

## A biomecânica dos traumas de ocupantes de veículos

O cinto de segurança é um dos mecanismos mais conhecidos e universais de proteção de ocupantes de veículos. É inquestionável o poder que esse mecanismo possui de reduzir a probabilidade de mortes e de lesões graves de ocupantes e, ainda hoje, não há qualquer outra solução de engenharia que suplante a proteção proporcionada pelo cinto de segurança<sup>i</sup>. Em torno desse mecanismo, no entanto, legisladores, autoridades públicas, a mídia e pessoas comuns ergueram inúmeros mitos que, tomados literalmente, fariam do cinto o que ele não é – um instrumento mágico que tornaria imunes a ferimentos e à morte, em quaisquer circunstâncias, aqueles que o usassem.

O cinto de segurança foi desenvolvido durante a 2ª Guerra Mundial para evitar que pilotos de avião morressem, por serem lançados para fora da cabine, nos casos de aterrissagens forçadas. Situação muito semelhante, guardadas as devidas proporções, ocorria em casos de colisão e capotamento de veículos: um alto número de mortes por ejeção de ocupantes. Foi com esse objetivo – evitar a ejeção e, por conseguinte, a morte do ocupante – que a indústria automobilística passou a introduzir em seus produtos, lentamente e, muitas vezes, à força de lei, ao longo da década de 60 e 70, uma adaptação daquele mecanismo que a experiência da indústria aeronáutica tinha demonstrado ser adequadamente eficiente.

O cinto de segurança é um **mecanismo de retenção** dos ocupantes de um veículo em seus assentos. Como tal, esse mecanismo faz justamente o que seu nome diz: retém os ocupantes dos veículos nos assentos. É uma decorrência da ação desse mecanismo que ele também contribua para reduzir a probabilidade de choque dos corpos dos ocupantes contra a estrutura interna dos veículos (painel de instrumentos, volante e, principalmente, pára-brisa), nos casos de colisão ou freada brusca. O cinto não foi desenvolvido para impedir que braços, pernas e cabeça dos ocupantes se movimentem no interior do veículo e se choquem contra a estrutura rígida desse interior, vindo a sofrer lesões diversas. Embora óbvia, essa é uma noção fundamental: o cinto diminui a probabilidade de morte de seu usuário – por evitar a ejeção - mas não o faz, necessariamente, nem na mesma proporção, no que toca aos possíveis ferimentos das várias partes do corpo por ele não protegidas.

Para entender como se dá a ação do cinto de segurança considere-se a situação hipotética de uma colisão – na verdade uma situação-padrão que a indústria automobilística utiliza, há décadas, nos testes de avaliação do nível de segurança dos novos veículos (os *crash tests*) e utilizou, ao longo dos anos 70 e 80, para avaliar o nível de proteção oferecido pelo cinto de segurança<sup>ii</sup>.

Considere-se uma colisão perfeitamente frontal de um veículo contra um objeto fixo, a uma velocidade constante de cerca de 50 km/h (30 mph)<sup>iii</sup>.

Sem que ocorra qualquer desvio da trajetória ou diminuição daquela velocidade, ao colidir com o objeto fixo, o veículo experimenta uma mudança brusca de velocidade que ocorre em uma fração de segundo: de cerca de 50 km/h ele passa para zero km/h em, aproximadamente, 120 milésimos de segundo. Toda a estrutura do veículo absorve o impacto, deformando-se, até que o movimento do veículo cesse completamente<sup>v</sup>. Denomina-se essa colisão de **primeira colisão**. É o resultado dela que usualmente vemos nas ruas ou em uma foto de jornal – a “batida” que todos conhecem.

Após o término da **primeira colisão**, tem início a **segunda colisão**, que consiste no choque dos ocupantes contra o interior do veículo. Considerando-se que, nessa situação hipotética, o ocupante não esteja usando cinto de segurança, esse choque será inevitável pelo fato de que o ocupante continuará a mover-se à velocidade a que vinha se deslocando o veículo antes do impacto contra a barreira fixa. A rápida desaceleração do veículo no choque contra o objeto fixo faz com que cada ocupante continue se deslocando a cerca de 50 km/h e é a essa velocidade que cada um se chocará, por sua vez, contra o interior do veículo.

Nenhuma redução significativa de velocidade do corpo do ocupante ocorre até que alguma parte de seu corpo atinja a estrutura interna do veículo – o que ocorre, freqüentemente, após o impacto do(s) joelho(s) contra o painel de instrumentos, o que pode reduzir a velocidade do corpo a 1/3 da inicial.



Na maior parte dos casos, a maior redução da velocidade do ocupante ocorre quando a cabeça ou o tórax atinge o volante (no caso de condutores) ou o painel de instrumentos e o pára-brisa. Cada parte do corpo do ocupante atinge as estruturas internas à sua frente em momentos minimamente diferentes, em um espaço de tempo praticamente idêntico ao que o veículo levou para desacelerar até parar completamente – ou seja, cerca de 1/10 de segundo.



É na **segunda colisão** que ocorre a maior parte das lesões sofridas pelos ocupantes dos veículos. Encerrado o movimento dessa colisão ocorre, por último, com maior probabilidade quanto maior a velocidade inicial a que vinha o veículo, a **terceira colisão**, na qual os órgãos internos impactam a estrutura óssea em desaceleração<sup>v</sup>. É em decorrência dessa última colisão que podem ocorrer rupturas de órgãos e, por conseguinte, graves hemorragias internas.



## Eficácia e limitações do cinto de segurança

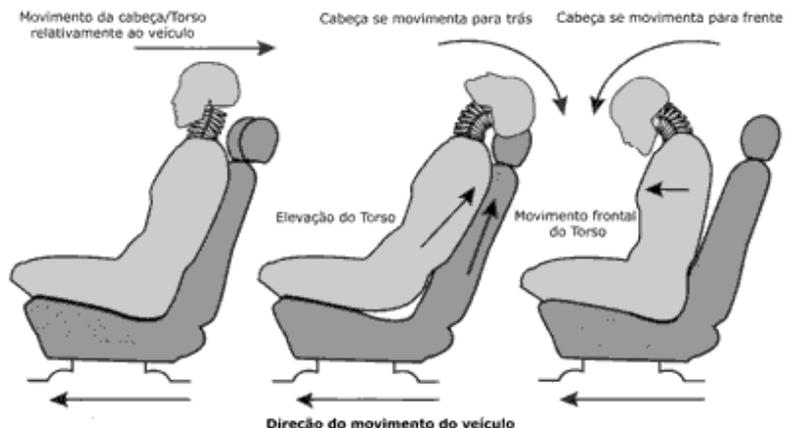
Quando utilizado corretamente<sup>vi</sup>, o cinto de segurança limita o deslocamento do ocupante, após a desaceleração do veículo. Esse ocupante, ainda assim, continuará à velocidade inicial a que vinha sendo conduzido o veículo antes do impacto, mas a desaceleração de seu corpo ocorrerá em um tempo maior, impedindo, em muitas situações, que se dêem os impactos característicos das **segunda e terceira colisões**.



Em condições ideais de laboratório<sup>vii</sup>, o cinto de segurança é, comprovadamente, eficaz em impedir a ejeção do ocupante e, também, em minimizar a ocorrência de graves lesões no tórax e na cabeça. Entretanto, mesmo em condições ideais, os membros inferiores e superiores e, principalmente o pescoço, não são protegidos pelo cinto – essas partes do corpo se movimentarão à velocidade de 50 km/h até sua parada completa, muitas vezes em virtude do choque contra a estrutura interior do veículo. Portanto, mesmo em situação ideal, o uso do cinto de segurança não impede que o ocupante sofra ferimentos.

A maior incidência de lesões tende a ocorrer especialmente nos membros inferiores dos ocupantes dos assentos dianteiros (condutor e passageiro): a deformação do veículo após a **primeira colisão**, especialmente em veículos compactos, reduz o espaço interno do compartimento de ocupantes, diminuindo a distância entre os membros inferiores do ocupante e o painel de instrumentos. Nessas condições, em virtude da invasão do compartimento pelo painel de instrumentos e volante, há grande probabilidade de ocorrer choque do(s) joelho(s) contra as estruturas nesse espaço reduzido. A deformação do veículo contribui, ainda, para a ocorrência de lesões às extremidades dos membros inferiores (pés e tornozelos), dada a deformação do piso sobre o qual estas se apoiam<sup>viii</sup>.

As mais importantes lesões que o uso do cinto não pode prevenir e, talvez, até contribua para ocorrer, são as que resultam do chamado **“efeito chicote”** – que consiste no movimento brusco para frente e para trás da cabeça do ocupante e, conseqüentemente, em hiperextensão e hiperflexão do pescoço. Esse movimento inevitável da cabeça pode resultar em fraturas da coluna cervical e/ou lesão medular, principalmente nos casos em que o encosto de cabeça não está posicionado corretamente<sup>ix</sup> ou inexistente. O encosto de cabeça é um importante mecanismo de segurança porque reduz o ângulo de extensão do pescoço no rebote do movimento.

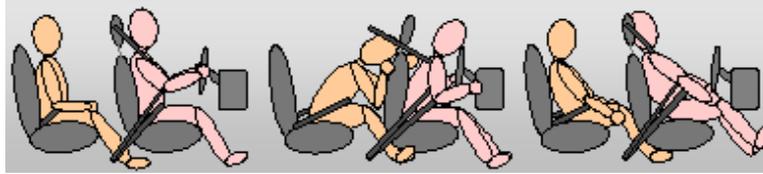


## O uso do cinto por ocupantes do banco traseiro

Em síntese, o uso correto de cinto de segurança não torna os ocupantes, em quaisquer posições do veículo, imunes a ferimentos graves. Entretanto, parecem generalizadas as noções de que o banco traseiro de um carro é um local relativamente seguro nos acidentes; de que o uso de cinto de segurança nessa posição não é realmente necessário; ou de que o cinto abdominal, ainda o mais comum nos bancos traseiros dos veículos que compõem a frota nacional, não oferece segurança adequada<sup>x</sup>, não justificando, portanto, seu uso.

O fato é que ao corpo dos ocupantes do banco traseiro sem cinto de segurança aplicam-se as mesmas forças que sofrem os corpos de ocupantes do banco dianteiro sem cinto. Retomando nosso exemplo, em uma colisão frontal, a cerca de 50 km/h, o ocupante do banco traseiro continuará, a exemplo do que ocorre com os ocupantes dos bancos dianteiros, inevitavelmente, em movimento à mesma velocidade que o veículo vinha desenvolvendo antes da colisão. Ao invés de se chocar contra o painel de instrumentos e o pára-brisa, porém, o impacto da maior parte do corpo desse ocupante ocorrerá contra a parte posterior do encosto do banco dianteiro. Há a possibilidade de que o cinto utilizado pelo ocupante do banco dianteiro e a própria estrutura do banco dianteiro não suportem essa carga extra; em todo caso, essa sobrecarga pode acentuar os riscos de ferimentos graves em quem está ocupando o banco dianteiro.





O movimento do corpo de ocupantes do banco traseiro sem cinto parece ser, conforme demonstram os *crash tests*, um movimento simultaneamente para cima, contra o teto, e para a frente, contra a parte posterior do encosto do banco dianteiro. Em decorrência desse impacto da cabeça contra o teto, ao mesmo tempo em que o restante do corpo se movimenta para a frente, o ocupante do banco traseiro sofre uma hiperextensão do pescoço capaz de produzir lesões ortopédicas e lesões neurológicas graves.

Escapou ao alcance da presente pesquisa o conhecimento das lesões ou das mortes sofridas pelos ocupantes dos bancos dianteiros dos veículos em que os pacientes, ocupantes de banco traseiro, se encontravam. É correto supor, contudo, que o não-uso do cinto por esses pacientes possa ter aumentado a gravidade das lesões ou contribuído para a morte dos ocupantes dos bancos dianteiros<sup>i</sup>; estima-se em cerca de 4% o aumento do risco de mortalidade, em caso de colisões, para os ocupantes do assento dianteiro em veículos cujos ocupantes dos assentos traseiros não usam cintos<sup>ii</sup>.

---

<sup>i</sup> EVANS estima, a partir da base de dados norte-americana FARS (*Fatal Accident Report System*), uma eficácia em redução de mortes de (41±4)% para usuários de cinto de três pontos nos assentos dianteiros, semelhantes aos achados (43% de eficácia) do *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA). Quanto ao cinto abdominal em assentos traseiros, os dados de Evans, próximos aos valores encontrados por KAHANE 1987 são de (18±9)% de eficácia – menos otimistas, portanto, que os do NHTSA (32% de eficácia). Para níveis de eficácia que o NHTSA atribui ao cinto abdominal no banco de trás, EVANS atribui somente ao caso do cinto de três pontos (32% de eficácia na redução de lesões fatais). **A quase metade da eficácia do cinto de três pontos e mais da metade da eficácia do cinto abdominal se devem à prevenção da ejeção.** Cf. LUNDELL, B., CARLSSON, G., NILSSON, P., PERSSON, M. AND RYGAARD C. **Improving Rear Seat Safety – A Continuing Process** - 13<sup>th</sup> *International Technical Conference on Experimental Safety Vehicles* Paper No. 91 S9 W 35 Volvo Car Corporation Paris, France 1991. p.6; KAHANE, C. J. **Fatality and injury reducing effectiveness of lap belts for back seat occupants.** SAE paper 870486; Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers; 1987 *apud* EVANS, L. **Traffic Safety and The Driver** Van Nostrand Reinhold. New York, NY. 1991. p.238; EVANS, L. **The Effectiveness of Safety Belts In Preventing Fatalities.** *Accident Analysis and Prevention*. 18: 229-241. Pergamon Journals Ltd. England .1986; EVANS, L. **Traffic Safety and The Driver** Van Nostrand Reinhold. New York, NY. 1991. p.241.

<sup>ii</sup> O conhecimento das circunstâncias relacionadas aos acidentes, bem como a cinemática dos corpos dos ocupantes dos veículos envolvidos são fatores fundamentais na diagnose ou previsão das potenciais lesões que se adquirem nestes eventos. A biomecânica dos acidentes relaciona elementos da engenharia e medicina, considerando-se as forças físicas envolvidas nas colisões e a anatomia humana.

<sup>iii</sup> É a esta velocidade em são feitas a maior parte dos *crash tests*. Apesar de não aparentar uma velocidade significativa, os efeitos dos choques a tal velocidade são consideráveis. Com efeito, segundo a AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF AUTOMOTIVE MEDICINE (**Traffic Injury: The Medicine-Engineering Link**. Des Plaines, IL. 29:50 VHS) cerca de 80% de todos os choques frontais que causam lesões enquadram-se na categoria *50 km/hou menos*, com o valor médio por volta de *30 km/h*.

<sup>iv</sup> Se o carro fosse perfeitamente rígido, a velocidade do compartimento de passageiros mudaria dos 50 km/h para uma velocidade negativa quase que instantaneamente. O que ocorre, no entanto é que o compartimento leva cerca de 150 milésimos de segundo para parar, devido do tempo utilizado no

---

esmagamento da dianteira do carro. Quanto maior o tempo que a estrutura leva para ser esmagada, tanto maior a proteção potencial do ocupante.

<sup>v</sup> VIANO, D. C., LAU, I. V. **Biomechanics of Impact Injury**. *International Trends in Thoracic surgery – surgical management of chest injuries*, Chapter 2, V. 7; 1990 (in press) *apud* EVANS, L. **Traffic Safety and The Driver** Van Nostrand Reinhold. New York, NY. 1991. p.221

<sup>vi</sup> Isto é, perfeitamente apoiado sobre o quadril e com o encosto do banco do ocupante posicionado a aproximadamente 90°.

<sup>vii</sup> Velocidade inicial constante de 50 km/h; choque perfeitamente frontal contra barreira fixa; uso correto do mecanismo de retenção etc.

<sup>viii</sup> HYDE, Alvin S. **Crash injuries: how and why they happen. A primer for anyone who cares about people in cars**. Hyde Associates, Inc. 1992, p. 87-112.

<sup>ix</sup> Isto é, aproximadamente, na altura dos olhos do ocupante.

<sup>x</sup> As medidas introduzidas para aumentar a segurança nos assentos traseiros tem sido, na maioria dos casos, aplicadas às posições laterais do banco. Uma das razões essenciais é a dificuldade de se encontra um lugar para se afixar a parte superior do cinto de três pontos, o que lhe conferiria força e boa geometria. O cinto de três pontos provê uma melhor proteção em colisões do que o cinto abdominal. É, entretanto, importante frisar que o uso do cinto abdominal proporciona uma substancial redução de lesões ao compará-lo como aos efeitos do não uso. Quando muda-se de cinto abdominal para o cinto de três pontos, na posição central do assento traseiro, dos modelos sedan da Volvo, o efeito redutor de lesão (comparado-se com o cinto abdominal) para lesões AIS + 1 foi estimado em 25%. Cf. LUNDELL, B., CARLSSON, G., NILSSON, P., PERSSON, M. AND RYGAARD C. **Improving Rear Seat Safety – A Continuing Process - 13<sup>th</sup> International Technical Conference on Experimental Safety Vehicles** Paper No. 91 S9 W 35 Volvo Car Corporation Paris, France, 1991); **Improving Rear Seat Safety – A Continuing Process - 13<sup>th</sup> International Technical Conference on Experimental Safety Vehicles** Paper No. 91 S9 W 35 Volvo Car Corporation Paris, France, 1991.

<sup>xi</sup> Cf. VOLVO CAR. **Injury-Reducing Effect Of Seat Belts On Rear Seat Passengers. Report by Volvo Car Corporation and The Sweedish Road Safety Office** (TSV). Volvo Public Relations & Public Affairs, s/d. p.7; B. R. WILD, J KENWRIGHT, S RASTOGI. **Effects of seat belts on injuries to front and rear seats**. *British Medical Journal* Volume 290 1 June 1985 1621-1623.

<sup>xii</sup> EVANS, L. **Traffic Safety and The Driver** Van Nostrand Reinhold. New York, NY. 1991. p.238; PARK. **The influence of rear-seat occupants on front seat occupant fatalities: the unbelted case**. General Motors Research Laboratories, Research Publication GMR-5664; 8 January 1987 *apud* EVANS, L. **Traffic Safety and The Driver** Van Nostrand Reinhold. New York, NY. 1991. p.238.