

“Estadificación de la Edad Ósea en Clavícula: Aplicación de A. Schmeling en la población de Aconcagua”

Seminario de Grado presentado en conformidad a los requisitos para obtener el Grado Académico de “Licenciado en Tecnología Médica con mención en Imagenología y Física Médica”

Autores:

Felipe Pineda Alcayaga

Angelo Sepúlveda Monsalves

Andrea Valenzuela Oyarzún

Profesor Guía : Carlos Coros Villca

Profesor Co-Guía: Alejandra Tapia Mendoza

i. Agradecimientos

A nuestras familias y seres queridos, por su apoyo incondicional durante todo nuestro proceso de formación personal y profesional.

Especial agradecimiento a la Dra. Ana Zepeda y Tecnólogo Médico Pamela López por su constante apoyo y dedicación, a los Tecnólogos Médicos Francisco Castro, Camila Díaz, Alejandra Tapia, Alicia Valenzuela, Miguel Paco, Rodolfo Huarcaya, Gianfranco Berlofffa, Oscar Flores, Rodrigo Palma, Arturo Cisternas, Carlos Muñoz, Jorge Choque, Roberto León y al Médico Radiólogo Marcelo Castro por su cooperación en el presente trabajo.

ii. Dedicatoria

A nuestras familias, amigos y todos quienes nos alentaron constantemente durante todo este largo proceso.

A quienes sienten que no pueden y que a veces lo académico los supera. Todo es posible y sólo bastan las ganas. El presente trabajo es prueba fiel de ello.

iii. Resumen

La radiología es una de las principales herramientas que nos permiten determinar la edad ósea de los individuos. Los datos que obtenemos a partir de éstos procedimientos pueden ser usados en diferentes áreas del conocimiento como medicina, forense, antropología, etc. El problema radica en que mundialmente la población crece de forma distinta debido a factores genéticos, ambientales, socioeconómicos, entre otros, por lo que es necesario contar con un método o estándar de comparación local, inexistente actualmente en nuestro país. Por ello la actualización y uso de valores referenciales locales son fundamentales para llenar el vacío de conocimiento, además de ser una base para futuros estudios y la creación de nuevos métodos complementarios a las diferentes disciplinas para la determinación de edad ósea y cronológica.

En el presente estudio se establecieron estadíos según las características del proceso de osificación de la clavícula en su epífisis medial, basándose en el método de Andreas Schmeling. Éstos fueron determinados mediante la observación realizada por Tecnólogos Médicos y Radiólogos de las imágenes en formato JPEG, exportadas desde radiografías de tórax PA, cuyos archivos originales se encontraban en formato DICOM. La exportación borró todo dato personal, posteriormente se registró en una planilla la edad y sexo de los pacientes, asignando un número en correlación con el archivo exportado. A partir de esto se realizaron análisis estadísticos descriptivos con el programa SPSS, resultando la edad mínima de inicio en el proceso de maduración ósea en clavícula a los 15 años en mujeres y 17 años en hombres, y finalizando su osificación a los 26 años en mujeres y 25 años en hombres de la población de Aconcagua.

A raíz de los resultados obtenidos se concluye que fue posible aplicar el método de Andreas Schmeling en el análisis del desarrollo óseo de la clavícula en la población de Aconcagua sentando un precedente y base para futuros estudios.

PALABRAS CLAVES: Clavícula – Estadíos de osificación – Edad ósea – A. Schmeling – Aconcagua.

iv. Abstract

Radiology is one of the main tools that allow us to determine the bone age in individuals. The data we obtain from these procedures can be used in different areas of knowledge such as medicine, forensic, anthropology, etc. The problem is that globally the population grows differently due to genetic, environmental, socioeconomic factors, among others. So it's necessary to have a method or standard of local comparison, which does not exist in our country. Therefore, the updating and use of local reference values are fundamental to fill the knowledge gap, as well as being a basis for future studies and the creation of new complementary methods to the different disciplines for the determination of bone and chronological age.

In this study, stages were established according to the characteristics of the process of the clavicle's ossification in its medial epiphysis, based on Andreas Schmeling's method. These were determined by the observation of Medical Technologists and Radiologists of JPEG images exported from chest PA, the original files were in DICOM format. The export process erased all personal data, then the age and sex of the patients were recorded in a spreadsheet, assigning a number in correlation with the exported file. From this, descriptive and statistical analyses were carried out with the SPSS program showing that the minimum age of onset in the bone maturation process of the clavicle is 15 years in women, 17 years in men and ending their ossification at 26 years in women and 25 years in men in the population of Aconcagua.

From the results obtained, it is concluded that it was possible to apply the Andreas Schmeling method in the analysis of bone development of the clavicle in the Aconcagua population setting a precedent and basis for future studies.

KEYWORDS: Clavicle; Stages of Ossification; Bone Age; Andreas Schmeling; Aconcagua.

v. ÍNDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	3
2.1 CRECIMIENTO.....	3
2.1.1 Formación del sistema óseo.....	3
2.1.2 Hueso y cartílago	3
2.1.3 Osificación intramembranosa y endocondral.....	4
2.1.4 Factores que influyen en el crecimiento	4
2.1.4.1 Factores nutricionales y socio-económicos	5
2.1.4.2 Factores ambientales y psico-efectivos	5
2.1.4.3 Factores genéticos	6
2.1.4.4 Factores hormonales.....	6
2.1.5 Alteraciones propias del crecimiento	7
2.1.5.1 Alteraciones metabólicas.....	8
2.1.5.1.1 Fenilcetonuria	8
2.1.5.2 Alteraciones ambientales y externas	8
2.1.5.2.1 Déficit de crecimiento	8
2.1.5.3 Alteraciones genéticas	9
2.1.5.3.1 Síndrome de turner	9
2.1.5.4 Alteraciones hormonales	9
2.1.5.4.1 Alteraciones de las hormonas tiroideas	9
2.1.5.4.2 Alteraciones de la hormona de crecimiento	10
2.2 MÉTODOS DE ESTUDIO DEL CRECIMIENTO	11
2.2.1 Estudios de edad ósea.....	12
2.2.1.1 Edad ósea en columna cervical.....	13
2.2.1.2 Edad ósea en rodilla.....	13
2.2.1.3 Edad ósea en pelvis	14
2.2.1.4 Edad ósea en extremo costo-esternal.....	15
2.2.1.5 Dentición	17
2.2.1.6 Edad ósea en carpo y mano	18

2.2.1.6.1 GREULICH & PYLE.....	18
2.2.1.6.2 TANNER Y WHITEHOUSE.....	19
2.2.1.7 Nuevos métodos de estudio en edad ósea.....	20
2.2.2 Localizaciones de los métodos de edad ósea en el mundo.....	21
2.2.2.1 Realidad en latinoamérica	23
2.2.2.2 Realidad en CHILE	23
2.3 CLAVÍCULA.....	25
2.3.1 Anatomía.....	25
2.3.2 Factores que influyen en fusión de la epífisis medial	27
2.3.2.1 Factores moleculares intrínsecos del crecimiento endocondral	27
2.3.2.2 Factores moleculares extrínsecos del crecimiento endocondral.....	27
2.3.2.3 Efectos de sollicitaciones mecánicas	28
2.3.2.4 Dimorfismo sexual	28
2.3.3 Radiología de la clavícula.....	29
2.3.3.1 Proyección anteroposterior de clavícula.....	29
2.3.3.2 Proyección anteroposterior axial de clavícula.....	29
2.3.3.3 Otras imágenes radiológicas.....	30
2.3.4 Estudios de edad ósea en clavícula.....	31
2.3.5 ANDREAS SCHMELING.....	33
2.4 IMPORTANCIA DE ESTUDIAR LA EDAD ÓSEA.....	36
2.4.1 Importancia en la clínica.....	36
2.4.2 Importancia en medicina forense.....	37
2.4.2.1 Edad ósea en inmigrantes	37
2.4.2.2 Edad ósea en osamentas	38
CAPÍTULO 3: HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	40
3.1 HIPÓTESIS.....	40
3.2 OBJETIVO GENERAL.....	40
3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	40
CAPÍTULO 4: MATERIALES Y MÉTODOS	41
4.1 ANÁLISIS DE DATOS.....	43

CAPÍTULO 5: RESULTADOS	44
CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN	57
CAPÍTULO 7: CONCLUSIÓN	61
CAPÍTULO 8: REFERENCIAS	62
CAPÍTULO 9: ANEXOS	69
9.1 SERIES DE ESTUDIOS SOBRE LA FUSIÓN DE LA EPÍFISIS MEDIAL DE LA CLAVÍCULA	69
9.1 REFERENCIA ENTREGADA A LOS PROFESIONALES PARA LA ESTADIFICACIÓN	70

ÍNDICE DE FIGURA

FIGURA 2.1 INFLUENCIA DE FACTORES AMBIENTALES Y PSICO-EFECTIVOS	6
FIGURA 2.2 EDAD ÓSEA EN PELVIS	15
FIGURA 2.3 ESTADÍO 0 DE BARCHILON	16
FIGURA 2.4 ESTADÍO 1 DE BARCHILON	16
FIGURA 2.5 ESTADÍO 2 DE BARCHILON	16
FIGURA 2.6 ESTADÍO 3 DE BARCHILON	16
FIGURA 2.7 RADIOGRAFÍA DE MUÑECA Y CARPO.....	19
FIGURA 2.8 RADIOGRAFÍA DE MANO SEGÚN MÉTODO BONE-XPRT	21
FIGURA 2.9 PROYECCIÓN AP DE CLAVÍCULA	29
FIGURA 2.10 PROYECCIÓN AP AXIAL DE CLAVÍCULA.....	30
FIGURA 2.11 RADIOGRAFÍA DE TÓRAX PA	31
FIGURA 2.12 SISTEMA GRÁFICO DE ESTADÍOS DE SCHMELING, ESTADÍO 2	35
FIGURA 2.13 SISTEMA GRÁFICO DE ESTADÍOS DE SCHMELING, ESTADÍO 3	35
FIGURA 2.14 SISTEMA GRÁFICO DE ESTADÍOS DE SCHMELING, ESTADÍO 4	35

FIGURA 2.15 SISTEMA GRÁFICO DE ESTADÍOS DE SCHMELING, ESTADÍO 5	36
FIGURA 2.16 CLASIFICACIÓN DE CLAVÍCULAS SEGÚN WALKER Y LOVEJOY	39
FIGURA 5.1 HISTOGRAMA CLAVÍCULA DERECHA EN HOMBRES	46
FIGURA 5.2 HISTOGRAMA CLAVÍCULA IZQUIERDA EN HOMBRES	48
FIGURA 5.3 HISTOGRAMA CLAVÍCULA DERECHA EN MUJERES	50
FIGURA 5.4 HISTOGRAMA CLAVÍCULA IZQUIERDA EN MUJERES.....	52
FIGURA 5.5 DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES DE CLAVÍCULA DERECHA EN HOMBRES.....	54
FIGURA 5.6 DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES DE CLAVÍCULA IZQUIERDA EN HOMBRES.....	56
FIGURA 5.7 DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES DE CLAVÍCULA DERECHA EN MUJERES	55
FIGURA 5.8 DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES DE CLAVÍCULA IZQUIERDA EN MUJERES	56
FIGURA 6.1 VISUALIZACIÓN EN RADIOLOGÍA DEL SIGNO EN BOCA DE PEZ.....	58

ÍNDICE DE TABLA

TABLA 2.1 PARÁMETROS ESTADÍSTICOS POR GÉNERO EN ESTADÍOS DE OSIFICACIÓN	34
TABLA 5.1 DISTRIBUCIÓN DE GÉNERO Y EDAD EN RECOLECCIÓN DE DATOS A PARTIR DE LA MUESTRA OBTENIDA	44
TABLA 5.2 DISTRIBUCIÓN DE LOS DISTINTOS ESTADÍOS DE LA CLAVÍCULA DERECHA EN HOMBRES ENTRE 15 Y 29 AÑOS	45
TABLA 5.3 DISTRIBUCIÓN DE LOS DISTINTOS ESTADÍOS DE LA CLAVÍCULA IZQUIERDA EN HOMBRES ENTRE 15 Y 29 AÑOS	47

TABLA 5.4 DISTRIBUCIÓN DE LOS DISTINTOS ESTADÍOS DE LA CLAVÍCULA DERECHA EN MUJERES ENTRE 15 Y 29 AÑOS	49
TABLA 5.5 DISTRIBUCIÓN DE LOS DISTINTOS ESTADÍOS DE LA CLAVÍCULA IZQUIERDA EN MUJERES ENTRE 15 Y 29 AÑOS	51
TABLA 5.6 PARÁMETROS ESTADÍSTICOS POR GÉNERO PARA ESTADÍOS DE OSIFICACIÓN DEL 1 AL 5	53
TABLA 5.7 DISTRIBUCIÓN DE LA COMPARACIÓN ENTRE LA CLAVÍCULA DERECHA E IZQUIERDA EN CUANTO A SU ESTADÍO DE MADURACIÓN.....	56
TABLA 5.8 COMPARACIÓN DE EDADES EN HOMBRES Y MUJERES EN QUE APARECE EL NÚCLEO DE OSIFICACIÓN SECUNDARIO EN LA EPIFISIS MEDIAL DE LA CLAVÍCULA Y EDAD EN QUE SE FUSIONA SEGÚN DISTINTOS AUTORES	57
TABLA 9.1 SERIES DE ESTUDIOS SOBRE LA FUSIÓN DE LA EPÍFISIS PROXIMAL DE LA CLAVÍCULA EN SU RELACIÓN CON LA EDAD.....	69
TABLA 9.2 REFERENCIA ENTREGADA A LOS PROFESIONALES PARA LA ESTADIFICACIÓN.....	70

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Comenzamos a crecer desde el momento de nuestra concepción hasta el final de la pubertad, etapa en la que alcanzamos la madurez en los diversos aspectos que ello significa. En todos los seres humanos el organismo funciona, en general, de la misma manera, pero a pesar de ello presentamos diferencias unos con otros. Éstas diferencias son determinadas por factores genéticos, ambientales (1), entre otros, y se acentúan a medida que avanza el tiempo. Es así como en diferentes zonas geográficas, incluso de un mismo país, las personas poseen procesos de crecimiento, desarrollo físico y psicológico diferentes.

Cuando se habla de edad es necesario realizar una diferencia entre edad cronológica y edad ósea. La primera corresponde a la que se mide desde el nacimiento hasta el momento de realizar el examen, anamnesis o control de algún tipo. La edad ósea es, en cambio, según el Diccionario Mosby de Medicina y Ciencias de la Salud (2) “una fase del desarrollo o decadencia del esqueleto o de sus segmentos, tal y como se ve en la exploración radiológica cuando se compara con las imágenes radiográficas de las estructuras óseas de otros individuos de la misma edad cronológica”. Su valoración es fundamental, ya que puede entregar información valiosa para detectar trastornos de crecimiento que pueda padecer un niño/adolescente, principalmente cuando no hay una relación entre la edad ósea y la edad cronológica. Un retraso en la edad ósea con respecto a la edad cronológica podría estar relacionado con desorden hormonal, déficits de la hormona de crecimiento, hipotiroidismo, malnutrición, acondroplasia, Síndrome de Turner, hipopituitarismo o algún tipo de enfermedad crónica. Así también, el adelanto de la edad ósea con respecto a la cronológica puede traducirse en pubertad precoz, hiperplasia adrenal congénita, síndromes de hipercrecimiento, hipertiroidismo, tumores ováricos y testiculares, etc. (3). Esto es de gran importancia para los endocrinólogos, ya que a través de los resultados obtenidos se podrían orientar los tratamientos de niños que pudiesen padecer las patologías mencionadas anteriormente, además de hacer un seguimiento del tratamiento y verificar la efectividad del mismo.

Los huesos del cuerpo poseen distintos tiempos de inicio y finalización del proceso osificación entre sí, por ejemplo el húmero finaliza su proceso alrededor de los 20 años, el fémur cerca de los 18 años, tibia a los 20 años y los huesos del carpo finalizan su proceso de osificación alrededor de los 11 años (4). En radiología existen dos principales métodos para el cálculo de la edad ósea a través de la radiografía de mano izquierda, Greulich-Pyle (5) y Tanner & Whitehouse

(6), ambos basan el método en el análisis de la osificación de los huesos del carpo. El más utilizado a nivel mundial y en nuestro país, es Greulich-Pyle, que a pesar de datar desde hace más de 50 años sigue completamente vigente. El método se basa en la comparación visual de placas radiográficas con un atlas, luego de ello el Radiólogo selecciona la placa con la que comparta mayor cantidad de características y realiza un informe con el diagnóstico de la edad ósea. Diversos estudios cuestionan la aplicabilidad del método de Greulich-Pyle en otro tipo de poblaciones, esto debido a la influencia de perfiles genéticos, factores seculares, ambientales y tipos de enfermedades (7) (8) (9) (10). Es posible también encontrar estudios que indican que Greulich-Pyle es inadecuado a la hora de aplicarlo a poblaciones distintas a la original, y recomiendan realizar adaptaciones a la población local (11). En los últimos años, en búsqueda de otros métodos de medición de edad ósea, se comienza a desarrollar el estudio de clavícula. La clavícula es un hueso largo, par, con apariencia curva, y único hueso en posición horizontal en nuestro cuerpo, ubicado en la zona anterosuperior del tórax, es la unión ósea entre el tronco y la extremidad superior (12). El proceso de osificación de la clavícula comienza antes que la de los demás huesos del cuerpo, tiene lugar dentro de la quinta y sexta semana de vida fetal, en que aparecen dos centros de osificación. En el extremo esternal, aparece un tercer centro de osificación secundario a los 15 años en mujeres y 17 en varones. Este centro de osificación se fusiona totalmente con el cuerpo de la clavícula a una edad comprendida alrededor los 25 años. Por lo mencionado anteriormente, la clavícula entrega un rango etario más amplio a analizar en comparación al carpo. A pesar de estos estudios, en Chile aún no se han desarrollado trabajos actuales que nos permitan tener una representación de cómo crece la población, y tampoco conocer con certeza el fin del proceso de osificación y, por lo tanto, tiempo en que se alcanza la madurez ósea.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 CRECIMIENTO

2.1.1 Formación del sistema óseo

El proceso de crecimiento en los seres humanos inicia desde que el cigoto comienza su segmentación en la vida intrauterina, hasta que finaliza el crecimiento de los huesos largos, etapa que coincide muchas veces con el fin de la adolescencia en los jóvenes. El cuerpo de los humanos, está formado principalmente por cuatro grandes grupos de tejidos: el tejido epitelial, encargado de revestir y cubrir las superficies internas y externas del organismo; tejido conectivo, que posee una función de sostén y unión de diversos tejidos; tejido muscular, que posee células con la propiedad de contractilidad; y el tejido nervioso, que está especializado en la recepción y conducción de diferentes estímulos. Uno de los tejidos más importantes nombrados anteriormente es el tejido conectivo, ya que éste permitirá la formación del sistema óseo, encargado de la protección de los órganos internos, sostén de los tejidos blandos, permitir el movimiento en conjunto con los músculos, producción de células sanguíneas y homeostasis de minerales (13) (14).

En cuanto al desarrollo del sistema óseo que se produce en los humanos, éste se origina a partir de células con morfología mesenquimatosa, es decir, células capaces de formar tejido conectivo fibroso u otra célula que necesite el organismo (15). Su origen puede ser del mesodermo paraxial o del ectomesénquima proveniente de las células de la cresta neural. El primero da lugar a la formación del esqueleto axial y el segundo a la de los huesos formadores de los miembros superior e inferior y de las cinturas escapular y pélvica.

2.1.2 Hueso y cartílago

La formación de hueso y cartílago en los seres humanos comienza con un patrón en común para luego diferenciarse entre uno y otro. Ambos, en un inicio parten como una condensación de células mesenquimatosas, hasta que llega el momento de divergir a través del proceso osteogénico o condrogénico. El primer proceso hace alusión a la formación de hueso gracias a los osteoblastos, células formadoras de hueso propiamente tal a través de una osificación de tipo intramembranosa. El segundo proceso, en cambio, está regulado por los condroblastos, células que comienzan a

formar colágeno tipo II y matriz cartilaginosa para la creación de cartílago. El cartílago por otro lado, sirve como la base para la formación de hueso endocondral a través de una osificación endocondral (15).

2.1.3 Osificación intramembranosa y endocondral

La osificación intramembranosa, también conocida como desmoide, se caracteriza por la formación de huesos planos como la bóveda craneana, parte de los huesos de la mandíbula y gran parte de la clavícula, sin necesitar un molde de cartílago previo. Esto debido a que las células mesenquimatosas se diferencian directamente en osteoblastos, estas últimas al quedar atrapadas debido a la secreción de matriz osteoide no mineralizada se transforman en osteonas (célula funcional del tejido óseo), permitiendo así la formación del hueso.

La osificación endocondral en cambio, es un proceso que comienza cerca del final del periodo embrionario y necesita de un molde de cartílago preexistente para poder permitir la formación de huesos largos como el fémur, húmero o costillas. Existen centros de osificación primarios en el cuerpo, o en la diáfisis de los huesos largos alrededor de la duodécima semana de desarrollo, que permitirán una osificación gradual hacia los extremos. Sin embargo, a pesar de que la diáfisis estará completamente osificada, en las epífisis aparecen otros centros de osificación. Entre ambos centros de osificación se encuentra una lámina de cartílago conocida como placa epifisiaria, que permitirá que se produzca un crecimiento longitudinal del hueso. Esta lámina desaparece cuando el hueso ha alcanzado su longitud total, completando así la consolidación de la epífisis con la diáfisis (16). Es por eso que todos los huesos tienen diferentes tiempos de osificación, las costillas alcanzan su osificación rápidamente, el tarso hace antes que el carpo, y la clavícula es uno de los últimos huesos en alcanzar su osificación completa (17).

2.1.4 Factores que influyen en el crecimiento

Tanto la osificación intramembranosa como la endocondral, pueden estar influenciados por distintos factores que harán posible o no la correcta formación del sistema óseo en el cuerpo humano. Estos factores pueden ser endógenos (intrínsecos) o exógenos (extrínsecos). Como por ejemplo factores ambientales, económicos, nutricionales, culturales, genéticos, estado psicosocial, entre otros (18).

2.1.4.1 Factores nutricionales y socio-económicos

El factor nutricional es muy importante, ya que puede ser un determinante tanto positivo como negativo dentro del desarrollo del sistema óseo. Positivo, debido a que el organismo necesita de una gran cantidad de nutrientes y minerales que son otorgados por los alimentos para poder utilizarlos en el desarrollo de diferentes órganos y estructuras. Por otro lado, puede afectar de forma negativa (desnutrición), al causar un retardo en el crecimiento que posiblemente no se podrá recuperar (18). Algunos de los alimentos que producen una alteración en el desarrollo óseo, según un estudio español, son los embutidos, que causan un retraso de la edad ósea en los humanos, el pan que podría causar un adelanto en la edad ósea y la lactancia materna que es un tema controversial según distintos autores (19).

La situación socioeconómica está relacionada con el factor nutricional, ya que muchas veces la falta de desarrollo óseo se asocia a una desnutrición materna y una poca ganancia de peso materno durante la gestación (20), llegando a generar dos veces más niños con edad gestacional deficientes, en comparación con personas con situación socioeconómica alta. Además, en los niños que se encuentran en plena etapa de desarrollo se verá mermada la calidad de los nutrientes recibidos y necesitados para un óptimo crecimiento y desarrollo óseo.

2.1.4.2 Factores ambientales y psico-efectivos

Tanto el factor ambiental como el psico-efectivo serán decisivos para un correcto equilibrio afectivo, desarrollo intelectual y un buen crecimiento somático del individuo. Se ha demostrado que una falta de afectividad en el infante, acompañada de maltrato y enfermedad física o psíquica de los padres, pueden ocasionar un retardo en el crecimiento y desarrollo debido a que se ve afectado el sistema de la Hormona de crecimiento (18). Además, existen otras causas ambientales que pueden modificar el proceso de crecimiento, como la urbanización, el clima, calidad de vida, entre otros. Se dice que las personas que viven en lugares más urbanizados tienen un crecimiento más rápido, en comparación con las personas que viven en lugares más rurales, esto puede deberse a que poseen una alimentación más equilibrada y con una estimulación sexual y visual mayor. También el clima afecta mucho el crecimiento de las personas, por ejemplo, personas que viven en lugares más cálidos presentan miembros más largos que los que viven en un lugar más frío (21).



Figura 2.1 Ambas imágenes pertenecen a la misma niña, la imagen de la izquierda es la niña con 13 meses de edad que se encontraba abandonada por su madre y a la derecha la niña ya bien cuidada y alimentada por una enfermera (21).

2.1.4.3 Factores genéticos

Es el factor que posiblemente puede llegar a afectar más el crecimiento de las personas, ya que se estima que la altura que puede llegar a alcanzar un individuo está entre un 70 a un 90% influenciada por este factor que proviene de los progenitores. Sin embargo, esto es completamente dependiente de los factores ambientales mencionados anteriormente. Hay que tener presente que el factor genético no sólo influye en la estatura de las personas, sino también en los procesos de maduración física, es decir, dental, sexual y óseo.

Genéticamente la estatura está determinada de forma poligénica, es decir, hay muchos genes que actúan en su expresión, por lo cual sería complicado poder determinar cuáles son los implicados. Aunque podría ser que la talla esté relacionada con el cromosoma “Y”, esto demostraría la diferencia de estatura entre hombres y mujeres dentro de una misma raza. Finalmente, la maduración ósea, puede estar ligada al cromosoma “X”, debido a que la osificación de los núcleos es más parecida entre hermanas que hermanos (18) (22).

2.1.4.4 Factores hormonales

Los factores hormonales comienzan a causar efectos en el crecimiento desde la vida intrauterina hasta el periodo post-natal. Normalmente, las hormonas mantienen un equilibrio completo dentro de los organismos en todas sus etapas del desarrollo y proceso de crecimiento, sin embargo, un desequilibrio de algunas de las hormonas que participan en este proceso puede causar

una alteración en el crecimiento. Estas hormonas son la insulina, las tiroideas, la de crecimiento y las sexuales.

La insulina actúa en la vida intrauterina, participando activamente en el crecimiento óseo, formación de tejido graso en el organismo y aumentando el tamaño de los diferentes órganos del cuerpo.

Las hormonas tiroideas, tanto la T3 (triyodotironina) como la T4 (tiroxina), actúan en el periodo prenatal y en el postnatal. En el primero, influyen sobre el desarrollo del sistema nervioso central y maduración ósea. En el otro periodo, sobre la maduración ósea, pero desde el nacimiento hasta que alcanza la edad ósea, gracias a la proliferación y diferenciación de los condrocitos. Cabe destacar que esta hormona también influye sobre la expresión de la hormona de crecimiento (23).

La hormona del crecimiento (GH) en el periodo prenatal está relacionada con el peso, la altura y el perímetro cefálico y en la fase postnatal se encarga de estimular la condrogénesis, por lo tanto, permitirá que se lleve a cabo el crecimiento de hueso por la osificación endocondral. Por último, otra de las hormonas implicadas en desarrollo óseo y otras características, son las hormonas sexuales, las cuales se encargan de aumentar la velocidad de crecimiento y maduración ósea durante la pubertad. Sin embargo, al comparar las hormonas sexuales masculinas con las femeninas, se observa que los andrógenos tienen un efecto más potente que los estrógenos en el incremento de la masa ósea, longitud y diámetro de huesos. Esto podría explicar por qué en la mayoría de las etnias el hombre es más alto y más robusto que la mujer (24).

2.1.5 Alteraciones propias del crecimiento

Existen diversos factores que afectan el crecimiento de los individuos, como se nombró anteriormente, éstos pueden afectar de forma errónea el crecimiento y desarrollo de las personas, provocando así daños que pueden llegar a ser irreversibles si no se diagnostican a tiempo y se tratan de forma oportuna.

Es importante reconocer y tener claro que se pueden provocar alteraciones del crecimiento desde la vida prenatal hasta el periodo postnatal, además que éstas pueden ser por un exceso de crecimiento o por un déficit del mismo.

2.1.5.1 Alteraciones metabólicas

2.1.5.1.1 Fenilcetonuria

La fenilcetonuria es un trastorno metabólico congénito que se produce porque el organismo no puede metabolizar el aminoácido fenilalanina (aminoácido participante en la formación de tirosina), esto debido a que no se encuentran las enzimas encargadas de dicha función, la enzima fenilalanina hidroxilasa o la tirosina hidroxilasa (25). Dado que estas enzimas que no cumplen su función, se produce un aumento de la concentración de fenilalanina en la sangre y esto lleva a que se produzca disminución de tirosina.

La tirosina es un aminoácido muy importante, ya que actúa como precursor de las hormonas de la tiroides. Entonces, si existe una disminución de ésta, se podrían producir alteraciones del sistema nervioso y del crecimiento, llegando a generar enanismo; disminución de la resistencia y masa ósea; además de aumentar probabilidades de generar algún tipo de fractura en los pacientes que padecen esta enfermedad (26) (27).

2.1.5.2 Alteraciones ambientales y externas

2.1.5.2.1 Déficit de crecimiento

Se habla de déficit de crecimiento o restricción del crecimiento intrauterino (RCIU), cuando el bebé que aún se encuentra en el útero materno no está creciendo de la forma que se espera que crezca para su edad gestacional. Esto debido a factores como la desnutrición de la madre, consumo de cigarrillos, origen étnico, ambiente, estado anímico de la madre, situación socioeconómica, entre otros (28).

Existen dos tipos de restricción del crecimiento intrauterino que pueden traer consecuencias a corto o mediano plazo. Por un lado, está la RCIU simétrico en el cual se verán disminuidas todas las estructuras del feto debido a problemas genéticos principalmente. Por su parte, en la RCIU asimétrica donde se verán ciertos órganos o estructuras disminuidas de tamaño y otros con un crecimiento adecuado para la edad gestacional, en este caso se debe mayoritariamente a falta de nutrientes provenientes de la madre (29).

En la actualidad hay estudios en que se han realizado seguimientos a pacientes que padecieron RCIU, para poder determinar cuáles son las posibles consecuencias que puede traer esta alteración si no es tratada de forma adecuada. Los estudios se desarrollaron en jóvenes indios de 12 y 18 años de edad, los cuales fueron analizados tanto con métodos imagenológicos como fisiológicos, concluyendo que los individuos que padecieron esta alteración crecían mucho menos que las personas normales, sin embargo, no se veía afectada su edad ósea (30) (31) (32).

2.1.5.3 Alteraciones genéticas

2.1.5.3.1 Síndrome de Turner

El Síndrome de Turner es una condición genética que se presenta en las niñas, esto debido a la pérdida total o parcial de un cromosoma sexual “X”. Además, existen estudios que han relacionado la alteración del gen SHOX (gen participante de la regulación del crecimiento y desarrollo) con la expresión del síndrome en las niñas (33).

La característica principal que presentan las personas que padecen esta alteración y que es de importancia para este estudio, es que poseen talla baja y además que generan otros trastornos del crecimiento, como por ejemplo, cuarto metacarpiano corto; disminución del ángulo del carpo y signos de osteoporosis. Estas últimas características son analizadas gracias a técnicas imagenológicas.

Al llegar a la edad de mayor crecimiento óseo, las mujeres que tienen esta condición lo hacen más lentamente debido a que poseen menos hormonas de crecimiento. Sin embargo, siguen creciendo más allá de lo normal, dado que sus cartílagos de crecimiento aún no se han cerrado (34).

2.1.5.4 Alteraciones hormonales

2.1.5.4.1 Alteraciones de las hormonas tiroideas

Como se nombró anteriormente, las hormonas tiroideas son de crucial importancia para el buen crecimiento desde periodos prenatales hasta la adolescencia, ya que son las encargadas de participar en los procesos de osificación y maduración del cartílago de crecimiento. Es por eso, que cualquier alteración, ya sea por exceso o déficit de esta hormona, causará una gran anormalidad en el crecimiento óseo.

Un aumento de las concentraciones de las hormonas tiroideas dentro del organismo podría causar un crecimiento aumentado descontrolado y una edad ósea adelantada debido a que los procesos de osificación ocurren más rápidamente en relación con el crecimiento normal. Por ende, el resultado serían niños con un crecimiento mayor, pero llegando a la adultez serían más pequeños por el hecho nombrado anteriormente. Por el contrario, un déficit o una ausencia de las hormonas provoca que haya una disminución del crecimiento y un retardo de la maduración de los cartílagos de crecimiento, presentes en todo el sistema óseo (35) (36).

2.1.5.4.2 Alteraciones de la hormona de crecimiento

La hormona de crecimiento (GH) o también conocida como somatotropina, es secretada a partir de la glándula hipófisis y es la principal hormona responsable del crecimiento y desarrollo de los seres humanos, dado que regula la condrogénesis y osteogénesis.

Cuando existe un aumento de la secreción de esta hormona se puede producir gigantismo o acromegalia. La primera, se refiere cuando hay un aumento excesivo de crecimiento de los huesos y de otras partes del cuerpo, debido a que al haber mayor cantidad de hormona en la sangre, mayor será la estimulación de la formación ósea y cartilaginosa. En cambio, en la segunda se produce un crecimiento luego de haber terminado la etapa de osificación completa (37).

El efecto contrario sucede si, por ejemplo, se ve afectada la hipófisis, comienza a haber una disminución de la liberación de la GH en el organismo, generando así personas con una talla o crecimiento menor en comparación con una persona sin esta alteración. Además, hay un retraso de la maduración ósea, generando así un retraso en la edad ósea (38) (39).

2.2 MÉTODOS DE ESTUDIO DEL CRECIMIENTO

El ser humano siendo un ente complejo puede ser estudiado en sus múltiples ámbitos y desde variadas disciplinas. En medicina, el crecimiento es evaluado desde el momento de su concepción a través de controles ecográficos, una vez nacido, medidos en talla y peso, y desde ahí una seguidilla de estudios durante su desarrollo hasta alcanzar la edad adulta.

Como se ha explicado hasta ahora, el crecimiento y proceso de maduración ósea de un individuo se puede ver afectado siendo retrasando o adelantado por factores como la alimentación, el clima, seculares, entre otros. Por lo tanto el ritmo de este crecimiento es único en cada individuo y responderá a su propia historia de desarrollo.

En Chile el Programa Nacional de Salud de la Infancia incluye controles de las condiciones nutricionales, salud bucal, desarrollo puberal, evaluación ortopédica y auditiva, entre otros, a niños y niñas de 0 a 9 años realizando un monitoreo del crecimiento infantil y la evaluación del estado nutricional, con los indicadores habitualmente utilizados en atención primaria, como medidas antropométricas y tablas de crecimiento (40).

Si pensamos en estudiar el crecimiento y verificar si es acorde o no a la edad del niño, se introduce justamente este último concepto, la edad. Según la Real academia española (RAE) (41) la edad se define como el tiempo que ha vivido una persona o ciertos animales. En un sentido más amplio, como cada uno de los grandes períodos en que se considera dividida la historia. Entendiendo así mismo la edad como un elemento social e histórico-cultural que trasciende más allá de una definición médica o antropológica.

Aproximando el concepto de edad al escenario de esta investigación, debe diferenciarse en un individuo la edad cronológica, edad biológica y edad ósea. Según Gallahue (42) se define edad cronológica como aquella determinada por la diferencia entre un día indicado y el día del nacimiento de un individuo. La edad biológica se refiere según Lopes-Machado y Barbanti1 (43) a la edad de un individuo definida por los procesos de maduración y por influencias exógenas, siendo posible encontrar diferentes edades biológicas entre individuos de la misma edad cronológica. Por último, la maduración esquelética u ósea se refiere al grado de desarrollo de osificación de un hueso y está determinada por la evaluación de radiografías de una o más áreas del cuerpo (44). A partir de esto se puede inferir que estas tres edades se entrelazan en el desarrollo

del ser humano, aun así, la literatura sugiere a la edad esquelética o edad ósea como el indicador de madurez más útil para caracterizar ritmos o “tiempos” de maduración durante el crecimiento (45).

El presente estudio se atañe principalmente al concepto de edad o maduración ósea, ítem en el que se profundizará a continuación, analizando sus principales métodos de estudio y aplicaciones en múltiples disciplinas.

2.2.1 Estudios de edad ósea

Previamente fue definido edad ósea como el estado de maduración de un hueso que puede ser evaluado radiográficamente, por lo tanto, podría ser posible evaluar la maduración indistintamente con cualquier hueso del cuerpo. Sin embargo, por comodidad de evaluación y fácil reproducibilidad se ha hecho una estandarización de técnicas radiográficas para la evaluación de la edad ósea.

En la literatura, uno de los primeros en mencionar el término de maduración ósea e iniciar la investigación en el área fue Angerer en 1896, quien propuso el uso de rayos x en el carpo y la aplicación de los resultados como indicadores de edad ósea. En el año 1897, Albert Londe (46) publicó en Francia un estudio sobre radiografías realizadas en el brazo de una momia y destacó el hecho de que en las radiografías obtenidas, se podría estimar el estadio de maduración ósea del sujeto (47). Luego Pryor (48) en 1907 y posteriormente Todd (49) en 1937, quien publica el primer Atlas de edad ósea para su uso en la práctica clínica y se refiere a los cambios graduales que experimenta la placa de crecimiento del cartílago durante el proceso de fusión de la epífisis con la diáfisis y que pueden determinarse estudiando placas radiográficas (50) (51).

A continuación, se describen los principales métodos de estimación de edad ósea.

2.2.1.1 Edad ósea en columna cervical

En columna cervical los análisis de maduración ósea inician con Lamparski (52) en 1972, quien estudió cambios en el tamaño y forma de las vértebras cervicales para crear estándares de maduración, concluyendo que al analizar la radiografía lateral de columna cervical de rutina era estadística y clínicamente tan confiable como la técnica de la radiografía de mano y muñeca para la evaluación de la edad esquelética (44). Posteriormente trabajaron en el análisis óseo en vértebras cervicales diversos autores, entre ellos se destacan Hassel y Farman (1995) (53), su método propone 6 etapas de maduración cervical, en inglés señalados como *Cervical Vertebral Maturation* (CVM), definidos según los cambios morfológicos observados radiológicamente en los bordes inferiores de las vértebras C2, C3 y C4.

La principal aplicación que se le ha dado a este método es en tratamientos de ortodoncia y odontología en general, en donde es necesario tener el dato del peak puberal que debería ir en correlación con el peak de maduración ósea encontrado en el hueso mandibular. Por defecto este último, es calculado a través de los cuerpos vertebrales considerando la cercanía por disposición anatómica que tiene con el mandibular (54).

2.2.1.2 Edad ósea en rodilla

En el área forense uno de los principales métodos de identificación para las osamentas es el de dentición, sin embargo, este resulta poco eficiente a medida que la maduración dental se alcanza, punto en el que se profundizará más adelante. En búsqueda de métodos que permitieran una identificación más exacta, para determinar con precisión si nos encontramos frente a un individuo adulto o juvenil, es que parece ideal la examinación de la epífisis de los huesos largos. A raíz de ello la rodilla se utiliza como método complementario a los tradicionales, así se asegura precisar la edad con un bajo margen de error. Dentro de las ventajas de utilizar la rodilla podríamos mencionar su disposición anatómica que permite ser radiografiada sin dificultad, además de permitir evaluar en una sola proyección tres epífisis de distintos huesos simultáneamente (Fémur, Tibia y Fíbula) (55).

Los pioneros en el estudio de la rodilla son Pyle y Hoerr (56), quienes en 1926 comenzaron a trabajar en la elaboración de un atlas con radiografías anteroposterior (AP) y laterales de rodilla tanto de hombres como mujeres de Cleveland, USA. El método consiste en comparar visualmente

la radiografía del sujeto en estudio con aquella del atlas con la que comparta mayores similitudes, así se asigna un estadio.

2.2.1.3 Edad ósea en pelvis

El uso de la pelvis es uno de los más comunes en medicina forense y en especial en el área clínica en pacientes con escoliosis, utilizando el denominado signo de Risser, indicador de madurez ósea que mide el grado de osificación en la apófisis ilíaca. El signo fue descrito en 1958 por Joseph Risser (57), midiendo la osificación progresiva de la apófisis iliaca en sentido anterolateral a posteromedial. Un grado de Risser de 0 indica ausencia de osificación de la apófisis ilíaca, el grado 1 indica más de un 25% de osificación, el grado 2 indica de un 25-50%, un grado 3 indicaría de una 50-75% y el grado 4 de 75-100% de osificación. Finalmente, un valor de Risser 5 indica que la apófisis ilíaca se ha fusionado con la cresta ilíaca tras completar el 100% de la osificación (58). La escoliosis no sólo es evaluada por el tipo de curva o el ángulo de Cobb, sino que también con este indicador de maduración ósea para tener un antecedente de como progresará la curva escoliótica, y así barajar los posibles tratamientos. La ventaja de este método en dichos casos es que el signo de Risser es evaluable en la misma radiografía de columna total, esto desde que Risser concluyó que el final de la osificación de la apófisis ilíaca coincidía con el final del crecimiento vertebral y, por lo tanto, con el final de la progresión de la curva escoliótica. Aunque Risser aportó poca evidencia, estudios posteriores apoyaron el signo como indicador de edad ósea y un buen factor predictivo de progresión (Ver figura 2.2).



Figura 2.2 Joven sin tratamiento, seguido durante de 10 años, período durante el cual su curva aumentó más de 20° Hasta completar la fusión de la apófisis ilíaca (57).

2.2.1.4 Edad ósea en extremo costo-esternal

La osificación del cartílago de la primera costilla ha sido objeto de estudio por su carácter progresivo con la edad. La maduración ósea en estos casos puede ser analizada en las radiografías de tórax PA, parámetro recomendado por la *Arbeitsgemeinschaft für Forensische Altersdiagnostik* (AGFAD) para el diagnóstico de edad entre los 18 y 21 años de edad. Los primeros en proponer este método fueron Barchilon y Michelson en 1934 (59) (60) con la estadificación de la 1° costilla en cuanto al aspecto morfológico de la región del cartílago costal según un sistema de estadíos (61). (Ver imágenes 2.3 a 2.6)

Los cartílagos costales, son la única estructura anatómica que sufre un proceso de osificación progresivo durante toda la vida de los seres humanos. No obstante, la precisión del análisis es más bien baja y centrada en cambios que resultan más significativos en sujetos maduros, por lo que es aplicado en el área forense principalmente (47).



Figura 2.3 Osificación del cartílago costal de la primera costilla. Estadío 0 de Barchilon, equivalente a no osificación (61).



Figura 2.4 Osificación del cartílago costal de la primera costilla. Estadío 1 de Barchilon equivalente a osificación insipiente (61).



Figura 2.5. Osificación del cartílago costal de la primera costilla. Estadío 2 de Barchilon, equivalente a osificación en torno al 50 % del cartílago (61).



Figura 2.6. Osificación del cartílago costal de la primera costilla. Estadío 3 de Barchilon, equivalente a osificación completa o casi completa (61).

2.2.1.5 Dentición

Uno de los métodos clásicos para la estimación de la edad es la maduración dental. Se puede evaluar con dos sistemas, uno a través de la erupción dentaria, que puede ser afectada por factores externos como caries, fuerzas oclusales y tratamientos. El segundo, considera estadíos de calcificación o mineralización de la pieza dental.

El conocimiento del proceso de calcificación y erupción de los dientes temporales y permanentes es indispensable para determinar las alteraciones que conducirán a la formación de anomalías y tomar medidas que impidan la aparición de éstas (51). Por otro lado, la edad dental valorizada con estadíos de mineralización de los dientes puede utilizarse para estimar la edad cronológica de una persona. No obstante, la precisión que puede obtenerse a la hora de realizar una estimación de edad dental no es uniforme, pues una vez finalizada la formación de los premolares y caninos, la estimación de la edad se hace más difícil, ya que la mayoría de los dientes han completado su desarrollo (47).

Dentro de los métodos que evalúan la maduración dental por el grado de calcificación de la corona y la raíz, el más destacado es el de Demirjian (62), su trabajo contempla alrededor de 3000 radiografías panorámicas de niños (as) y jóvenes de entre 2 y 20 años de origen franco-canadiense. El método consiste en asignar una puntuación a cada uno de los siete dientes mandibulares del lado izquierdo, según su estadío de desarrollo (estadios A-H), siguiendo criterios descritos para cada uno y por comparación con diagramas e imágenes radiológicas. Las puntuaciones de los siete dientes se suman para dar una puntuación de maduración, la cual se traduce en edad dental (47).

Sempé (63) sugiere en su libro, que no es comparable en ninguna dimensión los métodos de estudio de maduración esquelética con métodos dentales, pues el origen ectodérmico de las piezas dentales se opone al mesenquimatoso que caracteriza a huesos y articulaciones, por lo que no habría relación entre ambos.

2.2.1.6 Edad ósea en carpo y mano

El inicio de estudio de edad ósea y los principales métodos hasta la actualidad, se concentran en carpo y mano, principalmente porque es de fácil acceso y reproducibilidad de proyección radiológica, además se conocen bien sus tiempos de maduración ósea, ya que posee un gran número de centros de primarios de osificación, cuantiosas epífisis y huesos para realizar evaluación con una alta sensibilidad.

Habitualmente se estudia la mano izquierda con la finalidad de evitar influencias de factores adicionales, como las sollicitaciones mecánicas que pudieran dificultar o manipular los resultados, considerando que la gran mayoría de la población es diestra (51).

La maduración ósea en ésta región ha sido analizada principalmente a través de dos métodos, primero tenemos el método clásico, también llamado etario o inspeccional, en el cual la radiografía obtenida de la mano y muñeca es comparada con las reproducciones de radiografías contenidas en un atlas como el de Todd (49) o el de Greulich-Pyle (5), en el que se profundizará en el siguiente punto. En segundo lugar, tenemos el método de los “*scores*”, donde se asigna un valor o puntuación a cada uno de los centros de osificación evaluados de acuerdo con una escala de desarrollo establecida por edad y sexo, como el sistema de Tanner-Whitehouse (6) (64).

Los trabajos reconocidos mundialmente son justamente el de Greulich-Pyle, basado en niños americanos; el de Tanner-Whitehouse en niños anglosajones.

2.2.1.6.1 GREULICH & PYLE

Sin duda el método de Greulich & Pyle (5) es el más difundido y el *gold standard* en estimación de edad ósea a nivel mundial, incluyendo nuestro país. El trabajo “*Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist*” publicado en dos ediciones en 1951 y en 1959 se basa en una muestra total de 6.879 niños sanos de origen norteamericano y de clase socioeconómica media-alta. Se valora la edad del individuo a través la obtención de un valor “promedio” de edad ósea por similitud de la radiografía correspondiente al sujeto en estudio con las recopiladas en el atlas. Además de las imágenes de comparación con sujetos sanos, Greulich & Pyle documentaron en su atlas a sujetos que padecían algún trastorno del crecimiento complementando la radiografía de mano y muñeca izquierda con fotografías de su desarrollo físico, como por ejemplo pacientes con pubertad precoz (Ver figura 2.7)



C.A. 3 yrs., 5 mos.

S.A. 9 yrs., 6 mos.

Figura 2.7. Radiografía muñeca y mano izquierda de jovencita con pubertad precoz. Edad cronológica de 3 años 5 meses y edad ósea de 9 años y 6 meses (5).

2.2.1.6.2 TANNER Y WHITEHOUSE

Este método se basa en el atlas publicado por Greulich & Pyle (5), aunque tratando de encontrar un resultado más preciso y objetivo, convirtiéndose en una evaluación numérica de estimación de edad ósea. Se le denomina también como método RUS (radio, ulna y huesos cortos), fue estandarizado originalmente a través de una muestra de 3000 niños británicos, saludables, seleccionados durante la década de los años 50, siendo publicado en 1959. En el se definen los indicadores de madurez para cada centro de osificación, a los que se les asignan puntuaciones determinadas según el sexo, que se suman estableciendo la edad ósea. En el año 1983 los autores revisan y proponen puntuaciones más precisas. Posteriormente se han publicado otras versiones intentado aumentar su precisión. La última de estas revisiones fue realizada en el año 2001, utilizando una muestra de origen norteamericano para estandarizar el sistema RUS, conservándose

los estadios de madurez y los “scores” atribuidos a los centros de osificación de la mano y la muñeca evaluados con dicho sistema y fue denominada TW3 (65) (47) (51) (64). Hasta el día de hoy es uno de los métodos clásicos más utilizado a nivel mundial.

Bull y colaboradores (66) realizaron un estudio de comparación entre el método de Greulich & Pyle y el de Tanner y Whitehouse (6) con una muestra de 362 radiografías de muñeca y mano izquierda tomadas entre los años 1992 y 1996 correspondiente a niños (as) comprendidos entre los 2 y 18 años. Sus resultados arrojaron que las edades evaluadas con el método Tanner y Whitehouse son mayores que con el método de Greulich & Pyle, con una diferencia entre los dos métodos de 2,28 a -1,52 años. Esta disparidad la atribuyen a los orígenes de ambos estudios, considerando que los sujetos procedían de contextos sociales muy diferentes. Greulich & Pyle estudiaron a niños estadounidenses de alto nivel socioeconómico en la década de 1940, mientras que Tanner y Whitehouse estudiaron niños escoceses de bajo nivel socioeconómico en la década de 1950.

2.2.1.7 Nuevos métodos de estudio en edad ósea

En búsqueda de métodos que aceleren el proceso de determinación de edad ósea y que a su vez sean más objetivos y no caigan en la dependencia del observador, junto con el creciente avance de la tecnología, se han inventado *softwares* de automatización y sistemas semiautomáticos de determinación de edad ósea.

(47) Se han hecho intentos de desarrollar aplicaciones informáticas sobre el sistema numérico TW2 y TW3 para valoración automatizada de las placas radiográficas. Teóricamente, permitirían cuantificar los resultados de forma uniforme y sin interferencia de los factores de distorsión derivados del observador. Sin embargo, sus resultados todavía no son equiparables con los del método manual.

“*Bone-Xpert*” es uno de éstos *softwares*, se trata de una evaluación cuantitativa de los cambios morfológicos graduales de varios huesos que el ojo humano no es capaz de precisar. Este método reconstruye automáticamente, a partir de la radiografía de mano, los límites de 15 huesos y calcula las edades para cada uno de ellos (radio, ulna y 11 huesos cortos como metacarpos y falanges). Finalmente, transforma la edad ósea del individuo en la medición equivalente descrita por Greulich & Pyle (5) o Tanner- Whitehouse (6). El método de reconstrucción ósea rechaza automáticamente imágenes con morfología anormal de los huesos o la calidad de imagen sub-óptima por lo que es

de suma importancia un buen posicionamiento y adecuada técnica radiológica a la hora de realizar el examen.

“*Bone-Xpert*” puede analizar imágenes de un rango de edad ósea de entre 2,5 a 17 años para los niños y 2 a 15 años para las niñas (65). (Ver figura 2.8)

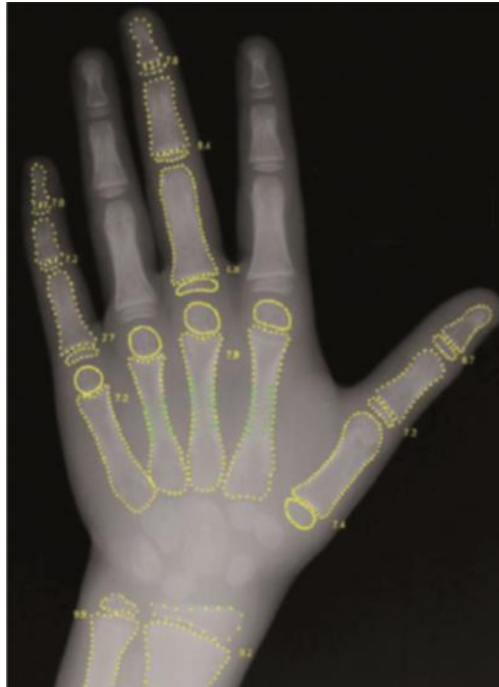


Figura 2.8 Radiografía de mano izquierda mostrando los contornos detectados por el método Bone-Xpert (65).

2.2.2 Localizaciones de los métodos de edad ósea en el mundo

Los métodos que se dieron a conocer en la sección anterior son utilizados en todo el mundo, sin embargo, parece espontáneo el cuestionar qué tan válido puede ser un resultado si se basa en parámetros que no reflejan la realidad del sujeto en estudio.

¿Es acertado comparar el grado de maduración ósea de un individuo africano con un método elaborado con individuos norteamericanos, por ejemplo?. Diversos autores han tratado de responder esa interrogante y la han resuelto replicando los mismos métodos de evaluación esquelética en sus propias poblaciones, las llamadas “localizaciones” de los estudios de edad ósea.

Está descrito que el ritmo de crecimiento es distinto en cada individuo y que este se puede ver afectado por factores ambientales, socioeconómicos, alimenticios, entre otros. Puntos que fueron profundizados en capítulos anteriores.

Uno de los métodos con mayores adaptaciones en el mundo es el de Greulich & Pyle (5) y Tanner-Whitehouse (6), frente a ello los estudios en Europa parecen indicar que los caucásicos de dicho continente se acercan a los ritmos de maduración descritos por Greulich & Pyle y el de Tanner y Whitehouse o se encuentran ligeramente retrasados o adelantados frente a éstos (67) (47).

Estudios clásicos de los años 70 y 80 en población mongoloide de Asia indicaban que las poblaciones china y japonesa presentaban un retraso en su edad ósea frente a la cronológica en la fase prepuberal, pero en la fase postpuberal existía una aceleración hasta culminar la maduración a una edad similar a la de los europeos y americanos caucásicos (47). En 2005, Kuo-Hsien (68) actualiza la aplicación de Greulich & Pyle en China y concluye que estos cambios de ritmo en la maduración que generan discrepancias de más de un año entre la edad cronológica y la edad ósea exigen una localización del método en su población.

En sujetos de origen africano el método de Greulich & Pyle no es aplicable, especialmente después de los 16,5 años de edad pues la fusión epifisiaria de la mano y la muñeca no es completa, incluso en sujetos de 19 años de edad, lo que sugiere que el inicio de la fusión epifisiaria se produce aproximadamente 2 años más tarde en los hombres africanos. Se cree que el bajo nivel socioeconómico y las condiciones ambientales desfavorables tienen un efecto mucho más fuerte sobre la tasa de osificación (69).

Los métodos para estimar la edad ósea son estandarizados a través de muestras poblacionales con características étnicas, genéticas y socioculturales específicas, por ende, puede esperarse que la edad ósea estimada en individuos de otras poblaciones, no refleje el desarrollo real de los mismos (65). La impresión general de las investigaciones más recientes, indican que el factor socioeconómico influye en la forma de nutrición y condiciones higiénico-sanitarias del sujeto, siendo el más significativo en cuanto a su capacidad de modificar los resultados (47). He aquí la importancia de replicar los métodos en las poblaciones locales, tener antecedentes del desarrollo esquelético como referencia evitando la sobrestimación de edad ósea en un individuo.

2.2.2.1 Realidad en Latinoamérica

No se cuenta con gran cantidad de estudios en América Latina que validen los métodos de maduración ósea o los reproduzcan en su población.

En Venezuela particularmente, no sólo se han realizado proyectos y estudios sobre edad ósea, sino también sobre la reproductibilidad inter-observador en la estimación de la edad ósea. En donde analizaron con el método Tanner-Whitehouse (6) en su versión 3, 160 radiografías de mano y muñeca realizadas a niños de las etnias Wayuu y Criolla, con edades cronológicas entre 7-14 en Maracaibo, estado Zulia. En esta oportunidad evidenciaron la reproductibilidad en la evaluación del método Tanner y Whitehouse (64).

Gracias al “Estudio Nacional de Crecimiento y Desarrollo Humanos de la República de Venezuela: Proyecto Venezuela” (70) se determinó que sus habitantes durante la pubertad muestran grandes diferencias en su maduración cuando se les compara con las referencias utilizadas internacionalmente (Atlas de Greulich & Pyle (5) y método de Tanner-Whitehouse), puesto que se comportan como maduradores tempranos. Éstas diferencias significativas en el ritmo de maduración limitan el uso de las referencias internacionales para su evaluación. Éstas razones motivaron la elaboración de un “Atlas de Maduración del Niño y Joven Venezolano” (50). En la elaboración de dicho atlas se consideraron 8453 radiografías de muñeca y mano izquierda de niños y jóvenes de todos los estratos sociales, en edades comprendidas entre los 0 y 19 años. Se llegó a la conclusión de que las niñas venezolanas están más adelantadas que los varones; además que los venezolanos de estratos sociales altos tienen una maduración ósea más adelantada que los de estratos sociales bajos, así también los niños y adolescentes del área urbana tienen una maduración ósea más adelantada que los del medio rural.

2.2.2.2 Realidad en CHILE

En Chile, durante la década de los 80, un grupo de investigadores llevaron a cabo un análisis estadístico dividido en dos partes, consistente en un estudio cuantitativo y de probitos para huesos aislados, ambos en cuanto a la maduración ósea en niños (as) chilenos (as) de entre 0 y 6 años. Posteriormente realizaron el mismo estudio con una población de niños (as) de 6 a 19 años (71) (72). En ambas investigaciones el método utilizado es el de Greulich & Pyle (5) y Tanner-Whitehouse (6). La población del primer estudio, niños (as) de entre 0-6 años, eran atendidos en el

Centro de Nutrición, Crecimiento y Desarrollo del Área de Salud Metropolitano Norte de Santiago.
El equipo realizó grandes observaciones.

(71) Los varones se aproximan a la edad de GP hasta el año de edad, después sus edades óseas están francamente retrasadas. A los 6 y 7 años la edad ósea se retrasa en año y medio aproximadamente. Las mujeres presentan un comportamiento distinto; el retraso, que siempre es moderado, se nota a partir del segundo año, hasta allí la mujer de esta muestra presenta algunos valores superiores a GP; a los 6 años se obtuvo un valor superior al estadounidense.

Sin embargo, en éste trabajo no se podría concluir categóricamente que las grandes diferencias de maduración ósea de los niños chilenos con respecto a los pertenecientes a Cleveland estudiados por Greulich & Pyle se deba a factores nutricionales, señalan además que la mejor forma de obtener patrones nacionales, es en una muestra que pertenezca a los estratos socioeconómicos mayoritarios.

En la segunda parte del estudio, se utiliza el método de *status quo* y probito, para determinar los promedios y desviaciones típicas de la edad a la cual niños chilenos alcanzan los estadios de maduración ósea de Tanner-Whitehouse de la muñeca y mano. En aquella oportunidad los resultados arrojaron que las mujeres están adelantadas con respecto a los varones en todos los huesos; este adelanto se hace mayor en los estadios más desarrollados, a excepción de la maduración del hueso ganchoso (72).

El artículo publicado en el año 1988, a modo de continuación en la línea de investigación, utiliza los mismos métodos y criterios de la muestra en los estudios previos, como el estrato socioeconómico y localidad de residencia. En este caso corresponde a niños (as) chilenos (as) entre 6 y 19 años. En este trabajo los resultados mostraron que las mujeres son más precoces en maduración que los varones, como era de esperarse y que no hubo diferencias significativas en comparación con el estudio anterior (72).

En 2009 investigadores de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile analizaron una muestra 324 teleradiografías cervical lateral de jóvenes chilenos (as) entre 8 y 16 años previos a ser tratados por ortodontistas, en dichas radiografías debía ser apreciable, en cuanto a la resolución y nitidez, las vértebras C2, C3, C4 con el fin de ser analizadas por el método de Hassel

y Farman (53) con el fin de determinar el peak de crecimiento puberal a través de una correlación entre edad cronológica y maduración ósea (44).

(44) En los jóvenes chilenos (as) estudiados los resultados indicaron que la mayoría de las mujeres (80,7%) comienzan a experimentar el comienzo del pick de crecimiento a los 11 años de edad y los hombres a los 12 años (74%). Cuando se relacionó estadio de maduración ósea con sexo, se encontró una distribución pareja entre mujeres y hombres en los distintos estadios. Agrupándose la mayoría en los Estadios III y IV. Por otra parte se observó claramente que las mujeres tienen el pick de crecimiento puberal 1 año antes que los hombres.

Finalmente se concluyó que el crecimiento ocurre rápidamente en el periodo de tiempo que promedia en 1 año, luego del cual detendría su velocidad para continuar lentamente hasta la maduración ósea del adulto.

2.3 CLAVÍCULA

2.3.1 Anatomía

La clavícula es un hueso largo, par, con forma de “S” itálica, situada de forma transversal entre el manubrio esternal y escápula por sobre la primera costilla. Funcionalmente, la clavícula conecta el esqueleto axial con la caja torácica y ayuda a soportar el peso de la extremidad. Su geometría refleja su función biomecánica contribuyendo a cargas de compresión, flexión y torsión, todas las cargas del miembro superior son transmitidas al tórax a través de su cuerpo y participa principalmente en los movimientos de antero y retropulsión escapular, elevación y descenso escapular, rotación y balanceo escapular. En su cara superior interna se inserta el fascículo clavicular del músculo esternocleidomastoideo, en su zona exterior los músculos deltoides y trapecio, por otro lado la zona inferior es sitio de inserción de músculo subclavio y pectoral mayor (12). En su superficie articular, en su parte inferior, se prolonga con el primer cartílago costal, formando así la articulación esternocostoclavicular, ésta cápsula articular es gruesa y está formada por los ligamentos esternoclavicular anterior, posterior e interclavicular. También está presente, aunque de forma extrínseca, el ligamento costoclavicular, que actúa como medio de contención. Por otra parte, en su extremo lateral, se encuentra la articulación acromioclavicular, articulación

flexible en cuyas carillas articulares se encuentra un menisco con mayor desarrollo y anclaje en acromion, cuya función es impedir el desplazamiento vertical de la clavícula, por ejemplo la luxación. La estabilidad entregada por dicho menisco se encuentra reforzada por el ligamento acromioclavicular, acompañado de forma extrínseca por los ligamentos trapezoide y conoideo (73).

La clavícula es el primer hueso en osificarse en el cuerpo humano, este proceso comienza a la quinta semana de vida fetal y es de tipo intramembranosa (13). En este momento la clavícula no es más que una acumulación fibrocelular de tejido mesenquimal. En ésta fase su disposición es oblicua con su porción distal elevada. El crecimiento de la clavícula durante el periodo intrauterino es elevado, alcanzando un ritmo de hasta 1mm por semana y al momento del nacimiento medidas de 40 a 44mm de longitud (74). Hacia el cuarto año de vida comienza el proceso de horizontalización de la clavícula, que dará inicio posteriormente a la maduración ósea. En el extremo esternal aparece un tercer centro secundario a los 15 años en mujeres y 17 años en varones, que se fusiona con el cuerpo de la clavícula alrededor de los 25 años de forma endocondral (4) (13). Son múltiples los estudios que analizan el desarrollo y la fusión de la epífisis esternal, desde la aparición del núcleo epifisario hasta su consolidación. A raíz de ello es que se han propuesto múltiples formas de estadificación.

Garamendi (74) señala que la persistencia de núcleos de osificación en el borde esternal no fusionados es una variante anatómica normal. Radiológicamente, se puede observar desde imágenes radiopacas aplanadas como un disco hasta formas redondeadas. Se registran casos en donde el borde esternal tiene forma de “tenedor” o “boca de pez”, incluso con ausencia de núcleo epifisario en su interior, pudiendo corresponder a clavículas en las que no se ha llegado a desarrollar esta epífisis, pero la diáfisis ha seguido su normal proceso de maduración. De acuerdo a esta descripción el signo sería característico de estadíos 1 de maduración ósea.

La clavícula, al ser el último hueso en terminar su proceso de osificación, posee un alto grado de dimorfismo sexual, debido a ello también es que su morfología puede estar influida por la actividad física de los individuos dando lugar a la asimetría direccional. Se entiende por asimetría direccional, un patrón de variación que evidencia diferencias morfológicas entre clavícula izquierda y derecha en un individuo (75).

2.3.2 Factores que influyen en fusión de la epífisis medial

La unión de la epífisis en cualquier hueso del cuerpo no es sólo una unión hueso-hueso, sino que un complejo proceso mediado por múltiples factores externos e internos. Los factores que influyen en la fusión de la epífisis medial para concluir con el proceso de osificación del tercer centro secundario de la clavícula, y con ello el proceso de maduración ósea completa del cuerpo humano, son los factores propios que influyen en el desarrollo endocondral (76). Dicho desarrollo está dirigido por la formación de la placa de crecimiento. La síntesis de proteínas específicas activan los procesos de proliferación, maduración y apoptosis que permiten la formación de la placa epifisiaria y su posterior fusión a la diáfisis. La placa de crecimiento es regulada por factores moleculares y estímulos biofísicos de tipo intrínseco y extrínseco.

2.3.2.1 Factores moleculares intrínsecos del crecimiento endocondral

Corresponden a factores moleculares intrínsecos aquellos que tienen una expresión localizada en la placa de crecimiento. En la primera etapa de condrogénesis la familia de proteínas SOX tienen un papel fundamental para comenzar la diferenciación de los tejidos y formación de la matriz de colágeno propia del cartílago hialino. Cuando el cartílago hialino se encuentra formado, comienza el proceso de osificación endocondral, donde se produce la proliferación de condrocitos en la placa de crecimiento. En esta parte del proceso participan principalmente el péptido recombinante de la hormona paratiroidea (PTHrP), Indian hedgehog (Ihh) y factores transformantes (TGF- β). Posteriormente proteínas morfogenéticas del hueso (BMP) colaboran con la condensación del cartílago, formación de articulaciones, y también factores angiogénicos y antiangiogénicos para regular la vascularización de la placa epifisiaria (77).

2.3.2.2 Factores moleculares extrínsecos del crecimiento endocondral

Se clasifican como factores extrínsecos reguladores del crecimiento endocondral a los factores sistémicos reguladores del crecimiento de huesos largos. Entre ellos podemos encontrar la vitamina D y su acción sobre el metabolismo de condrocitos, hormona del crecimiento y paratiroidea que actúan en la zona proliferativa de la placa epifisiaria.

2.3.2.3 Efectos de solicitaciones mecánicas

El desarrollo embrionario del esqueleto humano ocurre en ausencia de contracciones musculares, por lo que en esa etapa el desarrollo es controlado solamente por factores intrínsecos. A diferencia del proceso post natal, donde se suman otros factores para contribuir en el desarrollo óseo.

Existen diferentes estudios y modelos experimentales que permiten estudiar y evaluar la mecánica de los huesos en crecimiento ante estímulos biofísicos. Es así como se sabe que el cartílago en crecimiento es sensible a cargas mecánicas por su capacidad de deformación ante cargas sostenidas en el tiempo (78). Durante el desarrollo postnatal el ambiente mecánico al que se es sometido controla la diferenciación del tejido a partir de las deformaciones. Esto es traducido en una señal celular según tipo de carga y su magnitud para imponer un crecimiento controlado. Es decir, las deformaciones generadas por el ambiente mecánico propio del crecimiento y contracciones musculares programan la hipertrofia y osteogénesis a nivel celular (76). Existen dos reglas que datan de 1828, en un inicio orientaron la creación de modelos experimentales para finalmente comprobar su certeza. La ley de Wolff postula que hay aposición de hueso en los lugares que presentan cargas intermitentes, y resorción donde la carga es reducida. Y la ley de Hueter-Volkmann, que indica que el crecimiento óseo es inhibido por cargas compresivas sostenidas y acelerado por cargas reducidas (79). Es así como Wolff rige la remodelación ósea, y Hueter-Volkmann la influencia mecánica en el crecimiento longitudinal de los huesos.

2.3.2.4 Dimorfismo sexual

Al ser la clavícula uno de los elementos óseos que termina su desarrollo más tarde, posee un alto grado de dimorfismo sexual y asimetría direccional. En general, estructuras óseas con maduración temprana presentan un grado de dimorfismo sexual menor a las estructuras de maduración tardía (80). Debido a la maduración tardía de la clavícula es que su morfología puede estar más influida por la actividad física del individuo y la distribución del trabajo dentro de una población, esto daría lugar a una asimetría de tipo direccional (75). En general, hombres presentan clavículas de mayor longitud que las mujeres y la clavícula derecha tiende a ser más corta, robusta y curvada que la izquierda debido a la transmisión de cargas de la mano dominante de los individuos (81).

2.3.3 Radiología de la clavícula

Las exploraciones radiográficas de la clavícula están orientadas principalmente a la detección de patología traumática como fractura o luxación. Las principales proyecciones radiográficas de clavícula son AP y AP Axial.

2.3.3.1 Proyección anteroposterior de clavícula

La proyección AP de clavícula es realizada con el paciente decúbito supino o en bipedestación en posición anteroposterior con el brazo del lado a estudiar en posición anatómica. Se utiliza un chasis o tamaño de colimación de 20x30 cm en el sentido transversal. Rayo central dirigido perpendicularmente al punto medio entre articulación acromioclavicular y esternoclavicular con una distancia foco-receptor de imagen (DFR) de 100cm. La adquisición se realiza en apnea respiratoria para evitar borrosidad cinética. La imagen debe incluir la clavícula completa, mostrando la articulación acromioclavicular y esternoclavicular (82).



Figura 2.9. Proyección AP de clavícula (83)

2.3.3.2 Proyección anteroposterior axial de clavícula

La proyección AP Axial de clavícula es realizada con el paciente decúbito supino o en bipedestación en posición anteroposterior con el brazo del lado a estudiar en posición anatómica. Se utiliza un chasis o tamaño de colimación de 20x30 cm en el sentido transversal. Rayo central

dirigido al punto medio entre articulación acromioclavicular y esternoclavicular con angulación de 15°-30° craneal y DFR de 100cm. La angulación se realiza para desproyección del cuerpo de la clavícula y su articulación acromioclavicular de las demás estructuras óseas propias del hombro. La adquisición se realiza en apnea respiratoria para evitar borrosidad cinética. La imagen debe incluir la clavícula completa, visualizando la articulación acromioclavicular y esternoclavicular.



Figura 2.10 Proyección AP Axial de clavícula (83)

2.3.3.3 Otras imágenes radiológicas

En radiología es posible visualizar las clavículas de forma secundaria, en la radiografía de tórax PA. En esta proyección es posible observar clavícula izquierda y derecha, con sus respectivas articulaciones acromioclavicular y esternoclavicular, siempre y cuando cumpla con los criterios de evaluación propios de esta técnica radiográfica.

La radiografía de tórax PA se obtiene posicionando al paciente en bipedestación de frente al estativo, se debe alinear el plano sagital medio del paciente con el plano medio del estativo. Se colocan las manos en la cintura y se llevan los hombros y codos hacia delante para desproyectar las escápulas del campo pulmonar. Rayo central va dirigido perpendicularmente al plano sagital medio a la altura del vértice escapular. Utilizar chasis o campo de 35x43 o mayor, con DFR de 180cm. La adquisición se debe realizar con inspiración máxima. Son criterios de evaluación la visualización del tórax centrado en la imagen radiográfica, sin rotación (simetría y equidistancia

entre columna y ambas clavículas), deben visualizarse ápices pulmonares y ángulos costofrénicos, (82).



Figura 2.11 Radiografía de tórax PA (84)

2.3.4 Estudios de edad ósea en clavícula

Diversos son los estudios que consideran la clavícula para la determinación de la edad en área clínica y forense (ver Anexo Tabla 9.1). La mayoría de ellos ve en la clavícula potencial para determinar la edad de sujetos debido su tardía finalización del proceso de osificación. Uno de los primeros autores en estudiar la clavícula y aportar información sobre la fusión de la epífisis medial fue Stevenson en 1924 (85), basado en 50 especímenes norteamericanos entre 21 y 27 años de la colección de Todd –D’Errico (86). Sus análisis indican que la epífisis medial de la clavícula comienza su fusión alrededor de los 20 años y finaliza el proceso a los 27 años, encontrándose completamente fusionada en todos los casos a los 28 años.

En 1957 McKern y Stewart (87) realizan un estudio con el objetivo de encontrar un método de identificación de soldados del ejército de Estados Unidos fallecidos y que no porten

identificación o que no sea posible identificarlos a simple vista. Realizaron análisis de osamentas pertenecientes a soldados entre 17 y 31 años, concluyendo que en su muestra el proceso de osificación comienza a los 18 años y finaliza entre los 25 a 30 años.

Autores como Stevenson (85), Todd y D'Errico (86) , McKern y Stewart (87), Szlivassy (88) y Veschi y Facchini (23) trabajaron directamente con material osteológico, con todas las limitaciones que el propio material presenta, como la dificultad para establecer fechas de nacimiento con las que comparar registros finales, distribución de edad y sexo heterogénea en las colecciones utilizadas, y el desconocimiento de la causa de muerte. Posteriormente estos problemas se solucionan con la implementación de la radiología y el desarrollo de estudios retrospectivos y prospectivos en individuos vivos.

Robert Walker y Owen Lovejoy (89) analizaron en 1985 radiografías realizadas a restos óseos de la colección Hamann-Todd, que cuenta con más de 3000 esqueletos humanos disponibles actualmente para la investigación en el Museo de Historia Natural de Cleveland. Realizaron radiografías de fémur proximal, húmero proximal y clavícula a restos óseos de 130 individuos diferentes pertenecientes a la colección. Su trabajo se enfocó en la determinación de la edad a través de la observación de características como presencia de prominencias óseas, forma, definición del trabeculado óseo en diáfisis y metáfisis, porosidad observada en la superficie y grado de radiopacidad. Este análisis fue posible debido a que todas las piezas fueron sometidas a mismos valores de exposición (*Hewlett-Packard Faxitron series 43805N cabinet X-ray system* a 50 kvp y 1.8 minutos de tiempo de exposición). De esta forma clasificaron a los individuos en 8 fases que consideraban desde los 18 años hasta mayores de 50 sin definir edad específica. Concluyeron que a través de la radiología es posible determinar la edad de muerte de los individuos (debido a su trabajo con piezas óseas de forma directa) y que análisis de densitometría ósea podrían ser útiles para complementar los estudios y mejorar la eficiencia a la hora de determinar la edad, sobre todo con la clavícula, que demostró poseer consistentes cambios al avanzar la edad, incluso más que fémur, calcáneo y húmero.

Kreitner (90) en 1998 concluyó a través del análisis de radiografías y tomografías computadas que si es posible determinar la edad a través de la observación de la epífisis medial de la clavícula en individuos vivos entre 15 a 30 años. Luego de ello los trabajos realizados siguen una metodología similar, a través de imágenes radiológicas se analiza la epífisis medial de ambas

clavículas y se realiza una clasificación en base a estadíos previamente establecidos para determinar rangos de edad de inicio y finalización del proceso de maduración ósea del último núcleo de osificación del cuerpo humano.

En 2012 Bishe (91) analizó imágenes radiológicas de 131 hombres de 9 a 25 años y 68 mujeres de 3 a 23 años, todos ellos oriundos de Mumbai, India. En su población estudiada el tercer núcleo secundario de osificación aparece entre los 15 y 16 años en hombres y mujeres, y la finalización del proceso de osificación de la clavícula se produce a los 23-24 años en hombres y 21-22 años en mujeres.

Kui Zhang (92) en 2014 a través de un estudio retrospectivo basado en imágenes de tomografía computada, analizó 752 sujetos entre 15 y 26 años pertenecientes a la población China occidental. Concluyó que el proceso de osificación comienza a los 15 años tanto en hombres como mujeres, y el proceso de consolidación final de la epífisis medial de la clavícula comienza a los 18 años en mujeres y 20 años en hombres para encontrarse totalmente osificado a los 25 años en ambos sexos.

2.3.5 ANDREAS SCHMELING

Desde que se concluyó que es posible determinar la edad de una persona entre 15-30 años (90) observando radiológicamente la epífisis medial clavicular, han sido varios los estudios realizados en busca del mejor método de análisis para hacerlo. El estudio más referenciado y el más importante es el de Andreas Schmeling (93). En el se analizaron 873 radiografías de tórax PA realizadas a hombres y mujeres de 15 a 30 años en el Hospital Charité de Berlin. Además se consideran cinco estadíos entre los que clasificó cada una de las imágenes:

- Estadío 1: Centro de osificación no ha osificado aún.
- Estadío 2: Centro de osificación ha osificado, el cartílago epifisiario no ha osificado aún.
- Estadío 3: El cartílago epifisiario se encuentra parcialmente osificado.
- Estadío 4: El cartílago epifisiario se encuentra completamente osificado, cicatriz visible.
- Estadío 5: El cartílago epifisiario se encuentra completamente osificado, cicatriz no visible.

El análisis se realizó a 456 radiografías de mujeres y 243 radiografías de hombres, número inferior a la muestra total debido al descarte de 174 imágenes que mostraban superposición de articulación esternoclavicular con columna. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Tabla 2.1. Parámetros Estadísticos por género en estadios de osificación 3 al 5 (93).

Estadio	Género	Min – Max	Mean + SD
3	Masculino	16,7 – 24.0	20,8 ± 1,7
	Femenino	16.0 – 26.8	20,0 ± 2.1
4	Masculino	21,3 – 30,9	26,7 ± 2,3
	Femenino	20,0 – 30,9	26,7 ± 2.3
5	Masculino	26,0 – 30,4	28,5 ± 1.5
	Femenino	26,7 – 30,9	29,0 ± 1,4

La tabla 2.1 muestra mínimo, máximo y la desviación estándar de cada uno de los estadios. El estadio 1 y 2 fueron suprimidos, el primero debido a que no se encontró ningún caso, y el segundo porque la muestra fue muy pequeña. A partir de ello se concluye que el proceso de consolidación de la epífisis medial (estadio 4) es observado en hombres desde 21 años y mujeres desde 20 años. El estadio 5 que muestra una fusión total de la epífisis esternal, y por lo tanto una madurez ósea completa, fue observado en ambos sexos desde los 26 años. En su muestra existe una brecha de madurez entre clavícula izquierda y derecha en el 0,6% de los casos, e indica de todas formas que de existir una diferencia en ambas clavículas, a la hora de determinar la edad se debe considerar la del lado menos desarrollado, debido a la posible influencia de las sollicitaciones mecánicas.



Figura 2.12. Sistema gráfico de estadios de Schmeling, estadio 2. Cartílago epifisiario no ha osificado aún (93).



Figura 2.13. Sistema gráfico de estadios de Schmeling, estadio 3. Cartílago epifisiario parcialmente osificado (93).



Figura 2.14. Sistema gráfico de estadios de Schmeling, estadio 4. Cartílago epifisiario completamente osificado, cicatriz visible (93).



Figura 2.15 Sistema gráfico de estadios de Schmelting, estadio 5. Cartílago epifisario completamente osificado, cicatriz no visible (93).

2.4 IMPORTANCIA DE ESTUDIAR LA EDAD ÓSEA

Desde el descubrimiento de los Rayos X por Wilhelm Conrad Rontgen en 1895, el uso de éstos en la medicina y las ciencias en general ha sido progresivo y traspasa incluso a áreas alejadas de la práctica clínica como las leyes y la antropología física.

2.4.1 Importancia en la clínica

En áreas como la ortodoncia, pediatría y endocrinología, es fundamental la aplicación de la determinación de edad ósea para poder realizar diagnósticos médicos certeros, así como en posteriores tratamientos si lo requieren. “La ortodoncia es una rama de la odontología que se especializa en el diagnóstico, prevención y tratamiento de las malas oclusiones dentales y alteraciones faciales” (94), aquí la edad ósea juega un papel crucial, pues los cambios esqueléticos y dentales deben ser tratados de acuerdo con la edad de maduración ósea (95) cuando se prepara ejecutar un plan de tratamiento, ya que la edad ósea permite predecir cuándo se producirá el peak de crecimiento puberal, favoreciendo así el efecto terapéutico del tratamiento (44). En el caso de la ortodoncia los principales métodos usados son aquellos basados en el estudio de las vértebras cervicales, ya sea con el método de Lamparski (52), explicado anteriormente.

En la clínica nos podríamos enfrentar a niños con fecha de nacimiento desconocida, con variantes normales del crecimiento, condiciones patológicas como los trastornos del crecimiento que incluyen; talla baja, talla alta, pubertad precoz, gigantismo, enanismo, síndrome de Turner, entre otros. Diagnósticos que no podrían ser confirmados y dirigidos hacia un tratamiento sin la determinación de la edad ósea (65). He aquí la importancia en endocrinología pediátrica de conocer

la edad ósea del paciente, además de ser útil en los controles posteriores para corroborar la efectividad del tratamiento.

En los casos antes mencionados los principales métodos de evaluación son el de Greulich & Pyle (5) y Tanner-Whitehouse (6), ya que “la radiografía de la mano y muñeca pueden proporcionar una imagen útil de la forma de los huesos, que nos orienten hacia una condición patológica concreta; por ejemplo, el acortamiento del 4° metacarpiano o la deformación de Madelung, metáfisis irregulares (síndrome de Turner), falta de 4° y 5° metacarpiano (seudohipoparatiroidismo) y trastornos de la condrogénesis y/o osteogénesis que dan lugar a imágenes típicas, como huesos anchos y retraso en el crecimiento (hipocondroplasia)” (65).

2.4.2 Importancia en medicina forense

La aplicación de la determinación de edad ósea en medicina forense, se fundamenta principalmente en dos casos. En primer lugar, se debe a la gran cantidad de inmigrantes ilegales que llegan a los países sin documentación. En segundo lugar, cuando se encuentra alguna osamenta o resto óseo y es necesario saber un rango etario al cual podría corresponder para su posterior identificación.

2.4.2.1 Edad ósea en inmigrantes

Como se mencionó anteriormente, debido a que en los países desarrollados el índice de inmigración es muy elevado, y en muchas ocasiones estos no tienen documentación con la cual se pueda verificar su fecha de nacimiento para efectos penales. Por ejemplo, en Alemania en el año 2000 se formó un grupo de Médicos Forenses, Dentistas, Radiólogos y Antropólogos provenientes de Bélgica, Francia, Noruega, España y EE.UU. Estos se encargaron de estandarizar un “protocolo europeo” para poder estimar la edad en personas que hayan cometido algún crimen y que estén dentro de la edad penal imputable.

El protocolo se basa en un examen físico (medidas antropométricas e historia clínica del paciente), radiografía de mano izquierda para determinar edad ósea utilizando el método de Greulich & Pyle (5), examen radiográfico de la dentición y una radiografía o TC de las clavículas en caso de que en la radiografía de la mano se muestre que se ha completado el desarrollo óseo. Finalmente, se debe realizar el informe con la posible edad de la persona, teniendo en cuenta

siempre que puede variar un poco, ya que como se nombró anteriormente existen muchos factores que pueden alterar esta edad (96) (97).

En España también realizaron un tipo de protocolo que permitiría poder determinar la edad, poniendo énfasis en personas inmigrantes menores de edad indocumentados relacionados con algún tema judicial, de los cuales no se podía obtener ningún dato fidedigno. Cabe destacar, que este estudio deja en claro que lo más importante es la persona y que se debe seguir las normas radiológicas para no afectarlo por las radiaciones ionizantes a las cuales estará sometido por las diversas pruebas realizadas (98).

Finalmente, dentro del ámbito de la determinación de edad ósea en personas inmigrantes, se realizó un estudio realizado en Italia con personas inmigrantes que hayan cometido algún delito y que al igual que en los otros casos no contaban con documentación para saber si eran legalmente imputables. Sin embargo, este “protocolo” a diferencia de los otros sumaba una radiografía de pelvis para observar las características de la cresta iliaca y verificar si los sujetos se encontraban bajo la edad adulta (99).

2.4.2.2 Edad ósea en osamentas

Existen diferentes situaciones en las que se requiere identificar el cuerpo humano, ya sea por crímenes, accidentes, restos en fosas comunes, bioarqueología, entre otros. En estos casos, la radiología se puede emplear como una herramienta aplicada a las osamentas, restos óseos o cuerpos esqueletizados, para así determinar la edad del sujeto y su posterior identificación.

Anteriormente, se dieron a conocer diversos métodos clásicos que pueden ser aplicados para determinar la edad ósea, como, por ejemplo, el estudio radiográfico de la rodilla, desarrollo de la dentición, cambios en región sacro-iliaca y extremo esternocostal de la 1° costilla. Sin embargo, actualmente estudios basados en la visualización radiográfica de la clavícula han tomado gran importancia a la hora de analizar la posible edad de una osamenta (100).

Uno de estos trabajos es el realizado por los autores Robert Walker y Owen Lovejoy (89), que basaron su estudio en la comparación de cuatro huesos (clavícula, fémur, húmero, calcáneo) para determinar cuál era el más fidedigno a la hora de determinar la edad en restos óseos, llegando a la conclusión que era la clavícula. Ellos analizaban las características que presentaban las clavículas en la radiografía obtenida, observando principalmente la densidad y trabeculado óseo

que tenían y la opacidad que presentaba la cortical. A partir de esto, es que se establecieron 8 fases que van de la I a la VIII y a medida que va aumentando la edad (fase) se produce una mayor traslucidez y trabeculación ósea, como se observa en la siguiente imagen.

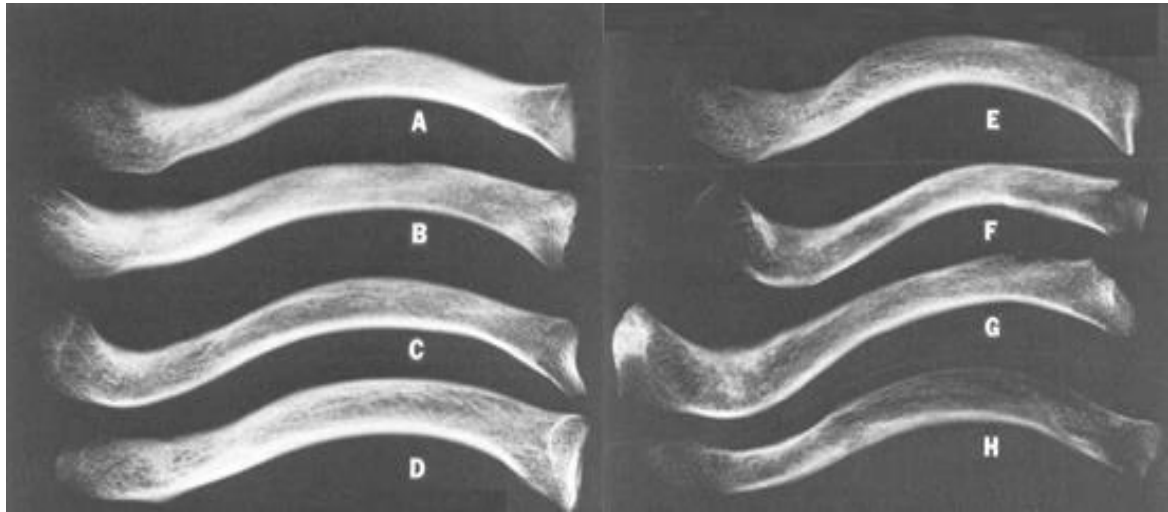


Figura 2.16. Clasificación de clavículas según Walker y Lovejoy. A) Fase I (18-24 años); B) Fase II (25-29 años); C) Fase III (30-34 años); D) Fase IV (35-39 años); E) Fase V (40-44 años); F) Fase VI (45-49 años); G) Fase VII (50-59 años) y H) Fase VIII (60 + años) (89)

Finalmente, cabe destacar un estudio que se realizó en Kokura, Japón en el año 1954 por el Dr. Steward (87). Este trabajo se enfocó en determinar la edad ósea utilizando restos óseos de soldados estadounidenses encontrados en dicha ciudad, aplicando a cada hueso analizado el método más utilizado para calcular la edad que había en ese entonces. Analizó, por ejemplo, las suturas craneales; extremidades; escápula; cresta ilíaca; columna; clavícula; entre otros. En el caso de la clavícula, el Dr. Steward aplicó el método de Todd D'Errico (86), en donde pudo destacar grandes conclusiones basadas en estudio original, como, “En ambos sexos la unión esternoclavicular se completa alrededor de los 25 años”, además “En esqueleto la unión inicial se da alrededor de los 22 años y completa su proceso cercano a los 27 años” (49).

CAPÍTULO 3: HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1 HIPÓTESIS

Es posible aplicar el método de A. Schmeling en el análisis del desarrollo óseo de la clavícula en la población de Aconcagua. A partir de esto, encontraremos diferencias en los rangos etarios en cada uno de los estadios respecto a los establecidos en el estudio original.

3.2 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la posibilidad de aplicar el método de A. Schmeling en el análisis del desarrollo óseo de la clavícula en la población de Aconcagua.

3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar tiempo de osificación total de la clavícula en la población de Aconcagua.
- Establecer estadios de osificación de la clavícula en la población de Aconcagua.
- Comparar estadios obtenidos con edad cronológica.
- Comparar los estadios de osificación de la clavícula obtenidos con los registrados en la literatura.

CAPÍTULO 4: MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio es desarrollado en las unidades de Imagenología de los Hospitales de San Camilo, San Felipe y San Juan de Dios de los Andes durante octubre de 2016. Se realizó de forma retrospectiva, ya que las radiografías de tórax PA recolectadas se encontraban previamente en los servidores hospitalarios. La utilización de éstas radiografías se basa principalmente en evitar exponer a personas a radiaciones ionizantes, además de que en el estudio original, la caracterización de los estadios fue realizada con ésta proyección radiográfica, junto con ello la mayoría de las imágenes radiográficas de clavícula presentes en las bases de datos de los servicios de salud presentan algún tipo de alteración traumática.

La población en estudio corresponde a imágenes de pacientes de entre 15 y 29 años que se han tomado radiografías de tórax en los hospitales mencionados anteriormente, resultando en un tamaño muestral final de 382 imágenes, con un porcentaje de error de 5% y un nivel de confianza del 95%. Esto fue calculado utilizando la herramienta *excel* de cálculo de tamaño muestral de la Superintendencia de Salud de Chile (101) en base a proyección de población CENSO 2015 realizada por Instituto Nacional de Estadísticas (102) y la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (103) que indican que en las comunas que conforman el Valle de Aconcagua, Los Andes, San Felipe, Llay-Llay, Catemu, Panquehue, Putaendo, Santa María, Rinconada, Calle Larga y San Esteban, existen 61.205 habitantes entre 15 y 29 años de edad. El rango etario trabajado se basa en las edades comprendidas en el estudio de A. Schmeling para realizar la estadificación.

A continuación se presenta la fórmula utilizada para calcular el tamaño muestral:

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + k^2 * p * q}$$

Donde:

- n= Tamaño de la muestra
- k= Constante del nivel de confianza (Para 95% es de 1,96)
- p= probabilidad de éxito
- q= probabilidad de fracaso
- N= Tamaño de la población
- e= Error muestral deseado

El muestreo es no probabilístico por conveniencia, ya que se seleccionaron las radiografías que son útiles para nuestro análisis, no exento de esto, las imágenes deben contar con criterios de inclusión y exclusión que son descritos a continuación:

- Criterios de inclusión: Pacientes entre 15 a 29 años que vivan en Aconcagua y se hayan tomado radiografía de tórax PA en el Hospital San Camilo de San Felipe (HOSCA) u Hospital San Juan de Dios de los Andes (HOSLA) y cuya articulación esternoclavicular sea visible.
- Criterios de exclusión: Pacientes que tengan algún tipo de patología clavicular traumáticas como fractura, dislocación acromioclavicular o alteraciones visibles en la placa. Placas radiográficas que no cumplan con criterios de evaluación propias de este examen y/o que daten de antes del 2010 (104).

Se registraron en una tabla *Excel* un total de 400 radiografías de tórax PA recopiladas desde las bases de datos de ambos hospitales, este aumento del tamaño muestral asegura la cantidad de archivos mínimos necesarios para que el estudio sea significativo en caso de encontrarse con algún inconveniente que obligue a eliminar imágenes de la muestra.

Tomando en cuenta las consideraciones éticas frente a la manipulación de información confidencial y con la finalidad de eliminar todo tipo de información personal de los pacientes, es que se exportó el compilado de imágenes radiográficas, que originalmente se encuentran almacenadas en el servicio de salud en formato DICOM a formato JPGE o PNG con mínimo 8 bits de profundidad (105). Junto con esto, a cada examen se le asignó un número que coincide con el número de los datos de sexo y edad del mismo, registro necesario para efectos de corroborar los resultados obtenidos en las futuras observaciones, cálculos estadísticos y como antecedente de discusión.

Una vez terminada la etapa de exportación de imágenes y registro de datos en la tabla preliminar, las imágenes fueron divididas en compilados de 100 radiografías almacenadas en CD's para ser observadas en monitores con una resolución mínima de 1366 X 768 pixeles por un grupo de 12 Tecnólogos Médicos pertenecientes a los Hospitales San Juan de Dios de Los Andes, Hospital del Salvador, Hospital de Carabineros, Tecnólogos Médicos y Médicos Radiólogos del Hospital Militar de Santiago y finalmente por los quienes desarrollaron el presente estudio. Cada

imagen fue evaluada en 5 ocasiones por observadores diferentes, 3 Tecnólogos Médicos, 1 Médico Radiólogo y el consenso establecido entre quienes desarrollaron el presente estudio. A cada profesional se le entregó una copia del estudio de Andreas Schmeling, las imágenes para el presente estudio y un documento con ejemplos radiográficos y dibujos de cada uno de los estadios, cada uno de ellos descritos según características del estudio original. Este material fue entregado de forma impresa y digital a cada profesional. Se presenta en Anexo 9.2 el material entregado para su utilización como referencia.

Con ello cada Tecnólogo Médico y Radiólogo indicó el estadio que mejor refleja el grado de maduración ósea observado en cada clavícula.

4.1 ANÁLISIS DE DATOS

En un inicio se analizaron los datos a través de tabulaciones en *Excel* en donde se registró el número de archivo asignado a cada paciente para así resguardar sus datos personales, enumerando del 1 al 400 de forma consecutiva en una primera columna. La columna dos y tres corresponden al sexo y edad respectivamente de cada paciente. Finalmente en las columnas siguientes, los estadios sugeridos por los profesionales, tanto de la clavícula derecha como la izquierda. Esta primera exploración permite valorar la moda y la distribución de datos según edad y sexo resultando en un total de 204 radiografías correspondientes a mujeres y 196 a hombres (ver tabla 5.1).

Los análisis se realizaron con el paquete estadístico SPSS para Windows, versión 23.

- El tratamiento univariante de los resultados consistió en un análisis de variables cualitativas, como frecuencias y porcentajes y de las variables cuantitativas como la media y desviación estándar.

Finalmente se realizó un análisis comparativo entre clavículas izquierdas y derechas en hombres y mujeres para determinar posibles diferencias existentes.

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

En el presente estudio, de un total de 400 imágenes recolectadas, 384 fueron consideradas a la hora de realizar los análisis estadísticos, de ellas 182 corresponden a hombres y 202 a mujeres. Este nuevo tamaño muestral resultó tras encontrar 12 casos que presentaban el signo de “boca de pez” y 4 imágenes que no pudieron ser estadificadas ya que los observadores no llegaron consenso al momento de la estadificación, puesto que no cumplían con los criterios de inclusión propios de la técnica radiográfica de tórax PA. Un posterior análisis de las imágenes muestra que todas ellas tienen en común superposición de estructuras, defectos en la radiopacidad y contraste ocasionados por los valores de exposición con que fueron obtenidas. A continuación se muestran los resultados de los análisis realizados.

Tabla 5.1. Distribución de género y edad en recolección de datos a partir de la muestra

Edad	Mujeres		Hombres	
	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje
15	6	2,94	9	4,59
16	10	4,90	10	5,10
17	16	7,84	17	8,67
18	8	3,92	17	8,67
19	15	7,35	12	6,12
20	12	5,88	10	5,10
21	14	6,86	11	5,61
22	14	6,86	15	7,65
23	22	10,78	10	5,10
24	14	6,86	21	10,71
25	19	9,31	9	4,59
26	9	4,41	21	10,71
27	12	5,88	13	6,63
28	23	11,27	14	7,14
29	10	4,90	7	3,57
Total	204	100,00	196	100,00

La Tabla 5.1 muestra la distribución de género y edad en la recolección de datos. Se observa una mayor concentración en las edades de 23 y 28 años en mujeres, 26 y 24 años en hombres. La menor concentración se observa a los 15 años en mujeres y 29 años en hombres. Finalmente, al analizar la distribución de hombres y mujeres en la muestra, ésta se refleja de forma homogénea.

Tabla 5.2 Distribución de los distintos estadios de clavícula derecha en hombres entre 15 y 29 años.

Distribución Clavícula Derecha Hombres						
Edad	Número	Estadio 1	Estadio 2	Estadio 3	Estadio 4	Estadio 5
15	9	6	1	1	1	
16	10	6		2	1	1
17	17	5		9	2	1
18	17	5	3	6		3
19	12	3	2	5	2	
20	10	1	1	6	2	
21	11	2	1	7	1	
22	15	5		2	5	3
23	10	1		4	4	1
24	20	4		5	8	3
25	9			3	5	1
26	19			5	10	4
27	9			1	6	2
28	9			1	6	2
29	5				2	3
Total	182	38	8	57	55	24

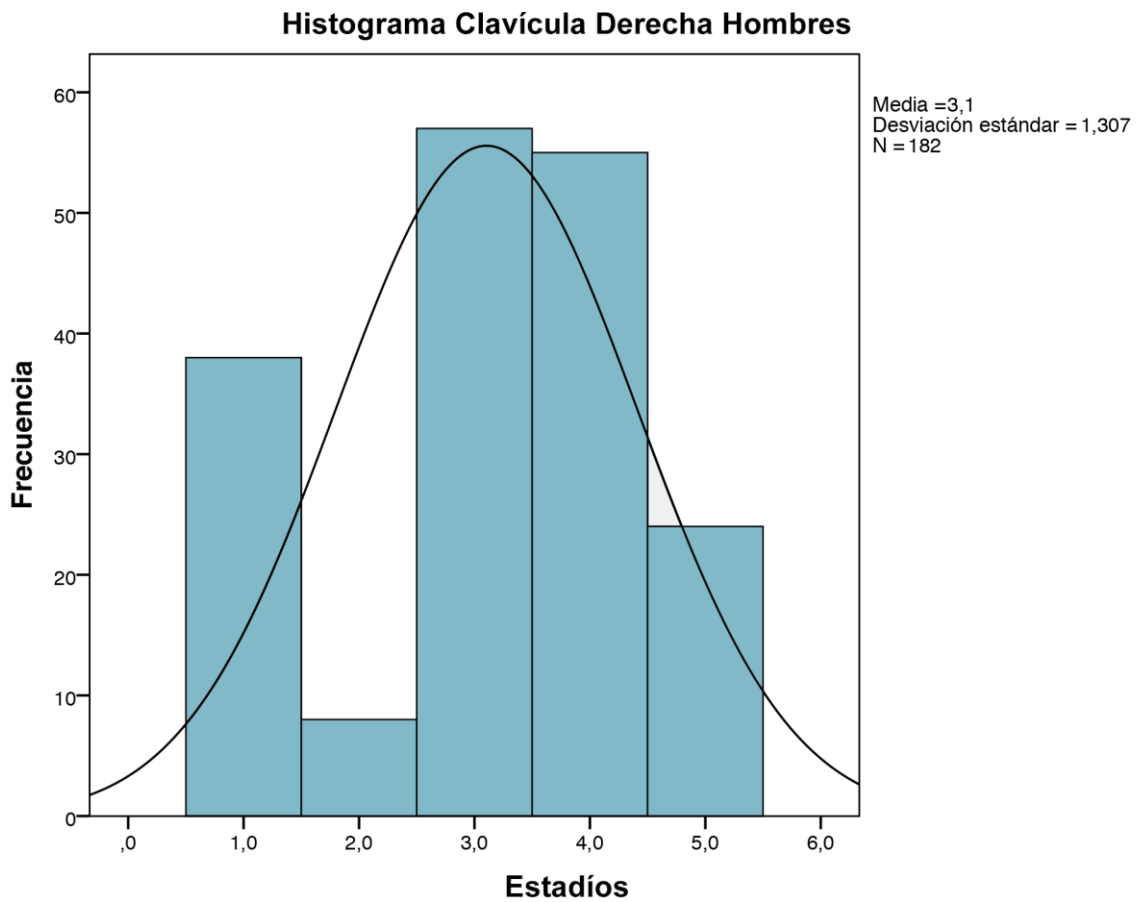


Figura 5.1 Histograma de frecuencias que muestra la distribución de las edades en los diferentes estadíos en clavículas derechas de los hombres.

En la Tabla 5.2 y Figura 5.1, muestra la distribución de los estadíos para la clavícula derecha en hombres. Se observa que en la clavícula derecha en hombres, el estadío 2 registra una menor cantidad de individuos, en cambio los estadíos 3 y 4, muestran una mayor concentración. Además, se observa que entre los 16 y 17 años no hay registros para el estadío 2, al igual que entre los 19 y 21 años para el estadío 5. Se distingue que existe una bimodalidad de los estadíos 3 y 4. El histograma de frecuencia muestra una media de 3,1 y una desviación estándar de 1,307.

Tabla 5.3. Distribución de los distintos estadios de clavícula izquierda en hombres entre 15 y 29 años.

Distribución Clavícula Izquierda Hombres

Edad	Número	Estadio 1	Estadio 2	Estadio 3	Estadio 4	Estadio 5
15	9	7		1	1	
16	10	5		3	1	1
17	17	6		7	4	
18	17	5	1	8		3
19	12	2	4	4	2	
20	10	1	2	5	2	
21	11	4		6	1	
22	15	5		2	4	4
23	10	2		2	3	3
24	20	4	2	5	5	4
25	9			1	6	2
26	19			1	14	4
27	9			1	2	6
28	9				7	2
29	5				2	3
Total	182	41	9	46	54	32

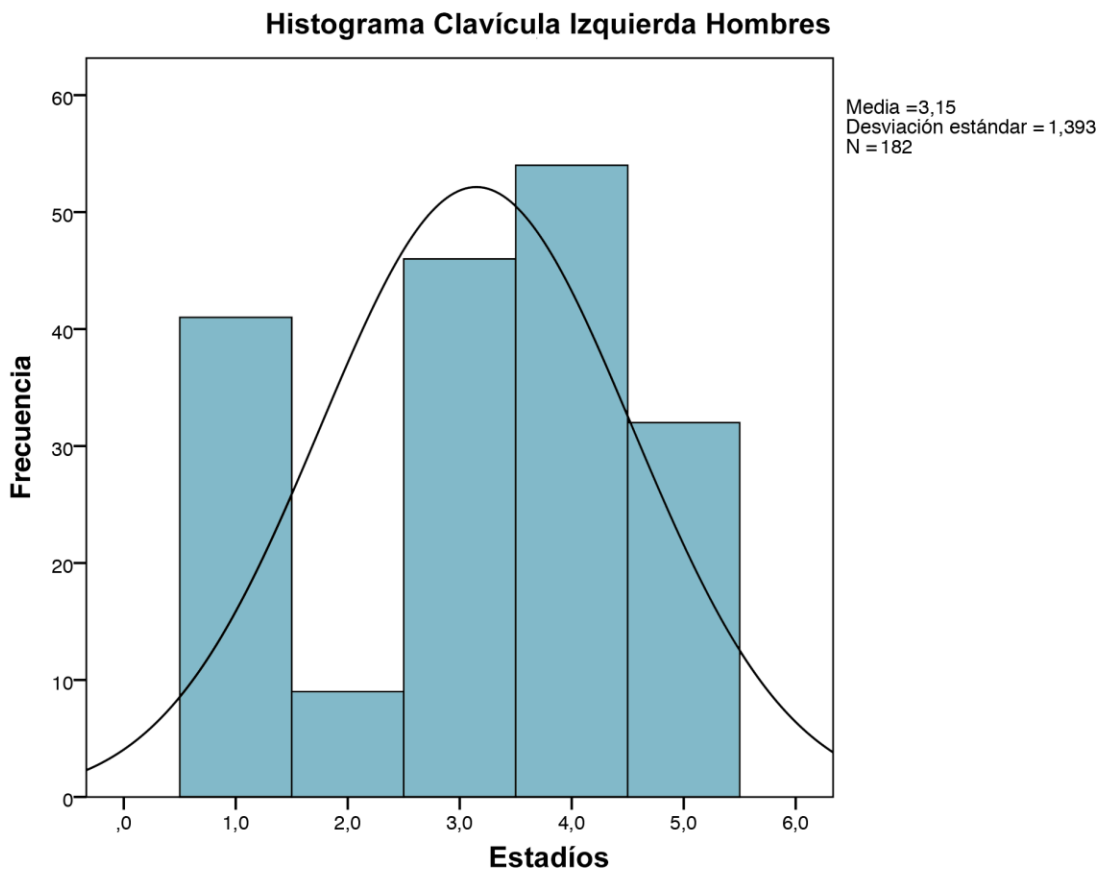


Figura 5.2. Histograma de frecuencias que muestra la distribución de las edades en los diferentes estadios en clavículas izquierdas de los hombres.

La Tabla 5.3 y la Figura 5.2 muestran la distribución de los estadios para la clavícula izquierda en hombres. Se observa una menor concentración en el estadio 2, en cambio, y en los estadios 3 y 4, hay una mayor cantidad de individuos. Entre los 15 a 17 años no hay registro en el estadio 2, y entre 19 a 25 años no hay estadificación 5. La mayor parte de la muestra en clavícula izquierda de hombres se encuentra en el estadio 4. El histograma de frecuencia muestra una media de 3,15 y una desviación estándar de 1,393.

Tabla 5.4. Distribución de los distintos estadios de clavícula derecha en mujeres entre 15 y 29 años.

Distribución Clavícula Derecha Mujeres						
Edad	Número	Estadio 1	Estadio 2	Estadio 3	Estadio 4	Estadio 5
15	6	4			1	1
16	10	5	1	2	1	1
17	16	1	2	9	4	
18	8		3	2	3	
19	15	1	2	11		1
20	12		2	8	1	1
21	14			6	4	4
22	14		1	6	7	
23	22	2			16	4
24	14			3	8	3
25	18	1		2	13	2
26	9			1	6	2
27	12			1	6	5
28	22			1	9	12
29	10			1	3	6
Total	202	14	11	53	82	42

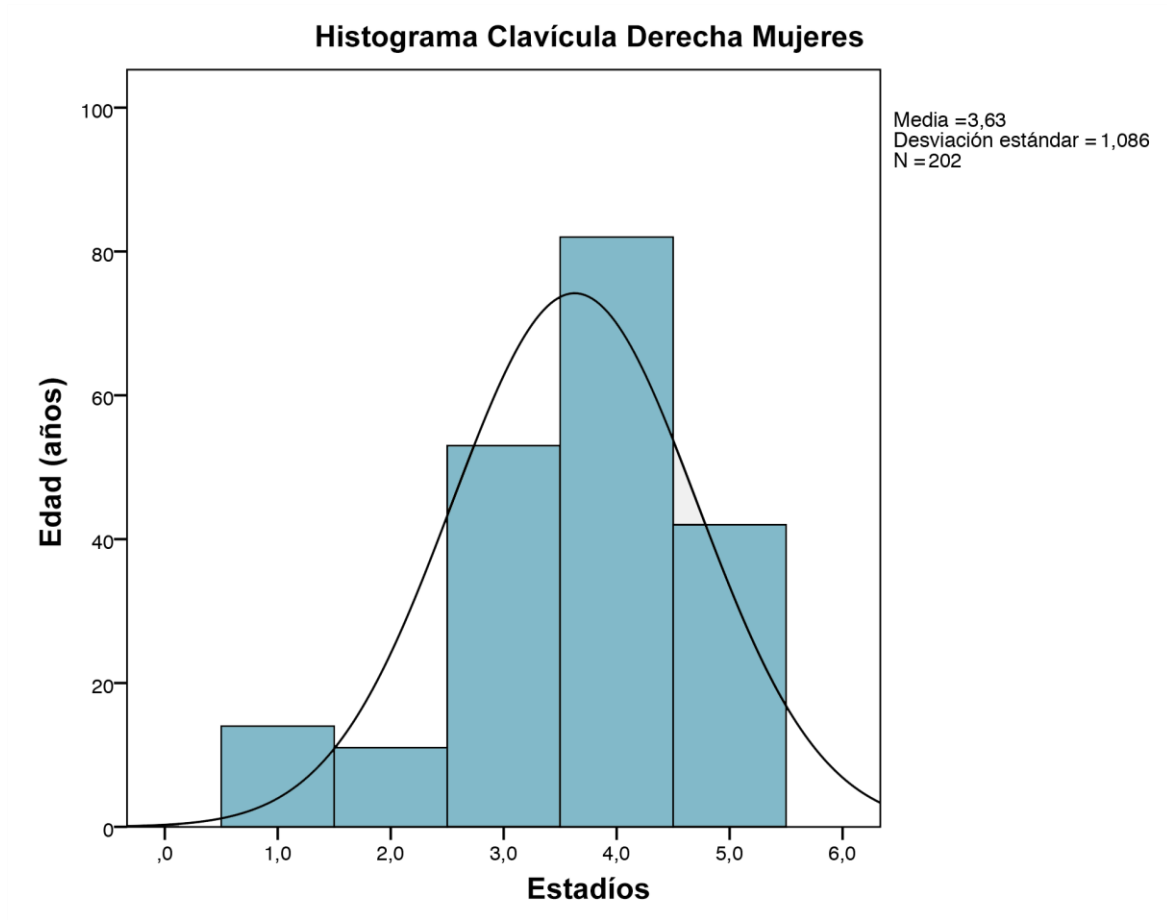


Figura 5.3 Histograma de frecuencias que muestra la distribución de las edades en los diferentes estadíos en clavículas derechas de las mujeres.

La Tabla 5.4 y Figura 5.3 muestran la distribución de los estadíos para la clavícula derecha en mujeres. Se observa un mayor número de individuos en el estadío 4, por el contrario, los estadíos 1 y 2 registran una menor proporción, siendo todas menores de 25 años. Además de ello, el estadío 3 está presente mayoritariamente en la edad de 19 años. El histograma de frecuencias muestra una media de 3,63 y una desviación estándar de 1,086.

Tabla 5.5. Distribución de los distintos estadios de clavícula izquierda en mujeres entre 15 y 29 años.

Distribución Clavícula Izquierda Mujeres

Edad	Número	Estadio 1	Estadio 2	Estadio 3	Estadio 4	Estadio 5
15	6	3	2		1	
16	10	5	1	3	1	
17	16	1	4	7	2	2
18	8		2	5	1	
19	15	1	5	6	2	1
20	12		3	4	4	1
21	14		1	5	6	2
22	14			6	6	2
23	22	2			13	7
24	14	1		2	5	6
25	18	1		2	10	5
26	9				3	6
27	12			1	5	6
28	22				8	14
29	10			1	2	7
Total	202	14	18	42	69	59

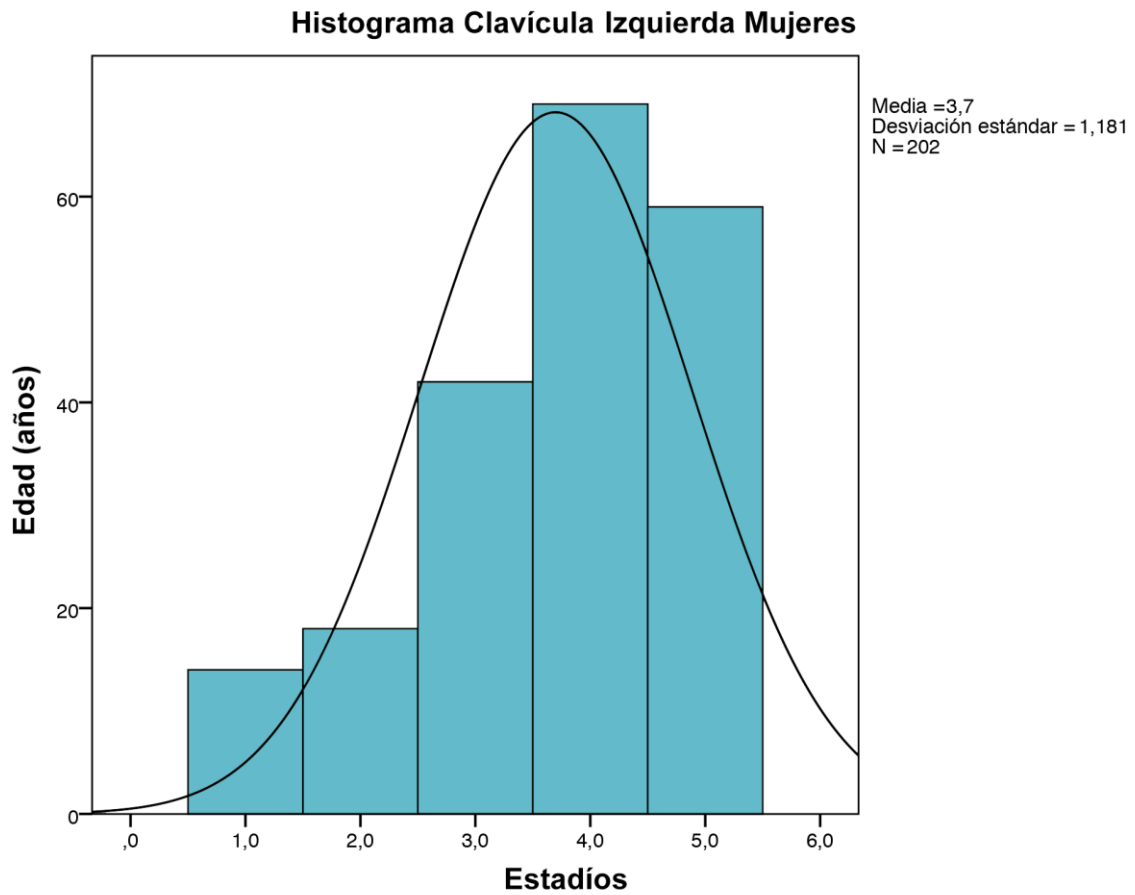


Figura 5.4 Histograma de frecuencias que muestra la distribución de las edades en los diferentes estadíos en clavículas izquierdas de las mujeres.

La Tabla 5.5 y la Figura 5.4 muestran la distribución de los estadíos para la clavícula izquierda en mujeres. Se observa que existe una mayor parte de la muestra en los estadíos 4 y 5, por el contrario, los estadíos 1 y 2 registran las menores cantidades. El estadío 2 sólo se registra en individuos menores a 22 años. El histograma de frecuencias muestra una desviación estándar de 1,181.

A raíz de la clasificación final realizada por los observadores de cada clavícula, se llegó al siguiente análisis estadístico descriptivo:

Tabla 5.6 Parámetros estadísticos por género para estadios de osificación del 1 al 5.

Estadio	Género	Clavícula Derecha				Clavícula Izquierda			
		Min	Max	Media	Desv	Min	Max	Media	Desv
1	Masculino	17,66	19,66	18,66	1,00	17,83	19,78	18,81	0,98
	Femenino	15,65	19,64	17,64	2,00	16,12	20,45	18,29	2,17
2	Masculino	17,02	19,98	18,5	1,48	18,51	21,93	20,22	1,71
	Femenino	17,41	19,68	18,55	1,14	17,24	18,98	18,11	0,87
3	Masculino	19,92	21,70	20,81	0,89	19,04	20,79	19,91	0,88
	Femenino	19,54	21,22	20,38	0,84	19,10	20,99	20,05	0,95
4	Masculino	23,30	25,10	24,20	0,90	23,34	25,22	24,28	0,94
	Femenino	23,10	24,53	23,82	0,72	22,74	24,3	23,52	0,78
5	Masculino	22,21	25,62	23,92	1,71	22,66	25,34	24,00	1,34
	Femenino	24,22	26,49	25,36	1,14	24,67	26,24	25,46	0,79

La Tabla 5.6 muestra el análisis de resultados obtenidos, mínimo, máximo, media y desviación estándar para cada uno de los estadios en clavícula izquierda y derecha, de hombres y mujeres. El estadio 1 es observado desde los 17 años en hombres y 15 años en mujeres. Estadios 2, 3, 4 y 5 son reportados desde la misma edad para ambos sexos, 17, 19, 23 y 22 años respectivamente. La mayor desviación se produce en mujeres en el estadio 1 con un valor promedio de 2,17. Por el contrario, la menor desviación se observa en el estadio 4 en mujeres, con un valor de 0,72.

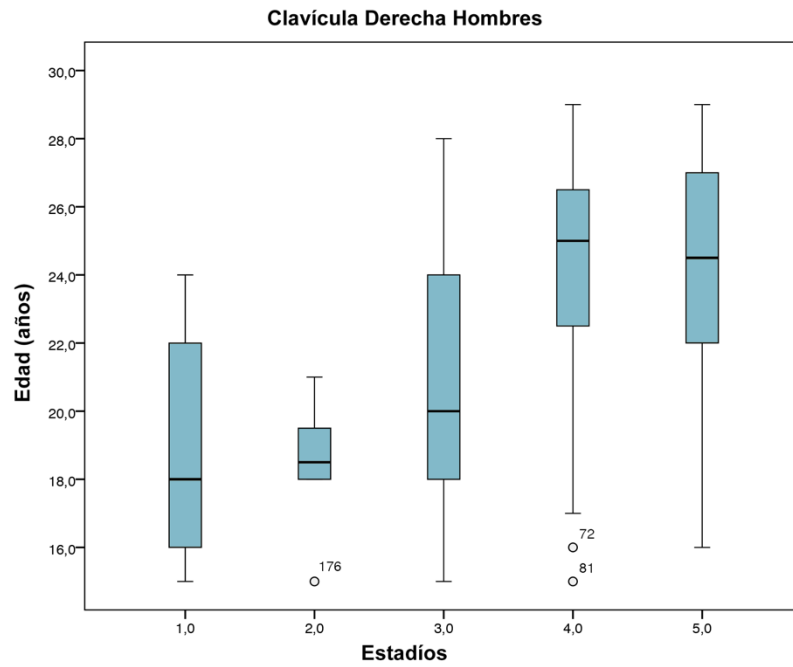


Figura 5.5 Diagrama de cajas y bigotes, distribución de la estadificación de la epífisis externa de la clavícula derecha en hombres.

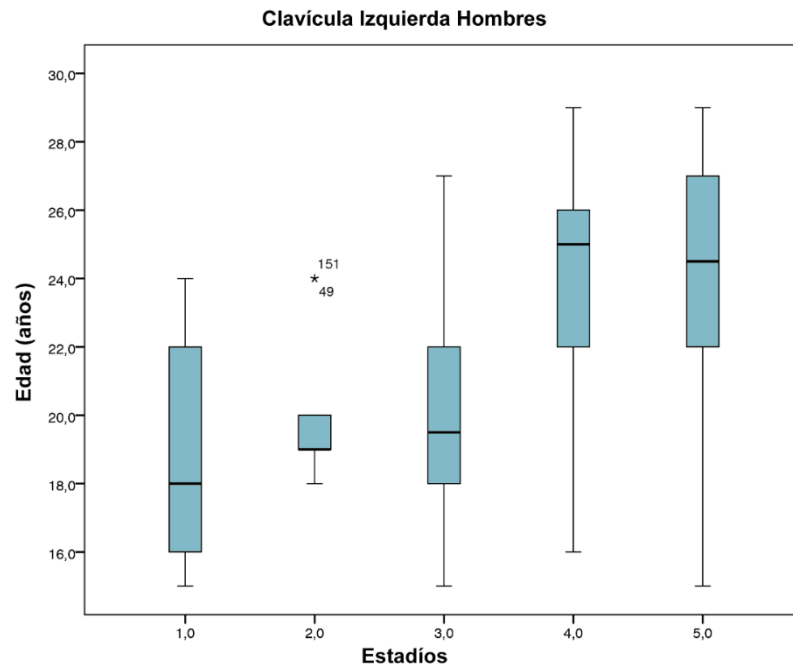


Figura 5.6 Diagrama de cajas y bigotes, distribución de la estadificación de la epífisis externa de la clavícula izquierda en hombres.

En las figuras 5.5 y 5.6 se observan diagramas de cajas y bigotes que muestran la distribución de los estadios de osificación en hombres, en clavícula derecha e izquierda. Los límites superiores e inferiores de cada caja representan los intervalos que abarcan cada uno de los estadios, siendo el 1 y 3 los más variables y el estadio 2 el más acotado de ellos en ambas clavículas.

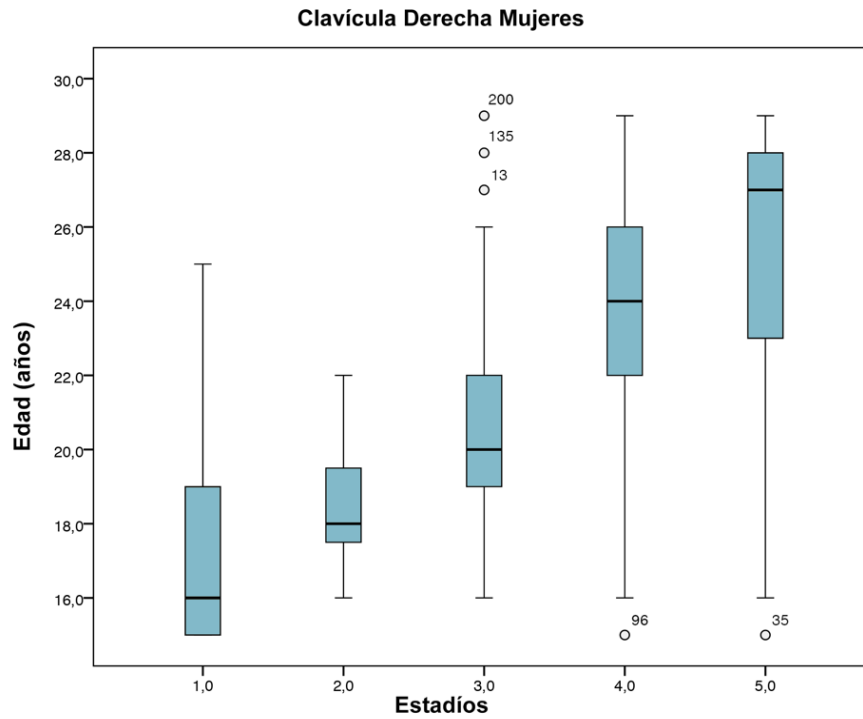


Figura 5.7. Diagrama de cajas y bigotes, distribución de la estadificación de la epífisis esternal de la clavícula derecha en mujeres.

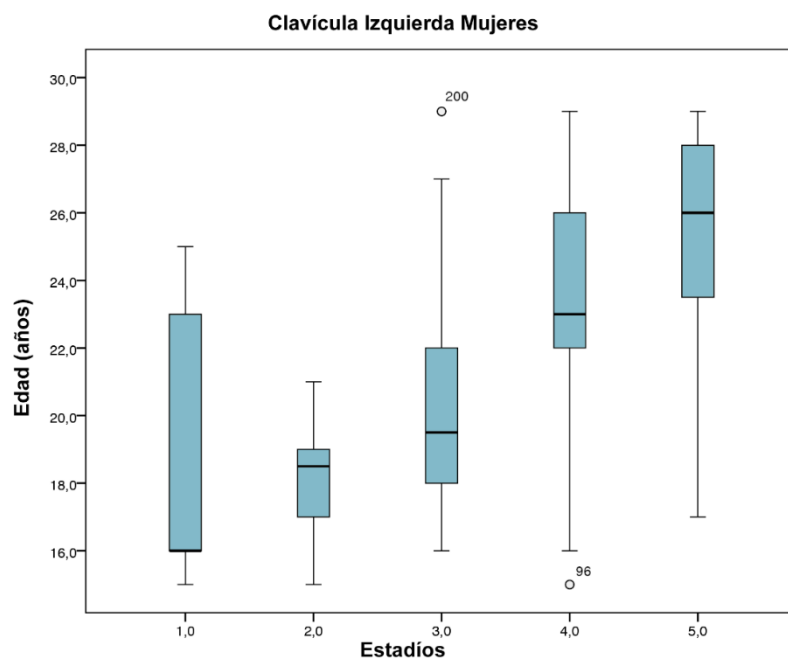


Figura 5.8. Diagrama de cajas y bigotes, distribución de la estadificación de la epífisis esternal de la clavícula izquierda en mujeres.

En las figuras 5.7 y 5.8 se observan diagramas de cajas y bigotes que muestran la distribución de los estadios de osificación en mujeres, en clavícula derecha e izquierda. Los límites superiores e inferiores de cada caja representan los intervalos que abarcan cada uno de los estadios, siendo los más variables de ellos los estadios 5 en clavícula derecha y 1 en la clavícula izquierda. Existe una tendencia lineal con respecto al aumento del grado de osificación en relación a la edad.

Tabla 5.7. Distribución de la comparación entre clavícula derecha e izquierda en cuanto a su estadio de maduración.

Estadios	HOMBRES		MUJERES		RESUMEN	
	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
Derecha Mayor	23	12,64%	27	13,37%	50	13,02%
Izquierda Mayor	36	19,78%	45	22,28%	81	21,09%
Iguals	123	67,58%	130	64,36%	253	65,89%
Total	182	100%	202	100%	384	100%

La tabla 5.7 muestra que el 13,02% de las personas tenían un desarrollo mayor en la clavícula derecha en comparación con la izquierda, y el 21,09% un mayor desarrollo en su clavícula izquierda, mientras que en el 65,89% de los casos la clavícula izquierda poseía el mismo estadio que la clavícula derecha.

Tabla 5.8. Comparación de edades en hombres y mujeres en que aparece el núcleo de osificación secundario en la epífisis medial de la clavícula y edad en que se fusiona según distintos autores

Autor	Año	Población	Hombres		Mujeres		Mixto	
			Aparece	Fusiona	Aparece	Fusiona	Aparece	Fusiona
Stevenson	1924	EEUU (B&W)		22 - 24		22 - 25		
Mackee	1957	Soldados EEUU	18	25 - 30				
Szilvassy	1980	Alemania					18	26 - 30
MacLaughlin	1990	Portugal					20	29
Schmeling	2004	Alemania	21	26	20	26		
Bishe	2012	India	16	23	15	22		
Kui Zhang	2014	China	15	25	15	25		
Presente Estudio	2016	Chile (Aconcagua)	18	24	17	25		

La Tabla 5.8 muestra la comparación de los resultados obtenidos por distintos autores en la evaluación del proceso de osificación de la epífisis medial de la clavícula en sus poblaciones.

CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN

Tanto la calidad de la imagen como la experticia de los observadores puede mermar en la evaluación certera de los estudios radiográficos, ya que incide de forma directa en el resultado final. Schmeling en su estudio, tuvo dificultades similares a las presentadas en éste estudio debiendo desechar 174 imágenes de las 873 originalmente seleccionadas (93). Por lo mencionado anteriormente es que se sugiere, en caso de querer replicar el estudio, capacitar a los observadores en base al tipo de estadificación que se esté aplicando y los criterios que se utilizarán.

A pesar que la radiografía de tórax PA ha demostrado ser útil al momento de realizar observaciones de maduración ósea en la epífisis medial de la clavícula, se propone replicar el estudio evaluando la utilidad de otras técnicas radiográficas como clavícula AP o AP axial, de esta forma se evita la superposición de estructuras, factor principal por el que son descartadas las imágenes.

En el presente estudio se ha manifestado el hallazgo de “boca de pez” reportado por Garamendi (74) en 12 casos, todos ellos correspondientes a hombres mayores a 26 años, en 6 casos se observa bilateralmente y en otros 6 de forma unilateral, siendo predominante en la clavícula izquierda. Este hallazgo refleja el 3% de la muestra total y éstas imágenes no fueron consideradas para realizar los análisis estadísticos descriptivos, dado que no presentan núcleo de osificación medial, característica fundamental para el análisis a través del método de A. Schmeling.



Figura 6.1 Visualización en radiología del Signo en Boca de Pez, en clavícula izquierda de paciente de 27 años.

En el presente estudio la muestra está compuesta en un 51% por mujeres y 49% de hombres. La distribución etaria es homogénea, lo que permitió realizar una categorización representativa de la población.

Diversos son los autores que rescatan la utilidad de la clavícula al momento de determinar edad en área clínica y la medicina forense. El trabajo más importante y difundido es el de A. Schmeling (93), debido a que identificó cinco estadíos en el proceso de osificación de la epífisis medial de la clavícula. Desde entonces, la mayoría de los estudios, utiliza como referencia su estadificación para posteriormente realizar los análisis que indicarán, principalmente, el inicio y finalización del proceso de osificación del último núcleo secundario del cuerpo humano.

En la población de Aconcagua el estadío 1 es observado entre las edades de 17 a 19 años en hombres y desde los 15 a 20 años en mujeres. El estadío 2 es entre 17 a 20 años en hombres y 17 a 19 años en mujeres, no obstante A. Schmeling suprimió el análisis de los estadíos 1 y 2 debido a que no contó con el número de casos suficientes para realizar los cálculos estadísticos, en este estudio fue posible definir un rango de edad para ambos estadíos, a pesar de que el número de casos descritos para cada uno de ellos es considerablemente menor en relación al resto de la muestra. Esto podría ser justificado en base a que estadíos 1 y 2 son encontrados en periodos breves de tiempo. El estadío 3 es reportado entre los 19 a 21 años en hombres y en mujeres entre 19 a 21 años. El estadío 4 se observó entre los 23 a 25 años en hombres y 23 a 24 años en mujeres. Finalmente, el estadío 5 se obtiene entre los 22 a 25 años en hombres y 24 a 26 años en mujeres. Llegando a la conclusión que el proceso de osificación inicia a los 17 años en mujeres y 18 años en varones, para finalizar a una edad media de 25 años en mujeres y 24 años en varones. A. Schmeling reporta que en su población estudiada el inicio del proceso de osificación es alrededor de los 20 años en mujeres y 21 años en hombres, para finalizar a los 26 años en ambos sexos. Los resultados de este estudio se condicen con lo que señala históricamente la literatura, que las mujeres inician el proceso de osificación antes que los hombres. No obstante, se infiere que los hombres alcanzan la madurez ósea más rápido en comparación a las mujeres, a pesar de comenzar después.

Si se realiza una comparación de los resultados con estudios de otros lugares del mundo, salta a la vista la diferencia existente en tiempos de inicio y finalización del proceso de osificación de la epífisis medial (ver tabla 5.8), esto debido a variables que pueden alterar el proceso de

maduración ósea como factores ambientales, hormonales, alimenticios y principalmente el estatus socioeconómico de la población en estudio, que en el presente trabajo corresponde a un status socioeconómico medio, con un ingreso promedio mensual de CLP \$529.518 por hogar (equivalente a USD \$809,95) (106). El comportamiento observado en la población de Aconcagua, sólo es reportado de forma similar en el trabajo realizado por Bishe en 2012 (91) en la población India. Sería interesante desarrollar una investigación orientada a la determinación de características en común entre ambas poblaciones e identificar los factores influyentes en éstas similitudes. Por otra parte, los demás estudios muestran un patrón diferente, siendo el más alejado de ellos los resultados obtenidos por Szilvassy en 1980 (88) en la población de Alemania. A partir de ello se sugiere una actualización y localización de los parámetros de referencia, en caso que se quisiera implementar este método como protocolo para determinar la edad de forma clínica y forense, como se realiza, por ejemplo, en inmigrantes indocumentados que hayan cometido delitos y no exista forma de identificarlos en Alemania, España e Italia. Esto sería un aporte en medicina forense y bioarqueología en la población local en la que se realice el estudio.

Al observar la diferencia existente entre los estadíos de osificación de las clavículas izquierda y derecha en un mismo individuo, se obtiene que el 19% de los hombres posee un estadío de osificación mayor en la clavícula izquierda en relación a la derecha, siendo este último mayor sólo en un 12% de los casos. En mujeres se observa que el 22% de la muestra posee un estadío de osificación mayor en la clavícula izquierda en relación a la derecha, y un 13% en que el lado derecho es mayor al izquierdo. En relación a lo anterior sería interesante ahondar en el por qué el estadío de osificación tanto en hombres como en mujeres es mayor en la clavícula izquierda con respecto a la derecha en la población de Aconcagua.

CAPÍTULO 7: CONCLUSIÓN

A raíz de la recolección de datos y los resultados obtenidos en el presente estudio, es que se demuestra la aplicabilidad del método de A. Schmeling para el análisis del desarrollo óseo de la clavícula en la población de Aconcagua.

Es posible establecer estadios de osificación para dicha población entre las edades de 15 y 29 años. Observando que las edades promedio de inicio del proceso de osificación de la epífisis medial de la clavícula son a los 17 años en las mujeres y a los 18 años en hombres. Se reporta la finalización de osificación de la epífisis medial a los 25 años en mujeres y a los 24 años en hombres.

A la luz de la investigación realizada, pionera en la determinación de edad ósea utilizando la clavícula en la población de Aconcagua, la discusión de sus resultados y teniendo presente tanto la variabilidad humana como el tamaño de la muestra, es que se sugiere replicar este estudio en otras poblaciones nacionales con el fin de validar la metodología utilizada y ahondar en cuanto al proceso de osificación y maduración ósea dentro de la población chilena. Esto representa un aporte en la medicina forense y bioarqueología. Entregando así parámetros de referencia de osificación de la epífisis medial en la población local además de proporcionar una caracterización de los rasgos innatos de los chilenos.

CAPÍTULO 8: REFERENCIAS

1. Toledo Mayari G, Otano Lugo R. Scielo. [Online].; 2011 [cited 2016 Octubre 21. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75072011000100005.
2. Mosby. Diccionario Mosby de Medicina y Ciencias de la Salud. 2nd ed. Madrid: Doyma Libros; 1995.
3. Roz Perez P. Valoración y utilidad de la edad ósea en la práctica clínica. [Online].; 2011 [cited 2016 Octubre 2011. Available from: http://archivos.fapap.es/files/639-715-RUTA/07_PPT_EDAD%20OSEA%20OK.pdf.
4. Ryan S, McNicholas M, Eustace S. Anatomía para el Diagnóstico Radiológico. 1st ed. Dublin: Marban Libros; 2010.
5. Greulich W, Pyle S. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. 2nd ed. Stanford: Stanford CSUP; 1959.
6. Tanner , Whitehouse. A Revised system for estimating skeletal maturity from hand and wrist radiographs with separate standards for carpals and other bones (TW2 system): standards for skeletal age. París; 1972.
7. Loder R, Estle D, Morrison K, Eggleston D, Fish D, Greenfield M. Applicability of the Greulich and Pyle skeletal age standards to black and white children of today. The American Journal of Diseases of Children. 1993 Diciembre; 12(147): p. 1329-1333.
8. Ontel F, Ivanovic M, Ablin D, Barlow T. Bone Age in Children of Diverse Ethnicity. American Journal Radiology. 1996;(167): p. 1395-1398.
9. Mora S, Boechat M, Pietka E, Huang H, Gilsanz V. Skeletal Age Determinations in Children of European and African Descent: Applicability of the Greulich and Pyle Standards. Pediatric Research. 2001;(50): p. 624-628.
10. Lewis C, Lavy C, Harrison. Delay in skeletal maturity in Malawian Children. The Bone & Joint Journals. 2012 Julio; 84(5).
11. Hackman L, Black S. The Reliability of the Greulich and Pyle Atlas When Applied to a Modern Scottish Population. Journal of Forensic Sciences. 2013 Enero; 50(1): p. 114-119.
12. Richard D. Anatomía para estudiantes de Gray. 2nd ed. Barcelona: Elsevier; 2010.
13. Carlson BM. Embriología Humana y Biología del Desarrollo. Tercera Edición ed. Mosby , editor.: ELSEVIER; 2005.
14. Iglesias B, Rodríguez I. InfoMED Red de salud de Cuba. [Online]. [cited 2016 Noviembre 02. Available from: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/histologia/tejidoconectivo1_1.pdf.
15. Club de Informática Médica y Telemedicina. Telmeds. [Online].; 2009 [cited 2016 Noviembre 13. Available from: <http://www.telmeds.org/atlas/histologia/celulas-y-sustancia-intercelular-del-tejido-conectivo/celulas-mesenchimatosas-o-embrionaria/>.
16. Sadler TW. Lagman Embriología médica Con orientación clínica. Octava ed. WILKINS. LWA, editor. España: Editorial Medica Panamericana; 2000.

17. EFDeportes. Educación Física y Deportes. [Online].; 2012 [cited 2016 Noviembre 13. Available from: <http://www.efdeportes.com/efd159/el-crecimiento-y-el-desarrollo-neuromotor.htm>.
18. Figueroa de Quintero O. Conceptos básicos de crecimiento y maduración física. Academia Biomédica Digital. 2012 Junio;(50).
19. Tristán Fernández JM, Ruiz Santiago F, Pérez de la Cruz A, Lobo Tanner G, Aguilar Cordero M, Collado Torreblanca F. Influencia de la nutrición y del entorno social en la maduración. Nutrición Hospitalaria. 2007;(22).
20. Organización Panamericana de la Salud. Manual de Crecimiento y Desarrollo del Niño. Segunda ed. Salud OPdl, editor. Washington, D.C; 1994.
21. Beas Franco DF. ¿Por qué los niños crecen. o no crecen? Primera ed. Baeza S, editor. Providencia: Pehuén; 2007.
22. Monroy Antón A, Sáez Rodríguez G. Factores que influyen en el crecimiento en la etapa prenatal: consecuencias posteriores en la vida de un deportista. EFDeportes. 2010 Noviembre;(150).
23. Álvarez Díaz A. Departamento de Producción Animal y Pasturas. [Online].; 2012 [cited 2016 Noviembre 14. Available from: <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/NUTRICION/MATERIAL%202012/Fisiologia%20crecimiento.pdf>.
24. Osuma C. J. Hormonas sexuales y Hueso. Revisión. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes, Endocrinología; 2003.
25. Botanical-Online. Botanical-Online. [Online].; 2016 [cited 2016 Noviembre 25. Available from: <http://www.botanical-online.com/enfermedadesdelmetabolismo.htm>.
26. Moreno Arango J, Contreras Roura J, Pérez Rodríguez J, Alonso Jiménez E, Arcas Emerso G, Piloto Roque Y. Diagnóstico de fenilcetonuria clásica mediante dos métodos analíticos confirmatorios, a propósito de un caso. Revista Cubana de Genética Comunitaria. 2012 Junio;(54-57).
27. Miras A, Freire Corbacho A, Rodríguez García J, Leis R, Aldámiz-Echevarría L, M. Fraga J, et al. Utility of bone turnover markers in metabolic bone disease detection in patients with phenylketonuria. ELSEVIER. 2015 Octubre;(144).
28. The Nemours Foundation. KidsHealth. [Online].; 2014 [cited 2016 Noviembre 20. Available from: <http://kidshealth.org/es/parents/iugr-esp.html#>.
29. Alvarez G, Delia DE, Martínez DM, Verónica M. Retardo del Crecimiento Intrauterino: Diagnóstico. Revista de Posgrado de la VIa Cátedra de Medicina. 2005 Agosto;(148).
30. Chaudhari S, Otiv M, Mahendra H, Anand P, Anjali M. Growth and Sexual Maturation of Low Birth Weight Infants at Early Adolescence. Maharashtra, India: Hospital KEM, Departamento de Pediatría; 2007.
31. Chaudhari S, Otiv M, Mahendra H, Anand P, Anjali M. Pune Low Birth Weight Study – Growth from Birth to Adulthood. Maharashtra, India: Hospital KEM, Departamente de Pediatría; 2011.

32. Azua DE, Rybertt DF, Rybertt T. Retarde de Crecimiento Intrauterino: Consecuencias a largo plazo. Revista Médica Clínica Las Condes. 2016;(27).
33. Del Rey G. El gen SHOX y el crecimiento corporal: descripción, estructura y nuevas técnicas de diagnóstico. BAG. Journal of basic and applied genetics. 2010 Diciembre; 21(2).
34. López Siguero DJP. Preguntas y respuestas sobre el Síndrome de Turner. In Novo Nordisk Pharma SA, editor. Preguntas y respuestas sobre el Síndrome de Turner. Madrid, España: Novo Nordisk p. 25-65.
35. Hernández Ortega DA, Navarro Despaigne DD, Sánchez Cruz DJ. Acción fisiopatológica integrada de las hormonas sobre el tejido óseo. Revista Cubana Endocrinología. 2006 Febrero; 17(2).
36. Navarro Despaigne DD. Interrelación entre hormonas tiroideas y crecimiento: importancia clínica. Ciudad de La Habana: Instituto Nacional de Endocrinología, Departamento de Endocrinología; 2005.
37. The Pituitary Society. Pituitary Society. [Online]. [cited 2016 Noviembre 27. Available from: https://pituitarysociety.org/sites/all/pdfs/Pituitary_Society_Acromegaly_brochure_Spanish.pdf.
38. Castro-Feijóo L, Cabanas Rodríguez PyPM. El niño de talla baja. Universidad de Santiago de Compostela, Departamento de Pediatría; 2011. Report No.: ISSN 2171-8172.
39. MAPFRE TECH SA. Salud Canales MAPFRE. [Online]. [cited 2016 Noviembre 25. Available from: <https://www.salud.mapfre.es/enfermedades/endocrinas/enanismo-hipofisario/>.
40. Ministerio de Salud, Gobierno de Chile. Referencia OMS para la evaluación antropométrica. 2014.
41. REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. DLE. [Online].; 2016 [cited 2016. Available from: <http://dle.rae.es/?id=EN8xffh>.
42. Gallahue D, Ozmun J. Understanding motor development: infants, children, adolescents Indiana: Benchmark Pres; 1989.
43. Lopes Machado R, Barbanti V. MATURAÇÃO ESQUELÉTICA E CRESCIMENTO EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES. Bras Cineantropom. Desempenho Hum.. 2007; 9(1).
44. Rivas C, Avaria C, Guzmán C. Correlación Entre Edad Cronológica y Maduración Osea en Vertebrae Cervicales en Adolescentes Chilenos para Determinar Peak de Crecimiento Puberal. Revista dental de Chile. 2009; 100(3).
45. Gómez-Campos R, de Arruda M, Hobold E, Abella C, Camargo C, Martínez Salazar C, et al. Valoración de la maduración biológica: usos y aplicaciones en el ámbito escolar. Revista andaluza de medicina del deporte. 2013; 6(4).
46. Londe A. es rayons Roentgen et les momies. La Nature. 1897; 25.
47. Garamendi González P, Landa Tabuyo M. Determinación de la edad mediante la radiología. Revista española de medicina legal. 2010; 36(1).
48. Pyror J. "The Hereditary Nature of Variation in the Ossification of Bones". Anatomical Record. 1907; 1.

49. Todd T. "Atlas of Skeletal Maturation (hand)" St. Louis : CV Mosby Co. ; 1937.
50. Izaguirre de Espinoza I, Macías de Tomei C, Castañeda de Gómez M, Méndez Castellano H. Atlas de Maduración Osea del venezolano. Anales Venezolanos de Nutrición. 2003; 16(1).
51. Toledo Mayarí G. Evaluación de distintos métodos para determinar el potencial de crecimiento en pacientes de ortodoncia. Propuesta de metodo simplificado. Tesis doctoral. La Habana: Instituto superior de ciencias médicas de La Habana , Departamento de Ortodoncia ; 2008.
52. Lamparski D. Skeletal Age Assessment Utilizing Cervical Vertebrae. Master's thesis. Pittsburgh, Penn: The University of Pittsburgh, Departament of Orthodontics; 1972.
53. Hassel B, Farman A. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1995 January ; 107(6).
54. Zurita C, Fuentes A. Correlacion entre resultados de radiografia cervical lateral y radiografia de mano-muñeca en la estimacion de edad osea en niñas. Revista chilena de radiologia. 2009; 15(1).
55. Cameriere R, Cingolani M, Giuliadori A, De Luca S, Ferrante L. Radiographic analysis of epiphyseal fusion at knee joint to assess likelihood of having attained 18 years of age. Int J Legal Med. 2012; 126(889).
56. Pyle S, NL H. Radiographic atlas of skeletal development of the knee. A Standard of Reference: Thomas Springfield IL ; 1955.
57. Risser J. The Iliac Apophysis: An Invaluable Sign in the Management of Scoliosis. Clin Orthop Relat Res. 1958; 11.
58. Escalada F, Boza R, Duarte E, Tejero M, Munies J, Guillen A, et al. Menarquia y signo de Risser en la escoliosis idiopática del adolescente. Algunas consideraciones críticas. Rehabilitación. 2008; 42(3).
59. Barchilon , Hershkovitz I, Rothschild B, Wish-Baratz S, Latimer B, Jellema L, et al. Factors affecting the rate and pattern of the first costal cartilage ossification. Am J Forensic Med Pathol. 1996; 17(3).
60. Michelson N. The Calcification of the First Costal Cartilage Among Whites and Negroes: Human Biology; 1934.
61. Garamendi P, Landa M, Alemán I, Botella M. Osificación del cartílago costal de la primera costilla en relación con la edad. Aplicaciones en la estimación forense de la edad. Cuad Med Forence. 2007; 13(50).
62. Demirjian A GOHTJM. A new System of dental age assesment: Hum Biol ; 1973.
63. Sempé M, Pavía C. Maduración osea: método auxorradiográfico Madrid: Diaz De Santos, S.A; 1994.
64. López Ferrer P, Urdaneta Quintero O. Reproductibilidad en la estimación de la edad ósea, a través del método Tanner-Whitehouse 3 (TW3) en una población de escolares (7-14 años), del municipio Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. Ciencia Odontológica. 2010; 7(1).

65. Medina Navarro M, Martín Tejedor B, Lopez Siguero J. El uso de la edad ósea en la práctica clínica. Actualización Anales de pediatría continuada. 2014; 12(6).
66. Buller, Edwards P, Kemp P, Fry S, Hughes I. Bone age assessment: a large scale comparison of the Greulich and Pyle, and Tanner and Whitehouse (TW2) methods. Arch Dis Child. 1999; 81.
67. R VR, H. Lequin M, G.F. Robben S, C.J. Hop W, van Kuijk C. Is the Greulich and Pyle atlas still valid for Dutch Caucasian children today? Pediatr Radiol. 2001; 31.
68. Chiang K, Shau-Bin A, Chou, Yen P, Ling C, Lin C, et al. The Reliability of Using Greulich-Pyle Method to Determine Children's Bone Age in Taiwan. Tzu Chi Med J. 2005; 17(6).
69. Dembetembe K, Morris A. Is Greulich–Pyle age estimation applicable for determining maturation in male Africans? S Afr J Sci. 2012; 108(9/10).
70. Méndez Castellano, H; Fundación Centro de Estudios Biológicos sobre Crecimiento y Desarrollo de la Población Venezolana. Proyecto Venezuela: Estudio nacional de crecimiento y desarrollo humanos de la República de Venezuela Fundacredesa, editor.; 1996.
71. Canales M, Valenzuela C, Vergara P. Maduración Ósea de Niños de 0 a 6 Años. Muneca y Mano. I Parte. Análisis Cuantitativo. Revista chilena de pediatría. 1985; 56(5).
72. Valenzuela C, Canales M. Maduración ósea de niños de 6 a 19 años. Muneca y mano II Parte. Análisis de probitos para huesos aislados. Revista chilena de pediatría. 1988; 59(3).
73. Alonso Calvo J, Navarro Navarro R, Ruiz Caballero J. Biomecánica de la cintura escapular. Canarias Médica y Quirúrgica. 2005 Diciembre; 3(8): p. 33-38.
74. Garamendi P, Botella M. Fusión de la epífisis esternal de la clavícula en relación con la edad. Aplicaciones en la estimación forense de la edad. Cuadernos de Medicina Forense. 2007 Julio; 13(48): p. 143-156.
75. Alcina M, Rissech C, Clavero A. Dimorfismo sexual de la clavícula: un estudio basado en una muestra actual española. Revista Española de Antropología Física. 2012 Diciembre; 33: p. 30-43.
76. Garzon Alvarado D, Roa Garzon M. Factores que influyen en el crecimiento endocondral: experimentos y modelos. Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología. 2008 Enero; 22(1).
77. Shapiro F, Forriol F. El cartílago de crecimiento: Biología y biomecánica del desarrollo. Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología. 2005; 1(49): p. 55-67.
78. Shefelbine S, Carter D. Mechanobiological predictions of growth front morphology in developmental hip dysplasia. Journal of Orthopedic Research. 2004; 22(2): p. 314-352.
79. Gamboa Marquez A, Garzon Alvarado D. Factores Mecánicos en Enfermedades Osteocondrales. Revista Cubana de Investigación Biomédica. 2011 Enero; 30(1): p. 174-193.
80. Humphrey L. Growth pattern in modern human skeleton. American Journal of Physical Anthropology. 1998 Enero; 105(1): p. 57-52.
81. Auerbach B, Raxter M. Patterns of clavicular bilateral asymmetry in relation to the humerus: variation among humans. Journal of Human Evolution. 2008; 54(1): p. 663-647.

82. Bontrager K. Posiciones Radiológicas y Correlación Anatómica. 5th ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2004.
83. Paulos J, Contreras O, Botello E. Radiología General en Ortopedia y Traumatología. [Online].; 2004 [cited 2016 Noviembre 3. Available from: <http://publicacionesmedicina.uc.cl/ImagenesTMT/23ab.html>].
84. Sociedad Española de Médicos de Atención Primaria. Proyecciones de la Radiografía de Tórax. [Online].; 2014 [cited 2016 Noviembre 3. Available from: http://respirasemergen.com/rx/2_proyecciones_de_la_radiografa_de_trax.html].
85. Stevenson P. Age order of epiphyseal union in man. American Journal of Physical Anthropology. 1924; 7(1): p. 53-93.
86. Todd W, D'Errico J. The clavicular epiphyses. American Journal of Anatomy. 1928; 41(1): p. 25-50.
87. McKern T, Steward T, United States. Skeletal age changes in young American males : Analysed from the standpoint of age identification: Natick, Mass. : Headquarters, Quartermaster Research & Development Command; 1957.
88. Szilvássy. Age determination on the sternal articular faces of the clavícula. Journal of Human Evolution. 1980 Diciembre; 9(8): p. 609-610.
89. Walker R, Lovejoy O. Radiographic Changes in the Clavicle and Proximal Femur and Their Use in the Determination of Skeletal Age at Death. American Journal of Physical Anthropology. 1985 Mayo; 68(1): p. 67-78.
90. Kreitner K, Schweden F. Bone age determination based on the study of the medial extremity of the clavicle. European Radiology. 1998 Febrero; 8(1): p. 1116-1122.
91. Bishe S. Age Determination from Clavicle: A Radiological Study in Mumbai Region. Journal of Indian Academy of Forensic Medicine. 2012 Marzo; 24(1): p. 7-9.
92. Zhang K, Chen Xg, Zhao H. Forensic Age Estimation Using Thin-Slice Multidetector CT of the Clavicular Epiphyses Among Adolescent Western Chinese. Journal of forensic sciences. 2014 Mayo; 60(3): p. 675-678.
93. Schmeling A, Schulz R, Reisinger W. Studies on the time frame for ossification of the medial clavicular epiphyseal cartilage in conventional radiography. International Journal of Legal Medicine. 2004 Febrero; 118(1): p. 5-8.
94. Sociedad de Ortodoncia de Chile. Web Design and Development. [Online]. [cited 2016 noviembre. Available from: <http://www.sortchile.cl>].
95. Plazas Román J, Martínez Bermúdez O, López Pombo J, Franco Mardínis T, Escobar Edna M, Herrera Herrera A. Determinación de los estadios de maduración esquelética por medio de análisis de Baccteti. Salud uninorte. 2015 marzo ; 31(2).
96. Schmeling A, Grundmann C, Fuhrmann A, Kaatsch H, Knell B, Ramsthaler F, et al. Criteria for age estimation in living individuals. International Journal of Legal Medicine. 2008 Junio;(122).
97. Schmeling A, Olze A, Reisinger W, Geserick G. Forensic age diagnostics of living people undergoing criminal proceedings. Forensic Science International. 2004 Junio;(144).

98. Garamendi G. P, (6) ea. Recomendaciones sobre métodos de estimación forense de la edad de los menores extranjeros no acompañados. Revista Española de Medicina Legal. 2011 Enero;(37).
99. Santoro V, De Donno A, Marrone M, Pietro C, Introna F. Forensic age estimation of living individuals: A retrospective analysis. Forensic Science International. 2009 Octubre;(129).
- 100 Trujillo-Mederoz A, Ordóñez A. Nociones básicas para la determinación del sexo y la edad . en restos bioantropológicos. Estrat Crític. 2012;(6).
- 101 Superintendencia de Salud. Herramientas metodológicas y de evaluación. [Online].; 2016 . [cited 2016 Noviembre 7. Available from: <http://www.supersalud.gob.cl/observatorio/671/w3-article-7652.html>.
- 102 Instituto Nacional de Estadísticas. Informe Censo 2012, Síntesis de resultados. [Online].; . 2012 [cited 2016 Noviembre 7. Available from: <http://www.ine.cl/cd2002/sintesis censal.pdf>.
- 103 Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Reportes Comunales 2015. [Online].; 2015 . [cited 2016 Noviembre 7. Available from: <http://reportescomunales.bcn.cl/2015/index.php/Categor%C3%ADa:Comunas>.
- 104 Consejo para la Transparencia de Chile. Guía Técnica N° 4 Procedimientos para la . eliminación de documentos de archivos. Santiago, Chile ;; 2012.
- 105 Palacios Miras C. Fundamentos de imagen digital aplicados a radiología. 31 Congreso . Nacional de radiología, SERAM. 2012;; p. 13.
- 106 CASEN. Evolucion y distribución de los ingresos de los hogares. Santiago, Chile ;, . Ministerio de Desarrollo Social; 2013.
- 107 Tristán Fernández J, Ruiz Santiago F, Botella López M, Maroto Benavides R, Jiménez . Brobeil S. Análisis de los métodos radiológicos que predicen la edad ósea de los niños desde el punto de vista Antropológico. Antropo. 2006; 102.
- 108 Instituto Nacional de Estadística. Informe Censo 2012. [Online].; 2012 [cited 2016 . Noviembre 7. Available from: http://www.ine.cl/filenews/files/2013/noviembre/informe_final-comision-nacional.pdf.

CAPÍTULO 9: ANEXOS

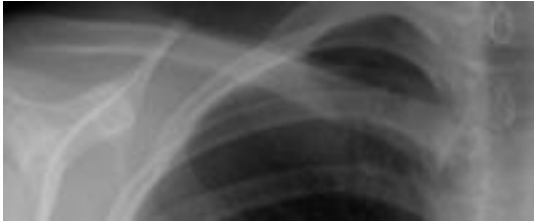
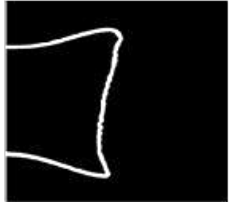



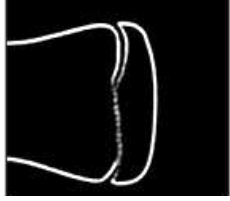

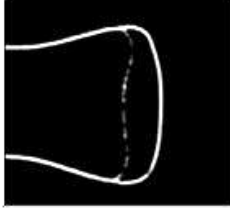
9.1 SERIES DE ESTUDIOS SOBRE LA FUSIÓN DE LA EPÍFISIS MEDIAL DE LA CLAVÍCULA

Tabla 9.11 Series de estudios sobre la fusión de la epífisis proximal de la clavícula en su relación con la edad. Edades mínimas a las que se ha apreciado fusión completa con o sin cicatriz epifisiaria en estas series (74).

Estudio	Año	Origen de la Muestra	Edad Mínima
Henle	1871	Desconocida	18
Dwight	1911	Desconocida	18
Testut	1921	Desconocida	22 a 25
Terry	1925	Desconocida	25
Stevenson	1924	Osteológica, EEUU	24 a 28
Todd y D'Errico	1928	Osteológica, EEUU	22 a 25
Galstaun	1937	Radiográfica, India	19
Mackern y Steward	1957	Osteológica, EEUU	23
Szilvassy	1977	Osteológica, Alemania	26 a 30
Jit y Kulkarny	1976	Radiográfica, India	22 a 25
Owings Webb y Suchey	1985	Osteológica, EEUU	20
Bass	1986	Osteológica, Desconocida	23
Mac Laughlin	1990	Osteológica, Portugal	27
Yoldi	1991	Osteológica, España	21
Black y Scheuer	1996	Osteológica, Europa	20
Ji	1994	Osteológica, Japón	20
Veschi y Facchini	2002	Osteológica, Italia	19
Kreitner	1998	TAC, Alemania	22
Schmeling	2004	Radiográfica, Alemania	20
Schulz	2005	TAC, Alemania	21,2
Richel	2005	TAC, Alemania	19
Schaefer y Black	2007	Osteológica, Bosnia	21

9.2 REFERENCIA ENTREGADA A LOS PROFESIONALES PARA LA ESTADIFICACIÓN

Tabla 9,12 Referencia entregada a Tecnólogos Médicos y Médico Radiólogo para la comparación y estadificación de las clavículas izquierdas y derechas de cada imagen según los estadios de Andreas Schmeling

Estadio	Radiografía	Ejemplo
<p>Estadio 1</p> <ul style="list-style-type: none"> • Centro de osificación no ha osificado aún. • No se observa desarrollo de cartílago epifisario. • Se observa imagen radiolúcida entre epífisis clavicular y esternón (mayor amplitud en articulación esternoclavicular). • Signo de la boca de pez. 		
<p>Estadio 2</p> <ul style="list-style-type: none"> • Centro de osificación osificado, cartílago epifisario no osificado. • Se observa placa epifisaria totalmente separada de epífisis medial de la clavícula. 		
<p>Estadio 3</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cartílago epifisario parcialmente osificado. • Se observa placa epifisaria parcialmente unida a la epífisis medial de la clavícula. 		
<p>Estadio 4</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cartílago epifisario completamente osificado con cicatriz (patrón radiopaco) visible. 		
<p>Estadio 5</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cartílago epifisario completamente osificado, cicatriz (patrón radiopaco) no visible. 	