MEHANIZMI POVREĐIVANJA PEŠAKA U SAOBRAĆAJNIM ZADESIMA

AUTORI

Milošević M.¹, Savić S.², Matejić S.¹, Mihailović Z.², Jakšić V.¹

¹Medicinski fakultet, Univerzitet u Prištini, Kosovska Mitrovica, Srbija

²Medicinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija

KORESPONDENT

Miroslav Milošević

Medicinski fakultet Kosovska Mitrovica

mbmilosevic@yahoo.com

SAŽETAK

Veštačenje naleta vozila na pešaka je veoma složena interdisciplinarna biomehanička analiza, koja zapravo čini sintezu rada sudskomedicinske i saobraćajno-tehničke struke. Karakteristike povređivanja zavise od konstitucije i položaja pešaka, kao i od vrste i tipa putničkog automobila. Mehanizmi povređivanja su raznoliki i povrede predstavljaju rezultantu složenih mehaničkih sila, kretanja i uticaja na ljudsko telo. Rezultati pokazuju da automobili nove generacije aerodinamičnog klinastog oblika prednjaćeg dela favorizuju nastanak hiperekstenzivnih povreda, dok je dominantan faktor značajnog intenziteta i ekstenziteta povređivanja velika brzina. Utvrđeno je višestruko smanjenje učestalosti smrtnog stradanja pešaka u savremenim uslovima saobraćaja.

Ključne reči: povrede, pešaci, hiperekstenzija

ENGLISH

MECHANISMS OF INJURY OF PEDESTRIANS IN ROAD TRAFFIC ACCIDENTS

Milošević M.¹, Savić S.², Matejić S.¹, Mihailović Z.², Jakšić V.¹

¹Faculty of medicine, University of Pristina, Kosovska Mitrovica, Serbia

²Faculty of medicine, University of Belgrade, Serbia

SUMMARY

Determination of direction of car impact on pedestrian is complex interdisciplinary biomechanical analysis, which sintetize the work of legal medicine and traffic engineering professions. Injury characteristics depends on constitution and position of pedestrian, and type of passenger car. There are different mechanisms of injury arising from sum of effect of complex mechanical forces, from motion and impact on human body. Results are showing that new generation car, with aerodynamic wedge front, favorize occurrence of hyperextensive injuries, while speed presents dominant factor of intensity of injuries. In modern traffic conditions, we found multiple reduction of number of deaths of pedestrians in road traffic accidents.

Keywords: injuries, pedestrians, hyperextension

UVOD

Povrede pešaka su u savremenim uslovima drumskog saobraćaja jedan od vodećih uzroka smrtnosti 1 i odlikuje ih politraumatizam, polifazičnost, polimorfizam, multiplacitet i disproporcija spoljašnjeg i unutrašnjeg nalaza. Sudskomedicinsko veštačenje smrtnog stradanja pešaka, na prvom mestu podrazumeva vršenje sudskomedicinske obdukcije kojom se utvrđuje: 1. uzrok smrti, 2. način (mehanizam) povređivanja, 3. postojanje eventualnih oboljenja i stanja (fizioloških i/ili patoloških), 4. vreme nastan-

nka povreda, 5. zaživotnost povređivanja i 6. poreklo smrti [2, 3, 4].

Veštačenja u slučajevima naleta putničkog motornog vozila na pešaka veoma su učestala, ali i pored toga raznovrsna i uvek jedinstvena. Veštačenje naleta vozila na pešaka je veoma složena biomehanička analiza, koja zapravo čini sintezu rada sudskomedicinske i saobraćajno-tehničke struke. U momentu naleta, vozilo i pešak čine nedeljivu celinu (fizički sistem), pri čemu deluju uzajamno, što znači da na telu pešaka i na vozilu treba očekivati povrede i oštećenja koje su u direktnoj vezi i ukazuju na način povređivanja. Faze povređivanja pešaka u naletu putničkog automobila su: 1. udar - prvi kontakt (primarni kontakt) pešaka i

automobila, 2. nabacivanje tela na automobil, 3. odbacivanje i pad, 4. klizanje tj. vučenje tela po podlozi (suljanje) i 5. pregaženje. Povrede koje nastaju prvim kontaktom tela sa vozilom su tzv. primarne, one koje nastaju nabacivanjem na automobil su sekundarne, dok prilikom pada nastaju tercijarne povrede. Težina povreda zavisi od položaja povređenog pešaka u trenutku udara, od oslonca (na oba stopala ili samo na jednom dok je druga noga u pokretu), od stava i dinamike kretanja pešaka, kao i od vrste, težine i brzine vozila. U trenutku udara putničkog automobila u pešaka kinetička energija se ne troši na mestu udara već se prenosi na telo koje biva nošeno u pravcu i brzinom kretanja vozila. Kod velikih brzina kretanja odigrava se faza nabacivanja ili čak i prebacivanja tela preko karoserije automobila. Kod nabacivanja pri malim brzinama telo pešaka se prebacuje preko poklopca pogonskog dela automobila do vetrobranskog stakla, dok pri većim brzinama telo kliza preko vetrobranskog stakla i krova automobila i pada ili iza vozila ili sa strane. Nabacivanje tela se dešava isključivo ako je mesto udara (primarnog kontakta) ispod težišta tela [4, 5]. Kod osoba viših od 150 cm dešava se faza nabacivanja, dok kod nižih ona izostaje. Veoma važan faktor kretanja ljudskog tela posle primarnog kontakta je i oblik prednjeg dela vozila. Automobili klinastog oblika prednjačećeg dela su putnička vozila sa niskom prednjom maskom i zaobljenom kontaktnom površinom zbog čega češće dovode do nabacivanja tela na karoseriju [4, 6]. Automobili pontonskog oblika prednjačećeg dela su putnička vozila koja su u prednjem delu pravougaonog oblika sa pločastom kontaktnom površinom zbog čega je neophodna veća brzina kretanja da bi se dogodilo nabacivanja tela pešaka na karoseriju [7].

Između faze nabacivanja i odbacivanja nastaju hiperekstenzione povrede. One zahvataju delove tela, organe i tkiva čija anatomska građa uslovljava prekomerno istežanje indirektnim dejstvom sile koja uzrokuje oštećenja tkiva i organa daleko od mesta primarnog dejstva [8, 9]. Hiperekstenzione povrede mogu nastati i direktno u fazi pada na tlo ako se kontakt sa podlogom i sledstveni udar ostvari licem, tj. prednjim delom glave. Ove povrede najčešće nastaju na vratnom delu kičme, srcu, aorti i opornjaku tankog creva, a mogu se naći i na podjezičnoj kosti, štitastoj hrskavici, jednjaku, dušniku, dušnicama, međurebarnim i pretkičmenim mišićima, gušterači, žučnoj kesi i žučovodu, kao i često na grudnom i znatno ređe slabinskom delu kičmenog stuba.

CILJ RADA

Cilj rada je da se utvrdi postojanje najčešćeg načina i mehanizma povređivanja određenog dela tela u određenom položaju u slučajevima smrtnog stradanja pešaka, kao i da se ustanovi da li lokalizacija, intenzitet i ekstenzitet povreda, mogu poslužiti kao parametri na osnovu kojih bi se sa prihvatljivom verovatnoćom mogao utvrditi tip vozila koje je povredilo pešaka.

MATERIJAL I METODE

Istraživanje je sprovedeno na materijalu Instituta za sudsku medicinu „Milovan Milovanović“ Medicinskog fakulteta u Beogradu. Predmet istraživanja su smrtno stradali pešaci u saobraćajnim zadesima isključivo od putničkih automobila. Istraživanje je odobreno od strane Nastavno-

naučnog veća Medicinskog fakulteta u Prištini (Kosovska Mitrovica). Studija se sastoji iz dva dela: retrospektivnog i prospektivnog. Retrospektivnom studijom su obuhvaćene 1980. i 1990. godina. Prospektivno istraživanje je sprovedeno 2009. i 2010. godine. Pored izvršenih obdukcija tokom prospektivnog istraživanja, u ekspertiznom radu su korišćeni obdukcioni zapisnici i dostupna medicinska dokumentacija, ali i kompletna sudska dokumentacija u koju spadaju: policijski izveštaji, zapisnici o kriminalističko-tehničkom pregledu mesta događaja, zapisnici o pregledu vozila, zapisnici o uviđaju, skice lica mesta, fotodokumentacija.

U studiju su uključeni pešaci koji su umrli od zadobijenih povreda na licu mesta ili posle kraćeg ili dužeg perioda nadživljavanja. Smernice za veštačenje mehanizma povređivanja dobijane su iz istražnih zapisnika, ali su svi podaci uzeti sa rezervom i njihova verodostojnost potvrđivana ili negirana u toku obdukcije i naknadnog sudskomedicinskog veštačenja. Svi smrtno povređeni pešaci koji su obuhvaćeni ovom studijom su stradali pri brzinama vozila većim od 30 km/h, svi su viši od 150 cm, i svi su u momentu povređivanja bili u stojećem stavu i uspravnom položaju tela, u stanju mirovanja ili kretanja (hodanja ili trčanja) i svi su povređeni isključivo od putničkih automobila.

Automobili su na osnovu izgleda prednjeg dela karoserije svrstani u dve osnovne grupe: automobile pontonskog oblika (u daljem tekstu APO) i automobile klinastog oblika (u daljem tekstu AKO). Sva posmatrana obeležja koja se tiču pešaka su upoređivana u odnosu na dizajn automobila.

REZULTATI

Istraživanje je sprovedeno na 324 ispitanika - pešaka smrtno stradalih u saobraćajnim nesrećama. Retrospektivni deo istraživanja sačinjavalo je 258 smrtno stradalih pešaka, dok je prospektivni deo istraživanja činilo 66 pešaka.

Grafikon 1. Distribucija smrtno stradalih pešaka po godinama istraživanja

Na grafikonu 1. je prikazana distribucija smrtno stradalih pešaka po godinama istraživanja. Najviše smrtno stradalih pešaka od putničkog automobila bilo je 1990. godine (135; 42,0%), pa zatim 1980. godine (123; 38,0%), dok je u prospektivnom delu istraživanja bilo znatno manje ispitanika i to 2009. godine 32 (9,5%), a 2010. godine ih je bilo 34 (10,5%).

U 268 slučajeva (83% od ukupnog broja 324) bio je poznat podatak koji je automobil povredio pešaka, dok je u

17% slučajeva to bilo nepoznato (grafikon 2). U situacijama u kojima je nepoznat tip automobila u 24 slučaja dogodilo se da vozač smrtno povredi pešaka i pobjegne vozilom sa mesta događaja (engl. „hit and run“), dok je 32 slučaja ostalo nepoznato nemarnošću policijskih službenika koji nisu evidentirali konkretnu marku i tip automobila, već su u zapisniku samo konstatovali da se radi o putničkom vozilu.

Grafikon 2. Distribucija smrtno stradalih pešaka prema tipu automobila od kojeg su povređeni (APO - automobili pontonskog oblika, AKO - automobili klinastog oblika)

U skladu sa ciljevima istraživanja, pažnja je fokusirana na dizajn putničkog automobila tj. na izgled njegove prednje strane koja predstavlja glavni dejstveni princip u mehanizmu povređivanja pešaka. Od ukupnog broja ispitanika uključenih u istraživanje (268), njih 222 (82,8%) je stradalo od APO, a 46 (17,2%) ispitanika je stradalo od AKO (tabela 1). Za 56 slučajeva kao što je već rečeno ne postoje podaci o tipu vozila pa oni nisu uključeni u analizu.

Tabela 1. Struktura ispitanika uključenih u istraživanje

Ispitanici (Pešaci)	N	%
Smrtno stradali od APO	222	82,8
Smrtno stradali od AKO	46	17,2
Ukupno	268	100,0

U istraživanju je bilo 200 slučajeva smrtnog stradanja pešaka za koje smo imali podatke na osnovu kojih smo utvrdili mehanizam povređivanja (165 u retrospektivnoj studiji i 35 u prospektivnoj). Ukoliko se posmatraju kombinacije prostorne orijentacije i uzmu u obzir naleti automobila iskosa u odnosu na telo pešaka, onda se zapaža da je najčešći mehanizam povređivanja hiperekstenzija (69; 34,5% u obe grupe), dok je veoma retko zastupljena hiperfleksija (7; 3,5% u obe grupe), što se vidi u tabeli 2. U našem istraživanju smo mehanizam povređivanja utvrđivali i definisali izolovano i striktno kao dominantan, kao što je prikazano na tabeli 2. Uvek treba imati na umu da u najvećem broju slučajeva smrtnog stradanja pešaka u naletu putničkog automobila postoji kombinacija više mehanizama povređivanja.

Tabela 2. Distribucija smrtno stradalih pešaka prema dominantnom mehanizmu povređivanja u odnosu na tip putničkog automobila.

MEHANIZAM POVREĐIVANJA	APO		AKO		Ukupno	
	n	%	n	%	n	%
Hiperekstenzija	59	35,8	10	28,6	69	34,5
Laterofleksija/-ekstenzija desno	48	29,1	11	31,4	59	29,5
Laterofleksija/-ekstenzija levo	53	32,1	12	34,3	65	32,5
Hiperfleksija	5	3,0	2	5,7	7	3,5
Ukupno	165	100	35	100	200	100

Ispitanici u grupi smrtno stradalih od APO najčešće su bili povređeni mehanizmom hiperekstenzije (59; 35,8%), dok je u grupi ispitanika smrtno stradalih od AKO najčešće zastupljen mehanizam laterofleksije/-ekstenzije levo (12; 34,3%). Zbog malih učestalosti pojedinih kategorija nije bilo moguće uraditi Hi-kvadrat test.

U pogledu distribucije povreda u odnosu na anatomsko-topografske regione i organske sisteme, posmatranjem kompletnog uzorka od 324 pešaka smrtno stradalih naletom putničkog automobila (tabela 3), zapaža se dominacija povreda donjih ekstremiteta (294; 90,7%), dok se na drugom mestu nalaze povrede glave i vrata (319; 98,5%).

Tabela 3. Distribucija anatomsko-topografske lokalizacije povreda (kod svih pešaka koji su smrtno stradali u saobraćajnom zadesu bez obzira na tip automobila).

TOPOGRAFIJA POVREDA	N	%
Noge	294	90,7
Karlica	112	34,6
Trbuh	125	38,6
Grudni ko	235	72,5
Ruke	69	21,3
Glava i vrat	319	98,5

Kada se posmatra procentualna zastupljenost povreda u odnosu na tip automobila, kod povređenih od AKO se zapaža povećana učestalost povreda u svim anatomskotopografskim regionima osim predela glave (tabela 4).

Tabela 4. Distribucija anatomsko-topografske zastupljenosti povreda kod smrtno stradalih pešaka u odnosu na tip putničkog automobila.

ANATOMSKO-TOPOGRAFSKA ZASTUPLJENOST POVREDA	APO n (%)	AKO n (%)	p-vrednost
Noge	201 (90,5%)	44 (95,7%)	0,388
Karlica	75 (33,8%)	16 (34,8%)	0,896
Trbuh	89 (40,1%)	20 (43,5%)	0,670
Grudni ko	163 (73,4%)	37 (80,4%)	0,320
Ruke	48 (21,6%)	11 (23,9%)	0,733
Glava i vrat	219 (98,6%)	45 (97,8%)	0,531

Povrede su sagledavane zbirno i tako utvrđena zahvaćenost anatomsko-topografskih regiona i organskih sistema ne uzimajući u obzir vrstu, lokalizaciju, intenzitet i ekstenzivnost pojedinačnih povreda pri ovoj opservaciji. Povreda noge (obe ili samo jedne ne uzimajući u obzir vrstu, lokalizaciju, intenzitet i ekstenzivnost povrede) imalo je

90,5% stradalih od APO i 95,7% stradalih od AKO, što nije statistički značajna razlika (Fisher-ov test tačne verovatnoće, $p=0,388$). Povredu karličnog prstena i sadržaja karlične duplje (obostrano ili unilateralno, ne uzimajući u obzir vrstu, lokalizaciju, intenzitet i ekstenzivnost povrede) imalo je 33,8% stradalih od APO i 34,8% stradalih od AKO, što nije statistički značajna razlika (Hi-kvadrat=0,117; $p=0,896$). Povredu trbuha i sadržaja trbušne duplje (ne uzimajući u obzir vrstu, lokalizaciju, intenzitet i ekstenzivnost povrede) imalo je 40,1% stradalih od APO i 43,5% stradalih od AKO, što nije statistički značajna razlika (Hi-kvadrat=0,181; $p=0,670$). Povredu grudnog koša i sadržaja grudne duplje (ne uzimajući u obzir vrstu, lokalizaciju, intenzitet i ekstenzivnost povrede) imalo je 73,4% stradalih od APO i 80,4% stradalih od AKO, što nije statistički značajna razlika (Hi-kvadrat=0,989; $p=0,320$). Povredu ruke (obe ili samo jedne ne uzimajući u obzir vrstu, lokalizaciju, intenzitet i ekstenzivnost povrede) imalo je 21,6% stradalih od APO i 23,9% stradalih od AKO, što nije statistički značajna razlika (Hi-kvadrat=0,117; $p=0,733$). Povredu glave (ne uzimajući u obzir vrstu, lokalizaciju, intenzitet i ekstenzivnost povrede) imalo je 219 (98,6%) stradalih od APO i 45 (97,8%) stradalih od AKO, što nije statistički značajna razlika (Fisher-ov test tačne verovatnoće, $p=0,531$).

DISKUSIJA

Mehanizam povređivanja u suštini može predstavljati pad (kretanje tela prema povrednom oruđu), udar (kretanje oruđa prema telu) i sudar (kretanje i tela i oruđe jednog prema drugom). Povrede koje nastaju u trenutku udara su rezultat direktnog dejstva sile ali i statičkog opterećenja (masom sopstvenog tela), a i jedan i drugi faktor dovode do patoloških dislokacija delova tela. U praksi često postoji kombinacija mehanizama povređivanja. Povređivanje pešaka od putničkog automobila predstavlja rezultantu dejstva sile na ljudsko telo. Telo pešaka je u naletu putničkog automobila izloženo mnogobrojnim složenim mehanizmima povređivanja i to su: akceleracija, deceleracija, torzija, hiperfleksija, hiperekstenzija, laterofleksija, anteroposteriorna ili lateralna kompresija, rotacija (transferzalna i longitudinalna) i translacija. U svakom zglobu (najčešće se opserviraju koleno, stopalo, kuk, karlica i vrat) može biti izražen neki poseban vid pokreta i sledstvenog mehanizma povređivanja [10, 11]. Mehanizmi povrede zgloba kolena su hiperekstenzija, prednja dislokacija proksimalne tibijalne epifize, valgus i varus položaji. U skočnom zglobu povrede nastaju mehanizmom spoljašnje i unutrašnje rotacije, kao i plantarne i dorzalne fleksije [10, 11]. Mogućnosti kombi+novanja su neograničene i veoma su zastupljene što je još jedna ilustracija kompleksnosti povređivanja pešaka koja se manifestuje politraumatizmom kao dominantnom karakteristikom (tabela 3).

Mnogobrojni istraživači proučavaju saobraćajni traumatizam, kako sa sudskomedicinskog aspekta tako i iz ugla traumatologije [4, 5, 8, 9, 12]. Kada se sagledaju sva istraživanja, uočava se velika zastupljenost smrtnog povređivanja pešaka, što nameće izdvajanje ovog vida učešća u saobraćaju u posebnu kategoriju. Pešak je najvulnerabilniji i najnezasićeniji učesnik u saobraćaju [12].

Istraživanja u oblasti biomehanike povređivanja utvrđuju kauzalnost brzine vozila i mehanizma nastanka povreda. Na posmatranom obdukcionom materijalu u okviru retrospektivnog istraživanja, utvrdili smo da su najčešće po-

vređeni glava i donji ekstremiteti. Takve rezultate na materijalu iz istovremenog perioda istraživanja navode i drugi autori [13]. Istraživači se bave pitanjima faze nastanka određene vrste povreda i utvrđivanjem brzine u trenutku kontakta automobila sa telom pešaka precizirajući razliku između brzine kretanja automobila tokom vožnje i brzine u momentu primarnog kontakta, jer na biomehaničke karakteristike dinamike i mehanizma povređivanja ima uticaja samo ona brzina koja postoji u trenutku primarnog kontakta [13]. U novijim istraživanjima [4, 5, 8, 9, 12] autori u ovoj oblasti sudske medicine i traumatologije naročito proučavaju odnos između naletne brzine kretanja automobila (u trenutku udara) i povreda sa smrtnim ishodom i navode da je najčešći oblik smrtnog stradanja u saobraćaju čeon nalet putničkog automobila na pešaka [12]. U istraživanjima se, kao i u našem radu, naglašava različitost dizajna prednjeg dela putničkih automobila i u tom pogledu izdvajaju automobili pontonskog i klinastog oblika i ističe različitost povređivanja u pogledu intenziteta, ekstenziteta, mehanizma i dinamike povređivanja. Kod čeonog naleta putničkog automobila na pešaka, najčešće se radi o udaru prednjim delom u odraslu osobu koja se u trenutku udara nalazi u uspravnom položaju. Da bi se stekao uvid o uticaju brzine na intenzitet povređivanja, neophodno je utvrditi tačnu brzinu u trenutku primarnog kontakta. Pouzdan proračun brzine vrše stručnjaci saobraćajno-tehničke struke. Ekspert saobraćajno-tehničke struke može pouzdano izračunati brzinu u trenutku udara ako se određeni parametri prethodno preciziraju. Ovi parametri su čak i u najboljim uslovima istraživanja bili poznati samo u oko 50% slučajeva [14, 15, 16]. Knight [17] smatra da je praktično nemoguće proceniti naletnu brzinu kretanja automobila samo na osnovu prirode povrede. To bi zahtevalo verifikovanje odnosa između brzine i sledstvene povrede, koji bi se zasnivao na sasvim određenoj zakonomernosti utemeljenoj na obdukcionim nalazima i podacima dobijenim u ostalim istražnim radnjama. To je ujedno i namera i glavni cilj mnogih istraživanja, pa i našeg, a to je da se utvrdi da li takvi odnosi mogu biti uspostavljeni u najčešćem tipu saobraćajne nesreće - potpunom čeonom naletu putničkog automobila na pešaka.

U skladu sa ciljevima istraživanja spoljašnje i unutrašnje povrede su u našem radu grupisane i sagledane kompletno, bez obzira na konkretnu vrstu i lokalizaciju, intenzitet i ekstenzivnost, jer je to jedan od načina da se dobiju podaci o i karakteristikama samog povređivanja koje se odlikuje već pomenutim multiplicitetom, polimorfizmom i polifazičnošću, gde se povrede nalaze jedna pored i preko druge tako da jedna drugu naglašavaju ili maskiraju, od slučaja do slučaja, uz već pomenutu disproporciju spoljašnjeg i unutrašnjeg nalaza u sklopu politraumatizma koji je posebno izražen u grupi pešaka smrtno stradalih od AKO u prospektivnoj studiji. Shodno tome možemo zaključiti da je superpozicioniranje povreda, pored svih prethodno pobrajanih, jedna od savremenih karakteristika smrtnog povređivanja pešaka u saobraćajnim nesrećama.

Od strane mnogih stručnjaka koji se bave ovom sudskaomedicinskom problematikom preporučuje se neophodnost veoma pažljivog razmatranja kriterijuma koji se primenjuju u ovakvim istraživanjima, kao i dodatnih obeležja koja utiču na dinamiku i mehanizam povređivanja [8, 9, 18]. Ova oblast forenzičkih istraživanja je izazov i inspiracija velikom broju autora [4, 5, 8, 9, 18]. B. Karger i saradnici [12] navode 3 kriterijuma u utvrđivanju mehanizma povređivanja koji obezbeđuju neophodan uslov da je

lokalizacija primarnog kontakta obavezno ispod tačke težišta tela (centra gravitacije): 1. Da su pešaci zadobili povrede u fazi primarnog kontakta i da je to i verifikovano obdukcijom sprovedenom temeljno (po principima specijalne tehnike obdukcovanja); 2. Da je tačka primarnog kontakta na automobilu isključivo u prednjem delu (potpun čeon nalet); 3. Da postoji pouzdan proračun brzine od strane eksperata saobraćajno-tehničke struke. U našim uslovima istraživanja, najveći problem su zadavali drugi i treći kriterijum zbog sporosti sudskih postupaka. Pobrojani kriterijumi treba da predstavljaju standard u istraživanjima i veštačenjima potpunog čeonog nalleta.

Povrede glave i sledstveno mozga i mnoge druge povrede, ne mogu da budu dovedene u korelaciju sa mehanizmom povređivanja zbog mogućnosti njihovog nastanka u različitim fazama povređivanja (npr. pri nabacivanju ili pri padu na kolovoz, ili čak i od stane drugih automobila). Uprkos tome povrede glave su najčešći uzroci smrti. U literaturi se navodi podatak da sa povećanjem opsega brzina, povećava se i broj zahvaćenih regiona tela, tako da je u savremenim uslovima saobraćaja uzrok smrti politrauma (iskrvarenje i/ili povrede mozga), kao što je utvrđeno i našim istraživanjem.

Ovakva i slična istraživanja zahtevaju analizu svakog pojedinačnog slučaja i bez takvog pristupa nema ni rezultata. Najveći broj autora je saglasan da odnos uticaja brzine i eventualnog mehanizma nastanka primarnih ili sekundarnih povreda, ne može da bude utvrđen ukoliko se ne isključe sve mogućnosti drugih načina povređivanja [8, 9, 18, 19]. Kada mehanička sila deluje na ljudsko telo u uspravnom položaju i stojećem stavu, pri čemu je tačka primarnog kontakta ispod centra gravitacije (ispod težišta tela) i ove su činjenice nesumnjivo utvrđene, onda u naletu putničkog automobila na odraslog pešaka nastaju karakteristične povrede. Kod nalleta putničkog automobila telo pešaka se rotira oko transferzalne osovine koja prolazi kroz tačku težišta tela a koja je postavljena pod pravim uglom u odnosu na longitudinalnu osovinu, pri čemu se noge pešaka kreću napred i naviše (u smeru kretanja vozila), dok se gornji deo tela kreće unazad i naniže prema prednjem delu karoserije vozila (suprotno smeru kretanja vozila). Ova rotacija tela se naziva okretnim impulsom. U nekim slučajevima dolazi do rotiranja tela pešaka oko poprečne osovine tela tj. oko težišta, dok u drugim slučajevima dolazi do rotiranja oko uzdužne osovine tela, a često i do kombinacije ove dve vrste rotacije, te tako zbog okretnog impulsa i ugaonog ubrzanja, brzina udarca glave o delove vozila može biti značajno veća od nalletne brzine. Po nekim autorima to uvećanje brzine iznosi i do 40% [7]. Ne postoji mogućnost šablonizacije dinamike i mehanizma povređivanja pešaka pri naletu putničkog automobila i svaki slučaj je jedinstven i zato je veštačenje povređivanja pešaka veoma kompleksno.

U našem istraživanju su povrede donjih ekstremiteta na drugom mestu odmah posle povreda glave i vrata. U zavisnosti od precizno utvrđenih geometrijskih i prostornih uticaja i odnosa, kao i naknadne snage koja deluje na telo, može doći do naglih pokreta hiperekstenzije, hiperfleksije, rotacije i translacije. Ovaj indirektni tip traume može izazvati prelome kičme, rascepe aorte, rascepe kože prepinskih pregiba (hiperekstenzija u zglobov kuka), kao i raskomadavanje tela u vidu primarne povrede zbog ogromnog i naglog ubrzanja nogu i tela uopšte. Raskomadavanje koje je direktan rezultat veoma velikih ubrzanja delova tela najčešće može nastati kao primarna povreda u kontaktu

tela pešaka sa prednjom ivicom poklopca pogonskog dela automobila, ili kao sekundarna povreda usled sudara tela i prednje ivice krova automobila. Dominantan faktor nastanka povreda i u takvim situacijama je velika brzina kretanja putničkog automobila. Raskomadavanja tela pešaka su zastupljena u našem istraživanju sa ukupno 5 slučajeva, od čega su se u grupi stradalih od APO desila 2 slučaja ukupno (0,90%), dok su se u grupi smrtno stradalih od AKO desila 3 slučaja (6,52%), od čega je u jednoj situaciji telo pešaka u predelu trupa potpuno predvojeno. Saobraćajno-tehničkim veštačenjem je utvrđeno da je u konkretnom slučaju brzina kretanja automobila „VW Passat b7“ na auto-putu bila veća od 200 km/h, uz napomenu da pomenuti putnički automobil ima težinu veću od 1400 kg. U svim slučajevima raskomadavanja tela u primarnoj fazi povređivanja dominantan faktor bila je velika brzina kretanja automobila. Na osnovu upoređivanja naših rezultata sa rezultatima inostranih autora može se zaključiti da postoji saglasnost u znatnoj meri i da porast brzine i izmene u dizajnu automobila stimulišu češći nastanak hiperekstenzivnih povreda.

O definisanju parametara koji se tiču pešaka već je bilo reči [17]. Polazna tačka svakog istraživanja mora da bude utvrđivanje preciznih kriterijuma u pogledu vrste, tipa i dizajna automobila. Oba kriterijuma značajno smanjuju broj učesnika u istraživanjima.

Klasifikacija koju predstavlja Schindler [6]. je slična našoj, s tim da smo mi istraživanje ograničili striktno na putničke automobile čija težina ne prelazi 1400-1500kg [4, 6]. U oba perioda više od 90% svih automobila su bili uobičajenih vrsta (razvrstani po klasama na: male, srednje i velike). Modifikacijama u dizajnu i tehničko-tehnološkim inovacijama u pogledu materijala koji se koriste u proizvodnji automobila, značajno je povećan uticaj samog automobila na tok događaja i odigravanje saobraćajnih zadesa [4]. Praktično ista kinetička energija je kompletno prebačena na pešaka, ali zbog promena na samom fokusu uticaja mehaničke sile, mehanizam povređivanja je modifikovan tako što je, kako autori kažu - lokalizacija primarnog kontakta pomeren distalno od tačke težišta tela. U našem istraživanju smo dobili drugačije rezultate i lokalizacija primarnog kontakta kod smrtno stradalih pešaka od AKO u odnosu na APO nije niža, već je kontaktna površina manja i to je istovremeno direktan uzrok intenzivnijeg nabacivanja i češće zastupljenosti hiperekstenzivnih povreda što je našim istraživanjem verifikovano. U inostranim radovima je zastupljeno povećanje učestalosti kombinacija povreda glava-grudi-donji ekstremiteti koja je bila je najprisutnija u poginulih pešaka povređenih od AKO [4]. U našem istraživanju se zapaža povećana učestalost povreda grudnog koša i sadržaja grudne duplje kod pešaka koji su smrtno stradali od AKO (tabela 4). Kada se bliže sagledaju svi aspekti povreda glave uočava se da broj značajnijih povreda vremenom opada. Rezultanta sile u povređivanju pešaka je spuštana ispod glave i vrata. Opet treba istaći da svi podaci moraju biti uzeti sa rezervom jer telesna visina pešaka znatno varira.

U našem istraživanju se u pogledu učestalosti smrtnog stradanja pešaka od putničkih automobila beleži trend smanjenja kao i u istraživanjima drugih autora [4]. koji saopštavaju da uprkos povećanju gustine drumskog saobraćaja koji je kontinuiran iz decenije u deceniju, broj poginulih lica u saobraćajnim nesrećama opada i to već mnogo godina unazad. Evidentan je pad broja smrtno stradalih pešaka u naletu putničkog automobila što je pre svega rezultat poboljšane saobraćajne infrastrukture i odvajanja pešaka u prostornom (podvožnjaci i nadvožnjaci) i vremenskom

(semafori) smislu od kolovoza, kao i rezultat napretka medicine i hirurškog zbrinjavanja povređenih, a manjim delom je posledica tehničko-tehnoloških inovacija u automobilske industriji u pogledu dizajna i sastava materijala u proizvodnji vozila. Ipak treba istaći da ove tehničko - tehnološke inovacije u automobilske industriji pretežno štite one koji se nalaze u automobilu.

Kao najbolja ilustracija tvrdnje sa početka ovog rada da ne postoji šablon, obrazac, model povređivanja pešaka, govori i činjenica da su skoro svi pešaci zastupljeni u našem istraživanju imali neku povredu glave (98,6% stradalih od APO 97,8% stradalih od AKO).

Evidentna je razlika u karakteristikama povređivanja, koja se odnosi na povećanje učestalosti povreda grudnog koša i organa grudne duplje pojedinačno i skupno posmatrano, kao vida indirektnih (i uslovno direktnih) povreda. Sve ove povrede, koje su učestalije u savremenim uslovima saobraćaja kod pešaka smrtno stradalih od automobila klinastog oblika, dokaz su intenzivnije hiperekstenzije ljudskog tela favorizovane manjom kontaktnom površinom i intenzivnijim nabacivanjem tela pešaka na automobil pod uticajem većih brzina.

ZAKLJUČCI

Osnovna savremena karakteristika smrtnog povređivanja pešaka od putničkih automobila je višestruko smanjenje broja poginulih.

LITERATURA

1. Eid HO, Abu-Zidan FM. Pedestrian injuries-related deaths: a global evaluation. *World J Surg.* 2015;39(3):776-81.
2. Pandurović S, Aleksandrić B, Obradović M. O mehanizmu nastanka traumatskih rascepa grudne aorte. *Srp Arh Celok Lek* 1982; 110 (10): 1139-44.
3. Pandurović S. Automobilske nezgode - povrede i način povređivanja. Beograd: Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu; 1986.
4. Ehrlich E, Tischer A, Maxeiner H. Lethal pedestrian - Passenger car collisions in Berlin: Changed injury patterns in two different time intervals. *Legal Medicine* 2009;11(1):S324-S326.
5. Arregui-Dalmases C, Kerrigan JR, Sanchez-Molina D, et al. A review of pelvic fractures in adult pedestrians: experimental studies involving PMHS used to determine injury criteria for pedestrian dummies and component test procedures. *Traffic Inj Prev.* 2015;16(1):62-9.
6. Schindler V, Kühn M, Weber S, et al. Verletzungsmechanismen und Wirkabschätzungen der Fahrzeugfrontgestaltung bei Pkw-Fußgänger-Kollisionen. Abschlußbericht im Auftrag der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. TU-Berlin Fachgebiet Kraftfahrzeuge (GDV) 2004:36-40.
7. Škavić J, Zečević D. Načela sudskomedicinskih vještačenja. Zagreb: Naklada Ljevak, 2010.
8. Mo F, Arnoux PJ, Jure JJ, et al. Injury tolerance of tibia for the car-pedestrian impact. *Accid Anal Prev.* 2012;46:18-25.
9. Mo F, Arnoux PJ, Zahidi O, Masson C. Injury thresholds of knee ligaments under lateral-medial shear loading: an experimental study. *Traffic Inj Prev.* 2013;14(6):623-9.
10. Teresinski G, Madro R. Ankle joint injuries as a reconstruction parameter in car-to-pedestrian accidents. *Forensic Science International* 2001;118(1):65-73.
11. Teresinski G, Madro R. Knee joint injuries as a reconstructive factors in car-to-pedestrian accidents. *Forensic Science International* 2001; 124(1):74-82.
12. Karger B, Teige K, Fuchs M, Brinkmann B. Was the pedestrian hit in an erect position before being run over? *Forensic Science International* 2001;119(2):217-20.
13. Jekić M, Takač J: Saobraćajni znaci i saobraćajne nezgode pešaka. Zbornik radova V simpozijuma preventive u bezbednosti saobraćaja na putevima. Vrnjačka Banja, 1984.
14. Kamiyama S, Schmidt G. Beziehungen zwischen Aufprallgeschwindigkeit, Fahrzeugbeschädigungen, Frakturen und "Wurfweite" bei 50 tödlichen Fußgänger-PKW-Unfällen. *Z Rechtsmed* 1970;67:282-292.
15. Metter D. Rechtsmedizinische Unfallrekonstruktion von tödlichen Fußgänger-PKW-Unfällen. *Zentralbl Rechtsmed* 1984; 26:735-74.
16. Metter D. Fußgänger-PKW-Unfälle bei Kollisionsgeschwindigkeiten über 70 km/h. *Beitr Gerichtl Med* 1984;42:319-327.
17. Knight B, Saukko P. *Forensic Pathology.* Arnold, Oxford University Press, 2004.
18. Jiménez-Mejías E, Onieva-García MÁ, Robles-Martín J, et al. Why has the pedestrian death rate decreased in Spain between 1993 and 2011? An application of the decomposition method. *Inj Prev.* 2014;20(6):416-20.
19. Harruff RC, Avery A, Alter - Pandya AS. Analysis of circumstances and injuries in 217 pedestrian traffic fatalities. *Accident Analysis & Prevention* 1998;30(1):11-20.