

Estudio comparativo del dolor, el rango de movimiento, la fuerza y la extensibilidad en jugadores de balonmano

Comparative study of pain, range of motion, strength and extensibility in handball athletes

Ceballos-Laita L, Mingo-Gómez MT, Medrano-de-la-Fuente R, Hernando-Garijo I, Jiménez-del-Barrio S
Departamento de Cirugía, Oftalmología, Otorrinolaringología y Fisioterapia. Facultad de Ciencias de la Salud.
Universidad de Valladolid. Valladolid. España

Correspondencia:
Luis Ceballos-Laita
luis.ceballos@uva.es

Recibido: 31 mayo 2021
Aceptado: 28 junio 2021

RESUMEN

Introducción: la aparición de dolor en el hombro en el brazo lanzador de jugadores de balonmano parece estar relacionada con cambios en el rango de movimiento, la fuerza y la extensibilidad de los tejidos de la parte posterior. *Objetivo:* comparar el rango de movimiento, la fuerza y la extensibilidad entre el brazo lanzador y no lanzador en jugadores de balonmano con dolor en el hombro. *Material y método:* se diseñó un estudio comparativo en jugadores semiprofesionales de balonmano. Se registraron las variables de intensidad de dolor, rango de movimiento de rotación interna y externa, fuerza isométrica de rotación interna y externa y extensibilidad en el brazo lanzador y no lanzador. *Resultados:* se incluyeron 17 jugadores de balonmano semiprofesionales con dolor de hombro. El brazo lanzador de los jugadores de balonmano mostró una disminución estadísticamente significativa del rango de movimiento de rotación interna ($p < 0,001$) y de la extensibilidad de los tejidos de la parte posterior ($p = 0,006$), y un aumento estadísticamente significativo del rango de movimiento de rotación externa ($p = 0,039$) y de la fuerza isométrica de rotación externa ($p = 0,019$). *Conclusión:* los jugadores de balonmano semiprofesionales con dolor en el brazo lanzador presentan una disminución del rango de movimiento de rotación interna, un aumento del rango de movimiento de rotación externa, un aumento de la fuerza de rotación externa y una disminución de la extensibilidad de los tejidos de la parte posterior en comparación con el brazo no lanzador.

Palabras clave: balonmano, dolor de hombro, rango de movimiento, fuerza, extensibilidad.

ABSTRACT

Background: shoulder pain in the throwing shoulder of handball athletes seems to be related to changes in the range of motion, strength and extensibility of the tissues of the posterior part of the shoulder. *Objective:* to compare the range of motion, strength and extensibility between the throwing and non-throwing shoulder in handball athletes with shoulder pain. *Material and methods:* a comparative study was carried out in semiprofessional handball athletes. The registered variables were pain intensity, internal and external rotation range of motion, internal and external isometric strength and extensibility in the throwing and non-throwing shoulders. *Results:* seventeen semi-professional handball athletes with shoulder pain were included. The throwing shoulder showed a statistically significant decrease in internal rotation range of motion ($p < 0.001$) and in the extensibility of the posterior part of the tissues ($p = 0.006$), and a statistically significant increase in the external rotation range of motion ($p = 0.039$)

and in the external rotation strength ($p = 0.019$). Conclusion: semi-professional handball players with shoulder pain in the throwing shoulder present a decrease in internal rotation range of motion, and increase in external rotation range of motion, and increase in the external rotation isometric strength and a decrease in the extensibility of the tissues of the posterior part of the shoulder compared to the non-throwing shoulder.

Keywords: handball, shoulder pain, range of motion, strength, extensibility.

INTRODUCCIÓN

El balonmano es uno de los deportes que más popularidad presenta a nivel mundial. Se estima que actualmente existen más de 27 millones de jugadores^(1,2). Este deporte presenta una amplia variedad de lanzamientos⁽³⁻⁷⁾, llegando a describirse hasta 16.000 posiciones diferentes del complejo articular del hombro^(8,9). Esta amplia variedad de posiciones y lanzamientos con grandes brazos de palanca a gran velocidad se ha mostrado relacionada con la aparición de dolor por sobreuso en el brazo lanzador. La prevalencia de este dolor se ha situado entre el 30,0 y el 42,2 % en esta población^(6,10).

Los principales hallazgos en estos pacientes con dolor son la reducción del rango de movimiento (ROM) de rotación interna (denominado como déficit de rotación interna GIRD) y el aumento de la rotación externa (denominado como ganancia de rotación externa ERG) en el brazo lanzador, en comparación con el no lanzador^(11,12). Diversos autores mostraron que los pacientes con dolor en el brazo lanzador presentaban valores de GIRD y de ERG superiores a 15° y 10,3°, respectivamente^(3,13,14).

Diversos autores han propuesto que estos cambios en el ROM podrían estar relacionados con la restricción de los tejidos de la parte posteroinferior del hombro (cápsula articular, parte inferior del ligamento glenohumeral y músculos rotadores)^(12,15). La restricción de estos tejidos podría provocar cambios biomecánicos y musculares. A nivel biomecánico la restricción de la parte posteroinferior parece producir un cambio del centro de rotación de la cabeza humeral generando un aumento de tensión en la parte anterior de la cápsula y ligamentos^(4,11-13,15-17). A nivel muscular, la restricción de los tejidos y los cambios en el ROM podrían provocar una demanda muscular diferente, favoreciendo la aparición de desequilibrios musculares en la musculatura con función rotadora del hombro^(14,18).

Sin embargo, no se han encontrado estudios en la literatura que comparen las variables de ROM de rotación interna y externa, fuerza de rotación interna y externa y extensibilidad de la parte posterior entre el brazo lanzador y no lanzador en jugadores de balonmano. En este sentido, el objetivo del presente estudio fue comparar el ROM, fuerza isométrica y extensibilidad de los tejidos entre el brazo lanzador con dolor y no lanzador en jugadores de balonmano.

MATERIAL Y MÉTODO

Diseño del estudio

Se diseñó un estudio transversal en septiembre de 2020 siguiendo los criterios STROBE⁽¹⁹⁾. Este estudio recibió la aprobación del Comité de Investigaciones Clínicas de Valladolid Este (CASVE-NM-21-504), y se realizó acorde a los principios éticos de la Declaración de Helsinki (2013) y de Taipei (2016), y todos los participantes fueron informados del objetivo del estudio y firmaron el consentimiento informado.

Participantes

Se reclutaron jugadores semiprofesionales de balonmano del Club Balonmano Soria de primera nacional. Ninguno de ellos desempeñaba otra profesión laboral que involucrara al miembro superior de una manera similar.

Se incluyeron participantes masculinos, mayores de edad, que presentaran dolor en el brazo de lanzamiento en el momento de la medición, que estuvieran en activo y que entrenaran con una frecuencia de al menos 3 días por semana. Los participantes fueron excluidos si habían presentado fracturas, luxaciones en cualquiera de los

miembros superiores, si estaban bajo algún tipo de tratamiento farmacológico o si habían recibido tratamiento fisioterapéutico en la región del hombro en el último mes.

Procedimiento

Tras la lectura y firma del consentimiento informado se llevó a cabo la recogida de variables sociodemográficas entre las que se incluyeron: edad, talla, peso, Índice de Masa Corporal (IMC), y lado dominante (definido como el brazo principal utilizado para lanzar un balón).

Posteriormente se registraron las variables dependientes entre las que se incluyeron la intensidad del dolor, el ROM de rotación interna y externa, la fuerza muscular de rotación interna y externa, y la extensibilidad de los tejidos de la parte posterior de ambos miembros superiores. El registro de las variables dependientes fue realizado por dos evaluadores cegados que no conocían el objetivo del estudio.

La intensidad del dolor se valoró mediante la escala numérica del dolor (NPRS) de 11 puntos en la cual el 0 representa *nada de dolor* y el 10 *el peor dolor imaginable*. Esta escala ha mostrado un Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI) de 0,71-0,88⁽²⁰⁾.

El ROM de rotación interna y externa fue registrado mediante inclinometría utilizando la app Clinometer, siguiendo el protocolo establecido por Fieseler y cols.⁽³⁾. El participante se posicionó en decúbito supino con el brazo en abducción de 90° y con una toalla bajo el mismo para asegurar la horizontalidad. El evaluador estabilizó manualmente la escápula y movió el antebrazo hacia rotación interna y externa hasta que la escápula comenzaba a moverse. Este protocolo ha mostrado una fiabilidad excelente mostrando un CCI de 0,85⁽²¹⁾. Cada medición se realizó tres veces y se consideró la media de las tres para el análisis estadístico.

Tras la obtención de estos valores se calculó el ROM total (tROM) (suma de los valores medios de rotación interna y externa), el GIRD (diferencia entre la rotación interna del brazo lanzador y no lanzador) y el ERG (diferencia entre la rotación externa del brazo lanzador y no lanzador).

La fuerza muscular fue registrada mediante el dinamómetro manual Lafayette modelo 01165 siguiendo el

protocolo descrito por Romero-Franco y cols.⁽²²⁾. El paciente se posicionó en decúbito supino con el brazo horizontal a 90° de abducción. Se colocó el dinamómetro en la parte distal y dorsal del antebrazo para resistir el movimiento de rotación externa, y en la parte distal y ventral del antebrazo para resistir el movimiento de rotación interna. Este protocolo ha mostrado una fiabilidad excelente con un CCI de 0,95 para la rotación interna y de 0,96 para la rotación externa⁽²²⁾. Se solicitó una contracción de 3 a 5 segundos con un intervalo de descanso de un minuto. Cada medición se realizó tres veces y se consideró la media de las tres para el análisis estadístico.

La extensibilidad de los tejidos de la parte posterior del hombro fue valorada mediante inclinometría utilizando la aplicación móvil Clinometer siguiendo el protocolo descrito por Tyler y cols.^(23, 24). El paciente se colocó en decúbito lateral. El evaluador estabilizó la escápula manualmente y dejó caer el húmero en aducción horizontal. Si el húmero se detenía en la horizontal se consideró como 0°, si quedó por debajo de la horizontal se registró como positivo y si quedó por encima como negativo. El inclinómetro se colocó en la parte distal del brazo. Este protocolo ha mostrado una excelente fiabilidad con un CCI de 0,92⁽²³⁾. Cada medición se realizó tres veces y se consideró la media de las tres para el análisis estadístico.

Análisis estadístico

Se llevó a cabo el análisis estadístico mediante el programa informático *Statistical Product And Service Solutions* (SPSS) versión 20.0 para Windows (IBM SPSS, Chicago, IL, USA). Se evaluó la normalidad de todas las variables continuas mediante el test estadístico Shapiro-Wilk de forma previa al análisis comparativo. Se incluyó en el análisis descriptivo la media (M) y la desviación típica (DT) para resumir las características de los participantes correspondientes a las variables continuas de distribución normal, y la mediana y el rango intercuartílico para resumir las que presentaban una distribución no normal. El análisis comparativo de muestras independientes se llevó a cabo utilizando el test paramétrico de la t de Student o el test no paramétrico de U de Mann Whitney para analizar las diferencias entre ambos grupos

en función de la normalidad de las variables continuas. El análisis comparativo de las variables nominales y ordinales se realizó usando el test exacto de Fisher por las características de las variables. La significación estadística se estableció en 0,05 con un 95 % de intervalo de confianza y un p-valor menor a 0,05.

RESULTADOS

Se incluyeron en el estudio 17 jugadores semiprofesionales de balonmano con una edad de 23,00 (18-24) años, una altura media de 186,94 (7,34) cm, un peso medio de 85,83 (11,21) kg, y un IMC de 23,51 (22,86-25,57) Kg/m². La muestra estuvo compuesta por 14 (82,35 %) jugadores diestros y 3 (17,64 %) zurdos, y la media de años jugando al balonmano fue de 12,41 (5,25) años.

En relación con las variables dependientes, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el brazo lanzador y no lanzador en el dolor, el ROM de rotación interna y externa, la fuerza de rotación externa y la extensibilidad de los tejidos. El brazo lanzador presentó de media 13,29 (9,38)^o menos de ROM de ro-

tación interna y 6,70 (13,15)^o más de ROM de rotación externa que el brazo no lanzador. También presentó una mayor fuerza de rotación externa ($p = 0,019$) y una menor extensibilidad de los tejidos de la parte posterior ($p = 0,006$) en comparación con el brazo no lanzador. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el tROM ($p = 0,052$) ni en la fuerza de rotación interna ($p = 0,836$) entre ambos brazos (tabla 1).

DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio mostraron que el brazo lanzador con dolor de los jugadores de balonmano semiprofesionales presentaba un menor ROM de rotación interna, un mayor ROM de rotación externa, una mayor fuerza de rotación externa y una menor extensibilidad de los tejidos de la parte posterior.

La disminución del ROM de rotación interna y el aumento de rotación externa se ha considerado una adaptación fisiológica a los gestos de lanzamiento repetidos y no se relacionan con la aparición de dolor si el GIRD y el ERG se presentan por debajo de los 10^o(3, 13, 14). En

TABLA 1. Resultados del análisis comparativo entre el brazo lanzador y no lanzador.

	Brazo lanzador Media (DE)	Brazo no lanzador Media (DE)	p-valor
NPRS (pts)	3,78 (1,40)	0,00 (0,00)	<0,001
ROM RI (°)	39,29 (10,52)	52,59 (7,16)	<0,001
ROM RE (°)	100,18 (8,57)	93,42 (10,77)	0,039
tROM (°)	139,41 (10,41)	145,94 (10,55)	0,052
GIRD (°)	-13,29 (9,38)	-	-
ERG (°)	6,70 (13,15)	-	-
Fuerza RI (Kg)	13,93 (2,90)	13,98 (2,01)	0,836
Fuerza RE (Kg)	16,17 (3,48)	14,92 (2,78)	0,019
Extensibilidad (°)	-15,08 (7,13)	-6,94 (6,98)	0,006

DE: Desviación Estándar; NPRS: Escala numérica del dolor; ROM: Rango de movimiento; RI: Rotación interna; RE: Rotación externa; tROM: Rango de movimiento total; GIRD: Déficit de rotación interna; ERG: Aumento de rotación externa.

cambio, cuando los valores son superiores a estos, los jugadores de balonmano presentan un riesgo de 2 a 4 veces mayor de manifestar dolor en el hombro y lesiones como inestabilidad anterior de la cabeza humeral, síndrome de *impingement* o lesiones en la parte anterior o posterior del labrum^(4, 11-13, 15-17). Los resultados mostrados en nuestro estudio presentan un GIRD por encima de los 10°, coincidiendo de este modo con los resultados obtenidos por otros autores en jugadores de balonmano con dolor en el hombro. Sin embargo, el ERG mostrado es inferior al determinado por otros autores en lanzadores con dolor de hombro.

Se encontraron valores similares de fuerza de rotación interna y de rotación externa en el brazo lanzador. El brazo lanzador mostró una mayor fuerza de rotación externa que el brazo no lanzador. Estas diferencias podrían venir determinadas porque el brazo lanzador recibe una mayor carga durante los entrenamientos y durante la temporada. Otros autores que investigaron la fuerza isométrica de los rotadores de hombro mostraron que la debilidad de los rotadores externos del hombro, o diferencias en los ratios de fuerza entre los rotadores internos y externos del hombro, son un factor de riesgo para sufrir lesiones de hombro^(14, 25-27).

Acerca de la extensibilidad de los tejidos de la parte posterior, los resultados mostraron que el brazo lanzador presenta una reducción de la extensibilidad de los tejidos del brazo lanzador en comparación con el brazo no lanzador. A pesar de que la restricción de estos tejidos es una de las adaptaciones que parecen estar relacionadas con los cambios en el ROM^(17, 28, 29), no se han encontrado estudios que valorasen la extensibilidad en esta población.

La restricción de los tejidos de la parte posterior del hombro, entre los que se definen la cápsula articular y la musculatura, parece producir un cambio del centro de rotación de la cabeza humeral, favoreciendo su anteriorización^(17, 28, 29). Esto podría explicar los hallazgos clínicos de aumento del ROM de rotación externa y de restricción del ROM de rotación interna. En base a ello, la restricción del tejido posterior podría ser la primera adaptación estructural que sufren los jugadores de balonmano semiprofesionales^(12, 15). Por lo tanto, la valoración de la extensibilidad de los tejidos de la parte posterior podría ser una variable que debe considerarse en deportistas que realicen gestos de lanzamiento.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el tROM entre ambos brazos, lo que podría ser debido a que la disminución o restricción del ROM de rotación interna podría compensarse aumentando el ROM de rotación externa para mantener un tROM similar entre ambos brazos, a pesar de las diferentes adaptaciones mostradas entre los dos brazos.

Este estudio presenta una serie de limitaciones. En primer lugar, solo se incluyeron varones que practicaran balonmano de forma semiprofesional, por lo que los resultados no son extrapolables a otras poblaciones. En segundo lugar, el número de participantes incluidos en cada grupo es reducido y podría no ser suficientemente representativo de la población. Por otro lado, el diseño transversal del estudio no permite realizar asociaciones causa-efecto de las diferencias encontradas.

Futuros estudios deberían investigar los valores que puedan ser clasificados como normativos para las diferentes variables estudiadas en función de la edad y género. También sería recomendable el estudio de grupos más amplios, incluyendo mujeres, y con diseños metodológicos que permitan el seguimiento de los sujetos en el tiempo para poder establecer asociaciones causales.

CONCLUSIÓN

Los resultados de este estudio mostraron que los jugadores de balonmano semiprofesionales con dolor en el brazo lanzador presentan una disminución del ROM de rotación interna, un aumento del ROM de rotación externa, un aumento de la fuerza de rotación externa y una disminución de la extensibilidad de los tejidos de la parte posterior en comparación con el brazo no lanzador.

RESPONSABILIDADES ÉTICAS

Protección de personas y animales. Los procedimientos que se han seguido en este estudio cumplen los principios básicos de la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, actualizada en 2013 en Fortaleza (Brasil) y complementada con la Declaración de Taipei de 2016, sobre las consideraciones éticas sobre las bases de datos de salud y los biobancos.

Confidencialidad y consentimiento informado.

Los autores declaran ser los responsables de llevar a cabo los protocolos establecidos por sus respectivos centros para evaluar a los sujetos voluntarios incluidos en el estudio con finalidad de investigación y divulgación científica y garantizan que se ha cumplido la exigencia de haber informado a todos los sujetos del estudio, que han obtenido su consentimiento informado por escrito para participar en el mismo y que están en posesión de dichos documentos.

Confidencialidad de los datos y derecho a la privacidad. Los autores declaran que se ha cumplido con la garantía de la privacidad de los datos de los participantes en esta investigación y manifiestan que el trabajo publicado no incumple la normativa de protección de datos de carácter personal, protegiendo la identidad de los sujetos tanto en la redacción del texto. No se utilizan nombres, ni iniciales, ni números de historia clínica del hospital (o cualquier otro tipo de dato para la investigación que pudiera identificar al paciente).

Conflicto de intereses. Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Financiación. Este estudio no recibió financiación.

Contribuciones de autoría. Todos los autores de este estudio cumplen con los criterios de autoría. Todos han participado en el diseño, desarrollo, redacción, supervisión y revisión del estudio y han tenido acceso completo a su contenido y han aprobado la versión final presentada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sporiš G, Vuleta D, Milanović D. Fitness profiling in handball: Physical and physiological characteristics of elite players. *Coll Antropol.* 2010; 34(3): 1009–14.
2. Zaremski JL, Zeppieri G, Tripp BL. Sport specialization and overuse injuries in adolescent throwing athletes: A narrative review. *J Athl Train.* 2019; 54(10): 1030–9.
3. Fieseler G, Jungermann P, Koke A, Irlenbusch L, Delank KS, Schwesig R. Range of motion and isometric strength of shoulder joints of team handball athletes during the playing season, part II: Changes after midseason. *J Shoulder Elb Surg.* 2015; 24(3): 391–8.
4. Seabra P, Van Eck CF, Sá M, Torres J. Are professional handball players at risk for developing a glenohumeral internal rotation deficit in their dominant arm? *Phys Sports med.* 2017; 45(2): 77–81.
5. Wagner H, Pfusterschmied J, Klous M, von Duvillard SP, Müller E. Movement variability and skill level of various throwing techniques. *Hum Mov Sci.* 2012; 31(1): 78–90.
6. Myklebust G, Hasslan L, Bahr R, Steffen K. High prevalence of shoulder pain among elite Norwegian female handball players. *Scand J Med Sci Sport.* 2013; 23(3): 288–94.
7. Wagner H, Pfusterschmied J, von Duvillard SP, Müller E. Performance and kinematics of various throwing techniques in team-handball. *J Sport Sci Med.* 2011; 10(1): 73–80.
8. Hudson VJ. Evaluation, diagnosis, and treatment of shoulder injuries in athletes. *Clin Sports Med.* 2010; 29(1): 19–32.
9. Doyscher R, Kraus K, Finke B, Scheibel M. Akutverletzungen und überlastungsschäden der schulter im sport. *Orthopade.* 2014; 43(3): 202–8.
10. Mohseni-Bandpei MA, Keshavarz R, Minoonejhad H, Mohsenifar H, Shakeri H. Shoulder pain in Iranian elite athletes: The prevalence and risk factors. *J Manipulative Physiol Ther.* 2012; 35(7): 541–8.
11. Wilk KE, MacRina LC, Fleisig GS, Porterfield R, Simpson CD, Harker P, et al. Correlation of glenohumeral internal rotation deficit and total rotational motion to shoulder injuries in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med.* 2011; 39(2): 329–35.
12. Burkhart SS, Morgan CD, Ben Kibler W. The disabled throwing shoulder: Spectrum of pathology Part I: Pathoanatomy and biomechanics. *Arthroscopy.* 2003 Apr; 19(4): 404–20.
13. Almeida GPL, Silveira PF, Rosseto NP, Barbosa G, Ejnisman B, Cohen M. Glenohumeral range of motion in handball players with and without throwing-related shoulder pain. *J Shoulder Elb Surg.* 2013; 22(5): 602–7.
14. Clarsen B, Bahr R, Andersson SH, Munk R, Myklebust G. Reduced glenohumeral rotation, external rotation weakness and scapular dyskinesis are risk factors for shoulder injuries among elite male handball players: A prospective cohort study. *Br J Sports Med.* 2014; 48(17): 1327–33.

15. Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WB. The disabled throwing shoulder: Spectrum of Pathology Part II: Evaluation and treatment of SLAP lesions in throwers. *Arthroscopy*. 2003 May-Jun; 19(5): 531-9.
16. Wilk KE, Meister K, Andrews JR. Current concepts in the rehabilitation of the overhead throwing athlete. *Am J Sports Med*. 2002 Jan 30; 30(1): 136-51.
17. Tyler TF, Nicholas SJ, Lee SJ, Mullaney M, McHugh MP. Correction of posterior shoulder tightness is associated with symptom resolution in patients with internal impingement. *Am J Sports Med*. 2010; 38(1): 114-9.
18. Forthomme B, Croisier JL, Delvaux F, Kaux JF, Crielaard JM, Gleizes-Cervera S. Preseason strength assessment of the rotator muscles and shoulder injury in handball players. *J Athl Train*. 2018; 53(2): 174-80.
19. von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandenbroucke JP, et al. Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *BMJ*. 2007 Oct; 335(7624): 806-8.
20. Jensen MP, Turner JA, Romano JM, Fisher LD. Comparative reliability and validity of chronic pain intensity measures. *Pain*. 1999; 83: 157-62.
21. Fieseler G, Jungermann P, Koke A, Irlenbusch L, Delank KS, Schwesig R. Glenohumeral range of motion (ROM) and isometric strength of professional team handball athletes, part III: changes over the playing season. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2015; 135(12): 1691-700.
22. Romero-Franco N, Fernández-Domínguez JC, Montañó-Munuera JA, Romero-Franco J, Jiménez-Reyes P. Validity and reliability of a low-cost dynamometer to assess maximal isometric strength of upper limb: Low cost dynamometry and isometric strength of upper limb. *J Sports Sci*. 2019; 37(15): 1787-93.
23. Tyler TF, Roy T, Nicholas SJ, Gleim GW. Reliability and validity of a new method of measuring posterior shoulder tightness. *J Orthop Sport Phys Ther*. 1999; 29(5): 262-74.
24. Tyler TF, Nicholas SJ, Roy T, Gleim GW. Quantification of posterior capsule tightness and motion loss in patients with shoulder impingement. *Am J Sports Med*. 2000 Sep; 28(5): 668-73.
25. Trakis JE, McHugh MP, Caracciolo PA, Busciacco L, Mullaney M, Nicholas SJ. Muscle strength and range of motion in adolescent pitchers with throwing-related pain: Implications for injury prevention. *Am J Sports Med*. 2008; 36(11): 2173-8.
26. Byram IR, Bushnell BD, Dugger K, Charron K, Harrell FE, Noonan TJ. Preseason shoulder strength measurements in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med*. 2010 Jul 20; 38(7): 1375-82.
27. Edouard P, Degache F, Oullion R, Plessis J-Y, Gleizes-Cervera S, Calmels P. Shoulder strength imbalances as injury risk in handball. *Int J Sports Med*. 2013 Feb 26; 34(07): 654-60.
28. Lin J, Yang JL. Reliability and validity of shoulder tightness measurement in patients with stiff shoulders. *Man Ther*. 2006; 11(2): 146-52.
29. Lin J, Lim HK, Yang JL. Effect of shoulder tightness on glenohumeral translation, scapular kinematics, and scapulohumeral rhythm in subjects with stiff shoulders. *J Orthop Res*. 2006; 24: 1044-51.