

## **FLEXIBILIDAD ARTICULAR: UNA NUEVA CONCEPCIÓN EN SU MEDICIÓN E INTERPRETACIÓN**

**Gustavo Ramón Suárez** \*  
*gusramon2000@yahoo.es*

### **Resumen**

En la presente propuesta se miden 67 rangos de movilidad articular que incluyen las articulaciones empleadas en la actividad física y el deporte. Dado que existen valores establecidos como normales para la movilidad articular (Boone y col, 1978), esta metodología recoge dichos valores y los relativiza de manera porcentual (índice de flexibilidad relativa o IFR). Así, si la movilidad normal de una flexión de codo es de 135° y una persona tiene 135°, su índice de flexibilidad relativa es del 100%. Esta misma consideración se hace para todas las articulaciones del cuerpo. Al promediar los IFR de los 67 rangos articulares, se obtiene el Índice General de Flexibilidad (IFG), el cual es una medida globalizante de todas las articulaciones.

Dentro de la metodología se crea el software Goniomatrix, el cual, con base en fotografías de cada uno de los movimientos propuestos, calcula el rango de movimiento producido teniendo en cuenta puntos anatómicos de referencia, lo almacena en un archivo de texto. Finalmente los resultados se pasan a una hoja de cálculo de Excel para su presentación y graficación.

En una aplicación sobre 48 jóvenes de 12 a 15 años que practicaban fútbol, se encontró que la articulación del tobillo, en sus movimientos de flexión y de extensión, tenía rangos disminuidos; además, sus rangos de abducción de cadera son diferentes al comparar el lado derecho con el izquierdo.

**Palabras clave:** Flexibilidad articular, medición, índice de flexibilidad relativo, índice general de flexibilidad, fisiología articular, fisiología del ejercicio.

### **Abstract**

The offer methodology measures 67 range of joint mobility which includes the majority joints of the human body, used in the physical activity and sport. This methodology take the standard values established for Boone et al (1978) and compare these values with values obtained for the subject (Relative Flexibility Index, RFI). Other Index was established: General Flexibility Index (GFI). This index is the average of the 67 RFI.

The Goniomatrix software uses 67 pictures of range joint motion and calculi the angle of each one of them. After, these results are transferred to worksheet of Excel in order to be processed and replicated.

---

\* Docente investigador, Universidad de Antioquia, Instituto Universitario de Educación Física, Colombia, 2008. Doctor en ciencias de la actividad física y el deporte (Universidad de Granada, España), Magíster en Fisiología del Ejercicio (Universidad Pedagógica experimental Libertador, Venezuela), Médico (Universidad Industrial de Santander, Colombia), Licenciado en Educación Física (Universidad de Pamplona, Colombia).

48 young (12-15 years) soccer players were evaluated using Goniomatrix. The results showed that flexion and extension of ankle joint were diminished and hip abduction was different when compare the right side with de left side.

**Key words:** Joint flexibility, measurement, relative flexibility index, general flexibility index, joint physiology, exercise physiology.

### ***FLEXIBILIDAD ARTICULAR: UNA NUEVA CONCEPCIÓN EN SU MEDICIÓN E INTERPRETACIÓN***

Dietrich (1973) define la flexibilidad articular como *movilidad*, es decir, como la capacidad humana para ejecutar movimientos con gran amplitud de oscilaciones. Donskoi y Zatsiorski (1988) la definen como la capacidad de ejecutar movimientos con una gran amplitud. Para Alter (1997), es la amplitud de movimiento disponible en una articulación o grupo de articulaciones. Otros autores la definen como la habilidad para mover las articulaciones a través de un rango de movimiento (Ibáñez y col., 1994; Alter, 1997; ACSM, 2000).

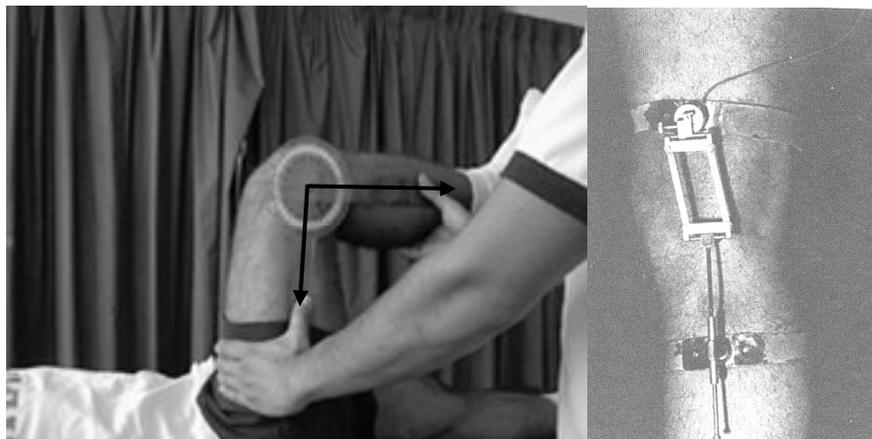
A partir de estas definiciones se puede establecer que el movimiento evaluado es un movimiento angular, determinado en grados o radianes. Los datos encontrados sobre movilidad articular o flexibilidad articular denotan ésta característica (MacDougall y col., 2000; Luttgens y Wells, 1987). En cada una de estas metodologías se establecen rangos de movilidad específica para articulaciones tales como tobillo y cadera, para citar algunos ejemplos.

La medición de la flexibilidad se centra en determinar el recorrido angular o separación angular que pueden experimentar dos segmentos corporales como, por ejemplo, el grado de acercamiento o separación del brazo y el antebrazo en los movimientos conocidos como flexión o extensión, respectivamente.

En lo referente a sistemas de medición de la flexibilidad articular, en la actualidad se conocen los métodos indirectos y los directos (MacDougall y col., 2000). Los métodos indirectos, como la prueba de Cureton, la prueba de Wells y Dillon, determinan la amplitud articular por una distancia longitudinal, cuando de lo que se trata es de medir un rango de movimiento angular. Por esta razón, los métodos de medición lineal sesgan los resultados pues para dos sujetos que tienen el mismo rango de movimiento angular, la diferencia lineal será mayor en aquel que posea mayores longitudes segmentarias.

Entre los métodos directos se pueden mencionar la goniometría, la fotografía estática y la radiografía. La goniometría usa el método manual, la electrónica y las agujas de gravedad. El goniómetro, tanto manual como electrónico, se compone de dos brazos que tienen un eje de giro; los brazos se conocen como fijo y móvil (figura 1). El brazo fijo se ajusta a un círculo dividido en 360 grados, elemento conocido en nuestro

medio como transportador, de manera que este brazo se mantenga paralelo al valor  $0^{\circ}$  grados y además se fija al segmento corporal que no se mueve. El segmento móvil se mantiene fijo y paralelo al segmento corporal que realiza el movimiento. El centro del transportador debe coincidir con el eje de giro del movimiento.



**Figura 1. Goniómetro manual (a lado izquierdo) y electrónico (al lado derecho).**

La goniometría manual presenta dos problemas importantes. En primer lugar, es difícil identificar el eje de movimiento para acciones complejas (Moore, 1949). En segundo lugar, resulta complicado posicionar los brazos del goniómetro a lo largo de los huesos de los segmentos y mantenerlos en esta posición durante toda la medición (Harris, 1969). A pesar de estas consideraciones, se ha demostrado que la goniometría manual puede ser un procedimiento fiable si es utilizado por individuos con experiencia que siguen un protocolo estandarizado (Boone y col., 1978, cuadro 1). El goniómetro de Leighton, que emplea una aguja de gravedad, ha mostrado coeficientes elevados de fiabilidad (Harris, 1969; Hupprich y col., 1950; Leighton, 1955; Munroe y col., 1975; Sigerseth y col., 1950).

**Cuadro 1. Valores de movilidad articular de acuerdo a Boone y col., 1978.**

	PLANO FRONTAL		PLANO SAGITAL		PLANO TRANSVERSAL	
	Abducción (Eversión)	Aducción (Inversión)	Flexión	Extensión	Rotación Interna	Rotación Externa
Cadera	51°	28°	123° (1)	7.4° (2)	50°	50°
			70° (2)			
Rodilla			143°			
Tobillo	20°	30°	13°	58°		
Hombro	185°		168°	67°	70°	108°
Codo			145°	0.8°		
Muñeca			78°	75°		

La goniometría electrónica utiliza también dos brazos unidos a un dispositivo que registra de manera automática la relación angular de los segmentos anatómicos evaluados (Figura 1). Es un instrumento de gran precisión y confiabilidad. Uno de sus grandes inconvenientes es su costo.

La fotografía estática ha sido utilizada para medir la amplitud del movimiento. El aspecto positivo de esta técnica es que ofrece un registro permanente. La cámara debe colocarse perpendicular a los movimientos de las articulaciones. Resulta muy útil cuando se hacen identificaciones de los puntos anatómicos para los ejes y las articulaciones (MacDougall y col., 2000).

La radiografía es considerada como el medio más válido para medir la amplitud de movimiento (Kottke y col., 1959). Su gran inconveniente es la exposición a la radioactividad (MacDougall, y col, 2000).

En las metodologías citadas, la flexibilidad es específica para cada articulación; no se encuentran índices generales de flexibilidad que indiquen el grado de movilidad general del sujeto, a diferencia por ejemplo de las mediciones de resistencia general aeróbica, cuyos valores indican el grado de desarrollo general del sujeto para esa capacidad. Así, un buen rango de flexibilidad de hombro no indica un buen rango de flexibilidad del tobillo, ni se tiene como un buen índice de flexibilidad para todo el cuerpo.

## MÉTODO PROPUESTO

La fotogrametría, definida por la Sociedad Americana de Fotogrametría, es el arte, ciencia y tecnología de obtener información confiable acerca de los objetos físicos y del medio ambiente a partir de procesos de

grabación, medición e interpretación de imágenes fotográficas y patrones de registro de energía electromagnética radiante y otros fenómenos (Wolf, 1983).

En el campo del álgebra vectorial, dados dos vectores (gráfico 1) se pueden establecer los siguientes parámetros (Gutiérrez, 1999):

- vector 1 ( $V_1$ ) constituido por las coordenadas  $x_1, y_1$  del punto proximal y  $x_2, y_2$  como coordenadas del punto distal.
- vector 2 ( $V_2$ ), constituido por las coordenadas  $x_3, y_3$  del punto proximal y por las coordenadas  $x_4, y_4$  coordenadas del punto distal.

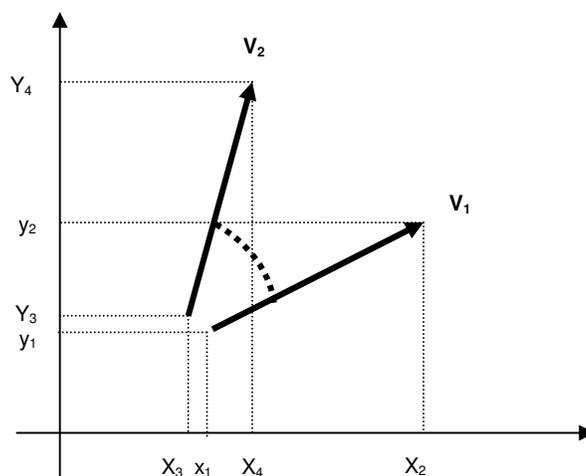


Gráfico 1. Características de dos vectores  $V_1$  y  $V_2$ .

- Las coordenadas de los vectores serán:  
 $V_1 = V_{1x} \rightarrow (x_2 - x_1); V_{1y} \rightarrow (y_2 - y_1)$   
 $V_2 = V_{2x} \rightarrow (x_4 - x_3); V_{2y} \rightarrow (y_4 - y_3)$
- El ángulo que forman los dos vectores  $V_1$ - $V_2$  se calcula por medio de la ley del coseno, cuya fórmula es:

$$\theta = \cos^{-1} \left[ \frac{(V_{x_1} * V_{x_2}) + (V_{y_1} * V_{y_2})}{|V_1| * |V_2|} \right] \quad (\mathbf{F-1})$$

El sistema de medición propuesto, “Goniomatrix”, se basa en la toma de fotografías de los movimientos articulares usando cámaras digitales de las cuales se obtienen imágenes en diferentes formatos que permiten su procesamiento computarizado. Con un lenguaje de programación se pueden obtener las coordenadas planas (X,Y) de puntos articulares previamente demarcados (En el cuadro 2 se resumen los sitios). Con las coordenadas de esos puntos se puede calcular el ángulo existente entre dos vectores mediante **la ley del coseno**. Una ventaja de este sistema es que no requiere conocer o establecer el eje de giro de los segmentos que giran y, por otra parte, aunque se precisen puntos anatómicos de referencia, lo importante es que el vector quede paralelo sobre el eje mecánico de los segmentos analizados.

El procedimiento implica la colocación de una cámara sobre un soporte fijo enfrente del sujeto de manera que el eje óptico quede perpendicular al sujeto; luego, se toman fotografías estáticas de los movimientos articulares que se requieren, sin aplicación de fuerzas externas (flexibilidad activa). En total se proponen 67 fotografías de los posibles movimientos articulares a evaluar. De cada una de las fotografías se obtienen cuatro puntos correspondientes a dos vectores y con ellos se calculan los 67 ángulos respectivos.

**Cuadro 2. Articulaciones, movimientos articulares y puntos anatómicos de referencia**

Articulación	Movimiento	Vectores y puntos a demarcar (D= distal; P= proximal)
Cabeza y Cuello	Flexión y extensión	<u>Cabeza</u> : D =Vértex ; P = Ángulo de la mandíbula <u>Tronco</u> : D = Parte inferior media del tórax ; P = Parte superior media del tórax
	Inclinación derecha e izquierda	<u>Cabeza</u> : D = Entrecejo ; P = Barbilla <u>Hombros</u> : D = Hombro derecho ;P = Hombro izquierdo
	Rotación derecha e izquierda	<u>Cabeza</u> : D = Nariz ; P = Occipucio <u>Hombros</u> : P = Hombro derecho ;P = Hombro izquierdo
Tronco	Flexión y extensión	<u>Tórax</u> : D = Parte superior media del tórax ; P = Parte inferior media del tórax <u>Muslo</u> : D = Rodilla ; P = Trocánter mayor
	Inclinación derecha e izquierda	<u>Tórax</u> : D = Séptima vértebra cervical; P = Décima vértebra dorsal <u>Caderas</u> : D = Cadera derecha ; P = Cadera izquierda
	Rotación	<u>Hombros</u> : D = Hombro derecho ;P = Hombro izquierdo <u>Caderas</u> : D = Cadera derecha; P = Cadera izquierda
Hombro	Flexión y extensión	<u>Brazo</u> : D = Codo ; P = Articulación glenohumeral <u>Tronco</u> : D = Trocánter mayor; P = Tronco superior
	Rotación interna y externa	<u>Antebrazo</u> : D = Muñeca ; P = Codo <u>Tronco</u> : D = Horquilla esternal ; P = Apéndice xifoides
	Abducción	<u>Brazo</u> : D = Codo ; P = Articulación glenohumeral <u>Tronco</u> : D =Apéndice xifoides ; P = Horquilla esternal
Codo	Flexión y extensión	<u>Antebrazo</u> : D = Muñeca ; P = Codo <u>Brazo</u> : D = Hombro ;P = Codo
Muñeca	Desviación radial	<u>Metacarpo</u> : D = Tercer metacarpiano; P = Muñeca

	y cubital	<u>Antebrazo</u> : D = Codo ; P = Muñeca
	Flexión y extensión	<u>Metacarpo</u> : D = Tercer metacarpiano ; P = Muñeca <u>Antebrazo</u> : D = Codo ; P = Muñeca
Cadera	Flexión y extensión	<u>Muslo</u> : D = Rodilla ;P = Trocánter mayor <u>Tronco</u> : D = Parte media superior ;P = Trocánter mayor
	Rotación interna y externa	<u>Pierna</u> : D = Punto medio intermaleolar; P = Tuberosidad anterior de la tibia <u>Tronco</u> : D = Apéndice xifoides ;P = Horquilla esternal
	Abducción	<u>Muslo</u> : D = Rodilla ; P = Trocánter mayor <u>Línea horizontal</u>
Rodilla	Flexión	<u>Pierna</u> : D = Maléolo externo ; P = Rodilla <u>Muslo</u> : D = Trocánter mayor ; P = Rodilla
Tobillo	Flexión y extensión	<u>Pie</u> : D = Borde externo V metatarsiano ; P = Maléolo externo <u>Pierna</u> : D = Rodilla ; P = Maléolo externo
	Inversión y eversión	<u>Pierna</u> : D = Rodilla ; P = Punto medio intermaleolar <u>Retropie</u> : D = Extremo distal medio del calcaneo ; P = Punto medio intermaleolar

Cada articulación tiene un rango de movimiento angular (ángulo) considerado normal. En la literatura se encuentran autores que los han determinado en casi todas las edades y géneros, como Lieghton (1955), Boone y col., (1978), Ekstrand y col., (1982), Henricsson y col. (1984) y Alter, (1990). En nuestro medio no se tienen valores normales de referencia.

Basado en estos valores normales, para cada articulación se establece un **índice de flexibilidad relativo (IFR)**, que es un porcentual del valor normal. Es decir, el ángulo obtenido en cada articulación se divide por el valor del ángulo normal (que para el caso, son los propuestos por Boone y col, 1979) y se multiplica por 100. Con base en esta relación se establecen las siguientes categorías de evaluación cualitativa:

Mayor de 100 = Muy bien  
 Entre 91 y 100 = Bien  
 Entre 81 y 90 = Aceptable  
 Menor o igual a 80 = Deficiente.

Estos valores fueron tomados con base en los resultados mínimos y máximos obtenidos, para la mayoría de las articulaciones.

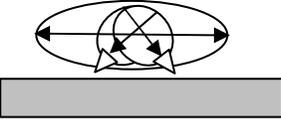
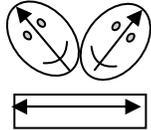
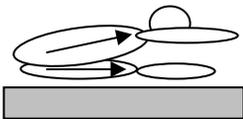
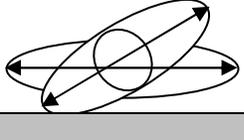
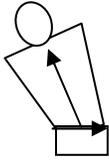
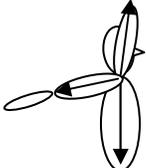
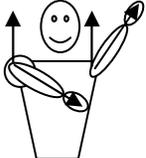
En el cuadro 4 se presenta un ejemplo hipotético de evaluación de la flexibilidad. En la primera casilla se presentan las articulaciones del cuerpo evaluadas; en la segunda, los movimientos; en la tercera, los valores “normales” basados en las mediciones de Boone y col. Seguidamente se presentan los valores obtenidos por una persona. En la siguiente casilla se presenta el índice de flexibilidad relativo IFR y, finalmente, su respectiva evaluación categórica.

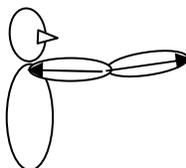
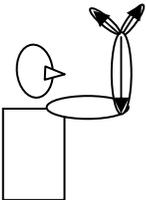
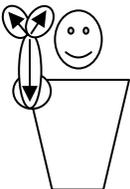
Como una medida globalizadora de la capacidad de movimiento articular se establece el **índice general de flexibilidad (IGF)** que consiste establecer el promedio de los valores obtenidos en todas las articulaciones medidas. El índice general se interpreta de la misma manera que el índice relativo de cada articulación.

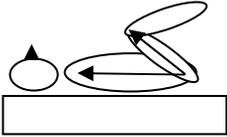
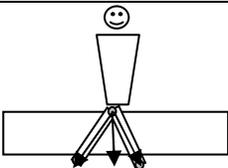
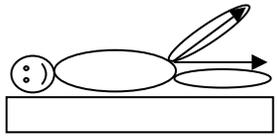
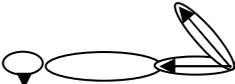
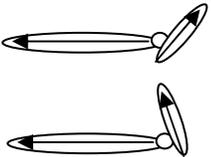
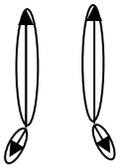
Los siguientes son casos especiales para determinar la movilidad articular, por la participación especial de algunos grupos musculares. Se trata de mediciones exploratorias dado que en la literatura no se encuentran valores al respecto.

- ❖ La flexión del tronco (FT), en la cual la musculatura extensora limita su flexión. Esta se puede realizar de dos maneras:
  - Con rodillas extendidas (PE): La movilidad estará disminuida además por la acción de los isquiotibiales.
  - Con rodillas flexionadas (PF): La movilidad estará disminuida por la acción de los extensores
  - El índice se establece al restar los dos valores y relacionarlos con el último valor ( $IFR = (FTPE - FTPF) / FTPE * 100$ )

**Cuadro 3. Vectores que conforman los diferentes segmentos para el cálculo del ángulo.**

Segmento corporal	Movimientos y vectores establecidos		
Cabeza y cuello	<b>Flexión y extensión</b>	<b>Rotación</b>	<b>Inclinación</b>
			
Tronco	<b>Flexión y extensión</b>	<b>Rotación</b>	<b>Inclinación</b>
			
Hombro	<b>Flexión y extensión</b>	<b>Rotación</b>	<b>Abducción</b>
			
<b>Codo</b>	<b>Flexión</b>	<b>Extensión</b>	

			
	<b>Flexión y extensión</b>	<b>Desviación radial y cubital</b>	
<b>Muñeca</b>			

<b>Segmento corporal</b>	<b>Movimientos y vectores establecidos</b>		
	<b>Flexión y extensión</b>	<b>Rotación</b>	<b>Abducción</b>
<b>Cadera</b>			
	<b>Flexión</b>		
<b>Rodilla</b>			
	<b>Flexión y extensión</b>	<b>Inversión y eversión</b>	
<b>Tobillo</b>			

- ❖ La flexión de cadera (FC), en la cual la musculatura extensora limita su flexión. Esta se puede realizar de dos maneras:
  - Con rodilla extendida (PE): La movilidad estará disminuida además por la acción de los isquiotibiales.
  - Con rodilla flexionada (PF): La movilidad estará disminuida por la acción de los extensores

- El índice se establece al restar los dos valores y relacionarlos con el último valor ( $IFR = (FCPE - FCPF) / FCPE * 100$ )
- ❖ La flexión de tobillo (FC), en la cual la musculatura extensora limita su flexión. Esta se puede realizar de dos maneras:
  - Con rodilla extendida (PE): La movilidad estará disminuida además por la acción de los gastrocnemios.
  - Con rodilla flexionada (PF): La movilidad estará disminuida por la acción de los extensores
  - El índice se establece al restar los dos valores y relacionarlos con el último valor ( $IFR = (FCPE - FCPF) / FCPE * 100$ )

**Cuadro 4. Evaluación hipotética de un sujeto en la cual se presentan los valores normales medios del rango de movimiento articular (Basado y adaptado de Boone y Azen, 1979), los índices de flexibilidad relativa y el índice general de flexibilidad.**

Segmento	Movimiento	Valor			Evaluación
		Normal	Real	IFR	
Cabeza y cuello	Flexión	50	49	98	Bien
	Extensión	70	58	83	Aceptable
	Inclinación derecha	45	35	78	Deficiente
	Inclinación izquierda	45	46	102	Muy bien
	Rotación derecha	80	90	113	Muy bien
	Rotación izquierda	80	99	124	Muy bien
Tronco	Flexión piernas flexionadas	160	179	112	Muy bien
	Flexión piernas extendidas	145	142	98	Bien
	Limitación por Isquiotibiales	15	37	21	
	Extensión	30	27	90	Aceptable
	Inclinación derecha	45	48	107	Muy bien
	Inclinación izquierda	45	53	118	Muy bien
	Rotación derecha	80	55	69	Deficiente
Rotación izquierda	80	43	54	Deficiente	
Hombro	Flexión	170	161	95	Bien
	Extensión	80	89	111	Muy bien
	Abducción	180	200	111	Muy bien
	Rotación interna	90	64	71	Deficiente
	Rotación externa	10	43	430	Muy bien
Codo	Flexión derecho	135	146	108	Muy bien
	Extensión derecho	5	4	80	Deficiente
Muñeca	Flexión derecha	80	98	123	Muy bien
	Extensión derecha	85	53	62	Deficiente
	Pronación derecha	90	60	67	Deficiente
	Supinación derecha	90	104	116	Muy bien
Cadera	Flexión rodilla extendida	70	72	103	Muy bien
	Flexión rodilla flexionada	125	133	106	Muy bien
	Limitación por Isquiotibiales	55	61	46	
	Extensión	30	23	77	Deficiente
	Abducción	45	19	42	Deficiente
	Rotación interna	45	22	49	Deficiente
	Rotación externa	45	30	67	Deficiente
Rodilla	Flexión derecha	120	142	118	Muy bien
Tobillo	Flexión derecho	20	11	55	Deficiente
	Extensión derecho	50	37	74	Deficiente
	Eversión derecho	10	12	120	Muy bien
	Inversión derecho	20	27	135	Muy bien
<b>Índice general de flexibilidad</b>				<b>98</b>	Bien
TENDENCIAS	IFR	98			
	Derecho	89			
	Izquierdo	85			
	Flexión	98			
	Extensión	81			
	Rotación interna	57			
	Rotación externa	152			
	Inclinación der	76			
Inclinación izq	87				

Con el conjunto de datos para cada articulación y usando Excel, se calculan los promedios: a) Para el lado derecho y para el izquierdo, b) De todos los movimientos de flexión y extensión, c) De los movimientos de rotación derecha e izquierda y d) De los movimientos en el plano frontal, como las inclinaciones y las abducciones.

Con base en estos promedios, se determinan las siguientes tendencias (parte inferior del cuadro 3): a) Lateralidad: derecha e izquierda, b) Movimientos en el plano sagital: flexión y extensión, c) Movimientos en el plano transversal: rotaciones y d) Movimientos en el plano frontal: abducciones e inclinaciones

### APLICACIÓN

Se realizó un estudio con 48 jóvenes entre los 12 y 15 años que practican fútbol de manera sistemática. En el cuadro 5 se presentan los promedios encontrados para cada una de las articulaciones medidas.

**Cuadro 5.** Valores promedio de rango de flexibilidad articular de los segmentos superiores de un grupo de 50 jóvenes entre los 12 y los 15 años quienes practican fútbol de manera sistemática.

Segmento	Movimiento	Valor		IFR	Evaluación
		Normal	Encontrado		
Cabeza y cuello	Flexión	50	62	124	Muy bien
	Extensión	70	77	110	Muy bien
	Inclinación derecha	45	41	92	Bien
	Inclinación izquierda	45	42	93	Bien
	Rotación derecha	80	76	95	Bien
	Rotación izquierda	80	74	93	Bien
Tronco	Flexión piernas flexionadas	160	166	104	Muy bien
	Flexión piernas extendidas	145	131	90	Bien
	Limitación por Isquiotibiales	15	35	21	
	Extensión	30	48	159	Muy bien
	Inclinación derecha	45	42	92	Bien
	Inclinación izquierda	45	44	99	Bien
	Rotación derecha	80	53	66	Deficiente
	Rotación izquierda	80	55	69	Deficiente
Hombro derecho	Flexión	170	171	100	Muy bien
	Extensión	80	79	98	Bien
	Abducción	180	191	106	Muy bien
	Rotación interna	90	97	108	Muy bien
	Rotación externa	10	23	234	Muy bien
Hombro izquierdo	Flexión	170	171	101	Muy bien
	Extensión	80	80	100	Bien
	Abducción	180	190	105	Muy bien
	Rotación interna	90	99	111	Muy bien
	Rotación externa	10	24	241	Muy bien
Codo derecho	Flexión derecho	135	148	109	Muy bien
	Extensión derecho	5	4	80	Deficiente
Codo izquierdo	Flexión izquierdo	135	147	109	Muy bien
	Extensión izquierdo	5	4	80	Deficiente
Muñeca derecha	Flexión derecha	80	85	106	Muy bien
	Extensión derecha	85	70	82	Aceptable
	Pronación derecha	90	69	77	Deficiente
	Supinación derecha	90	107	119	Muy bien
Muñeca izquierda	Flexión izquierda	80	82	103	Muy bien
	Extensión izquierda	85	67	78	Deficiente
	Pronación izquierda	90	71	79	Deficiente
	Supinación izquierda	90	106	118	Muy bien

Del análisis del cuadro 5 se puede concluir que la movilidad de la cabeza y cuello de estos jóvenes está en los parámetros normales. En la movilidad del tronco, las rotaciones están deficientes; los demás movimientos están en el rango normal. La movilidad de los hombros se encuentra en los rangos normales. En la movilidad de las muñecas, los movimientos de pronación son deficientes.

**Cuadro 6.** Valores promedio de rango de flexibilidad articular de los segmentos inferiores de un grupo de 50 jóvenes entre los 12 y los 15 años quienes practican fútbol de manera sistemática.

Segmento	Movimiento	Valor		IFR	Evaluación
		Normal	Encontrado		
Cadera derecha	Flexión rodilla extendida	70	78	111	Muy bien
	Flexión rodilla flexionada	125	126	100	Muy bien
	Limitacion por Isquiotibiales	55	48	38	
	Extensión	30	36	120	Muy bien
	Abducción	45	39	87	Aceptable
	Rotación interna	45	33	72	Deficiente
	Rotacion externa	45	33	72	Deficiente
Cadera izquierda	Flexión rodilla extendida	70	79	112	Muy bien
	Flexión rodilla flexionada	125	126	101	Muy bien
	Limitacion por Isquiotibiales	55	47	37	
	Extensión	30	37	122	Muy bien
	Abducción	45	42	93	Bien
	Rotación interna	45	28	63	Deficiente
	Rotacion externa	45	32	72	Deficiente
Rodilla derecha	Flexión derecha	120	140	117	Muy bien
Rodilla izquierda	Flexión izquierda	120	140	117	Muy bien
Tobillo derecho	Flexión derecho	20	10	51	Deficiente
	Extensión derecho	50	38	76	Deficiente
	Eversión derecho	10	9	87	Aceptable
	Inversión derecho	20	22	108	Muy bien
Tobillo izquierdo	Flexión izquierdo	20	12	61	Deficiente
	Extensión izquierdo	50	38	75	Deficiente
	Eversión izquierdo	10	13	134	Muy bien
	Inversión izquierdo	20	19	97	Bien
<b>Índice general de flexibilidad</b>				<b>101</b>	Muy bien

Del análisis del cuadro 6 se puede apreciar que, aunque los movimientos en el plano sagital y frontal de las caderas están en los rangos normales, los movimientos de rotación interna y externa están deficientes. Las rodillas no presentan disminución de la movilidad. Los tobillos presentan rangos de movimiento disminuido en ambos lados y en los movimientos de flexión y extensión. Finalmente, el índice general de flexibilidad del grupo fue de 101, lo que lo ubica en el rango promedio de la población.

Los datos presentados en el cuadro 7 no evidencian diferencias significativas entre la movilidad de acuerdo con la lateralidad, en el la muestra examinada. Llamó la atención que el movimiento de abducción de cadera estuvo cercano a los límites de la diferencia significativa ( $P = 0.06$ ). Esta diferencia sería posible explicarla por el hecho de que en el fútbol los jugadores con predominancia de la pierna

derecha utilizan la pierna izquierda como apoyo, mientras que el pie derecho realiza la conducción del balón y los movimientos de gambeta, que implican una abducción de la cadera derecha.

También se puede apreciar que los coeficientes de correlación entre los movimientos realizados por derecha e izquierda ( $r$ ) son en su mayoría bajos. Es decir, cuando un joven tiene una gran movilidad en el lado derecho no tiene el mismo grado de movilidad en el lado izquierdo. Este hecho determina que se deben medir los dos lados del movimiento, para estar seguros de su movilidad.

**Cuadro 7.** Comparación de los valores promedio de movimientos realizados en los segmentos derechos (der) e izquierdos (izq). (  $p$  = probabilidad de la  $t$  de Student;  $r$  = coeficiente de correlación producto momento de Pearson ,  $r^2$  = coeficiente de determinación).

Segmento	Movimiento	der	izq	p	r	r <sup>2</sup>
<b>Cabeza y cuello</b>	Inclinación	41	42	0,75	0,50	25
	Rotación	76	74	0,62	0,64	41
<b>Tronco</b>	Inclinación	42	44	0,12	0,46	21
	Rotación	53	55	0,55	0,82	67
<b>Hombros</b>	Flexión	171	171	0,86	0,57	33
	Extensión	79	80	0,53	0,40	16
	Abducción	191	190	0,70	0,75	56
	Rotación interna	97	99	0,64	0,88	78
	Rotación externa	23	24	0,79	0,53	28
<b>Codos</b>	Flexión	148	147	0,65	0,57	33
<b>Muñeca derecha</b>	Flexión	85	82	0,49	-0,18	3
	Extensión	70	67	0,29	0,35	12
	Pronación	69	71	0,45	0,36	13
	Supinación	107	106	0,90	0,35	12
<b>Caderas</b>	Flexión rodilla extendida	78	79	0,74	0,25	6
	Flexión rodilla flexionada	126	126	0,94	0,62	38
	Limitación por Isquiotibiales	48	47	0,84	0,44	19
	% limitación	38	37	0,79	0,32	10
	Extensión	36	37	0,60	0,62	38
	Abducción	57	53	0,06	0,48	23
	Rotación interna	33	28	0,19	0,14	2
	Rotación externa	33	32	0,88	0,43	19
<b>Rodillas</b>	Flexión	140	140	0,95	0,60	37
<b>Tobillos</b>	Flexión	10	12	0,12	0,55	31
	Extensión	38	38	0,85	0,49	24

Del análisis del cuadro 8 se puede establecer que estos jóvenes tienen más disminuidos, en promedio, los movimientos de rotación interna. Llama la atención que los movimientos de rotación externa están por encima de los valores normales, probablemente por los movimientos técnicos usados en este deporte. Los demás movimientos en los diferentes planos no presentan alteraciones notorias.

**Cuadro 8.** Valores promedio de acuerdo a la lateralidad (derecha, izquierda) de los movimientos en el plano sagital (flexión, extensión), en el plano transversal (rotación interna, externa, a la derecha y a la izquierda) y en el plano frontal (inclinación a la derecha o a la izquierda) de la muestra estudiada.

IFR	101
Derecho	91
Izquierdo	94
Flexión	101
Extensión	98
Rotación interna	73
Rotación externa	122
Inclinación der	90
Inclinación izq	93

**Cuadro 9.** Cuadro comparativo entre los valores de referencia utilizados (Boone y col.) y los encontrados en el presente trabajo. (1= Valores según Boone y col., (1979); 2 = Valores obtenidos del estudio; (a) = piernas flexionadas; (b) = piernas extendidas.

	PLANO FRONTAL				PLANO SAGITAL				PLANO TRANSVERSAL			
	Abducción (Eversión) (Inclinación)		Aducción (Inversión)		Flexión		Extensión		Rotación Interna		Rotación Externa	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Cabeza Cuello	45°	41°			50°	62°	70°	77°	80°	75°		
Tronco	45°	43°			160 <sup>(a)</sup>	166 <sup>(a)</sup>	30°	48°	80°	54°		
					145 <sup>(b)</sup>	131 <sup>(b)</sup>						
Hombro	180°	190°			170°	171°	80°	79°	90°	108°	10°	23°
Codo					135°	148°						
Muñeca					80°	85°	83°	68°	90°	70	90°	106°
Cadera	45°	41°			123 <sup>(a)</sup>	124 <sup>(a)</sup>	7.4°	25°	50°	43°	50°	37°
					70 <sup>(b)</sup>	78 <sup>(b)</sup>	30°	36°	45°	30°	45°	30°
Rodilla					120°	140°						
Tobillo	10°	11°	20°	20°	20°	11°	50°	38°				

Finalmente, en el cuadro 9 se presentan los valores establecidos por Boone y col., (1979) y los hallados en este grupo de jóvenes. Llama la atención que existen valores muy diferentes en las articulaciones

comprometidas en movimientos como la abducción de la cadera, la flexión de rodilla, la flexión y la extensión de tobillo. Esto nos hace pensar que los valores de movilidad articular se ven modificados por el método de medición puesto que el estudio de Boone y col., (1978) realizaron sus mediciones con el método de goniometría manual, mientras que en el presente estudio se realizaron fotogramétricamente. Otra posibilidad es que los sujetos aunque fueron de la misma edad, sus diferencias sean por la actividad física desarrollada, puesto que en el estudio de Boone, los sujetos no realizaban actividad física regular.

## CONCLUSIONES

1. La flexibilidad articular no puede ser reducida a la medición de una sola articulación. Por el contrario, se deben obtener valores de todas las articulaciones, aunque se puede hacer énfasis en alguna(s) en particular.
2. La fotogrametría es una manera alterna confiable en la medición de la flexibilidad articular.
3. El método Goniomatrix permite recoger imágenes como respaldo de la evaluación, así como obtener mediciones precisas.
4. Se deben obtener valores de la población, tanto activa como inactiva, con el fin de recoger la variación de los valores máximos y mínimos.

## REFERENCIAS

- Alter, Michael J. (1997). Sport Stretch. Champaign, IL: Human Kinetics.
- American College of Sports Medicine. (2000). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription 6<sup>th</sup> Edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Atha, John (1981). Strengthening muscle. *Exercise and Sports Sciences Review*. 9: 1-73.
- Blum, Bruno (2000). Los estiramientos. *Barcelona: Editorial Hispano Europea*.
- Boone DC, Azen SP, Chun-Mei L, Spence C, Baron C, Lee L (1978). Reliability of goniometric measurements. *Physical Therapy*, 58:1355-1360.
- Dietrich, Harre (1973). Teoría del entrenamiento deportivo. La Habana: Editorial Científico-Técnica.
- Donskoi D, Zatsiorski V (1988). Biomecánica de los ejercicios físicos. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Ekstrand J, Wiktorsson M, Oberg B, Guillquist J. (1983). Lower extremity goniometric measurements: A study to determine their reliability. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 63 (4), 171-75.
- George, James D.; Fisher, A. Garth; Vehrs, Path R. (1996). Tests y pruebas físicas. Barcelona: Paidotribo.
- Gutiérrez Dávila, Marcos (1999). Biomecánica Deportiva. Madrid: Síntesis.

- Harris, ML (1969). A factor analytic study of flexibility. *Research Quarterly*. 40 (1): 62-70.
- Hartley-O'Brien, SJ (1980). Six mobilization exercises for active range of hip flexion. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 51 (4): 625-635.
- Henricson AS, Fredriksson K, Persson I, Pereira R, Rostedt Y, Westlin NE. (1984). The effect of heat and stretching on the range of hip motion. *Journal of Orthopedic Sports and Physical Therapy*. 6: 110-5.
- Holt LE, Travis JM, Okita V (1970). Comparative study of three stretching techniques. *Perceptual and Motor Skills*. 31 (2):611-6.
- Hupprich FL, Sigerseth PO (1950). The Specificity of flexibility in girls. *Research Quarterly*. 21: 25-33.
- Ibañez Riestra, Ascensión; Torrebadella Flix, Javier (1994). 1004 ejercicios de flexibilidad. Barcelona: Paidotribo.
- Knuttgen HG, Kraemer, W (1987). Terminology and measurement in exercise performance. *Journal of Applied Sports Science Research*. 1(1): 1-10.
- Kottke FJ, Mundale MO (1959). Range of mobility of the cervical spine. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 40:379-382.
- Leighton JR (1955). An instrument and technique for measurement of range of joint motion. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 36 (9): 571-8.
- Luttgens, Kathryn; Wells, Katharine F. (1987). Kinesiología: Bases Científicas del movimiento humano. Madrid: Pila Teleña.
- Mac Dougall, Duncan J.; Wenger, Howard A.; Green, Howard J. (2000). Evaluación fisiológica del deportista. Barcelona: Paidotribo.
- Martínez López, Emilio J. (2002). Pruebas de aptitud física. Barcelona: Paidotribo..
- Mirella, Ricardo. (2001). Las nuevas metodologías del entrenamiento de la fuerza, la resistencia, la velocidad y la flexibilidad. Barcelona: Paidotribo.
- Moore MA, Hutton RS (1980). Electromyographic investigation of muscle stretching techniques. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 12 (5): 322-9.
- Moore, M.L. (1949). The measurement of joint motion: the technic of goniometry. *Physical Therapy Review*. 29 (6): 256-264.
- Munroe RA, Romance TJ (1975). Use of the Leighton flexometer in the development of a short flexibility test battery. *American Corrective Therapy Journal*. 29 (1): 22-5.
- Sigerseth PO, Haliski C. (1950). The flexibility of football players. *Research Quarterly*. 21: 394-8.
- Wilmore, Jack H.; Costill, David L. (1994). Physiology of sport and exercise. Champaign: Human Kinetics.
- Wolf, Paul R. (1983). *Elements of photogrammetry*. New York: McGraw-Hill.