



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Programa de Doctorado de Ciencias de la Salud

Análisis de las técnicas de movilización en pacientes
con sospecha de lesión medular a través de sistemas
de captura de movimiento

Autora:

D^a. Raquel Gordillo Martín

Directores:

Dr. D. Manuel Pardo Ríos

Dra. D^a. Laura Juguera Rodríguez

Murcia, julio de 2018



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Programa de Doctorado de Ciencias de la Salud

Análisis de las técnicas de movilización en pacientes
con sospecha de lesión medular a través de sistemas
de captura de movimiento

Autora:

D^a. Raquel Gordillo Martín

Directores:

Dr. D. Manuel Pardo Ríos

Dra. D^a. Laura Juguera Rodríguez

Murcia, julio de 2018



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR DE LA TESIS PARA SU PRESENTACIÓN

El Dr. D. Manuel Pardo Ríos y la Dra. Dña. Laura Juguera Rodríguez como Directores de la Tesis Doctoral titulada “Análisis de las técnicas de movilización en pacientes con sospecha de lesión medular a través de sistemas de captura de movimiento” realizada por Dña. Raquel Gordillo Martín en el Departamento de Ciencias de la Salud, **autorizan su presentación a trámite** dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

Lo que firman, para dar cumplimiento a los Reales Decretos 99/2011, 1393/2007, 56/2005 y 778/98, en Murcia a 10 de mayo de 2018.

Dr. D. Manuel Pardo Ríos

48488207K

Dra. Dña. Laura Juguera Rodríguez

75157008T

(1) Si la Tesis está dirigida por más de un Director tienen que constar y firmar ambos

UCAM



EIDUCAM
Escuela Internacional
de Doctorado

Análisis de las técnicas de movilización en pacientes con sospecha de lesión medular a través de sistemas de captura de movimiento.

Resumen

Introducción: La asistencia al paciente politraumatizado implica una correcta movilización a posición neutra y/o anatómica e inmovilización espinal. Es muy importante la pericia a la hora de efectuar dicha técnica y colocar el dispositivo, puesto que durante la colocación se puede generar una desalineación no deseada. Además, existe una gran controversia a la hora de determinar cuál es el método más idóneo. **Objetivo:** Determinar el movimiento producido en la columna vertebral cervical mediante las diferentes técnicas de movilización del paciente con sospecha de lesión medular a través de sistemas de captura de movimiento. **Método:** La presente tesis, es un compendio de publicaciones (según normativa de la UCAM: 3 artículos científicos indexados en el JCR en los cuartiles Q1 o Q2). Cada uno de los artículos presenta una metodología propia con una línea común: las técnicas de movilización en pacientes con sospecha de lesión medular. **Resultados:** Los resultados de la tesis son los resultados de cada uno de los artículos que la componen: 1) La colocación de la camilla de cuchara provoca menos desalineación que el tablero espinal cuando es aplicado por profesionales en una situación simulada, 2) La extracción del casco se realizó en 70 segundos con flexión y rotación hacia el lado donde se encuentra colocado el profesional que sujeta la cabeza, 3) Los profesionales que han recibido una formación en Soporte Vital Avanzado al Trauma, han producido una desalineación global significativamente menor de la columna vertebral. **Conclusiones:** Es necesaria la formación inicial y continuada de los profesionales de servicios de emergencias prehospitalarias. Además, sería recomendable que los estudios sobre evaluación de profesionales, alumnos, técnicas y/o dispositivos, utilizaran métodos objetivos de análisis cinemático de la columna vertebral.

Palabras clave: Inmovilización, Lesión médula espinal, Tablero espinal, Camilla de cuchara, Servicios médicos de urgencia, Accidentes de motocicleta, Casco, Capacitación.

Analysis of mobilization techniques in patients with suspected spinal cord injury through motion capture systems.

Abstract

Introduction: The care of a polytraumatized patient implies the correct mobilization to a neutral and/or anatomical position and spine immobilization. The skill when performing the technique of placing the immobilization device is highly important, as a non-desired misalignment could occur. Also, there is a great controversy when establishing which method is the most ideal. **Objective:** To determine the movement produced in the cervical part of the spinal column through different mobilization techniques of a patient who has a suspected a spinal cord injury, through the use of movement capture techniques. **Methods:** the present thesis is a compendium of publications (according to the UCAM guidelines: 3 scientific articles indexed in the JCR in the Q1 or Q2 quartiles). Each of the articles has its own methodology but a common thread: the mobilization techniques of patients with a suspected spinal cord injury. **Results:** the results of the thesis are the results of each of the articles that comprise it: 1) the placement of the scoop stretcher resulted in lesser misalignment than the spinal backboard when it is applied by professionals in a simulated situation, 2) the removal of the helmet was conducted in 70 seconds with bending and rotation towards the side where the professional who is holding the head is located, 3) the professionals who have received training on Advanced Trauma Life Support produced an overall misalignment of the spinal column that was significantly smaller. **Conclusions:** The initial and continuous training of the pre-hospital emergency services professionals is necessary. Also, it is advisable that the studies on the evaluation of professionals, students, techniques and/or devices, use objective methods of kinematic analysis of the spinal column.

Keywords: Immobilization, Spinal cord injury, Spinal backboard, Scoop stretcher, Emergency medical service, Motorcycle accidents, Helmet, Training.

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis está dedicada:

A mis pacientes, porque son el motivo para querer ser mejor profesional y enfermera cada día. Es a ellos a quien debo la ilusión por mi trabajo. Es de ellos de quien más aprendo todos los días.

Quiero agradecer a mi familia y amigos por estar ahí en cada momento de manera incondicional. Por apoyarme, animarme y entender el momento. Prometo devolveros todo el tiempo robado estos últimos meses.

A mi padre, por creer en mí siempre. Gracias por sentirte orgulloso de mí.

A mi madre, por enseñarme el verdadero valor de la enfermería y del cuidado. Por esos consejos que sólo una madre puede dar. Por ese amor incondicional.

A mi abuelo, por ser un maestro de vida. Gracias por todo lo que me has enseñado. Tu sabiduría no tiene límites.

Gracias a cada una de las personas que han colaborado y participado en este estudio, en especial a Thomas y Elena por su tiempo y dedicación.

A Belén, por confiar en mí y ser mi compañera de fatigas. Gracias por escucharme siempre.

A Mario, por ser mucho más que un traductor; y a Elena, por su ayuda con la revisión. Gracias de todo corazón.

A mis compañeros del máster, por formar parte de todas estas páginas.

A mis compis del hospital, por todos esos cambios y dobles que han permitido que pudiera lograrlo.

Todavía recuerdo ese primer día de experimento, sintiéndome tan pequeña... Si hoy estoy aquí es gracias a esa cabecita pensante, ese gran líder y mejor maestro. No conozco a nadie que sepa transmitir más entusiasmo y conocimiento al mismo

tiempo. Manolo, mi gratitud es mucho mayor de lo que nunca sería capaz de expresar.

A Laura, esa pequeña gigante capaz de animar y alegrar cualquier rincón. Te quiero y te admiro en todos los planos de existencia, ya lo sabes.

A mis malos, que siempre me acompañan y me ayudan a salir del caos.

A Nono, mi voluntario sano. Por tu amor, paciencia, comprensión y por ser partícipe de mis locuras. Gracias por respetarme y aceptarme tal y como soy. Gracias por ayudarme a levantarme cada vez que tropiezo. Porque no existen palabras suficientes para darte las gracias, y porque sin ti no hubiera sido posible.

"No creas nada, sin importar dónde lo leas o quién lo diga, ni siquiera si yo lo digo, a menos que esté de acuerdo con tu propio razonamiento y tu sentido común."

Buda

"No llega antes el que va más rápido, sino el que sabe dónde va."

Séneca

"Lo que importa es cuánto amor ponemos en el trabajo que realizamos."

Madre Teresa de Calcuta

ÍNDICE

CAPÍTULO I. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	31
1.1. Epidemiología de la Lesión medular traumática.....	31
1.2. Aspectos anatómicos de la columna vertebral y médula espinal.....	33
1.3. Lesión medular traumática.....	38
1.4. Diagnóstico y evaluación de la LMT.....	42
1.5. Evaluación de la movilidad vertebral.....	46
1.6. Inmovilización espinal.....	50
1.7. Manejo Prehospitalario de la LMT.....	57
1.8. Lesión traumática en el motorista.....	63
1.9. Justificación.....	65
1.10. Hipótesis.....	67
1.11. Objetivos.....	67
CAPÍTULO II. VISIÓN GENERAL DE LOS ESTUDIOS	71
CAPÍTULO III.	75
ESTUDIO N°1. Análisis cinemático de la columna vertebral durante la colocación de dos dispositivos de transferencia: tablero espinal frente a camilla de cuchara.	
3.1. Introducción.....	77
3.2. Método.....	78
3.3. Resultados.....	80
3.4. Discusión.....	81

CAPÍTULO IV.	83
ESTUDIO N°2. Análisis biomecánico del movimiento cervical en la extracción del casco en motoristas.	
4.1. Introducción.....	85
4.2. Método.....	86
4.3. Resultados.....	87
4.4. Discusión.....	89
 CAPÍTULO V.	 91
ESTUDIO N°3. Effect of training in advanced trauma life support on the kinematics of the spine. A simulation study.	
5.1. Introducción.....	93
5.2. Método.....	94
5.2.1. Diseño.....	94
5.2.2. Selección de la muestra.....	94
5.2.3. Formación en Soporte Vital Avanzado al Trauma (SVAT).....	95
5.2.4. Análisis cinemático.....	96
5.2.5. Análisis Estadístico.....	98
5.3. Resultados.....	98
5.4. Discusión.....	99
 CAPÍTULO VI. RESUMEN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	 105
6.1. Resultados.....	105
6.1.1. Estudio 1.....	105
6.1.2. Estudio 2.....	105
6.1.3. Estudio 3.....	106
6.1.4. Comparación de resultados entre el Estudio 1 y el Estudio 3.....	107
6.2. Discusión global de los resultados obtenidos.....	108

CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES.....	121
7.1. Conclusiones derivadas del estudio n°1	121
7.2. Conclusiones derivadas del estudio n°2	121
7.3. Conclusiones derivadas del estudio n°3	121
CAPÍTULO VIII. APLICACIONES PRÁCTICAS	125
CAPÍTULO IX. LIMITACIONES.....	129
9.1. Estudio n°1	129
9.2. Estudio n°2	130
9.3. Estudio n°3	130
9.4. Otras limitaciones globales	130
CAPÍTULO X. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.....	135
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	139
ANEXOS	153

SIGLAS Y ABREVIATURAS

Las abreviaturas de convenios de unidades no se incluyen en este listado al existir normas internacionalmente aceptadas sobre su uso universal de estadística, ni las del diccionario de la RAE. Se han reseñado por orden alfabético.

AP	Antero-posterior
ASIA	American Spinal Injury Association
CC	Camilla de cuchara
CCI	Coficiente de correlación intraclase
CCSP	Canadian Cervical Spine Rules
DA	Desalineación Acumulada
DAT	Desalineación Acumulada Total
DE	Desviación estándar
DEK	Dispositivo de Extricación Kendrick
IC	Intervalo de confianza
ISS	Injury Severity Score
LM	Lesión Medular
LME	Lesión de la Medula Espinal
LMT	Lesión Medular Traumática
MD	Media
NEXUS	The National Emergency X-Radiography Utilization Study
PHTLS	Pre-hospital Trauma Life Support
SEMICYUC	Sociedad Española de Medicina Intensiva, Crítica y Unidades Coronarias
SLM	Sospecha de lesión medular
SVAT	Soporte Vital Avanzado al Trauma
TE	Tablero espinal
UCAM	Universidad Católica de Murcia
UME	Unidad Móvil de Emergencias

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Síntomas más frecuentemente asociados a la LMT* 42

Tabla 2. *Resultados de la desalineación para cada uno de los segmentos en cada una de las fases de la colocación de ambos dispositivos.* 80

Tabla 3. *Comparación de resultados para cada uno de los dos grupos de profesionales.*... 89

Tabla 4. *Resultados de desalineación, antes y después del programa de SVAT para cada uno de los segmentos con ambos dispositivos.* 99

Tabla 5. *Comparación entre grupo de expertos y grupo de alumnos tras la formación.* . 107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Anatomía de la médula espinal..... 34

Figura 2. Médula espinal 37

Figura 3. Criterios de evaluación radiográfica correspondientes a CCSR..... 48

Figura 4. Criterios de evaluación radiográfica NEXUS 49

Figura 5. Imagen de camilla cuchara..... 51

Figura 6. Estabilización de un paciente con sospecha de LMT 53

Figura 7. Collar cervical Vista® Collar 59

Figura 8. La técnica de log-roll en decúbito prono..... 61

Figura 9. Técnica lift-and-slide 6-plus-persons..... 62

Figura 10. Colchón de vacío 63

Figura 11. Análisis cinemático 79

Figura 12. Imágenes de los ejes de coordenadas del Sistema Inercial, ubicación de los sensores y enlace de los sensores..... 87

Figura 13. Resultados globales de los grados obtenidos en el análisis biomecánico para los tres movimientos estudiados..... 88

Figura 14. Imágenes de TE, CC y análisis con Vicon 3D® 97

Figura 15. Secuencia del recorrido del paciente con SLM..... 136

GLOSARIO DE TÉRMINOS REFERIDOS EN LA TESIS

Experto: Profesional que pertenece a asociaciones como SEMES o SEMICYUC, que sean instructores en Soporte Vital Avanzado al Trauma, experiencia en emergencias de más de 5 años.

Maniobras de movilización: Técnicas encaminadas a la movilización de una víctima en posición anatómica desde la situación en la que es encontrado, además de aquellas destinadas al desplazamiento del paciente desde el lugar donde se encuentra hasta su lugar de destino, sin que ello suponga un agravamiento de su patología o lesiones.

Politraumatizado: Persona que sufre más de una lesión traumática grave, de las cuales al menos una de ellas supone un riesgo vital para el accidentado, aunque sea potencialmente.

Sistemas de captura de movimiento: Dispositivos que utilizan una técnica de grabación del movimiento, así como traslado de dicho movimiento a un modelo digital, realizado en imágenes y datos de computadora.

COMPENDIO DE ARTÍCULOS

Esta tesis es un compendio de tres trabajos previamente publicados.

A continuación se citan las referencias completas de dichos artículos.

ART 1.

Raquel Gordillo Martín, Pedro E. Alcaraz Ramón, Fulgencio Manzano Capel, Tomás T. Freitas, Elena Marín-Cascales, Laura Juguera Rodríguez, Manuel Pardo Ríos. “Análisis cinemático de la columna vertebral durante la colocación de dos dispositivos de transferencia: tablero espinal frente a camilla de cuchara”.

FECHA DE PUBLICACIÓN: ENERO 2017 REVISTA: EMERGENCIAS

ISSN: 1137-6821 RANKING: 3/24 Q1 CATEGORY: EMERGENCY MEDICINE

JOURNAL IMPACT FACTOR: 3,028

ART 2.

Raquel Gordillo Martín, María Isabel Hontoria Hernández, Laura Juguera Rodríguez, Juan Antonio Díaz Hernández, Francisco Javier Serrano Martínez, Lourdes Alonso Ibáñez, Manuel Pardo Ríos. “Análisis biomecánico del movimiento cervical en la extracción del casco en motoristas”.

FECHA DE PUBLICACIÓN: JUNIO 2017 REVISTA EMERGENCIAS

ISSN: 1137-6821 RANKING: 3/24 Q1 CATEGORY: EMERGENCY MEDICINE

JOURNAL IMPACT FACTOR: 3,028

ART 3.

Raquel Gordillo Martín, Pedro E. Alcaráz, Laura Juguera Rodríguez, Antonio Nieto Fernández-Pacheco, Elena Marín-Cascales, Tomás T. Freitas, Manuel Pardo Ríos. “Effect of training in advanced trauma life support on the kinematics of the spine. A simulation study”.

FECHA DE PUBLICACIÓN: DICIEMBRE 2017 REVISTA: MEDICINE

ISSN: 0025-7974 RANKING: 40/154 Q2 CATEGORY: MEDICINE, GENERAL & INTERNAL

JOURNAL IMPACT FACTOR: 2,13

CAPÍTULO I.
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

CAPÍTULO I. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. EPIDEMIOLOGÍA DE LA LESIÓN MEDULAR TRAUMÁTICA.

La lesión medular (LM) se considera un problema de salud pública importante, especialmente la de causa traumática, por presentar alta incidencia en grupos de población joven y previamente sanos, afectándole de forma grave y generalmente irreversible, a diferentes aspectos funcionales, sociales, familiares, ocupacionales y psicológicos. Los datos relativos a la prevalencia e incidencia de la lesión medular traumática (LMT) no son muy abundantes, siendo muchos aspectos de esta patología desconocidos o poco entendidos, lo que supone una dificultad en la aplicación de las políticas preventivas.

Las informaciones epidemiológicas están referidas fundamentalmente de los países desarrollados o en vías de desarrollo, especialmente los países europeos, Estados Unidos, Australia, Canadá, etc., mientras que en los países de África y Asia el acceso a dichos registros es más complicado¹. Un reciente estudio realizado a partir de datos de 41 países, la mayoría europeos o de alto nivel de vida, indica que la incidencia de la LMT varía desde 3,6 hasta 195,4 casos por millón de habitantes¹. Según dos revisiones epidemiológicas^{2,3}, la incidencia de la LMT oscila entre 12,1 y 57,8 casos por millón de habitantes, correspondiendo estas cifras a los países desarrollados. En los países en vías de desarrollo, la incidencia se encuentra entre 12,7 y 29,7 casos por millón. Las personas jóvenes son las más afectadas por la LM, con la mayoría de los casos correspondientes a personas en edades entre 29 y 49 años. Los hombres sufren con mucha mayor frecuencia que las mujeres este tipo de lesión. El accidente más frecuente que origina la LMT es el accidente de tráfico, que afecta a entre un 35 y un 53,8% de los casos, seguido de la caída. La violencia o el deporte son otros mecanismos lesivos frecuentes.

En la actualidad, las causas más comunes de lesiones de la médula espinal son⁴:

- 1) Los accidentes de tráfico (40,4%).
- 2) Las caídas (27,9%), más comunes en los mayores de 45 años. Las mujeres mayores con osteoporosis tienen una propensión a las fracturas vertebrales por caídas con LM asociada.
- 3) La violencia interpersonal (principalmente heridas de bala) (15,0%), que es la causa más común en algunos entornos urbanos de Estados Unidos.
- 4) Traumas deportivos (8,0%), en el que el buceo es la causa más común.

En España, la incidencia global de la LM, incluyendo la traumática y la médica, se estima entre 12 y 20 casos por millón de habitantes⁵. Se han realizado diferentes estudios parciales por Comunidades Autónomas para estimar la incidencia y analizar diversos aspectos metodológicos. Un estudio realizado en la isla de Gran Canaria⁶ observó que la LM afecta principalmente a los grupos de edad de mayor riesgo, los comprendidos entre 18 y 37 años, que conforman el 53,5% del total de lesionados estudiados. La causa traumática, con un 58,7% de los casos, prevalece sobre la médica, siendo los accidentes más habituales los de tráfico (43,2%), la precipitación (3%), zambullida (11%), aplastamiento (9%), herida por arma (3%), accidente deportivo (3%), caída desde altura (25%) e impacto de rayo (1,5%). Los hombres se encuentran más frecuentemente afectados por este tipo de lesiones. En la provincia de Las Palmas se halló una prevalencia estimada de 30,87 casos por cada 100.000 habitantes, siendo esta prevalencia de 44,92 en hombres frente a 16,98 en mujeres y los jóvenes entre 15 y 29 años, el grupo de edad más afectado⁷.

Un estudio retrospectivo realizado en ocho Comunidades Autónomas⁵ se encontró que entre un 71 y un 88% de las lesiones medulares son de etiología traumática, siendo el 50% aproximadamente debida a accidentes de tráfico. El porcentaje de varones con LMT (80%) es considerablemente superior al de mujeres.

En España globalmente, un informe elaborado por el Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad con datos relativos al período 2000-2008⁸ indica que la tasa de incidencia es de 24 casos por millón de habitantes, siendo de 35,6 casos en hombres y 12,4 en mujeres. El 36,6% de todos los lesionados medulares traumáticos

lo fue por accidente de tráfico, siendo la tasa de incidencia de este tipo de traumatismo de 8,8 casos por millón (13,6 en hombres y 4,0 en mujeres). Se observa una tendencia decreciente significativa, debido fundamentalmente a la reducción de los casos por accidente de tráfico. La distribución por sexo indica que el 73,8% de los lesionados fueron hombres, coincidiendo con lo encontrado por otros estudios mencionados.

En la infancia y adolescencia, aunque la LMT es infrecuente, la distribución de los casos es similar a la de los adultos. Un estudio realizado en Asturias en pacientes entre 0 y 17 años⁹ encontró una incidencia de 7,3 casos por millón de habitantes en 2011, siendo la localización predominante la lesión dorsal (44,4%). La mayoría de las lesiones (68,1%) eran completas. La causa más habitual es el accidente de tráfico (52,1%), seguida de la etiología laboral y la deportiva. La edad media de los lesionados era de 16 años. En la misma Comunidad Autónoma se estudió también la epidemiología de la LMT en mayores de 65 años¹⁰, observándose un cambio en el perfil epidemiológico del paciente con LM por encima de los 65 años, asociada a la caída casual como causa principal, localización cervical y tipo incompleto. Un estudio similar sobre mayores de 65 años realizado en el Hospital Nacional de Paraplégicos con cifras correspondientes a 2010-2011¹¹ indica que a partir de esta edad hay mayor incidencia en etiología médica que traumática.

La región de la columna más frecuentemente afectada por la LMT es la cervical, de tal manera que la LMT cervical representa entre el 50 y el 75% de este tipo de lesiones en diversos países desarrollados del mundo¹².

1.2. ASPECTOS ANATÓMICOS DE LA COLUMNA VERTEBRAL Y MÉDULA ESPINAL

La médula espinal es un cordón de forma cilíndrica que se inicia en el foramen magno del cráneo, continúa con el bulbo raquídeo del encéfalo y termina, en las personas adultas, en el borde inferior de la primera vértebra lumbar, y en los niños en el borde superior de la tercera vértebra lumbar. Esta estructura, que discurre por el interior del canal vertebral (Figura 1) está rodeada por tres meninges llamadas duramadre, aracnoides y piamadre (Figura 2), que le proporcionan protección, junto al líquido cefalorraquídeo que rodea la médula espinal en el espacio subaracnoideo¹³.

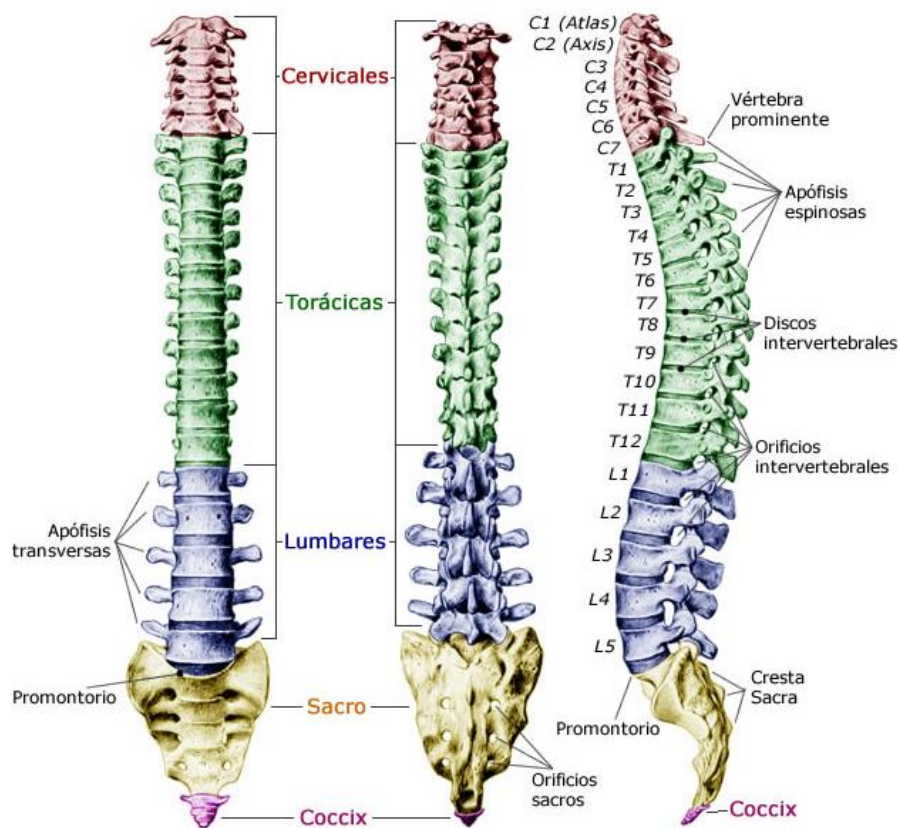


Figura 1. Anatomía de la médula espinal.
Fuente: adaptado de www.columna vertebral.net

De acuerdo a su ubicación cráneo-caudal, la médula espinal se puede dividir en cuatro partes: cervical, torácica, lumbar y sacra, dos de ellas están caracterizadas por un engrosamiento superior cervical (intumescencia cervical) y un engrosamiento inferior lumbosacral (intumescencia lumbosacral). Cada región medular está dividida en segmentos, y en cada segmento se origina un par de nervios espinales. En la unión con la médula espinal, cada nervio se divide en dos ramas denominadas raíces: la raíz dorsal lleva la información sensitiva entrante; la raíz ventral transporta la información desde el sistema nervioso central a la musculatura y órganos¹⁴.

A lo largo del plano sagital medio, las fisuras anterior y posterior medias dividen la médula en dos porciones simétricas, que están conectadas por las comisuras anterior y posterior transversales. A cada lado de la médula, las fisuras

laterales posteriores y anteriores representan los puntos en los que las raicillas ventrales y dorsales (raíces posteriores) emergen del cable para formar los nervios espinales¹⁵.

La materia nerviosa de la médula espinal está formada por la sustancia gris y la sustancia blanca, que se encuentran rodeando el conducto central de la médula espinal (Figura 2). La sustancia gris tiene, en un corte horizontal, la forma de dos semilunas cóncavas que están lateralmente unidas a la línea media por la comisura gris, dando lugar a las astas anteriores y posteriores¹⁶.

A diferencia del cerebro, en la médula espinal la sustancia gris está rodeada por la sustancia blanca en toda su circunferencia. La sustancia blanca se divide a cada lado en tres cordones¹⁶:

- a) El cordón anterior, que se encuentra entre la raíz anterior, el asta anterior y la fisura media anterior, y se encuentra conectada con el cordón anterior del lado opuesto a través de la comisura blanca anterior.
- b) El cordón posterior, situado entre la raíz posterior, el asta posterior y el tabique medio posterior.
- c) El cordón lateral, ubicado entre las dos raíces anterior y posterior y las dos astas de sustancia gris.

La sustancia blanca va disminuyendo gradualmente hacia el final de la médula espinal, donde la materia gris se combina en una sola masa (*cono terminalis*) donde las raíces espinales paralelas forman la denominada “cola de caballo”¹⁵.

Las fibras nerviosas de la médula espinal se organizan en tractos ascendentes y descendentes.

- ↳ **Tractos ascendentes:** comprenden las fibras nerviosas que emergen de las neuronas situadas en el ganglio de la raíz dorsal. Las extensiones ascendentes transmiten información sensorial de los receptores sensoriales a los niveles más altos del sistema nervioso central. Los fascículos ascendentes grácil y cuneiforme ocupan la columna dorsal, siendo denominadas el cordón posterior. Estas fibras contienen información relacionada con sensación táctil, discriminación de dos puntos de presión aplicados al mismo tiempo, vibración, posición y sentido de movimiento, y la propiocepción consciente. En la columna

lateral, el tracto espino-talámico lateral lleva información relativa a dolor, temperatura y contacto crudo de estructuras somáticas y viscerales. Los tractos espino-cerebelares dorsal y ventral llevan la información propioceptiva inconsciente de los músculos y las articulaciones de la extremidad inferior al cerebelo. En la columna ventral hay cuatro tractos: 1) el tracto anterior espinotalámico lleva información de dolor, temperatura, y la información asociada con el tacto de los núcleos del tronco cerebral y el diencefalo, 2) el tracto espino-olivar lleva la información de los órganos tendinosos de Golgi al cerebelo, 3) el tracto espinoreticular, y 4) el tracto espino-tectal. Las fibras nerviosas inter-segmentarias viajan por varios segmentos y están localizadas en una capa fina alrededor de la materia gris que se conoce como fascículo propio. Estas fibras llevan la información del dolor hacia el tronco cerebral y el diencefalo¹⁷.

- ↳ **Tractos descendentes:** se originan en diferentes áreas corticales y núcleos del tronco encefálico¹⁷. Las vías descendentes llevan la información asociada con el mantenimiento de las actividades motoras tales como la postura, el equilibrio, el tono muscular y la actividad refleja visceral y somática¹⁴. Estas vías incluyen el tracto corticoespinal lateral y los tractos rubroespinales ubicados en la columna lateral. Estas extensiones llevan la información asociada con el movimiento voluntario. Otras extensiones como el tracto retículo-espinal, el tracto vestibuloespinal y el tracto corticoespinal anterior controlan el equilibrio y la posición corporal. El tracto de Lissauer, que está encajado entre el asta dorsal y la superficie de la médula espinal lleva las fibras descendentes del funículo dorsolateral, que regulan la sensación de dolor a nivel espinal, y las fibras intersegmentarias¹⁷.

En la columna cervical, hay 8 raíces nerviosas. Las raíces cervicales de C1-C7 se nombran de acuerdo a la vértebra por encima de la cual salen, es decir, C1 sale por encima de la vértebra C1, justo por debajo del cráneo y las raíces nerviosas de C6 pasan entre las vértebras C5 y C6, mientras que C8 sale entre las vértebras C7 y T1, ya que no hay vértebra C8. La columna dorsal tiene 12 raíces nerviosas distintas y la columna lumbar se compone de 5 raíces nerviosas distintas que reciben la

denominación de la vértebra por debajo de la cual salen. El sacro consiste en 5 secciones embrionarias que se han fusionado en una sola estructura ósea con 5 raíces nerviosas distintas que salen a través de los agujeros sacros. La médula espinal termina aproximadamente en el nivel vertebral L1-2. La parte distal de la médula espinal se llama cono medular. La cola de caballo es un conjunto de pares de raíces (derecha e izquierda) del nervio lumbosacro que se originan en la región del cono medular, descienden a través del saco dural y salen a través de los agujeros intervertebrales por debajo de sus respectivos niveles vertebrales. Puede haber 0, 1, o 2 nervios coccígeos¹⁷.

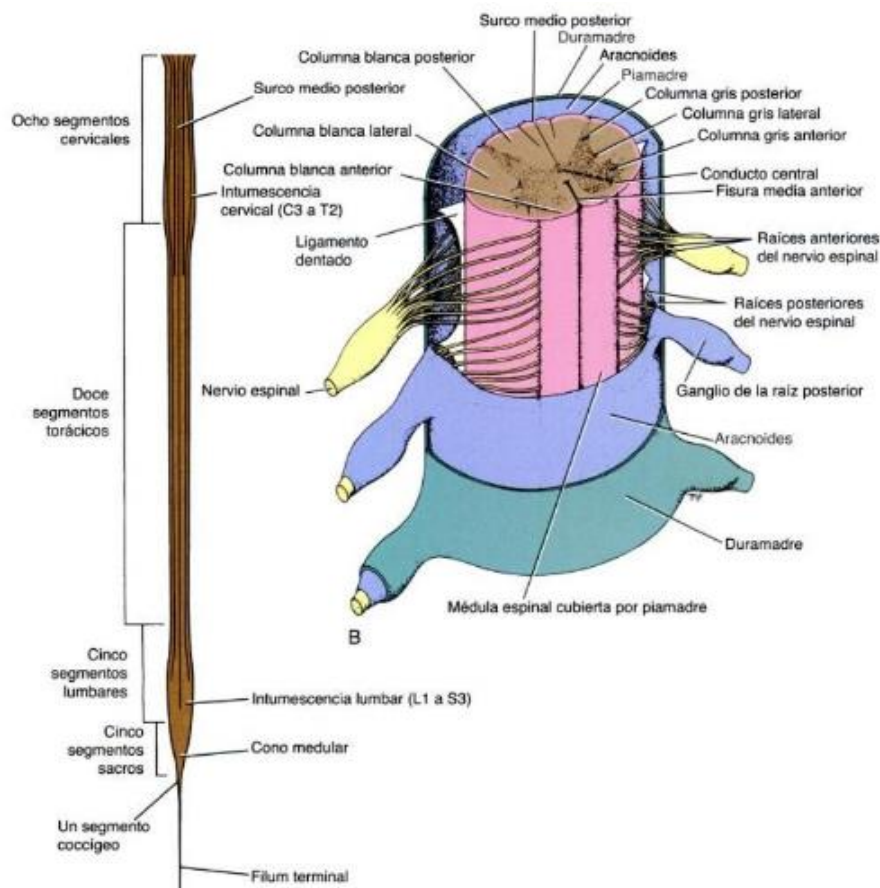


Figura 2. Médula espinal.

A. Vista posterior que muestra las intumescencias cervical y lumbar. B. Tres segmentos de la médula espinal que muestran las cubiertas de duramadre, aracnoides y piamadre¹³.

Fuente: Neuroanatomía clínica.

Por lo tanto, la médula espinal es una parte altamente organizada y compleja del sistema nervioso central. Su complejidad se debe al papel que desempeña en las tres funciones más importantes de la persona: los sentidos, control autonómico y control motor. En consecuencia, cualquier lesión de este órgano puede tener unas consecuencias fatales sobre funciones básicas del organismo.

1.3. LESIÓN MEDULAR TRAUMÁTICA

La lesión de la médula espinal se define como una lesión traumática aguda de los elementos neurales del canal espinal, incluyendo la médula espinal y la cola de caballo, que se traduce en déficit temporal o permanente sensorial, motor, del intestino, la vejiga u otros sistemas y órganos¹⁸. La mayoría de las LMT se producen en la región cervical¹⁹. La movilidad relativamente menor y mayor de las vértebras cervicales, combinada con la fuerza reducida de la estructura de estabilización de la columna cervical predisponen a riesgos más elevados de lesión en esta zona²⁰. En los casos severos, estas lesiones pueden suponer un problema para la independencia del paciente, su calidad de vida y las circunstancias socioeconómicas.

En la LMT se puede distinguir entre la lesión primaria y secundaria. La primera se refiere a la lesión física inmediata de la médula espinal como resultado de la laceración, contusión, compresión o contracción del tejido neural²¹. También se sabe que la severidad de la LMT determina el grado neurológico de un paciente dado en admisión hospitalaria y en consecuencia, este es el marcador pronóstico más fuerte²².

Los cambios patológicos que resultan de los mecanismos de lesión primaria incluyen los axones, daño mecánico directo a las células y la ruptura de vasos sanguíneos cortados. La lesión secundaria es responsable de la expansión de la zona de la lesión y la limitación de los procesos de restauración²³. La lesión secundaria también puede influir en la morbilidad a largo plazo, debido en parte a las secuelas inflamatorias secundarias a lesión primaria.

Las secuelas específicas de las lesiones secundarias incluyen alteraciones en las concentraciones iónicas locales, pérdida de la regulación de la presión arterial sistémica y local, reducción del flujo de sangre de la médula espinal, ruptura de la barrera sangre-cerebro, penetración de proteínas de suero en la médula espinal,

respuestas inflamatorias (alteraciones de quimiocinas y citoquinas), apoptosis, excitotoxicidad, acumulación de neurotransmisores, producción de radicales libres y peroxidación de lípidos, y desequilibrio de las metaloproteinasas activadas. Estos cambios conducen a la desmielinización, isquemia, necrosis y apoptosis de tejido de la médula espinal²³. Por lo tanto, además de lograr la estabilización del paciente, el objetivo de la atención inmediata después de la lesión debe ser el de reducir aún más los daños y el de dar acceso a la atención especializada²⁴.

La LMT afecta a la conducción de señales sensoriales y motores en toda el área afectada por la lesión, así como al sistema nervioso autónomo. Examinando sistemáticamente los dermatomas y miotomas, se puede determinar los segmentos de la médula afectadas por la LMT. Para ello se publicaron unas normas internacionales para la clasificación neurológica de la LMT (*International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury*)²⁵.

La evaluación utilizada por las Normas Internacionales para la clasificación neurológica de la LM tiene dos componentes (sensorial y motor). Estos elementos se utilizan en la determinación de los niveles neurológicos sensoriales/motores, así como en la generación de puntuaciones para caracterizar el funcionamiento sensorial/motor y en la determinación del alcance de la lesión. El examen no representa una exploración neurológica completa para el paciente con LMT, ya que no incluye elementos que se utilizan para la evaluación de diversos tejidos, como los reflejos tendinosos profundos, etc. Aunque las mediciones más precisas de la función sensorial y motora están presentes, el examen actual utiliza medidas clínicas comunes que se pueden realizar con un equipo mínimo y en prácticamente cualquier entorno clínico y en cualquier fase de la atención²⁶.

Por otra parte, la investigación apoya la conclusión de que las personas con lesión de la médula espinal desarrollan y experimentan una serie de condiciones de salud secundarias como consecuencia de esta lesión²⁷. La condición secundaria se define como una condición que está causalmente relacionada con una situación de discapacidad (resultado de una condición de discapacidad primaria) y que puede ser o bien una patología, una deficiencia, una limitación funcional o una discapacidad adicional²⁸.

Los profesionales sanitarios y los investigadores han observado que muchas personas con discapacidades, incluyendo personas con LMT muestran evidencias

de un inicio más temprano de algunas condiciones de salud generalmente asociadas con el envejecimiento (p.e. diabetes y la enfermedad cardiovascular), así como un deterioro más pronunciado con respecto al aumento de la severidad o frecuencia de una serie de condiciones de salud en las personas con LMT en comparación con las personas de su misma edad sin discapacidad, lo que se refiere a menudo en la literatura como "envejecimiento prematuro"²⁹.

Otra importante e incapacitante consecuencia es el dolor, ya que se estima que el dolor crónico afecta a más del 80% de los pacientes con una lesión traumática de la médula espinal, lo que afecta negativamente a las actividades cotidianas de los pacientes, disminuyendo la calidad de vida y contribuyendo a la aparición de síntomas depresivos y de fatiga crónica³⁰.

Aproximadamente entre el 10-20% de los pacientes que han sufrido una lesión aguda en la médula espinal no sobreviven el tiempo suficiente hasta llegar a la hospitalización, mientras que el 3% de los pacientes mueren durante la hospitalización. Originalmente, la causa principal de muerte en los pacientes con lesión de la médula espinal que sobreviven a la lesión inicial es la insuficiencia renal; pero en la actualidad, las principales causas de muerte son la neumonía, embolia pulmonar, o septicemia³¹. Las enfermedades del corazón subsiguientes al trauma, el suicidio y las muertes relacionadas con el alcohol también son causas importantes de muerte en estos pacientes³². En las personas con lesión de la médula espinal, la tasa de suicidio es mayor entre las personas que son menores de 25 años. Entre los pacientes con paraplejia incompleta, las principales causas de muerte son el cáncer y el suicidio (relación 1:1), mientras que entre las personas con paraplejia completa, la principal causa de muerte es el suicidio, seguido de las enfermedades del corazón.

La esperanza de vida para los pacientes con lesión de la médula espinal sigue aumentando pero aún están por debajo de la población general. Los pacientes mayores de 20 años en el momento de sufrir estas lesiones tienen una esperanza de vida de aproximadamente 35,7 años en pacientes con tetraplejia superior (segmento C1-C4), 40 años en pacientes con tetraplejia inferior (segmento C5-C8), o de 45,2 años en pacientes con paraplejia⁴. Las personas mayores de 60 años en el momento de la lesión tienen una esperanza de vida de unos 7,7 años (pacientes con

tetraplejía superior), de 9,9 años en pacientes con tetraplejía inferior y de 12,8 años en pacientes con paraplejía⁴.

En un estudio realizado en 2006 por Strauss et al.³³, hallaron que entre los pacientes con lesión de la médula espinal, durante los primeros 2 años después de la lesión crítica, se ha producido un descenso del 40% en la mortalidad desde mediados de los 70 del siglo XX, aunque durante ese mismo periodo sólo se ha producido una pequeña reducción, estadísticamente no significativa, de la mortalidad en el período posterior de 2 años para estos pacientes, lo que indica que en los momentos iniciales de la lesión existe un amplio recorrido de actuación para mejorar las condiciones de estas personas.

Respecto al tratamiento, la metilprednisolona, un glucocorticoide, es el tratamiento farmacológico que ha sido más utilizado para la LMT; aunque no ha mostrado efectos clínicamente significativos³⁴. Actualmente, no existe un nivel de evidencia clase I como se creía, según los protocolos NASCIS³⁵⁻³⁷, de que la administración de la metilprednisolona a altas dosis beneficie el estado neurológico del paciente. Sin embargo, sí hay un nivel de evidencia clase I de que tal tratamiento provoca unos efectos secundarios muy desfavorables que alargan la estancia hospitalaria, tales como la infección de la herida, embolia pulmonar, neumonía, sangrado digestivo y sepsis generalizada³⁸. Por este motivo, la administración de dosis altas de metilprednisolona no se recomienda de forma generalizada para este tipo de lesiones. El tratamiento con corticoesteroides está basado en su acción para la reducción de la lesión tisular secundaria y debe ser sopesado para cada caso concreto, según las características del paciente y el tipo de daño presente. No existe ninguna evidencia de que exista algún efecto beneficioso en caso de una LMT completa, por lo que en este caso estaría contraindicado. Del mismo modo, ante una LMT aguda no estabilizada o con deterioro neurológico, si se decide la administración de corticoesteroides, debe realizarse con pautas cortas y considerando los posibles efectos secundarios.³⁹

1.4. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA LMT

Según los Estándares Internacional de Clasificación Neurológica²⁶, el examen de un paciente con sospecha de LMT debe realizarse con el paciente en posición supina (excepto para el examen rectal que puede ser realizado en decúbito lateral) con el fin de permitir una comparación válida de las evaluaciones a lo largo de las fases de la atención. Inicialmente si hay inestabilidad de la columna, sin estabilización ortésica, el paciente debe ser girado completamente, por lo que no hay torsión de la columna vertebral para completar el examen ano-rectal, o, alternativamente, se puede realizar un examen abreviado en la posición supina.

A la hora de diagnosticar una LMT puede ser de utilidad conocer cuáles son los síntomas que principalmente se encuentran asociados con este tipo de lesión, entre los que se encuentran con más frecuencia el dolor lumbar, la lesión en la cabeza y el estatus mental alterado (Tabla 1)⁴⁰.

Tabla 1. *Síntomas más frecuentemente asociados a la LMT.*⁴⁰

Dolor lumbar	37%
Lesiones en la cabeza	36%
Estatus mental alterado	31%
Dolor cervical	15%
Déficit neurológico	15%
Dolor de espalda	13%
Dolor torácico	11%
Sensibilidad espinal	8%

Fuente: Prehosp. Emerg. Care

El examen de la función sensorial se realiza examinando 28 puntos clave correspondientes a los 28 dermatomas (desde C2 a S4-5)⁴¹. En cada punto se evalúan dos aspectos separadamente: tacto ligero y pinchazo. La puntuación puede ser 0 (ausente), 1 (alterada), 2 (normal) o bien NE (no evaluable):

- C2: Por lo menos 1 cm lateral a la protuberancia occipital (alternativamente 3 cm por detrás de la oreja).
- C3: Supraclavicular fosa (detrás de la clavícula) y en la línea media clavicular.

- C4: Sobre la articulación acromioclavicular.
- C5: Lateral (radial) de la fosa antecubital.
- C6: Superficie dorsal del pulgar., falange proximal del dedo.
- C7: Dedo medio, superficie dorsal, falange proximal del dedo.
- C8: Dedo meñique, superficie dorsal, falange proximal.
- T1: Lado medial de la fosa antecubital), proximal al epicóndilo medial del húmero.
- T2: Ápex de la axila.
- T3: Línea medioclavicular y tercer espacio intercostal, localizado mediante la palpación de la parte anterior del tórax para encontrar la tercera costilla y el correspondiente espacio intercostal por debajo de él.
- T4: Cuarto espacio intercostal (línea del pezón) en la línea media clavicular.
- T5: Línea medioclavicular y quinto espacio intercostal (a medio camino entre T4 y T6).
- T6: Línea medioclavicular y sexto espacio intercostal.
- T7: Línea medioclavicular y séptimo espacio intercostal (a medio camino entre T6 y T8).
- T8: Línea medioclavicular y octavo espacio intercostal (a medio camino entre T6 y T10).
- T9: Línea medioclavicular y noveno espacio intercostal (a medio camino entre T8 y T10).
- T10: Línea medioclavicular y décimo espacio intercostal (ombbligo).
- T11: Línea medioclavicular y undécimo espacio intercostal (a medio camino entre T10 y TL2).
- T12: Línea medioclavicular y punto medio del ligamento inguinal.
- L1: Equidistancia entre los puntos sensoriales claves para T12 y L2.
- L2: En el muslo anterior medial, en el punto medio que une el punto medio del ligamento inguinal (T12) y el cóndilo femoral medial.
- L3: Cóndilo medial femoral por encima de la rodilla.
- L4: Maléolo medial.
- L5: Zona dorsal del pie en la tercera articulación metatarso-falángica.
- S1: Talón lateral (calcáneo).
- S2: Punto medio de la fosa poplítea.

- S3: Tuberosidad isquial o área del pliegue del infraglúteo.
- S4-5: Área perianal a menos de 1 cm lateral a la unión mucocutánea.

Los aspectos motores de la LM son evaluados mediante la exploración de 11 miotomos pareados (C5-T1 y L2-S1)²⁶. La exploración debe realizarse en una secuencia rostro-caudal, en posición supina y con estabilización de los grupos de músculos que están siendo evaluados. Dicha evaluación se realiza en una escala de 6 valores (0, parálisis total; 1, contracción palpable o visible; 2, movimiento, rango completo sin gravedad; 3, movimiento, rango completo contra gravedad; 4, movimiento activo, rango completo contra gravedad y resistencia; 5, movimiento normal, rango completo contra gravedad y resistencia fuerte en una posición propia de una persona sana; 5*, movimiento activo normal, rango completo contra gravedad y resistencia si los factores inhibidores no estuvieran presentes; NE, no evaluable⁴²:

- C5: Flexores del codo (bíceps, braquial) extensores.
- C6: Extensores de la muñeca (extensor radial largo y corto).
- C7: Extensores del codo (tríceps).
- C8: Flexores del dedo (flexor digital profundo) hasta el dedo medio.
- T1: Abductores del dedo meñique.
- L2: Flexores de la cadera (iliopsoas).
- L3: Extensores de la rodilla (cuádriceps).
- L4: Flexores dorsales del tobillo (tibial anterior).
- L5: Extensores de los dedos del pie (extensor largo del dedo gordo).
- S1: Flexores plantares del tobillo (gastrocnemio, sóleo).

Cuando se esté examinando para una fuerza de 4 o 5 se deben utilizar las siguientes posiciones²⁶:

- C5: Codo flexionado a 90°, el brazo al lado del paciente y el antebrazo en supinación.
- C6: Muñeca en extensión completa.
- C7: Hombros en rotación neutra, aducción y en 90° de flexión con el codo en 45° de flexión.
- C8: Flexión completa de la falange distal del dedo con las articulaciones proximales estabilizadas en una posición extendida.
- T1: Abducción completa de los dedos.

- L2: Flexión de la cadera de 90°.
- L3: Rodilla en flexión de 15°.
- L4: Dorsiflexión completa del tobillo.
- L5: Dedo gordo del pie completamente extendido.
- S1: Cadera en rotación neutra, flexión/extensión neutra, y abducción/aducción neutra, la rodilla completamente extendida y el tobillo en flexión plantar completa.

En el caso de las lesiones cervicales, que son, con diferencia, las más frecuentes, durante la resucitación y evaluación inicial, los principios que hay que tener en cuenta en la evaluación son⁴³:

- Evaluar y clasificar la lesión esquelética.
- Evaluar y clasificar la lesión neurológica.
- Evaluar las lesiones medulares asociadas.
- Identificar las lesiones no medulares asociadas.
- Establecer prioridades de tratamiento durante la fase de evaluación.

Las cinco categorías en las que ASIA (*American Spinal Injury Association*) clasifica la discapacidad por una LMT son las siguientes⁴⁴:

- A. Completa: no existe función motora o sensorial en los segmentos sacros S4-S5.
- B. Incompleta: se preserva la función sensorial pero no motora debajo del nivel de la lesión, e incluye los segmentos sacros S4-S5.
- C. Incompleta: la función motora es preservada debajo del nivel de la lesión, y más de la mitad de los músculos clave tienen un grado de disfunción motora de 3 o inferior.
- D. Incompleta: la función motora es preservada debajo del nivel de la lesión, y más de la mitad de los músculos clave tienen un grado de disfunción motora de 3 o superior.
- E. Normal: las funciones sensorial y motora son normales.

La pérdida de la función sensorial significa que la persona no tiene sentido del tacto y no puede sentir calor, frío, dolor o presión. Tampoco sabe cuál es la localización espacial de sus piernas. La pérdida de la función motora significa que el paciente no tiene control voluntario de sus músculos.

1.5. EVALUACIÓN DE LA MOVILIDAD VERTEBRAL

El paciente con sospecha de lesión medular (SLM) debe ser examinado con una escala de evaluación neurológica que sea precisa, consistente y fiable con el fin de determinar el alcance neurológico de las lesiones medulares⁴⁵. La evaluación temprana del estatus neurológico del paciente debe describir la función sensorial y motora así como dar información para pronosticar las capacidades funcionales que se verán afectadas dada la naturaleza de las lesiones⁴⁵.

Las escalas para evaluar a los pacientes con LMT son numerosas, aunque pueden ser clasificadas fundamentalmente en dos tipos:

- a) las que se centran en los déficits neurológicos, y que utilizan el examen de las funciones sensoriales y motoras principalmente.
- b) las que se orientan a medir las habilidades funcionales, la autonomía para cuidar de sí mismo, participar en su higiene personal, transportarse o caminar⁴¹.

Al primer tipo pertenece la escala ASIA. En el segundo tipo existen numerosas escalas, como *Barthel Index*, *Spinal Cord Independence Measure*, *Walking Index for SCI*, *Spinal Cord Injury Functional Ambulation Inventory*, etc.

Existen diferentes métodos científicos para medir y registrar la movilidad de la región cervical⁴⁶:

- › Radiografía: utilizada para evaluar la movilidad segmental en un plano sencillo, por lo que son necesarias múltiples radiografías para examinar los diferentes dominios.
- › Goniómetros e inclinómetros: el goniómetro puede medir la flexión, extensión y flexión lateral, aunque no evalúa rotación y sólo puede ser utilizado en pacientes en posición vertical.
- › Dispositivos de seguimiento electromagnético: se trata de un método no invasivo de análisis del movimiento en 3 dimensiones (3D) que evalúa la movilidad en el tiempo, y suponen una promesa de fiabilidad y precisión para el futuro. La cinemática tridimensional de la columna vertebral es registrada mediante un sistema de análisis de movimiento 3D. Este sistema evalúa la cinemática de los segmentos corporales mediante el registro de la posición y desplazamiento (medido en grados de

traslación) de marcadores reflectantes ubicados sobre referencias anatómicas concretas. Las posiciones de los marcadores son registradas con cámaras infrarrojas que capturan las imágenes. Las posiciones de los marcadores y las medidas antropométricas son integradas en un software de análisis biomecánico para obtener los movimientos de la columna vertebral en los planos transversal, frontal y sagital.

- › Sistemas inerciales: Estos dispositivos se componen de unos pequeños sensores (que suelen ser acelerómetros y giroscopios) que detectan información sobre la aceleración y la velocidad angular del sensor. Conociendo la posición y la velocidad angular inicial e integrando las informaciones que recogen los sensores, se determinan la posición, eje de giro y velocidad angular de cualquier sensor. Todos estos datos detectados por los sensores inerciales (SI) son transmitidos a un ordenador, donde se puede observar sobre una figura animada el movimiento completo registrado. Este tipo de sistemas de captura de movimiento no utiliza mecanismos externos como cámaras. Cuanto mayor es el número de sensores utilizados, más real es el movimiento reproducido. Algunas de sus ventajas es que se pueden transportar fácilmente y tienen grandes rangos de captura⁴⁷.

Según Valdés Solís et al.⁴⁸, las pruebas de imagen no están recomendadas de forma rutinaria en los traumatismos cervicales, debiéndose realizar una selección de los pacientes a los que se recomienda radiografiar a partir de los criterios de *Canadian Cervical Spine Rules*⁴⁹⁻⁵¹ (CCSR) (Figura 3) y *The Nacional Emergency X-Radiography Utilization Study* (NEXUS)⁵² (Figura 4). Los criterios CCSR son para uso con pacientes conscientes en situación estable y se basan en tres criterios de alto riesgo (mayor de 65 años, parestesia o mecanismo de alta energía), cinco criterios de bajo riesgo (colisión por alcance simple, paciente sentado en el hospital, paciente caminando en cualquier momento, dolor de inicio tardío, ausencia de sensibilidad en la columna) y la capacidad de los pacientes para girar el cuello⁵³. Los criterios NEXUS para radiografiar a pacientes con trauma cervical son cinco, siendo éstos: ausencia de sensibilidad en la línea media, ausencia de focalidad neurológica, estado normal de conciencia (alerta), ausencia de intoxicación y ausencia de lesión dolorosa que distraiga al paciente del dolor en la columna. Estos criterios deben

encontrarse simultáneamente en los pacientes para no recomendar el uso de radiografía. El escáner se recomienda en vez de radiografía en los casos de sospecha de fractura cervical. Si el paciente tiene la conciencia alterada y no se puede realizar exploración radiológica, se recomienda el uso de la resonancia magnética.

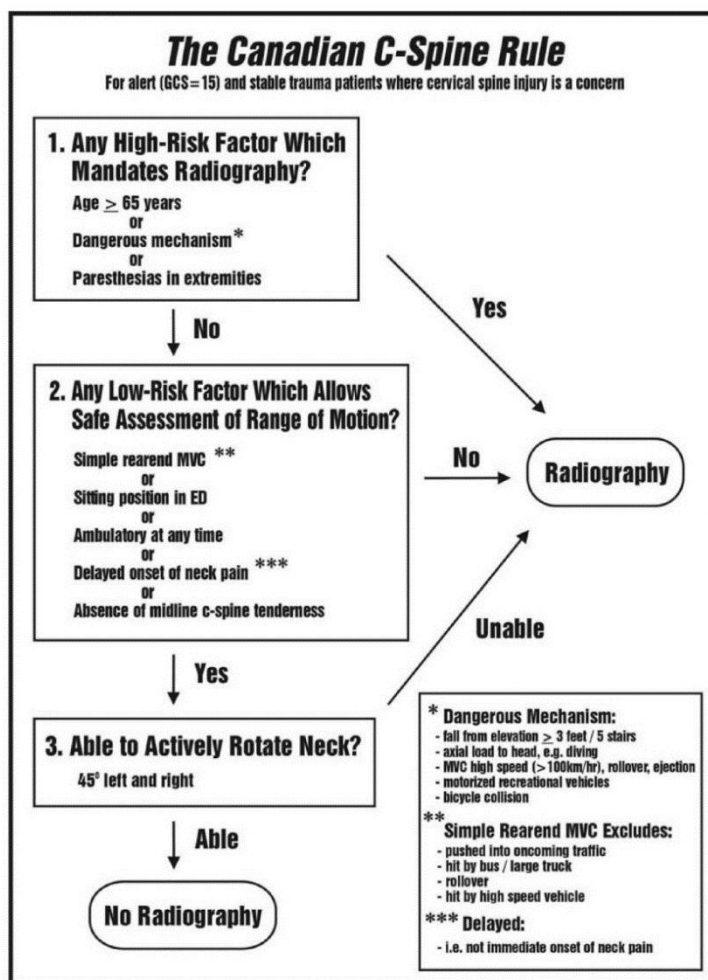


Figura 3. Criterios de evaluación radiográfica correspondientes a CCSR⁴⁹⁻⁵¹.

- 1. No midline cervical tenderness**
- 2. No focal neurologic deficit**
- 3. Normal alertness**
- 4. No intoxication**
- 5. No painful distracting injury**

Figura 4. Criterios de evaluación radiográfica NEXUS⁵⁴.

Una causa común de infradiagnóstico de LM es la falta de imágenes adecuadas, como ocurre, por ejemplo, en la radiografía vertebral cervical que representa la unión de las vértebras C7-T1 de forma incompleta. También hay que tener en cuenta que la radiografía es insensible a pequeñas fracturas de las vértebras, que mediante esta técnica de imagen pueden pasar desapercibidas.

Los criterios clínicos publicados han establecido directrices para la radiografía de columna cervical en pacientes con traumatismos sintomáticos con dolor en el cuello. Las imágenes estándar de la columna cervical recomendadas en pacientes con sospecha de lesión de la médula espinal son tres: anteroposterior (AP), lateral y odontoides.

Las radiografías de la columna cervical deben incluir la unión de las vértebras C7-T1 para ser consideradas adecuadas. Pequeños hallazgos, como el aumento de la masa de los tejidos prevertebrales por hinchazón o ensanchamiento del espacio preodontoides C1-C2, indican lesiones de la columna cervical potencialmente inestables que podrían tener graves consecuencias si no se detectan.

Las vistas dinámicas de flexión y extensión son más seguras y eficaces para la detección de lesiones de ligamentos ocultas de la columna cervical en ausencia de fractura. El valor predictivo negativo de una vista normal en tres dimensiones, así como en flexión y extensión, de la columna cervical es superior al 99%. La incidencia de lesiones ocultas en el contexto de los resultados obtenidos por radiografía de la columna cervical y tomografía computerizada es baja, por lo que se deben realizar este tipo de imágenes para realizar un diagnóstico preciso de la lesión del paciente. Las vistas AP y lateral de la columna dorsal y lumbar se

recomiendan para los pacientes con sospecha de lesiones en la columna dorsolumbar. La realización de la radiografía de la médula complementada con tomografía computarizada aplicadas a las áreas que son difíciles de visualizar o son sospechosas, detecta la gran mayoría de las fracturas con un valor predictivo negativo reportado entre el 99% y el 100%⁵⁴.

1.6. INMOVILIZACIÓN ESPINAL

Las directrices de inmovilización espinal prehospitalaria se han desarrollado para proteger la columna vertebral posiblemente inestable en casos de SLM, hasta que dichas sospechas puedan ser verificadas o rechazadas con las correspondientes pruebas diagnósticas⁵⁵. Su objetivo es prevenir el movimiento adicional de la columna vertebral lesionada, para reducir el riesgo de complicaciones secundarias, y para facilitar la liberación, así como el transporte⁵⁶. La inmovilización se logra mediante el uso de técnicas apropiadas de transferencia, los collarines de columna cervical⁵⁷, tableros laterales de apoyo de la columna y correas⁵⁸. Otros dispositivos que se utilizan frecuentemente incluyen el dispositivo de colchón de vacío en combinación con un collarín cervical rígido⁵⁹, y el dispositivo de extricación de *Kendrick* (DEK) para ayudar en la liberación después de una colisión de vehículos de motor u otro espacio angosto de rescate⁵⁹.

Mientras que la inmovilización espinal prehospitalaria es una práctica ampliamente aceptada para los pacientes con sospecha de LMT⁶⁰, hay pruebas contradictorias de sus posibles beneficios y perjuicios⁶¹. Por otra parte, existe escasa evidencia sobre los efectos de la inmovilización espinal prehospitalaria en los resultados neurológicos de los pacientes. Se puede aumentar el riesgo de complicaciones respiratorias⁶², dolor de espalda y cuello⁶³, y la presión intracraneal con la aplicación del collarín cervical⁶⁴. También es un procedimiento que consume tiempo y recursos económicos⁶⁵.

Una revisión sistemática de la literatura sobre el cuidado prehospitalario de la lesión espinal potencial, intentó dar respuesta a cuatro preguntas fundamentales⁶⁶. En respuesta a la cuestión de cuál era el tipo y la duración idónea de inmovilización espinal se observó que la inmovilización realizada con una tabla y un collarín, con inmovilización de la cabeza entre toallas o paneles de espuma proporcionó la mayor estabilización desde el punto de vista biomecánico. La

utilización de bandas fijadoras, localizadas en el lugar apropiado y con el ajuste necesario, puede reducir aún más el movimiento torácico-lumbar lateral, aunque la relevancia clínica no ha sido estudiada. El uso de camillas rígidas puede ocasionar molestias en la zona occipital y sacra, así como un incremento de la presión que puede originar necrosis. Sin embargo, la cuestión de cuál es el tiempo límite para permanecer en una camilla no ha sido todavía abordado. En un estudio realizado por Krell et al.⁶⁷ en el que se comparaba la inmovilización de la camilla cuchara (CC) (Figura 5) con la de la tablero espinal (TE), en términos de movilidad y comodidad, se observó que había entre 6 y 8 grados más de movilidad sagital en el TE, que además fue percibida, esta última, más cómoda que la camilla tradicional.

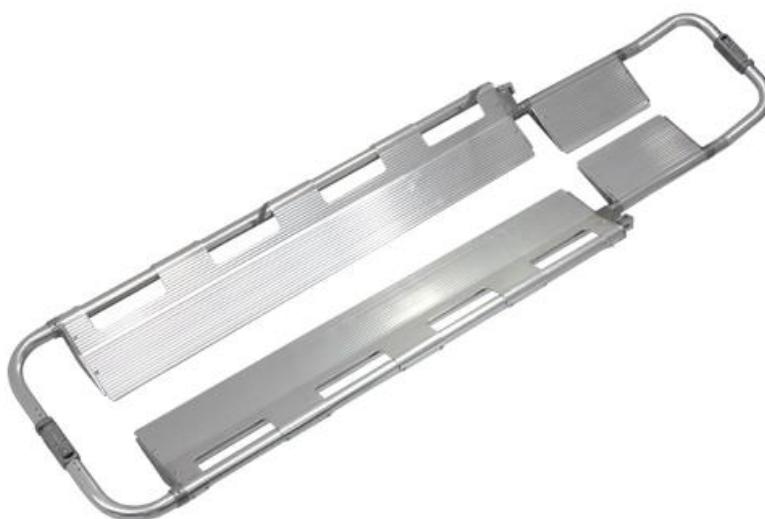


Figura 5. Imagen de camilla cuchara.

Fuente: Elaboración propia

La segunda cuestión era la de revisar el método ideal de inmovilización espinal durante la manipulación de las vías respiratorias. Los autores indican que no existen estudios realizados en el escenario prehospitalario con personal de emergencias, sino que los experimentos se realizaron en el hospital por anestesistas experimentados⁶⁶. Los resultados muestran que la intubación es la técnica más exigente, con una tasa de éxito del 88%. La manipulación de las vías respiratorias no parece estar relacionada con un empeoramiento del estatus neurológico del paciente.

También se estudió el impacto del transporte al hospital en el estado del paciente con LMT⁶⁶. El traslado al hospital dentro de las primeras 24 horas se asocia con un mejor resultado del tratamiento, mientras que aquellos pacientes que han sido llevados al hospital después de 24 horas tienen resultados médicos más negativos, como comorbilidades o lesiones concurrentes. El medio de transporte utilizado (ambulancia, helicóptero, avión, etc.) es irrelevante en cuanto a la probabilidad de producir mayores lesiones. Según Theodore et al.⁶⁸, el traslado de los pacientes con una lesión cervical traumática debería ser rápida y segura al centro médico capacitado para prestar asistencia más cercana. El modo de transporte debería ser seleccionado en función de las circunstancias clínicas, distancia al centro hospitalario y orografía, entre los medios más rápidos.

En cualquier caso, independientemente del medio de transporte seleccionado se debe realizar la inmovilización del paciente. También debe tenerse en cuenta que en el caso de las lesiones cervicales, las vías respiratorias se encuentran altamente comprometidas, por lo que el transporte seleccionado debería tener disponible los mecanismos de soporte respiratorio necesarios.

Por último, Ahn et al.⁶⁶ analizaron el papel de los cuidados prehospitalarios en la evaluación de la posible LM y la inmovilización. La evidencia clínica muestra que el personal de emergencias puede ser entrenado para evaluar a los pacientes y realizar la inmovilización en pacientes con posible LMT al mismo nivel que el de los médicos de emergencias. No obstante, hasta un 8% de las lesiones medulares se quedan sin diagnosticar y no son inmovilizadas antes de llegar al hospital, aunque esto no tiene mayores consecuencias, sin que haya empeorado el estatus neurológico del paciente por este motivo.

Durante la fase de reanimación y evaluación inicial siempre se debe asumir que la médula cervical está lesionada, por lo que debe ser estabilizada utilizando un collarín cervical, dos sacos (o inmovilizador de cabeza) y una banda de cabeza (Figura 6). Asimismo se debe estabilizar la zona torácico-lumbar en una camilla espinal, para posteriormente, en una camilla de urgencias, girar al paciente en una sola pieza⁴³.



Figura 6. Estabilización de un paciente con sospecha de LMT⁴³.
Fuente: elaboración propia.

La extricación es el procedimiento de liberación de un atrapamiento o de una situación o posición peligrosa en la cual una persona se encuentra sin una vía de escape, o bien en la que un miembro o parte del cuerpo han quedado atrapados. Este proceso es llevado a cabo por bomberos, con el uso de las herramientas adecuadas para eliminar los elementos que impiden la salida, con la asistencia del personal de emergencias para proporcionar los cuidados médicos necesarios⁶⁹. El proceso de extricación en caso de accidente incluye la aplicación de un collar cervical, la utilización de dispositivos de inmovilización laterales tales como el DEK, y la inmovilización en una camilla larga⁷⁰. Los dos principios fundamentales que deben ser seguidos durante el proceso de extracción del vehículo para evitar el movimiento de la columna vertebral y lesiones adicionales son:

- 1) Mantener la alineación de la columna.
- 2) Reducir al mínimo la torsión del cuerpo.

La columna normal tiene una forma de "S". Esta forma puede quedar desalineada, especialmente en la región cervical, durante un accidente de vehículo de motor, lo que resulta en hiperextensión, la hiperflexión, flexión lateral, compresión, distracción, o la rotación axial de la columna, lo que puede implicar lesiones medulares.

La técnica de auto-extricación se refiere a aquella en la que el paciente sale del vehículo por su propia voluntad siguiendo las instrucciones de los paramédicos acerca de sus movimientos. Esta maniobra sólo puede llevarse a cabo en pacientes conscientes y que se encuentren con las funciones motoras y sensoriales normales, e incluye las siguientes instrucciones⁷¹:

Paso 1: verificar si el paciente atiende las instrucciones. Indicar que sostenga la cabeza tan estable como pueda y que pare si siente dolor u otras sensaciones extrañas.

Paso 2: mover lentamente la pierna junto a la puerta y colocarla en el suelo.

Paso 3: usar el volante para apoyarse e impulsarse.

Paso 4: mantener la mano interior en el volante y colocar la mano exterior en el borde del asiento.

Paso 5: girar lentamente el cuerpo para encarar la salida, situando los dos pies alineados en el borde de la salida.

Paso 6: situar los dos pies en el suelo y ponerse de pie impulsándose con los brazos.

Paso 7: alejarse dos pasos del vehículo.

Dixon et al.⁷¹ llevaron a cabo un estudio para determinar qué técnica de inmovilización durante la extricación inicial de un accidentado era la más adecuada para producir una menor desviación de la columna cervical de la posición neutral alineada. Los resultados indicaron que las técnicas convencionales de extricación producen cuatro veces más amplitud de movimiento que la auto-extricación controlada. Durante la aplicación de las técnicas de extricación se produjo una desviación total de 26,1° (1,6° a la izquierda de la línea media y 24,5° a la derecha), frente a la desviación de 6,6° provocada durante la auto-extricación (4,2° a la izquierda y 2,4° a la derecha), lo que debería llevar a la reconsideración de las técnicas de rescate actuales.

No obstante, a pesar de las recomendaciones, existen estudios que indican que las técnicas de inmovilización no se realizan correctamente en un gran número de casos. Adib-Hajbaghery et al.⁷² analizaron la epidemiología del trauma y la calidad de la inmovilización espinal en pacientes con trauma múltiple. La mayoría de pacientes eran varones que habían resultado lesionados en accidente de tráfico,

especialmente motociclistas. La calidad de la inmovilización fue insuficiente en el 95,8% de los casos, estando la misma significativamente relacionada con el nivel de formación del personal de emergencias que la aplica.

Engsberg et al.⁷³ analizaron el movimiento de la cabeza en relación con el torso durante el procedimiento de extricación de un automóvil en condiciones de laboratorio, utilizando cuatro técnicas diferentes de extricación:

- 1) Extricación sin asistencia y protección.
- 2) Extricación sin asistencia protegido con un collarín cervical.
- 3) Extricación asistida y con protección de un collarín cervical.
- 4) Extricación asistida, protegida con un collar cervical y la aplicación de un DEK.

Los resultados muestran un descenso significativo de la movilidad cuando el paciente es protegido con un collarín cervical en comparación con la situación en la que no está protegido. También se redujo la movilidad durante la extricación con asistencia de personal de emergencias y protección con collarín cervical. Sin embargo, la aplicación de otros escenarios de extricación con elementos adicionales no produjo una reducción adicional del movimiento cervical.

Estos hallazgos mostrarían que permitir a la persona accidentada la salida individual del vehículo por sus propios medios si es posible, con la protección de un collarín cervical, sería el método que menor movimiento cervical produciría, minimizando el alcance de las posibles lesiones medulares⁷⁴. Determinados pacientes en los que es evidente la existencia de déficits neurológicos o de estatus mental alterado necesitarán manifiestamente inmovilización para el transporte y protección de la columna. Sin embargo, la completa inmovilización de aquellas personas accidentadas con una lesión cervical o dolor de espalda puede dar lugar a una mayor movilización de la columna que permitir a dichos pacientes moverse por sí mismos.

De hecho, existen autores que afirman que la inmovilización espinal por sí misma no es un procedimiento benigno. Además del riesgo adicional de agravamiento de las lesiones como consecuencia de aumentar el riesgo del rescate, la inmovilización espinal está asociada con mayores riesgos y molestias para el

accidentado⁷⁵. Las recomendaciones de la *Wilderness Medical Society* para la inmovilización espinal son las siguientes:

1. En relación con la posición de preferencia para la espina dorsal, se recomienda restaurar y mantener la posición neutral alineada, realizando una tracción manual moderada durante la extricación, excepto cuando dicha maniobra se encuentra con resistencia, aumento del dolor o un empeoramiento de los déficits neurológicos o la aparición de otros nuevos.
2. En cuanto a los métodos de extricación en accidentados con posible lesión cervical, cuando la columna cervical no puede ser evaluada antes de la extricación se debe colocar un collarín cervical y permitir la salida del vehículo por sus propios medios, si el paciente se encuentra consciente. En otro caso, la extricación debe realizarse con un DEK o similar, más un collarín cervical. El accidentado debe estar sentado en una camilla larga, un colchón de vacío o similar.
3. El levantamiento y traslado del paciente realizado con una CC es preferible a la aplicación de la técnica del volteo de incorporación a una camilla convencional.
4. Respecto a la efectividad de la inmovilización espinal en la reducción de las secuelas neurológicas, esta técnica debería ser considerada en pacientes con evidencia de LM, incluyendo aquellos con daño neurológico, así como en aquellos otros que han experimentado un trauma severo y se encuentran inconscientes o tienen su estado mental alterado.
5. La utilización del collarín cervical está contraindicado en los pacientes con espondilitis anquilosante. En todo caso, los pacientes con sospecha de lesión cervical debería mantener un apoyo en el cuello en una posición cómoda.
6. En relación con la efectividad de la camilla, se ha demostrado que el colchón de vacío proporciona una inmovilización mayor, ya sea con o sin collarín cervical, y aumenta la comodidad del paciente reduciendo el riesgo de úlceras por presión, siendo preferible sobre la camilla convencional.

7. La inmovilización espinal realizada por una persona de emergencias cualificada que utilice los estándares internacionalmente aceptados es segura.
8. No se debe realizar inmovilización espinal en el caso de una herida penetrante, como las producidas por arma blanca.

1.7. MANEJO PREHOSPITALARIO DE LA LMT

El principal objetivo de la atención prehospitalaria a pacientes con sospecha de LMT es la reducción del déficit neurológico y la prevención de la pérdida adicional secundaria al trauma de otras funciones neurológicas. En este sentido, la atención prehospitalaria debe incluir una rápida evaluación inicial, la recuperación de las funciones vitales (apertura de las vías respiratorias, respiración y circulación) y una evaluación secundaria más detallada, para finalmente aplicar los cuidados definitivos y el traslado a un centro hospitalario⁷⁶.

La Asociación Americana de Neurocirujanos (*American Association of Neurological Surgeons*), en su Guía de Manejo de Lesiones Vertebrales Cervicales y Lesiones Medulares, ha establecido las siguientes recomendaciones para la atención temprana de pacientes con lesión cervical espinal⁷⁷:

- a) La reducción temprana cerrada de las lesiones por fractura o luxación espinales cervicales con maniobras de tracción cráneo-cervical se recomienda para la restauración de la alineación anatómica de la columna cervical en pacientes conscientes.
- b) No está recomendada la reducción cerrada en pacientes con una lesión adicional en el rostro.
- c) Los pacientes con lesiones por fractura o luxación de la columna cervical que no pueden ser examinados durante el intento de reducción cerrada, o antes de una reducción abierta posterior, deben ser sometidos a resonancia magnética antes de realizar la reducción. La presencia de una hernia de disco importante en este escenario es una indicación relativa para una descompresión ventral antes de la reducción.
- d) Se recomienda un estudio de resonancia magnética en pacientes en los que no funcionan los intentos de reducción cerrada.

- e) La resonancia magnética antes de la reducción realizada en pacientes con lesiones por luxación o fractura cervical mostrará la presencia de discos intervertebrales lesionados o herniados en una proporción significativa de los pacientes con subluxación de la faceta. Estos hallazgos no parecen influir significativamente en el resultado después de la reducción cerrada en pacientes conscientes y, por tanto, la utilidad de la resonancia magnética antes de la reducción en esta circunstancia es dudosa.

El uso del collarín cervical se halla plenamente implantado en el protocolo de atención médica prehospitalaria de pacientes con posible LM⁷⁷. Sin embargo, existe una amplia controversia en torno al uso indiscriminado del collarín cervical en el contexto de atención prehospitalaria. Los efectos adversos del collarín cervical han sido estudiados, observándose que pueden exacerbar las lesiones medulares en lugar de proteger al accidentado de lesiones secundarias adicionales⁷⁸. Esto puede ser debido a que muchos collarines no se ajustan correctamente, por lo que su capacidad para reducir la movilidad cervical se ve reducida, incrementándose el riesgo de mayores daños neurológicos⁷⁹. Una de las principales dificultades relacionadas con el uso de collares cervicales es el manejo de las vías respiratorias, ya que se trata de un dispositivo que obstaculiza la apertura de la boca, pudiendo dar lugar a vómitos, especialmente en la posición supina⁸⁰.

En este mismo sentido, de acuerdo con Sundstrom et al.⁷⁹, en el escenario del accidente, el personal sanitario puede verse paralizado ante la aplicación del collarín cervical, comprometiendo sus capacidades profesionales ante la creencia de que el paciente puede tener graves lesiones medulares que pueden verse agravadas durante la manipulación y asistencia. En este caso, actuaciones vitales en los primeros momentos, como asistir las vías respiratorias, pueden ser eludidas por este temor.

Además, ha aumentado la preocupación de que los collarines del cuello puedan aumentar la presión intracraneal⁸¹ en pacientes con lesión en la cabeza al obstaculizar el flujo venoso a través de las venas del cuello, actuando en este caso el collarín cervical como un torniquete alrededor del cuello, lo que incrementa el volumen de sangre intracraneal y la presión⁸². El efecto de un collarín cervical rígido sobre la presión intracraneal se ha estudiado en pacientes con trauma de cabeza a través de la medición directa de la presión intracraneal, demostrando un

aumento medio de 4,5 mmHg⁸³. La experimentación con sujetos sanos ha permitido observar un aumento del 37% en el área de la sección transversal de la vena yugular interna, medida por ultrasonido después de la aplicación de un collarín cervical⁸⁴.

Karason et al.⁸⁵ han analizado recientemente el efecto sobre la movilidad, la presión de la vena yugular, como posible efecto relacionado con el aumento de la presión intracraneal, y la comodidad del paciente de sujetos sanos de cuatro tipos de collarines cervicales ampliamente utilizados en la atención prehospitalaria en pacientes con posible LM: Laerdal Stifneck® Select™ Collars-Adult (Laerdal Medical AS, Stavanger, Norway), Philadelphia® Tracheotomy Collar (Össur, Reykjavik, Iceland), Miami J® Advanced (Össur, Reykjavik, Iceland) and Vista® Collar (Aspen Medical Products Inc., Irvine, California, USA) (Figura 7). Los resultados indican que la movilidad se redujo significativamente con todos los collarines, desde $18 \pm 7^\circ$ hasta $25 \pm 9^\circ$, siendo el collar Vista® el que más redujo la movilidad y Laerdal Stifneck® Select™ Collars-Adult el que menos. Sin embargo, este último collarín no aumentó de forma significativa la presión de la vena yugular, al contrario que el resto de collarines, siendo el collarín Philadelphia® Tracheotomy Collar el que más aumentó la presión de la vena yugular. En cuanto a la comodidad del paciente, el mayor grado de confort corresponde al collarín Philadelphia® Tracheotomy Collar, siendo el más incómodo el Laerdal Stifneck® Select™ Collars-Adult.



Figura 7. Collar cervical Vista® Collar (Aspen Medical Products Inc., Irvine, California, USA). Fuente: DJO Global.

Dixon et al.⁸⁶ han comprobado que la utilización de collarines cervicales para la realización de la maniobra de extricación produce mayor movilidad cervical que la auto-extricación sin el soporte de dicho dispositivo, lo que confirmaría la necesidad de actualizar los protocolos de aplicación del collarín cervical en la atención prehospitalaria en personas que tienen una posible LM.

En el escenario del accidente, los pacientes con posible LM también deben ser transferidos a una camilla para inmovilizar la columna, lo que puede ser llevado a cabo mediante técnicas manuales o a través del uso de dispositivos mecánicos. Entre los dispositivos mecánicos se encuentra la CC. La CC es un dispositivo ajustable que se separa en 2 piezas que se entrelazan con bisagras a lo largo de su eje longitudinal. Debido a que cada una de las mitades tiene forma de cuña, pueden, en teoría, insertarse debajo del paciente sin la necesidad de balancear o levantar al individuo⁸⁷.

Krell et al.⁸⁸ informaron de que el movimiento del cuello y la cabeza generado en individuos sanos fue de 6° a 8° menor en cada uno de los 3 planos de movimiento cuando se utilizó la CC en comparación con la maniobra del volteo del paciente (*log-roll*). Del Rossi et al.⁸⁷ compararon, mediante técnicas de imagen tridimensional, el efecto de la inmovilización mediante CC con el correspondiente a la maniobra *log-roll* y la técnica de levantamiento y traslado (*lift-and-slide*) sobre la movilidad de las vértebras cervicales C5-C6. Aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas, la ejecución de la maniobra de *log-roll* fue la que originó más movimiento en todas las direcciones que la técnica de *lift-and-slide* y la aplicación del dispositivo de CC. Las técnicas CC y *lift-and-slide* fueron capaces de restringir el movimiento en un grado comparable, por lo que se puede afirmar que la utilización de la CC es equivalente o más beneficiosa que la aplicación de los procedimientos manuales de inmovilización para el traslado del paciente.

Del Rossi et al.⁸⁹ llevaron a cabo una comparación experimental de la movilidad de angulación (flexión-extensión) provocadas por las maniobras del volteo (Figura 8) y elevación de la víctima y deslizamiento del tablero por debajo (Figura 9) respectivamente, sin que se pudieran observar diferencias significativas entre ambos procedimientos en el ángulo de flexión o extensión del cuello. Sin embargo, sí se encontró una relación de la movilidad cervical con la gravedad de

las lesiones, siendo mayor el movimiento cervical cuando mayores eran las lesiones, independientemente de la técnica aplicada.

Otros estudios indican que la movilidad producida por la técnica del volteo en comparación con la elevación del paciente y deslizamiento del TE por debajo es inaceptable, por lo que sus autores aconsejan el uso de este último procedimiento para el traslado de pacientes con SLM⁹⁰.

Conrad et al.⁹¹ aconsejan la sustitución de la maniobra del volteo por otras como elevar a la víctima y deslizar el TE por debajo, CC, o similares; debido a que, a pesar de ser la maniobra más utilizada en el ámbito prehospitalario de atención a pacientes con posible LM, se trata de la que mayor movilidad cervical produce, lo que puede ocasionar lesiones secundarias que agraven el alcance de los déficits neurológicos del paciente.

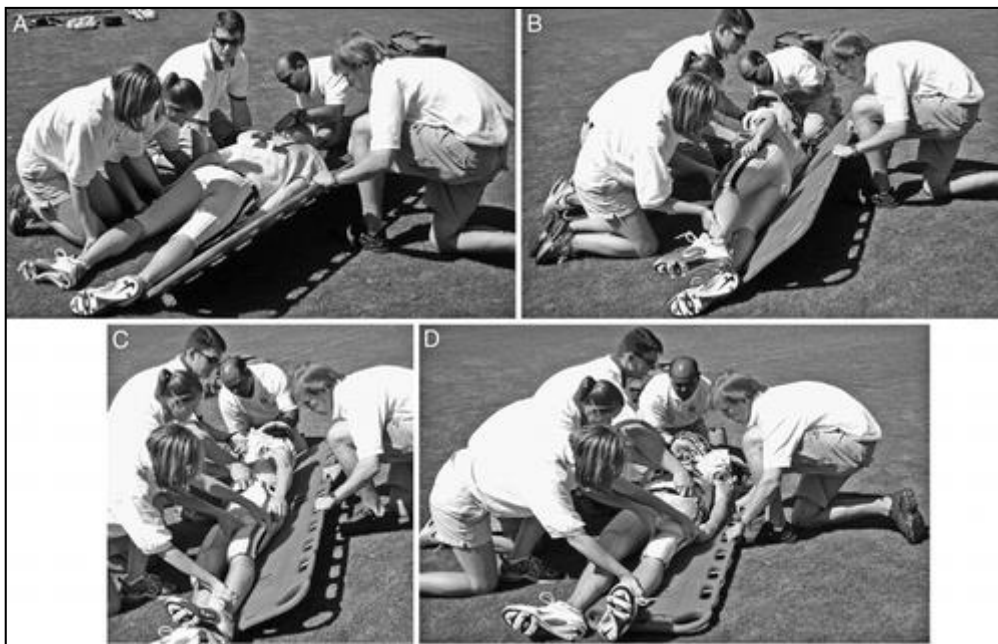


Figura 8. La técnica de log-roll en decúbito prono.

A. El rescatador 1 proporciona estabilización de la columna cervical. Los equipos de rescate 2 a 4 están posicionados a un lado de la víctima. El rescatador 5 está en el lado opuesto, sosteniendo el TE. B. Los equipos de rescate 2 a 4, a la orden del rescatador 1, giran con cuidado a la víctima, empujando hacia el rescatador 5, que posiciona el TE en un ángulo de 45° por debajo de la víctima. C y D. Los equipos de rescate 2 a 4 bajan lentamente a la víctima, con rescatador 5 controlando el TE⁹²



Figura 9. Técnica lift-and-slide 6-plus-persons.

A. El rescatador 1 proporciona estabilización de la columna cervical. Los equipos de rescate 2 a 4 están posicionados a un lado entre hombros y tórax, caderas y piernas, respectivamente; los rescatadores 5 a 7 están posicionados de manera similar en el otro lado. El rescatador 8 está a los pies del atleta con el tablero espinal. B. A la orden del rescatador 1, los equipos de rescate 2 a 7 elevan a la víctima aproximadamente 15 cm del suelo, mientras que el rescatador 8 desliza el tablero espinal por debajo del atleta. C. Los equipos de rescate 2 a 7 bajan lentamente al atleta sobre el tablero de la columna vertebral⁹².

Otra técnica utilizada para la inmovilización de la columna en el contexto prehospitalario es el colchón de vacío (Figura 10), que consiste en un colchón inflable con unas tiras transversales para sujetar al paciente. En el estudio realizado por Luscombe y Williams⁹³, en el que se comparaba la estabilidad y la comodidad del colchón de vacío con el del TE, se observó que el primer dispositivo produce una mayor inmovilización tanto en la posición supina, prona como lateral, siendo, además, significativamente más cómodo que el TE.

En definitiva, existe una amplia controversia en relación con el dispositivo mecánico o la maniobra para inmovilizar al paciente del que se sospecha que puede haber sufrido una LM como consecuencia de un traumatismo, por lo que se hace necesario profundizar en el estudio de la eficacia de las distintas técnicas de inmovilización espinal.



Figura 10. Colchón de vacío. Fuente: ParAid Medical.

1.8. LESIÓN TRAUMÁTICA EN EL MOTORISTA

Viajar en motocicleta ha sido una parte común de la vida diaria durante años y sigue siendo un modo crucial de transporte⁹⁴. En comparación con los conductores de automóviles, los motoristas tienen 30 veces más probabilidades de morir en un accidente de tráfico⁹⁵.

Según datos registrados, en el año 2014, hubo 8.4 millones de motoristas en los Estados Unidos, con un 13 % de todas las muertes por accidentes automovilísticos involucrando motoristas⁹⁶. La tasa de mortalidad por motocicleta es más pronunciada en los países en vías de desarrollo, llegando incluso a representar, en algunos países como Malasia, las muertes relacionadas con motocicletas más del 50% del total de accidentes de tráfico mortales⁹⁷. Según datos de la Dirección General de Tráfico, en España, un 1,21% de los accidentados que viajaban en motocicleta y ciclomotor durante el año 2016, fueron víctimas mortales⁹⁸.

Numerosos estudios han demostrado que los cascos disminuyen la incidencia y la gravedad de las lesiones cerebrales traumáticas causadas por

accidentes de motocicleta. Un estudio retrospectivo realizado en Wisconsin examinó 1.061 casos de víctimas de accidentes de motocicleta durante un período de 5 años (2010-2015) en un centro de trauma de nivel 1. Los resultados de este estudio demostraron una menor probabilidad estadísticamente significativa de sufrir una lesión cervical entre los motociclistas con casco y determinaron que el uso del casco no aumenta el riesgo de desarrollar una fractura de la columna cervical y puede proporcionar ventajas protectoras, reduciendo la lesión cerebral traumática, la mortalidad relacionada con el impacto y el coste de la hospitalización y las lesiones cervicales en los motoristas⁹⁵. Además, otros autores resaltan que los usuarios de casco de motocicleta obtienen puntuaciones más altas en la escala de coma de Glasgow, menor tiempo de ingreso hospitalario y menores tasas de admisión en Unidades de Cuidados Intensivos⁹⁴.

Un revisión sistemática publicada en 2008 por Liu et al.⁹⁹ también concluyeron que los cascos de motocicletas reducen el riesgo de muerte y lesiones en la cabeza entre los motoristas involucrados en colisiones. Otro estudio retrospectivo realizado por Sosin et al.¹⁰⁰, encontró que los cascos de motocicletas no solo reducen la gravedad de las lesiones en general de la cabeza, sino que también reducen la tasa de lesiones mortales. La aplicación legal del uso del casco para motoristas es, por lo tanto, de crucial importancia. Kraus et al.¹⁰¹ descubrieron que la promulgación de la ley de casco de motocicleta en California de EE. UU. reduce significativamente la tasa de mortalidad en accidentes de motocicleta, así como el número y la gravedad de las lesiones en la cabeza. Además, Hotz et al.¹⁰² informaron de un número significativamente mayor, así como de la gravedad de las lesiones cerebrales tras la derogación de una ley de casco de motocicleta.

Parece intuitivo que los cascos deberían proteger contra lesiones en la cabeza, pero también se han argumentado ciertos aspectos negativos sobre el uso del casco de motocicleta, disminuyendo la visión del motorista y aumentando las lesiones en el cuello. A pesar de la eficacia demostrada, algunos informes previos y especulaciones sugieren que el uso del casco se asocia con una mayor probabilidad de lesión de la columna cervical. Goldstein concluyó en su estudio que los cascos aumentan la gravedad de las lesiones del cuello^{103,104}, ya que ejercen un mayor efecto de masa en la cabeza, aumentando más la flexión y extensión del cuello. Rice et al.¹⁰⁵ replicaron los modelos de Goldstein para comprender cómo obtuvo sus

resultados inesperados y luego aplicaron métodos estadísticos modernos para estimar la asociación del uso de casco de motocicleta con lesión en la cabeza, lesión fatal y lesión en el cuello entre los motociclistas involucrados en colisiones. Encontraron que el análisis de Goldstein es críticamente defectuoso debido a la imputación incorrecta de los datos, el filtrado de los datos con alta dispersión y la mala interpretación de los coeficientes del modelo. Este nuevo análisis mostró que los cascos de motocicleta se asociaron con un riesgo marcadamente menor de traumatismo craneoencefálico y lesiones mortales y con un riesgo de lesiones en cuello moderadamente más bajo pero estadísticamente significativo.

Ante un accidente en motocicleta, la extracción del casco se hace necesaria por múltiples factores^{106,107}: no permite realizar una correcta evaluación de la vía aérea ni de las posibles lesiones en la cabeza, dificulta la restricción del movimiento en la víctima durante el transporte y no suele permitir la colocación adecuada de un collarín cervical. La maniobra de extracción del casco, según describe el *Pre-hospital Trauma Life Support (PHTLS)*¹⁰⁸, se realiza entre dos profesionales. Un profesional se coloca a la cabeza del paciente estabilizando el casco con las palmas de las manos, el otro se coloca al lado del paciente y realiza la estabilización manual sujetando la mandíbula y la zona occipital del cráneo. La persona que está a la cabeza extrae el casco con movimientos hacia arriba y abajo cuidando la liberación de la nariz. Al igual que ocurre con la retirada de otros dispositivos de protección, la extracción del casco puede ocasionar una lesión secundaria⁹¹, por lo que debe llevarse a cabo por profesionales expertos. Hasta el momento no existen estudios que determinen el grado de movilidad de la columna cervical durante la maniobra ni la efectividad de la misma, por lo que se realiza en base a criterios subjetivos.

1.9. JUSTIFICACIÓN

La LMT es una patología muy compleja y que tiene un gran efecto sobre la calidad de vida de los pacientes afectados¹⁰⁹, estando históricamente asociada a una elevada mortalidad¹¹⁰ y a una reducción drástica de la movilidad¹¹¹. Se trata de un evento producido como consecuencia de un accidente que resulta en alteraciones de la normalidad sensorial, motora o de la función autonómica y que afecta el bienestar físico, psicológico y social del paciente¹¹².

Los datos epidemiológicos indican que la prevalencia global de esta patología se encuentra entre 236 y 1.009 casos por millón de habitantes¹¹³, lo que en la actualidad podría suponer que más de 7,5 millones de personas en todo el mundo estuvieran afectadas por esta condición. En España, la incidencia anual de la LMT se acerca a los 1.000 casos en total, con lo que se estima que aproximadamente existen cerca de 30.000 afectados en total¹¹⁴.

La causa más frecuente de LMT (38,5% de los casos) son los accidentes de tráfico. También es elevada la incidencia debida a caídas de diverso tipo, siendo el contexto laboral en el que más frecuentemente se producen estas lesiones, seguido del ámbito doméstico y el deportivo¹¹⁵.

La asistencia al paciente politraumatizado y/o paciente con SLM implica una correcta manipulación, para los casos en los que no se encuentra en decúbito supino o posición anatómica, y una posterior inmovilización hasta que sea correctamente diagnosticada y tratada la supuesta lesión. El correcto manejo y la inmovilización espinal son fundamentales para estos casos en los que se sospecha una posible LM, ya que las consecuencias pueden ser devastadoras derivando en una discapacidad severa.

En la actualidad, existen numerosas técnicas de movilización, pero en la comunidad científica y profesional hay una gran controversia a la hora de determinar cuál es el método más adecuado. Este hecho es debido, en gran medida, a la dificultad de encontrar un sistema de medición sensible al movimiento de la columna vertebral. Los únicos métodos empleados son las pruebas de diagnóstico para la imagen para explorar al paciente, pero no es factible utilizarlas durante las técnicas de movilización. Además de la relevancia en la elección del método más adecuado para la movilización, es importante la pericia a la hora de efectuar dicha técnica y el dispositivo elegido para cada uno de los casos.

Por este motivo, se ha planteado este estudio con el propósito de determinar y describir las técnicas de movilización más idóneas y que producen una menor desviación de la columna en un paciente con sospecha de LMT. Además, se pretende comparar la eficacia de dichas técnicas, y analizar el efecto de la formación de los profesionales de la salud involucrados en el traslado de estos pacientes desde el lugar del accidente al centro hospitalario útil.

1.10. HIPÓTESIS

Como primera hipótesis de este estudio propusimos que las técnicas de movilización e inmovilización, en pacientes con sospecha de LMT, mejoran tras una formación específica. La segunda hipótesis que planteamos es que la técnica de colocación de la CC es la idónea para movilizar a un paciente que requiere inmovilización de columna, puesto que disminuye la desalineación con respecto al TE.

1.11. OBJETIVOS

1.11.1. Objetivo general:

El objetivo principal fue determinar el movimiento producido en la columna vertebral cervical mediante las diferentes técnicas de movilización del paciente con SLM.

1.11.2. Objetivo del Estudio 1:

Analizar y comparar la cinemática de la columna vertebral durante la colocación del tablero espinal y de la camilla de cuchara en una situación simulada realizada por expertos en emergencias prehospitalarias.

1.11.3. Objetivo del Estudio 2:

Determinar el movimiento cervical durante la extracción de un casco realizada por profesionales sanitarios.

1.11.4. Objetivo del Estudio 3:

Analizar el efecto de la formación en Soporte Vital Avanzado al Trauma, sobre la cinemática de la columna vertebral, al realizar diferentes técnicas de movilización e inmovilización, en pacientes con SLM.

CAPÍTULO II.
VISIÓN GENERAL
DE LOS ESTUDIOS

CAPÍTULO II. VISIÓN GENERAL DE LOS ESTUDIOS

2.1. ESTUDIO N°1:

ANÁLISIS CINEMÁTICO DE LA COLUMNA VERTEBRAL DURANTE LA COLOCACIÓN DE DOS DISPOSITIVOS DE TRANSFERENCIA: TABLERO ESPINAL FRENTE A CAMILLA DE CUCHARA

KINEMATIC ANALYSIS OF THE SPINE DURING PLACEMENT ON 2 TRANSFER DEVICES: A SPINAL BACKBOARD AND A SCOOP STRETCHER

RESUMEN

Objetivos: Analizar y comparar la cinemática de la columna vertebral durante la colocación del TE y de la CC en una situación simulada realizada por expertos en emergencias prehospitalarias. **Método:** Estudio transversal, cuasiexperimental, de simulación clínica para comparar la desalineación (variable principal), mediante un sistema de captura de movimiento en 3D. **Resultados:** Los resultados obtenidos en la desalineación media durante la colocación de los dispositivos fueron de 37,53°: 31,08° (6,38) para la CC y de 43,97° (7,97) para el TE, ($p = 0,048$). **Conclusiones:** La colocación de la CC provoca menos desalineación que el TE.

ABSTRACT

Objective: To analyze and compare measurements of spine kinematics during prehospital emergency responders' placement of a patient on a spinal backboard or a scoop stretcher. **Methods:** Cross sectional, quasi-experimental clinical simulation to compare misalignment (main endpoint) by means of data from a 3-dimensional motion capture system. **Results:** Mean (SD) misalignment during placement on the 2 devices was 37.53° (14.15°). By device, mean misalignment was 31.08° (6.38°) for the scoop stretcher and 43.97° (7.97°) for the backboard ($P=0.048$). **Conclusion:** Less misalignment occurs during placement on the scoop stretcher than on the spinal backboard.

2.2. ESTUDIO N°2

ANÁLISIS BIOMECÁNICO DEL MOVIMIENTO CERVICAL EN LA EXTRACCIÓN DEL CASCO EN MOTORISTAS

BIOMECHANICAL ANALYSIS OF CERVICAL SPINE MOVEMENT ON REMOVAL OF MOTORCYCLE HELMETS

RESUMEN

Objetivo: Determinar el movimiento cervical durante la extracción de un casco realizada por profesionales sanitarios. **Métodos:** Estudio observacional mediante análisis biomecánico con SI de los movimientos producidos en la columna durante la extracción de un casco. **Resultados:** La muestra final componen 34 profesionales de servicios de urgencias y emergencias. La rotación fue de 1,14 (DE 0,82)° hacia el lado izquierdo y de 3,30 (1,69)° hacia el lado derecho ($p < 0,001$). La flexoextensión fue de 9,82 (7,46)° para la flexión y de 6,23 (6,86)° para la extensión ($p < 0,001$). La lateralización fue de 5,73 (2,97)° para el lado izquierdo y de 5,62 (8,22)° para el lado derecho ($p = 0,678$). El tiempo medio de realización de la extracción fue 70 (4) seg. **Conclusión:** La extracción del casco se realizó en 70 segundos con flexión y rotación hacia el lado donde se encuentra colocado el profesional que sujeta la cabeza.

ABSTRACT

Objective: To measure cervical spine movement during removal of a motorcycle helmet by health care professionals. **Methods:** Observational study using biomechanical inertial sensors to detect movement in the spinal column during removal of helmets. **Results:** Thirty-four emergency medicine specialists and nurses participated. The mean (SD) rotation was 1.14° (0.82°) to the left and 3.30° (1.69°) to the right ($P < .001$). Mean flexion was 9.82° (7.46°) and mean extension was 6.23° (6.86°) ($P < .001$). Mean lateral displacement was 5.73° (2.97°) to the left and 5.62° (8.22°) to the right ($P = .678$). The removal maneuvers took a mean of 70 seconds (4 seconds). **Conclusion:** Helmet removal was completed in an average of 70 seconds with flexion and rotation mainly toward the side where the professional supporting the head was positioned.

2.3. ESTUDIO N°3

EFFECTO DE LA FORMACIÓN EN SOPORTE VITAL AVANZADO AL TRAUMA
SOBRE LA CINEMÁTICA DE LA COLUMNA VERTEBRAL.
ESTUDIO DE SIMULACIÓN

*EFFECT OF TRAINING IN ADVANCED TRAUMA LIFE SUPPORT
ON THE KINEMATICS OF THE SPINE. A SIMULATION STUDY*

RESUMEN

Más de 7,5 millones de personas en el mundo se ven afectadas por lesiones de la médula espinal. En este estudio, nuestro objetivo fue analizar el efecto de la formación en soporte vital avanzado al trauma (SVAT) en la cinemática de la columna cuando se realizan diferentes técnicas de movilización e inmovilización en pacientes con SLM. Se llevó a cabo un estudio cuasi-experimental, de simulación clínica, para determinar el efecto de formación en SVAT sobre 32 estudiantes matriculados en el programa de Máster de Enfermería de Emergencias y Cuidados Especiales. La evaluación fue realizada a través de 2 maniobras: colocación de la CC y el TE, con un actor que simuló una clínica de SLM. La desalineación de la columna vertebral se midió con el uso de un sistema de captura de movimiento llamado Vicon 3D, antes (pre-test) y después (post-test) del entrenamiento. En la desalineación global de ambas maniobras, se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre el pre-test de $62,1^\circ \pm 25,9^\circ$ y desalineación del post-test de $32,3^\circ \pm 10,0^\circ$ con una diferencia de medias de $29,7^\circ$ [(IC95% 22,8 – 36,6)°, (p=0,001)]. Los resultados durante la colocación de la CC han mostrado una desalineación pre-test de $65,1^\circ \pm 28,7^\circ$ y una desalineación post-test de $33,2^\circ \pm 10,1^\circ$ con una diferencia de medias de $33,9^\circ$ [(IC95% 23,1 – 44,6)°, (p=0,001)]. Durante la colocación del TE, se ha obtenido una desalineación pre-test de $59,0^\circ \pm 28,7^\circ$ y una desalineación post-test de $33,4^\circ \pm 10,0^\circ$ con una diferencia de medias de $25,6^\circ$ [(IC95% 16,6 – 34,6)°, (p=0,001)]. La principal conclusión de este estudio fue que la formación de SVAT disminuye la desalineación provocada durante la aplicación de la CC y del TE, independientemente del dispositivo que se use.

ABSTRACT

More than 7.5 million people in the world are affected by spinal cord injury (SCI). In this study, we aimed to analyze the effect of training in advanced trauma life support (ATLS) on the kinematics of the spine when performing different mobilization and immobilization techniques on patients with suspected SCI. A quasi-experimental study, clinical simulation, was carried out to determine the effect of training in ATLS on 32 students enrolled in the Master's program of Emergency and Special Care Nursing. The evaluation was performed through 2 maneuvers: placing of the scoop stretcher (SS) and spinal board (SB), with an actor who simulated a clinical situation of suspected spinal injury. The misalignment of the spine was measured with the use of a Vicon 3D motion capture system, before (pre-test) and after (post-test) the training. In the overall misalignment of both maneuvers, statistically significant differences were found between the pre-test misalignment of $62.1^{\circ} \pm 25.9^{\circ}$, and the post-test misalignment of $32.3^{\circ} \pm 10.0^{\circ}$, with a difference between means of 29.7° [(95% confidence interval, 95% CI 22.8–36.6°), (P=.001)]. The results obtained for the placing of the SS showed that there was a pre-test misalignment of $65.1^{\circ} \pm 28.7^{\circ}$, and a post-test misalignment of $33.2^{\circ} \pm 10.1^{\circ}$, with a difference of means of 33.9° [(95% CI, 23.1–44.6°), (P=.001)]. During the placing of the SB, a pre-test misalignment of $59.0^{\circ} \pm 28.7^{\circ}$ and a posttest misalignment of $33.4^{\circ} \pm 10.0^{\circ}$ were obtained, as well as a difference of means of 25.6° [(95% CI 16.6–34.6°), (P=.001)]. The main conclusion of this study is that training in ATLS decreases the misalignment provoked during the utilization of the SS and SB, regardless of the device used.

CAPÍTULO III.

ESTUDIO NÚMERO I

Análisis cinemático de la columna vertebral durante la colocación de dos dispositivos de transferencia: tablero espinal frente a camilla de cuchara

ESTUDIO I

Análisis cinemático de la columna vertebral durante la colocación de dos dispositivos de transferencia: tablero espinal frente a camilla de cuchara

Kinematic analysis of the spine during placement on 2 transfer devices: a spinal backboard and a scoop stretcher

3.1. INTRODUCCIÓN

La incidencia de la LMT en los países occidentales es de alrededor de 40 a 50 casos por millón de habitantes por año⁶¹. Podolsky et al., en 1983, establecieron que entre un 3 a un 25% de las LMT podrían ser debidas al manejo del paciente por parte de los profesionales sanitarios, pero no se dispone de datos actuales que puedan confirmar este porcentaje¹¹⁶. En este sentido, en los últimos años, se ha intentado mejorar los dispositivos y las técnicas de inmovilización de pacientes con SLM. Sin embargo, el resultado de un estudio sobre la inmovilización de 400 pacientes concluyó que en más de 90% de los casos la calidad de la inmovilización era indeseable⁷².

En la actualidad, las técnicas más comunes para transferir a una persona con sospecha de LMT son: 1) volteo con el TE; 2) dos hemivolteos con la CC¹¹⁷. No se dispone de datos objetivos sobre qué dispositivo provoca mayor desalineación durante su colocación. Hasta el momento, la valoración de la calidad de las maniobras de movilización e inmovilización se hacía en base a criterios subjetivos, pero se está investigando sobre nuevos métodos para determinar el movimiento (captura de movimiento en 3D, sensores inerciales, magnetómetros, giroscopios, acelerómetros, etc.)⁴⁶. La hipótesis planteada es que la utilización de la CC moviliza menos la columna vertebral que la utilización del TE. Los objetivos de nuestro estudio fueron analizar y comparar, mediante un sistema de captura de movimiento, la cinemática de la columna vertebral durante la colocación CC frente a TE, en una situación simulada.

3.2. MÉTODO

Estudio transversal, cuasiexperimental, de simulación clínica, realizado en la Universidad Católica de Murcia (UCAM), de noviembre 2015 a enero de 2016. Este trabajo se realizó siguiendo las normas de la Declaración de Helsinki, fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad y a todos los participantes se les pidió la firma del consentimiento informado a la grabación audiovisual del experimento.

Se seleccionaron 10 expertos que formaron la muestra como voluntarios. Estos representan el 71,4% (10/14) del total de los profesores que la Gerencia de Urgencias y Emergencias 061 de la Región de Murcia designó en 2016 para la formación en atención inicial al trauma. El resto de expertos declinó su participación y/o no acudió a la cita del experimento. Este grupo de voluntarios está formado por 3 médicos, 3 enfermeros y 5 técnicos. Todos los profesionales participantes tienen más de 5 años de experiencia en emergencias prehospitalarias y son instructores en SVAT. Cada uno de los expertos lideró una simulación, situándose a la cabeza del paciente y con la ayuda de otros dos expertos seleccionados aleatoriamente del resto del grupo.

Para llevar a cabo el análisis cinemático, el estudio se realizó en el Centro de Alto Rendimiento Deportivo (CIARD) de la UCAM mediante el sistema de grabación Vicon 3D® (T-Series, ViconCorp, EE.UU.) compuesto por 8 cámaras que graban de manera simultánea a un voluntario sano al que se le han puesto 39 marcadores en referencias anatómicas concretas (Figura 11). El sistema fue calibrado siguiendo las indicaciones del fabricante y se hizo un estudio de fiabilidad a la hora de obtener los grados entre dos profesionales expertos.

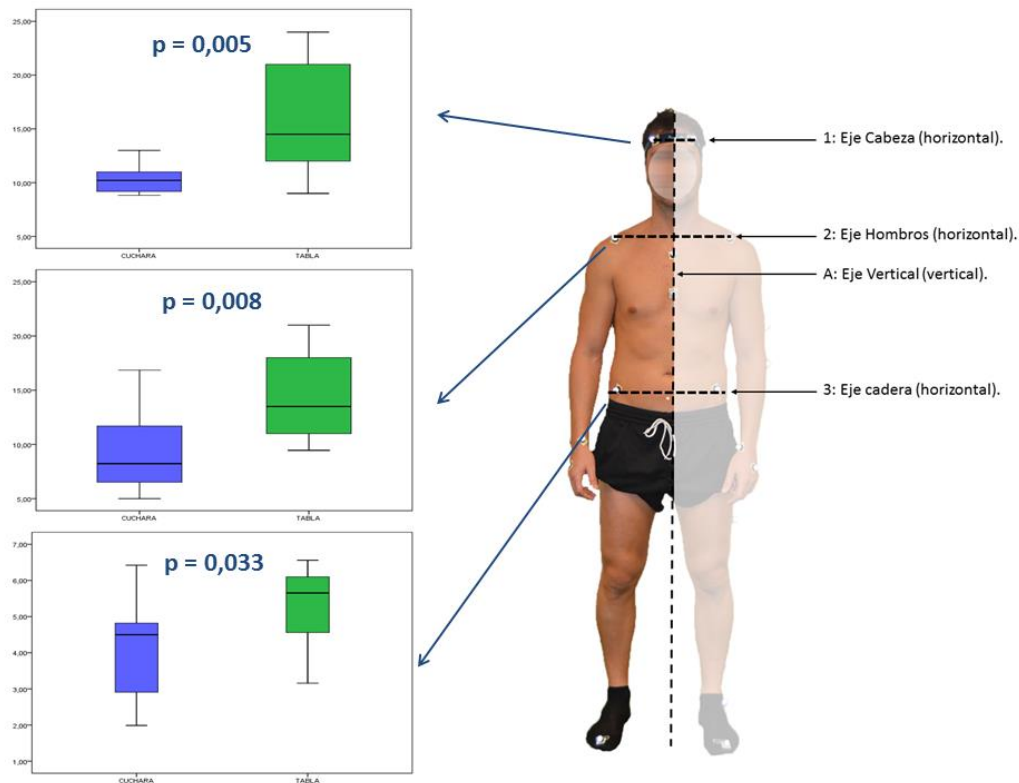


Figura 11. Análisis cinemático.

A la izquierda se muestran la desalineación acumulada provocada por cada uno de los dispositivos para cada eje (CC en color azul oscuro y TE en color azul claro). A la derecha se muestra el trazado de los ejes para la valoración. Fuente: elaboración propia.

El objetivo de la simulación era colocar a un paciente que se encontraba en decúbito supino sobre una CC o un TE. Una vez finalizado el proceso se trazó un eje vertical y 3 ejes horizontales (Figura 11). La reconstrucción digital del proceso permitió la determinación de la media de la máxima desalineación encontrada entre el eje vertical y los ejes cabeza (E1), hombros (E2) y cadera (E3). En cada uno de los procesos se analizaron dos fases: para el TE una Fase 1 (rotación lateral para apoyar el tablero) y Fase 2 (colocación en el centro del dispositivo al paciente) y para la CC, Fase 1 (rotación lateral para colocar la primera parte de la CC) y Fase 2 (situar en el centro del dispositivo al paciente tras la colocación de la segunda parte de la CC). Se calculó la desalineación acumulada (DA), definida como $DA = (E1 + E2 + E3)$, para cada una de las fases y la variable principal fue la DA Total (DAT) entendida como $DAT = [DA \text{ de Fase 1} + DA \text{ de Fase 2}]$.

Los datos fueron recogidos mediante el programa Microsoft Excell y analizados con el programa SPSS Statistics® versión 21, y se presentan como frecuencias, medias y desviaciones estándar (DE). Para determinar la fiabilidad de las mediciones se calculó el coeficiente de correlación intraclase (CCI), que se interpretó según la clasificación de Landis y Koch¹¹⁸, en la que un CCI > 0,90 indica una concordancia muy buena; 0,71-0,90, buena; 0,51-0,70, moderada; 0,31-0,50, mediocre, y < 0,31 mala o muy mala. Se determinaron los intervalos de confianza (IC) al 95% de los CCI. Para la comparación de los resultados entre los dos dispositivos del estudio se utilizó el test de rangos de Willcoxon. Se asumió que las diferencias eran estadísticamente significativas si $p < 0,05$.

3.3. RESULTADOS

Las mediciones de los profesionales obtuvieron un CCI = 0,971 (IC 95%: 0,885-0,973) ($p < 0,001$). La DAT global durante la colocación de los dispositivos fue de 37,53° (DE: 14,15°), siendo de 31,08° (DE: 6,38°) para la CC y de 43,97° (DE: 7,97°) para el TE ($p = 0,048$). En la Figura 11 se muestran los resultados por segmentos para cada uno. La DA-Fase 1 global fue de 27,95° (DE: 13,55°), siendo de 23,94° (DE: 5,36°) para la CC y de 31,97° (DE: 17,98°) para el TE ($p = 0,005$). La DA-Fase 2 global fue de 9,57° (DE: 4,25), siendo de 7,14° (DE: 2,95°) para la CC y de 12,06° (DE: 4,03°) para el TE ($p = 0,028$). En la Tabla 2 se muestran los resultados por segmentos para cada uno de los dispositivos en cada fase.

Tabla 2. *Resultados de la desalineación para cada uno de los segmentos en cada una de las fases de la colocación de ambos dispositivos.*

Ejes		Camilla Cuchara		Tablero Espinal		Significación
		Media	DE	Media	DE	
Cabeza	Fase 1	11,09	2,69	15,36	9,46	0,762
	Fase 2	2,27	1,51	4,58	2,49	0,023*
Hombros	Fase 1	8,74	4,21	11,19	10,44	0,880
	Fase 2	2,09	1,86	2,89	2,05	0,226
Cadera	Fase 1	4,09	1,61	5,41	1,08	0,033*
	Fase 2	2,78	1,78	4,43	2,92	0,199

Test de Rangos de Willcoxon. DE: Desviación estándar; *: $p < 0,05$. Fuente: elaboración propia.

3.4. DISCUSIÓN

Nuestros resultados al comparar la desalineación provocada por ambos dispositivos (CC frente a TE) han determinado mejores resultados para la CC que para el TE (31,08° frente a 43,97°, respectivamente), cuando estas técnicas son realizadas por expertos. Como era previsible, los ejes que tienen más rango de movimiento (cabeza y hombro) son en los que se han determinado mayores desalineaciones entre los dispositivos, tal y como se muestra en la Figura 11. Los datos muestran que la primera fase de ambas técnicas provoca mayor movimiento que la segunda fase (Tabla 2). Aunque cuando comparamos estas diferencias entre los dos dispositivos del estudio, solamente hemos encontrado diferencias puntuales estadísticamente significativas a favor del uso de la CC (Fase 2 en el eje de la cabeza y Fase 1 en el eje de cadera). El análisis de los datos por fases, en lugar de valorar los totales, y un tamaño de la muestra relativamente bajo podrían ser las principales causas que explicaran que no existieran más diferencias estadísticamente significativas.

Los sistemas digitales de análisis biomecánico están permitiendo la evaluación de las técnicas y los dispositivos utilizados en situaciones de simulación clínica con pacientes con SLM, con unos datos de fiabilidad en nuestro estudio muy buenos (CCI = 0,971). El problema de este tipo de estudios con cámaras en 3 dimensiones es su dificultad técnica a la hora de realizar el análisis. En nuestro caso hemos contado con la participación de 10 profesionales con más de 5 años de experiencia en servicios de emergencias prehospitalarias, lo que supone que nuestra muestra sea mayor que la mayoría en publicaciones similares, sobre extricación o colocación de dispositivos de inmovilización, con series de datos realizadas por 3 paramédicos⁷⁴, 6 profesionales (4 bomberos y 2 paramédicos)⁷¹, o con 10 paramédicos⁷³.

La principal limitación de nuestro estudio es que trató de una situación simulada, pero el uso de este tipo de sistemas de análisis en 3D no es factible en pacientes reales con SLM. Por ello, casi todos los trabajos se realizan en situaciones de simulación y no existen ensayos controlados aleatorizados que comparen el efecto de las estrategias de inmovilización espinal en pacientes traumatizados⁹⁹. La otra limitación es la valoración de solo los ejes en el plano coronal, ya que por la posición inicial de nuestro paciente y el trabajo de los profesionales alrededor de la

víctima, no es posible determinar otros planos. Aun así, nuestro diseño ha permitido obtener datos del eje de la cadera, hecho que no ocurre en la mayoría de las publicaciones científicas que centran su atención en la cabeza, cuello y hombros. Con todo, nuestro estudio permite concluir que la colocación de la CC provoca menos desalineación que el TE cuando es aplicado por profesionales en una situación simulada.

CAPÍTULO IV.
ESTUDIO NÚMERO II

*Análisis biomecánico del movimiento cervical
en la extracción del casco en motoristas*

ESTUDIO II

Análisis biomecánico del movimiento cervical en la extracción del casco en motoristas

Biomechanical analysis of cervical spine movement on removal of motorcycle helmets

4.1. INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud señala que los accidentes de tráfico causan un alto índice de fallecimientos en los motoristas¹¹⁹. En una revisión Cochrane⁹⁹, concluyeron que el casco reducía el riesgo de muerte y daños craneoencefálicos. Existen múltiples factores que hacen necesaria la extracción del casco^{106,107}: no permite realizar una correcta evaluación de la vía aérea ni de las posibles lesiones en la cabeza, dificulta la restricción del movimiento en la víctima durante el transporte y no suele permitir la colocación adecuada de un collarín cervical. La maniobra de extracción del casco, según describe el PHTLS¹⁰⁸, se realiza entre dos profesionales. Un profesional se coloca a la cabeza del paciente estabilizando el casco con las palmas de las manos, el otro se coloca al lado del paciente y realiza la estabilización manual sujetando la mandíbula y la zona occipital del cráneo. La persona que está a la cabeza extrae el casco con movimientos hacia arriba y abajo cuidando la liberación de la nariz.

La extracción del casco puede ocasionar una lesión secundaria⁹¹, por lo debe llevarse a cabo por profesionales expertos. Hasta el momento no existen estudios que determinen el grado de movilidad de la columna cervical durante la maniobra ni la efectividad de la misma, por lo que se realiza en base a criterios subjetivos. El objetivo de este trabajo fue determinar el movimiento cervical durante la extracción del casco a un motorista realizado por profesionales sanitarios expertos en emergencias.

4.2. MÉTODO

Estudio observacional en el que se realizó un análisis biomecánico de los movimientos producidos en la columna cervical mientras se extraía el casco a una víctima simulada a la que se le colocaron previamente unos SI (Figura 12A). Se realizó en la UCAM, con la colaboración de la Gerencia de Emergencias 061 de la Región de Murcia, entre los meses de abril a junio de 2016. Fue aprobado por el Comité de Ética de la UCAM (código 6118) y todos los participantes firmaron su consentimiento de participación.

El procedimiento consistió en la realización de una simulación en la que dos profesionales debían retirar el casco a un actor con el rol de motorista accidentado, en decúbito supino, inconsciente. Cada uno de los voluntarios hizo una vez de líder (situado a la cabeza) y se le asignó un ayudante de manera aleatoria (situado a la derecha de la víctima). Mediante una convocatoria abierta se obtuvo una muestra de 40 profesionales, que inicialmente la componían profesionales de la Gerencia de Emergencias 061 de la Región de Murcia ($n = 24$) y de la Sociedad Española de Medicina de Urgencias y Emergencias (SEMES) ($n = 16$). Hubo 6 participantes que no se presentaron a la prueba, por lo que la muestra final la componen 34 profesionales.

El análisis del movimiento se determinó mediante el sistema de SI STT-IBS iSen 3D Motion Analyser® (STT Systems). Estos SI están compuestos por un acelerómetro, un giroscopio y un magnetómetro, envueltos por una carcasa rígida (36 mm x 15 mm x 46,5 mm), con un peso total de 29 g, con una frecuencia de envío de 250 Hz, precisión estática (roll, pitch, yaw) $< 0,5^\circ$, precisión dinámica (roll, pitch, yaw) $< 1,5^\circ$ y latencia inferior a 0,004 seg. El SI determina la orientación angular obteniéndose los valores en los 3 ejes de coordenadas del espacio (X, Y y Z). La conexión se hizo mediante un sistema Bluetooth 2.0® a un ordenador al que se le colocó un adaptador de recepción de la señal iSen-Hub. Se seleccionó el modelo biomecánico de análisis de movimiento cervical. A la víctima simulada se le colocaron dos SI (Figura 12B y 12C): uno en la cabeza (zona superior) y otro en la espalda (entre C6 y C7).

Para el análisis estadístico los datos fueron exportados al programa Microsoft Excel® y analizados mediante el programa SPSS® Versión 21. Las variables

analizadas fueron: edad, sexo, años de experiencia profesional, años de experiencia profesional en emergencias, titulación y tiempo de realización de la maniobra. Todos los datos de los movimientos de los SI se generaron durante la adquisición de los movimientos de manera automática y en tiempo real. Los datos se exponen mediante la frecuencia, porcentaje, media, DE y rango. Se analizaron los movimientos de rotación, flexo-extensión y lateralización, utilizando la prueba t de Student para la comparación entre unos y otros movimientos. También se realizó el estudio de análisis de la varianza (ANOVA) de un factor para analizar diferencias entre grupos. Para evaluar la influencia de las distintas variables sobre los resultados obtenidos se llevó a cabo un análisis de covarianza. Se asumió que las diferencias eran estadísticamente significativas si $p < 0,05$.

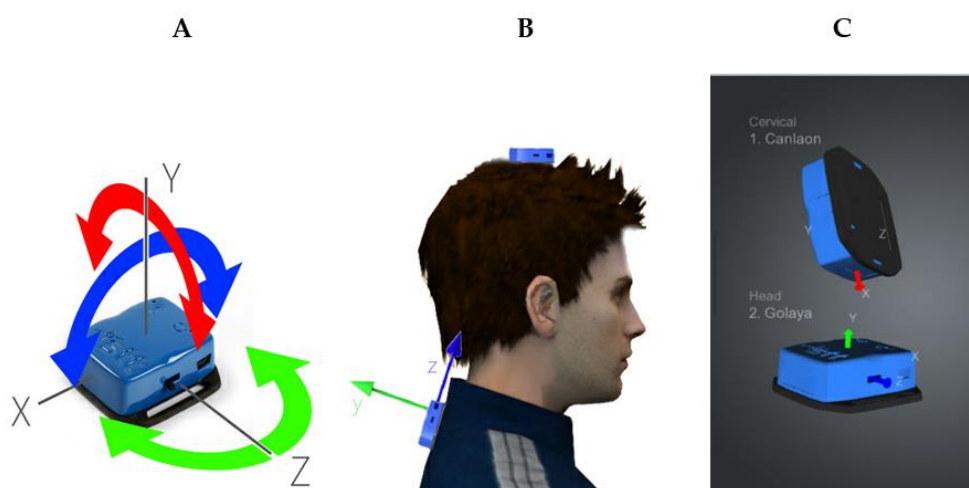


Figura 12. Imágenes de los ejes de coordenadas del Sistema Inercial (A), ubicación de los sensores (B) y enlace de los sensores (C). Fuente: elaboración propia.

4.3. RESULTADOS

La edad media de los participantes fue de 37 (DE 9) años y 23 (68%) fueron mujeres. La distribución por profesión mostró que un 42% (14/34) eran enfermeros y un 58% (20/34) médicos. La experiencia profesional media fue de 11 (DE 6) años, y la experiencia profesional en emergencias fue de 4 (DE 3) años. El tiempo medio de realización de la extracción fue de 70 (DE 4) seg. En la Figura 13 se muestran los

resultados globales para los tres ejes de movimiento estudiados. La rotación tuvo una posición media de $-2,74$ (DE $3,59$)°, con un rango de movimiento de 13 °.

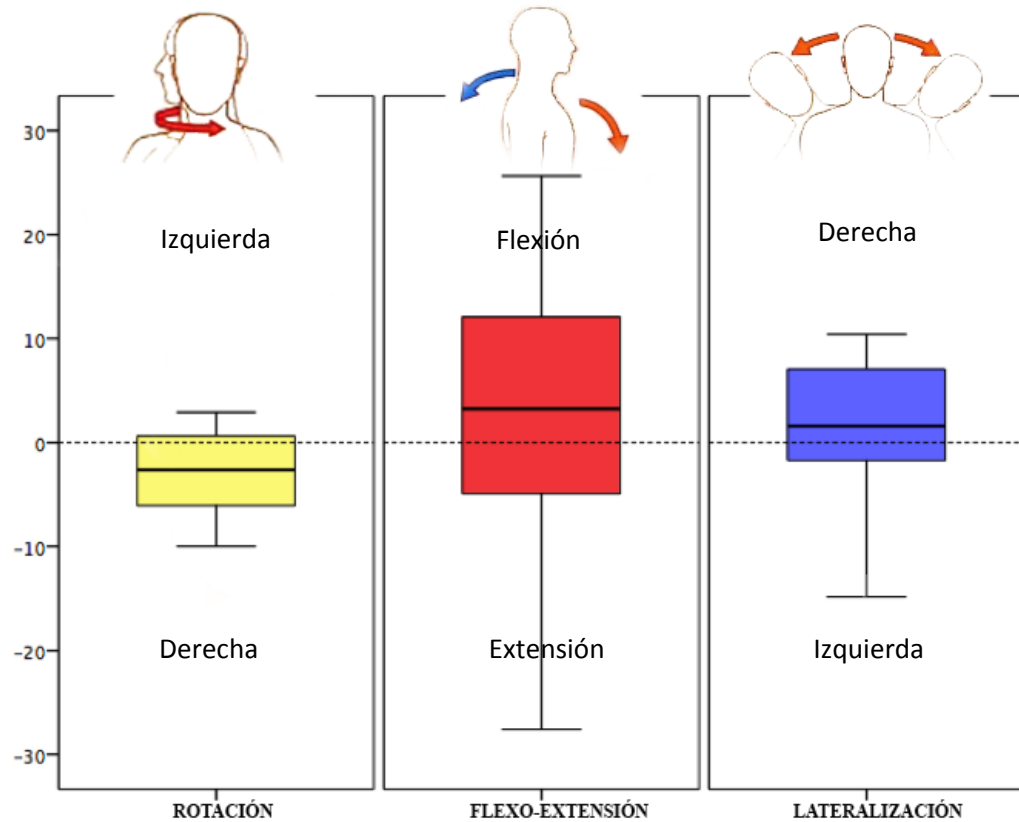


Figura 13. Resultados globales de los grados obtenidos en el análisis biomecánico para los tres movimientos estudiados. Fuente: elaboración propia.

El movimiento de rotación fue de $1,14$ (DE $0,82$)° para el lado izquierdo y de $3,30$ (DE $1,69$)° para el lado derecho (diferencia de medias $2,16$ (IC95%: $1,98$ - $2,34$ °; $p < 0,001$); lo que indica que la cabeza ha sido ligeramente rotada hacia el lado que está situado el profesional que sujeta la cabeza por dentro del casco.

La flexo-extensión tuvo una posición media de $1,62$ (DE $12,53$)°, con un rango de movimiento de 64 °. El movimiento de flexo-extensión fue de $9,82$ (DE $7,46$)° para la flexión y de $6,23$ (DE $6,86$)° para la extensión (diferencia de medias $3,59$ (IC95%: $2,99$ - $4,18$ °; $p < 0,001$); lo que indicaría que la cabeza ha tenido una mayor flexión que extensión.

La lateralización tuvo una posición media de 0,05 (DE 9,02)°, con un rango de movimiento de 33°. El movimiento de lateralización fue de 5,73 (DE 2,97)° para el lado izquierdo y de 5,62 (DE 8,22)° para el lado derecho (diferencia de medias 0,11 (IC95%: 0,41°-0,63°; $p = 0,678$); lo que indicaría que no hay diferencias entre ambos movimientos.

No se han determinado diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de movimiento y factores como sexo, edad, tiempo de realización de la maniobra o experiencia profesional, ya sea hospitalaria o específica en el área de emergencias prehospitalarias (Tabla 3).

Tabla 3. Comparación de resultados para cada uno de los dos grupos de profesionales.

Variable	Profesionales	Media	Desviación Estándar	Significación
Tiempo	Hospital	1'11"	4"	0,261
	UME	1'08"	3"	
Rotación	Hospital	2,88°	3,88°	0,737
	UME	2,6°	3,25°	
Flexo-Extensión	Hospital	2,44°	15,21°	0,794
	UME	0,73°	9,24°	
Lateralización	Hospital	0,05°	10,03°	0,794
	UME	-0,2°	8,66°	

Prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney. UME: Unidad Móvil de Emergencias.

Fuente: elaboración propia.

4.4. DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación han determinado que la maniobra para la extracción del casco de un motorista tiene una duración de 70 segundos. Hasta nuestro conocimiento, no existen datos en la bibliografía científica con respecto al tiempo de realización de esta técnica, por lo que no podemos comparar nuestros resultados con otros autores. Sería recomendable realizar estudios para la disminuir al máximo el tiempo hasta poder abrir la vía aérea una vez retirado el casco.

Otro resultado del estudio es que la flexoextensión es el movimiento con mayor rango, alcanzando los 64°, con una importante preponderancia de la flexión

sobre la extensión. La rotación de la cabeza ha sido ligeramente mayor hacia el lado derecho, con un rango de movimiento de 13°. La lateralización de la cabeza no ha tenido un lado hacia el que destaque, pero no hay que obviar que se han llegado a determinar hasta 33° de rango de movimiento. Aunque no existen datos precisos sobre los grados de desalineación durante la extracción, nuestros resultados avalan que el casco puede propiciar una dificultad en la alineación de la cabeza y favorecer la lesión secundaria de la médula espinal¹⁰⁶. Las medias de movimiento obtenido en nuestro estudio se asemejan a lo determinado por Dixon et al.⁷¹ en la extracción de pacientes de un vehículo o las de Gordillo et al.¹²⁰ en la colocación de dispositivos como el TE. Por tanto, no se debe subestimar el riesgo de lesión durante la extracción del casco en casos de sospecha de lesión cervical.

La limitación principal de nuestro estudio es que las simulaciones se llevaron a cabo con un actor sano sin inestabilidad cervical. Existen estudios, como el realizado por Prasarn et al.¹²¹, con cadáveres a los que se les realizó una inestabilidad quirúrgica en C5 y C6. Sus resultados no pueden ser comparados con los nuestros, ya que ellos realizaron la movilización con el casco puesto; sin embargo, en algunas de las técnicas utilizadas, el rango de movimiento es mayor y avararía aún más la necesidad de la retirada del casco antes de trasladar al paciente.

Los resultados de este estudio nos permiten concluir que durante la extracción del casco se produce una flexión de la cabeza a la vez que un cierto grado de rotación hacia el lado del profesional que sujeta la cabeza. Aunque no disponemos de datos clínicos, los amplios rangos de movimiento de flexo-extensión pueden resultar muy peligrosos para una paciente con inestabilidad cervical.

CAPÍTULO V.

ESTUDIO NÚMERO III

*Effect of training in advanced trauma life support
on the kinematics of the spine. A simulation study*

ESTUDIO III

Efecto de la formación en Soporte Vital Avanzado al trauma sobre la cinemática de la columna vertebral. Estudio de simulación

Effect of training in advanced trauma life support on the kinematics of the spine. A simulation study

[La versión plasmada de este artículo en esta tesis está traducida al castellano, aunque su versión original está publicada en inglés]

5.1. INTRODUCCIÓN

La LMT es una patología que produce alteraciones sensoriales, motoras o de la función autonómica y que afecta el bienestar físico, psicológico y social del paciente¹¹². La prevalencia global de esta patología se encuentra entre 236 y 1.009 casos por millón de habitantes¹¹³, lo que en la actualidad podría suponer que más de 7,5 millones de personas en todo el mundo estuvieran afectadas por esta condición.

Las directrices de inmovilización espinal prehospitalaria se han desarrollado para proteger la columna vertebral en casos de SLM hasta establecer un diagnóstico⁵⁵. Su objetivo es prevenir el movimiento adicional de la columna, para reducir el riesgo de complicaciones secundarias, y facilitar la liberación y el transporte⁵⁶. La inmovilización se logra mediante el uso de dispositivos y técnicas apropiadas de transferencia.

A pesar de las recomendaciones, existen estudios que indican que las técnicas de inmovilización no se realizan correctamente en gran número de casos. Adib-Hajbaghery et al.⁷² mostraron que la calidad de la inmovilización es insuficiente en el 95,8% de los casos, estando la misma significativamente relacionada con la falta de formación del personal de emergencias que la aplica. Este estudio, muestran que existe una asociación significativa entre la calidad de la atención prehospitalaria y el nivel de formación de los trabajadores de los servicios de emergencias.

Por todo ello se considera necesaria la implementación de un algoritmo de formación y evaluación basado en la evidencia. Hasta hace pocos años, había una importante dificultad a la hora de encontrar un sistema de medición sensible al movimiento de la columna vertebral. Los únicos métodos posibles eran las pruebas de diagnóstico para la imagen empleadas para explorar al paciente, pero no es factible utilizarlas para monitorizar el aprendizaje durante las técnicas de movilización⁴⁶. Sin embargo, hoy en día, con el alto desarrollo tecnológico, se puede monitorizar la cinemática de la columna vertebral, mediante el uso de sistemas de movimiento en 3D^{120,122}.

Por este motivo, se ha planteado este estudio con el objetivo de determinar experimentalmente el efecto de una formación de SVAT sobre la disminución de la desalineación de la columna vertebral al realizar diversas técnicas de movilización e inmovilización del paciente con sospecha de LMT.

5.2. MÉTODO

5.2.1 Diseño

Se llevó a cabo un estudio cuasiexperimental de simulación clínica, para determinar el efecto de una formación de SVAT realizada en la UCAM, con una duración de ocho meses. Este trabajo se realizó siguiendo las normas de la Declaración de Helsinki, fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad y a todos los participantes se les pidió la firma del consentimiento informado.

La valoración se hizo mediante la comparación de la desalineación previa a la formación (pre-test) y la desalineación posterior a la formación (post-test), durante la colocación de la CC y del TE.

5.2.2. Selección de la muestra

La población de estudio son los alumnos del Máster en Enfermería de Urgencias, Emergencias y Cuidados especiales de la UCAM (promoción 2015-2016). De los 35 alumnos del Máster, se incluyeron finalmente 32 que corresponde a un 91,42% del total. Todos los alumnos contaban con la titulación de Enfermero. El 8,57% de los alumnos que no participaron se debió a la no finalización del

estudio. La edad media de los participantes fue de $29,5 \pm 6,6$ años, siendo un 31,25% hombres y un 68,75% mujeres. Cada uno de los alumnos lideró una simulación, situándose a la cabeza del paciente y con la ayuda de otros dos alumnos seleccionados aleatoriamente del resto del grupo.

5.2.3 Formación en Soporte Vital Avanzado al Trauma (SVAT)

La formación analizada se engloba dentro del curso “*Soporte Vital Avanzado en Trauma*” (SVAT) perteneciente a la Sociedad Española de Medicina Intensiva, Crítica y Unidades Coronarias (SEMICYUC). La formación tiene una duración de 72 horas repartidas en 4 semanas (50 % teoría y un 50 % formación práctica). La formación impartida se dividió en diferentes clases, seminarios, talleres prácticos y sesiones de simulación clínica, en los cuales se trata: valoración primaria, valoración secundaria, los dispositivos de inmovilización, la movilización de pacientes politraumatizados, la coordinación del equipo sanitario, etc.

La materia impartida se dividió en diferentes seminarios, los cuales se describe a continuación:

Seminario I: Taller del paciente con politraumatismo I.

- › Movilización de pacientes politraumatizados.
 - a. Coordinación y establecimiento de roles en las maniobras de movilización de pacientes.
 - b. Movilización del paciente a posición neutra (decúbito supino).
 - c. Realización de puentes y otras maniobras de movilización de pacientes con posición neutra de columna.
- › Dispositivos de inmovilización.
 - a. Collarín cervical.
 - b. DEK.
 - c. Inmovilizador de cabeza.
 - d. TE y tabla corta.
 - e. CC.
 - f. Colchón de vacío.

Seminario II: Taller del paciente con politraumatismo II.

- › Retirada del casco.
 - a. Indicaciones y contraindicaciones de la retirada del casco.
 - b. Maniobras de retirada del casco en decúbito supino y prono.
- › Aplicación combinada de los dispositivos de inmovilización de la columna vertebral.
- › Transferencia desde atención prehospitalaria a atención hospitalaria del paciente con inmovilización de la columna vertebral.

Seminario III: Taller del paciente con politraumatismo III.

- Soporte vital avanzado del paciente atrapado.
- Valoración primaria, inmovilización, descargelación del paciente atrapado en un vehículo.

Seminario IV: Taller del paciente con politraumatismo III.

- Valoración secundaria.
- Coordinación del equipo sanitario, coordinación con Bomberos y Fuerzas de Orden Público

Seminario V: Taller de cuidados de enfermería en la sala de trauma de urgencias.

Durante el desarrollo de la asignatura hubo diversos talleres y sesiones de simulación para poner en práctica los conocimientos adquiridos y las competencias relacionadas con este tipo de pacientes.

5.2.4 Análisis cinemático

El estudio se realizó en el CIARD de la UCAM mediante el sistema de grabación Vicon 3D® (T-Series, Vicon Corp, USA) compuesto por 8 cámaras que graban de manera simultánea, a un voluntario sano, al que se le pusieron 39 marcadores. El sistema fue calibrado siguiendo las indicaciones del fabricante.

El objetivo de la simulación era colocar a un paciente con sospecha de LMT situado en decúbito supino, sobre una CC y sobre un TE (Figura 14). La reconstrucción digital del proceso permitió la determinación de la media de la desalineación encontrada entre el eje vertical y los ejes cabeza (E1), hombros (E2) y

pelvis (E3). En cada uno de los procesos se analizaron dos fases: para el TE, Fase 1 (rotación lateral para apoyar el tablero) y Fase 2 (colocación en el centro del dispositivo al paciente) y para la CC, Fase 1 (rotación lateral para colocar la primera parte de la CC) y Fase 2 (rotación lateral para colocar la segunda parte de la CC). Se calculó la DA ($DA = E1 + E2 + E3$) para cada una de las fases y la variable principal fue la DAT ($DAT = DA\text{-Fase 1} + DA\text{-Fase 2}$), para cada uno de los dispositivos.

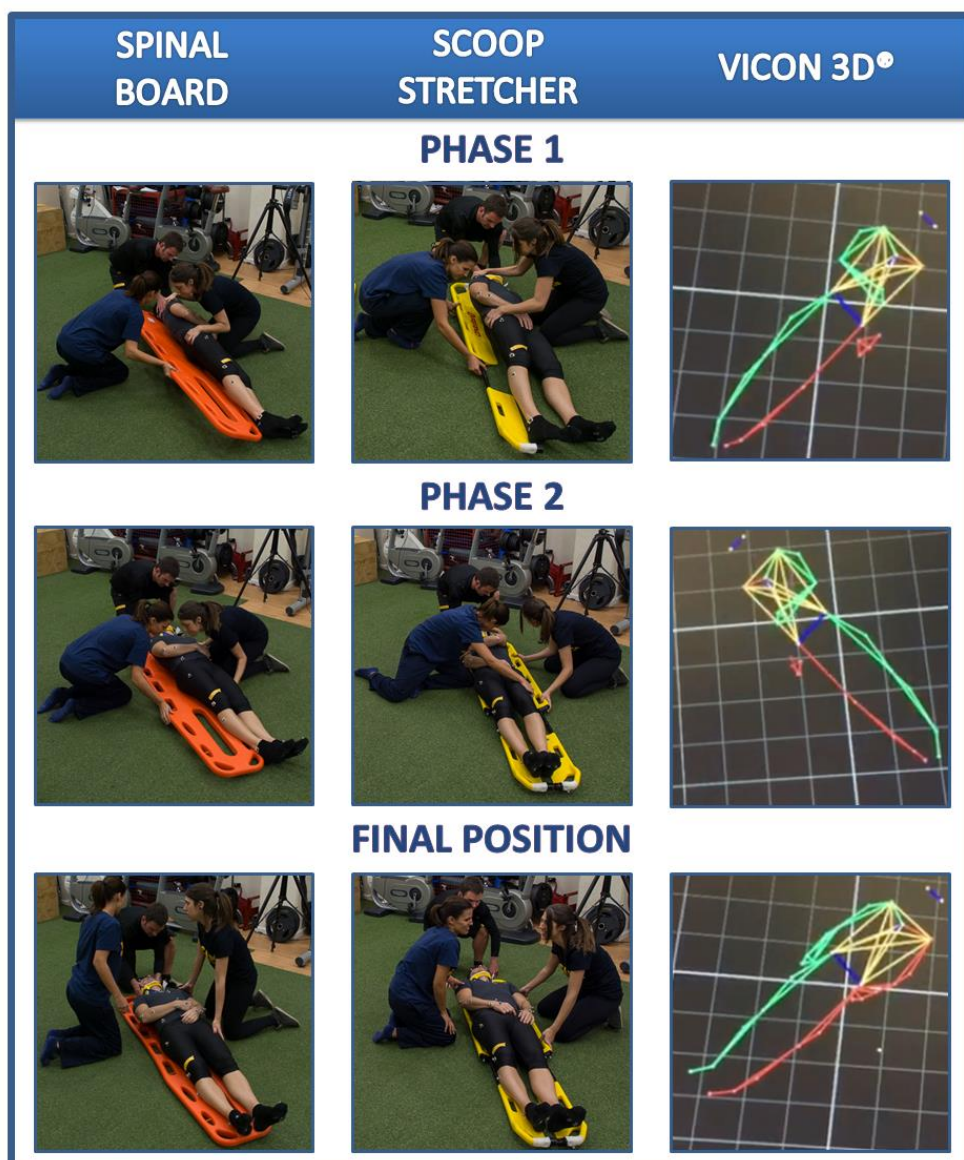


Figura 14. Imágenes de TE, CC y análisis con Vicon 3D®. Fuente: elaboración propia.

5.2.5. Análisis Estadístico

Los datos fueron recogidos mediante el programa Microsoft Excell® y analizados con el programa SPSS Statistics® V.21. Los resultados son expuestos mediante medias y desviaciones estándar. Las pruebas de normalidad se hicieron mediante el Test de Shapiro-Wilk. Para la comparación de los resultados pre-formación y post-formación del estudio se utilizó el Test de la T-Student para datos apareados. Se asumió que las diferencias eran estadísticamente significativas si $p \leq 0,05$.

5.3. RESULTADOS

La media de la DAT durante la realización de ambas maniobras, ha mostrado diferencias estadísticamente significativas entre la desalineación pre-test de $62,1^\circ \pm 25,9^\circ$ y desalineación post-test de $32,3^\circ \pm 10,0^\circ$ con una diferencia de medias de $29,7^\circ$ [(IC95% 22,8 – 36,6)°, (p=0,001)]. En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos en la comparación de la desalineación en el pre-test y post-test para cada uno de los dispositivos estudiados en cada uno de los ejes y fases.

Con respecto a la Fase 1, se ha obtenido una desalineación pre-test de $48,4^\circ \pm 23,2^\circ$ y una desalineación post-test de $19,6^\circ \pm 8,3^\circ$ con una diferencia de medias de $28,8^\circ$ [(IC95% 22,4 – 35,2)°, (p=0,001)]. En cuanto a la Fase 2, no hallamos diferencias estadísticamente significativas, produciéndose una desalineación pre-test de $13,6^\circ \pm 9,1^\circ$ y desalineación post-test de $12,7^\circ \pm 6,5^\circ$ con una diferencia de medias de $0,9^\circ$ [(IC95% 1,4 – 3,2)°, (p=0,443)].

Los resultados obtenidos para la DAT durante la colocación de la CC han mostrado una desalineación pre-test de $65,1^\circ \pm 28,7^\circ$ y una desalineación post-test de $33,2^\circ \pm 10,1^\circ$ con una diferencia de medias de $33,9^\circ$ [(IC95% 23,1 – 44,6)°, (p=0,001)]. Durante la colocación del TE, se ha obtenido desalineación pre-test de $59,0^\circ \pm 28,7^\circ$ y una desalineación post-test de $33,4^\circ \pm 10,0^\circ$ con una diferencia de medias de $25,6^\circ$ [(IC95% 16,6 – 34,6)°, (p=0,001)].

Tabla 4. Resultados de desalineación, antes y después del programa de SVAT para cada uno de los segmentos con ambos dispositivos.

EJE	Disposit.	Pre-Test	Post-Test	Diferencia de Medias	IC 95%		SIGNIFIC
					Inferior	Superior	
CABEZA (FASE 1)	CC	21.2	7.6	-13.6	8.8	18.4	0.001*
	TE	13.9	6.7	-7.2	4.4	9.9	0.001*
HOMBROS (FASE 1)	CC	20.0	6.9	-13.0	8.4	17.6	0.001*
	TE	16.0	6.5	-9.5	5.6	13.4	0.001*
CADERA (FASE 1)	CC	10.8	5.9	-4.9	1.5	8.3	0.006*
	TE	14.8	5.4	-9.4	5.0	13.9	0.001*
CABEZA (FASE 2)	CC	4.5	3.5	-1.1	0.5	2.6	0.189
	TE	5.4	5.4	0.1	2.1	2.0	0.949
HOMBROS (FASE 2)	CC	4.3	3.8	-0.5	1.1	2.0	0.534
	TE	4.6	3.8	-0.8	0.8	2.5	0.303
CADERA (FASE 2)	CC	4.2	3.5	-0.8	0.5	2.0	0.228
	TE	4.2	5.5	-1.3	3.4	0.6	0.233
TOTAL FASE 1	CC	52.0	20.5	-31.6	20.9	42.3	0.001*
	TE	44.8	18.6	-26.1	18.5	33.7	0.001*
TOTAL FASE 2	CC	13.1	10.8	-2.3	0.7	5.3	0.129
	TE	114.2	114.7	0.5	4.2	3.2	0.789
TOTAL	CC	65.1	31.2	-33.9	23.1	44.6	0.001*
	TE	559.0	333.4	-25.6	16.6	34.6	0.001*

Student's t-test: *: $p < 0.05$. CC: Camilla Cuchara; TE: Tablero Espinal. Fuente: elaboración propia.

5.4. DISCUSIÓN

Los hallazgos más importantes del presente estudio muestran en el pre-test un grado de movimiento significativamente alto ($62,1^\circ \pm 25,9^\circ$), teniendo en cuenta que el paciente simulaba sospecha de LMT. Estos resultados son similares a lo descrito por otros autores que señalan la importancia de la formación y entrenamiento, puesto que algunos profesionales prefieren usar técnicas de movilización que producen más desalineación⁶¹. Esto puede ser debido a que

carecen del conocimiento y pericia suficiente de los dispositivos y técnicas más recomendadas en la inmovilización de la columna vertebral.

Al comparar los resultados durante la aplicación de los dos dispositivos (CC y TE), observamos que existe una disminución de $29,7^\circ$ ($p=0,001$) en la desalineación de la columna vertebral producida después de la formación. La desalineación obtenida después de la formación es de casi la mitad de la producida al inicio. Nuestros resultados son muy similares a los obtenidos por Morrysey JF et al¹²³ que tras una formación en atención prehospitalaria en paramédicos, se redujo en un 58% el uso de técnicas de movilización desaconsejadas.

Cuando dividimos cada una de las maniobras en dos fases sólo encontramos diferencias estadísticamente significativas en la Fase 1 ($p=0,001$), mostrando una mejora en la desalineación de $31,6^\circ$ en la CC y $26,1^\circ$ al aplicar el TE. Nuestros resultados son congruentes con los de Gordillo et al.¹²⁰ que determinaron que la Fase 1 es el momento más crítico al colocar ambos dispositivos. Por tanto, los profesionales sanitarios deberían tener mayor cuidado en su realización. La diferencia entre las dos fases puede ser debida a que en la Fase 2 el movimiento generado es mucho menor puesto que ya está colocada una parte del dispositivo que ejerce un cierto grado de inmovilización.

Una vez realizada la formación en SVAT, mediante el uso de la CC se produce una desalineación de $33,2^\circ \pm 10,1^\circ$, mientras que en el TE, se produce una desalineación de $33,4^\circ \pm 10,0^\circ$. En un estudio con un grupo de expertos se pudo determinar que la CC producía menos desalineación que el TE¹²⁰, pero en nuestro estudio con enfermeros no expertos, no hemos podido obtener los mismos resultados. Los resultados sobre la manera de inmovilizar y trasladar a un paciente que se encuentra en decúbito supino, señalan que el TE aporta un grado de desalineación de $30-90^\circ$ de movimiento⁹¹. La formación ha provocado una mejora significativa en nuestra población de estudio, pero no ha llegado al nivel del grupo de expertos.

La principal limitación es que nuestro trabajo se hizo con un voluntario sano. Lo ideal sería poder tener datos de víctimas reales con LMT y una columna inestable, pero esto genera muchos problemas investigadores y controversias ético-legales. Por esta razón, los resultados de una revisión Cochrane señalaban que casi

todos los ensayos de sospecha de LMT son en situaciones de simulación⁶¹: con simuladores a escala real, voluntarios sanos o en cadáveres.

Los resultados de nuestro estudio, nos permiten concluir que los profesionales, que han recibido una formación SVAT, han producido una desalineación global significativamente menor de la columna vertebral. Por ello, consideramos necesaria la formación inicial y continuada de los profesionales de servicios de emergencias prehospitalarias. Además, sería recomendable que los estudios sobre evaluación de profesionales, alumnos, técnicas y/o dispositivos, utilizaran métodos objetivos de análisis cinemático de la columna vertebral.

CAPÍTULO VI.
RESUMEN Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO VI. RESUMEN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

6.1. RESULTADOS

6.1.1. Estudio 1

Los expertos que participaron en el estudio son el 71,43 % (10/14), del total de los expertos que hay seleccionados por la Gerencia de Urgencias y Emergencias 061 de la Región de Murcia para la formación de Atención Inicial al Trauma. Este grupo está formado por un 30 % (3/10) de médicos, 30 % (3/10) de enfermeros y un 50 % (5/10) de técnicos; el sexo de los profesionales expertos es: 10 % (1/10) femenino y 90 % (9/10) masculino.

Las mediciones de los profesionales expertos obtuvieron un CCI = 0,971 (IC 95%: 0,885-0,973) ($p < 0,001$). La DAT global durante la colocación de los dispositivos fue de 37,53° (DE: 14,15°), siendo de 31,08° (DE: 6,38°) para la CC y de 43,97° (DE: 7,97°) para el TE ($p = 0,048$).

La DA-Fase 1 global fue de 27,95° (DE: 13,55°), siendo de 23,94° (DE: 5,36°) para la CC y de 31,97° (DE: 17,98°) para el TE ($p = 0,005$). La DA-Fase 2 global fue de 9,57° (DE: 4,25), siendo de 7,14° (DE: 2,95°) para la CC y de 12,06° (DE: 4,03°) para el TE ($p = 0,028$).

6.1.2. Estudio 2

La edad media de los participantes fue de 37 (DE 9) años y 23 (68%) fueron mujeres. La distribución por profesión mostró que un 42% (14/34) eran enfermeros y un 58% (20/34) médicos. La experiencia profesional media fue de 11 (DE 6) años, y la experiencia profesional en emergencias fue de 4 (DE 3) años. El tiempo medio de realización de la extracción fue de 70 (DE 4) seg.

La rotación tuvo una posición media de -2,74 (DE 3,59)°, con un rango de movimiento de 13°. El movimiento de rotación fue de 1,14 (DE 0,82)° para el lado izquierdo y de 3,30 (DE 1,69)° para el lado derecho (diferencia de medias 2,16

(IC95%: 1,98°-2,34°; $p < 0,001$); lo que indica que la cabeza ha sido ligeramente rotada hacia el lado que está situado el profesional que sujeta la cabeza por dentro del casco.

La flexo-extensión tuvo una posición media de 1,62 (DE 12,53)°, con un rango de movimiento de 64°. El movimiento de flexo-extensión fue de 9,82 (DE 7,46)° para la flexión y de 6,23 (DE 6,86)° para la extensión (diferencia de medias 3,59 (IC95%: 2,99°-4,18°; $p < 0,001$); lo que indicaría que la cabeza ha tenido una mayor flexión que extensión.

La lateralización tuvo una posición media de 0,05 (DE 9,02)°, con un rango de movimiento de 33°. El movimiento de lateralización fue de 5,73 (DE 2,97)° para el lado izquierdo y de 5,62 (DE 8,22)° para el lado derecho (diferencia de medias 0,11 (IC95%: 0,41°-0,63°; $p = 0,678$); lo que indicaría que no hay diferencias entre ambos movimientos.

No se han determinado diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de movimiento y factores como sexo, edad, tiempo de realización de la maniobra o experiencia profesional, ya sea hospitalaria o específica en el área de emergencias prehospitalarias.

6.1.3. Estudio 3

La media de la DAT durante la realización de ambas maniobras, ha mostrado diferencias estadísticamente significativas entre la desalineación pre-test de $62,1^\circ \pm 25,9^\circ$ y desalineación pos-test de $32,3^\circ \pm 10,0^\circ$ con una diferencia de medias de $29,7^\circ$ [(IC95% 22,8 – 36,6)°, ($p=0,001$)].

Con respecto a la fase 1, se ha obtenido una desalineación pre-test de $48,4^\circ \pm 23,2^\circ$ y una desalineación post-test de $19,6^\circ \pm 8,3^\circ$ con una diferencia de medias de $28,8^\circ$ [(IC95% 22,4 – 35,2)°, ($p=0,001$)]. En cuanto a la fase 2, no hallamos diferencias estadísticamente significativas, produciéndose una desalineación pre-test de $13,6^\circ \pm 9,1^\circ$ y desalineación post-test de $12,7^\circ \pm 6,5^\circ$ con una diferencia de medias de $0,9^\circ$ [(IC95% 1,4 – 3,2)°, ($p=0,443$)].

Los resultados obtenidos para la DAT durante la colocación de la CC han mostrado una desalineación pre-test de $65,1^\circ \pm 28,7^\circ$ y una desalineación post-test de $33,2^\circ \pm 10,1^\circ$ con una diferencia de medias de $33,9^\circ$ [(IC95% 23,1 – 44,6)°,

($p=0,001$)]. Durante la colocación del TE, se ha obtenido desalineación pre-test de $59,0^\circ \pm 28,7^\circ$ y una desalineación post-test de $33,4^\circ \pm 10,0^\circ$ con una diferencia de medias de $25,6^\circ$ [(IC95% 16,6 – 34,6)°, ($p=0,001$)].

6.1.4. Comparación de resultados entre el Estudio 1 y el Estudio 3.

Los resultados obtenidos por el grupo de expertos se han comparado con los resultados obtenidos por el grupo de alumnos después de que hicieran la formación. No se han encontrado diferencia en las media de la desalineación producida en el total de las maniobras entre el grupo de expertos ($32,32 \pm 10,04$) y el grupo de alumnos ($37,53 \pm 14,15$), con una diferencia de medias $5,21^\circ$ [(IC95% 0,46 – 10,88)°, ($p=0,071$)]. La tabla 5 recoge la comparación de resultados entre el grupo de expertos y el grupo de alumnos.

Tabla 5. Comparación entre grupo de expertos y grupo de alumnos tras la formación.

EJE	EXPERTOS (n=10)		ALUMNOS (n=32)		Diferencia de medias	IC 95%		Signific.
	Md	De	Md	De		Inferior	Superior	
CABEZA (Fase 1)	13,23	7,09	7,16	4,48	6,07	3,41	8,73	0,001
HOMBROS (Fase 1)	9,96	7,85	6,74	5,09	3,22	0,24	6,20	0,034
CADERA (Fase 1)	4,75	1,50	5,66	3,56	0,90	0,73	2,54	0,273
CABEZA (Fase 2)	3,42	2,33	4,44	3,75	1,06	0,75	2,78	0,256
HOMBROS (Fase 2)	2,54	1,94	3,83	2,83	1,29	0,63	2,64	0,61
CADERA (Fase 2)	3,61	2,52	4,48	3,29	0,87	0,72	2,46	0,279
TOTAL FASE 1	27,95	13,55	19,56	8,30	8,39	3,41	13,37	0,001
TOTAL FASE 2	9,57	4,25	12,75	6,53	3,18	0,08	6,28	0,045
TOTAL	37,53	14,15	32,32	10,04	5,21	0,46	10,88	0,071

Fuente: Elaboración propia. MD: Media; DE: Desviación estándar

6.2. DISCUSIÓN GLOBAL DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

La inmovilización de la columna vertebral es una de las prioridades en la atención al paciente politraumatizado, después de haber solucionado el ABCD del paciente, y debe ser llevado a cabo de una manera sistemática. Sin embargo, aunque los dispositivos de inmovilización son generalmente eficaces en la limitación de movimiento de la columna vertebral, pueden estar asociados con una morbilidad importante (incomodidad, úlceras por presión y la restricción de la respiración) y el principal problema es que para su colocación se pueden generar movimientos no deseados o desalineación de los segmentos corporales. Además, algunos dispositivos no son apropiados en situaciones donde es necesaria una rápida liberación y el paciente debe ser evacuado mediante estabilización manual por parte de los rescatadores⁷⁶.

En los últimos años se ha intentado mejorar los dispositivos y las técnicas de inmovilización de pacientes con SLM. Los avances técnicos y los estudios van encaminados a mejorar la calidad y la seguridad en el manejo de este tipo de situaciones. Aun así, el resultado de un estudio sobre la inmovilización de 400 pacientes, concluyó que en más de 90% de los casos la calidad de la inmovilización era indeseable y, por lo tanto, los profesionales sanitarios prehospitalarios debían ser mejor formados⁷². Autores como Swartz et al.⁹² señalan la importancia del entrenamiento y la pericia en la realización de las diferentes técnicas y maniobras de movilización para prevenir las lesiones secundarias causadas por el manejo y transferencia de la víctima.

Uno de nuestros objetivos principales ha sido analizar el efecto de una formación en SVAT en los alumnos de Máster en Enfermería de Urgencias, Emergencias y Cuidados Especiales de la UCAM del curso 2015-2016. Al comparar los resultados globales durante la realización de las dos maniobras (CC y TE), antes y después de la formación, observamos que existe una disminución importante (29,74°) estadísticamente significativa ($p=0,001$) en la desalineación producida después de la formación. Estos datos determinan que los alumnos han realizado las maniobras de movilización de una manera más correcta que antes de recibir la formación, ya que se ha producido una desalineación global bastante menor de la columna vertebral.

Cuando dividimos cada una de las maniobras en sus dos fases, vemos que los datos muestran menor desalineación de la columna vertebral en ambas fases después de la formación, pero sólo encontramos diferencias estadísticamente significativas en la Fase 1, encontrando una desalineación $28,84^\circ$ menor tras la formación, alcanzando significación estadística ($p=0,001$). Esta diferencia entre las dos fases puede ser debida a que en la Fase 2 el movimiento generado es mucho menor puesto que ya está colocada una parte del dispositivo y éste puede que esté ejerciendo un cierto grado de inmovilización. En nuestros resultados hemos encontrado que de manera global, en la Fase 2, la diferencia de medias es de solamente $0,90^\circ$ y estos resultados no son estadísticamente significativos. Habría que señalar que una diferencia inferior a un grado es prácticamente nula, puesto que la traducción a la desalineación en el paciente es casi imperceptible. Por ello, podríamos afirmar que la Fase 1 es el momento más crítico a la hora de colocar ambos dispositivos y, por lo tanto, los profesionales sanitarios es donde deberían de tener mayor cuidado en su realización.

Otro de los aspectos que se ha analizado, ha sido la comparación de la desalineación generada para ambos dispositivos antes y después de la formación en SVAT, pudiendo determinar con nuestros datos una disminución de la desalineación de la columna tras la formación tanto cuando los alumnos usan la CC, como cuando usan el TE. En la CC se produce una mejoría en la movilización de $33,86^\circ$, mientras que en el TE, la técnica mejora en $25,61^\circ$. Con ambos dispositivos obtenemos una significación estadística muy alta ($p=0,001$). Con nuestros datos hemos podido determinar que la CC es un dispositivo que se beneficia más de la formación específica que el TE; quizás esto sea debido a que el TE es un dispositivo más básico y dónde hay menos margen de aprendizaje y que la CC es un dispositivo más complejo y, por lo tanto, requiere de un proceso de aprendizaje mayor para su colocación tanto cualitativa como cuantitativamente.

Por todo lo anteriormente expuesto, podemos afirmar que los resultados de nuestro estudio confirman la hipótesis planteada en cuanto a que las técnicas de movilización e inmovilización en pacientes con SLM mejoran tras una formación específica, siendo la CC el dispositivo que más se ve favorecido en la mejora de la realización de su técnica. Otros autores como Morrissey et al.¹²³ apoyan la afirmación de nuestra hipótesis al describir en su estudio con médicos y

paramédicos dedicados a las emergencias, que tras una formación específica en el ámbito de las emergencias extrahospitalarias, se produce una disminución significativa en el uso de técnicas inapropiadas para la movilización de los pacientes politraumatizados, así como la introducción y el manejo de métodos alternativos para mantener la correcta alineación de la columna vertebral.

Al describir las diferencias en los distintos ejes de movimiento de la columna vertebral en pacientes con SLM, hemos creído conveniente analizar las maniobras realizadas por los alumnos tras la formación en SVAT, descartando para este objetivo específico las maniobras realizadas antes de la formación por carecer de pericia y entrenamiento de las mismas. Para la determinación de la movilidad de la columna vertebral, hemos establecido 3 ejes básicos de movimiento distintos, siendo éstos los formados por cabeza, hombros y cadera. Si atendemos a los resultados globales, en la Fase 1, se obtiene una desalineación de $7,16^\circ \pm 4,50^\circ$ en el eje de la cabeza, mientras que en los hombros y en la cadera, la desalineación producida es de $6,74^\circ \pm 5,09^\circ$ y $5,66^\circ \pm 3,57^\circ$, respectivamente. En la Fase 2, la desalineación obtenida es de $4,44^\circ \pm 3,74^\circ$ en el eje de la cabeza, mientras que la desalineación producida es de $3,83^\circ \pm 0,66^\circ$ en los hombros y $4,48^\circ \pm 0,25^\circ$ en la cadera.

Nuestros resultados, son congruentes con un estudio retrospectivo de historias clínicas de 331 pacientes, realizado por Domeier et al.¹²⁴, en el que describen la distribución de la LMT como 29% cervical, 24% torácica, lumbar 37%, y 10% sacra. Además, en el mismo estudio se señala que gran parte de estas lesiones se producen durante la movilización y transferencia de la víctima, por lo que es de gran interés determinar qué secciones de la columna vertebral sufren más desalineación al aplicar los dispositivos de inmovilización y movilización^{76, 124}.

Si evaluamos los distintos ejes de movimiento establecidos según los dispositivos empleados, encontramos en la CC una desalineación mayor en el eje de la cabeza al analizar la Fase 1. Sin embargo, al analizar la Fase 2 en la realización de la maniobra de la colocación de la CC, la diferencia en la desalineación entre los tres ejes de movimiento es inapreciable. En el uso del TE, al analizar la Fase 1 volvemos a encontrar la mayor desalineación en el eje de la cabeza, mientras que en la Fase 2 no existe prácticamente diferencia entre la desalineación producida en los ejes de la cabeza y la cadera, siendo la región de los hombros la menos afectada.

Podemos describir también la desalineación producida en los distintos ejes de movimiento establecidos si analizamos los resultados obtenidos al estudiar al grupo de expertos. En la Fase 1, se obtiene una desalineación de $13,23^\circ \pm 7,09^\circ$ en el eje de la cabeza, mientras que en los hombros y en la cadera, la desalineación producida es de $9,97^\circ \pm 7,85^\circ$ y $4,75^\circ \pm 1,50^\circ$, respectivamente. En la Fase 2, la desalineación obtenida es de $3,42^\circ \pm 2,33^\circ$ en el eje de la cabeza, mientras que la desalineación producida es de $2,54^\circ \pm 1,94^\circ$ en los hombros y $3,61^\circ \pm 2,50^\circ$ en la cadera. De este modo, también podemos comprobar que en la Fase 1, se confirma una desalineación mayor en el eje formado por la cabeza, seguida de los hombros y, por último, la cadera. Sin embargo, al analizar la Fase 2, encontramos una desalineación mayor en la cadera. Haciendo una distinción según el dispositivo empleado en este grupo de expertos, la cabeza continúa siendo la región más afectada, seguida de los hombros y la cadera al estudiar la Fase 1 del movimiento. En cuanto a la Fase 2, al aplicar el dispositivo de la CC no encontramos diferencias apreciables en cuanto al eje con más desalineación. Al aplicar el TE en un grupo de expertos, encontramos que las regiones más afectadas de desalineación son la cadera y la cabeza en la Fase 2 de la maniobra.

Tras la obtención de estos resultados, podemos afirmar que el eje de movimiento en el que se produce una mayor desalineación y, por tanto, el eje de movimiento más peligroso a la hora de movilizar a un paciente con sospecha de LMT es el eje de la cabeza, seguido de los hombros. Pickett et al.¹² ya observaron en un centro de atención terciaria canadiense que la región de la columna más frecuentemente afectada por la LMT es la cervical y describen que la LMT cervical representa entre el 50 y el 75% de este tipo de lesiones en diversos países desarrollados del mundo. El eje formado por la cadera es el eje de movimiento que menos desalineación produce en el uso de estos dispositivos ($4,75^\circ$). Este hecho se puede deber a que el eje formado por la cadera presenta una morfología con menos movilidad que el de la cabeza y los hombros. A pesar de esto, comprobamos que el eje de la cadera también sufre alteraciones de movimiento, incluso en la Fase 2 de colocación al paciente en el centro del dispositivo resulta ser en algunos casos la parte que sufre más movilidad. Por este motivo hemos creído importante introducirlo en nuestro estudio, a diferencia de otros estudios realizados anteriormente en los que este eje no era evaluado^{74,88,89}.

Se estima que alrededor de un 25% de las LMT están causadas por una inmovilización inadecuada de la víctima después del accidente inicial y, por tanto, se pueden prevenir. Hasta el momento, la base para efectuar las maniobras de inmovilización y movilización durante la atención extrahospitalaria es pobre, y dichas técnicas han evolucionado a través del pragmatismo de otros profesionales, convirtiéndolas en técnicas ritualizadas. Son muy pocos los ensayos clínicos controlados que hayan utilizado como objeto de estudio la prevención en la LMT⁷¹. Es por este motivo, que otro de los objetivos que se pretende en nuestro estudio es determinar las diferencias de desalineación de la columna vertebral al realizar diferentes técnicas de movilización e inmovilización en pacientes politraumatizados. Como técnicas a analizar hemos elegido las utilizadas al aplicar los dispositivos de nuestro estudio (CC vs. TE), ya que son los dispositivos más comúnmente empleados en nuestro ámbito y que están presentes en las unidades de emergencias extrahospitalarias de España. En este punto de la investigación, de nuevo hemos creído conveniente analizar las maniobras realizadas por los alumnos tras la formación en SVAT, descartando para este objetivo las maniobras realizadas antes de la formación por carecer de pericia y entrenamiento de las mismas. Del mismo modo, también se han analizado las diferencias encontradas en un grupo de expertos en emergencias extrahospitalarias en función del dispositivo aplicado.

Con respecto a la comparación de ambos dispositivos después de la formación, encontramos diferencias aunque éstas no son estadísticamente significativas (para un IC del 95%). Tras el análisis de los resultados, observamos que el TE produce una desalineación 2,13° mayor que la CC ($p=0,400$). Por tanto, en este grupo de alumnos, no podemos obtener resultados concluyentes sobre qué dispositivo sería el más idóneo a la hora de movilizar a un paciente con sospecha de LMT.

Sin embargo, al analizar los resultados obtenidos en el grupo de expertos, sí obtenemos diferencias estadísticamente significativas al comparar la desalineación producida con ambos dispositivos. Nuestros resultados muestran que la colocación de la CC provoca menos desalineación global que la desalineación provocada por el TE (31,08° vs. 43,97°, respectivamente), cuando estas técnicas son realizadas por expertos. Como era previsible, los ejes que tienen más rango de movimiento (cabeza y hombro) son en los que se han determinado mayores desalineaciones

entre los dispositivos, tal y como se ha descrito previamente¹². Nuestros datos han podido describir que la Fase 1 de ambas técnicas provoca mayor movimiento que la Fase 2, aunque cuando comparamos estas diferencias entre los dos dispositivos del estudio, solamente hemos encontrado puntuales diferencias estadísticamente significativas a favor del uso de la CC (Fase 2 en el eje de la cabeza y Fase 1 en el eje de cadera).

A partir de estos resultados, podemos confirmar la hipótesis inicial de que la técnica de colocación de la CC es la idónea para movilizar a un paciente con sospecha de LMT, que requiere inmovilización de columna, puesto que disminuye la desalineación con respecto al TE, cuando los dispositivos son correctamente empleados por personal experto y con experiencia en las emergencias extrahospitalarias.

Este hecho apoya las evidencias encontrados en otros estudios como el realizado por la Universidad de Washington por Shafer et al.⁷⁴, en el que se comprobó que el uso del TE en la extricación de una víctima modelo que no precisa de inmovilización total para la extracción de un vehículo, puede producir más desalineación de la columna vertebral que si les permitimos moverse por ellos mismos. Estos resultados altamente paradójicos deben de ser tenidos en cuenta con mucha cautela y quizás habría que esperar a que estudios posteriores confirmen los mismos resultados. Aun así, desde hace algunos años las líneas de investigación han comenzado a estudiar los efectos indeseados de los dispositivos de inmovilización, siendo esta una parte de la justificación de la elección de nuestro objeto de estudio.

Recientemente, el Servicio Nacional Noruego de Traumatología encargó a un cuerpo docente que proporcionara una guía nacional para la estabilización espinal prehospitalaria¹²⁵. Este trabajo se basa en una revisión sistemática de la literatura disponible y un proceso de consenso estandarizado. Apoyando nuestros resultados obtenidos, una de las recomendaciones resaltadas en este estudio es que la transferencia desde el suelo o entre distintas camillas debe realizarse usando una camilla de cuchara. Indica que la técnica del volteo puede generar movimientos espinales inadecuados y debe evitarse en favor de técnicas alternativas, afirmando que como la cabeza y la pelvis son de diferentes diámetros, el movimiento espinal es inherente a la técnica, y varios estudios han demostrado cómo el volteo de tronco

genera más movimiento que las técnicas alternativas fácilmente disponibles como las técnicas de elevación y deslizamiento o aplicación del dispositivo de cuchara^{87,90,126-130}. Como la camilla de cuchara se divide verticalmente y luego se monta de nuevo debajo del paciente, la transferencia requiere un volteo mínimo o nulo⁶⁷. Se ha demostrado que la estabilización y la comodidad son comparables o mejores que las del TE clásico^{108,126,131}.

Nuestro trabajo se hizo con un voluntario sano, lo ideal sería poder tener datos de víctimas reales con LMT y una columna inestable, pero esto genera una gran cantidad de problemas investigadores y controversias ético-legales. En un estudio realizado en la Universidad de Florida⁹¹, en el que se analizaron distintas técnicas de movilización a un cadáver al que se le había provocado una inestabilidad de la columna vertebral, se pudo determinar un aumento de la gravedad de la lesión de la columna cervical. Éste se correspondió con un aumento en la cantidad de movimiento producido durante la ejecución de las técnicas de transferencia al TE, siendo el método del volteo durante la aplicación del TE la maniobra que más desalineación de la columna vertebral produjo con respecto a las otras técnicas (incluida la CC) cuando la víctima se encuentra en decúbito supino. Este estudio apoya que la CC funciona muy bien en superficies duras y planas, pero tiene una tendencia a unirse cuando se utiliza en una superficie suave o desigual. Por esta razón, no recomienda que se utilice en un terreno desigual o cuando un paciente sea trasladado a una cama. En este trabajo también se señala el problema surgido cuando el paciente llega al servicio de urgencias, ya que debe ser retirado del TE (tan pronto como sea posible). Sin embargo, la retirada del mismo es a menudo pasada por alto o retrasada durante el tratamiento inicial de los pacientes con traumatismos. Incluso en voluntarios sanos, la perfusión tisular en la zona sacra se ve afectada negativamente en tan sólo 30 minutos en un TE.

Los resultados de esta investigación han determinado que la maniobra para la extracción del casco de un motorista tiene una duración de 1 minuto y 10 segundos. Hasta nuestro conocimiento, no existen datos en la bibliografía científica con respecto al tiempo de realización de esta técnica, por lo que no podemos comparar nuestros resultados con otros autores. Sería recomendable realizar estudios para la disminuir al máximo el tiempo hasta poder abrir la vía aérea una vez retirado el casco.

Otro resultado del estudio es que la flexo-extensión es el movimiento con mayor rango de movimiento, alcanzando los 64°, con una importante preponderancia de la flexión sobre la extensión. La rotación de la cabeza ha sido ligeramente mayor hacia el lado derecho, con un rango de movimiento de 13°. La lateralización de la cabeza no ha tenido un lado hacia el que destaque, pero no hay que obviar que se han llegado a determinar hasta 33° de rango de movimiento. Aunque no existen datos precisos sobre los grados de desalineación durante la extracción, nuestros resultados avalan que el casco puede propiciar una dificultad en la alineación de la cabeza y favorecer la lesión secundaria de la médula espinal¹⁰⁶. Las medias de movimiento obtenido en nuestro estudio se asemejan a lo determinado por Dixon et al.⁷¹ en la extracción de pacientes de un vehículo o a las de nuestro estudio en la colocación de dispositivos como el TE. Por tanto, no se debe subestimar el riesgo de lesión durante la extracción del casco en casos de sospecha de lesión cervical.

Otro objetivo planteado en nuestro estudio, para corroborar que es necesaria una formación específica en el ámbito de las emergencias extrahospitalarias, así como para determinar la calidad de una formación en SVAT, es la comparación de los resultados obtenidos por el grupo de expertos con el grupo de alumnos tras recibir una formación específica. No se han encontrado diferencias en la media de la desalineación producida en el total de las maniobras entre el grupo de expertos con una diferencia de medias 5,21° ($p=0,071$). Sin embargo, sí encontramos diferencias significativas al analizar la fase 1, en la que encontramos una desalineación menor de 8,39° ($p=0,001$) cuando las técnicas de movilización son aplicadas por los alumnos formados en la materia. También encontramos diferencias significativas si analizamos los distintos ejes de movimiento, encontrando que los alumnos aplican las técnicas de movilización de una manera más correcta que el grupo de expertos, disminuyendo la desalineación producida en el eje formado por la cabeza en 6,07° ($p=0,001$) y en el eje formado por los hombros, 3,22° ($p=0,034$).

Kwan et al.⁶¹ sugieren en su revisión Cochrane que las lesiones iatrogénicas de la médula espinal podrían reducirse con una formación de los profesionales, mejorando las maniobras de inmovilización. Para algunos pacientes, la inmovilización espinal es eficaz y puede ser vital para prevenir los efectos

devastadores del daño de la médula. Sin embargo, para muchos, el uso excesivo de esta precaución o la movilización incorrecta puede no ser beneficiosa o necesaria.

Consideramos imprescindible resaltar, tras la evaluación de nuestros objetivos, la necesidad de una formación continuada en las profesiones sanitarias y, en este caso, en la atención extrahospitalaria. Ciertos estudios apoyan la teoría de que algunos profesionales prefieren usar técnicas de movilización que producen más desalineación de la columna vertebral, ya que no están entrenados o carecen de los conocimientos suficientes para la aplicación de técnicas más recomendadas⁶¹.

Hasta el momento, la valoración de la calidad de las maniobras se hacía en base a criterios subjetivos, pero debido a los avances tecnológicos se está investigando sobre métodos para determinar el movimiento de la columna vertebral mediante sistemas digitales⁴⁶. Los sistemas digitales de análisis biomecánico están permitiendo la evaluación de las técnicas y dispositivos utilizados en situaciones de simulación clínica con pacientes con sospecha de LMT, con unos datos de fiabilidad en nuestro estudio muy buenos (CCI = 0,971).

La comparación entre los diversos dispositivos y técnicas para inmovilizar la columna cervical después de un traumatismo requiere métodos complejos de evaluación del movimiento en situaciones estáticas, dinámicas, de simulación y de ensayo clínico. Ninguno de los sistemas actuales es perfecto y permanece la controversia sobre la mejor manera de llevar a cabo una evaluación sistemática. La tecnología de rastreo electromagnético se establece como el enfoque de laboratorio preferido y más fiable, junto a los estudios biomecánicos. Sin embargo, la medición electromagnética puede ser menos útil en entornos simulados y clínicos como resultado de la interferencia causada por la proximidad de metal. Por lo tanto, la identificación de protocolos fiables y válidos y las tecnologías para medir las alteraciones del movimiento son una prioridad para la investigación futura. Esto, a su vez, facilitaría la comparación de los diferentes dispositivos y técnicas para la inmovilización de columna en pacientes politraumatizados, mejorando así las futuras normas de atención clínica⁴⁶. Debido a la falta de ensayos controlados aleatorios, cuantificar el efecto de la inmovilización espinal en pacientes traumatizados y los posibles efectos adversos de su aplicación, el valor de la inmovilización espinal rutinaria en el medio prehospitalario, sigue siendo incierto⁶¹.

Brinke et al.¹³², en su estudio realizado con paramédicos, resalta de nuevo que la mayoría de los pacientes con trauma cerrado no tienen una fractura de columna, lo que significa que muchos pacientes se inmovilizan innecesariamente, pudiendo causar un problema tanto para el paciente como para el profesional de emergencias, produciendo llagas por presión, compromiso de la respiración, elevación de la presión intracraneal, obstaculizando el manejo de la vía aérea y consumiendo tiempo. Concluyen que los paramédicos pueden predecir la presencia de fractura espinal con un bajo grado de precisión.

A pesar de que en España suelen ser los facultativos médicos quienes seleccionan el dispositivo, la técnica de inmovilización y transferencia a usar con los pacientes, consideramos de vital importancia que los enfermeros y el resto de profesionales sanitarios que se dedican al ámbito de las emergencias prehospitalarias posean los conocimientos y el entrenamiento en las distintas técnicas. En el 2012 se publicó un Real Decreto 836/2012, de 25 de mayo, por el que se establecían las características técnicas, el equipamiento sanitario y la dotación de personal de los vehículos de transporte sanitario por carretera¹³³. Este Real Decreto conllevó a que la dotación mínima de una ambulancia tipo C fuera de un conductor/técnico en emergencias y una enfermera. Por lo tanto, esta nueva normativa, también atribuye a la Enfermería la capacidad y responsabilidad legal sobre qué dispositivos y maniobras usar ante un paciente que requiere inmovilización de columna vertebral puesto que en algunas circunstancias la unidad de Soporte Vital Avanzado que acuda al lugar del accidente o asistencia sanitaria, no disponga de un Médico¹³⁴.

CAPÍTULO VII.
CONCLUSIONES

CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES

7.1. CONCLUSIONES DERIVADAS DEL ESTUDIO N°1:

La colocación de la CC provoca menos desalineación que el TE cuando es aplicado por profesionales en una situación simulada. Al efectuar las técnicas de movilización aplicando los distintos dispositivos del eje de movimiento en el que se produce una mayor desalineación y, por tanto, el eje de movimiento más crítico, a la hora de movilizar a un paciente con sospecha de LMT, es el eje de la cabeza, seguido de los hombros en la Fase 1 de la maniobra. Sin embargo, en la Fase 2 de la movilización, entre los ejes más críticos son la cabeza y la cadera.

7.2. CONCLUSIONES DERIVADAS DEL ESTUDIO N°2:

Durante la extracción del casco se produce una flexión de la cabeza a la vez que un cierto grado de rotación hacia el lado del profesional que sujeta la cabeza. Aunque no disponemos de datos clínicos, los amplios rangos de movimiento de flexo-extensión pueden resultar muy peligrosos para una paciente con inestabilidad cervical.

7.3. CONCLUSIONES DERIVADAS DEL ESTUDIO N°3:

Los profesionales, que han recibido una formación en SVAT, han producido una desalineación global significativamente menor de la columna vertebral. Por ello, consideramos necesaria la formación inicial y continuada de los profesionales de servicios de emergencias prehospitalarias. Además, sería recomendable que los estudios sobre evaluación de profesionales, alumnos, técnicas y/o dispositivos, utilizaran métodos objetivos de análisis cinemático de la columna vertebral.

No se han encontrado diferencias en la desalineación producida en la realización de las maniobras entre el grupo de expertos y el grupo de alumnos que ha realizado una formación en SVAT, lo que indicaría que la formación ha permitido que los alumnos realizaran las técnicas de manera similar al grupo de expertos.

CAPÍTULO VIII.
APLICACIONES PRÁCTICAS

CAPÍTULO VIII. APLICACIONES PRÁCTICAS

La importancia de este proyecto de investigación radica en la necesidad en la mejora de la calidad de las técnicas de movilización en pacientes con SLM. La inmovilización de la columna vertebral es una de las prioridades en la atención al paciente politraumatizado, después de haber solucionado el ABCD del paciente, y debe ser llevado a cabo de una manera sistemática.

En los últimos años se ha intentado mejorar los dispositivos y las técnicas de inmovilización de pacientes con SLM. La base para efectuar las maniobras de inmovilización y movilización durante la atención extrahospitalaria es pobre, y dichas técnicas han evolucionado a través del pragmatismo de otros profesionales, convirtiéndolas en técnicas ritualizadas. Son muy pocos los ensayos clínicos controlados que hayan utilizado como objeto de estudio la prevención en la LMT. Es por este motivo, que uno de los objetivos que pretende nuestro estudio es determinar las diferencias de desalineación de la columna vertebral al realizar diferentes técnicas de movilización e inmovilización en pacientes politraumatizados, para conocer la efectividad de dichas técnicas.

Recibiendo una formación específica en el ámbito de las emergencias extrahospitalarias pretendemos que se produzca una disminución significativa en el uso de técnicas inapropiadas para la transferencia de los pacientes politraumatizados, así como la introducción y el manejo de métodos alternativos para mantener la correcta alineación de la columna vertebral y conseguir una movilización de calidad.

CAPÍTULO IX.
LIMITACIONES

CAPÍTULO IX. LIMITACIONES

9.1. ESTUDIO N°1

La principal dificultad que hemos encontrado en este estudio ha sido la parte técnica del experimento puesto que el sistema de grabación de captura de movimiento empleado presenta grandes limitaciones, ya que requiere de unas condiciones de calibración y ajuste del sistema muy complejos. Al ser un sistema que funciona con captura de sensores reflectantes, el lugar donde se realiza la grabación debe carecer de cualquier material reflectante. Es por este motivo que se necesitó un laboratorio en exclusividad para nuestro experimento durante la duración del mismo, así como una indumentaria de los sujetos de estudio apropiada. El material empleado también precisó de una preparación exhaustiva para eliminar y cubrir cualquier elemento que pudiera reconocer las cámaras. El tiempo de preparación del material y el laboratorio han supuesto gran aporte de tiempo y dedicación por parte de todo el equipo (al menos una hora de preparación y calibración). Debido a las condiciones lumínicas y ambientales requeridas para el uso de este sistema, nos ha sido imposible trasladar el sistema de grabación a distintos lugares y situaciones, por lo que nuestro experimento se ha realizado en todo momento en el mismo laboratorio. El hecho de que este sistema sólo se pueda usar bajo unas condiciones de laboratorio tan controladas hace que las maniobras empleadas se hayan efectuado con un bajo nivel de simulación.

Otra limitación es la valoración de sólo los ejes en el plano coronal, ya que por la posición inicial de nuestro paciente y el trabajo de los profesionales alrededor de la víctima, no es posible determinar datos en el plano transversal ni en el sagital ya que se perdían algunas referencias colocadas en nuestra víctima y eso provocaba la imposibilidad de trazar los ejes en el resto de planos del espacio. Aun así, nuestro diseño ha permitido obtener datos del eje de la cadera, hecho que no ocurre en la mayoría de las publicaciones científicas que centran su atención en la cabeza, cuello y hombros. Sería recomendable para futuras investigaciones, realizar un experimento similar utilizando diferentes sistemas de captura de movimiento.

9.2. ESTUDIO N°2

La limitación principal de este estudio es que las simulaciones se llevaron a cabo con un actor sano sin inestabilidad cervical. Existen estudios, como el realizado por Prasarn et al.¹²¹, con cadáveres a los que se les realizó una inestabilidad quirúrgica en C5 y C6. Sus resultados no pueden ser comparados con los nuestros, ya que ellos realizaron la movilización con el casco puesto; sin embargo, en algunas de las técnicas utilizadas, el rango de movimiento es mayor y avalaría aún más la necesidad de la retirada del casco antes de trasladar al paciente.

9.3. ESTUDIO N°3

El hecho de encontrarnos ante una muestra controlada con los alumnos del Máster, nos impide conocer lo que hubiera pasado con otros profesionales sanitarios distintos a los enfermeros. Además, sería conveniente para futuras investigaciones contar con una muestra mayor.

9.4. OTRAS LIMITACIONES GLOBALES

Para estudiar la movilización en pacientes con sospecha de LMT sería recomendable hacerlo en situaciones reales y no con simulación. Éticamente genera una gran cantidad de dilemas el hecho de retrasar la asistencia a un paciente con un pronóstico aún dudoso, sospecha de LMT y/o un estado crítico o pseudocrítico derivado del traumatismo, por lo que no sería fácil conseguir la aprobación de un comité de ética ya que lo prioritario en una situación así sería la atención sanitaria del paciente, por lo que es complicado analizarlo en una situación real. Por esta razón, casi todos los ensayos de este tipo son en situaciones de simulación^{71,90,91} y no existen ensayos controlados aleatorizados que comparen el efecto de las estrategias de inmovilización espinal en pacientes traumatizados. A pesar de este motivo, la evidencia científica sobre la investigación con simulación clínica muestra buenos resultados a la hora de aplicarla, posteriormente, a los pacientes reales¹³⁵⁻¹³⁹.

El uso de los dispositivos también debería estudiarse en situaciones especiales tales como bebés, niños, embarazadas, personas muy delgadas, muy obesas o personas muy altas. Del mismo modo sería interesante para próximas

investigaciones de este tipo analizar diferentes variables subjetivas, por parte del paciente, como pueden ser dolor provocado por las maniobras, sensación de mareo al aplicar los dispositivos, enrojecimiento cutáneo y otras lesiones en la piel.

CAPÍTULO X.
LÍNEAS FUTURAS DE
INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO X. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

A pesar de las evidencias encontradas para el paciente en decúbito supino, ante un paciente hallado en decúbito prono, el método de elección para la transferencia de la víctima es la aplicación del volteo en el TE⁹¹, por lo que sería interesante ampliar nuestro estudio a víctimas que se encuentran en diferentes posiciones anatómicas y también determinar la desalineación no solamente en la colocación del dispositivo sino también en su retirada. La figura 15 muestra el esquema de la secuencia descrita por Conrad et al.⁹¹ del recorrido para un paciente que sufre una lesión traumática de la columna vertebral desde su asistencia inicial y retirada de equipación (retirada de caso, ropa, etc.), estabilización, traslado y finalmente las fases de diagnóstico y tratamiento dentro del hospital (transferencias dentro del servicio de diagnóstico por imagen y/o transferencias en el quirófano). Aunque cada paso de esta secuencia no puede aplicarse a todos los pacientes, existen numerosas maniobras necesarias para el manejo de estos pacientes. Cada paso de esta secuencia presenta un riesgo de lesión neurológica secundaria.

Otros estudios realizados para evaluar la inestabilidad cervical y lumbar en tres cadáveres a través de sensores electromagnéticos fijados a los segmentos C5-6 y T12-L2, son aún más concluyentes, e indican que la movilidad producida por la técnica del volteo en comparación con la elevación del paciente y deslizamiento del tablero por debajo es excesivo, por lo que sus autores aconsejan el uso de este último procedimiento para el traslado de pacientes con SLM y consideran inaceptable el uso de la aplicación del TE mediante la técnica del volteo⁹⁰. El hecho de que otros estudios apoyen el uso de la técnica de elevación de la víctima por los rescatadores para colocarla sobre el dispositivo del TE⁸⁷, nos hace pensar que ante futuras investigaciones, sería interesante ampliar el análisis de otras técnicas o maniobras descritas en otros estudios, diferentes a la aplicación del TE mediante el volteo o la CC.

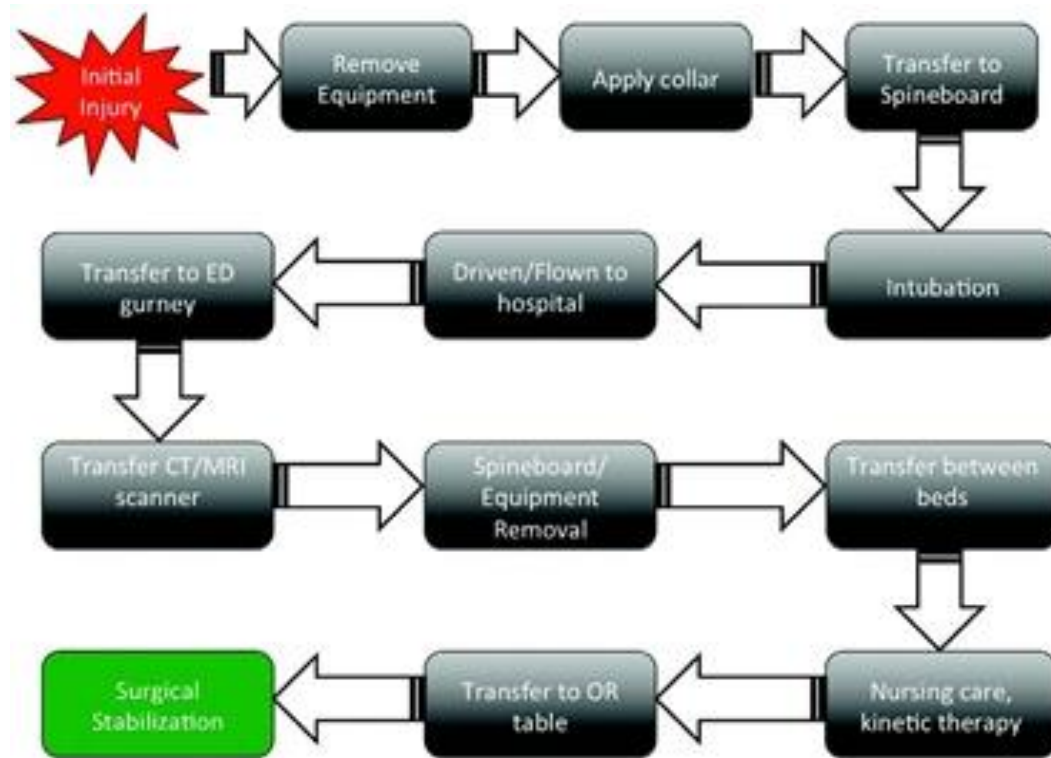


Figura 15. Secuencia del recorrido del paciente con SLM ⁹¹

Siguiendo el ejemplo de múltiples estudios realizados actualmente, como el de Del Rossi et al.¹⁴⁰ al evaluar la posición lateral de seguridad, creemos que podría ser relevante para la comunidad científica usar un modelo de cadáver para nuestra línea de investigación, pudiendo evaluar cómo la columna cervical desestabilizada reacciona o cambia durante la ejecución de las distintas técnicas de movilización del paciente con SLM. Es decir, mediante el uso de cadáveres nos planteamos crear artificialmente una situación más representativa. De este modo, colocando directamente los sistemas de captura de movimiento sobre los segmentos vertebrales, se nos permitiría evaluar la calidad y la cantidad de movilización de las vértebras.

CAPÍTULO XI.
REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jazayeri SB, Beygi S, Shokraneh F, Hagen EM, Rahimi-Movaghar V. Incidence of traumatic spinal cord injury worldwide: a systematic review. *Eur Spine J* 2015;24(5):905-18.
2. Chiu WT, Lin HC, Lam C, Chu SF, Chiang YH, Tsai SH. Review Paper: Epidemiology of Traumatic Spinal Cord Injury: Comparisons Between Developed and Developing Countries. *Asia Pac J Public Health* 2010; 22(1):9-18.
3. Van den Berg MEL, Castellote JM, Mahillo-Fernandez I, Pedro-Cuesta J. Incidence of Spinal Cord Injury Worldwide: A Systematic Review. *Neuroepidemiol* 2010; 34(3):184-92.
4. National Spinal Cord Injury Statistical Center (NSCIS). Spinal cord injury facts and figures at a glance. February 2011.
5. Mazaira J, Labanda F, Romero J, García ME, Gambarrauta C, Sánchez A, et al. Epidemiología de la lesión medular y otros aspectos. *Rehabil (Madr)* 1998;32:365-72.
6. Bárbara Bataller E, García Bravo A, Méndez Suárez JL, Sánchez Enríquez J, Miranda Calderín G. Estudio epidemiológico de la lesión medular en Gran Canaria. *Canarias Med Quir* 2003;1(1):45-9.
7. García Bravo AM, Méndez Suárez JL, Bárbara Bataller E, Sánchez Enríquez J, Miranda Calderín G, Álvarez González C. Epidemiología de la lesión medular en la provincia de Las Palmas. *Rehabilitación* 2003;37(2):86-92.
8. Pérez C, Novoa A, Ferrando J, Santamariña E, García-Altés A, Seguí-Gómez M, Grupo de trabajo de la Sociedad Española de Epidemiología. Lesiones Medulares Traumáticas y Traumatismos Craneoencefálicos en España, 2000-2008. Madrid: Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad; 2011.
9. Álvarez Pérez MJ, López Llano ML. Lesión medular traumática en la infancia y adolescencia en Asturias. *Rev Neurol* 2015;60(9):401-7.

10. Álvarez Pérez MJ, López Llano ML. Lesión medular traumática en mayores de 65 años en la provincia de Asturias. *Rev Esp Ger Gerontol* 2015 (epub ahead of print).
11. Varela Lage C, Alcobendas Maestro M, Luque Ríos I, Esclarín de Ruz A, Talavera Díaz F, Ceruelo Abajo S. Lesión medular en pacientes mayores de 65 años. *Rev Neurol* 2015;60(11):490-4.
12. Pickett GE, Campos-Benitez M, Keller JL, Duggall N. Epidemiology of traumatic spinal cord injury in Canada. *Spine* 2006;31:799-805.
13. Snell RS. *Neuroanatomía clínica*. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2006.
14. Silverton DU, Ober WC, Garrison CW, Silverthorn AC. *Fisiología Humana: Un Enfoque Integrado*, 4ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2007.
15. Nógrádi A, Vrbová G. *Anatomy and Physiology of the Spinal Cord*. In: *Madame Curie Bioscience Database (Internet)*. Austin (TX): Landes Bioscience; 2013. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK6229/>.
16. Latarjet M, Ruiz Liard A. *Anatomía Humana*, tomo 1, 4ª ed.. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2006.
17. Crossman AR, Neary D. *Neuroanatomía. Texto y Atlas en Color*, 5ª ed. Madrid: Elsevier; 2015.
18. O'Connor P. Incidence and patterns of spinal cord injury in Australia. *Accid Anal Prev* 2002;34:405-15.
19. Pickett W, Simpson K, Walker J, Brison RJ. Traumatic spinal cord injury in Ontario, Canada. *J Trauma Inj Infect Crit Care* 2003;55:1070-6.
20. Sekhon LH, Fehlings MG. Epidemiology, demographics, and pathophysiology of acute spinal cord injury. *Spine* 2001;26(24 Suppl):S2-12.
21. Farooqui (2010) Neurochemical aspects of spinal cord injury. In: Farooqui AA (ed) *Neurochemical aspects of neurotraumatic and neurodegenerative diseases*. Berlin: Springer; 2010. pp 107–142.

22. Kiser TS Predicting outcome (prognosis) in spinal cord injury. In: Commission ASC(ed).<http://www.spinalcord.ar.gov/Resources/Prognosis%20Fact%20Sheet.pdf> 2010
23. Dumont RJ, Okonkwo DO, Verma S, Hurlbert RJ, Boulos PT, Ellegala DB, et al. Acute spinal cord injury, part I: pathophysiologic mechanisms. *Clin Neuropharmacol* 2001;24(5):254-64.
24. Guly HR, Bouamra O, Lecky FE. The incidence of neurogenic shock in patients with isolated spinal cord injury in the emergency department. *Resuscitation* 2008;76(1):57-62.
25. American Spinal Injury Association: International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury, revised 2000; Atlanta, GA; 2008.
26. Kirshblum SC, Burns SP, Biering-Sorensen F, Donovan W, Graves DE, Jha A, et al. International standards for neurological classification of spinal cord injury (Revised 2011). *J Spinal Cord Med* 2011;34(6):535-546. doi:10.1179/204577211X13207446293695.
27. Jensen MP, Molton IR, Groah SL, Campbell ML, Charilifue S, Chiodo A et al. Secondary health conditions in individuals aging with SCI: terminology, concepts and analytic approaches. *Spinal Cord* 2012; 50: 373-8.
28. Institute of Medicine. Prevention of Secondary Conditions. In: Pope AM and Tarlov AR eds. *Disability in America: Toward a National Agenda for Prevention*. New York: The National Academies Press; 1991.
29. Hitzig SL, Eng JJ, Miller WC, Sakakibara BM. An evidence-based review of aging of the body systems following spinal cord injury. *Spinal Cord* 2011; 49: 684-701.
30. Marcondes BF, Sreepathi S, Markowski J, Nguyen D, Stock SR, Carvalho S, et al. Pain Severity and Mobility One Year After Spinal Cord Injury: A Multicenter, Cross-Sectional Study. *Eur J Phys Rehabil Med* 2015 (Epub ahead of print).
31. Furlan JC, Fehlings MG. Cardiovascular complications after acute spinal cord injury: pathophysiology, diagnosis, and management. *Neurosurg Focus* 2008;25(5):E13.

32. Turner AP, Bombardier CH, Rimmele CT. A typology of alcohol use patterns among persons with recent traumatic brain injury or spinal cord injury: implications for treatment matching. *Arch Phys Med Rehabil* 2003;84(3):358-64.
33. Strauss DJ, Devivo MJ, Paculdo DR, Shavelle RM. Trends in life expectancy after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2006;87(8):1079-85.
34. Bracken MB. Steroids for acute spinal cord injury. *Cochrane Database Syst Rev* 2012;1:CD001046.
35. Bracken MB, Collins WF, Freeman DF, Shepard MJ, Silten RM, Hellenbrand KG et al. Efficacy of methylprednisolone in acute spinal cord injury. *JAMA* 51: 45–52, 1984.
36. Bracken MB, Shepard MJ, Collins WF Jr et al. Methylprednisolone or naloxone treatment after acute spinal cord injury: 1-year follow-up data. Results of the second National Acute Spinal Cord Injury Study. *J Neurosurg* 76: 23–31, 1992.
37. Bracken MB, Shepard MJ, Holford TR, Leo-Summers L, Aldrich EF, Fazi M et al. Administration of methylprednisolone for 24 or 48 hours or tirilazad mesylate for 48 hours in the treatment of acute spinal cord injury. Results of the Third National Acute Spinal Cord Injury Randomized Controlled Trial. *JAMA* 77: 1597–1604, 1997.
38. Paradells VR, Risco MM, Pérez JBC. Capítulo III. Valoración y manejo del traumatismo raquímedular y guías de actuación. *Manual de principios y controversias en neurotrauma y urgencias neuroquirúrgicas*. Sevilla: Punto Rojo Libros; 2018. p.41-70
39. Barrera MJ, Domínguez JM, González MA, Martín R, Montesinos L, Ramírez L et al. Revisión de la utilización de esteroides en la lesión medular aguda. *Sociedad española de paraplejia*. 2013. [Internet] Disponible en: http://www.sociedaddeparaplejia.com/descargas/Consenso_SEP_Esteroides.pdf
40. Domeier RM, Evans RW, Swor RA, Rivera-Rivera EJ, Frederiksen SM. Prehospital clinical findings associated with spinal injury. *Prehosp Emerg Care* 1997;1:11–5.

41. American Spinal Injury Association. International Standards for the Classification of Spinal Cord Injury. Key Sensory Points (Internet). Disponible en: <http://lms3.learnshare.com/Images/Brand/120/ASIA/Key%20Sensory%20Points.pdf>
42. American Spinal Injury Association. International Standards for the Classification of Spinal Cord Injury. Motor Exam Guide (Internet). Disponible en: <http://lms3.learnshare.com/Images/Brand/120/ASIA/Motor%20Exam%20Guide.pdf>
43. O'Dowd JK. Basic principles of management for cervical spine trauma. *Eur Spine J* 2010;19(Suppl 1):S18-S22.
44. Accident Compensation Corporation. ASIA impairment scale (Internet). Disponible en: http://www.acc.co.nz/for-providers/clinical-best-practice/spinal-injury-guidelines/PRD_CTRB091020.
45. Hadley MN, Walters BC, Aarabi B, Dhall SS, Gelb DE, Hurlbert RJ, et al. Clinical Assessment Following Acute Cervical Spinal Cord Injury. *Neurosurg* 2013;72:40-53.
46. Voss S, Page M, Bengler J. Methods for evaluating cervical range of motion in trauma settings. *Scan J Trauma Resusc Emerg Med* 2012;20:50.
47. Bravo M, Rengif R, Agredo, R. Comparación de dos Sistemas de Captura de Movimiento por medio de las Trayectorias Articulares de Marcha. *Revista mexicana de ingeniería biomédica* 2016;37(2):149-160.
48. Valdés Solís P, Aguilar Pérez N, Jiménez Román S, Ballesteros Reina MC. El paciente politraumatizado: ¿hay evidencia en lo que hacemos? Comunicación en el 31 Congreso Nacional de la Sociedad Española de Radiología Médica. Granada, 25-28 mayo; 2012.
49. Stiell IG, Wells GA, Vandemheen K, et al. The Canadian C-Spine Rule for radiography in alert and stable trauma patients. *JAMA* 2001;286:1841-8.
50. Stiell IG, Wells GA, McKnight RD, et al. Canadian C-Spine Rule study for alert and stable trauma patients. I. Background and rationale. *Can J Emerg Med* 2002;4:84-90.

51. Stiell IG, Wells GA, McKnight RD, et al. Canadian C-Spine Rule study for alert and stable trauma patients. II. Study objectives and methodology. *Can J Emerg Med* 2002;4:185-93.
52. 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.
53. Stiell IG, Clement CM, McKnight D, Brison R, Schull MJ, Rowe BH, et al. The Canadian C-Spine Rule versus the NEXUS Low-Risk Criteria in Patients with Trauma. *New Eng J Med* 2003;349:2510-8.
54. Brown CV, Antevil JL, Sise MJ, Sack DI. Spiral computed tomography for the diagnosis of cervical, thoracic, and lumbar spine fractures: its time has come. *J Trauma* 2005 May. 58(5):890-5.
55. Vanderlan WB, Tew BE, Seguin CY, Mata MM, Yang JJ, Horst HM, et al. Neurologic sequelae of penetrating cervical trauma. *Spine* 2009;34:2646–53.
56. Vickery D. The use of the spinal board after the pre-hospital phase of trauma management. *Emerg Med J* 2001;18:51–4.
57. Kang DG, Lehman RA Jr. Spine immobilization: prehospitization to final destination. *J Surg Orthop Adv* 2011;20:2–7.
58. Miglietta MA, Levins T, Robb TV. Evaluation of spine injury in blunt trauma. *J Am Osteopath Assoc* 2002;102:87–91.
59. Bernhard M, Gries A, Kremer P, Böttiger BW. Spinal cord injury (SCI)–prehospital management. *Resuscitation* 2005;66:127–39.
60. Bulger EM, Maier RV. Prehospital care of the injured: what’s new. *Surg Clin North Am* 2007;87:37-53.
61. Kwan I, Bunn F, Roberts I. Spinal immobilisation for trauma patients. *Cochrane Database Syst Rev* 2001(2):CD002803.
62. Hankins DG, Rivera-Rivera EJ, Ornato JP, Swor RA, Blackwell T, Domeier RM, et al. Spinal immobilization in the field: clinical clearance criteria and implementation. *Prehosp Emerg Care* 2001;5:88-93.

63. 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;46:123-31.
64. Davies G, Deakin C, Wilson A. The effect of a rigid collar on intracranial pressure. *Injury* 1996;27:647-9.
65. Stroh G, Braude D. Can an out-of-hospital cervical spine clearance protocol identify all patients with injuries? An argument for selective immobilization. *Ann Emerg Med* 2001;37:609-15.
66. Ahn H, Singh J, Nathens A, MacDonald RD, Travers A, Tallon J, et al. Pre-Hospital Care Management of a Potential Spinal Cord Injured Patient: A Systematic Review of the Literature and Evidence-Based Guidelines. *J Neurotrauma* 2011;28:1341-61.
67. Krell JM, McCoy MS, Sparto PJ, Fisher GL, Stoy WA, Hostler DP. Comparison of the Ferno Scoop Stretcher with the long backboard for spinal immobilization. *Prehosp Emerg Care* 2006;10:46-51.
68. Theodore N, Aarabi B, Dhall SS, Gelb DE, Hurlbert RJ, Rozzelle CJ, et al. Transportation of Patients With Acute Traumatic Cervical Spine Injuries. *Neurosurg* 2013;72:35-9.
69. Pollak AN, Gupton C (eds.). *Emergency Care and Transportation of the Sick and Injured*, 8th ed. Sudbury: Jones and Barlett Publishers; 2001.
70. Hadley MN, Walters BC, Grabb PA. Guidelines for the management of acute cervical spine and spinal cord injuries. *Clin Neurosurg* 2002;49:407-98.
71. 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.
72. Adib-Hajbaghery M, Maghaminejad F, Rajabi M. Efficacy of Prehospital Spine and Limb Immobilization in Multiple Trauma Patients. *Trauma Mon* 2014;19(3):e16610.
73. Engsborg JR, Standeven JW, Shurtleff TL, Eggars J, Shafer JS, Naunheim RS. Cervical Spine Motion During Extrication. *J Emerg Med* 2013;44(1):122-7.

74. Shafer JS, Naunheim RS. Cervical Spine Motion During Extrication: A Pilot Study. *West JEM* 2009;10:74-8.
75. Quinn R, Williams J, Benneth B, Stiller G, Islas A, McCord S. Wilderness Medical Society Practice Guidelines for Spine Immobilization in the Austere Environment. *Wilderness Environ Med* 2013;24(3):241-52.
76. Bernhard M, Gries A, Kremer P, Böttinger BW. Spinal cord injury (SCI) – Prehospital management. *Resuscitation* 2005;66:127-39.
77. Hadley MN, Walters BC (coord.). Guidelines for the Management of Acute Cervical Spine and Spinal Cord Injuries. Rolling Meadows, IL: American Association of Neurological Surgeons; 2001.
78. Ben-Galim P, Dreiangel N, Mattox KL, Reitman CA, Kalantar SB, Hipp JA. Extrication collars can result in abnormal separation between vertebrae in the presence of a dissociative injury. *J Trauma* 2010;69:447-45.
79. Sundstrom T, Asbjornsen H, Habiba S, Sunde GA, Wester K. Prehospital Use of Cervical Collars in Trauma Patients: A Critical Review. *J Neurotrauma* 2014;31:531-40.
80. Chandler DR, Nemejc C, Adkins RH, Waters RL. Emergency cervical-spine immobilization. *Ann. Emerg Med* 1992;21:1185-8.
81. Craig GR, Nielsen MS: Rigid cervical collars and intracranial pressure. *Intensive Care Med* 1991;17:504-5.
82. Ho AM, Fung KY, Joynt GM, Karmakar MK, Peng Z. Rigid cervical collar and intracranial pressure of patients with severe head injury. *J Trauma* 2002;53:1185-8.
83. Mobbs RJ, Stoodley MA, Fuller J. Effect of cervical hard collar on intracranial pressure after head injury. *ANZ J Surg* 2002;72:389-91.
84. Stone MB, Tubridy CM, Curran R. The effect of rigid cervical collars on internal jugular vein dimensions. *Acad Emerg Med* 2009;17:100-2.
85. Karason S, Reynisson K, Sigvaldason K, Sigurdsson GH. Evaluation of clinical efficacy and safety of cervical trauma collars: differences in immobilization,

effect of jugular venous pressure and patient comfort. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2014;22:37.

86. Dixon M, O'Halloran J, Hannigan A, Keenan S, Cummins NM. Confirmation of suboptimal protocols in spinal immobilisation. *Emerg Med J* 2015;0:1-7.

87. Del Rossi G, Rehtine GR, Conrad BP, Horodyski M. Are scoop stretcher suitable for use on spine-injured patients? *Am J Emerg Med* 2010;28:751-6.

88. Krell JM, McCoy MS, Sparto PJ. Comparison of the Ferno Scoop Stretcher with the Long Backboard for Spinal Immobilization. *Prehosp Disaster Med* 2006;10(1):46-51.

89. Del Rossi G, Horodyski MB, Heffernan TP, Powers ME, Siders R, Brunt D, et al. Spine-Board Transfer Techniques and the Unstable Cervical Spine. *Spine* 2004;29(7):E134-8.

90. Conrad BP, Horodyski MB, Wright J, Ruetz P, Rehtine GR. Log-rolling technique producing unacceptable motion during body position changes in patients with traumatic spinal cord injury. *Spine* 2007;6(6):540-3.

91. Conrad BP, Del Rossi G, Horodyski MB, Prasarn ML, Alemi Y, Rehtine GR. Eliminating log-rolling as a spine trauma order. *Surg Neurol Int* 2012;3(Suppl 3):S188-97.

92. Swartz EE, Boden BP, Courson RW, Decoster LC, Horodyski MB, Norkus SA, et al. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Acute Management of the Cervical Spine-Injured Athlete. *J Athl Train* 2009;3:306-31.

93. Luscombe MD, Williams JL. Comparison of a long spinal board and vacuum mattress for spinal immobilisation. *Emerg Med J* 2003;20(5):476-8.

94. Kuo SC, Kuo PJ, Rau CS, Chen YC, Hsieh HY, Hsieh CH. The protective effect of helmet use in motorcycle and bicycle accidents: a propensity score-matched study based on a trauma registry system. *BMC public health* 2017;17(1), 639.

95. Eltorai AE, Simon C, Choi A, Hsia K, Born CT, Daniels AH: Federally mandating motorcycle helmets in the United States. *BMC Public Health* 2016;16:242.
96. National Highway Traffic Safety Administration. Traffic safety facts. [Actualizado Mayo 2015] Disponible en: <http://www.nhtsa.gov/Safety/Motorcycles>
97. Khor D, Inaba K, Aiolfi A, Delapena S, Benjamin E, Matsushima K, et al. The impact of helmet use on outcomes after a motorcycle crash. *Injury* 2017;48(5):1093-1097.
98. Dirección General de Tráfico [Internet]. Madrid: Dirección General de Tráfico [citado 10 Jun 2018]. Seguridad Vial. Disponible en: <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/accidentes-30dias/tablas-estadisticas/>
99. Liu BC, Ivers R, Norton R, Boufous S, Blows S, Lo SK. Helmets for preventing injury in motorcycle riders. *Cochrane Database Syst Rev*. 2008;23;(1):CD004333.
100. Sosin DM, Sacks JJ, Holmgren P. Head injury—associated deaths from motorcycle crashes: relationship to helmet-use laws. *JAMA*. 1990;264(18):2395–9.
101. Kraus JF, Peek C, McArthur DL, Williams A. The effect of the 1992 California motorcycle helmet use law on motorcycle crash fatalities and injuries. *JAMA*. 1994;272(19):1506–11.
102. Hotz GA, Cohn SM, Popkin C, Ekeh P, Duncan R, Johnson EW, Pernas F, Selem J. The impact of a repealed motorcycle helmet law in Miami-Dade County. *J Trauma Acute Care Surg*. 2002;52(3):469–74.
103. Goldstein JP: The effect of motorcycle helmet use on the probability of fatality and the severity of head and neck injuries. A latent variable framework. *Eval Rev* 1986;10:355–375.
104. Page PS, Wei Z, Brooks NP. Motorcycle helmets and cervical spine injuries: a 5-year experience at a Level 1 trauma center. *Journal of neurosurgery: Spine* 2018;28(6):607-611.

105. Rice TM, Troszak L, Ouellet JV, Erhardt T, Smith GS, Tsai, BW. Motorcycle helmet use and the risk of head, neck, and fatal injury: Revisiting the Hurt Study. *Accident Analysis and Prevention* 2016;91:200-207.
106. Hinds JD, Allen G, Morris CG. Trauma and motorcyclists: born to be wild, bound to be injured? *Injury*. 2007;38:1131-8.
107. Waninger KN. Management of the helmeted athlete with suspected cervical spine injury. *Am J Sports Med*. 2004;32:1331-50.
108. Swain NE, Salomone JP, Pons, Peter T. PHTLS Soporte vital básico y avanzado en el trauma prehospitalario. Barcelona: Edicion Elsevier; 2012.
109. Wilson JR, Hashimoto RE, Dettori JR, Fehlings MG. Spinal cord injury and quality of life: a systematic review of outcome measures. *Evidence-Based Spine-Care J* 2011;2(1):37-44. doi:10.1055/s-0030-1267085.
110. Middleton JW, Dayton A, Walsh J, Rutlowski SB, Leong G, Duong S. Life expectancy after spinal cord injury: a 50-year study. *Spinal Cord* 2012;50(11):803-11. doi: 10.1038/sc.2012.55.
111. Simpson LA, Eng JJ, Hsieh JTC, Wolfe DL, Spinal Cord Injury Rehabilitation Evidence (SCIRE) Research Team. The Health and Life Priorities of Individuals with Spinal Cord Injury: A Systematic Review. *J Neurotrauma* 2012;29(8):1548-55. doi:10.1089/neu.2011.2226.
112. Furlan JC, Noonan V, Singh A, Fehlings MG. Assessment of impairment in patients with acute traumatic spinal cord injury: a systematic review of the literature. *J Neurotrauma*. 2011;28(8):1445-77.
113. Cripps RA, Lee BB, Wing P, Weerts E, Mackay J, Brown D. A global map for traumatic spinal cord injury epidemiology: towards a living data repository for injury prevention. *Spinal Cord*. 2011;49(4):493-501.
114. Rodríguez G, Vaquero J. Traumatismo raquímedular. Madrid: Fundación Mapfre; 2009.
115. Esclarín de Ruz A. Lesión Medular. En: Federación Nacional Aspaym, ed., *Análisis sobre la lesión medular en España*. Toledo: Federación Nacional Aspaym; 2012. p. 11-22.

116. Kwan I, Bunn F, Roberts IG. Spinal immobilisation for trauma patients (Review). Cochrane Database of Systematic Reviews 2001 [Internet]. (Consultado 28 Julio 2016). Disponible en :

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD002803/pdf>

117. Swartz EE, Armstrong CW, Rankin JM, Rogers B. A 3-Dimensional Analysis of Face-Mask Removal Tools in Inducing Helmet Movement. *J Athl Train.* 2002;37:178-84.

118. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977 Mar;33:159-74.

119. La EHDPA. Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial. (Consultado 29 Marzo 2016). Disponible en:

http://wwwlive.who.int/entity/violence_injury_prevention/road_safety_status/report/web_version_es.pdf

120. Gordillo R, Alcaraz PE, Manzano F, Freitas TT, Martín-Cascales E, Juguera L, et al. Análisis cinemático de la columna vertebral durante la colocación de dos dispositivos: tablero espinal frente a la camilla de cuchara. *Emergencias.* 2017;29:43-5.

121. Prasarn ML, Horodyski M, DiPaola MJ, DiPaola CP, Del Rossi G, Conrad BP, Rehtine GR. Controlled laboratory comparison study of motion with football equipment in a destabilized cervical spine: three spine-board transfer techniques. *Orthop J Sports Med.* 2015;3: 2325967115601853.

122. Müller B, Ilg W, Giese MA, et al. Validation of enhanced kinect sensor based motion capturing for gait assessment. *Janigro D, ed. PLoS One* 2017;12:e0175813.

123. Morrissey, J. F., Kusel, E. R., & Sporer, K. A. (2014). Spinal motion restriction: an educational and implementation program to redefine prehospital spinal assessment and care. *Prehospital Emergency Care* 2014;18(3): 429-432.

124. Domeier RM, Evans RW, Swor RA, Rivera-Rivera EJ, Frederiksen SM. Prehospital clinical findings associated with spinal injury. *Prehosp Emerg Care* 1997;1:11-5.

125. Kornhall DK, Jørgensen JJ, Brommeland T, Hyldmo PK, Asbjørnsen H, Dolven T et al. The Norwegian guidelines for the prehospital management of adult trauma patients with potential spinal injury. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine* 2017;25(1):2.
126. McGuire RA, Neville S, Green BA, Watts C. Spinal instability and the logrolling maneuver. *J Trauma*. 1987;27:525–31.
127. Suter RE, Tighe TV, Sartori J, Reed K. Thoraco-Lumbar Spinal Instability during Variations of the Log-Roll Maneuver. *Prehosp Disaster Med*. 1992;7:133–8.
128. Del Rossi G, Horodyski MH, Conrad BP, Di Paola CP, Di Paola MJ, Rehtine GR. The 6-plus-person lift transfer technique compared with other methods of spine boarding. *J Athl Train*. 2008;43:6–13.
129. Del Rossi G, Horodyski M, Conrad BP, Dipaola CP, Dipaola MJ, Rehtine GR. Transferring patients with thoracolumbar spinal instability: are there alternatives to the log roll maneuver? *Spine* 2008;33:1611–5.
130. Horodyski M, Conrad BP, Del Rossi G, DiPaola CP, Rehtine 2nd GR. Removing a patient from the spine board: is the lift and slide safer than the log roll? *J Trauma*. 2011;70:1282–5.
131. Hachen HJ. Emergency transportation in the event of acute spinal cord lesion. *Paraplegia*. 1974;12:33–7.
132. Ten Brinke JG, Gebbink WK, Pallada L, Saltzherr TP, Hogervorst M, Goslings, J C. Value of prehospital assessment of spine fracture by paramedics. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery* 2017;1-4.
133. BOE. Real Decreto 836/2012, de 25 de mayo, por el que se establecen las características técnicas, el equipamiento sanitario y la dotación de personal de los vehículos de transporte sanitario por carretera. ago 6, 2012 p. 41589-95.
134. Clement CM, Stiell IG, Lowe MA, Brehaut JC, Calder LA, Vaillancourt C, et al. Facilitators and barriers to application of the Canadian C-spine rule by emergency department triage nurses. *Int Emerg Nurs*
135. Quesada Suescun A, Burón Mediavilla FJ, Castellanos Ortega A, Vicente-Mazariegos M, Del I, González Fernández C, et al. Formación en la asistencia al

paciente crítico y politraumatizado: papel de la simulación clínica. *Med Intensiva*. mayo de 2007;31(4):187-93.

136. Mariana-Ornique M, Gabriela-Felippa S. Las prácticas simuladas en la formación de enfermeros. *Revista Enfermeria Herediana*. 2014;6(2):115.

137. Cannon-Diehl MR. Simulation in healthcare and nursing: state of the science. *Crit Care Nurs Q*. junio de 2009;32(2):128-36.

138. Gaba DM. The future vision of simulation in health care. *Qual Saf Health Care*. octubre de 2004;13 Suppl 1:i2-10.

139. De la Horra Gutiérrez I. La simulación clínica como herramienta de evaluación de competencias en la formación de enfermería. *REDUCA*. 2010;2(1).

140. Del Rossi G, Dubose D, Scott N, Conrad BP, Hyldmo PK, Rehtine GR et al. Motion produced in the unstable cervical spine by the HAINES and lateral recovery positions. *Prehospital Emergency Care* 2014;18(4):539-543.

CAPÍTULO XII.
ANEXOS

ANEXO I. COMPENDIO DE PUBLICACIONES**ART 1.**

Raquel Gordillo Martín, Pedro E. Alcaraz Ramón, Fulgencio Manzano Capel, Tomás T. Freitas, Elena Marín-Cascales, Laura Juguera Rodríguez, Manuel Pardo Ríos. "Análisis cinemático de la columna vertebral durante la colocación de dos dispositivos de transferencia: tablero espinal frente a camilla de cuchara".

FECHA DE PUBLICACIÓN: ENERO 2017 REVISTA: EMERGENCIAS

ISSN: 1137-6821 RANKING: 3/24 Q1 CATEGORY: EMERGENCY MEDICINE

JOURNAL IMPACT FACTOR: 3,028

ART 2.

Raquel Gordillo Martín, María Isabel Hontoria Hernández, Laura Juguera Rodríguez, Juan Antonio Díaz Hernández, Francisco Javier Serrano Martínez, Lourdes Alonso Ibáñez, Manuel Pardo Ríos. "Análisis biomecánico del movimiento cervical en la extracción del casco en motoristas".

FECHA DE PUBLICACIÓN: JUNIO 2017 REVISTA EMERGENCIAS

ISSN: 1137-6821 RANKING: 3/24 Q1 CATEGORY: EMERGENCY MEDICINE

JOURNAL IMPACT FACTOR: 3,028

ART 3.

Raquel Gordillo Martín, Pedro E. Alcaráz, Laura Juguera Rodríguez, Antonio Nieto Fernández-Pacheco, Elena Marín-Cascales, Tomás T. Freitas, Manuel Pardo Ríos. "Effect of training in advanced trauma life support on the kinematics of the spine. A simulation study".

FECHA DE PUBLICACIÓN: DICIEMBRE 2017 REVISTA: MEDICINE

ISSN: 0025-7974 RANKING: 40/154 Q2 CATEGORY: MEDICINE, GENERAL & INTERNAL

JOURNAL IMPACT FACTOR: 2,13

**ANEXO II. FORMULARIO DE CESION DE ARTÍCULO PARA TESIS POR
COMPENDIO**



Formulario para coautores de artículo científico:

Por el presente documento, yo D./D^a. _____
con DNI _____, declaro que renuncio al uso del artículo titulado

_____ como parte de mi tesis doctoral y acepto que Dña. Raquel Gordillo Martín con DNI 48516764N, use dicho artículo como parte de su tesis doctoral por compendio de publicaciones. Por otro lado, renuncio a solicitar el uso de manera personal para otra tesis por compendio diferente a la de Dña. Raquel Gordillo Martín.

Firmado:

Murcia, de Julio de 2018

ANEXO III. CONSENTIMIENTO INFORMADO.



UCAM
UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo,....., con

DNI:.....

DECLARO:

Haber sido informado/a del estudio y procedimientos de la investigación. Los investigadores que van a acceder a mis datos personales y a los resultados de las pruebas son:

Dr. Manuel Pardo Ríos, Dr. Pedro E. Alcaraz Ramón, Dña. Laura Juguera Rodríguez, Dña. Raquel Gordillo Martín, D. Antonio Nieto Fernández-Pacheco, Dña. Elena Marín Cascales y D. Tomás Freitas.

Asimismo, he podido hacer preguntas del estudio, comprendiendo que me presto de forma voluntaria al mismo y que en cualquier momento puedo abandonarlo sin que me suponga perjuicio de ningún tipo.

CONSIENTO:

- 1.-) Someterme a las siguientes pruebas exploratorias (Anexos I y II).
- 2.-) El uso de los datos obtenidos según lo indicado en el párrafo siguiente:

En cumplimiento de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal, le comunicamos que la información que ha facilitado y la obtenida como consecuencia de las exploraciones a las que se va a someter pasará a formar parte del fichero automatizado INVESALUD, cuyo titular es la FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SAN ANTONIO, con la finalidad de INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA EN LAS ÁREAS DE CONOCIMIENTO CIENCIAS EXPERIMENTALES Y CIENCIAS DE LA SALUD. Tiene derecho a acceder a esta información y cancelarla o rectificarla, dirigiéndose al domicilio de la entidad, en Avda. de los Jerónimos de Guadalupe 30107 (Murcia). Esta entidad le garantiza la adopción de las medidas oportunas para asegurar el tratamiento confidencial de dichos datos.

En Guadalupe (Murcia) a..... de..... de.....

El participante,

El investigador,

Fdo:.....

Fdo:...Dr. Manuel Pardo Ríos

ANEXO I. Diseño del estudio

El principal objetivo del Estudio es determinar qué técnica es la más adecuada para la movilización de un paciente que requiere inmovilización de columna.

Los criterios de inclusión serán los siguientes:

- Adultos mayores de 18 años.
- Pertener a una categoría profesional sanitaria o ser alumno de alguna de ellas.
- Haber leído y firmado el modelo de consentimiento informado proporcionado por el grupo de investigación, mediante el cual se asume haber comprendido las características del estudio y los posibles riesgos y beneficios que puede conllevar la participación en el mismo.

Los criterios de exclusión serán los siguientes:

- Tener alergia a alguno de los materiales con los que están fabricados los dispositivos con los que se realiza la movilización del paciente politraumatizado.
- Sufrir lesión ortopédica o cualquier otro impedimento físico que no posibilite el desarrollo normal del estudio.
- Bajo el criterio del investigador, no ser capaz de comprender el objetivo del estudio y de comprometerse a cumplir con lo requerido por el mismo.

ANEXO II. Descripción de protocolo test.

1. **Técnicas de movilización:** Las técnicas de movilización evaluadas serán el volteo, usando como dispositivo de transporte el tablero espinal; y la técnica de recogida del paciente utilizando la camilla de cuchara o tijera. Dichas técnicas serán revisada por uno de los profesores e instructores en Soporte Vital al Trauma del Máster de Enfermería de Urgencias, Emergencias y Cuidados Especiales de la UCAM.
2. **Pruebas:** Cada equipo de estudio, formado por tres participantes, efectuará una primera prueba que consistirá en aplicar la técnica de rescate del suelo de un modelo de paciente que se considera politraumatizado usando como dispositivo de transporte el tablero espinal. La segunda prueba consistirá en llevar a cabo la recogida del mismo modelo de paciente, esta vez usando la maniobra de recogida con la camilla de cuchara. Dicho modelo de paciente politraumatizado será portador en las dos pruebas de un collarín cervical. Las actuaciones efectuadas por los participantes, serán grabadas por un sistema de captura de movimiento denominado Vicon-3D, siendo el modelo de paciente el portador de los sensores del movimiento a estudiar. Entre cada una de las dos pruebas habrá, al menos 3 minutos de descanso para los participantes. La realización de esta prueba no presenta riesgos algunos para el participante.

ANEXO III. Confidencialidad

Toda la información referente a la identidad de los participantes será considerada confidencial a todos los efectos. La identidad de los pacientes no podrá ser revelada

ni divulgada excepto cuando sea necesario para su tratamiento, seguimiento o seguridad.

Se seguirá asimismo lo establecido en la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre, de “Protección de Datos de Carácter Personal”.

Los detalles que identifican a los sujetos del estudio serán siempre mantenidos con absoluta confidencialidad. Se asignará un código de letras y números para cada participante y la correspondencia entre el código y el nombre se mantendrá por el investigador principal y el coordinador del estudio. Para el análisis de los datos recogidos, los investigadores sólo tendrán el código marcado en las muestras por lo que no se sabrá a quien la muestra corresponda.

ANEXO IV. Informe de resultados

Al finalizar el estudio, si el participante lo solicita, se emitirá un informe con los resultados obtenidos en las pruebas realizadas. No se podrán tener estos resultados antes de la finalización del estudio para evitar que los resultados se condicionen.

ANEXO V. Abandono del estudio

El participante puede abandonar el estudio cuando lo desee sin que ello suponga inconveniente alguno. Así mismo, los investigadores pueden decidir que algún participante no continúe con el estudio si se observa incumplimiento de cualquiera de los criterios marcados para la participación.

**AVEXO IV4. DOCUMENTO DE APROBACIÓN DEL ESTUDIO POR EL
COMITÉ DE ÉTICA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MURCIA.**



COMITÉ DE ÉTICA DE LA UCAM

DATOS DEL PROYECTO

Título:	"Técnicas de movilización en pacientes con sospecha de lesión medular a través del sistema VICON-3D"	
Investigador Principal	Nombre	Correo-e
Dr.	Manuel Pardo Ríos	mpardo@ucam.edu

INFORME DEL COMITÉ

Fecha	03/06/2016
--------------	------------

Tipo de Experimentación

Investigación experimental clínica con seres humanos.	
Utilización de tejidos humanos procedentes de pacientes, tejidos embrionarios o fetales.	
Utilización de tejidos humanos, tejidos embrionarios o fetales procedentes de bancos de muestras o tejidos.	
Investigación observacional con seres humanos, psicológica o comportamental en humanos.	X
Uso de datos personales, información genética, etc.	
Experimentación animal.	
Utilización de agentes biológicos de riesgo para la salud humana, animal o las plantas.	
Uso de organismos modificados genéticamente (OMGs).	

Comentarios Respecto al tipo de Experimentación

Nada Obsta

Comentarios Respecto a la metodología de experimentación

Nada Obsta



COMITÉ DE ÉTICA DE LA UCAM

Sugerencias al Investigador

A la vista de la solicitud de informe adjunto por el Investigador y de las recomendaciones anteriormente expuestas el dictamen del Comité es:

Emitir informe favorable	<input checked="" type="checkbox"/>
Emitir informe desfavorable	<input type="checkbox"/>
Emitir informe favorable condicionado a subsanación	<input type="checkbox"/>

MOTIVACIÓN

Incrementar a conocimientos, curso área

Vº Bº El Presidente,

Fdo.: José Alberto Cánovas Sánchez



El Secretario,

Fdo.: José Alarcón Teruel

ANEXO IV. ARTÍCULO 1

Emergencias 2017;29:43-45

ORIGINAL BREVE

Análisis cinemático de la columna vertebral durante la colocación de dos dispositivos de transferencia: tablero espinal frente a camilla de cucharaRaquel Gordillo Martín^{1,2}, Pedro E. Alcaraz Ramón³, Fulgencio Manzano Capel¹, Tomás T. Freitas³, Elena Marín-Cascales³, Laura Juguera Rodríguez², Manuel Pardo Ríos^{1,2}**Objetivos.** Analizar y comparar la cinemática de la columna vertebral durante la colocación del tablero espinal (TE) y de la camilla de cuchara (CC) en una situación simulada realizada por expertos en emergencias prehospitalarias.**Método.** Estudio transversal, cuasiexperimental, de simulación clínica para comparar la desalineación (variable principal), mediante un sistema de captura de movimiento en 3 dimensiones.**Resultados.** Los resultados obtenidos en la desalineación media durante la colocación de los dispositivos fueron de 37,53°: 31,08° (6,38) para la CC y de 43,97° (7,97) para el TE (p = 0,048).**Conclusiones.** La colocación de la camilla de cuchara provoca menos desalineación que el tablero espinal.**Palabras clave:** Inmovilización. Médula espinal. Tablero espinal y camilla de cuchara.**Kinematic analysis of the spine during placement on 2 transfer devices: a spinal backboard and a scoop stretcher****Objective.** To analyze and compare measurements of spine kinematics during prehospital emergency responders' placement of a patient on a spinal backboard or a scoop stretcher.**Methods.** Cross sectional, quasi-experimental clinical simulation to compare misalignment (main endpoint) by means of data from a 3-dimensional motion capture system.**Results.** Mean (SD) misalignment during placement on the 2 devices was 37.53° (14.15°). By device, mean misalignment was 31.08° (6.38°) for the scoop stretcher and 43.97° (7.97°) for the backboard (P=.048).**Conclusion.** Less misalignment occurs during placement on the scoop stretcher than on the spinal backboard.**Keywords:** Immobilization. Spinal cord. Spinal backboard. Scoop stretcher.**Filiación de los autores:**¹Gerencia de Urgencias y Emergencias 061 de la Región de Murcia, España.²Universidad Católica de Murcia, España.³Centro de Investigación en Alto Rendimiento Deportivo de la Universidad Católica de Murcia, España.**Contribución de los autores:**

Todos los autores han confirmado su autoría en el documento de responsabilidades del autor, acuerdo de publicación y cesión de derechos a EMERGENCIAS.

Autor para correspondencia:Manuel Pardo Ríos
Universidad Católica de Murcia
Avda. Jerónimos, 135
30107 Guadalupe, Murcia, España.**Correo electrónico:**
mpardo@ucam.edu**Información del artículo:**

Recibido: 25-6-2016

Aceptado: 28-7-2016

Online: 16-1-2017

Editor responsable:

Agustín Julián Jiménez, MD, PhD.

Introducción

La incidencia de la lesión de la médula espinal (LME) en los países occidentales es de alrededor de 40 a 50 casos por millón de habitantes por año¹. Podolsky *et al.*, en 1983, establecieron que entre un 3 a un 25% de las LME podrían ser debidas al manejo del paciente por parte de los profesionales sanitarios, pero no se dispone de datos actuales que puedan confirmar este porcentaje². En este sentido, en los últimos años, se ha intentado mejorar los dispositivos y las técnicas de inmovilización de pacientes con sospecha de LME. Sin embargo, el resultado de un estudio sobre la inmovilización de 400 pacientes concluyó que en más de 90% de los casos la calidad de la inmovilización era indeseable³.

En la actualidad, las técnicas más comunes para transferir a una persona con sospecha de LME son: 1) volteo con el tablero espinal (TE); 2) dos hemivolteos con la camilla de cuchara (CC)⁴. No se dispone de datos objetivos sobre qué dispositivo provoca mayor desalineación durante su colocación. Hasta el momento, la valoración de la calidad de las maniobras de movilización e inmovilización

se hacía en base a criterios subjetivos, pero se está investigando sobre nuevos métodos para determinar el movimiento (captura de movimiento en 3 dimensiones, sensores inerciales, magnetómetros, giroscopios, acelerómetros, etc.)⁵. La hipótesis planteada es que la utilización de la CC moviliza menos la columna vertebral que la utilización del TE. Los objetivos de nuestro estudio fueron analizar y comparar, mediante un sistema de captura de movimiento, la cinemática de la columna vertebral durante la colocación CC frente a TE, en una situación simulada.

Método

Estudio transversal, cuasiexperimental, de simulación clínica, realizado en la Universidad Católica de Murcia (UCAM), de noviembre 2015 a enero de 2016. Este trabajo se realizó siguiendo las normas de la Declaración de Helsinki, fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad y a todos los participantes se les pidió la firma del consentimiento informado a la grabación audiovisual del experimento.

Gordillo Martín R, et al. Emergencias 2017;29:43-45

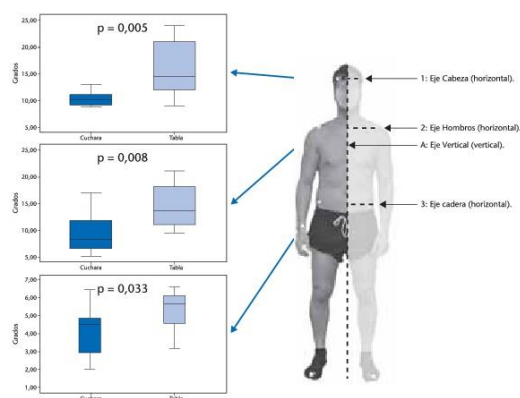


Figura 1. A la izquierda se muestran la desalineación acumulada provocada por cada uno de los dispositivos para cada eje (camilla de cuchara en color azul oscuro y tablero espinal en color azul claro). A la derecha se muestra el trazado de los ejes para la valoración.

Se seleccionaron 10 expertos que formaron la muestra como voluntarios. Estos representan el 71,4% (10/14) del total de los profesores que la Gerencia de Urgencias y Emergencias 061 de la Región de Murcia designó en 2016 para la formación en atención inicial al trauma. El resto de expertos declinó su participación y/o no acudió a la cita del experimento. Este grupo de voluntarios está formado por 3 médicos, 3 enfermeros y 5 técnicos. Todos los profesionales participantes tienen más de 5 años de experiencia en emergencias prehospitalarias y son instructores en soporte vital al paciente traumático. Cada uno de los expertos lideró una simulación, situándose a la cabeza del paciente y con la ayuda de otros dos expertos seleccionados aleatoriamente del resto del grupo.

Para llevar a cabo el análisis cinemático, el estudio se realizó en el Centro de Alto Rendimiento Deportivo (CIARD) de la UCAM mediante el sistema de grabación Vicon 3D® (T-Series, ViconCorp, EE.UU.) compuesto por 8 cámaras que graban de manera simultánea a un voluntario sano al que se le han puesto 39 marcadores en referencias anatómicas concretas (Figura 1). El sistema fue calibrado siguiendo las indicaciones del fabricante y se hizo un estudio de fiabilidad a la hora de obtener los grados entre dos profesionales expertos.

El objetivo de la simulación era colocar a un paciente que se encontraba en decúbito supino sobre una CC o un TE. Una vez finalizado el proceso se trazó un eje vertical y 3 ejes horizontales (Figura 1). La reconstrucción digital del proceso permitió la determinación de la media de la máxima desalineación encontrada entre el eje vertical y los ejes cabeza (E1), hombros (E2) y cadera (E3). En cada uno de los procesos se analizaron dos fases: para el TE una fase 1 (rotación lateral para apoyar el tablero) y fase 2 (colocación en el centro del dispositivo al paciente) y para la CC fase 1 (rotación lateral para colocar la primera parte de la CC) y fase 2 (situar en el centro del

dispositivo al paciente tras la colocación de la segunda parte de la CC). Se calculó la desalineación acumulada (DA), definida como $DA = (E1 + E2 + E3)$, para cada una de las fases y la variable principal fue la DA Total (DAT) entendida como $DAT = [DA \text{ de Fase 1} + DA \text{ de Fase 2}]$.

Los datos fueron recogidos mediante el programa Microsoft Excel y analizados con el programa SPSS Statistics® versión 21, y se presentan como frecuencias, medias y desviaciones estándar (DE). Para determinar la fiabilidad de las mediciones se calculó el coeficiente de correlación intraclass (CCI), que se interpretó según la clasificación de Landis y Koch⁴, en la que un CCI > 0,90 indica una concordancia muy buena; 0,71-0,90, buena; 0,51-0,70, moderada; 0,31-0,50, mediocre, y < 0,31 mala o muy mala. Se determinaron los intervalos de confianza (IC) al 95% de los CCI. Para la comparación de los resultados entre los dos dispositivos del estudio se utilizó el test de rangos de Wilcoxon. Se asumió que las diferencias eran estadísticamente significativas si $p < 0,05$.

Resultados

Las mediciones de los profesionales obtuvieron un $CCI = 0,971$ (IC 95%: 0,885-0,973) ($p < 0,001$). La DAT global durante la colocación de los dispositivos fue de $37,53^\circ$ (DE: 14,15°), siendo de $31,08^\circ$ (DE: 6,38°) para la CC y de $43,97^\circ$ (DE: 7,97°) para el TE ($p = 0,048$). En la Figura 1 se muestran los resultados por segmentos para cada uno. La DA-Fase 1 global fue de $27,95^\circ$ (DE: 13,55°), siendo de $23,94^\circ$ (DE: 5,36°) para la CC y de $31,97^\circ$ (DE: 17,98°) para el TE ($p = 0,005$). La DA-Fase 2 global fue de $9,57^\circ$ (DE: 4,25), siendo de $7,14^\circ$ (DE: 2,95°) para la CC y de $12,06^\circ$ (DE: 4,03°) para el TE ($p = 0,028$). En la Tabla 1 se muestran los resultados por segmentos para cada uno de los dispositivos en cada fase.

Discusión

Nuestros resultados al comparar la desalineación provocada por ambos dispositivos (CC frente a TE) han determinado mejores resultados para la CC que para el TE (31,08° frente a 43,97°, respectivamente), cuando estas técnicas son realizadas por expertos. Como era previsible, los ejes que tienen más rango de movimiento (cabeza y hombro) son en los que se han determinado mayores desalineaciones entre los dispositivos, tal y como se muestra en la Figura 1. Los datos muestran que la primera fase de ambas técnicas provoca mayor movimiento que la segunda fase (Tabla 1). Aunque cuando comparamos estas diferencias entre los dos dispositivos del estudio, solamente hemos encontrado diferencias puntuales estadísticamente significativas a favor del uso de la CC (Fase 2 en el eje de la cabeza y Fase 1 en el eje de cadera). El análisis de los datos por fases, en lugar de valorar los totales, y un tamaño de la muestra relativamente bajo podrían ser las principales causas que explicaran que no existieran más diferencias estadísticamente significativas.

Los sistemas digitales de análisis biomecánico están permitiendo la evaluación de las técnicas y los dispositivos utilizados en situaciones de simulación clínica con pacientes con sospecha de LME, con unos datos de fiabilidad en nuestro estudio muy buenos (CCI = 0,971). El problema de este tipo de estudios con cámaras en 3 dimensiones es su dificultad técnica a la hora de realizar el análisis. En nuestro caso hemos contado con la participación de 10 profesionales con más de 5 años de experiencia en servicios de emergencias prehospitalarias, lo que supone que nuestra muestra sea mayor que la mayoría en publicaciones similares, sobre extracción o colocación de dispositivos de inmovilización, con series de datos realizadas por 3 paramédicos⁵, 6 profesionales (4 bomberos y 2 paramédicos)⁶, o con 10 paramédicos⁷.

La principal limitación de nuestro estudio es que trató de una situación simulada, pero el uso de este tipo de sistemas de análisis en 3 dimensiones no es factible en pacientes reales con sospecha de LME. Por ello, casi todos los trabajos se realizan en situaciones de simulación y no existen ensayos controlados aleatorizados que comparen el efecto de las estrategias de inmovilización espinal en pacientes traumatizados¹⁰. La otra limitación es la valoración de solo los ejes en el plano coronal, ya

Tabla 1. Resultado de la desalineación de cada segmento en cada una de las fases de la colocación de ambos dispositivos

Ejes	Camilla Cuchara		Tablero Espinal		Valor de p*
	Media	DE	Media	DE	
Cabeza					
Fase 1	11,09	2,69	15,36	9,46	0,762
Fase 2	2,27	1,51	4,58	2,49	0,023*
Hombros					
Fase 1	8,74	4,21	11,19	10,44	0,880
Fase 2	2,09	1,86	2,89	2,05	0,226
Cadera					
Fase 1	4,09	1,61	5,41	1,08	0,033*
Fase 2	2,78	1,78	4,43	2,92	0,199

*Test de rangos de Wilcoxon. DE: desviación estándar.

que por la posición inicial de nuestro paciente y el trabajo de los profesionales alrededor de la víctima, no es posible determinar otros planos. Aun así, nuestro diseño ha permitido obtener datos del eje de la cadera, hecho que no ocurre en la mayoría de las publicaciones científicas que centran su atención en la cabeza, cuello y hombros. Con todo, nuestro estudio permite concluir que la colocación de la CC provoca menos desalineación que el TE cuando es aplicado por profesionales en una situación simulada.

Conflicto de intereses

Los autores declaran la no existencia de conflicto de interés en relación al presente artículo.

Financiación

Los autores declaran la no existencia de financiación externa del presente artículo.

Responsabilidades éticas

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación Clínica de la Universidad Católica de Murcia (UCAM).

Se obtuvo consentimiento informado de todos los participantes.

Todos los autores han confirmado el mantenimiento de la confidencialidad y respeto de los derechos de los pacientes en el documento de responsabilidades del autor, acuerdo de publicación y cesión de derechos a EMERGENCIAS.

Artículo no encargado por el Comité Editorial y con revisión externa por pares

Bibliografía

- 1 Kwan I, Bunn F, Roberts IG. Spinal immobilisation for trauma patients (Review). Cochrane Database of Systematic Reviews 2001 [Internet]. (Consultado 28 Julio 2016). Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD002803/pdf>
- 2 Podolsky S, Baraff LJ, Simon RR, Hoffman JR, Larmon B, Ablon W. Efficacy of cervical spine immobilization methods. J Trauma. 1983;23:461-5.
- 3 Adibi-Hajbaghery M, Maghamejad F, Rajabi M. Efficacy of Prehospital Spine and Limbs Immobilization in Multiple Traumas Patients. Trauma Mon. 2014;19:e16610.
- 4 Swartz EE, Armstrong CW, Rankin JM, Rogers B. A 3-Dimensional Analysis of Face-Mask Removal Tools in Inducing Helmet Movement. J Athl Train. 2002;37:178-84.
- 5 Voss S, Page M, Bengler J. Methods for evaluating cervical range of motion in trauma settings. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2012;20:50.
- 6 Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics. 1977;33:159-74.
- 7 Shafer JS, Naunheim RS. Cervical Spine Motion During Extrication: A Pilot Study. West J Emerg Med. 2009;10:74-8.
- 8 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.
- 9 Engsborg JR, Standeven JW, Shurtleff TL, Eggars JL, Shafer JS, Naunheim RS. Cervical spine motion during extrication. J Emerg Med. 2013;44:122-7.
- 10 Liu BC, Ivers R, Norton R, Boufous S, Blows S, Lo SK. Helmets for preventing injury in motorcycle riders. Cochrane Database of Systematic Reviews 2008; 1: CD004333. DOI: 10.1002/14651858.CD004333.pub3

ANEXO V. ARTÍCULO 2

Emergencias 2017;29:249-252

ORIGINAL BREVE

Análisis biomecánico del movimiento cervical en la extracción del casco en motoristas

Raquel Gordillo Martín¹, María Isabel Hontoria Hernández¹, Laura Juguera Rodríguez², Juan Antonio Díaz Hernández², Francisco Javier Serrano Martínez^{3,4}, Lourdes Alonso Ibáñez⁴, Manuel Pardo Ríos^{2,3}

Objetivo. Determinar el movimiento cervical durante la extracción de un casco realizada por profesionales sanitarios.

Métodos. Estudio observacional mediante análisis biomecánico con sensores inerciales de los movimientos producidos en la columna durante la extracción de un casco.

Resultados. La muestra final la componen 34 profesionales de servicios de urgencias y emergencias. La rotación fue de 1,14 (DE 0,82)° hacia el lado izquierdo y de 3,30 (1,69)° hacia el lado derecho ($p < 0,001$). La flexoextensión fue de 9,82 (7,46)° para la flexión y de 6,23 (6,86)° para la extensión ($p < 0,001$). La lateralización fue de 5,73 (2,97)° para el lado izquierdo y de 5,62 (8,22)° para el lado derecho ($p = 0,678$). El tiempo medio de realización de la extracción fue 70 (4) seg.

Conclusión. La extracción del casco se realizó en 70 segundos con flexión y rotación hacia el lado donde se encuentra colocado el profesional que sujeta la cabeza.

Palabras clave: Servicios médicos de urgencia. Accidentes de motocicleta. Casco. Lesión médula espinal.

Biomechanical analysis of cervical spine movement on removal of motorcycle helmets

Objective. To measure cervical spine movement during removal of a motorcycle helmet by health care professionals.

Methods. Observational study using biomechanical inertial sensors to detect movement in the spinal column during removal of helmets.

Results. Thirty-four emergency medicine specialists and nurses participated. The mean (SD) rotation was 1.14° (0.82°) to the left and 3.30° (1.69°) to the right ($P < 0.001$). Mean flexion was 9.82° (7.46°) and mean extension was 6.23° (6.86°) ($P < 0.001$). Mean lateral displacement was 5.73° (2.97°) to the left and 5.62° (8.22°) to the right ($P = 0.678$). The removal maneuvers took a mean of 70 seconds (4 seconds).

Conclusion. Helmet removal was completed in an average of 70 seconds with flexion and rotation mainly toward the side where the professional supporting the head was positioned.

Keywords: Emergency health services. Accidents: motorcycle. Head protective devices: helmets. Injuries: spinal cord.

Filiación de los autores:

¹Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud. Universidad Católica de Murcia (UCAM), Murcia, España.

²Facultad de Enfermería de la UCAM, Murcia, España.

³Gerencia de Urgencias y Emergencias 061 de la Región de Murcia, Murcia, España.

⁴Análisis Tridimensional de Reconocimiento Corporal.

Contribución de los autores: Todos los autores han confirmado su autoría en el documento de responsabilidades del autor, acuerdo de publicación y cesión de derechos a EMERGENCIAS.

Autor para correspondencia:

Manuel Pardo Ríos
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Católica de Murcia
Campus de los Jerónimos, 135
30107 Guadalupe, Murcia,
España.

Correo electrónico:
mpardo@ucam.edu

Información del artículo:

Recibido: 6-4-2017
Aceptado: 4-5-2017
Online: 28-6-2017

Editor responsable:

Agustín Julián-Jiménez, MD, PhD.

Introducción

La Organización Mundial de la Salud señala que los accidentes de tráfico causan un alto índice de fallecimientos en los motoristas¹. En una revisión Cochrane², concluyeron que el casco reducía el riesgo de muerte y daños craneoencefálicos. Existen múltiples factores que hacen necesaria la extracción del casco^{3,4}: no permite realizar una correcta evaluación de la vía aérea ni de las posibles lesiones en la cabeza, dificulta la restricción del movimiento en la víctima durante el transporte y no suele permitir la colocación adecuada de un collarín cervical. La maniobra de extracción del casco, según describe el Pre-hospital Trauma Life Support (PHTLS)⁵, se realiza entre dos profesionales. Un profesional se coloca a la cabeza del paciente estabilizando el casco con las palmas de las manos, el otro se coloca al lado del paciente y realiza la estabilización manual sujetando la mandíbula y la zona occipital del cráneo. La persona

que está a la cabeza extrae el casco con movimientos hacia arriba y abajo cuidando la liberación de la nariz.

La extracción del casco puede ocasionar una lesión secundaria⁶, por lo debe llevarse a cabo por profesionales expertos. Hasta el momento no existen estudios que determinen el grado de movilidad de la columna cervical durante la maniobra ni la efectividad de la misma, por lo que se realiza en base a criterios subjetivos. El objetivo de este trabajo fue determinar el movimiento cervical durante la extracción del casco a un motorista realizado por profesionales sanitarios expertos en emergencias.

Método

Estudio observacional en el que se realizó un análisis biomecánico de los movimientos producidos en la columna cervical mientras se extraía el casco a una

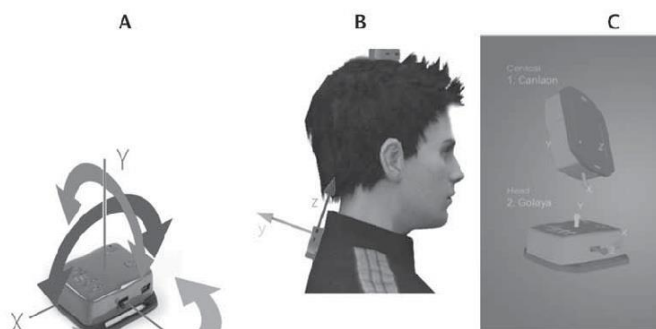


Figura 1. Imágenes de los ejes de coordenadas del sistema inercial (A), ubicación de los sensores (B) y enlace de los sensores (C).

víctima simulada a la que se le colocaron previamente unos sensores inerciales (SI) (Figura 1A). Se realizó en la Universidad Católica de Murcia (UCAM), con la colaboración de la Gerencia de Emergencias 061 de la Región de Murcia, entre los meses de abril a junio de 2016. Fue aprobado por el Comité de Ética de la UCAM (código 6118) y todos los participantes firmaron su consentimiento de participación.

El procedimiento consistió en la realización de una simulación en la que dos profesionales debían retirar el casco a un actor con el rol de motorista accidentado, en decúbito supino, inconsciente. Cada uno de los voluntarios hizo una vez de líder (situado a la cabeza) y se le asignó un ayudante de manera aleatoria (situado a la derecha de la víctima). Mediante una convocatoria abierta se obtuvo una muestra de 40 profesionales, que inicialmente la componían profesionales de la Gerencia de Emergencias 061 de la Región de Murcia (n = 24) y de la Sociedad Española de Medicina de Urgencias y Emergencias (SEMES) (n = 16). Hubo 6 participantes que no se presentaron a la prueba, por lo que la muestra final la componen 34 profesionales.

El análisis del movimiento se determinó mediante el sistema de SI STT-IBS iSen 3D Motion Analyser® (STT Systems). Estos SI están compuestos por un acelerómetro, un giroscopio y un magnetómetro, envueltos por una carcasa rígida (36 mm x 15 mm x 46,5 mm), con un peso total de 29 g, con una frecuencia de envío de 250 Hz, precisión estática (*roll, pitch, yaw*) < 0,5°, precisión dinámica (*roll, pitch, yaw*) < 1,5° y latencia inferior a 0,004 seg. El SI determina la orientación angular obteniéndose los valores en los 3 ejes de coordenadas del espacio (X, Y y Z). La conexión se hizo mediante un sistema Bluetooth 2.0® a un ordenador al que se le colocó un adaptador de recepción de la señal iSen-Hub. Se seleccionó el modelo biomecánico de análisis de movimiento cervical. A la víctima simulada se le colocaron dos SI (Figura 1B y 1C): uno en la cabeza (zona superior) y otro en la espalda (entre C6 y C7).

Para el análisis estadístico los datos fueron exportados al programa Microsoft Excel® y analizados mediante el programa SPSS® Versión 21. Las variables analizadas fueron: edad, sexo, años de experiencia profesional, años de experiencia profesional en emergencias, titulación y tiempo de realización de la maniobra. Todos los datos de los movimientos de los SI se generaron durante la adquisición de los movimientos de manera automática y en tiempo real. Los datos se exponen mediante la frecuencia, porcentaje, media, desviación estándar (DE) y rango. Se analizaron los movimientos de rotación, flexo-extensión y lateralización, utilizando la prueba t de Student para la comparación entre unos y otros movimientos. También se realizó el estudio de ANOVA de un factor para analizar diferencias entre grupos. Para evaluar la influencia de las distintas variables sobre los resultados obtenidos se llevó a cabo un análisis de covarianza. Se asumió que las diferencias eran estadísticamente significativas si $p < 0,05$.

Resultados

La edad media de los participantes fue de 37 (DE 9) años y 23 (68%) fueron mujeres. La distribución por profesión mostró que un 42% (14/34) eran enfermeros y un 58% (20/34) médicos. La experiencia profesional media fue de 11 (DE 6) años, y la experiencia profesional en emergencias fue de 4 (3) años. El tiempo medio de realización de la extracción fue de 70 (DE 4) seg. En la Figura 2 se muestran los resultados globales para los tres ejes de movimiento estudiados.

La rotación tuvo una posición media de $-2,74$ ($3,59$)°, con un rango de movimiento de 13 °. El movimiento de rotación fue de $1,14$ ($0,82$)° para el lado izquierdo y de $3,30$ ($1,69$)° para el lado derecho (diferencia de medias $2,16$ (IC95%: $1,98$ - $2,34$ °; $p < 0,001$); lo que indica que la cabeza ha sido ligeramente rotada hacia el lado que está situado el profesional que sujeta la cabeza por dentro del casco.

Gordillo Martín R, et al. Emergencias 2017;29:249-252

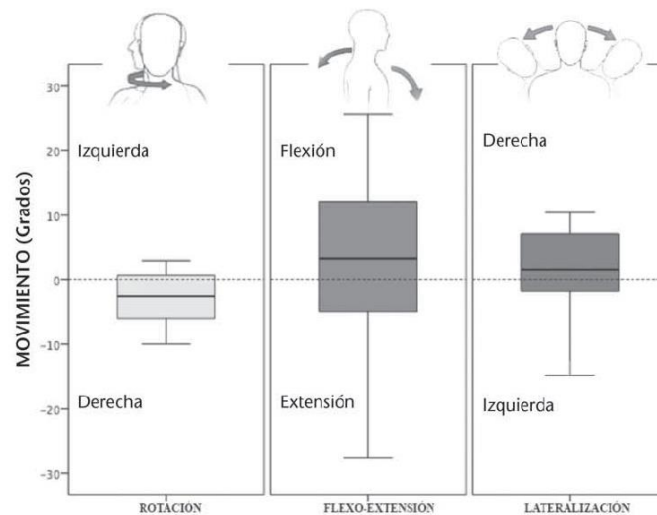


Figura 2. Resultados globales de los grados obtenidos en el análisis biomecánico para los tres movimientos estudiados.

La flexo-extensión tuvo una posición media de 1,62 (12,53)°, con un rango de movimiento de 64°. El movimiento de flexo-extensión fue de 9,82 (7,46)° para la flexión y de 6,23 (6,86)° para la extensión (diferencia de medias 3,59 (IC95%: 2,99°-4,18°; $p < 0,001$); lo que indicaría que la cabeza ha tenido una mayor flexión que extensión.

La lateralización tuvo una posición media de 0,05 (9,02)°, con un rango de movimiento de 33°. El movimiento de lateralización fue de 5,73 (2,97)° para el lado izquierdo y de 5,62 (8,22)° para el lado derecho (diferencia de medias 0,11 (IC95%: 0,41°-0,63°; $p = 0,678$); lo que indicaría que no hay diferencias entre ambos movimientos.

No se han determinado diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de movimiento y factores como sexo, edad, tiempo de realización de la maniobra o experiencia profesional, ya sea hospitalaria o específica en el área de emergencias prehospitalarias (Tabla 1).

Discusión

Los resultados de esta investigación han determinado que la maniobra para la extracción del casco de un motorista tiene una duración de 70 segundos. Hasta nuestro conocimiento, no existen datos en la bibliografía científica con respecto al tiempo de realización de esta técnica, por lo que no podemos comparar nuestros

resultados con otros autores. Sería recomendable realizar estudios para la disminuir al máximo el tiempo hasta poder abrir la vía aérea una vez retirado el casco.

Otro resultado del estudio es que la flexoextensión es el movimiento con mayor rango, alcanzando los 64°, con una importante preponderancia de la flexión sobre la extensión. La rotación de la cabeza ha sido ligeramente mayor hacia el lado derecho, con un rango de movimiento de 13°. La lateralización de la cabeza no ha tenido un lado hacia el que destaque, pero no hay que obviar que se han llegado a determinar hasta 33° de rango de movimiento. Aunque no existen datos precisos sobre los grados de desalineación durante la extracción, nuestros resul-

Tabla 1. Comparación de resultados para cada uno de los dos grupos de profesionales

Variable/Profesionales	Media	Desviación estándar	Significación*
Tiempo (seg.)			
Hospital	71"	4"	0,261
UME	68"	3"	
Rotación			0,737
Hospital	2,88°	3,88°	0,794
UME	2,6°	3,25°	
Flexoextensión			0,794
Hospital	2,44°	15,21°	0,794
UME	0,73°	9,24°	
Lateralización			0,794
Hospital	0,05°	10,03°	0,794
UME	-0,2°	8,66°	

*Prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney. UME: unidad Móvil de Emergencias.

tados avalan que el casco puede propiciar una dificultad en la alineación de la cabeza y favorecer la lesión secundaria de la médula espinal³. Las medias de movimiento obtenido en nuestro estudio se asemejan a lo determinado por Dixon *et al.*⁷ en la extricación de pacientes de un vehículo o las de Gordillo *et al.*⁸ en la colocación de dispositivos como el tablero espinal. Por tanto, no se debe subestimar el riesgo de lesión durante la extracción del casco en casos de sospecha de lesión cervical.

La limitación principal de nuestro estudio es que las simulaciones se llevaron a cabo con un actor sano sin inestabilidad cervical. Existen estudios, como el realizado por Prasarn *et al.*⁹, con cadáveres a los que se les realizó una inestabilidad quirúrgica en C5 y C6. Sus resultados no pueden ser comparados con los nuestros, ya que ellos realizaron la movilización con el casco puesto; sin embargo, en algunas de las técnicas utilizadas, el rango de movimiento es mayor y avalaría aún más la necesidad de la retirada del casco antes de trasladar al paciente.

Los resultados de este estudio nos permiten concluir que durante la extracción del casco se produce una flexión de la cabeza a la vez que un cierto grado de rotación hacia el lado del profesional que sujeta la cabeza. Aunque no disponemos de datos clínicos, los amplios rangos de movimiento de flexo-extensión pueden resultar muy peligrosos para una paciente con una inestabilidad cervical.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses en relación al presente artículo.

Financiación

Estudio financiado con una beca otorgada por el Ilustre Colegio Oficial de Enfermería de la Región de Murcia para promoción de proyectos de investigación en la convocatoria 2016.

Responsabilidades éticas

Fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación Clínica de la Universidad Católica de Murcia (código 6118).

Todos los pacientes otorgaron su consentimiento previamente a la participación en el estudio.

Todos los autores han confirmado el mantenimiento de la confidencialidad y respeto de los derechos de los participantes en el documento de responsabilidades del autor, acuerdo de publicación y cesión de derechos a EMERGENCIAS.

Artículo no encargado por el Comité Editorial y con revisión externa por pares

Bibliografía

- 1 La EHDPA. Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial. (Consultado 29 Marzo 2016). Disponible en: http://www.live.who.int/entity/violence_injury_prevention/road_safety_status/report/web_version_es.pdf
- 2 Liu BC, Ivers R, Norton R, Boufous S, Blows S, Lo SK. Helmets for preventing injury in motorcycle riders. Cochrane Database Syst Rev [Internet]. 2008. (Consultado 29 Marzo 2016). Disponible en: http://info.onlinelibrary.wiley.com/userfiles/cochrane/Safety_on_the_road/CD004333.pdf
- 3 Hinds JD, Allen G, Morris CG. Trauma and motorcyclists: born to be wild, bound to be injured? Injury. 2007;38:1131-8.
- 4 Waninger KN. Management of the helmeted athlete with suspected cervical spine injury. Am J Sports Med. 2004;32:1331-50.
- 5 Swain NE, Salomone JP, Pons, Peter T. PHTLS Soporte vital básico y avanzado en el trauma prehospitalario. Barcelona: Edición Elsevier; 2012.
- 6 Conrad BP, Del Rossi G, Horodyski MB, Prasarn ML, Alemi Y, Rechitine GR. Eliminating log-rolling as a spine trauma order. Surg Neurol Int. 2012;3(Supl 3):S188-97.
- 7 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.
- 8 Gordillo R, Alcaraz PE, Manzano F, Freitas TT, Martín-Cascales E, Juguera L, et al. Análisis cinemático de la columna vertebral durante la colocación de dos dispositivos: tablero espinal frente a la camilla de cuchara. Emergencias. 2017;29:43-5.
- 9 Prasarn ML, Horodyski M, DiPaola MJ, DiPaola CP, Del Rossi G, Conrad BP, Rechitine GR. Controlled laboratory comparison study of motion with football equipment in a destabilized cervical spine: three spine-board transfer techniques. Orthop J Sports Med. 2015;3:2325967115601853.

ANEXO VI. ARTÍCULO 3

Observational Study

Medicine®

OPEN

Effect of training in advanced trauma life support on the kinematics of the spine

A simulation study

Raquel Gordillo Martín, MPhil^a, Pedro E. Alcaráz, PhD^b, Laura Juguera Rodríguez, PhD^c, Antonio Nieto Fernández-Pacheco, MD^d, Elena Marín-Cascales, PhD^e, Tomás T. Freitas, MSc^e, Manuel Pardo Ríos, PhD^{f,*}

Abstract

More than 7.5 million people in the world are affected by spinal cord injury (SCI). In this study, we aimed to analyze the effect of training in advanced trauma life support (ATLS) on the kinematics of the spine when performing different mobilization and immobilization techniques on patients with suspected SCI. A quasi-experimental study, clinical simulation, was carried out to determine the effect of training in ATLS on 32 students enrolled in the Master's program of Emergency and Special Care Nursing. The evaluation was performed through 2 maneuvers: placing of the scoop stretcher (SS) and spinal board (SB), with an actor who simulated a clinical situation of suspected spinal injury. The misalignment of the spine was measured with the use of a Vicon 3D motion capture system, before (pre-test) and after (post-test) the training. In the overall misalignment of both maneuvers, statistically significant differences were found between the pre-test misalignment of $62.1^\circ \pm 25.9^\circ$, and the post-test misalignment of $32.3^\circ \pm 10.0^\circ$, with a difference between means of 29.7° [95% confidence interval, 95% CI 22.8–36.6], ($P = .001$). The results obtained for the placing of the SS showed that there was a pre-test misalignment of $65.1^\circ \pm 28.7^\circ$, and a post-test misalignment of $33.2^\circ \pm 10.1^\circ$, with a difference of means of 33.9° [95% CI, 23.1–44.6], ($P = .001$). During the placing of the SB, a pre-test misalignment of $59.0^\circ \pm 28.7^\circ$ and a post-test misalignment of $33.4^\circ \pm 10.0^\circ$ were obtained, as well as a difference of means of 25.6° [95% CI 16.6–34.6], ($P = .001$). The main conclusion of this study is that training in ATLS decreases the misalignment provoked during the utilization of the SS and SB, regardless of the device used.

Abbreviations: AM = accumulated misalignment, ATLS = advanced trauma life support, CIARD = high performance sport center, EMS = emergency medical services, intensive and coronary medicine units, SB = spinal board, SCI = spinal cord injury, SEMICYUC = Spanish Society of Critical, SS = scoop stretcher, TAM = total accumulated misalignment, UCAM = Catholic University of Murcia.

Keywords: immobilization, spinal board and scoop stretcher, spine, training

Editor: Baltasar Sanchez Gonzalez.

Funding/support: This work was financed by the "Official Nursing College of the Region of Murcia".

This funding corresponds to a research grant for Junior researchers with the title "Effect of training in Advanced Trauma Vital Support" on the kinematics of the spine. Therefore, there is no conflict of interest associated with this funding.

This work and these data have not been previously published anywhere.

^a Doctoral Program in Health Sciences and Professor of the Faculty of Nursing of the Catholic University of Murcia (UCAM) and Nurse in the Emergency Services 061 (112) of Murcia, Spain, ^b Director of Research Center for High Performance Sport, Catholic University of Murcia (UCAM), ^c Professor of the Faculty of Nursing at The Catholic University of Murcia (UCAM) and Nurse in the Emergency Services 061 (112) of Murcia, Spain, ^d Professor of the Faculty of Nursing of the Catholic University of Murcia (UCAM) and Medical Doctor in the Emergency Services 061 (112) of Murcia, Spain, ^e Researcher at Center for High Performance Sport, Catholic University of Murcia (UCAM), ^f Professor of the Faculty of Nursing of the Catholic University of Murcia (UCAM) and Nurse in the Emergency Services 061 (112) of Murcia, Spain.

* Correspondence: Manuel Pardo Ríos, Health Sciences Faculty, Catholic University Of Murcia. Campus de los Jerónimos, No. 135 Guadalupe, 30107 Murcia, Spain (e-mail: mpardo@ucam.edu).

Copyright © 2017 the Author(s). Published by Wolters Kluwer Health, Inc. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution-NoDerivatives License 4.0, which allows for redistribution, commercial and non-commercial, as long as it is passed along unchanged and in whole, with credit to the author.

Medicine (2017) 96:48(e7587)

Received: 4 May 2017 / Received in final form: 15 June 2017 / Accepted: 30 June 2017

<http://dx.doi.org/10.1097/MD.00000000000007587>

1. Introduction

Spinal cord injury (SCI) is a pathology that can produce sensorial, motor, or autonomous function alterations, and affect the physical, psychological, and social well-being of the patient.^[1] The global prevalence of this pathology is about 236 and 1,009 cases per million inhabitants,^[2] so that at present, this could mean that more than 7.5 million people in the world are affected by this condition.

The prehospitalization spinal immobilization guidelines have been developed in order to protect the spine in cases where SCI is suspected, until a clear diagnose is given.^[3] Their objective is to prevent any additional movement of the spine, in order to reduce the risk of secondary complications, and to facilitate release and transport.^[4] Immobilization is conducted through the use of devices and techniques that are appropriate for the transferring of patients.

In spite of these recommendations, there are studies that indicate that immobilization techniques are not performed correctly in a large number of cases. Adib-Hajbaghery et al^[5] showed that the quality of immobilization was insufficient in 95% of the cases, with it being significantly related to the lack of training of the emergency personnel who performed it. In this study, the authors showed that there was an association between the quality care and the training of the emergency service workers. Emergency medical services (EMS) staff with higher qualifications had immobilized the spine and limbs better than the staff with lower qualifications.

Therefore, the implementation of an evidenced-based training and assessment algorithm is necessary. Until a few years ago, finding a system that was sensitive enough for measuring the movement of the spine was difficult. The only possible methods were imaging tests used to scan the patient, but their use was not feasible for the monitoring of learning during training in mobilization techniques.^{16]} However, thanks to the high degree of technological advancement, the kinematics of the spine can be monitored through the use of 3D motion analysis systems.^{17]}

For this reason, this study has been planned with the objective of experimentally determining the effect of training in advanced trauma life support (ATLS) on decreasing the misalignment of the spine when performing diverse techniques of mobilization and immobilization of the patient with suspected SCI.

2. Method

2.1. Design

A clinical simulation, quasi-experimental study was conducted in order to determine the effect of ATLS training at the Catholic University of Murcia (UCAM), which lasted for 8 months. This work was performed following the Declaration of Helsinki norms, and was approved by the University's Ethics Committee, and all the participants were asked to sign an informed consent form.

The evaluation was done through comparing the misalignment before training (pre-test) and misalignment after the training concluded (post-test), as the patient was placed onto the scoop stretcher (SS) and the spinal board (SB).

2.2. Sample selection

The study population was comprised by the students enrolled in the Master's program of Emergency and Special Care Nursing at the UCAM (class of 2015–2016). From the 35 Master's students, only 32 were included in the end, which corresponded to 91.42% from the total. All the students had a nursing degree. The 8.57% of the students did not complete the study. The average age of the students was 29 ± 6 years, with 31.25% being male and 68.75% female. Each of the students led a simulation, placing themselves at the head of the patient, with help from another 2 students who were randomly selected from the rest of the group.

2.3. Advanced Trauma Life Support (ATLS) Training

The training analyzed is found within the course "Advanced Trauma Life Support" (ATLS) that belongs to the Spanish Society of Critical, Intensive, and Coronary Medicine Units (SEMICYUC). The training lasted 72 hours that were distributed among 4 weeks (50% theory and 50% practical training).

2.4. Kinematic analysis

The study was performed at the High-Performance Sport Center (CIARD) at the UCAM with the use of a Vicon 3D motion capture system (T-Series, Vicon Corp, Denver, Colorado, EE.UU) composed of 8 cameras that simultaneously record a healthy volunteer, to whom 39 markers were attached. The system was calibrated following the manufacturer's instructions. In similar studies, the results of the correction coefficient intraclass with this system was $0.971 (P < .001)^{7]$ and 0.33% coefficient of variation.^{18]}

The aim of the simulation was to place a patient, with a suspected SCI, in the supine position, onto a SS and onto a SB (Fig. 1). The digital reconstruction of the process allowed for the measuring of the average misalignment found between the vertical axis and the head axes (A1), shoulders (A2), and pelvis (A3). In each of the processes, 2 phases were analyzed: for the SB, Phase 1 (lateral rotation when resting the board) and Phase 2 (placing the patient in the center of the device); and for SS, Phase 1 (lateral rotation for placing the first half of the SS) and Phase 2 (lateral rotation for placing the second half of the SS). The accumulated misalignment (AM) was calculated ($AM = A1 + A2 + A3$) for each of the phases, and the main variable was the Total Accumulated Misalignment [$TAM = AM (Phase 1) + AM (Phase 2)$]. Each student tested both devices.

2.5. Statistical analysis

The data were collected with the Microsoft Excel spreadsheet program, and analyzed with the SPSS Statistics (IBM Corporation, Chicago, Illinois, EE.UU) v.21 program. The results are presented as means and standard deviations. The normality tests were performed with the Shapiro-Wilk test. For comparing the pre- and post-training results of the study, the Student *t* test for paired data was utilized. The differences were deemed significant if $P \leq .05$.

3. Results

The TAM mean during the performing of both maneuvers showed that there were statistically significant results between the pre-test misalignment of $62.1^\circ \pm 25.9^\circ$, and the post-test misalignment of $32.3^\circ \pm 10.0^\circ$, with a difference between means of 29.7° [95% confidence interval, 95% CI 22.8–36.6], ($P = .001$]. Table 1 summarizes the results obtained from the comparison of the misalignment between the pre-test and the post-test for each of the devices studied in each of the axes and phases.

The results from Phase 1 showed that the pre-test misalignment was $48.4^\circ \pm 23.2^\circ$, and the post-test misalignment was $19.6^\circ \pm 8.3^\circ$, with a difference between the means of 28.8° [95% CI 22.4–35.2], ($P = .001$]. As for Phase 2, no statistically significant differences were found, with a pre-test misalignment of $13.6^\circ \pm 9.1^\circ$, and a post-test misalignment of $12.7^\circ \pm 6.5^\circ$, with a difference between means of 0.9° [95% CI 1.4–3.1], ($P = .443$].

The TAM results obtained for the placing of the SS showed that there was a pre-test misalignment of $65.1^\circ \pm 28.7^\circ$, and a post-test misalignment of $33.2^\circ \pm 10.1^\circ$, with a difference of means of 33.9° [95% CI 23.1–44.6], ($P = .001$]. During the placing of the SB, a pre-test misalignment of $59.0^\circ \pm 28.7^\circ$ and a post-test misalignment of $33.4^\circ \pm 10.0^\circ$ were obtained, as well as a difference of means of 25.6° [95% CI 16.6–34.6], ($P = .001$].

4. Discussion

Historically, it has been stated that up to 25% of patients with SCI in a traffic accident could be due to the management of the patient by the health professionals.^{19]} Moreover, the results of a study on the immobilization of 400 patients concluded that in more than 90% of cases the quality of the immobilization was undesirable and, therefore, prehospital health professionals should be better trained.^{10]}

The most important results of the present study show that the pre-test degree of movement was relatively high (62.1°), taking

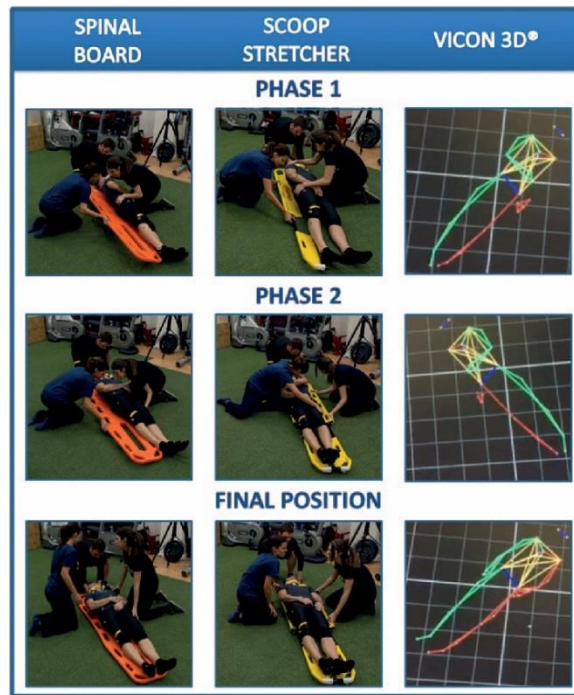


Figure 1. Images of spinal board, scoop stretcher, and Vicon 3D analysis screen.

into account that the patient simulated having a SCI. These results were similar to results described by other authors, who pointed to the importance of instruction and training, as some professional workers preferred to use mobilization techniques

that produced more misalignment.^[11] This could be due to their lack of knowledge and expertise in the use of the devices and other techniques that were more recommended for the immobilization of the spine.

Table 1

Results of the misalignment, before and after ATLS training for each of the segments with both devices.

Axis	Device	Pre-test	Post-test	Significance	Axis	Device	Pre-test	Post-test	Significance
Phase 1					Phase 2				
Head	SS	21.2	7.6	.001*	Head	SS	4.5	3.5	.189
	SB	13.9	6.7	.001*		SB	5.4	5.4	.949
Shoulders	SS	20.0	6.9	.001*	Shoulders	SS	4.3	3.8	.534
	SB	16.0	6.5	.001*		SB	4.6	3.8	.303
Hip	SS	10.8	5.9	.006*	Hip	SS	4.2	3.5	.228
	SB	14.8	5.4	.001*		SB	4.2	5.5	.233
Total 1	SS	52.0	20.5	.001*	Total 2	SS	13.1	10.8	.129
	SB	44.8	18.6	.001*		SB	114.2	114.7	.789
Total SS		65.1	31.2	.001*	Total SB		59.0	33.4	.001*

SB=spinal board, SS=Scoop stretcher, Student t test.
* P<.05.

When comparing the results from the application of both devices (SS and SB), we observed that there was a decrease of 29.7° ($P=.001$) in the misalignment of the spine after the training session. The misalignment obtained after training was almost half than that at the beginning. Our results were very similar to those obtained by Morrissey et al.^[12] which showed that after training of paramedics in pre-hospitalization care, the use of non-recommended mobilization techniques was reduced by 58%.

Once each of the maneuvers was divided into 2 phases, we only found statistically significant differences in Phase 1 ($P=.001$), with an improvement in the misalignment of 31.6° when using the SS and 26.1° when SB was utilized. Our results were congruent with those of Gordillo et al.^[7] who concluded that Phase 1 was the most critical when both devices were placed. Therefore, the professional health workers should be more careful when performing this action. The difference between both phases could be that in Phase 2, the movement generated is much less, as part of the device is already placed, already leading to a certain degree of immobilization.

Once the ATLS training was completed, a misalignment of $33.2^\circ \pm 10.1^\circ$ was produced with the use of the SS, while for the SB, the misalignment produced was $33.4^\circ \pm 10.0^\circ$. In a study with a group of experts, it was determined that the SS produced less misalignment than the SB,^[7] but in our study, with nonexpert nurses, we could not obtain the same results. The results on the manner of immobilizing and transferring a patient, who is in the supine position, indicated that the SB contributed a degree of misalignment of 30° to 90° of movement.^[13] The Training significantly improved our study population, but they did not reach the level of the group of experts.

The main limitation of our study is that it was conducted with a healthy volunteer. The ideal situation would be to have data from real victims suffering SCI and an unstable spinal column, but this creates too many research problems and ethical-legal controversies. This is the reason why the results of a Cochrane review indicated that almost all of the suspected SCI trials were in simulated scenarios,^[11] with real-scale maniquies, healthy volunteers, or cadavers.

The results of our study allowed us to conclude that health professionals who have received ATLS training have performed a misalignment of the spine that is significantly less than those who have not had this type of training. Therefore, we believe that an initial and continuous training of the prehospitalization emergency service health professionals is a must.

References

- [1] Furlan JC, Noonan V, Singh A, et al. Assessment of impairment in patients with acute traumatic spinal cord injury: a systematic review of the literature. *J Neurotrauma* 2011;28:1445–77.
- [2] Cripps RA, Lee BB, Wing P, et al. A global map for traumatic spinal cord injury epidemiology: towards a living data repository for injury prevention. *Spinal Cord* 2011;49:493–501.
- [3] Vanderlan WB, Tew BE, Seguin CY, et al. Neurologic sequelae of penetrating cervical trauma. *Spine* 2009;34:2646–53.
- [4] Vickery D. The use of the spinal board after the pre-hospital phase of trauma management. *Emerg Med J* 2001;18:51–4.
- [5] Adib-Hajbaghery M, Maghaminejad F, Rajabi M. Efficacy of prehospital spine and limb immobilization in multiple trauma patients. *Trauma Mon* 2014;19:e16610.
- [6] Voss S, Page M, Bengler J. Methods for evaluating cervical range of motion in trauma settings. *Scan J Trauma Resusc Emerg Med* 2012;20:50.
- [7] Gordillo R, Pardo M, Alcaraz PE, et al. Kinematic analysis of the spine during placement on 2 transfer devices: a spinal backboard and a scoop stretcher. *Emergencias* 2017;29:43–5.
- [8] Müller B, Ilg W, Giese MA, et al. Validation of enhanced kinect sensor based motion capturing for gait assessment. *Janigro D, ed. PLoS One* 2017;12:e0175813.
- [9] Podolsky S, Baraff LJ, Simon RR, et al. Efficacy of cervical spine immobilization methods. *J Trauma* 1983;23:461–5.
- [10] Adib-Hajbaghery M, Maghaminejad F, Rajabi M. Efficacy of prehospital spine and limbs immobilization in multiple traumas patients. *Trauma Mon* 2014;19:e16610.
- [11] Kwan I, Bunn F, Roberts I. Spinal immobilisation for trauma patients. *Cochrane Database Syst Rev* 2001;CD002803.
- [12] Morrissey JF, Kusel ER, Spore KA. Spinal motion restriction: an educational and implementation program to redefine prehospital spinal assessment and care. *Prehosp Emerg Care* 2014;18:429–32.
- [13] Conrad BP, DeL Rossi G, Horodyski MR, et al. Eliminating log-rolling as a spine trauma order. *Surg Neurol Int* 2012;3(Suppl 3):S188–97.

