

LUCAS CERTAIN

*Serviço de Atendimento Móvel de Urgência,
SAMU, Regional de Bragança Paulista, SP,
Brasil.*

RENATO RIBEIRO NOGUEIRA FERRAZ

*Faculdade de Medicina Nove de Julho,
UNINOVE, São Bernardo do Campo, SP, Brasil.*

*Recebido em julho de 2020.
Aprovado em dezembro de 2020.*

RESTRIÇÃO DO MOVIMENTO DA COLUNA: UM NOVO PARADIGMA DE ATENDIMENTO ÀS VÍTIMAS DE TRAUMA

RESUMO

Apesar da quantidade de eventos traumáticos registrados em território brasileiro, a incidência de lesões vertebromedulares é baixa, estimada em 21 casos por milhão de pessoas ao ano. Durante anos, o uso do colar cervical e da prancha longa rígida foi considerado o padrão-ouro no atendimento às vítimas traumatizadas, em ambiente pré-hospitalar. Mais recentemente, o manejo da coluna vertebral tem sido questionado, devido à falta de estudos de alta qualidade que sustentem sua eficácia, além dos efeitos prejudiciais dos dispositivos. Outrossim, ferramentas de triagem foram desenvolvidas, no intuito de se racionalizar o emprego dos equipamentos e dos exames complementares, tornando suas aplicações menos universais e robotizadas. Os novos algoritmos, então, são pautados em achados clínicos e não unicamente nos mecanismos de lesão para guiar a prática do dia-a-dia. Sabe-se que, com as técnicas atuais, a imobilização total da coluna vertebral não é possível, cabendo aos socorristas minimizar a amplitude de movimento da coluna, quando este for indicado, no trauma contuso. Na lesão penetrante, o paciente deve ser removido o mais rapidamente ao hospital adequado para cuidado definitivo, não existindo designação, extra-hospitalar, de restrição do movimento da coluna.

Palavras-Chave: ortopedia, traumatologia, coluna vertebral, assistência pré-hospitalar, urgência e emergência, resgate aéreo.

SPINAL MOTION RESTRICTION: A NEW PARADIGM FOR TRAUMA VICTIM CARE

ABSTRACT

Despite the number of traumatic events recorded in Brazilian territory, the incidence of vertebromedular injuries is low, estimated at 21 cases per million people per year. For years, the use of the cervical collar and the long rigid board was considered the gold standard in the care of trauma victims in a pre-hospital environment. More recently, the management of the spine has been questioned, due to the lack of high quality studies that support its effectiveness, in addition to the harmful effects of the devices. In addition, screening tools were developed in order to rationalize the use of equipment and complementary exams, making their applications less universal and robotic. The new algorithms, then, are based on clinical findings and not only on the mechanisms of injury to guide daily practice. It is known that with current techniques, total immobilization of the spinal column is not possible, and rescuers must minimize the range of motion of the spine, when indicated, in blunt trauma. In the penetrating lesion, the patient must be removed as soon as possible to the appropriate hospital for definitive care, with no extra-hospital designation to restrict the movement of the spine.

Keywords: orthopedics, traumatology, spine, pre-hospital assistance, urgency and emergency, air rescue.

INTRODUÇÃO

O uso de técnicas manuais ou de dispositivos para imobilização da coluna vertebral é advogado desde a década de 1960, após a opinião e consenso de especialistas da época. Exemplos desses equipamentos são colar cervical, pranchas rígidas longa e curta, maca *scoop*, maca à vácuo, imobilizadores de cabeça, tirantes, cinto aranha e *kendrick extrication device (KED)*^{1,2,3,4,5}. Em 1971, a Academia Americana de Ortopedistas publicou um dos primeiros livros para paramédicos abordando o cuidado de vítimas com suspeita de lesão espinhal, pautando-se no mecanismo de lesão e não na avaliação por exame físico do paciente, com a recomendação de que na dúvida, dever-se-ia imobilizar o indivíduo. A partir disso, os dispositivos se tornaram o estado da arte no atendimento pré-hospitalar, tendo por argumento evitar lesão neurológica secundária, imobilizando uma coluna vertebral potencialmente instável^{5,6,7,8,9,10}.

Evidências científicas, a partir da década de 1980, tem demonstrado a impossibilidade técnica de imobilização total da coluna, o não benefício e até o possível malefício dos equipamentos, ao mesmo tempo que instrumentos de seleção foram desenvolvidos para definir quem seria a vítima com indicação de proteção da coluna vertebral e, por conseguinte com necessidade de exames diagnósticos (radiografia e tomografia computadorizada), para a exclusão de lesões. Estudo de 1998, por exemplo, que comparou um serviço da Malásia, o qual não imobilizava suas vítimas, e um centro dos Estados Unidos constatou que havia menos déficits neurológicos sustentados nos pacientes do país asiático, sugerindo que a imobilização extra-hospitalar tem pouco ou nenhum efeito sobre o resultado neurológico em pacientes com trauma espinal^{7,8,9,10}.

Desde 2013, o Colégio Americano de Cirurgiões - Comitê do Trauma (ACS-COT), o Colégio Americano de Médicos Emergencistas (ACEP) e a Associação Nacional de Médicos de Pré-Hospitalar (NAEMSP) orientam a redução do uso da prancha longa rígida e recomendam medidas menos intrusivas para o manejo de pacientes com suspeita de lesões vertebromedulares^{5,8,9,10}. De acordo com esses achados, nos últimos anos, o termo imobilização da coluna foi substituído pelo conceito de restrição de movimento da coluna (RMC), uma vez que as técnicas apenas limitam ou reduzem a amplitude de movimento, não fornecendo verdadeira imobilização¹⁰.

São necessários 2000 - 8000 Newtons para fraturar uma coluna cervical saudável, logo 96 - 98% de todas as vítimas de trauma contuso não terão lesão em vértebras do pescoço^{7,9}. A incidência aproximada de trauma raquimedular (TRM) é de 19,4 pacientes por milhão de habitantes ao ano na França, 10,7 na Alemanha, 38,4 nos Estados Unidos. Trabalhos de países subdesenvolvidos são escassos, entretanto estudos da China e Brasil estimaram a incidência de TRM em 7 e 21 casos por milhão de pessoas ao ano, respectivamente. Trata-se, portanto, de um agravo à saúde de baixa incidência, tendo em vista o número de traumas que ocorrem diariamente no mundo^{9,11,12,13}.

Os mecanismos de TRM mais comuns são quedas (60%) e acidentes automobilísticos (21%). De acordo com estatísticas, 20% dos doentes possuem lesão medular, 10% lesões em vários níveis da coluna (contíguas ou não) e 10% lesões ligamentares puras, sendo observado um aumento no aparecimento de injúrias vertebrais com o passar da idade^{9,12,13}. A maioria dos indivíduos com contusão medular tem trauma associado em outros segmentos do corpo, como crânio, tórax e extremidades, encontrando-se mais frequentemente dano em tecido nervoso espinal em pacientes inconscientes ou obnubilados^{9,12,13}.

OBJETIVO

Realizar uma revisão da literatura buscando compilar trabalhos que tenham discutido as orientações relacionadas à restrição do movimento da coluna vertebral.

MÉTODO

Trata-se de uma pesquisa de natureza exploratória, baseada no método de revisão da literatura com síntese de evidências. A busca pelos trabalhos foi realizada na base de dados Pubmed, mantida pelo *National Institute of Health*, dos Estados Unidos. As palavras-chave utilizadas constituíram a seguinte estratégia de busca: (“*vertebral column*” OR “*spinal column*”) AND (*immobilization* OR “*movement restriction*”). Nenhum corte temporal foi estabelecido nesta pesquisa.

RESULTADOS

A busca pelas referências foi realizada no mês de julho de 2020. Foram selecionados 51 trabalhos, que por sua vez foram lidos em sua íntegra, resumidos, e apresentados na seção a seguir.

REVISÃO DA LITERATURA

Em consonância com os princípios da RMC, o socorrista deve manter a coluna do paciente em posição neutra, respeitando-se as particularidades de cada vítima, durante todo o atendimento: as avaliações primária e secundária, a extricação, o transporte e a transferência do paciente para o leito hospitalar. Além disso, se indicada a restrição de movimento vertebral, esta deve ser aplicada a toda a coluna (a cabeça, o pescoço e o tronco da vítima devem estar apropriadamente alinhados), pela possível presença de lesões não contíguas, utilizando-se o colar cervical, associado à estabilização do restante da coluna^{8,9,10}.

A imobilização manual e o uso do colar cervical de tamanho adequado são componentes críticos da RMC, devendo ser empregados para limitar o movimento do segmento cervical^{8,9,10}.

A própria musculatura paravertebral tem a função de proteger a coluna espinhal potencialmente instável do paciente consciente, orientado, colaborativo e confiável. Se utilizado colar cervical nesse exemplo, este possui a função de lembrete para o paciente restringir o movimento do pescoço^{8,9,10}.

Para a função de extricação, pranchas longas e curtas rígidas e principalmente macas *scoop* são adequadas, no entanto seu uso deve ser reservado a esta atividade, não sendo recomendadas para o transporte de vítimas. Macas *scoop* são superiores às pranchas, uma vez que produzem menor movimentação da coluna. Uma vez que o paciente esteja posicionado na maca da ambulância, os equipamentos não oferecem nenhuma vantagem e podem causar danos, portanto, se utilizados na extricação e deslocamentos longos, eles devem ser removidos e o paciente transportado em decúbito dorsal na maca da ambulância, a qual também é um dispositivo de restrição ou na maca à vácuo. Se utilizados na extricação e deslocamentos curtos, os dispositivos podem ser retirados na cena do acidente ou mesmo na chegada ao hospital. O tempo máximo permitido para que o paciente aguarde sobre a prancha rígida é de 30 minutos, porém sabe-se que esta deve ser removida o mais rápido possível. Para extricação de adultos, não se aconselha o uso do *KED*, por conferir uma falsa sensação de restrição da coluna e ser de difícil aplicabilidade^{8,9,10,14}.

Pacientes com indicação de RMC e: encontrados ao solo ou sentados em uma cadeira, no entanto impossibilitados de assumirem a posição supina ou de deambularem e cenários de encarceramento veicular, nos quais a auto-extração não é possível, podem ser atendidos com o auxílio de dispositivos de extricação, sendo estes retirados após o uso. Por outro lado, pacientes conscientes, que já se situam fora do veículo ou que se encontram sentados em uma cadeira ou em posição ortostática e estão aptos a caminhar até a maca da ambulância, assumindo após o decúbito dorsal, não necessitam de equipamentos de extricação. Devem, entretanto, andar apenas no plano, não sendo adequado

descer degraus ou escadas. Logo percebe-se que a técnica de pranchamento em pé não é mais preconizada^{8,9,10,14}.

Malefícios

Inúmeros são os riscos e prejuízos descritos com o uso dos dispositivos, como: uso incorreto; dor, estresse e incômodo; úlceras de pressão, quando do uso da prancha rígida além de 30 minutos; aumento da pressão intracraniana (média de 4,5 mmHg) com o emprego do colar cervical rígido; dificuldade para manejo de via aérea, comprometimento da ventilação e aumento do risco de broncoaspiração; maior necessidade de exames radiológicos^{8,9,10,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24}.

Todos esses fatores acarretam retenção de macas e equipamentos dos serviços pré-hospitalares, em incremento no tempo de permanência da vítima no Departamento de Emergência e, em última análise, em oneração do sistema de saúde, seja público ou privado⁹.

Critérios de inclusão/indicação para a RMC

Estudos como o NEXUS (*National Emergency X-Radiography Utilization Study*), do ano de 1992 e o *Canadian C-Spine Rule*, do ano de 2001, tem auxiliado o emergencista para a decisão sobre a restrição da coluna e a necessidade de exames complementares, diminuindo custos, a necessidade de procedimentos e a exposição do paciente à radiação. Estudo de validação do NEXUS, por exemplo, com 34.069 pacientes evidenciou uma sensibilidade de 99,6% em lesões cervicais clinicamente significativas. Trabalhos também comprovaram que a avaliação da coluna vertebral por socorristas treinados e a escolha pela indicação de restrição da coluna podem ser realizadas de forma segura e efetiva, em ambiente pré-hospitalar, não ocorrendo a exclusão de pacientes com traumatismos instáveis de coluna que necessitariam de intervenção cirúrgica^{8,9,10,14,25,26,27,28,29,30}.

Deve-se suspeitar de lesão raquimedular, quando do trauma contuso em adultos, se: idade acima de 65 anos; nível de consciência agudamente alterado (por exemplo, escala de coma de Glasgow < 15, evidência de intoxicação); presença de mecanismo perigoso (cinemática); circunstâncias ou lesões que causem distração (fraturas de ossos longos, grandes lacerações, trauma de vísceras torácicas e abdominais, deslucamentos, queimaduras extensas) ou que reduzam a capacidade do paciente em colaborar para um exame adequado; barreira linguística; dor e/ou sensibilidade à palpação na linha média cervical ou dorso (palpação dos processos espinhosos); deformidade anatômica da coluna; sinais neurológicos focais (sinais e sintomas sensitivos e motores)^{8,9,10}.

A idade por si só não deve ser um fator decisivo para restrição da coluna vertebral na faixa etária pediátrica, para isso é necessário avaliar se a criança pode fornecer uma história confiável. É obrigatório então atentar-se para lesão raquimedular, quando do trauma contuso nessa população, se: nível de consciência agudamente alterado (por exemplo, escala de coma de Glasgow < 15, evidência de intoxicação, agitação, sonolência, apneia, hiponímia); envolvimento em uma colisão de veículo motorizado de alto risco, lesão por mergulho de alto impacto ou lesão significativa no tronco; contratura muscular cervical; dor e/ou sensibilidade à palpação na linha média cervical ou dorso (palpação dos processos espinhosos); sinais neurológicos focais (sinais e sintomas sensitivos e motores)^{8,9,10}.

Não se recomenda a restrição da coluna vertebral em trauma penetrante adulto ou pediátrico. A prioridade é o transporte imediato ao hospital apropriado, com controle de hemorragias, hipotensão permissiva, quando possível, reposição volêmica e hemotransfusão, se necessários. Estudos que avaliaram a imobilização em ferimento penetrante observaram aumento de mortalidade, se demora no encaminhamento da vítima ao hospital^{8,9,10,31,32,33,34,35}.

Uma vez indicada clinicamente a RMC, estudos de imagem devem ser realizados, a fim de descartar lesões espinhais, principalmente envolvendo a coluna cervical^{25,26,27,28}.

Guidelines e protocolos

Após os posicionamentos (2013, 2014 e 2018) do Colégio Americano de Cirurgias - Comitê do Trauma (ACS-COT), do Colégio Americano de Médicos Emergencistas (ACEP) e da Associação Nacional de Médicos de Pré-Hospitalar (NAEMSP), diversos serviços de paramedicina estadunidenses modificaram seus protocolos de atendimento. Sociedades de países como Alemanha (2016), Noruega (2017), África do Sul (2017) e Dinamarca (2019) também publicaram recomendações e *guidelines* sobre o manejo da coluna vertebral baseados na RMC. No Brasil, em 2018, o SAMU 192 Regional CGR Bragança (instituição de 11 cidades do interior do Estado de São Paulo) e o Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro alteraram a forma de atender vítimas traumatizadas^{8,9,10,14,15,37,38}.

Comparação entre as técnicas

Estudos comparando as antigas e as novas técnicas demonstraram que a abordagem pela RMC cursou com: menos dor para os pacientes (40% x 25%), enquanto trouxe mais conforto no transporte; redução do uso da prancha longa rígida (diminuição de 58%); tempo inferior para a vítima adentrar ao hospital (30 x 25 minutos); menor deslocamento angular e aceleração linear da coluna e melhor ergonomia também para o socorrista. Em contrapartida, não foram percebidos em trabalhos, o aumento do número de lesões ou a exceção de pacientes com traumas vertebromedulares significativos^{39,40,41,42,43,44,45,46}.

Auto-extração

Conjunto de procedimentos nos quais o paciente se auto-extrai do veículo, de forma assistida. Estudos conduzidos, nos anos de 2009 a 2019, utilizando marcas reflexivas e análise biomecânica demonstraram que a técnica de auto-extração controlada com ou sem o emprego do colar é a que menos gera movimentação da coluna cervical, quando comparada com os métodos tradicionais de resgate^{47,48,49,50,51}.

Quando da auto-extração, as plantas dos pés da vítima devem ficar firmes no pavimento, o indivíduo, portanto, precisa ser encontrado sentado em automóvel de passeio com as 4 rodas no solo, com acesso direto à saída do veículo. É essencial que o paciente esteja consciente, colaborativo, sem intoxicação exógena (deve compreender orientações e obedecer a comandos), estar estável do ponto de vista hemodinâmico e respiratório, sem fraturas ou contusões importantes em membros inferiores e pelve^{47,48,49,50,51}.

Caso o doente se apresente impossibilitado de realizar a auto-extração ou esta seja contraindicada, a vítima pode ser retirada do veículo, utilizando-se preferencialmente a técnica à 0º (em linha)^{47,48,49,50,51}.

CONCLUSÃO

Deve-se limitar o uso dos dispositivos, racionalizando-se a indicação de restrição de movimento da coluna e de exames complementares, baseados entre outros, nas queixas e exame físico do paciente, e não apenas na energia cinética do evento. Do mesmo modo, a diferenciação entre trauma contuso e penetrante se faz necessária para o adequado atendimento à vítima^{8,9,10,14,38,37}.

Em termos de equipamentos, é mandatário que as pranchas rígidas curta e longa, assim como a maca *scoop*, sejam consideradas itens de extricação, não se justificando os pacientes serem mantidos sobre esses dispositivos dentro dos hospitais. Desde que mantenham o princípio de alinhamento da cabeça e de toda a coluna vertebral, as macas das ambulâncias e das unidades de saúde são consideradas aparatos de restrição. Por risco de ascensão da pressão intracraniana e herniação cerebral, o uso do colar cervical

deveria ser abandonado em vítimas com traumatismo craniocéfálico (TCE) moderado e grave^{8,9,10,14,38,37}.

A mudança nos serviços de ensino e assistência do Brasil é imperiosa, respeitando-se a realidade nacional e regional das equipes. Novos estudos são fundamentais para expandir o conhecimento em urgência e emergência, principalmente em ambiente extra-hospitalar, permitindo que os atendimentos sejam mais seguros e custo-efetivos, pautados em Medicina e Enfermagem baseada em evidências.

REFERÊNCIAS

1. Kossuth LC. The removal of injured personnel from wrecked vehicles. *J Trauma*. 1965;5(6):703-8.
2. Kossuth LC. Vehicle accidents: immediate care to back injuries. *J Trauma*. 1966;6(5):582-91.
3. Farrington JD. Extrication of victims-surgical principles. *J Trauma*. 1968;8(4):493-512.
4. Riggins RS, Kraus JF. The risk of neurologic damage with fractures of the vertebrae. *J Trauma*. 1977;17(2):126-33.
5. Feld FX. Removal of the Long Spine Board From Clinical Practice: A Historical Perspective. *J Athl Train*. 2018;53(8):752-755.
6. American Academy of Orthopaedic Surgeons. Emergency Care and Transportation of the Sick and Injured. Chicago, IL: American Academy of Orthopaedic Surgeons; 1971.
7. Hauswald M, Ong G, Tandberg D, Omar Z. Out-of-hospital spinal immobilization: its effect on neurologic injury. *Acad Emerg Med*. 1998;5(3):214-9.
8. National Association of EMS Physicians, American College of Surgeons Committee on Trauma. EMS Spinal Precautions and the Use of the Long Backboard. *Prehosp Emerg Care*. 2013;17:392-3.
9. White CC 4th, Domeier RM, Millin MG, Standards and Clinical Practice Committee, National Association of EMS Physicians. EMS spinal precautions and the use of the long backboard - resource document to the position statement of the National Association of EMS Physicians and the American College of Surgeons Committee on Trauma. *Prehosp Emerg Care*. 2014;18(2):306-14.
10. Fischer PE, Perina DG, Delbridge TR, Fallat ME, Salomone JP, Dodd J, et al. Spinal Motion Restriction in the Trauma Patient - A Joint Position Statement. *Prehosp Emerg Care*. 2018;22(6):659-61.
11. Kwan I, Bunn F, Roberts IG. Spinal immobilization for trauma patients. *Cochrane Database Syst Rev*. 2001;(2):CD002803.
12. Lomaz MB, Sales Netto LAF, Garrote Filho MS, Alves AP, Canto FRT. Epidemiological Profile Of Patients With Traumatic Spinal Fracture. *Coluna/Columna*. 2017;16(3):224-7.
13. McCaughey EJ, Purcell M, McLean AN, Fraser MH, Bewick A, Borotkanics RJ, Allan DB. Changing demographics of spinal cord injury over a 20-year period: a longitudinal population-based study in Scotland. *Spinal Cord*. 2016;54(4):270-6.
14. Stanton D, Hardcastle T, Muhlbauer D, van Zyl D. Cervical collars and immobilization: A South African best practice recommendation. *African J Emerg Med*. 2017;7:4-8.
15. March JA, Ausband SC, Brown LH. Changes In Physical Examination Caused by Use of Spinal Immobilization. *Prehosp Emerg Care*. 2002;6(4):421-4.

16. Chan D, Goldberg R, Tascone A, Harmon S, Chan L. The effect of spinal immobilization on healthy volunteers. *Ann Emerg Med.* 1994;23(1):48-51.
17. Chan D, Goldberg RM, Mason J, Chan L. Backboard versus mattress splint immobilization: a comparison of symptoms generated. *J Emerg Med.* 1996;14(3):293-8.
18. Cordell WH, Hollingsworth JC, Olinger ML, Stroman SJ, Nelson DR. Pain and tissue-interface pressures during spine-board immobilization. *Ann Emerg Med.* 1995;26(1):31-6.
19. Davies G, Deakin C, Wilson A. The effect of a rigid collar on intracranial pressure. *Injury.* 1996;27(9):647-9.
20. Thiboutot F, Nicole PC, Trépanier CA, Turgeon AF, Lessard MR. Effect of manual in-line stabilization of the cervical spine in adults on the rate of difficult orotracheal intubation by direct laryngoscopy: a randomized controlled trial. *Can J Anaesth.* 2009;56(6):412-8.
21. Santoni BG, Hindman BJ, Puttlitz CM, Weeks JB, Johnson N, Maktabi MA, et al. Manual in-line stabilization increases pressures applied by the laryngoscope blade during direct laryngoscopy and orotracheal intubation. *Anesthesiology.* 2009;110(1):24-31.
22. Chan D, Goldberg R, Tascone A, Harmon S, Chan L. The effect of spinal immobilization on healthy volunteers. *Ann of Emerg Med.* 1994;23(1):48-51.
23. Schafermeyer RW, Ribbeck BM, Gaskins J, Thomason S, Harlan M, Attkisson A. Respiratory effects of spinal immobilization in children. *Ann Emerg Med.* 1991;20(9):1017-79.
24. Totten VY, Sugarman DB. Respiratory effects of spinal immobilization. *Prehosp Emerg Care.* 1999;3(4):347-52.
25. Hoffman JR, Schriger DL, Mower W, Luo JS, Zucker M. Low-risk criteria for cervical-spine radiography in blunt trauma: a prospective study. *Ann Emerg Med.* 1992;21:1454-60.
26. Mahadevan S, Mower WR, Hoffman JR, Peeples N, Goldberg W, Sonner R. Interrater reliability of cervical spine injury criteria in patients with blunt trauma. *Ann Emerg Med.* 1998;31:197-201.
27. Hoffman JR, Mower WR, Wolfson AB, Todd KH, Zucker MI. Validity of a Set of Clinical Criteria to Rule Out Injury to the Cervical Spine in Patients with Blunt Trauma. *N Engl J Med.* 2000;343:94-9.
28. Stiell IG, Wells GA, Vandemheen KL, Clement CM, Lesiuk H, De Maio VJ, et al. The Canadian C-spine rule for radiography in alert and stable trauma patients. *JAMA.* 2001;286(15):1841-8.
29. Domeier RM, Frederiksen SM, Welch K. Prospective performance assessment of an out-of-hospital protocol for selective spine immobilization using clinical spine clearance criteria. *Ann Emerg Med.* 2005;46(2):123-31.
30. Burton JH, Dunn MG, Harmon NR, Hermanson TA, Bradshaw JR. A statewide, prehospital emergency medical service selective patient spine immobilization protocol. *J Trauma.* 2006;61(1):161-7.
31. Vanderlan WB, Tew BE, McSwain NE Jr. Increased risk of death with cervical spine immobilisation in penetrating cervical trauma. *Injury.* 2009;40:880-8.
32. Stuke LE, Pons PT, Guy JS, Chapleau WP, Butler FK, McSwain NE. Prehospital spine immobilization for penetrating trauma-review and recommendations from the Prehospital Trauma Life Support Executive Committee. *J Trauma.* 2011;71:763-9.

33. Haut ER, Kalish BT, Efron DT, Haider AH, Stevens KA, Kieninger AN, et al. Spine immobilization in penetrating trauma: more harm than good? *J Trauma*. 2010;68:115-21.
34. Vanderlan WB, Tew BE, Seguin CY, Mata MM, Yang JJ, Horst HM, et al. Neurologic sequelae of penetrating cervical trauma. *Spine*. 2009;34(24):2646-53.
35. Velopulos CG, Shihab HM, Lottenberg L, Feinman M, Raja A, Salomone J, Haut ER. Prehospital spine immobilization/spinal motion restriction in penetrating trauma: A practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma (EAST). *J Trauma Acute Care Surg*. 2018;84(5):736-44.
36. Kreinest M, Gliwitzky B, Schüler S, Grützner PA, Münzberg M. Development of a new Emergency Medicine Spinal Immobilization Protocol for trauma patients and a test of applicability by German emergency care providers. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2016;24:71.
37. Kornhall DK, Jorgensen JJ, Brommeland T, Hyldmo PK, Asbjornsen H, Dolven T, et al. The Norwegian guidelines for the prehospital management of adult trauma patients with potential spinal injury. *Scandinavian J Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*. 2017;25:2.
38. Maschmann C, Jeppesen E, Rubin MA, Barfod C. New clinical guidelines on the spinal stabilisation of adult trauma patients - consensus and evidence based. *Scandinavian J Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*. 2019;27:77.
39. Swartz EE, Tucker WS, Nowak M, Roberto J, Hollingworth A, Decoster LC, et al. Prehospital Cervical Spine Motion: Immobilization Versus Spine Motion Restriction. *Prehosp Emerg Care*. 2018;22(5):630-6.
40. Morrissey JF, Kusel ER, Sporer KA. Spinal motion restriction: an educational and implementation program to redefine prehospital spinal assessment and care. *Prehosp Emerg Care*. 2014;18(3):429-32.
41. Wampler DA, Pineda C, Polk J, Kidd E, Leboeuf D, Flores M, et al. The long spine board does not reduce lateral motion during transport--a randomized healthy volunteer crossover trial. *Am J Emerg Med*. 2016;34(4):717-21.
42. Thézard F, McDonald N, Kriellaars D, Giesbrecht G, Weldon E, Pryce RT. Effects of Spinal Immobilization and Spinal Motion Restriction on Head-Neck Kinematics during Ambulance Transport. *Prehosp Emerg Care*. 2019;19:1-9.
43. Domeier RM, Frederiksen SM, Welch K. Prospective performance assessment of an out-of-hospital protocol for selective spine immobilization using clinical spine clearance criteria. *Ann Emerg Med*. 2015;46(2):123-31.
44. Burton JH, Dunn MG, Harmon NR, Hermanson TA, Bradshaw JR. A statewide, prehospital emergency medical service selective patient spine immobilization protocol. *J Trauma*. 2006;61:161-7.
45. Underbrink L, Dalton AT, Leonard J, Bourg PW, Blackmore A, Valverde H, et al. New Immobilization Guidelines Change EMS Critical Thinking in Older Adults With Spine Trauma. *Prehosp Emerg Care*. 2018;22(5):637-44.
46. Castro-Marin F, Gaither JB, Rice AD, N Blust R, Chikani V, Vossbrink A, et al. Prehospital Protocols Reducing Long Spinal Board Use Are Not Associated with a Change in Incidence of Spinal Cord Injury. *Prehosp Emerg Care*. 2019:1-10.
47. Shafer JS, Naunheim RS. Cervical Spine Motion During Extrication: A Pilot Study. *Western J Emerg Med*. 2009;10(2):74-8.
48. Engsborg JR, Standeven JW, Shurtleff TL, Eggars JL, Shafer JS, Naunheim RS. Cervical spine motion during extrication. *J Emerg Med*. 2013;44(1):122-7.

49. Dixon M, O'Halloran J, Hannigan A, Keenan S, Cummins NM. Confirmation of suboptimal protocols in spinal immobilisation? *Emerg Med J.* 2015;32:939-45.
50. Dixon M, O'Halloran J, Cummins NM. Biomechanical analysis of spinal immobilisation during prehospital extrication: a proof of concept study. *Emerg Med J.* 2014;31:745-9.
51. Hernández MIH, Martín RG, Martínez FJS, Ibáñez LA, Díaz CC, Merino DL, et al. Self-extraction with and without a cervical collar: a biomechanical simulation study. *Emergencias.* 2019;31:36-8.