

Riesgo de lesión en los castellers^a a partir del cálculo de la energía potencial

JAUME ROSET I LLOBET,¹
ENRIC CARDÚS I RUA,²
EMILI HONORATO³ Y
JOSEP MA SALÓ I ORFILA⁴

¹Unidad de Traumatología del Deporte. Servicio de COT. Hospital General de Manresa. Médico de la Colla castellera Minyons de Terrassa.

²Miembro de la Colla castellera Minyons de Terrassa.

³Topógrafo.

⁴Jefe de Servicio de COT. Hospital General de Manresa.

APUNTS. MEDICINA DE L'ESPORT. 1997; 21-26

SUMMARY: In this study the theoretic risk of lesion is estimated calculating the potential energy that a person acquire when he climbs up to a human tower measuring the height of each tower's level and the weight of each member of the tower for constructions of seven, eight and nine levels. We conclude that, in contradiction with other studies, a nine levels tower is 9,72 meters height and the levels with great potential risk are the fourth and fifth and not the highest, were the children is placed. It is also concluded that the highest increases in the theoretic risk of lesion are observed when they raise the height of the tower from seven to eight levels and from nine with "folre" to nine without it but not from eight to nine with "folre".

KEY WORDS: tower, height, fall, theoretic risk, potential energy.

RESUMEN: En el presente estudio se estima el riesgo teórico de lesión que presentan los castellers^a en función de la energía potencial que adquieren al subirse hasta su piso midiendo las alturas y el peso de los castellers en castells^b de siete, ocho y nueve pisos. Se llega a la conclusión de que, contrariamente a lo expresado en otros estudios, un castell de nueve pisos mide 9,72 metros de altura, y se determina que los pisos de mayor riesgo teórico no son los más altos, los ocupados por niños, sino los *quarts*^c y *quints* (cuartos y quintos). También se observan importantes incrementos de este riesgo de lesión cuando una *colla*^d castellera pasa de realizar castells de siete^e a castells de ocho y de nueve con *folre*^f a castells de nueve sin *folre*, pero no cuando el paso es de castells de ocho a castells de nueve con *folre*.

PALABRAS CLAVE: castell, medidas, caída, riesgo lesión, energía potencial.

^a CASTELLER: cada una de las personas que componen un castell.

^b CASTELL: Conjunto de personas que, trepando ordenadamente unas sobre los hombros de otras, forman torres humanas de diversos pisos de altura.

^c QUART/QUINT: los castellers se denominan según el piso en que se sitúan con la particularidad de que el del primer piso se llama BAIX (bajo) y el que quinto piso se llama QUINT (quinto).

^d COLLA CASTELLERA: cada una de las agrupaciones que hacen castells.

^e CASTELL DE SET (castell de siete): terminología general que indica que el castell es de siete pisos de altura sin precisar cuantos castellers hay por piso.

^f FOLRE: conjunto reducido de castellers que se sitúa sobre la piña a fin de ofrecer apoyo a los tercios. PINYA: base del castell formada por círculos concéntricos de castellers que tocan suelo y que sirven para dar apoyo a los castellers del segundo piso y hacer de colchón en caso de caída.

INTRODUCCIÓN

A pesar de que unos trepan sobre los hombros de otros, se trata de una actividad lúdica que encontramos por todas partes, siendo sólo en Cataluña donde esta tradición bicentennial está estructurada e institucionalizada¹ (Figura 1). Hacer *castells* conlleva importantes niveles de esfuerzo físico y psíquico;² contiene claros elementos deportivos;³ y requiere una gran preparación técnica y ensayo continuado a fin de garantizar el éxito de las construcciones. No obstante, aunque la preparación sea la óptima, siempre existe la incertidumbre del resultado y, por lo tanto, la posibilidad de que se derrumbe el *castell*. A pesar de que las caídas en los *castells* son un hecho poco habitual (según datos de la *Colla Jove dels Xiquets* de Tarragona, un 92% de los *castells* realizados durante la temporada 1996 no se cayeron),⁴ su espectacularidad y el hecho de que el público general sólo conozca los *castells* a través de la televisión (donde únicamente se ofrecen actuaciones de máximo nivel y dificultad y, por ende, con mayor riesgo de caídas) hace que, fuera del ámbito puramente *casteller*, se tenga la sensación de que es peligroso construirlos. Además, al ser los pequeños de la *colla* los que suben a la parte más elevada del *castell*, esta sensación de peligro suele centrarse en los niños.

Aunque no existan muchos trabajos epidemiológicos que hagan referencia al mundo de los *castells*, sí que existe algún estudio que muestra cómo los niños no presentan mayor número de lesiones que los adultos^{5,6,7} y que, contrariamente a lo que pueda parecer, el 46,6% de las lesiones observadas suceden en los pisos intermedios del *castell*, quedando así el *pom de dalt*⁸ como parte del *castell* donde menos se detectan con el 10,9% (hay que tener en cuenta que en un 4 de 8^h el *pom de dalt* representa el 20% de los *castellers* del troncoⁱ y los pisos intermedios, cuartos y quintos en este caso, el 40%).⁸ En cualquier caso, ninguno de estos estudios explica el porqué de esta observación.

Evidentemente, las consecuencias de una caída son totalmente imprevisibles y fruto de múltiples factores.^{9,10,11} De hecho, aspectos como la zona de impacto, la posición, el estado

Figura 1

La Colla castellera Minyons de Terrassa realizando el 4 de 9 amb folre.



físico y las lesiones previas del individuo, la forma de producirse la contusión y la tensión muscular protectora de la zona, entre otros, determinarán el que un mismo impacto pueda provocar grandes lesiones en una persona y dejar indemne a otra. Aun así, la posibilidad de lesión deriva, en último término, de la cantidad de energía liberada en el choque.^{12,13} Es por ello por lo que creemos que una vía para intentar explicar estas observaciones podría ser el análisis de la energía potencial que adquiere cada *casteller* al subir hasta su piso correspondiente del *castell* y que, durante la caída, se transforma en energía cinética determinando finalmente las fuerzas de deformación en el impacto.^{14,15} Claro está que para el cálculo de la energía potencial se requiere conocer el peso del individuo y la altura desde la que cae. El objeto de este estudio consi-

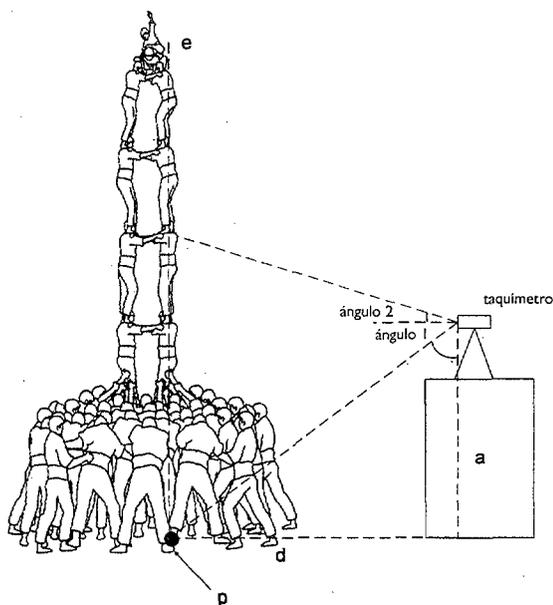
⁸ POM DE DALT: los tres últimos pisos del castell formada por los dosos, el acotador y el ananeta. Lo componen los más jóvenes de la colla y suele denominárseles la canalla (los niños).

^h 4 DE 8: La nomenclatura de los castells incluye dos cifras. La primera nos indica el número de castellers destinados a cada piso (en este caso 4) y la segunda el número de pisos que tiene la construcción (en este caso 8).

ⁱ TRONC DEL CASTELL: parte del castell que va desde los BAIXOS (casteller situado en el primer piso del castell y, por lo tanto, que toca el suelo y carga sobre sus hombros el resto de los compañeros) hasta el piso inmediatamente inferior al de los DOSOS (miembros de la canalla que forman el piso antepenúltimo del castell y que siempre son dos).

Figura 2

Para realizar las mediciones se colocó el taquímetro en una zona elevada y se marcó un punto en el suelo (p) que indicaba el origen de un eje imaginario (e) que pasaba por en medio del pilar¹ a analizar. La primera lectura nos permitió conocer la distancia entre la estación de medida (d) y el punto, así como el desnivel (a) entre el lugar en que se situaba el taquímetro y el suelo y el ángulo formado por las dos líneas (ángulo 1). En las siguientes mediciones se midió simplemente el valor del ángulo formado entre la línea que une la estación y el hombro del casteller a analizar y la horizontal (ángulo 2). Un simple cálculo trigonométrico nos permite deducir la altura para cada piso producto de la distancia horizontal (d) para la tangente del ángulo medido (ángulo 2).



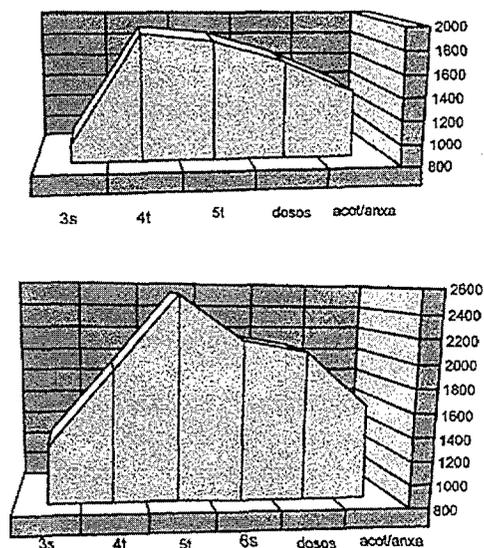
rá en determinar estos valores y, a partir de ellos, la energía potencial propia de cada piso del castell y el riesgo teórico de lesión correspondiente. Además, ya que cuanto más alto sea el castell más necesario se hace aligerar su peso,¹⁶ también queremos evaluar la influencia que ello comporta en el cambio de altura de un castell a otro superior (por ejemplo, pasar de un castell de siete pisos a uno de ocho). En este sentido, ya que parece ser que el futuro inmediato de algunas de las colles de máximo nivel pasa por intentar eliminar el folre de los castells,¹⁷ también queremos evaluar el cambio de las energías al pasar de un castell con folre a uno sin él. Así pues, habrá que

¹ PILAR o RENGLLE: cada una de las columnas que constituyen la estructura de un castell.

Gráfico 1

Energías de impacto en castells de ocho y nueve pisos.

Se muestran las diferentes energías de impacto (en Julios) por cada uno de los pisos de un castell de vuit (superior) y de nou amb folre (inferior) si la caída fuera en ambos casos, hasta la piña. En el castell de vuit la máxima energía se observa a nivel de los quarts i en el de nou en los quints.



evaluar si, aunque en el 4 de 9 sin folre el peso de los castellers tiende a disminuir, la reducción del trayecto de la caída cuando existe folre (rara vez los castellers salen disparados y van a parar directamente a la piña) llega a compensar el factor negativo del peso superior de los castellers.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante los ensayos de la Colla castellera Minyons de Terrassa, mediante un taquímetro modelo Estación Total Electrónica TOPCON GTS-203, se determinó a qué altura se situaban los pies de cada casteller en una construcción de siete y de ocho pisos. El procedimiento empleado queda esquematizado en la Figura 2. La altura de los castells se determina de nuevo indirectamente midiendo la distancia desde el suelo hasta el hombro de los cuatro castellers de cada piso (no durante la realización de un castell, sino cuando todos están a pie plano), haciendo después la media de los valores y sumando cada uno de los pisos. En este caso se ignoró el pequeño cambio de altura derivado del hecho que la postura corporal en el castillo suele implicar un cierto grado de flexión de rodillas o dorsal y, aún más imperceptible, un cierto grado de pérdida de la altura de los discos vertebrales por la compresión axial generada por la carga. Al mismo tiempo se pesó a los castellers que ocupaban cada piso en el 4 de 7, el 4 de 8, el

Gráfico 2

Cambio de la energía potencial al aumentar la altura del castell.

Figuran las distintas energías de impacto (en Julios) por cada uno de los pisos en función de los distintos castells (siete, ocho, nueve con folre y nueve sin folre). Hay que tener en cuenta que el impacto se calcula a nivel de la piña a excepción del de nueve con folre, que se calcula a nivel del folre. Los cambios más importantes son el paso de castell de siete al de ocho y del de nueve con folre al de nueve sin folre.

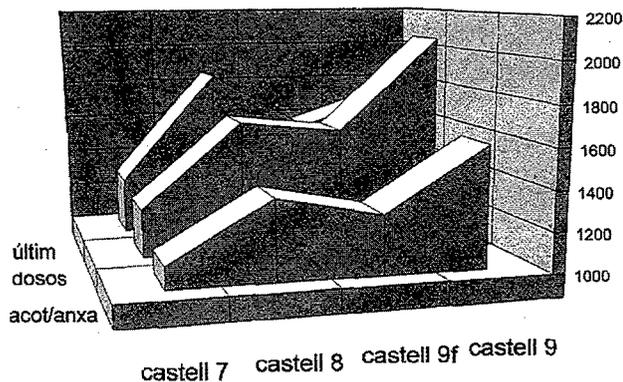


Tabla I

Altura en metros, a la que se pone el pie del casteller en los distintos castells.

	Castell 7	Castell 8	Castell 9
Segundo	1,66	1,55	1,41
Tercero	3,7	3,13	2,83
Cuarto	4,42	4,5	4,29
Quinto	—	5,79	5,74
Sexto	—	—	7,05
Doses	5,6	6,98	8,55
Anxaneta	6,67	8,3	9,3

Tabla II

Pesos, en kilogramos, de una de las hileras del 4 de 7, 4 de 8, 4 de 9 con folre y 4 de 9 sin folre según las alineaciones de los castells realizados durante las Vigilias y la Diada de la colla Minyons de Terrassa en 1996.

	Castell 7	Castell 8	Castell 9 amb folre	Castell 9 sense folre
Tercero	75	60	80	75
Cuarto	60	65	65	65
Quinto	—	44	60	54
Sexto	—	—	40	37
Doses	31	31	31	31
Anxaneta	22	21	21	21

3 de 9 con folre y el 4 de 9 sin folre realizados durante la Vigilia^k y la Diada de la Colla^l del mes de noviembre de 1996 y se calculó la media de los valores obtenidos. Con estos datos se calculó la energía potencial correspondiente a cada piso y a cada castell según la fórmula $E_p = mgh$ en la que m es la masa en kilogramos; g es $9,8\text{m/s}^2$, la fuerza de la gravedad; y h la altura en metros; y el resultado se expresa en Julios (J).

RESULTADOS

La Tabla I resume las alturas obtenidas por cada uno de los castells y la Tabla II los pesos. En el cálculo de la energía potencial los valores máximos de cada castell se da en los pisos cuartos del castell de siete pisos (1287,7 J) y quintos en el de ocho (1849,8 J), el de nueve con folre (1640,5 J si el impacto se calcula a nivel del folre y 2522,5 J si se calcula a nivel de la piña) y el de nueve sin folre (2270 J). En la Tabla III se resumen el resto de valores necesarios para calcular la energía potencial.

DISCUSIÓN

En primer lugar, nos sorprende observar cómo nuestros datos referentes a las alturas en un castell de nueve pisos son

bastante superiores a los obtenidos en el estudio realizado con digitalización y análisis de la imagen por ordenador llevado a cabo en el CAR de Sant Cugat¹⁸ (ver Tabla III). Estas diferencias corroboran la suposición planteada por los mismos autores del citado estudio en el sentido de que pueda existir cierto sesgo en sus datos debido a que las medidas de altura implicaban realizar mediciones de puntos muy alejados del suelo, donde se toman normalmente las medidas referenciales que permiten efectuar cálculos posteriores en el ordenador. Así pues, cuanto más alto sea el castell, más error puede existir en la medición. Es por ello por lo que consideramos que la altura más probable para un castell de nueve pisos es de 9,72 metros (los 9,3 metros calculados en nuestro estudio hasta el nivel del hombre de los doses más 42 cm correspondientes al anxaneta agachado a la altura de las orejas, el mismo punto en el que tomaron las medidas en el trabajo del CAR) y no de 8,3 metros obtenidos en el citado estudio.¹⁸

En cualquier caso, incluso si nuestros datos también hubieran sufrido algún tipo de sesgo o inexactitud, las variacio-

^k VIGILIA: Actuación casteller que se realiza el día anterior a una actuación importante (p.ej. actuación de la fiesta mayor o de la diada de una colla).

^l DIADA: Suele ser sinónimo de actuación casteller, pero que se acostumbra a usar como la jornada en que una colla celebra anualmente su final de temporada. En ella la colla acostumbra a intentar sus mejores castells.

Tabla III

Altura del hombro, en metros, calculada mediante un taquímetro (Minyons) y el análisis de imagen digitalizada (CAR).

	Minyons	CAR
Segundo	1,41	1,55
Tercero	2,83	3
Cuartos	4,29	4,07
Quintos	5,74	5,27
Sextos	7,05	6,39
Doses	8,55	7,39
Anxaneta	9,3	8,24

nes habrían sido mínimas y, sobre todo, constantes en cada piso, los resultados correspondientes a las energías potenciales mantendrían las mismas proporciones e indicarían los mismos pisos como los de mayor riesgo.

En términos generales, tal como ya hemos indicado, es un hecho reconocido que cuanto más alto sube un *casteller*, su peso suele ser más ligero y, de hecho, nuestros datos así lo confirman. Esto hará que, al variar la energía potencial en función del peso y la altura a la que sube un *casteller*, el piso de máxima energía potencial (y de mayor riesgo teórico) se sitúe donde el producto entre las dos variables sea más desfavorable. Por ello no es de extrañar que en los datos obtenidos en nuestro estudio los valores máximos de energía potencial no se den en ningún *castell* a nivel del *pom de dalt*. Este dato concuerda y explica la observación hecha en los estudios epidemiológicos citados anteriormente en los que no se registra una incidencia elevada de lesiones en los niños *castellers*.^{5,7,8} En concreto, el interesante estudio realizado por Armengol sobre un total de 101 casos de accidentes de *castellers* atendidos en los servicios de urgencias de los hospitales de la zona de Vilafranca del Penedès y Vilanova i la Geltrú durante los años 1977 a 1988, constató que el número máximo de lesiones se sitúa en la parte media del tronco y la piña del *castell*.⁸ Estos son precisamente los dos puntos en los que la energía intercambiable es mayor. Nuestros cálculos demuestran cómo los pisos cuartos y quintos (la parte media del tronco) son los que presentan más riesgo de lesión. En cuanto a la piña, al ser el lugar en que finalmente acaban intercambiando sus energías cinéticas cada uno de los *castellers* de los diferentes pisos, es lógico observar un porcentaje similar de lesiones en ellos que en la parte media del *castell*.

Con respecto al análisis del cambio de riesgo de lesión, al aumentar la dificultad del *castell*, notamos que los puntos críticos son el paso de *castells* de siete a *castells* de ocho y del

de nueve con *folre* a nueve sin *folre*. También observaron que, por el contrario, el paso de *castells* de ocho a *castells* de nueve con *folre* (por la conjunción de la disminución del peso de los *castellers* que suben y el efecto del *folre* al acortar el trayecto de caída) incluso puede implicar una disminución del riesgo de lesión. Esta observación adquiere su máxima importancia cuando analizamos la progresión actual de las *colles* castelleras y descubrimos que muchas de ellas (28 en la temporada 1997) están a las puertas de conseguir sus primeros *castells* de ocho o están trabajando para conseguirlos y las de máximo nivel para conseguir los *castells* sin *folre*, dos cambios éstos que suponen un aumento más elevado de las energías posibles de impacto. Por este motivo creemos que se debe extremar la prudencia a fin de evitar que los próximos años se caractericen por un aumento de la siniestralidad *castellera*.

Tal como hemos explicado anteriormente, el *folre*, además de representar un apoyo para los *castellers* del tercer piso, reviste una gran importancia en la reducción del riesgo de lesiones por el mero hecho de que acorta el trayecto de caída. Pero a pesar de que no existe ninguna prueba que nos permita afirmarlo categóricamente, consideramos que también podría contribuir a reducir el riesgo de un segundo aspecto. No es necesario saber mucho de *castells* para entender que es muy importante que la piña sea lo más compacta posible. Así se garantiza que la base no se deforme con el peso del tronco. Esta solidez se consigue poniendo el máximo número de *castellers* haciendo círculos concéntricos alrededor del *castell* y haciendo que cada uno de ellos ejerza presión hacia el centro. En el caso del *folre*, el número reducido de *castellers* que lo forman y el que no haya ningún *casteller* en el interior del piso de segundos que pueda contrarrestar la presión ejercida desde fuera, hacen que la fuerza realizada sea más baja y la compactación mucho menor. En definitiva esto hace que la piña sea una estructura mucho más dura (que absorba menos energía) que el *folre* y, por lo tanto, sea un lugar peor al que ir a caer.

Es evidente que el hecho de que los datos del presente estudio estén calculados en función de las alineaciones realizadas por la *Colla Minyons* de Terrassa, posibilita que en otras formaciones *castelleras* no se registren exactamente los mismos valores. No obstante, consideramos que los resultados sí que son indicativos y nos acercan en gran medida a lo que puede ser el riesgo teórico de lesión en los *castells* en general. Por ello nos atrevemos a hacer las siguientes recomendaciones:

1. Aligerar los *castells* (hacerlos con *castellers* menos pesados) no sólo es una estrategia para aumentar las posibili-

dades de èxit de un *castell* sino també una forma de disminuir el risc de lesió.

2. Hay que ser consciente de que el paso de *castells* de siete a *castells* de ocho y de nueve con *folre* a de nueve sin *folre* entrañan un aumento considerable de las posibles energías de impacto. Por ello es necesario que las *colles* aborden estos cambios cuando estén realmente preparados técnica, física y psíquicamente para hacerlo.
3. Es necesario instruir a los *castellers*, especialmente a los que, según los cálculos de la energía potencial, están en posiciones de mayor riesgo (cuartos, quintos y piña), para que sean conscientes del peligro que comporta cada *castell* y puedan tomar las medidas preventivas necesarias.

CONCLUSIONES

Según nuestras medidas y a diferencia de los resultados obtenidos en otros estudios, los *castells* de nueve pisos presentan

una altura aproximada de 9,72 metros y a diferencia de lo que se acostumbra a pensar, no son los pisos superiores del *castell*, a los que suben los niños, los de mayor riesgo de teórico de lesión. Este riesgo se sitúa en el piso de cuartos y de quintos en los *castells* de ocho, de nueve con *folre* y de nueve sin *folre*.

El *folre* se convierte en factor de protección de las caídas. Esto, además del hecho de que cuanto más alto sea el *castell* menos pesan sus componentes, determina que, pese al incremento considerable de las cifras de energía potencial y, por lo tanto, del riesgo teórico de lesión, al pasar de un *castell* de siete pisos a uno de ocho, existe una disminución al pasar de este último a uno de nueve con *folre* y, de nuevo, un incremento importante al abordar los *castells* de nueve sin *folre*.

Por ello se recomienda a las *colles* de *castellers* que tengan especial prudencia a la hora de decidir abordar estos cambios de nivel, al menos desde el punto de vista de la energía potencial, ya que es en ellos donde se observa un mayor incremento del riesgo teórico de lesión.

Bibliografía

- 1 BROTONS X. Història. Els orígens. A *Castells i Castellers. Guia pràctica del món casteller*. Barcelona: Linx Edicions, 1995; 57-58.
- 2 ROSET J. L'activitat física al castell. A *Prevenió de lesions en els castellers*. Barcelona: Ed. Codipre, 1994; 28-39.
- 3 BEUMALA J, BROTONS X: Elements esportius dels castells. A *Llibre de ponències del II Congrés de Cultura Popular i Tradicional Catalana*. Barcelona: Departament de Cultura. Generalitat de Catalunya, 1996; 106-108.
- 4 Web a Internet de la Colla Jove dels Xiquets de Valls: <http://www.fut.es/~cjxt/EST/1996/peto01.htm>.
- 5 ROSET J. Valoració estadística de les lesions castelleres de les temporades 93-94. Memòria de la II Jornada de Prevenció de Lesions en el Món Casteller. Juny 1995; Tarragona: Hospital Sta Tecla i St Pau, 1995.
- 6 ROSET, J. Castells, un risc controlat. Suplement Ciència y vida. La Vanguardia. 15 juliol 1995: 10-11.
- 7 ROSET, J. Incidència de lesions en la canalla. Memòria de la IV Jornada de Prevenció de Lesions dels Castellers. Maig 1997; Vilanova i la Geltrú: Colla Casteller Bordegassos de Vilanova, 1997 (també consultable per internet a: <http://www-eupug.upg.upc.es/bdgs/index.htm>).
- 8 ARMENGOL J. Lesions traumàtiques dels castellers. Ann. Med. (Barc.). 1990; 76: 149-153.
- 9 ARNHEIM D. Mecanismos, características y clasificación de las lesiones deportivas. A *Medicina deportiva. Fisioterapia y entrenamiento atlético*. Madrid: Mosby/Doyma Libros, 1994; 134-173.
- 10 LACHMANN S; JENNER JR. Soft Tissue Injuries in Sports. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1994.
- 11 VAFIDIS JA. Injuries to the head and spine. A MacLatchie GR, Lennox CME, editors. *The Soft Tissues. Trauma and Sport Injuries*. Oxford: Butterworth-Heinemann Ltd, 1993; 213-229.
- 12 FIRTH JL. Head Injuries. A Hutson A, editor. *Sports Injuries. Recognition and Management*. Oxford: Oxford University Press, 1996; 17-24.
- 13 VAN MECHELEN W. Head Injuries. A Renström PAFH, editor. *Clinical Practice of Sports Injury prevention and care*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1994; 3-12.
- 14 BÄUMLER G, SCHNEIDER K. *Biomecànica deportiva. Fundamentos para el estudio y la práctica*. Barcelona: Ed. Martínez Roca, 1989; 126-130.
- 15 SMITH T. *Biomecànica y gimnasia*. Barcelona Ed. Paidotribo, 1993; 119-125.
- 16 BROTONS X. Tots els castells. Quatre de nou sense folre. A *Castells i Castellers. Guia pràctica del món casteller*. Barcelona: Linx Edicions, 1995; 188-189.
- 17 BROTONS X. Història. La segona època d'or. A *Castells i Castellers. Guia pràctica del món casteller*. Barcelona: Linx Edicions, 1995; 79.
- 18 BALIUS X, TURRÓ C, CARLES J, SINGLETON W. Assaig de la mesura de castells a través de la digitalització d'imatges. A *Ciència i Castells*. Terrassa: Ed. Minyons de Terrassa, 1996.