005.
3. Schmitt KU, Niederer P, Muser M, Walz F. Trauma Biomechanics; Accidental injury in traffic and sports, 2. Edition. Berlin, New Yorks: Springer; 2007. p. 181-3.
4. Crandall JR, Bhalla KS, Madeley NJ. Designing road vehicles for pedestrian protection. *BMJ* 2002;324:1145-8.
5. Teresinski G. Injuries of the thigh, knee and ankle as reconstructive factors in road traffic accidents. In: Rich J, Dean ED, Powers HR, editors. Forensic medicine of the lower extremity. Human identification and trauma analysis of the thigh, leg and foot. Totowa, NJ: Humana press Inc; 2005. p. 311-31.
6. Schmucker U, Beirau M, Frank M, et al. Real-world car-to-pedestrian-crash data from an urban centre. *J Trauma Manage Outcomes* 2010;4:2.
7. Otte D, Jansh M, Haasper C. Injury protection and accident causation parameters for vulnerable road users based on German In-Depth Accident Study GIDAS. *Accid Anal Prev* 2012;44:149-53.
8. Thollon L, Jammes C, Behr M, Arnoux PJ, Cavallero C, Brunet C. How to decrease pedestrian injuries: conceptual evolutions starting from 137 crash tests. *J Trauma* 2007; 62(2):512-19.
9. Otte D, Haasper C. Characteristics on fractures of tibia and fibula in car impacts to pedestrians - influences of car bumper height and shape. *Annu Proc Assoc Adv Automot Med* 2007;51:63-79.
10. Zegeer CV, Bushell M. Pedestrian crash trends and potential countermeasures from around the world. *Accid Anal Prev* 2012;44(1):3-11.
11. Krivični zakon Republike Srpske. Službeni glasnik RS br. 49/2003.
12. Gennarelli TA, Wodzin E, editors. The Abbreviated Injury Scale 2005. Barrington, IL: Association for the Advancement of Automotive Medicine; 2005. Available at: <http://www.aaam.org/ais> Accessed



- September 15, 2014
13. Kormer C, Smolka D. Injuries to Vulnerable Road Users Including Falls in Pedestrians in the EU - Injury Data Report. Vienna: Austrian Road Safety Board; 2009. Available at: [http://www.eurosafe.eu.com/csi/eurosafe2006.nsf/wwwAssets/BFFD10F801E-ACC59C125787000608BA1/\\$file/Apollo\\_InjuryDataReport.pdf](http://www.eurosafe.eu.com/csi/eurosafe2006.nsf/wwwAssets/BFFD10F801E-ACC59C125787000608BA1/$file/Apollo_InjuryDataReport.pdf) Accessed September 15, 2014
  14. Decade of Action For Road Safety 2011-2020. Global Launch, March 2010. Available at: [http://www.who.int/roadsafety/decade\\_of\\_action/en/](http://www.who.int/roadsafety/decade_of_action/en/) Accessed September 15, 2014
  15. Hausmann R. Pedestrian Accidents. In-depth Analysis and accident Figures. Master thesis in „Traffic Environment and Safety Management“. University of Linköping, Sweden, 2006. Available at: [http://webstaff.itn.liu.se/~ghaal/MasterThesis\\_Richard-Hausmann\\_Final\\_Aug20061.pdf](http://webstaff.itn.liu.se/~ghaal/MasterThesis_Richard-Hausmann_Final_Aug20061.pdf) Accessed September 15, 2014
  16. Langwieder K, Danner M, Wachter W, Hummel T. Patterns of multi-traumatisation in pedestrian accidents in relation to injury combinations and car shape. Eight International Technical Conference od experimental Safety Vehicles, Wolfsburg;1980.
  17. Čović M, Hrgović T, Strinović D, Škavić J, Zečević D. Nalet motornog vozila na pješaka. In: Čović M, Hrgović T, Jelić I, Strinović D, Škavić J, Zečević D, editors. Vještačenja u cestovnom prometu. Zagreb: Informator; 1987. p.51-7.
  18. Yang J. Review of Injury Biomechanics in Car – Pedestrian Collisions (Report to European Passive Safety Network). Crash Safety Division, Machine and Vehicle Systems, Chalmers University of Technology. Göteborg, 2002.
  19. Matsui Y. Effects of vehicle bumper height and impact velocity on type of lower extremity injury in vehicle-pedestrian accidents. *Accid Anal Prev* 2005;37:633-40.
  20. Schuster JP. Current Trends in Bumper Designe for Pedestrian Impact. Proceedings from 2006 SAE World Congress: Detroit, Michigan. 2006.
  21. Available at: <http://works.bepress.com/pschuste/12/> Accessed September 15, 2014
  22. DeSantis KK, Schneider L. Biomechanics of Pedestrian Injuries Related to Lower Extremity Injury Assessment Tools: A Review of the Literature and Analysis of Pedestrian Crash Database. Michigan: Transportation Research Institute, University of Michigan; 2003. Available at: <http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/1535/97318.0001.001.pdf?sequence=2> Accessed September 15, 2014

## Influence of technical improvements of modern cars on pedestrian's lower extremity injuries

Dalibor Nedić

Department of Forensic Medicine of Republic of Srpska, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina

**Introduction.** In a typical car-to-pedestrian crash, pedestrian's lower extremities are the most commonly injured body region. These injuries have morbidity but also a great forensic significance. Technical improvements of frontal parts of modern cars should have a protective role in injuring pedestrian's lower extremities.

**Methods.** This retrospective study included a group of pedestrians injured by models of passenger cars designed until 1990 (group A, 46 pedestrians) and group of pedestrians injured by models of passenger cars designed since 1991 (group B, 51 pedestrians). Frequencies and severity of injuries to the lower extremities were analyzed for every group. According to severity injuries were divided using criteria of Criminal Law of Republic of Srpska and the Abbreviated Injury Scale (AIS) coding system.

**Results.** 84.8% of pedestrians in group A and 72.5% in group B had sustained lower extremity injuries ( $p=0.144$ ). 26.1% of pedestrians in group A and 39.2% in group B had sustained actual bodily harm, 58.7% in group A and 33.3% in group B had sustained grievous bodily harm ( $p=0.041$ ). AIS1 injuries of lower extremity were reported in 26.1% of victims in group A and 39.2% of victims in group B, AIS2 injuries in 52.2% in group A vs. 25.5% in group B and AIS3 injuries in 6.5% in group A vs. 7.8% in group B ( $p=0.034$ ).

**Conclusion.** In a case of frontal car-to-pedestrian crash, modern passenger cars cause less extensive injuries to pedestrian's lower extremities, compared to older models of vehicles.

**Keywords:** pedestrians, lower extremity injuries, the Abbreviated Injury Scale (AIS)