

Aplicación del Análisis de Regresión en la Evaluación Radiológica de la Articulación Coxofemoral

DRA. ZONEIDA ROCA *
DR. ANTONIO EBLEN **
DR. VENANCIO BESSON *

Resumen

El estudio radiológico es determinante en la evaluación de la articulación coxofemoral, sin embargo las medidas determinadas sobre la placa pueden aportar desde el punto de vista matemático y estadístico mucha mayor y mejor información, a tal efecto fueron estudiados 50 pacientes aparentemente sanos, de ambos sexos y amplio rango de edades, a los cuales se les realiza Rx de cadera simétrica, siendo determinadas las siguientes variables: Angulo de cobertura, ángulo de inclinación, diámetro de cabeza femoral, diámetro de cobertura, porcentaje de cobertura, espacio articular y ángulo cervico-diafisario. Se calcularon los valores promedio para cada variable y fue aplicado el análisis de regresión simple con la función matemática que mejor se ajustaba. Los valores generales obtenidos para el total de la muestra fueron: AC= 35,01' +/- .74, AIA1= 4,15' +/- .64, AIA2= 35,13' +/- .67, AE= 7.96 mm +/- .24, ACD= 132,5' +/- .62. Tanto el DCF como el DC fueron significativamente mayores en el sexo masculino ($p < 0.01$). Por otra parte el %C fue

mayor en el sexo femenino ($p < 0.001$). Al aplicar el análisis de regresión se apreciaron las siguientes relaciones significativas: Existe un incremento del AC con la edad en ambos sexos ($p < 0.001$). De igual manera el AIA1 aumenta con la edad en ambos sexos ($p < 0.001$), el AIA2 sigue el mismo comportamiento sólo en el sexo femenino ($p < 0.001$). Por su parte el EA presenta una función de signo negativo en relación a la edad, es decir se reduce al aumentar la edad en ambos sexos, ($p < 0,0005$). El ACD posee un comportamiento similar en relación a la edad ($p < 0.001$). El AC disminuye en la medida que el AI1 aumenta tanto en el sexo femenino como en el masculino ($p < 0.005$). La relación del AC con AIA2 sólo fue significativa en el sexo femenino siendo de signo positivo ($p < 0.0005$). Por último el AC se relacionó en forma inversa con el ACD en el sexo femenino ($p < 0.001$). Esta investigación permite obtener valores radiológicos de referencia en la evaluación de la articulación coxofemoral de nuestra población así como la elaboración de tablas de progresión de valores en relación a la edad ajustada al sexo del paciente.

Introducción

La articulación coxofemoral es frecuentemente afectada por muy variadas patologías que pueden

* Servicio de Traumatología, Hospital Universitario "Dr. Angel Larralde", IVSS. Valencia, Venezuela.
** Depto. de Ciencias Fisiológicas, F.C.S., Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

hacerse presentes en cualquier edad, es por ello que reviste gran interés desde el punto de vista clínico y traumatológico. Anatómicamente, el fémur proximal diferenciándose según el sexo del mismo. Estas modificaciones en los valores de las variables no ocurren de manera aislada si no que lo hacen manteniendo entre ellas relaciones de índole mecánico. Las modificaciones de las variables así como la magnitud de las relaciones han sido muy poco estudiadas.

Si analizamos a la articulación coxofemoral y a los elementos que la componen como un sistema físico al cual podamos aplicar principios matemáticos y estadísticos podremos obtener mayor información acerca de las relaciones existentes entre los elementos del sistema, así como su relación con el factor tiempo, es decir el curso temporal de cada elemento. A tal efecto disponemos de métodos matemáticos y estadísticos como el de análisis de regresión que nos permiten evaluar la existencia de relaciones entre las diversas variables involucradas^{1,7,10,15}, asignarles su significación^{13,2}, y lo que es más importante permiten crear un modelo matemático del sistema que obviamente facilita reducir el comportamiento de tal o cual variable al modificarse otra con la que se encuentra relacionada. Una vez determinadas las relaciones entre los diferentes elementos del sistema a través de las ecuaciones matemáticas que las rigen, es posible la elaboración de tablas de progresión de rangos de valores normales de cada variable contra tiempo o contra otra variable así como la creación de modelos de simulación por computadora que permitan la evaluación del sistema en situaciones pasadas, presentes o futuras. En este orden de ideas se realizó el presente estudio.

Materiales y Métodos

Fueron estudiados los pacientes de ambos sexos y sin límite de edad que acudieron a la consulta externa y de emergencia del Servicio de Traumatología "Dr. Humberto Martínez Mainardi" del Hospital Universitario "Dr. Angel Larralde" del IVSS de Valencia, a los que por diversas causas se les practicó estudio radiológico de cadera simétrica. Fueron incluidos en el estudio aquellos pacientes que en la evaluación clínica y radiológica de la cadera no presentaron anomalías. El estudio radiológico fue realizado según la técnica estándar

aplicada en nuestro Hospital^{3,4}, es decir paciente de decúbito supino, piernas extendidas y paralelas, rótula orientada hacia adelante, las rodillas tocándose en lo posible; se usó un formato 35 x 43 cm en los adultos y en los niños según la edad del paciente. La dirección del rayo es central; en el plano medio, 5 cm. craneal a la sínfisis púbica, con dirección ventro-dorsal. Se anexó a la placa radiográfica datos patronímicos del paciente como edad y sexo. Al final de cada semana se determinaban en cada radiografía y en ambas articulaciones coxofemorales las siguientes variables: AC: ángulo formado por el plano sagital y la línea de unión entre el centro cefálico y el ángulo externo del acetábulo, el cual es útil para determinar las adecuadas coberturas de la cabeza femoral; AIA1: también conocido como índice acetabular, es el ángulo formado entre el plano horizontal que une los dos ángulos inferiores del ileon, el cartílago en "Y" y la línea entre dicho está conectado a la pelvis mediante la articulación coxofemoral (articulus coxae), la cual está constituida por una cavidad ampliada por la presencia de un anillo conjuntivo triangular (labrum articular), llamada cavidad cotiloidea donde se desliza la cabeza femoral sobre su porción lisa o fascies lunata. La cavidad cotiloidea tienen forma de hemiesfera, su eje forma un ángulo de 30 a 40 grados con la horizontal y está orientado hacia adelante, abajo, abajo y afuera. La cabeza femoral constituida por dos tercios de una esfera posee un centro geométrico a través del cual pasan los tres ejes de la articulación¹². Existe un ligamento que se inserta en el reborde de la caja cotiloidea y en los bordes de la escotadura esquiopubiana, denominado ligamento transverso del acetábulo (ligamentum transversum acetabuli). La cápsula articular (cápsula articularis) se inserta en el borde de la cavidad cotiloidea por fuera del rodete cotiloideo, en la cara anterior del fémur por encima de la línea intertrocanterea y en la cara posterior en el cuello del fémur por dentro de la cresta intertrocanterea anterior⁴. Está reforzada en su cara anterior por el ligamento iliofemoral en su lado interno por el ligamento pubofemoral y en su cara dorsal por el ligamento isquiofemoral.

En una radiografía anteroposterior de cadera, se observa el trocánter menor en la superficie postero interna de la diáfisis femoral. En esta misma proyección el borde interno de la diáfisis, el borde inferior del cuello y el borde inferior de la rama

pubiana superior forman la línea curva de Shenton^{4,12,14}. El hueso subcondral del techo del acetábulo se une con el hueso cortical del piso de la escotadura cotiloidea. El borde superior del agujero obturador forma la pared lateral de la pelvis, la cortical se incurva luego hacia afuera para formar el piso de la escotadura ciática mayor y termina en el borde superior del techo del acetábulo. El fondo de ese contorno forma la gota en lágrima, su simetría bilateral significa que la radiografía está bien centrada. La sombra de la cabeza del fémur cabalga sobre el margen superior del cuello, la ausencia de este cabalgamiento indica deslizamiento descendente de la cabeza sobre el cuello femoral¹⁷. La articulación coxofemoral es un verdadero portento. Los diversos elementos de que está compuesta y la gran interrelación existente entre ellos hacen complicado su análisis desde el punto de vista biomecánico⁶. El estudio radiológico de la cadera permite la determinación de variables que son expresión de los elementos descritos anteriormente, todos ellos involucrados en la mecánica articular. Entre las variables más usadas debemos mencionar el ángulo de cobertura (AC), de Wiberg o centro borde de Muller, los Angulos de Inclinación Acetabular AIA1 (índice acetabular) y AIA2, el Diámetro de la Cabeza Femoral (DCF), el Diámetro de Cobertura (DC), el Porcentaje de Cobertura (%C), el Espacio Articular (EA), el Angulo Cérvico-Diafisario (ACD) o Angulo de inclinación femoral y la continuidad de la línea de Shenton, (Figura N° 1). Estas variables han demostrado ser a lo largo del tiempo, de utilidad en la evaluación, diagnóstico, pronóstico y evolución de una determinada patología articular.^{3,5,8,9,11,16,17} Los valores de estas variables no permanecen constantes, por el contrario se van modificando durante el proceso de crecimiento y desarrollo del individuo y ángulo y la ceja cotiloidea; AIA2: Angulo formado por el plano sagital y una línea que une el borde superoexterno más osificado del acetábulo y la escotadura isquiopubiana; DCF: diámetro de la cabeza femoral

medido en la línea horizontal que pasa por el centro de la cabeza femoral; DC: se mide sobre la misma horizontal anterior a partir del punto que cruza una línea perpendicular originado por el borde externo del acetábulo y constituye el diámetro de la cabeza femoral que se encuentra cubierto por el acetábulo; %C: es la relación porcentual entre el DC y el DCF; EA; se mide con una línea horizontal que pasa por el centro de la cabeza femoral y se proyecta en el espacio articular, por último el ACD: ángulo formado entre el eje diafisario y el eje del cuello femoral. Se verificó en todas las radiografías la continuidad de la línea de Shenton. La Fig. N° 1 ilustra los puntos de referencia para las medidas lineales y angulares. Las determinaciones fueron realizadas con escalas milimétricas y transportadores debidamente calibrados. Una vez determinados los valores de las variables, fueron recopilados en computadoras mediante una base de datos y al completarse la muestra, se procesaron aplicándose estadística descriptiva para obtener los valores promedio¹⁰ de cada variable para cada sexo, con sus medidas de dispersión (media aritmética con Error Standard), luego se estudió las diferencias existentes entre los sexos así como entre los valores del lado derecho y el izquierdo, asignándoles significación estadística a valores de $p < 0.01$. Aquella variables donde no existían diferencias significativas entre los sexos, entre los lados fueron consideradas estadísticamente con el total de la muestra. Posteriormente fue aplicado el análisis de regresión simple con la función matemática que más se ajustaba a la dispersión de puntos. Las funciones matemáticas consideradas en el estudio fueron: lineal, exponencial, logarítmica, hiperbólica, recíproca y racional, el grado de ajuste fue evaluado por medio de el coeficiente de regresión (r) y con el coeficiente de determinación (r^2) la significación del estudio de regresión se evaluó por la prueba de t-student considerándose significativos $p < 0.01$. Fueron graficadas las curvas de regresión para cada relación significativa.

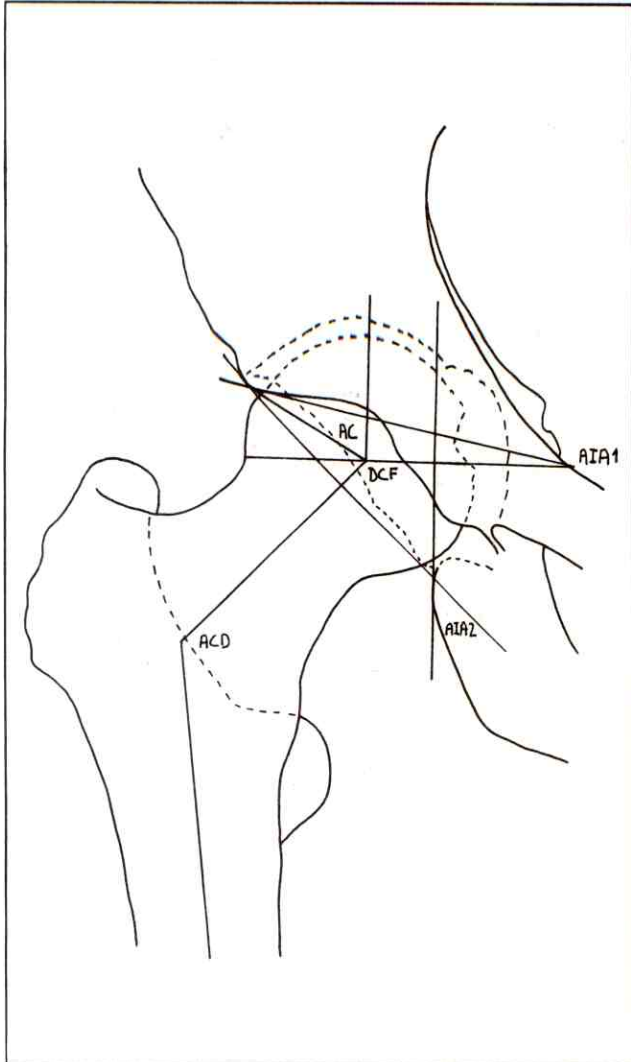


Figura N°1: Esquema que ilustra la determinación de los ángulos y medidas en la articulación coxofemoral considerados en el presente trabajo.

Resultados

La distribución de las 100 hemicaderas provenientes de los 50 pacientes según el sexo fue 34% femenino y 66% masculino, la media \pm error standard de edad fue de 26,9 años \pm 1,73 cort rango entre 1 y 76 años. La tabla I presenta los valores promedio y dispersión de las diferentes

variables articulares para cada sexo así como la existencia o no de significación entre ellas, es de notar que entre las variables estudiadas, el DCF y el DC fueron mayores en el sexo masculino mientras que el %C lo fue en el femenino siendo estas diferencias estadísticamente significativas $p < 0.01$, por otra parte las diferencias observadas entre los sexos en las restantes variables: AC, AIA1, AIA2, AE, y ACD no fueron significativas $p > 0.01$. No se encontró diferencias significativas al comparar los valores obtenidos en la hemicadera derecha con los de la izquierda. El estudio del curso temporal de cada variable mediante el análisis de regresión (Tabla II) reveló que con la edad del individuo se modifica el AC siguiendo una función positiva potencial que posee coeficientes diferentes para cada sexo, por su parte el AIA1 se relaciona con la edad de manera inversa ya que presenta un rho negativo, con una función logarítmica de coeficientes diferentes según cada sexo, los restantes análisis realizados en el sexo masculino teniendo como variable independiente a la edad no fueron significativos, sin embargo el AIA2, el EA, y el ACD se relacionaron significativamente con la edad de manera positiva el primero y negativamente los restantes siguiendo una función potencial, lineal y potencial respectivamente, sólo en el sexo femenino.

Al relacionar el AC con las restantes variables se observó que para el sexo femenino el AIA2, el AIA1, y el ACD se relacionan de manera positiva el primero y negativa los dos últimos con función potencial, exponencial y potencial respectivamente. En el sexo masculino, sólo fue significativa la relación existente entre el AC y el AIA1, la cual presentó un rho negativo siguiendo una función exponencial, las Tablas II y III presentan las ecuaciones de regresión, descritas así: como el coeficiente de regresión, el coeficiente de determinación y el nivel de significación respectivo. Las Figuras 2 a la 12, ilustran las relaciones significativas descritas por las ecuaciones de regresión calculadas.

TABLA I

VALORES PROMEDIO Y DISPERSION DE LAS DETERMINACIONES LINEALES Y ANGULARES EN LA EVALUACION RADIOLOGICA DE LA ARTICULACION COXOFEMORAL DE 100 HEMICADERAS PERTENECIENTES A 50 PACIENTES

VARIABLE	FEMENINO		MASCULINO		P
	x(*)	ES (**)	x	ES	
EDAD (años)	25.29	2.6	27.78	2.2	NS***
AC (grados)	33.38	1.3	35.84	0.9	NS
AIA1 (grados)	4.67	1.4	3.87	0.6	NS
AIA2 (grados)	36.05	1.4	34.65	0.7	NS
DCF (mm)	42.61	2.1	52.70	1.4	< 0.01
DC (mm)	37.64	1.9	43.91	1.2	< 0.01
%C (%)	88.64	1.1	83.35	0.8	< 0.01
EA (mm)	7.26	0.5	8.31	0.3	NS
ACD (grados)	132.23	1.1	132.69	0.8	NS

N = 50 x 2 = 100 CASOS

(*) = MEDIA ARITMETICA

(**) = ERROR STANDARD

(***) = NO SIGNIFICATIVO $p > 0,01$

TABLA II

ECUACIONES DE REGRESION SIMPLE QUE CARACTERIZAN LAS RELACIONES SIGNIFICATIVAS ENTRE LA EDAD DEL INDIVIDUO Y LAS DIFERENTES VARIABLES PRESENTES EN LA ARTICULACION COXOFEMORAL PARA CADA SEXO

SEXO FEMENINO:

ECUACION	FUNCION	R	R ²	P
AC = 22.67 (EDAD) ^{0.13}	P	.72	.51	< 0.0005
AIA1 = 21.47 - 6.09 Loge EDAD	Lo	-.96	.92	< 0.0005
AIA2 = 25.98 (EDAD) ^{0.11}	P	.62	.38	< 0.0005
EA = 10.58 - .13 EDAD	Li	-.69	.48	< 0.0005
ACD = 141.53 (EDAD) ^{-.025}	P	-.70	.49	< 0.0005

SEXO MASCULINO:

AC = 25.15 (EDAD) ^{0.11}	P	.45	.20	< 0.001
AIA1 = 19.75 - 5.20 Loge (EDAD)	Lo	-.83	.69	< 0.001

FUNCIONES: Li=LINEAL Lo=LOGARITMICA
 E=EXPONENCIAL P=POTENCIAL

TABLA III

ECUACIONES DE REGRESION SIMPLE QUE CARACTERIZAN LAS RELACIONES SIGNIFICATIVAS ENTRE EL AC Y LAS DIFERENTES VARIABLES PRESENTES EN LA ARTICULACION COXOFEMORAL PARA CADA SEXO

SEXO FEMENINO

ECUACION	FUNCION	R	R ²	P
AIA1 = 35.90 e ^(-.021 AC)	E	-.74	.55	< 0.0005
AIA2 = 2.48 AC ^{.76}	P	.78	.61	< 0.0005
ACD = 1695588.56 AC ^{-2.224}	P	-.44	.19	< 0.01

SEXO MASCULINO:

AIA1 = 37.21 e ^(-.015 AC)	E	-.39	.15	< 0.005
--------------------------------------	---	------	-----	---------

FUNCIONES: Li=LINEAL Lo=LOGARITMICA
E=EXPONENCIAL P=POTENCIAL

FIG. N° 2: REGRESION AC-EDAD SEXO FEMENINO

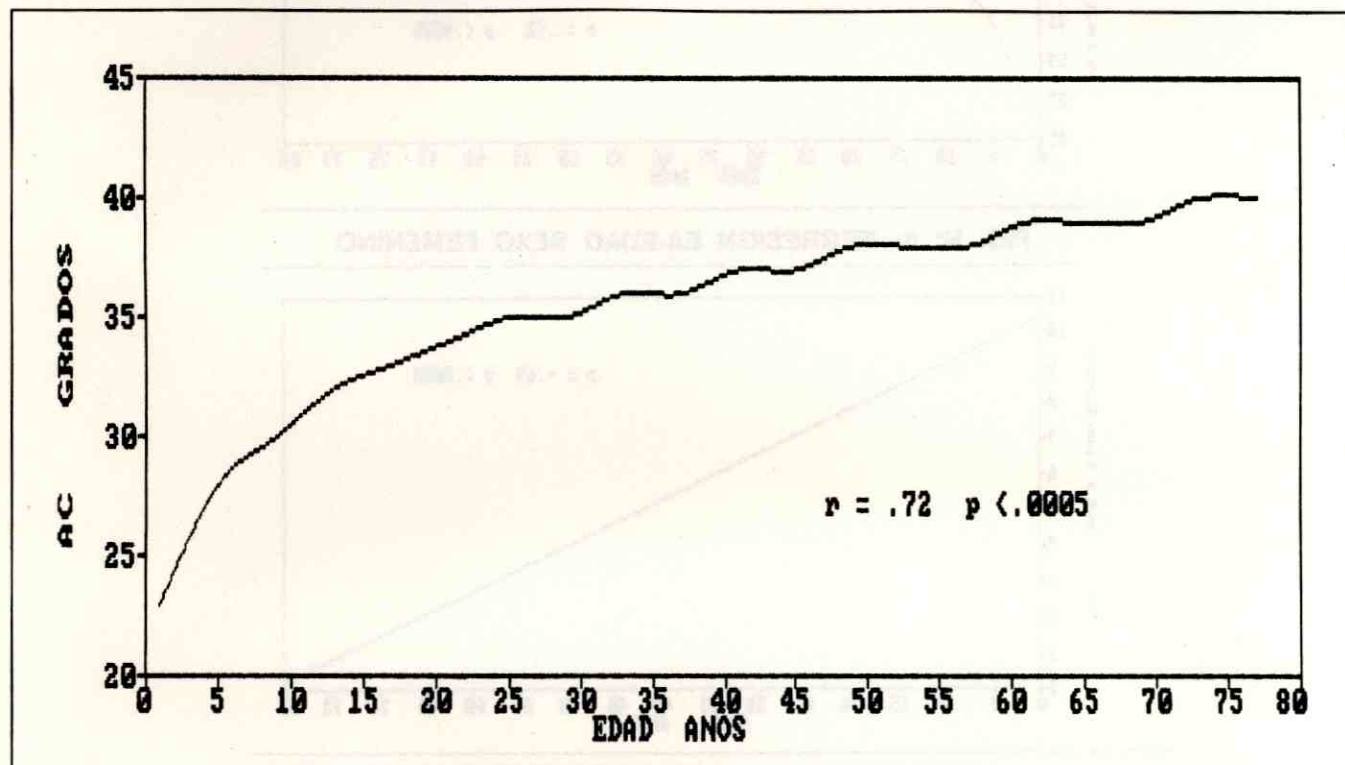


FIG. N° 3: REGRESION AIA1-EDAD SEXO FEMENINO

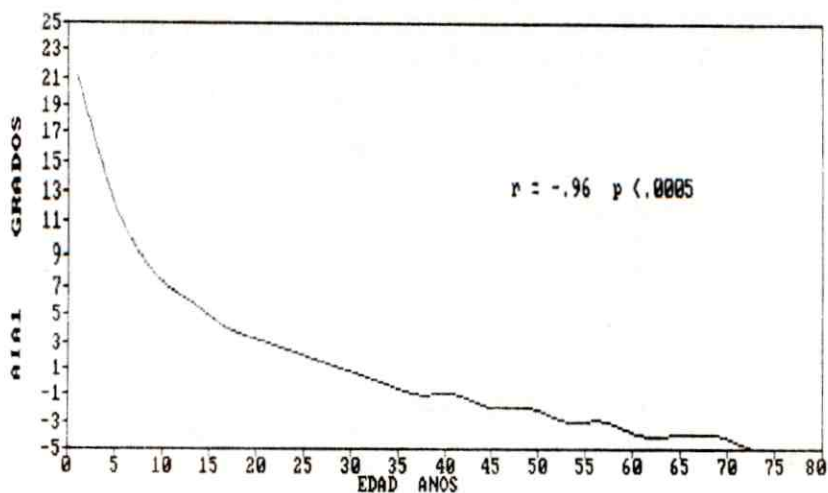


FIG. N° 4: REGRESION AIA2-EDAD SEXO FEMENINO

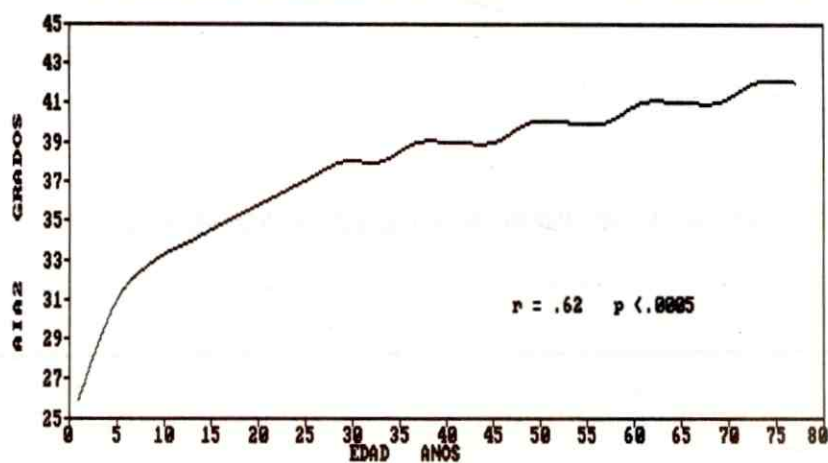


FIG. N° 5: REGRESION EA-EDAD SEXO FEMENINO

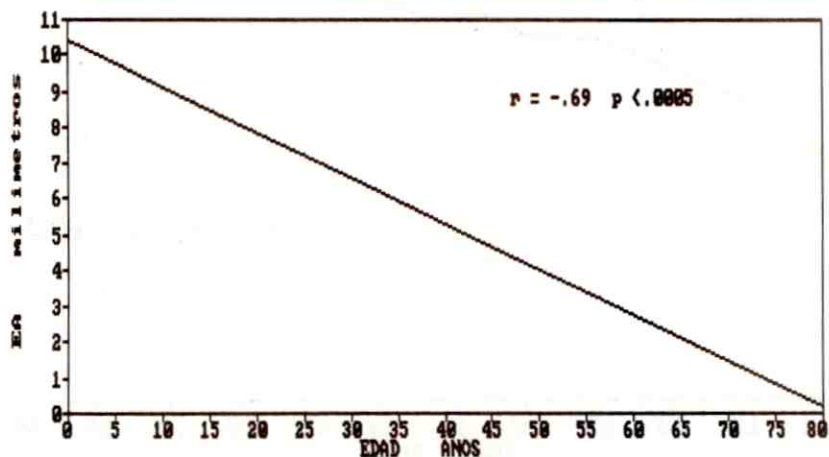


FIG. N° 6: REGRESION ACD-EDAD SEXO FEMENINO

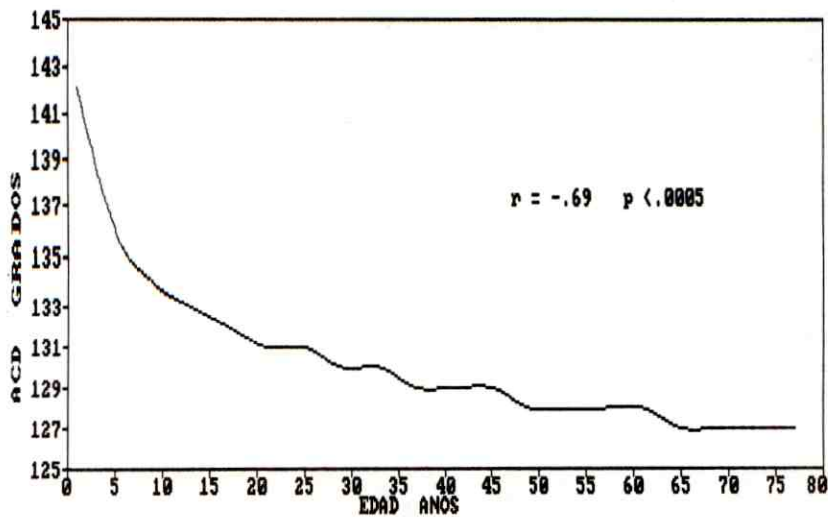


FIG. N° 7: REGRESION AC-EDAD SEXO MASCULINO

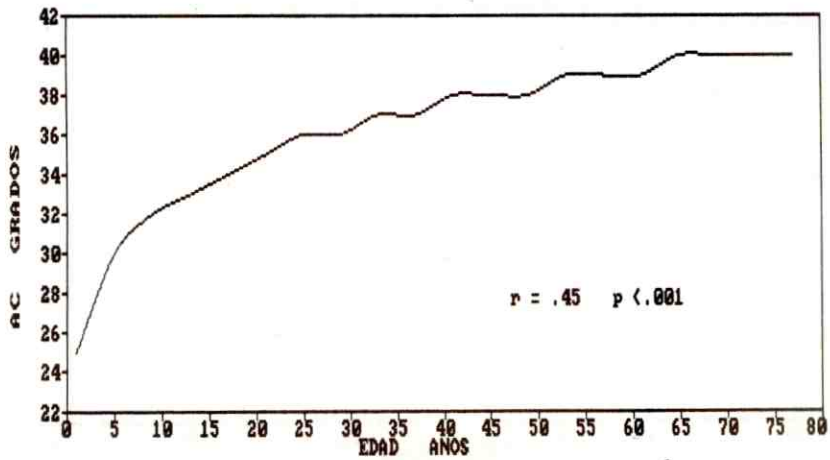


FIG. N° 8: REGRESION AC-AIA1 SEXO FEMENINO

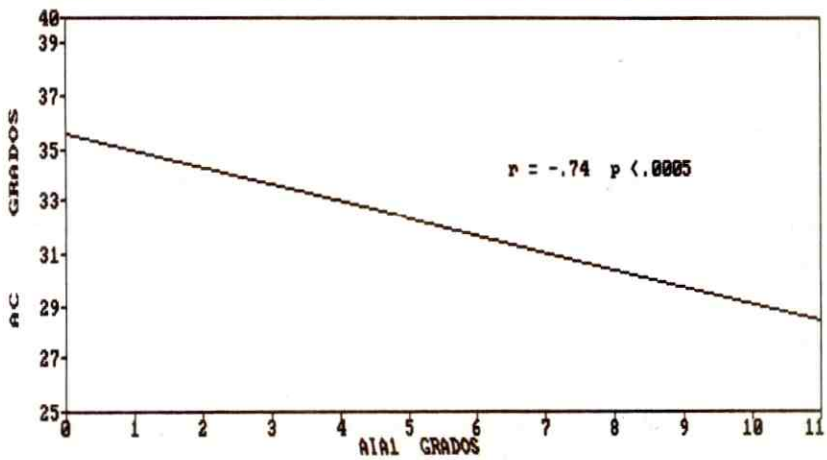


FIG. N° 9: REGRESION AC-AIA2 SEXO FEMENINO

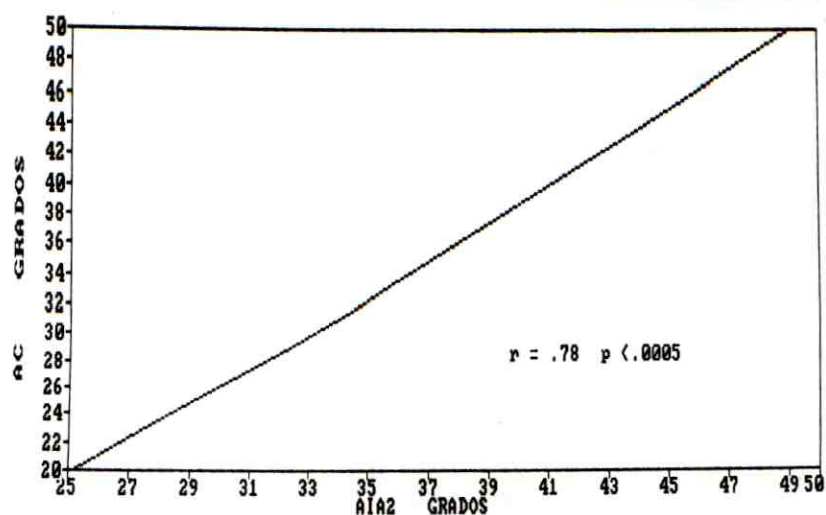


FIG. N° 10: REGRESION AC-ACD SEXO FEMENINO

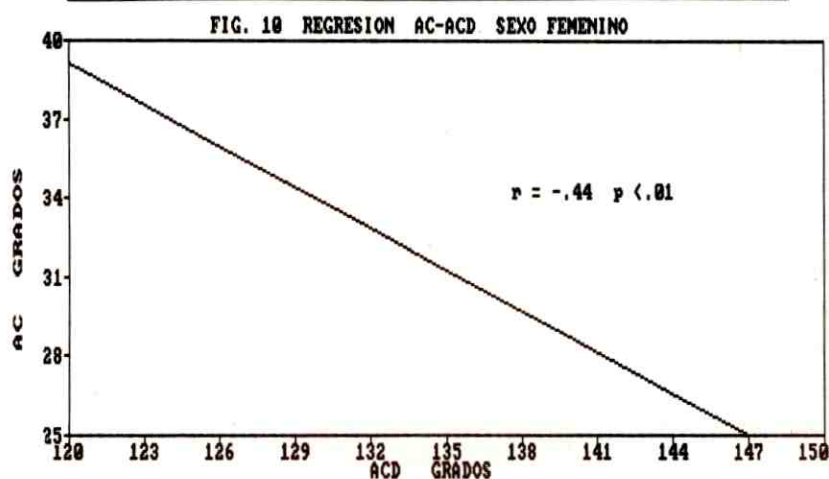


FIG. N° 11: REGRESION AC-AIA1 SEXO MASCULINO

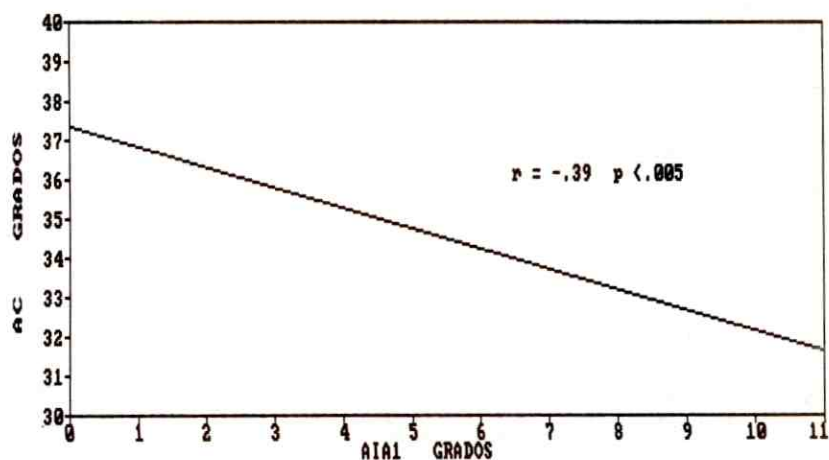
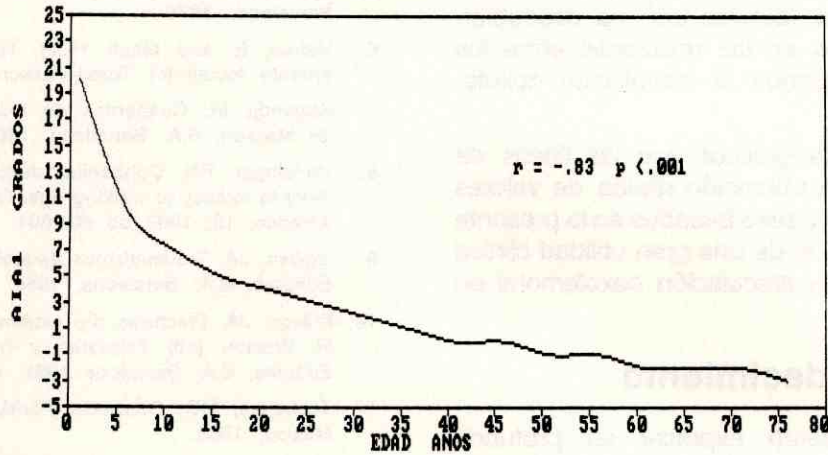


FIG. N° 12: REGRESION AIA1-EDAD SEXO MASCULINO



Discusión y Conclusiones

Los valores promedio encontrados para todas las variables evaluadas se encuentran dentro de los rangos considerados como normales. A pesar de que algunos autores han demostrado la existencia de asimetrías musculares consideradas normales al medir los diámetros de los miembros especialmente en los inferiores¹⁸, este hecho no altera la simetría de una cadera en relación a la contralateral. Las diferencias de los valores de DCF y DC entre los sexos se explica por el mayor tamaño de la cadera masculina, el mayor %C presentado en el sexo femenino es difícil de explicar, cabe recordar el hecho de que la displasia de cadera es más frecuente en niñas pero el presente trabajo analiza una muestra normal, esto nos hace pensar que la displasia de cadera en niñas podría estar condicionada en su mayoría por factores extraóseos, sin embargo con la presente serie es imposible verificar este hecho.

De acuerdo al presente estudio la edad va modificando la mayoría de las variables articulares en forma diferente según el sexo. Para ambos sexos el AC aumenta con la edad lo que puede explicar la reducida frecuencia de luxaciones espontáneas o con traumatismo mínimo en la edad adulta. En la actualidad se considera normal un AC entre 15 y 30 grados en niños ya mayores y en adultos¹⁹, estos valores representan una evaluación muy general sin precisión, el presente trabajo caracte-

riza el valor del AC según la edad y el sexo así como la forma en que se modifican. El valor del AIA1 se ha seguido desde el nacimiento con 27.5 grados hasta los dos años de edad cuando posee 20 grados. El presente trabajo indica que el AIA1 sigue disminuyendo con la edad en ambos sexos llegando a ser negativo en edades avanzadas, esto complementa la observación hecha en relación a lo poco frecuente de las luxaciones no traumáticas en el adulto. El AIA2 posee un comportamiento inverso al anterior al ir disminuyendo con la edad, fenómeno que se verifica sólo en el sexo femenino, este ángulo, no ha sido considerado hasta el presente en la evaluación radiológica de la articulación coxofemoral.

El EA sufre una reducción progresiva y lineal con la edad, lo cual es en otras articulaciones como las intervertebrales y la tibio-femoral, la explicación puede encontrarse en los cambios degenerativos que sufre el cartílago articular con la edad.

La reducción progresiva del ACD siguiendo una relación potencial puede ser expresión del efecto combinado de la reabsorción ósea por osteopenia y la fuerza de gravedad a través de los años.

Al considerar la articulación coxofemoral como un sistema físico con todos sus elementos interrelacionados se plantea la interdependencia de algunas variables, tal es el caso de la relación del AC con AIA1, AIA2 y ACD en el sexo femenino y con el AIA1 en el masculino.

Evaluando las relaciones estudiadas a través del coeficiente de determinación (r^2) podemos inferir la existencia de otros factores aún no descubiertos pero involucrados en las relaciones entre los elementos que componen la articulación coxofemoral.

La elaboración de gráficos con las líneas de regresión permiten la obtención rápida de valores normales según edad y sexo basados en la presente serie de casos lo que le da una gran utilidad clínica en la valoración de la articulación coxofemoral en nuestra población.

Agradecimiento

Los autores quieren expresar su profundo agradecimiento al Dr. Luis Morales del Servicio de Traumatología del Hospital Universitario "Dr. Angel Larralde" de la ciudad de Valencia por los comentarios y sugerencias realizadas al manuscrito del presente trabajo.

Bibliografía

- 1.- Letournel, E. Acetabulum fractures: classification and management; Clin Orthopaedic and Related Research, 151; 1980 pp 81-85.
- 2.- Muller, ME, Allgower, M, Schneider, R, and Willenegger, H. Manual de osteosíntesis, Editorial Científico-Médica, Barcelona, 1979.
- 3.- Rouviere, H. Anatomía Humana Descriptiva y Topográfica. Editora Nacional, México, 1973.

- 4.- Daniel, WW. Bioestadística Limusa, México, 1985
- 5.- Spalteholz, W. Atlas de Anatomía Humana, Editorial Labor, Barcelona, 1975.
- 6.- Hafner, E, and Meuli, HCH. Técnicas Radiológicas del aparato locomotor Toray-Masson, S.A. Barcelona, 1977.
- 7.- Kapandji, IA. Cuadernos de Fisiología articular. Editorial de Masson, S.A. Barcelona, 1984.
- 8.- Hensinger, RN. Congenital dislocation of the hip. Treatment to infancy to walking age. Orthopaedic Clinic of North America, 18; 1987 pp 601.604.
- 9.- Ogden, JA. Traumatismos esqueléticos en el niño, Salvat Editores, S.A. Barcelona, 1986.
- 10.- Wilson, JA. Fracturas del extremo proximal del fémur. In H. Watson (ed) Fracturas y heridas articulares, Salvat Editores, S.A. Barcelona 1981, pp. 410-420
- 11.- Tachdjian, MO. Ortopedia Pediátrica Interamericana, S.A. México, 1988.
- 12.- Harty M. Anatomía y Radiología de la Cadera. In R.G. Tronzo (ed). Cirugía de la Cadera. Panamericana, México, 1984, pp 75.78.
- 13.- Spiegel, M. Estadística McGraw-Hill, México, 1987.
- 14.- Northwest. The NWA Statpak Northwest Analytical, Inc, Portland, 1982.
- 15.- Bradford, A. Texto Básico de estadística médica. editorial El Ateneo, Buenos Aires, 1980.
- 16.- Scheffler, W. Bioestadística Interamericana S.A., Massachusetts, 1981.
- 17.- Kazmer, L. Estadística Aplicada McGraw-Hill Inc, cali, 1976.
- 18.- Eblen, A, and Vivas, V. Asimetrías entre diámetros de miembros humanos: relación con parámetros antropométricos, Acta Cient, Venezolana, 38, 1987 p. 194.
- 19.- Crenshaw, AH. Cirugía Ortopédica, Campbell, Médica Panamericana, Buenos Aires, 1988.