

19.

Design do cinto de segurança automóvel: minimização do risco de ferimentos graves e fatais nos condutores seniores

*Automobile seat belt design:
minimizing the risk of serious and fatal injury
on senior drivers*

Susana C. F. Fernandes
Universidade de Aveiro
scff@ua.pt

J. L. Esteves
FEUP · Faculdade de Engenharia
da Universidade do Porto
jesteves@fe.up.pt

João Nunes Sampaio
DeCA · Universidade de Aveiro
joao.sampaio@ua.pt

Ricardo Simoes
IPCA · Instituto Politécnico do
Cávado e do Ave
rsimoes@ipca.pt

O uso adequado do cinto de segurança automóvel é um meio efetivo de prevenção de ferimentos graves ou fatais em caso de acidente. Todavia, os ferimentos provocados pelo próprio cinto de segurança podem, por si só, resultar em lesões graves para o utilizador.

Este artigo analisa como minimizar o risco de ferimentos graves e fatais nos indivíduos seniores resultantes do cinto de segurança em colisões, com o objetivo de melhorar o design, o ajuste ergonómico e antropométrico, e o conforto dos cintos de segurança.

A metodologia de investigação utilizada é descritiva e correlaciona estudos recentes do setor automóvel, legislação e diretivas aplicáveis aos cintos de segurança em assentos, estatísticas de acidentes rodoviários, testes de colisão, relatórios médicos, avaliações ergonómicas, antropométricas e da saúde em idosos.

Este estudo permitiu concluir que o design dos cintos de segurança com três pontos de fixação, aplicados nos veículos ligeiros mais comercializados, não são os mais adequados à antropometria, fragilidade e fraqueza física, conforto e segurança do sénior. A partir desta investigação propomos aspetos de melhoria a considerar no design dos cintos de segurança para minimizar esta problemática.

Palavras-chave design, cinto de segurança, condutores seniores, proteção do ocupante, acidente rodoviário, segurança, ergonomia.

A proper use of seat belts is an effective means of preventing serious injury or death in a motor vehicle crash. However, injuries caused by the seat belt itself may result in serious injury to the user.

This article examines how to minimize the risk of serious and fatal injuries in older adults, resulting from seat belts itself in crash involvement, with the aim of improving the design, ergonomic and anthropometric adjust, and the comfort of seat belts.

The research methodology used is descriptive and correlates recent automotive studies, seat belt laws, road accident statistics, crash tests, medical reports, ergonomic and anthropometric data, and elderly health evaluations.

This study allowed to conclude that the seat belts design, more marketed in vehicles, with three attachment points, are not the most adequate to the anthropometry, physical fragility and weakness, comfort, and safety in elderly users. From this research, we propose improvement aspects to consider in seat belts design to minimize this problem.

Keywords seat belt design, senior drivers, occupant protection, crash Involvement, safety, ergonomic.

1. Introdução

A *Association for Safe International Road Travel* (ASIRT, 2016) classifica o tráfego rodoviário como a nona principal causa de morte mundial, representando 2,2% de todas as causas de morte. As “estatísticas globais anuais de acidentes rodoviários” (ASIRT, 2016) indicam que, pelo menos, 1,3 milhões de pessoas morrem em acidentes de viação, o correspondente a uma média de 3.877 óbitos por dia. Adicionalmente, por ano, entre 20 a 50 milhões de pessoas sofrem ferimentos ou lesões permanentes. Estima-se que as lesões provocadas por acidentes rodoviários se tornem a quinta principal causa de morte mundial até 2030.

Atualmente, o automóvel representa um meio primordial de transporte para muitos seniores em inúmeros países (OECD/IRTAD, 2014; Eby & Molnar, 2012; Molnar & Eby, 2009), sendo que o número de condutores, com 65 e mais anos, deverá mais do que duplicar nos próximos 30 anos (NHTSA, 2013). O relatório OECD/ITF (2014) acrescenta que os seniores têm vindo a aumentar a duração e a frequência das viagens de automóvel, sendo esse aumento ainda maior nas faixas etárias superiores aos 75 anos. O mesmo relatório também demonstra que, os condutores com idade igual ou superior a 65 anos, apresentam taxas de mortalidade mais altas do que condutores entre os 25 e os 64 anos de idade, sugerindo que os seniores têm maior risco de acidentes fatais. Como consequência, são esperados aumentos no número de mortes relacionadas com lesões em acidentes rodoviários nas faixas etárias mais avançadas (ASIRT, 2016; NHTSA, 2013).

Relatórios de polícia e as estatísticas das seguradoras automóveis sugerem que os condutores seniores são mais suscetíveis ao envolvimento em acidentes com várias viaturas e com lesões mais graves, bem como a serem considerados responsáveis pelos acidentes em que se envolvem (NHTSA, 2013; Langford et al., 2006; Morris et al., 2003).

Os seniores, devido à maior fragilidade física, são mais propensos a sofrerem ferimentos graves ou fatais (cerca de 2 a 5 vezes mais) do que os jovens adultos em caso de colisão, e recuperam mais lentamente de ferimentos, devido à maior fraqueza física (Platts-Mills et al., 2015).

Em vários países, desde que foi introduzida a legislação obrigatória para a utilização do cinto de segurança (no final dos anos 70), a redução dos ferimentos graves e fatais tornou-se efetiva em cerca de 25% (Masudi et al., 2017). Está amplamente demonstrado que o uso do cinto de segurança contribui para a redução do número de mortes em acidentes rodoviários (Beck et al., 2017; Masudi et al., 2017; Kahane, 2013; Kent et al., 2005). Embora os benefícios do cinto de segurança sejam claros, não deve ser descorado que estes estão associados a padrões próprios de lesão. Assim, os utilizadores dos cintos de segurança, quando envolvidos em acidentes rodoviários, devem ser especificamente avaliados por médicos especializados na identificação deste tipo lesões (Fong et al., 2015).

Investigações recentes do *Ohio State’s Wexner Medical Center* (Randi Belisomo in Reuters, 2016) indicam que os atuais cintos de segurança dos automóveis não foram projetados para proteger os idosos mais frágeis, nem pensados para os atuais padrões antropométricos da população. As lesões corporais são comuns ao longo do percurso do cinto de segurança, nomeadamente na região torácica e do abdómen, donde podem resultar fraturas de costelas, de vertebrae da coluna, e no esmagamento de tecidos moles, de artérias e de órgãos vitais.

As questões da segurança rodoviária, em adultos mais velhos, constituem uma preocupação atual do setor automóvel, que está interessado em identificar o que contribui para o uso, ou não, do cinto de segurança pelas pessoas com 65 anos ou mais (ASIRT, 2016; NHTSA, 2013).

Com esta investigação pretende-se compreender questões relacionadas com a utilização do cinto de segurança pelo utilizador sénior, designadamente: os fatores que influenciam a tomada de decisão de colocar ou não um cinto de segurança; as condições físicas e de conforto experienciadas; as características ergonómicas e do design dos cintos de segurança; a eficácia da legislação aplicada aos cintos de segurança; os níveis e técnicas de utilização segura; entre outros fatores que podem contribuir para a redução do nível das lesões corporais em caso de impacto/colisão de veículos.

Efetuamos uma revisão alargada da literatura relacionada com as questões das alterações físicas do corpo humano no envelhecimento e os padrões de lesão provocados pelo cinto da segurança dos automóveis com três pontos de fixação, com vista à identificação de potenciais melhorias no design dos cintos de segurança automóveis, para mitigar os riscos de ferimentos graves e fatais nos condutores seniores.

2. Fragilidade, fraqueza e morfologia do corpo sénior

A fragilidade e a fraqueza do corpo humano aumentam com o envelhecimento, devido a inúmeras mutações morfológicas e da composição do organismo, de natureza complexa e diversa. A fragilidade caracteriza-se pela menor capacidade de resistência a doenças ou lesões. A biomecânica da fragilidade envolve estudos sobre a idade e a redução da densidade óssea, tais como: declínios na massa óssea; mudanças na morfologia e geometria dos ossos (o que os torna mais propensos a fraturas). Nos acidentes que envolvem automóveis, em função da grandeza da força de impacto, é provável que uma maior fragilidade induza a níveis mais altos de dano corporal. Portanto, num acidente com mais energia de impacto, um indivíduo mais frágil experimentará maior nível de lesões corporais (Fernandes, Susana C.F. et al., 2017; Kahane 2013; Duarte, 2013).

A fraqueza, por sua vez, refere-se à capacidade de recuperação de doença ou lesão, sendo que um corpo envelhecido demora mais tempo a recuperar de ferimentos (Key et al., 2016; Platts-Mills et al., 2015; Narayan et al., 2014). Os componentes físicos da fragilidade e fraqueza são: a atrofia muscular (sarcopenia); a perda de massa muscular; a inatividade física e a diminuição da função

motora. Por exemplo, a tolerância e a recuperação dos tecidos da coluna vertebral diminuem durante o envelhecimento, devido ao aumento da fraqueza (McGill, 2007).

A fragilidade e a fraqueza corporal foram identificadas como sendo dos principais fatores do aumento do risco de morte em pessoas mais velhas em acidentes rodoviários (Crandall et al., 2015; Eby e Molnar, 2012; Meuleners et al., 2006; Li et al., 2003).

O envelhecimento está associado a inúmeras mutações corpóreas que influenciam direta e/ou indiretamente a fragilidade e a fraqueza humana. Entre as mutações mais significativas que influenciam o nível de dano ou lesão causados pela retenção do cinto de segurança no automóvel, identificamos: a diminuição lenta e progressiva da massa e da função muscular, que em estágios de maior degeneração resultam em sarcopenia – atrofia dos músculos e perda de força (Portugal, 2012; McGill, 2007; Doherty, 2003); a degeneração das fibras elásticas e de suporte de colagénio da derme e enfraquecimento da epiderme em geral (Vigué-Martin, 2006); a substituição de alguns tecidos corporais por massa gorda (Kuk et al., 2009); o aumento do perímetro abdominal, isto é, maior diâmetro nas circunferências da cintura e do quadril (Hu et al., 2017; Reed et al., 2015; Zamboni et al., 2003), com muitos indivíduos a apresentarem, inclusivamente, obesidade (em virtude de variações dos padrões antropométricos da sociedade, nos últimos anos, com especial incidência em regiões urbanas dos países desenvolvidos) (Beck et al., 2017; Kumanyika & Brownson, 2007; Ho et al., 2015; Busetto et al., 2009); a rigidez dos elementos ósseos e musculares do tórax (Vigué-Martin, 2006); a diminuição da calcificação dos ossos (Vigué-Martin, 2006); a perda de elasticidade e da resistência das cartilagens e articulações (o que provoca maior propensão para fraturas ósseas) (Vigué-Martin, 2006); o estreitamento dos canais brônquicos e a maior dificuldade na ventilação muscular (Vigué-Martin, 2006); a redução da força contrátil do coração e dos centros bioelétricos que regulam o seu ritmo (Vigué-Martin, 2006).

A Figura 1 (NHTSA, 2016) compara, numa vista lateral, o tórax (costelas, cartilagens costais e músculos costais) de um jovem adulto com um sénior. No sénior verifica-se: espaçamento alargado das doze costelas (de cada lado do tórax), compostas por ossos chatos e curvos que se estendem da coluna vertebral dorsal até ao externo; perda de massa óssea, com alterações morfológicas sugerindo atrofia, redução volumétrica e da densidade dos ossos; perda de massa muscular das paredes torácicas até ao abdómen; ossos da clavícula e esterno diminuídos; maior volume da caixa torácica e da profundidade da lateral do tórax, tal como apontam os estudos diversos (Masudi et al., 2017; Parenteau et al., 2013; Vigué-Martin, 2006).

As vértebras que formam a coluna vertebral (cervical, dorsal e lombar) projetam-se na zona central do dorso, seguindo uma linha vertical que a percorre em toda a sua extensão (Vigué-Martin, 2006). No envelhecimento, as perdas de densidade óssea, as alterações nas propriedades e nas proporções relativas dos elementos dos tecidos conjuntivos dos discos intervertebrais¹, quando associadas à perda de capacidade dos discos intervertebrais para absorção de água, resultam na diminuição da capacidade de absorção de choques na coluna vertebral.

No sénior, as alterações geométricas e degenerativas nas estruturas vertebrais (que são forçadas a suportar carga dos discos e as alterações posturais), associadas a maior proporção das cargas compressivas, de tração e de corte, as quais agem sobre a coluna (Hammerberg & Wood, 2003; Guccione, 2002), influem na redução da altura da coluna vertebral e estão na origem da deformação da região do abdómen e da redução da estatura física em geral, contribuindo para a adoção da postura flexionada para a frente, conforme representado na Figura 2.

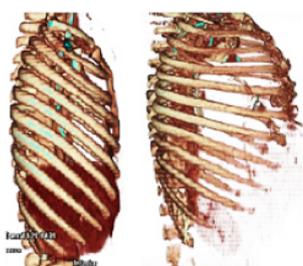


Figura 1. (à esquerda) – costelas de um adulto jovem; (à direita) – costelas de um sénior. Fonte: NHTSA, acessível em: <https://www.toyota.com/csarc/projects/index.html>



Figura 1. Variação da coluna vertebral com a idade: (à esquerda) – indivíduo com 55 anos; (ao centro) – indivíduo com 65 anos; (à direita) indivíduo com 75 anos. Fonte: <http://bioquimicaenvelhecimento.blogspot.pt/2010/11/>

3. Legislação, conceção e design do cinto de segurança automóvel padrão (com três pontos de fixação)

Em Portugal, o decreto-lei n.º 190/2006, de 25 de setembro (publicado no Diário da República, 1ª série, n.º 185/2006, de 25 de setembro) regula a homologação dos cintos de segurança e dos sistemas de retenção dos automóveis, aprovado pelo decreto-lei n.º 225/2001, de 11 de agosto e transpõe para a ordem jurídica interna a diretiva n.º 2005/40/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de

¹ Discos intervertebrais - estruturas fibrocartilaginosas existentes entre diferentes vértebras e que servem de amortecedor nos pontos de união entre vértebras (Vigué-Martin, 2006).

7 de setembro (MAI - Ministério da Administração Interna, 2006). O preâmbulo deste diploma legal enfatiza que «os estudos efetuados mostram que o uso de cintos de segurança e de sistemas de retenção pode contribuir para a redução drástica do número de vítimas e da gravidade dos ferimentos em caso de acidente, constituindo a sua instalação em todas as categorias de veículos um importante passo para o aumento da segurança rodoviária e para evitar a perda de vidas, proporcionando um benefício substancial para a sociedade».

O cinto de segurança e sistemas de retenção são mecanismos acessíveis, concebidos para reduzir o risco de ferimento para o utilizador, em caso de colisão ou de desaceleração brusca do veículo, limitando as possibilidades de movimento do corpo e, por princípio, menor probabilidade de lesões graves para o ocupante.

Atualmente, os cintos de segurança padronizados, aplicados em todos os veículos comercializados, são do tipo "três pontos". Esta denominação deve-se ao modo de ancoragem ou fixação que se processa em três pontos (na Figura 4, identificados pelos pontos 1, 2 e 3). À parte do cinto de segurança entre os pontos 1 e 3 é habitual designar por "cinto de ombro" e, por sua vez, à parte entre os pontos 2 e 3 por "cinto de volta".

Os cintos de segurança são concebidos para distribuir as forças de impacto pelas partes mais fortes do corpo superior (conforme representado na Figura 3), designadamente: clavícula, esterno e ossos pélvicos (Chen et al., 2003; IIHS, 2009). Todavia, os atuais três pontos de retenção do cinto de segurança padrão, para retenção do utilizador ao assento, resultam do balanceamento entre fatores de segurança e fatores de usabilidade (NHTSA, 2013).

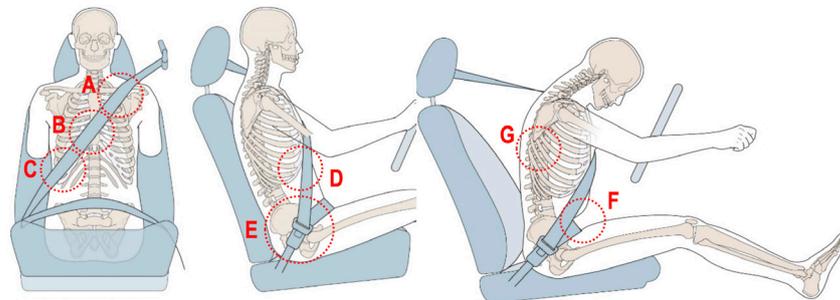


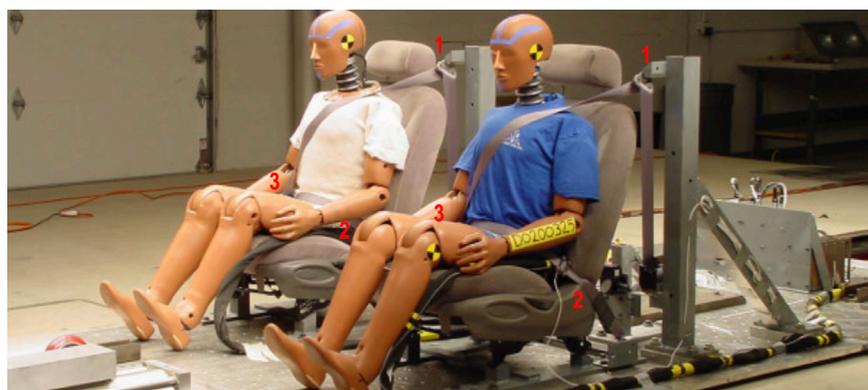
Figura 3. (à esquerda e centro) – Ilustrações que mostram a posição dos ossos do tórax e do abdômen em relação às peças do cinto de segurança sobre o ombro – (A) clavícula, (B) esterno, (C) costelas e cartilagens costais, (D) união condrocostal, (E) ossos pélvicos; (à direita) – Ilustração de choque frontal: o ocupante avança em relação ao interior do veículo e o cinto de segurança, na região do ombro, aplica uma força de restrição à clavícula, esterno e caixa torácica. O cinto na região abdominal, reage aplicando uma força de restrição à pelve e abdômen (F). O corpo é impulsionado para a frente e a coluna vertebral (G) flete comprimindo os discos intervertebrais.

Fonte adaptada: <https://www.thompsoncoe.com/NewsEvents/Publications?find=68202>.

Os cintos de segurança primeiramente concebidos foram projetados e testados, nos finais da década de 70, com recurso a "Crash Test Dummies"², semelhantes a um condutor "homem" de "tamanho médio", "de meia-idade" (40 anos), e a pesar, aproximadamente, 78 kilos – "homem padrão" (Randi Belisomo in Reuters, 2016). Atualmente, muitos dos procedimentos de avaliação adotados pela indústria automóvel para a conceção/projeto de sistemas de segurança em veículos para o condutor e ocupante, continuam a utilizar o "homem padrão". Com efeito, utilizam-se Dispositivos de Teste Antropomórfico (ATDs)³, como modelos humanos, com um reduzido número de tamanhos corporais (ver Figura 4), quando estudos já realizados identificam efeitos significativos da estatura e da obesidade sobre o risco de ferimentos, sobretudo em acidentes do tipo frontal e lateral (Hu et al., 2017; Randi Belisomo in Reuters, 2016).

Figura 4. Simulador de teste do cinto de segurança com *Crash Test Dummies* - "homem padrão". Pontos de fixação do cinto de segurança: (1) – fixação ao pilar B do veículo (posição retrátil do cinto), acima do ombro; (2) – ponto fixo, abaixo da pélvis; (3) - ponto com pré-tensor do cinto de segurança.

Fonte: <http://www.occurrencesforeigndomestic.com/2015/08/24/crash-test-dummies/>



² *Crash Test Dummies* – são dispositivos de teste antropomórfico (ATDs) em escala completa que simulam as dimensões, proporções de peso e de articulação do corpo humano, geralmente instrumentado para registar informações sobre o comportamento dinâmico em testes de simulação de impacto de veículos (Kurczewski, 2015).

³ ATDs - *Anthropomorphic Test Devices*.

Apenas recentemente algumas das principais marcas da indústria automóvel (como são exemplo a Toyota e a Volvo), começaram a considerar a necessidade de mais ATDs dimensionados aos percentis atualizados da população, para avaliar a resistência ao choque e a proteção do condutor e ocupante em testes de colisão (Hu et al., 2017) e os respetivos impactos nos níveis de proteção alcançados através do cinto de segurança (Reed et al., 2013).

A nível mundial, somente alguns tamanhos de ocupantes adultos são representados por ATDs (Hu et al., 2017). Os testes regulamentares de ATDs variam entre países, mas as dimensões do corpo de referência não correspondem aos percentis dessa população em particular. Por exemplo, atualmente o homem americano pesa, em média, cerca de 89kg, e a mulher 75kg, o que representa quase 10kg a mais do que há 40 anos atrás (Hanson in Dailymail.com, 2017). Assim, os condutores obesos e não obesos: o “homem alto” e a “mulher baixa”, apresentam riscos maiores de lesões do que o “homem de meia-idade” padrão. Numa análise por estatura, foram observados maiores riscos de lesões nos condutores obesos comparativamente aos condutores não obesos. Estes resultados sugerem que o tamanho e a forma do corpo do condutor e ocupante afetam a sua interação com os componentes do cinto de segurança ao nível da posição dos pontos de fixação e a cinemática dos corpos, potenciando os riscos de ferimentos severos em acidentes frontais e laterais (Hu et al., 2017), aos quais acrescem os efeitos do envelhecimento corpóreo (Fernandes, Susana C.F. et al., 2017; Reed, Ebert, & Hallman, 2013).

O *Ohio State's Wexner Medical Center* e a *Universidade de Michigan* (Randi Belisomo in Reuters, 2016; Reed, Ebert, & Hallman, 2013) indicam que os atuais cintos de segurança dos automóveis não foram projetados para proteger os idosos mais frágeis, nem pensados para os atuais padrões antropométricos da população, estando a ser desenvolvidos novos ATDs (ver Figura 5) para testes de impacto/colisão de veículos.



Figura 5. (à esquerda) – Foto de ATD obeso (≈124 kg), na posição de condução e com cinto de segurança.

Fonte: Splash News, <http://www.mirror.co.uk/news/weird-news/fat-crash-test-dummies-weigh-9812349>;

(à direita) – Foto comparativa entre ATDs de diferentes tamanhos: à esquerda – “mulher de 70 anos”;

ao centro – “homem obeso”; à esquerda – “homem padrão”.

Fonte: <http://www.dailymail.co.uk/news/article-4212828/Crash-test-dummies-fatter-older.html>.

O design do cinto de segurança padrão (com três pontos de fixação) pode ser menos efetivo para os condutores mais velhos, podendo causar danos fatais decorrentes de lesões sofridas ao longo do caminho do cinto (Reed, Ebert, & Hallman, 2013). Na figura 6, estão representadas as zonas corpóreas de retenção pelo cinto de segurança, ao nível do esqueleto, dos órgãos e das artérias.

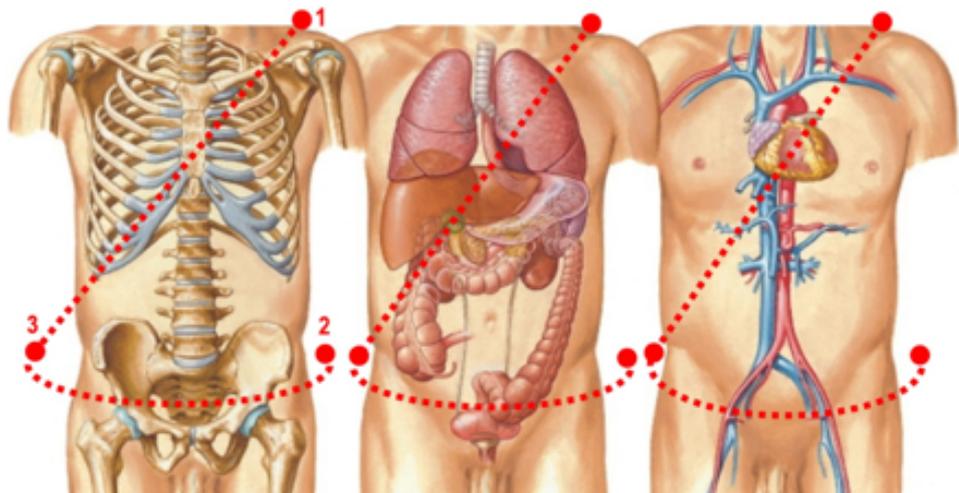


Figura 6. Corpo humano e zonas de retenção do cinto de segurança de três pontos: (à esquerda) – ossos: clavícula, esterno, costelas e cartilagens costais; (ao centro) – órgãos vitais: pulmões, fígado e intestinos; (à direita) – artérias principais.

Fonte: <http://tattoos.fansshare.com/gallery/photos/17087900/ct-scan-human-anatomy-diagram-organs-photo-vaeu-organs/?displaying>.

4. Regiões corpóreas do sénior com dano ou lesão provocadas pela retenção do cinto de segurança padrão (três pontos de fixação) do automóvel



Figura 7. Contusão e escoriação torácica, em mulher de 59 anos, relacionadas com o cinto de ombro. Fonte: <http://westjem.com/original-research/crash-injury-prediction-and-vehicle-damage-reporting-by-paramedics.html>



Figura 8. Hematoma abdominal, em homem de 58 anos, provocado pelo cinto de volta. Fonte: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211558712000337>



Figura 9. Hematomas em mulher sénior (peito, mama e região baixa do abdómen). Fonte: *Abdominal Trauma* by Beka Aberra (Addis Ababa University, School of Medicine, 2012).

Na população sénior, as mudanças fisiológicas associadas ao envelhecimento desempenham um papel no aumento da suscetibilidade geral às lesões, porque a forma geral do corpo muda, em particular no tórax, associada a diferenças estruturais e geométricas na região torácica (Kent et al., 2005; Hammerberg & Wood, 2003).

Em caso de colisão automóvel, a combinação da ação dos airbags e do cinto de segurança de três pontos não isentam o corpo de ferimentos (Masudi et al., 2017). Os clínicos dos hospitais detetam frequentemente lesões intra-abdominais abertas ou ocultas em pacientes acidentados. O hematoma no tronco e no abdómen ao longo do percurso do cinto de segurança é um sinal perceptível que sugere risco aumentado de lesão torácica e abdominal (ver Figura 7 e 8). Todavia, nem sempre são aparentes os sinais de contusão, o que não significa a inexistência de lesão, carecendo de avaliação de outros sinais mais sutis de lesão (Masudi T. et al., 2017).

Segundo dados do *Emergency Medicine Journal* (Hope in Dailymail, 2013), os condutores com excesso de peso e obesos, apresentam maior risco de acidente do tipo fatal, no caso de sofrerem colisões de automóvel, comparativamente com outros condutores considerados de “peso saudável”⁴. Assim, constatou-se que as pessoas com maior índice de massa gorda apresentam cerca de 80% maior probabilidade de morte em acidentes automóveis do que os condutores com peso considerado saudável.

As mulheres obesas (com IMC de 35) apresentam o dobro do risco de fatalidade face aos homens, verificando-se que apresentam também o dobro do risco de fatalidade quando comparadas com outras mulheres de peso considerado normal, para a estatura.

Ao longo do trajeto do cinto de segurança, os hematomas são os sinais mais frequentes de lesão. Nas mulheres, destacam-se os hematomas no peito e mama, assim como na região baixa abdominal (ver Figura 9).

Em função da intensidade da força de impacto, resultante de um acidente automóvel, a retenção pelo cinto de segurança pode provocar os seguintes danos corporais: fratura por compressão da placa final superior do corpo vertebral; fratura esternal deslocada; fraturas laterais das costelas esquerdas e contusões (ver Figura 10). Ainda que com menor incidência, podem verificar-se lesões no intestino delgado, nos vasos supra-aórticos (carótida e subclávia) em associação com fraturas de costelas.

As lesões no peito e tórax, incluindo fraturas de costelas, são relatadas como as feridas de acidentes mais comuns entre condutores seniores. Os seniores têm uma taxa de morbidade e mortalidade muito maior em resultado da fratura de costelas, comparativamente a jovens adultos (Fong et al., 2015; Meuleners et al., 2006; Kent et al., 2005; Stawicki et al., 2004; Bergeron et al., 2003; Bulger et al., 2000).



Figura 10. (à esquerda) – Fratura esternal deslocada; (ao centro) – fratura de costelas; (à direita) – Fratura por compressão da placa final superior do corpo vertebral. Fonte: medmovie.com.

Acrescem, ainda, os problemas decorrentes do incorreto ajuste e posicionamento do cinto de segurança pelo utilizador (não previstas em projeto). Por exemplo, o cinto de ombro: (i) quando colocado em regiões mais próximas do pescoço, causa graves lesões no pescoço; (ii) quando colocado debaixo do braço, origina fraturas de costelas; (iii) quando colocado na região supra abdominal origina lesões nos órgãos do aparelho digestivo. Por sua vez, o cinto de volta quando demasiado curto, pode potenciar fraturas ósseas na região da pelve (ver Figura 11). A fratura de um osso pélvico, fémur ou outro na região da bacia, em pessoas mais idosas pode tornar-se uma lesão fatal (Victoria Allen in Dailymail.co.uk, 2017).

Vários estudos, baseados nos dados de acidentes rodoviários com colisões frontais, também demonstraram que os condutores e ocupante obesos têm maior risco de lesão no tórax (Ma et al., 2011) e nas extremidades inferiores (Mock et al., 2013; Ma et al., 2011; Reiff et al., 2004; Moran et al., 2002; Boulanger et al., 1992), comparativamente aos indivíduos com peso normal.

⁴ Peso saudável – O Índice de Massa Corporal (IMC) é um indicador da gordura corporal e, normalmente, tem por base a proporção entre o peso e a altura (existindo outros mecanismos de medição da quantidade de gordura no corpo). O Peso saudável ou normal de um adulto deve estar associado a IMC compreendidos entre 18,5-24,9 (Deurenberg, et al., 1991; Dymna et al., 1996; Lawrence Cheskin in National Geographic, 2016).

Figura 11. Fratura óssea transcervical do colo do fémur (região da anca).
Fonte: <http://www.dailymail.co.uk/health/article-4142216/Elderly-people-break-hip-likely-die.html>.



5. Recomendações e Conclusões

Os cintos de segurança dos automóveis desempenham um papel fundamental na segurança do condutor e do ocupante, todavia uma parcela significativa da população mundial ainda sofre lesões graves e fatais provocadas pela retenção do próprio cinto de segurança.

O ajuste do cinto do condutor e ocupante deve ter em consideração a idade, o nível de fragilidade e fraqueza, o índice de massa corporal, os efeitos da adiposidade nas dimensões desse ajuste. Assim, sugerem-se os seguintes aspectos de melhoria ao nível do design interior do veículo, para um melhor ajuste à antropomorfologia do condutor sénior e potenciar a eficácia do cinto de segurança padrão:

- I. Maior comprimento do cinto de volta, isto é, maior comprimento entre a posição do retractor (ponto 3) e a ancoragem fixa (ponto 2) contemplando, assim, diferenças antropométricas e maiores índices de massa corporal do utilizador, bem como um melhor ajuste ao colo/abdómen;
- II. Assento mais largo ao nível da região do coxís e bacia, para melhor posicionamento e ajustamento pelo utilizador entre os pontos (2) e (3);
- III. Posicionar os pontos de ancoragem (2) e (3) alguns centímetros à frente em relação à atual posição do encosto do assento afastando, desta forma, ligeiramente, o cinto de volta da posição dos tecidos e órgãos moles do abdómen. Propõe-se, assim, a adoção de uma posição no geral mais baixa, próxima das pernas do condutor e do osso Acetábulo. Este reposicionamento continua a promover a retenção do condutor no assento, evitando o escorregamento sobre o mesmo, mas também redistribui ligeiramente as forças do impacto do cinto de volta para os ossos do fémur (com maior resistência). Este reposicionamento beneficia essencialmente utilizadores com maior índice de massa corporal e os utilizadores com maior volume abdominal;
- IV. Aumentar, em geral, a largura do cinto de segurança, para desta forma se obter maior área da superfície de contato com o corpo do utilizador, para maior distribuição da energia de impacto, minimizando a sua intensidade e, conseqüentemente, o nível de dano localizado;
- V. Prever airbag de cinto, ou seja, sistemas de segurança insufláveis que façam aumentar a área de distribuição da energia de impacto sobre o corpo do utilizador, para tornar as lesões menos graves e menos prováveis;
- VI. Optar pelo "Design Belt-in-Seat" face ao "B Pillar Seat Belt Design". Muitos condutores ao ajustarem a posição do assento para a sua posição de conforto de condução, não modificam a posição de passagem do cinto de ombro na respetiva alça guia do ajustador de altura de correia (localizada no pilar B), por desconhecimento, desatenção ou, ainda, por dificuldade nas operações necessárias ao respetivo ajustamento. O "Design Belt-in-Seat" proporciona melhor ajuste do cinto de ombro ao corpo, melhor acesso à correia e maior conforto aos ocupantes. Adicionalmente, este conceito evita erros de má colocação do cinto, na medida em que permite acompanhar a translação e a reclinção do encosto do assento.
- VII. Utilizar um assento com "Design Belt-in-Seat" de encosto lombar mais alto (prevendo diferentes posições no ajuste do apoio de cabeça), com o objetivo de melhorar o posicionamento antropométrico e sua relação com a altura de ombro (prevendo os efeitos da variação geométrica da estatura);
- VIII. Prever um cinto de segurança inteligente, retráctil, de fácil colocação, que possa tornar-se ajustável ao perfil antropomórfológico do respetivo utilizador.

Investigações complementares sugerem que um design de cinto de quatro pontos de fixação poderia minimizar muitos dos atuais padrões de lesão apontados neste trabalho. Todavia, faltam encontrar-se soluções para as limitações dos cintos de segurança de quatro pontos de fixação, ao nível da retractilidade da correia, dos mecanismos de retenção e dos acessórios para uma fácil colocação, que garantam padrões de usabilidade aceitáveis.

Para melhor identificação das lesões e dos efeitos da idade sobre o risco de lesão, tipo de lesão e gravidade da lesão são necessários mais estudos que contemplem as métricas biomecânicas, bem como os perfis antropomórficos do utilizador, sobretudo dos indivíduos mais vulneráveis, onde se incluem os seniores, cujo perfil nem sempre é considerado pelo construtor automóvel. Um design que melhor responda às questões ergonómicas do condutor sénior pode contribuir para o desenvolvimento de matrizes de avaliação de risco e para o desenvolvimento de soluções que permitam mitigar os níveis de lesão provocados pelo cinto de segurança em caso de acidente/colisão do veículo.

Referências

- ASIRT – Association for Safe International Road Travel. (2016). Acessível em: <http://asirt.org/initiatives/informing-road-users/road-safety-facts/road-crash-statistics>. Acesso em 15 de agosto de 2017.
- Beck, L. F., Downs, J., Stevens, M. R., & Sauber-Schatz, E. K. (2017). Rural and Urban Differences in Passenger Vehicle Occupant Deaths and Seat Belt Use Among Adults-US 2014. *Mmwr*, 66 (17), 1–14. Retrieved from <https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/66/ss/pdfs/ss6617.pdf>
- Bergeron E, Lavoie A, Clas D, et al. (2003). Elderly trauma patients with rib fractures are at greater risk of death and pneumonia. *J Trauma Acute Care Surg*. 2003; 54: 478–485.
- Boulanger, B.R., Milzman, D., Mitchell, K., and Rodriguez, A. (1992). Body habitus as a predictor of injury pattern after blunt trauma. *The Journal of trauma*, 33(2): p. 228–32.
- Bulger EM, Arneson MA, Mock CN, Jurkovich GJ. (2000). Rib fractures in the elderly. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 48:1040–1047.
- Busetto, L., Romanato, G., Zambon, S., Calò, E., Zanoni, S., Corti, M. C., Baggio, G., Enzi, G., Crepaldi, G. and Manzato, E. (2009), The Effects of Weight Changes After Middle Age on the Rate of Disability in an Elderly Population Sample. *Journal of the American Geriatrics Society*, 57: 1015–1021. doi:10.1111/j.1532-5415.2009.02273.x.
- Crandall, M., Streams, J., Duncan, T., Mallat, A., Greene, W., Violano, P., Christmas, B. and Barraco, R. (2015). 'Motor vehicle collision Y related injuries in the elderly: An Eastern Association for the Surgery of Trauma evidence-based review of risk factors and prevention', *J. Trauma Acute Care Surg.*, Chicago, Illinois, Vol. 79 (1), pp.152–158.
- Chen L, Balci R, Vertiz A. (2003). Safety belt fit, comfort, and contact pressure based on upper anchorage location and seat back angle. *Human Factors In Driving, Seating and Vision*. SP-1772, pp.131–136.
- Decreto-Lei n.º 190/2006, de 25 de setembro - Diário da República, 1ª Série, N.º 185/2006, de 25 de setembro.
- Deurenberg, P., Weststrate, J., & Seidell, J. (1991). Body mass index as a measure of body fatness: Age- and sex-specific prediction formulas. *British Journal of Nutrition*, 65(2), 105-114. doi:10.1079/BJN19910073.
- Doherty, T. (2003). Invited review: ageing and sarcopenia. *J. Appl. Physiol*. 95 (4), 1717e1727 (Bethesda, Md: 1985).
- Duarte, Vera Mafalda Gomes. (2013). Fragilidade nas pessoas idosas. Tese de doutoramento em Gerontologia e Geriatria, Universidade de Aveiro.
- Dymrna Gallagher, Marjolein Visser, Dennis Sepúlveda, Richard N. Pierson, Tamara Harris, Steven B. Heymsfield. (1996). How Useful Is Body Mass Index for Comparison of Body Fatness across Age, Sex, and Ethnic Groups?, *American Journal of Epidemiology*, Volume 143, Issue 3, 1 February 1996, Pages 228–239, <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a008733>.
- Eby, D.W. and Molnar, L.J. (2012) Has the Time Come for an Older Driver Vehicle?, Report No. UMTRI-2012-5, University of Michigan Transportation Research Institute, Ann Arbor, MI, <https://www.aaafoundation.org/sites/default/files/SeniorsAndSelfRegulationReport.pdf> (Accessed 15 July 2016).
- Fernandes, Susana C.F., Esteves, Jose L., Simoes, Ricardo (2017). Characteristics and human factors of older drivers: improvement opportunities in automotive interior design. *International Journal of Vehicle Design*. Vol.74 (3), pp. 167–203. Print ISSN: 0143-3369 Online ISSN: 1741-5314. <https://doi.org/10.1504/IJVD.2017.086418>.
- Fong, C. K., Keay, L., Coxon, K., Clarke, E., & Brown, J. (2015). Seat belt use and fit among drivers aged 75 years and older in their own vehicles. *Traffic Injury Prevention*, 9588 (just-accepted), 0. <https://doi.org/10.1080/15389588.2015.1052420>.
- Guccione, Andrew A. (2002). *Fisioterapia Geriátrica*. 2.ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, pp.256.
- Hammerberg, E. M., and Wood, K. B. (2003). Sagittal profile of the elderly. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*. Vol.16, pp.44–50.
- Hanson, F. in *Dailymail.com*. (10 de fevereiro de 2017). That's one big dummy! Crash test dummies pile on up to 100lbs and are molded like a 70-year-old to reflect today's changing society of older and heavier drivers. Acessível em: <http://www.dailymail.co.uk/news/article-4212828/Crash-test-dummies-fatter-older.html>. (Acesso em 10 de julho de 2017).
- Ho, L. M., Wang, M. P., Ho, S. Y., & Lam, T. H. (2015). Changes in Individual Weight Status Based on Body Mass Index and Waist Circumference in Hong Kong Chinese. *Plos ONE*, 10(3), 1-10. doi:10.1371/journal.pone.0119827.
- Hope, Jenny in *Dailymail.co.uk*. (2013). Fat drivers are 80% more likely to die in a crash: Extra weight stops seat belts tightening properly. Acessível em: <http://www.dailymail.co.uk/health/article-2266178/Fat-drivers-80-likely-die-crash-Extra-weight-stops-seat-belts-tightening-properly.html> (22 de janeiro de 2013).
- Hu, J., Zhang, K., Fanta, A., Jones, M. L. H., Reed, M. P., Neal, M., Wang, J., Lin, C. and Cao, L. (2017). Stature and Body Shape Effects on Driver Injury Risks in Frontal Crashes: A Parametric Human Modelling Study. IRC-17-85 IRCOBI conference 2017, 656–667.
- Insurance Institute for Highway Safety. (2009). *Booster Seat Belt Fit Evaluation Guidelines for Ratings*. Arlington, VA.
- Kahane, C. J. (2013). Injury vulnerability and effectiveness of occupant protection technologies for older occupants and women. (Report No. DOTHS 811 766). Washington, DC, National Highway Traffic Safety Administration.

- Kent R, Henary B, Matsuoka F. (2005). On the fatal crash experience of older drivers. In: Annual Proceedings/Association for the Advancement of Automotive Medicine. Vol. 49. 2005:371–393.
- Key, C.E.J., Morris, A.P. and Mansfield, N.J. (2016) 'Situation awareness: its proficiency amongst older and younger drivers and its usefulness for perceiving hazards', *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 40, pp.156–168.
- Kuk JL, Saunders TJ, Davidson LE, Ross R. (2009). Age-related changes in total and regional fat distribution. *Ageing Res Rev.* 2009; 8:339–348.
- Kumanyika, S. K., & Brownson, R. C. (2007). *Handbook of Obesity Prevention: A Resource for Health Professionals*. New York: Springer.
- Kurczewski, Nick. (2015). Smart Crash Test Dummies – The Latest Car Safety Tech – RoadandTrack.com. Road & Track. Retrieved 2 June 2015.
- Langford J., Methorst R., Hakamies-Blomqvist L. (2006). Older Drivers Do Not Have A High Crash Risk—A Replication of Low Mileage Bias. *Accident Analyses and Prevention*, Vol. 38, pp. 574–578.
- Lawrence Cheskin in National Geographic (2016). Why Are We So Fat?. Acessível em: <https://www.nationalgeographic.com/science/health-and-human-body/human-body/fat-costs/>. Acesso em: 10 de novembro de 2017.
- Li, G., Braver, E.R. and Chen, L. (2003) 'Fragility versus excessive crash involvement as determinants of high death rates per vehicle-mile of travel among older drivers', *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 35, pp.227–235.
- Ma, X., Laud, P.W., et al. (2011). Obesity and non-fatal motor vehicle crash injuries: sex difference effects. *International Journal of Obesity*, 2011, 35(9): p. 1216-1224.
- MAI - Ministério da Administração Interna. (2006). Decreto-Lei N.º 190/2006. *Diário Da República*, n.º 185-2, 1.a Série. pp.6995–6996.
- Masudi T, Capitelli McMahon H, Scott JL, L. A. (2017). Seat belt-related injuries: A surgical perspective. *J Emerg Trauma Shock*, 70–73. <https://doi.org/10.4103/0974-2700.201590>.
- McGill, S. (2007) *Low Back Disorders: Evidence Based Prevention and Rehabilitation*, 2nd ed., University of Waterloo, Human Kinetics, Champaign, IL.
- Meuleners, L.B., Harding, A., Lee, A.H. and Legge, M. (2006). 'Fragility and crash overrepresentation among older drivers in Western Australia', *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 38, No. 5, pp.1006–1010.
- Mock, C.N., Grossman, D.C., Kaufman, R.P., Mack, C.D., and Rivara, F.P. (2002). The relationship between body weight and risk of death and serious injury in motor vehicle crashes. *Accident Analyse Prevention*, 34(2): p. 221-8.
- Molnar, L.J. & Eby, D.W. (2009). "Getting around: meeting the boomers' mobility needs", in Houston, R. (Ed.): *Boomer Bust?*. Economic and Political Issues of the Graying Society, Praeger Publishing, Westport, CT, Vol. 2.
- Moran, S.G., McGwin, G., Jr., et al. (2002). Injury rates among restrained drivers in motor vehicle collisions: the role of body habitus. *The Journal of trauma*, 52(6): p. 1116-20.
- Morris A, Welsh R, Hassan A. (2003). Requirements for the crash protection of older vehicle passengers. In: Annual Proceedings/Association for the Advancement of Automotive Medicine. Vol 47. 2003:165–180.
- Nakahama, K. (2010). Cellular communications in bone homeostasis and repair. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 67, pp.4001 – 4009.
- Narayan, Y., Nahum, A. M., and Melvin, J.W. (2014). *The Medical College of Wisconsin Inc., Accidental Injury: Biomechanics and Prevention*, Springer New York Heidelberg Dordrecht London, DOI: 10.1007/978-1-4939-1732-7.
- NHTSA - Highway Traffic Safety Administration, N., & Department of Transportation, U. (2013). 2013 Data: Older Population, (May). Retrieved from <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812273>.
- OECD/ITF. (2014). Road Safety Annual Report 2014. DOI: 10.1787/irtad-2014-en. Acessível em: http://www.oecd-ilibrary.org/transport/road-safety-annual-report-2014_irtad-2014-en Acedido em 15 de julho de 2016.
- OECD/IRTAD. (2014). Road Safety 2014 Annual Report. International Transport Forum. International Traffic Safety Data and Analysis Group. <http://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/14irtadreport.pdf> Accessed July 15, 2016.
- Parenteau CS, Zhang P, Holcombe S, Wang S. (2014). Characterization of vertebral angle and torso depth by gender and age groups with a focus on occupant safety. *Traffic Injury Prevention*. 2014; 15:66–72.
- Platts-Mills, T.F., Flannigan, S.A., Bortsov, A.V., Smith, S., Domeier, R.M., Swor, R.A. and McLean, S.A. (2015) 'Persistent pain among older adults discharged home from the emergency department after motor vehicle crash: a prospective cohort study', *Annals of Emergency Medicine*, Vol. 67 (2), pp.166–176.e1.
- Portugal, Luís. (2012). Osteopenia e osteoporose: fatores modificáveis e não modificáveis. Universidade Fernando Pessoa, Faculdade de Ciências Da Saúde. Retrieved from http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/3208/3/TM_15335.pdf.
- PGDL – Procuradoria-Geral Distrital de Lisboa, Ministério Público. (2005). Regulamenta o uso de cinto de segurança pelo condutor e passageiros de veículos automóveis - Portaria n.º 311-A/2005, de 24/03. Acessível em: http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=369&tabela=lei_velhas&nversao=1. Acesso em 5 de setembro de 2017.

- Randi Belisomo in Reuters 'Health News' (2016). 'Down the road: better seatbelts for seniors'. December 16, 2016. Acessível em: <http://www.reuters.com/article/us-health-seniors-seatbelts/down-the-road-better-seatbelts-for-seniors-idUSKBN1452GO>.
- Reed, M. P., Park, B.-K., Hallman, J. J., & International Research Council on Biomechanics of, I. (2015). Effects of Driver Attributes on Lower Abdomen Contour, pp 701-705. Retrieved from <http://www.ircobi.org/wordpress/downloads/irc15/default.htm> <https://trid.trb.org/view/1370830>.
- Reed, M.P. and Rupp, J.D. (2013). An anthropometric comparison of current ATDs with the U.S. adult population. *Traffic injury prevention*, 2013, 14(7): p. 703-5.
- Reed, M. P., Ebert, S. M., & Hallman, J. J. (2013). Effects of Driver Characteristics on Seat Belt Fit. *Stapp Car Crash Journal*, 57(November), 43–57.
- Reiff, D.A., Davis, R.P., et al. (2004). The association between body mass index and diaphragm injury among motor vehicle collision occupants. *The Journal of trauma*, 2004, 57(6): p. 1324-8; discussion 1328.
- Stawicki SP, Grossman MD, Hoey BA, Miller DL, Reed JF. (2004). Rib fractures in the elderly: a marker of injury severity. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2004 (52), pp. 805–808.
- Vigué-Martin (2006). *Atlas del Cuerpo Humano*. Grupo Ars XXI de Comunicación, S.L. Edição traduzida. 1.ª Ed., Lisboa. setembro de 2006. ISBN 972-796-184-3.
- Victoria Allen in Dailymail.co.uk (2017). Elderly people who break their hip are three times more likely to die in the year following their accident. Acessível em: <http://www.dailymail.co.uk/health/article-4142216/Elderly-people-break-hip-likely-die.html#ixzz4yuOLQ1Lp>. Acesso em: 10 de novembro de 2017.
- Zamboni M, Zoico E, Scartezzini T, et al. (2013). Body composition changes in stable-weight elderly subjects: the effect of sex. *Aging Clin Exp Res*. 2

