



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Concordancia entre la valoración de maduración de Tanner y el Índice de Maduración Antropométrico en niños y niñas entrenados y no entrenados en altura intermedia

INGRID LORENA HERRERA PINZÓN

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina

Maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física

Bogotá, D.C., Colombia

2018

Concordancia entre la valoración de maduración de Tanner y el Índice de Maduración Antropométrico en niños y niñas entrenados y no entrenados en altura intermedia

Ingrid Lorena Herrera Pinzón

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título
de:

Magister en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física

Director (a):

Mg. ND. Mercedes Mora Plazas

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina

Maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física

Bogotá, D.C., Colombia

2018

Dedicatoria

Postergar un sueño no significa que no puedas alcanzar otros...

Alcanzar un sueño no significa que no vendrán más...

Para mis dos amados sueños alcanzados les dedico mi gran sueño postergado...

Agradecimientos

Quiero iniciar mis agradecimientos nombrando a la Profesora Mercedes Mora Plazas, quien es la directora de este trabajo. Una mujer inspiradora en todo el sentido de la palabra, que me apoyo y me empujo en los momentos que creí que no iba a terminar este proceso. Mi total admiración y agradecimiento Profe.

Agradezco a la Profesora Erica Mancera por vincularme en este proyecto y contagiarme de su chispa investigadora, que junto con la Profesora Diana Ramos fortalecieron este proyecto y me animaron todo el tiempo a concluirlo. De la misma manera a todos los compañeros de proyecto que trabajaron incansablemente, a los médicos y demás personal que nos acompañaron paso a paso en la obtención de la información.

Agradezco inmensamente a todos los niños y niñas entrenados y no entrenados que participaron en el estudio sin ellos este trabajo no fuese posible; por supuesto a sus padres, profesores y entrenadores. A las instituciones que nos abrieron las puertas y permitieron llevar a cabo cada una de las valoraciones. Agradezco a la Universidad Nacional de Colombia mi Alma Mater y a la Maestría de Fisioterapia del Deporte y de la Actividad Física por la formación adquirida y por permitir cumplir mis metas.

Por último, deseo agradecer desde mi corazón a mis padres y hermana por siempre impulsarme a cumplir mis sueños y ser más que un ejemplo para mí. Mil gracias a los amores de mi vida mi hijo y mi esposo que han acompañado cada paso emprendido en la consecución de este trabajo y que sin reproche alguno me han amado incondicionalmente, me han ayudado de todas las formas posibles y con tanto amor que solo me lleva a decirles muchas gracias los Amo infinitamente y ellos saben que este trabajo es tan mío como suyo.

Resumen

El propósito del estudio fue establecer la concordancia entre la valoración de maduración de Tanner y el índice de maduración antropométrica en niños y niñas entrenados y no entrenados en altura intermedia en la ciudad de Bogotá. Se llevó cabo un estudio retrospectivo, descriptivo de corte transversal. Se realizó una recolección de datos 237 participantes, 115 mujeres y 122 hombres, con edades entre 9 y 18 años, quienes cumplían con los criterios de inclusión. Se evaluó variables como el sexo, variables antropométricas: peso, la estatura y la talla sentado; el nivel de entrenamiento y las variables de maduración somática. Para el análisis estadístico se determinó la concordancia usando el Coeficiente de Kappa y el coeficiente de correlación de Spearman, se creó un sistema de categorización estadístico y puntos de corte de los valores obtenidos. Dentro de los resultados se obtiene una alta concordancia entre los estadios de maduración de Tanner y las categorizaciones realizadas para la edad de pico de velocidad de crecimiento y de maduración Offset con valor de $-p < 2.2e-16$ para cada una y un coeficiente de correlación $> 0,8$ indicando una buena correlación. Se concluye que, si existe una concordancia entre los estadios de maduración de Tanner y el índice de maduración antropométrico con las dos ecuaciones revisadas y se generan puntos de corte que requieren ser validados en otras poblaciones. Se debe continuar la investigación en Colombia ajustando formulas y mejorando la evaluación del estado de maduración en niños y niñas.

Palabras clave: (Maduración, Tanner, Edad de pico de velocidad de crecimiento, maduración Offset).

Abstract

The purpose of this study was to establish concordance between the assessment of the development of Tanner and the anthropometric maturation index in children trained and without training at the intermediate height in the city of Bogotá. A retrospective, descriptive, cross-sectional study was carried out. A data collection was the 237 participants, 115 women and 122 men, aged between 9 and 18 years, who met the inclusion criteria. Variables such as sex, anthropometric variables: weight, height and seated height were evaluated; the level of training and the variables of somatic maturation. For the statistical analysis, the concordance was determined using the Kappa coefficient and the Spearman correlation coefficient, a system of statistical categorization and cut points of the obtained of values. Within the results, a high concordance between the Tanner maturity states and the categorizations made for the age at peak height velocity and maturity Offset with value of $-p < 2.2e-16$ for both and a correlation coefficient is obtained > 0.8 indicating a good correlation. It is concluded that, if there is a concordance between the states of maturity of Tanner and the index of anthropometric maturation with the two revised equations and the cut point that need to be validated in other populations. Research should continue in the Colombia adjusting formulas and improving the evaluation of the state of maturation in children

Keywords: (Maturity, Tanner, age at peak height velocity, maturity offset)

Contenido

| | Pág. |
|--|-------------|
| Dedicatoria | V |
| Agradecimientos | VII |
| Resumen | IX |
| Abstract | X |
| Contenido | XI |
| Lista de figuras | XIII |
| Lista de tablas | XIV |
| Introducción | 1 |
| Justificación | 3 |
| 1. Antecedentes y delimitación del problema | 5 |
| 2. Marco Conceptual | 7 |
| 2.1 Crecimiento y Maduración | 7 |
| 2.2 Indicadores de Maduración | 8 |
| 2.2.1 Maduración dental. | 8 |
| 2.2.2 Maduración ósea o esquelética | 9 |
| 2.2.3 Maduración Sexual | 10 |
| 2.2.4 Maduración Somática | 16 |
| 2.2.5 Evaluación antropométrica | 17 |
| 3. Hipótesis | 25 |
| 4. Objetivos | 27 |
| 4.1 Objetivo General | 27 |
| 4.2 Objetivos Específicos | 27 |
| 5. Metodología | 29 |
| 5.1 Tipo de Estudio | 29 |
| 5.2 Población de estudio | 29 |
| 5.3 Tamaño de la muestra | 29 |
| 5.4 Criterios de Inclusión..... | 30 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 5.5 | Criterios de Exclusión..... | 31 |
| 5.6 | Operacionalización de variables..... | 31 |
| 5.7 | Análisis Estadístico | 32 |
| 5.8 | Procedimientos del estudio | 32 |
| 5.8.1 | Lugar de realización. | 32 |
| 5.8.2 | Convocatoria y selección de la población. | 33 |
| 5.8.3 | Firma del consentimiento informado. | 33 |
| 5.8.4 | Evaluación médica y evaluación de la maduración biológica. | 34 |
| 5.8.5 | Evaluación Antropométrica. | 34 |
| 5.9 | Evaluación del Pico de Velocidad de Crecimiento y maduración Offset. | 35 |
| 5.9.1 | Nivel de Actividad física y Entrenamiento. | 35 |
| 6. | Consideraciones Éticas | 37 |
| 6.1 | Consentimiento Informado | 37 |
| 6.2 | Dispositivos de seguridad y confidencialidad..... | 37 |
| 7. | Análisis de resultados | 39 |
| 8. | Discusión de resultados | 49 |
| 9. | Conclusiones y recomendaciones..... | 59 |
| 10. | Limitaciones y Fortalezas del Estudio..... | 61 |
| 10.1 | Limitaciones del estudio | 61 |
| 10.2 | Fortalezas | 61 |
| A. | Anexo: CUESTIONARIO DE CRITERIOS DE INCLUSIÓN / EXCLUSIÓN | 63 |
| B. | Anexo: CUESTIONARIO DE CRITERIOS DE INCLUSIÓN / EXCLUSIÓN..... | 67 |
| C. | Anexo: CONSENTIMIENTO INFORMADO | 69 |
| D. | Anexo: FORMATO DE HISTORIA CLÍNICA | 75 |
| E. | Anexo: CUESTIONARIO DE ACTIVIDAD FÍSICA PARA ADOLESCENTES (PAQ-A) | 79 |
| F. | Anexo: CUESTIONARIO DE ACTIVIDAD FÍSICA PARA NIÑOS (PAQ-C) | 83 |
| G. | Anexo: PROTOCOLO DE EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL EN NIÑOS, NIÑAS Y ADOLESCENTES | 87 |
| | Referencias Bibliográficas..... | 91 |

Lista de figuras

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 2-1: Secuencia de cambios puberales en Niñas..... | 15 |
| Figura 2-2: Secuencia de cambios puberales en niños..... | 15 |
| Figura 7-1: Regresión lineal entre maduración Offset y el Pico de velocidad de crecimiento de acuerdo con tipo de entrenamiento | 47 |

Lista de tablas

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 2-1: Estadios de maduración de Tanner de acuerdo con la forma del seno. | 12 |
| Tabla 2-2: Estadios de maduración de Tanner de acuerdo con las etapas del vello púbico en mujeres. | 12 |
| Tabla 2-3: Estándares de calificaciones genitales y vello púbico masculinos de acuerdo con los estadios de maduración de Tanner. | 13 |
| Tabla 2-4: Métodos de evaluación de la maduración. | 16 |
| Tabla 2-5: Edad Meda de PVC y velocidad de altura (cm/años) de acuerdo con el tipo de maduración en hombres y mujeres..... | 20 |
| Tabla 2-6: Centímetros antes de alcanzar la estatura adulta según el Pico de Velocidad de Crecimiento. | 21 |
| Tabla 5-1: Operacionalización de las variables del estudio..... | 31 |
| Tabla 7-1: Datos generales de la población estudio..... | 40 |
| Tabla 7-2: Variables del estudio de acuerdo con la edad..... | 41 |
| Tabla 7-3: Información consolidada por Tanner VS Estatura (Mediana - Desviación Estándar)..... | 42 |
| Tabla 7-4: Cruzamiento de variables de estadios de Maduración de Tanner y las 5 propuestas de categorías de la edad de PVC y los puntos de corte propuestos por el método “hclust” – en Hombres..... | 44 |
| Tabla 7-5: Cruzamiento de variables de estadios de Maduración de Tanner y las 5 propuestas de categorías de edad de PVC y los puntos de corte propuestos por el método “jenks” – en Mujeres..... | 44 |
| Tabla 7-6: Cruzamiento de variables de estadios de Maduración de Tanner y las 5 propuestas de categorías de maduración Offset y los puntos de corte propuestos por el método “equal” – en Hombres..... | 45 |
| Tabla 7-7: Cruzamiento de variables de estadios de Maduración de Tanner y las 5 propuestas de categorías de maduración Offset y los puntos de corte propuestos por el método “bclust” – en Mujeres..... | 45 |
| Tabla 7-8: Métodos de buena clasificación de puntos de corte y Correlación de Spearman para cada uno de ellos. | 46 |
| Tabla 7-9: Regresión lineal entre el pico de velocidad de crecimiento y la maduración Offset. | 47 |

Introducción

El crecimiento y desarrollo hace parte de las transformaciones más importantes que experimenta el ser humano en su vida. La pubertad viene acompañada de un proceso madurativo presentado por etapas hasta la consecución de todas las características de la adultez. Conocer este proceso, ha despertado el interés de los investigadores, logrando el desarrollo de diferentes métodos e indicadores de evaluación de la maduración biológica, algunos considerados invasivos y otros No invasivos.

Dentro de los métodos invasivos se encuentra la determinación del nivel de madurez biológica a partir del cálculo de la maduración ósea utilizando el Carpograma, el cual es considerado el método Gold Estándar en la determinación del nivel madurez, pero su uso es restringido al no poder emplearse rutinariamente. Dentro de los indicadores no invasivos más usados en el mundo, se encuentran los estadios de maduración de Tanner, los cuales requieren de la observación directa de los órganos sexuales de los niños o una autoevaluación que presenta sesgos de consideración. Otra metodología no invasiva es la Evaluación de Maduración Somática (EMS) también conocida como el Índice de Maduración antropométrico, el cual se basa en la determinación del Pico de velocidad de Crecimiento (PVC), siendo esta menos compleja, sin requerir exploración de órganos sexuales.

Determinar la concordancia entre el EMS por medio del PVC con la evaluación de Tanner en niños y niñas entrenados y no entrenados es un desafío importante. Esta concordancia permitirá un mejor abordaje en la atención nutricional y de salud de los menores, especialmente durante la etapa de crecimiento acelerado en la pre-pubertad y adolescencia, potencializando su crecimiento y por lo tanto su talla final al llegar a la edad adulta. El método de EMS podría ser aplicado a niños y niñas en general, con una precisión similar a la evaluación de Tanner al predecir el nivel de maduración biológica, evitando la invasión de evaluación directa de genitales propia de esta última. La EMS podría

convertirse, en una de las metodologías más usadas para la detección de talentos deportivos.

De acuerdo a las revisiones bibliográficas realizadas para esta investigación, hasta la fecha no se encontraron estudios que indaguen sobre las asociaciones entre los estadios de maduración de Tanner y el Índice de Maduración antropométrico; por lo tanto, este estudio busca determinar si se presenta algún grado de equivalencia entre ambos métodos con el fin de evaluar la aplicación de método EMS para ser usado en la población general y en la detección de talentos deportivos

Justificación

La evaluación del potencial de crecimiento es un indicador importante en la maduración del ser humano. Obtener datos exactos de la maduración biológica de un menor es de gran importancia, principalmente para los padres de familia, profesores, entrenadores y personal en salud para quienes la evaluación del crecimiento y desarrollo es una prioridad. Actualmente los métodos de evaluación utilizados son costosos, presentan dificultad en la aplicación de la prueba y en algunos casos existe carencia de personal capacitado y de confianza para determinarlos. Por lo tanto, surge la necesidad de buscar nuevas herramientas para su determinación usando métodos no invasivos y accesibles a la población y que demuestren asociaciones que permitan obtener equivalencias entre métodos, y así facilitar su implementación en la evaluación de este potencial en niños, niñas y adolescentes. La utilización del EMS permite establecer una ventana de oportunidad en la cual se pueden brindar las condiciones necesarias para potencializar la velocidad de crecimiento en niños y niñas y adolescentes. Esta es una estrategia rápida de intervención de bajo costo y con limitaciones mínimas dado que no requiere instrumentos costosos o difíciles de conseguir. Por ende, su aplicación es muy dinámica y puede ser desarrollada en muchos espacios con facilidad. Adicional a esto se puede usar en varios individuos en un momento determinado sin afectar la salud e integridad del sujeto o del evaluador. Este método a pesar de estar descrito hace tiempo en el mundo, su aplicación en Colombia ha sido mínima, debido a la preferencia por métodos con mayor popularidad, como la evaluación de Tanner, la cual presenta mayor subjetividad en la aplicación e interpretación.

La determinación del estadio de maduración en los niños y niñas es una variable importante para proyectar las características morfológicas del adulto, dicha información puede ser utilizada en procesos como la selección de talentos deportivos. Sin embargo, esta variable carece de una metodología práctica de evaluación. Por lo tanto, el desarrollo

de un método sencillo que aporte información precisa y que a su vez facilite la determinación del estadio de maduración en edades tempranas, se consideraría como un avance en el proceso de crecimiento y desarrollo a nivel deportivo.

El interés por este tema nació de la intervención con deportistas en formación en donde se identificó que la realización del Carpograma o la evaluación de Tanner para determinar el estado de maduración, no son prácticos por ser de difícil aplicación en grandes poblaciones. Por otro lado, la evaluación de un deportista se lleva a cabo en diferentes escenarios (consultorios, espacios deportivos, colegios, entre otros), donde es necesario contar con métodos de fácil acceso y aplicación. Por lo tanto, se requiere buscar alternativas que actualicen el manejo sobre el tema y establezcan un protocolo de evaluación de crecimiento y desarrollo en Colombia. En este sentido este trabajo tiene como objetivo determinar si el método de EMS podría ser aplicado a niños, niñas y adolescentes en general, con una precisión similar a la evaluación de Tanner al predecir el nivel de maduración.

1. Antecedentes y delimitación del problema

La determinación de la madurez biológica en los niños y niñas y adolescentes es un factor importante en la evaluación del crecimiento y desarrollo. Beunen et al. (1997) realizó un estudio longitudinal midiendo la estatura a 102 sujetos por primera vez en la niñez y adolescencia y 30 años más tarde. Esta evaluación permite concluir que posiblemente pueda existir una concordancia entre la maduración esquelética y la edad de Pico de Velocidad de crecimiento, por lo que se propone la estatura como un indicador de madurez debido a que es una técnica no invasiva con relación a la determinación de la maduración esquelética propuesta por Tanner Whitehouse.

Un estudio desarrollado por Malina et al. (2007), validó la edad del Pico de velocidad de crecimiento (medida no invasiva), comparada con la edad esquelética, (medida invasiva), como otro indicador de madurez biológica. En este estudio participaron 143 jóvenes jugadores de fútbol, a estos individuos se les tomó radiografías de la mano y se evaluaron con el método de Fels, para determinar la edad esquelética. El método de Fels consiste encontrar un umbral, en el cual los indicadores de maduración están presentes en un 50%. Para la determinación de la edad de Pico de velocidad de crecimiento se midió el peso y la estatura de cada individuo. Dentro de los resultados del estudio se encontró una concordancia entre los dos métodos de evaluación estimada en un 62%; y se determinó una asociación relevante entre ellos. Sin embargo, se halló pertinente perfeccionar estos métodos de evaluación.

Otro estudio realizado por Malina et al (2012), evaluó la concordancia en el estado de maduración biológica determinada por cuatro indicadores, en hombres adolescentes jugadores de fútbol de edad de 11 a 12 años y de 13 a 14 años. Se evaluaron los indicadores de edad cronológica, edad ósea por el método de Fels, estadios del vello púbico y velocidad máxima de crecimiento. Los resultados obtenidos mostraron que, entre

los cuatro indicadores no se evidenció resultados comparables. El estudio sugiere, tener en cuenta la etnia y la raza y continuar investigando sobre este tema (Malina et al, 2012)

El investigador Alemán de Müller et al. (2015), quiso evaluar el estado de maduración biológica mediante dos métodos de evaluación: edad ósea y pico de velocidad de crecimiento. En el estudio se valoraron 75 estudiantes austriacos entre hombres y mujeres. La edad ósea fue evaluada por Carpograma (método de Greulich-Pyle), el cual ha sido la metodología más utilizada para determinar esta variable. El pico de velocidad de crecimiento fue obtenido por mediciones antropométricas. Dentro de las conclusiones se aseguró que el pico de velocidad de crecimiento determinado por antropometría es un método válido para evaluar el estado de maduración biológica, al identificar una concordancia entre la edad ósea y el pico de velocidad de crecimiento (Müller et al, 2015).

Dentro de la revisión bibliográfica realizada hasta el momento no se encontraron estudios en los cuales se relacione la evaluación del Pico de Velocidad de Crecimiento y los estadios de maduración de Tanner siendo uno de los métodos más utilizados en la valoración de maduración en niños y niñas y adolescentes. Por lo cual es de gran importancia poder evaluar si existe concordancia entre la determinación de los estados de maduración de Tanner y el Pico de Velocidad de crecimiento, abriendo así una ventana de oportunidad en la actualización de valoración de la maduración biológica en Colombia, aplicada a la población de niños niñas y adolescentes del país y especialmente a la detección de talentos deportivos.

2.Marco Conceptual

2.1 Crecimiento y Maduración

El crecimiento y desarrollo es un proceso que ocurre internamente en el organismo. Desde que nacemos el cuerpo humano se encuentra genéticamente programado para que existan cambios celulares mediados por el ADN al interior de la célula. Estas modificaciones se presentan durante todo el ciclo de la vida. Inicialmente es conocido como crecimiento, posteriormente maduración y finalmente envejecimiento (Hills y Byrne, 2010).

Normalmente, el crecimiento y el desarrollo son procesos continuos y graduales; sin embargo, los períodos de estas transformaciones pueden variar durante la infancia. En el desarrollo se encuentran modificaciones que van ligadas a la edad cronológica y van ocurriendo en determinados momentos en la mayoría de los niños. Es el caso de habilidades motoras que surgen en mismas edades en todos los niños: levantar la cabeza, sentarse, caminar, etc. Estos sucesos importantes en la maduración son mediados por el sistema nervioso central quien también interviene en los procesos de desarrollo que se llevan a cabo durante la pubertad (Hills y Byrne, 2010).

Una de las etapas más importantes de crecimiento es la pubertad, esta hace parte del proceso dinámico de maduración del ser humano y ocurre durante el periodo de la adolescencia. En este proceso, los niños sufren transformaciones corporales similares a las experimentadas únicamente durante el desarrollo fetal, donde el crecimiento es acelerado (Gómez-Campos et al, 2013), se presenta un aumento en el peso corporal, incremento de la estatura, mayor tamaño y longitud de los huesos, crecimiento del tamaño de los órganos, incremento en la masa libre de grasa y la masa grasa entre otros; generando modificaciones en el cuerpo. (Veldhuis et al, 2004).

La maduración difiere entre individuos y no es la misma para todas las edades cronológicas, el sexo, las razas, las etnias, entre otros. Ésta dependerá de la configuración genética y del entorno medio ambiental en el que se encuentre el individuo (Hills y Byrne, 2010). Estas diferencias están marcadas en peso, estatura, fuerza, velocidad y resistencia. Existen cuatro indicadores para poder determinar la maduración, como lo son: la maduración sexual, la maduración esquelética u ósea, la maduración somática y la maduración dental (Gómez-Campos et al, 2013).

2.2 Indicadores de Maduración

2.2.1 Maduración dental.

La erupción de los dientes es considerada uno de los indicadores del estado de maduración al presentar eventos que se desarrollan cronológicamente y son predecibles aproximadamente en los primeros 20 años de vida. El estado de la maduración dental, permiten la comparación entre otras personas y permite calcular en qué etapa se encuentra su maduración (AlQahtani, Hector & Liversidge, 2014).

La estimación de edad por esta metodología permite determinar el proceso de desarrollo. Dentro de los tipos de radiografías dentales a realizar están: (radiografías periapicales intraorales, radiografías de mordida, ortopantomografías) o mediante una técnica radiográfica combinada del desarrollo del tercer molar, como las que se llevan a cabo en las radiografías de muñeca y vértebras cervicales (Limdiwala & Shah, 2013).

El desarrollo de la dentición y formación de corona / raíz específica de los dientes son algunos de los aspectos que se valoran en las radiografías. Sumado a esto, la categorización de la edad es consecutiva hasta los 12 años y la siguiente categoría es a los 15 años. Estas imágenes son contrastadas con las referencias presentadas en un atlas en el Journal of the American Asociación Dental (AlQahtani et al, 2014).

La identificación del estado de maduración finalmente se realiza asignando un número o puntuación de acuerdo con el estado dentario observado en las radiografías y atlas. La sumatoria de todos los puntos determina el valor de madurez permitiendo la conversión a edad ósea tomando de guía tablas convencionales (Gómez-Campos et al, 2013).

Dentro de las desventajas de esta evaluación se encuentra que la cavidad bucal, especialmente los dientes, dependen mucho del estado nutricional de los individuos. De la misma manera, la higiene o los problemas dentales como la caries y la pérdida de dientes por motivos no conocidos limitan su evaluación. Por otro lado, sobre los 14 años algunos niños presentan una dentadura madura afectando la utilización de la técnica. Siendo esta una evaluación que utiliza radiografías es importante aclarar a los pacientes que van a ser sometidos a Rayos X lo hacen bajo un acuerdo previo (Gómez-Campos et al, 2013).

2.2.2 Maduración ósea o esquelética

Durante la maduración, el sistema esquelético experimenta transiciones a largo plazo en las estructuras cartilaginosas del hueso, y culmina cuando el esqueleto está totalmente desarrollado. Esto coincide con la edad adulta o final del crecimiento (Mirwald, Baxter-Jones, Bailey & Beunen, 2002).

Esta determinación de la maduración esquelética se realiza a través de radiografías de la mano o muñeca, en el que se revisa los huesos del radio, cúbito, metacarpianos y falanges (Malina, 2011). Por medio de los rayos X se puede observar el grado de osificación de los huesos en sus diferentes etapas del crecimiento, y así permite el cálculo de la edad ósea. Este método es considerado de referencia (Gold estándar) para la determinación de la maduración biológica (Malina, Rogol, Cumming, Coelho e Silva, & Figueiredo, 2015).

Para la estimación de la maduración ósea se utilizan tres métodos: el primero es el método de Greulich-Pyle, segundo es de Fels y, por último, el de Tanner Whitehouse. El método de Greulich-Pyle es una técnica validada por primera vez, se basa en atlas de radiografías de referencia en color blanco, de manos de niños de alto nivel socioeconómico. La radiografía de la muñeca izquierda de un niño es contrastada con los rayos X de una de referencia. Se encuentra basado en la suposición de que el hueso madura de manera uniforme, sin embargo, este método puede sobrevalorar o subestimar la maduración de un individuo (Lloyd, Oliver, Faigenbaum, Myer, & Croix, 2014).

En segundo lugar, el método de Fels está basado en un estudio longitudinal realizado entre 1932 y 1977 con una muestra 677 niños y niñas. Se utilizaron indicadores específicos para

evaluar la madurez: el radio, el cúbito, los metacarpianos y las falanges. Cada hueso es clasificado de acuerdo con la edad y al sexo, y allí se evalúa la longitud, la anchura de la epífisis y la metáfisis de los huesos largos; así como también se determina el grado de osificación para el pisiforme (Lloyd et al, 2014).

En tercer lugar, el método de Tanner Whitehouse fue revisado dos veces desde su primera publicación. Requiere de una combinación múltiple de los huesos de la mano y de la muñeca (radio, cúbito, metatarsianos y falanges). Se analiza cada hueso por medio de radiografías aisladas en fondo blanco, a cada estructura ósea se le asigna una puntuación y el acumulado finalmente, declara la edad ósea (Lloyd et al, 2014).

Aunque estos tres métodos permiten determinar la edad ósea y han sido de referencia en la identificación del estadio de maduración, no son ni equiparables, ni comparables entre ellos; por lo tanto, se indica escoger uno de los tres de acuerdo con el nivel de experticia y equipamientos del evaluador.

Dentro de las limitaciones de la evaluación de la maduración ósea, se encontró: que es una metodología costosa, que requiere de equipos especializados, de personal capacitado y con experiencia en la evaluación e interpretación de las radiografías. Otra desventaja ha sido la exposición del sujeto a mínimos niveles de radiación, pero que limita el acceso a esta valoración (Mirwald et al, 2002).

2.2.3 Maduración Sexual

En los cambios experimentados en el crecimiento, se presenta el incremento o desarrollo hormonal, reflejado por la maduración del hipotálamo-hipófisis-gonadal y los ejes neuroendocrinos hipotalámico-pituitario-adrenal. El desarrollo inicial de senos y genitales es generado por las hormonas gonadales, mientras que el vello púbico, por las hormonas suprarrenales (Malina et al, 2015). Con el desarrollo del sistema reproductivo y las características sexuales secundarias tanto en mujeres como en hombres; surgen los cambios sexuales visibles (Gómez-Campos et al, 2013); la aparición del vello púbico tanto en mujeres como en hombres, aumento en el tamaño de los senos para las mujeres y en los hombres se presenta el cambio de la voz. Este método ha sido ampliamente utilizado,

no obstante, no significa que sea el más indicado para la evaluación del estado de maduración de un individuo (Gómez-Campos et al, 2013).

Para la determinación de la maduración sexual, se requiere evaluar los estadios de maduración propuestos por Tanner en el año 1962. La metodología consiste en la observación (visual) de las características sexuales que el adolescente presenta en un momento dado (día de evaluación). De acuerdo con esto, Tanner diseñó una escala de cinco estadios, agrupando cada uno de ellos por características observadas en el examen físico. Estas características cambian de acuerdo con el crecimiento y la maduración. (Gómez-Campos et al, 2013).

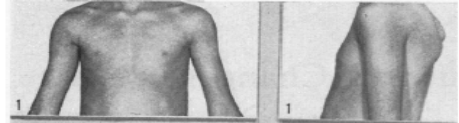
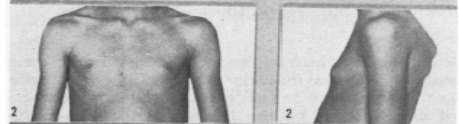
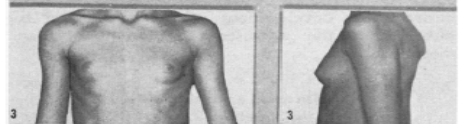


La escala de maduración de Tanner contempla los siguientes aspectos en el examen físico: desarrollo del vello púbico, de los genitales, y de los senos. Como se indicó anteriormente, este es un examen que requiere de un observador, lo cual implica consideraciones éticas y culturales. Posteriormente se presentó la validación de la autoevaluación por parte de los adolescentes; pero esto afectó la veracidad de la evaluación al sobreestimar o subestimar el estado de madurez (Gómez-Campos et al, 2013).

Estadios de maduración de Tanner.

Tanner Whitehouse, realizó dos estudios con el fin de determinar los cambios puberales experimentados durante el proceso de la adolescencia (Marshall, & Tanner, 1969) (Marshall, & Tanner, 1970). En el primer estudio, fueron evaluadas 192 señoritas, quienes se encontraban alojadas en un hogar donde asisten hijos de padres separados o con problemas. Se realizaron visitas por parte de los investigadores cada tres meses, hasta terminar el periodo de adolescencia de las niñas (Marshall, & Tanner. 1969).

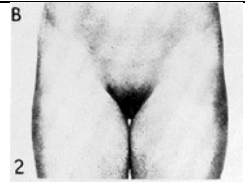
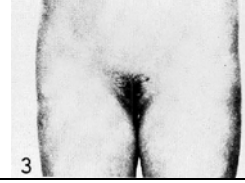
Dentro de las evaluaciones se tomaban fotografías de los caracteres sexuales secundarios exigiendo que las menores estuvieran desnudas. Las fotografías eran comparadas entre sí para identificar los cambios en los senos (Tabla 2-1) y vello púbico (Tabla 2-2). Al obtener esta información, fueron elaboradas cinco etapas del *desarrollo*. Todas las valoraciones fueron realizadas por el mismo observador (Marshall, & Tanner. 1969).

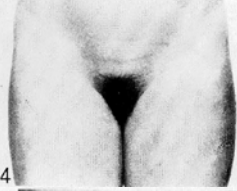

Tabla 2-1: Estadios de maduración de Tanner de acuerdo con la forma del seno.

| Estadio | Estadios de maduración de Tanner de acuerdo con la forma del seno | |
|-------------------|--|--|
| Estadio 1: | Preadolescente, elevación de la papila solamente. |  |
| Estadio 2: | Etapa del brote de mama, elevación de la mama y papila como un pequeño montículo, ampliación de la areola diámetro |  |
| Estadio 3: | Ampliación adicional de la mama y la areola, sin separación de sus contornos. |  |
| Estadio 4: | Proyección de areola y papila para formar un montículo secundario por encima del nivel de la mama. |  |
| Estadio 5: | Etapa madura, proyección de la papila solamente, debido a la recesión de la areola al contorno general de la mama. |  |

Nota: Tomada y Adaptada Tanner (1969).

Tabla 2-2: Estadios de maduración de Tanner de acuerdo con las etapas del vello púbico en mujeres.

| Estadio | Estadios de maduración de Tanner de acuerdo con las etapas del vello púbico en mujeres | |
|-------------------|---|---|
| Estadio 1: | Preadolescente, el vello sobre el pubis se desarrolla únicamente en la parte anterior. | |
| Estadio 2: | Escaso crecimiento en el largo, ligeramente pigmentado, vello suave, recto o ligeramente rizado, apareciendo ligeramente a lo largo de los labios. En esta etapa es difícil ver las fotografías especialmente en las personas rubias. |  |
| Estadio 3: | Considerablemente más oscuro, más grueso y más rizado. El pelo se extiende escasamente sobre la unión del pubis. |  |

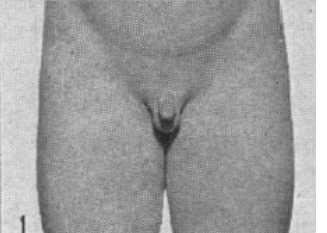
| Estadio | Estadios de maduración de Tanner de acuerdo con las etapas del vello púbico en mujeres | |
|-------------------|---|---|
| Estadio 4: | El pelo es ahora tipo adulto, pero el área cubierta por este es considerablemente más pequeña que en la mayoría de los adultos. No hay propagación a la superficie medial de los muslos. |  |
| Estadio 5: | Adultos en cantidad y tipo, distribuidos como triángulo inverso del patrón clásico femenino. Se extiende a la superficie medial de los muslos, pero no arriba de la línea alba o en otra parte sobre la base del triángulo inverso. |  |


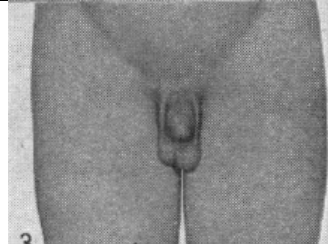
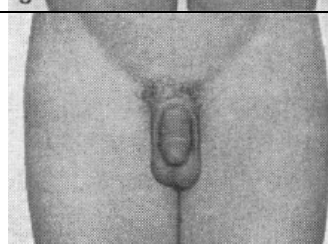
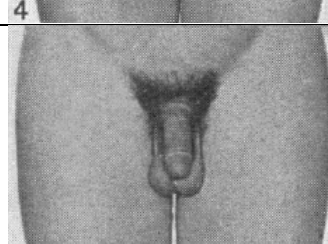
Nota: Tomada y Adaptada Tanner (1969).

El estudio de Tanner realizado para los niños tuvo una muestra de 228 niños británicos sin anomalías físicas y que vivían en un hogar. De la misma manera que en el estudio anterior. Los menores eran evaluados cada tres meses desde el inicio hasta el final de la adolescencia. (Marshall, & Tanner. 1970).

Se tomaron fotografías de los caracteres sexuales secundarios de todo el cuerpo desnudo siguiendo los parámetros de Tanner. Todas las imágenes a lo largo de la maduración fueron analizadas en conjunto y se llevaron a cabo procesos de comparación con las anteriores. Asimismo, se analizaron los cambios en los genitales y en el vello púbico (tabla 2-3). De esta manera se clasificó en cinco estadios el desarrollo, las cuales fueron efectuadas por el mismo observador. El desarrollo del vello púbico es similar en varones y mujeres. (Marshall, & Tanner. 1970).

Tabla 2-3: Estándares de calificaciones genitales y vello púbico masculinos de acuerdo con los estadios de maduración de Tanner.

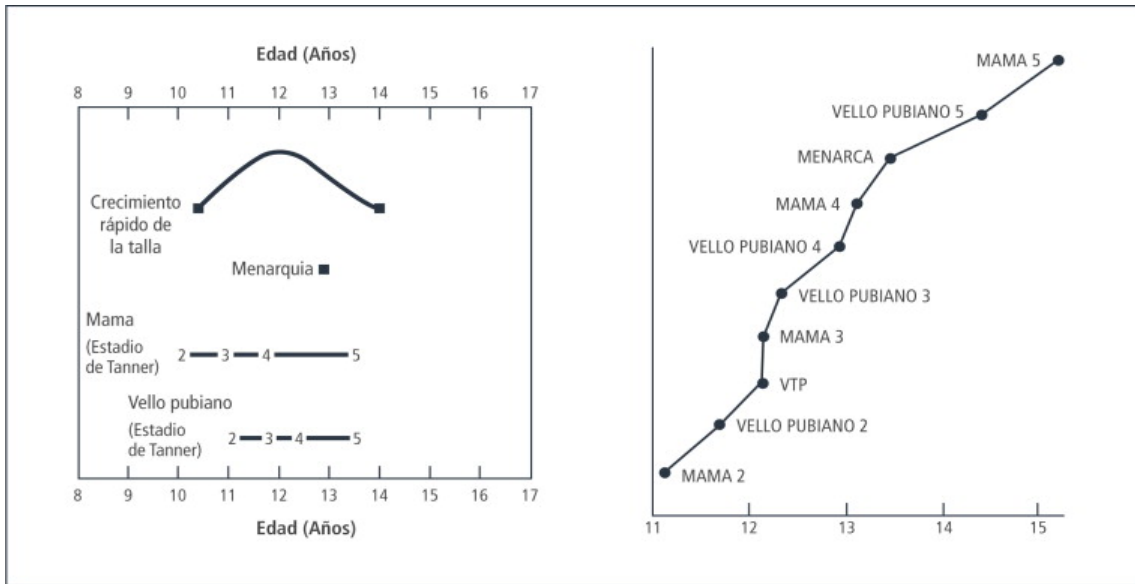
| Estadio | Estándares de calificaciones genitales y vello púbico masculinos de acuerdo con los estadios de maduración de Tanner | | |
|-------------------|--|---|---|
| Estadio 1: | Preadolescente, testículos escroto y pene son del mismo tamaño y proporción que en los primeros años de infancia. | Preadolescente, el vello sobre el pubis se desarrolla únicamente en la pared del abdomen, es decir, sin vello púbico. |  |

| Estadio | Estándares de calificaciones genitales y vello púbico masculinos de acuerdo con los estadios de maduración de Tanner | | |
|-------------------|--|--|---|
| Estadio 2: | El escroto y los testículos se han ampliado y hay un cambio en la textura de la piel escrotal. También hay algunos enrojecimientos de la piel escrotal, pero esto no se puede detectar en fotografías en blanco y negro. | Escaso crecimiento en el largo, ligeramente pigmentado, vello suave, recto o ligeramente rizado, aparece ligeramente en la base del pene. En esta etapa es difícil ver las fotografías especialmente en las personas rubias |  |
| Estadio 3: | El crecimiento del pene ha ocurrido, al principio principalmente en longitud, pero con cierto aumento en amplitud. Ha habido un incremento adicional de testículos y escroto. | Considerablemente más oscuro, más grueso y más rizado. El pelo se extiende escasamente sobre la unión del pubis |  |
| Estadio 4: | El pene se agranda en longitud y anchura con desarrollo del glande. Testículos y escroto más grandes. También hay un oscurecimiento adicional escrotal | El pelo es ahora tipo adulto, pero el área cubierta por este es considerablemente más pequeña que en la mayoría de los adultos. No hay propagación a la superficie medial de los muslos |  |
| Estadio 5: | Genitales adultos en tamaño y forma. No se presenta mayor tamaño de los órganos después de esta fase 5 | Adultos en cantidad y tipo, distribuidos como triángulo inverso del patrón clásico femenino. Se extiende a la superficie media de los muslos, pero no arriba de la línea alba o en otra parte sobre la base del triángulo inverso. |  |

Nota: Tomada y Adaptada Tanner (1969).

Los cambios puberales tanto en niñas como en niños tienen una secuencia de aparición por edad como se observan en la figura 2-1 y 2-2. En las niñas el crecimiento de los senos es el primer cambio visiblemente observado y el cual es precedido por la aparición del vello púbico; estos cambios pueden presentarse en un intervalo de edad de 8 a 10 años sobre el estadio de Maduración 1. La siguiente secuencia de cambios es el inicio de una aceleración del crecimiento longitudinal, hasta llegar al Pico de velocidad de crecimiento el cual se presenta aproximadamente a los 12 años. Estos cambios ocurren entre los estadios 2 y 3 de Tanner. Después de volver a una desaceleración del crecimiento aparece la menarquía la cual es la primera menstruación en las niñas y a su vez indica el inicio de la finalización de la maduración puberal en mujeres (Marshall, & Tanner. 1969).

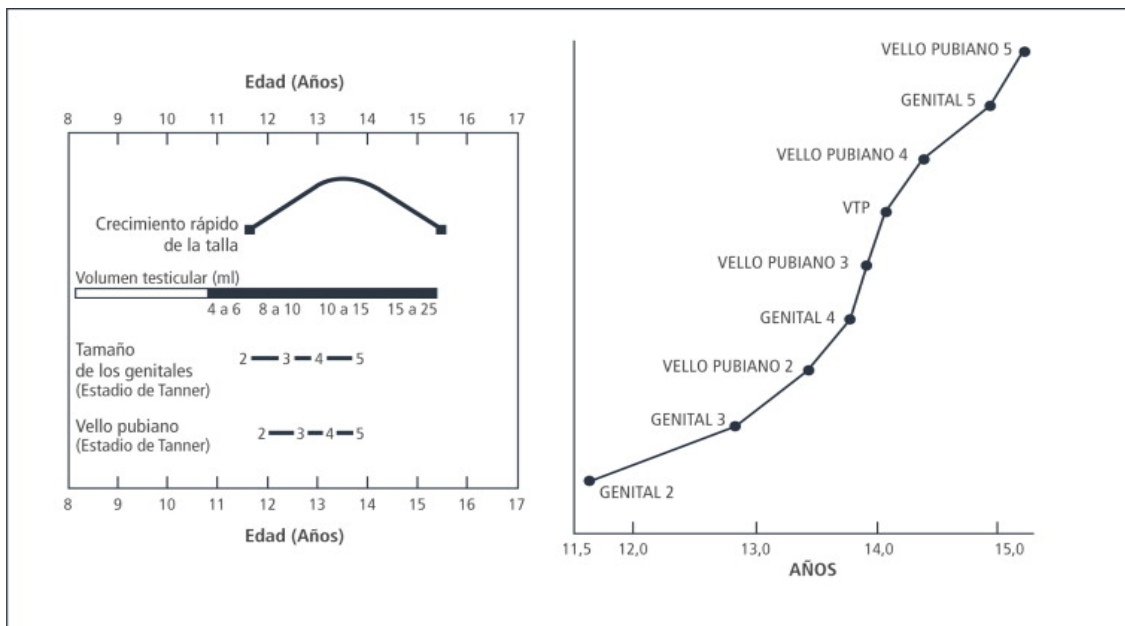
Figura 2-1: Secuencia de cambios puberales en Niñas.



Nota: Tomada y Adaptada Tanner (1969).

En los niños la secuencia de cambios puberales inicia con incremento en el tamaño de los genitales seguido de la aparición del vello púbico a un intervalo de edad de 11 a 13 años, años sobre el estadio de Maduración 1. La aceleración del crecimiento es el siguiente cambio en aparecer hasta alcanzar un pico de velocidad de crecimiento en niños sobre los 13 años y medio a 14 años. (Estos cambios ocurren entre los estadios 3 y 4 de Tanner (Marshall, & Tanner. 1970).

Figura 2-2: Secuencia de cambios puberales en niños.



Nota: Tomada y Adaptada Tanner (1970).

2.2.4 Maduración Somática

La maduración somática es el grado de crecimiento en estatura total o de dimensiones corporales. Este proceso es desencadenado por la liberación simultánea de hormona de crecimiento, hormona tiroidea y andrógenos (Gómez-Campos et al, 2013). Las variaciones de las tasas de crecimiento no son lineales como se espera; son intercaladas, reflejando picos o mesetas de crecimiento. La evaluación del crecimiento somático va desde la interpretación de curvas de crecimiento, velocidad del pico de crecimiento (PVC) y uso de porcentajes y proyección de la estatura adulta (Lloyd et al, 2014).

De acuerdo con lo expuesto en el artículo de Burns y colaboradores (2001), el proceso de maduración sigue un patrón consistente, con picos de velocidad de crecimiento óseo, precediendo a picos de velocidades de tejido. Este procedimiento genera variaciones que ocurren durante la maduración indistintamente entre el mismo sexo y hombre y mujer. Con relación a esto, las mujeres maduran aproximadamente 2 años antes que los hombres y, los hombres presentan picos de crecimiento mayores (Hägg., & Taranger, 1982) (Bailey, 1997).

En la evaluación somática de la maduración es importante considerar las características de la población evaluada la cual limita su aplicabilidad en otras poblaciones. La desnutrición o retraso en el crecimiento idiopático puede alterar los resultados esperados, es importante hacer seguimiento a la muestra durante varios años para poder verificar la proyección de estatura (Gómez-Campos et al, 2013). A continuación, se presenta la Tabla 1, la cual es tomada del estudio Gómez-Campos et al. (2013), donde se resume los cuatro métodos para estimar el estado de maduración en los adolescentes.

Tabla 2-4: Métodos de evaluación de la maduración.

| Métodos de evaluación de la maduración | | | |
|--|--|--|--|
| Indicadores | Características | Ventajas | Limitaciones |
| Esquelético | Se evalúa mediante la estandarización de placas de rayos X (RX) que determinan la maduración del esqueleto | Es el mejor método para la valoración de la edad biológica. Permite estudiar la madurez biológica desde la niñez hasta la edad de adulto joven | Requiere de equipo especializado, por lo que es costoso Implica la exposición a radiación de RX Depende de la experiencia del observador |
| Sexual | Basada en el estudio del desarrollo de las características | Técnica no invasiva | Como indicador de madurez, limitan su utilización a la edad puberal. Se realiza por |

| Métodos de evaluación de la maduración | | | |
|--|--|--|--|
| Indicadores | Características | Ventajas | Limitaciones |
| | sexuales secundarias | | observación visual, por intermedio del método de autopercepción, que puede generar una sobrestimación o subestimación de los estadios de maduración. En una situación no clínica se considera no confortable para niños, adolescentes y padres |
| Somático | Se evalúa a través de la determinación de la edad en la que sucede el pico de velocidad de crecimiento (PVC) Indica la edad de máximo crecimiento durante el estirón del adolescente Es usado en estudios longitudinales y transversales | Puede ser valorada a través de técnicas no invasivas, como las técnicas antropométricas Es una herramienta simple, de práctica utilización y bajo costo operacional Para estudios transversales, es muy práctica y requiere una única evaluación de pocas variables | El PVC se obtiene a través de ecuaciones de predicción que al utilizar en diferentes poblaciones puede haber una pérdida en la precisión de predicción Puede verse influenciado por problemas de mala nutrición, enfermedades o estrés mental. En estudios longitudinales, se requiere evaluar varios años que rodean la ocurrencia del pico, no siendo posible realizar en una sola medición. |
| Dental | Se evalúa de acuerdo con el número de dientes en la cavidad oral (visualizar los dientes erupcionados), o por los estadios de calcificación de los dientes (evaluación de RX) | Método simple y no invasivo De rápida ejecución El desarrollo de los dientes es permanente, pudiendo ser preservados por mucho más tiempo que otros tejidos del organismo, abarcando un amplio período desde el periodo embrionario hasta cerca del periodo adulto Posee importancia clínica como herramienta de auxilio en el diagnóstico, tratamiento y ejecución de tratamientos | Puede ser alterado por problemas como mala nutrición, pérdida prematura de dientes y caries dentaria A partir de los 14 años la mayoría de los dientes, con excepción del tercer molar, ya completaron su desarrollo, tornándose más difícil identificar la edad |

Nota: Tomada de Gómez-Campos et al. (2013)

2.2.5 Evaluación antropométrica

La antropometría es un método para la determinación de la composición corporal. Se realiza mediante la toma de medidas corporales no invasivas (Norton, Olds, Mazza, Cuesta, & Palma, 2000). Los resultados permiten evaluar la forma, la proporción, el tamaño, la composición y la maduración (Stewart, 2007).

Para realizar la valoración antropométrica se requiere un entrenamiento o estandarización en la toma de medidas. Esto permite que haya un grado de seguridad y disminución del error técnico de medición. Adicionalmente, la capacitación lleva a un conocimiento básico del cuerpo humano, a una normalización de las mediciones de acuerdo con los diferentes

puntos anatómicos y, permite la comparación de parámetros establecidos para su interpretación y análisis invasivas (Norton et al, 2000).

En la actualidad existe un protocolo global para las mediciones y su estandarización regido por La sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK) (Stewart, 2007). Este protocolo es ampliamente utilizado por más de 40 países, garantizando su idoneidad. La ISAK lleva a cabo un programa riguroso de parámetros de valoración, en la que se realizan capacitaciones continuas de acuerdo con los niveles de evaluación que ellos definen. Adicional a esto permite el conocimiento, el reconocimiento, el error técnico de medición; así como el adecuado uso de los instrumentos de medición.

De acuerdo con las necesidades de las mediciones se determina el tipo de perfil antropométrico a realizar: restringido o total. Las medidas están divididas en cinco: Básicas, pliegues cutáneos, perímetros, alturas y longitudes y diámetros (Stewart, Marfell-Jones, Olds, & de Ridder, 2011). Independientemente del tipo de perfil a realizar, se toman medidas básicas, como peso corporal y estatura o longitud. A continuación, se relacionan las mediciones utilizadas en la valoración del Pico de velocidad de crecimiento y las cuales se llevan a cabo bajo el Protocolo de la ISAK.

- Masa corporal
- Estatura
- Talla sentado

Dentro del perfil completo o total se encuentra una medida importante en la determinación de la maduración además del peso y la estatura: la talla sentado. Esta es una de las variables importantes dentro de la ecuación de predicción del estado de maduración. Esto se debe a que en conjunto con la estatura total se puede determinar la longitud del segmento inferior y proyectar el crecimiento del individuo (Beunen et al, 1997).

La antropometría nos permite determinar el estado nutricional de poblaciones o individuos, demostrar la presencia de factores de riesgo cardiovasculares, como es el caso del perímetro abdominal y la obesidad. Por otra parte, es el método más utilizado en la

evaluación de deportistas olímpicos y también en la detección de talentos deportivos (Moreira, Alonso-Aubin, de Oliveira, Candia-Luján, & de Paz, 2015).

Dentro de las ventajas del método se encuentran, principalmente, su bajo costo, la facilidad en su aplicación, la practicidad en el transporte del equipamiento de medición, el método validado en consultorio y en campo. Con respecto a sus desventajas, se indica el margen de error, la capacitación en el personal y la dificultad en la medición en personas obesas, así como la necesidad de seguir los parámetros establecidos para garantizar una adecuada medición (Moreira et al, 2015).

Determinación del índice de maduración antropométrico

La edad del pico de velocidad de crecimiento (PVC) hace parte de una de las metodologías para determinar la maduración somática de los niños y de las niñas. Este método utiliza la medida de la talla sentado y longitud de la pierna para determinar la edad en la que el menor alcanzará el pico máximo de crecimiento (Sherar, Mirwald, Baxter-Jones, & Thomis, 2005).

El crecimiento de los adolescentes no es igual en todos, cada uno tiene una velocidad diferente y un momento de maduración distinto entre sí. Este método permite clasificar a los menores de acuerdo con el momento en el que realizarán su pico máximo de crecimiento de la siguiente manera: Madurador temprano, Madurador Promedio y Madurador tardío (Sherar et al, 2005).

Los maduradores temprano son los que presentan el pico de maduración muy rápido en su edad cronológica (EC) y, por lo tanto, su crecimiento es terminado mucho más rápido. La maduración promedio es la que más presenta relación en todos los adolescentes y, es un crecimiento estándar. Por último, la maduración tardía, como su nombre lo indica, se refiere a que su maduración es lenta pero que al final genera un crecimiento normalmente mayor que las anteriores (Sherar et al, 2005).

La mayoría de las fórmulas para determinar la edad del PVC usan ecuaciones de regresión lineal, sin embargo, en las ecuaciones de Sherar et al (2005), se usó un enfoque de la velocidad de altura acumulada de acuerdo con el tipo de maduración (Temprana, promedio

o tardía). Por lo se evalúa la distancia en que un individuo ha dejado de crecer en estatura y determina su estatura final en la edad adulta.

La población para desarrollar la ecuación de la edad del PVC se base en datos presentados en tres estudios longitudinales realizados previamente. En éstos se tomaron las mismas medidas antropométricas y la edad cronológica, para calcular el número de años para alcanzar el pico de velocidad de crecimiento. También se pudo determinar los rangos para la clasificación de acuerdo con el tipo de maduración (Temprana, promedio o tardía) (Sherar et al, 2005), (Bailey, 1997).

- **Fórmula Original del Pico de Velocidad de Crecimiento (PVC)**

PVC en mujeres

$$\begin{aligned}
 &= -9,376 + (0,0001882(\textit{longitud de la pierna} \times \textit{talla entada})) \\
 &+ 0,0022(\textit{edad} \times \textit{longitud de la pierna}) \\
 &+ 0,005841(\textit{edad} \times \textit{talla sentado}) - 0,002658(\textit{edad} \times \textit{peso}) \\
 &+ 0,07693(\textit{peso por ratio de la estatura} \times 100)
 \end{aligned}$$

PVC en Hombres

$$\begin{aligned}
 &= -9,236 + (0,0002708 * (\textit{longitud de la pierna} \times \textit{talla sentado})) \\
 &+ (-0,001663 * (\textit{Edad} \times \textit{longitud de la pierna})) \\
 &+ (0,007216(\textit{Edad} \times \textit{talla sentado})) + ((0,002292 \\
 &* (\textit{peso por ratio de la estatura} \times 100)
 \end{aligned}$$

A continuación, se muestra la tabla 2-5, en la cual se da la clasificación de acuerdo con el momento en que el niño o niña realizará su pico máximo de crecimiento.

Tabla 2-5: Edad Meda de PVC y velocidad de altura (cm/años) de acuerdo con el tipo de maduración en hombres y mujeres.

| The average age at peak height velocity (years) and the height velocity (cm/year) of early, average and late maturing boys and girls | | | | | | | |
|--|----------|------|-------|------|-------|-------|------|
| Variable | Maturity | Boys | | | Girls | | |
| | | N | Mean | S.D | N | Mean | S.D |
| Age at PHV (years) | Early | 35 | 12.33 | 0.47 | 18 | 10.30 | 0.40 |
| | Average | 156 | 13.85 | 0.65 | 85 | 11.58 | 0.65 |
| | Late | 33 | 15.26 | 0.44 | 17 | 12.92 | 0.38 |
| | Total | 224 | 13.82 | 1.01 | 120 | 11.58 | 0.92 |

| | | | | | | | |
|----------------------------------|---------|-----|------|------|-----|-----|------|
| Height Velocity at PHV (cm/year) | Early | 35 | 10.3 | 1.16 | 18 | 9.3 | 1.06 |
| | Average | 156 | 9.8 | 1.27 | 85 | 8.1 | 1.03 |
| | Late | 33 | 8.8 | 1.35 | 17 | 8.0 | 0.86 |
| | Total | 224 | 9.7 | 1.33 | 120 | 8.3 | 1.08 |

Nota: Sherar, Mirwald, Baxter-Jones, & Thomis, M. (2005).

Los años predichos del PVC se utilizaron para determinar a altura de crecimiento de cada individuo acorde con el tipo de madurez. (Tabla 2-6)

Este método tiene en cuenta la maduración biológica del niño y la tasa de crecimiento somático. La predicción de la estatura adulta tiene un alto acercamiento por la encontrada al final del crecimiento de los menores evaluados en los estudios longitudinales. Para obtener una PVC óptima, es importante estandarizar muy bien los parámetros de medición antropométrica (Sherar et al, 2005).

Tabla 2-6: Centímetros antes de alcanzar la estatura adulta según el Pico de Velocidad de Crecimiento.

| Distance (cm) left to grow in height for early, average and late maturing males and females at different biological ages (years from PHV) | | | | | | |
|---|--|---------|-------|---------|---------|-------|
| Years from PHV | Growth (cm) left before adult stature is reached | | | | | |
| | Males | | | Females | | |
| | Early | Average | Late | Early | Average | Late |
| -4,0 | 45.29 | 40.09 | 34.73 | 42.61 | 38.81 | 34.35 |
| -3.8 | 44.21 | 39.08 | 33.83 | 41.49 | 37.67 | 33.27 |
| -3.6 | 43.11 | 38.07 | 32.94 | 40.39 | 36.55 | 32.20 |
| -3.4 | 41.99 | 37.06 | 32.05 | 39.30 | 35.44 | 31.14 |
| -3.2 | 40.85 | 36.05 | 31.16 | 38.21 | 34.34 | 30.09 |
| -3,0 | 39.69 | 35.04 | 30.27 | 37.13 | 33.25 | 29.04 |
| -2.8 | 38.52 | 34.04 | 29.38 | 36.04 | 32.16 | 27.99 |
| -2.6 | 37.33 | 33.05 | 28.49 | 34.94 | 31.04 | 26.93 |
| -2.4 | 36.15 | 32.06 | 27.60 | 33.82 | 29.91 | 25.87 |
| -2.2 | 34.97 | 31.07 | 26.70 | 32.68 | 28.76 | 24.79 |
| -2,0 | 33.80 | 30.06 | 25.77 | 31.53 | 27.58 | 23.71 |
| -1.8 | 32.62 | 29.03 | 24.79 | 30.44 | 26.39 | 22.63 |
| -1.6 | 31.44 | 27.95 | 23.74 | 29.36 | 25.21 | 21.55 |
| -1.4 | 30.23 | 26.83 | 22.63 | 28.24 | 24.03 | 20.47 |
| -1.2 | 28.98 | 25.63 | 21.45 | 27.09 | 22.85 | 19.37 |
| -1,0 | 27.66 | 24.36 | 20.22 | 25.87 | 21.66 | 18.25 |
| -0.8 | 26.24 | 22.99 | 18.96 | 24.54 | 20.44 | 17.07 |
| -0.6 | 24.68 | 21.51 | 17.68 | 23.09 | 19.16 | 15.81 |

| Distance (cm) left to grow in height for early, average and late maturing males and females at different biological ages (years from PHV) | | | | | | |
|--|---|----------------|-------------|----------------|----------------|-------------|
| Years from PHV | Growth (cm) left before adult stature is reached | | | | | |
| | Males | | | Females | | |
| | Early | Average | Late | Early | Average | Late |
| -0.4 | 22.96 | 19.88 | 16.31 | 21.50 | 17.80 | 14.44 |
| -0.2 | 21.07 | 18.09 | 14.76 | 19.77 | 16.33 | 12.94 |
| 0.0 | 19.04 | 16.16 | 13.05 | 17.94 | 14.75 | 11.36 |
| 0.2 | 16.96 | 14.21 | 11.32 | 16.09 | 13.13 | 9.81 |
| 0.4 | 14.92 | 12.35 | 9.71 | 14.30 | 11.56 | 8.42 |
| 0.6 | 13.01 | 10.65 | 8.27 | 12.64 | 10.11 | 7.20 |
| 0.8 | 11.26 | 9.12 | 6.94 | 11.11 | 8.77 | 6.12 |
| 1.0 | 9.70 | 7.78 | 5.70 | 9.69 | 7.52 | 5.13 |
| 1.2 | 8.33 | 6.59 | 4.54 | 8.39 | 6.37 | 4.24 |
| 1.4 | 7.11 | 5.54 | 3.51 | 7.20 | 5.33 | 3.46 |
| 1.6 | 6.04 | 4.62 | 2.64 | 6.14 | 4.42 | 2.80 |
| 1.8 | 5.10 | 3.80 | 1.92 | 5.19 | 3.64 | 2.25 |
| 2.0 | 4.26 | 3.09 | 1.35 | 4.36 | 2.99 | 1.82 |
| 2.2 | 3.52 | 2.48 | 0.91 | 3.63 | 2.45 | 1.46 |
| 2.4 | 2.86 | 1.96 | 0.58 | 2.99 | 1.99 | 1.18 |
| 2.6 | 2.29 | 1.52 | 0.32 | 2.42 | 1.60 | 0.94 |
| 2.8 | 1.78 | 1.16 | 0.13 | 1.92 | 1.26 | 0.74 |
| 3.0 | 1.34 | 0.87 | 0.00 | 1.47 | 0.96 | 0.57 |
| 3.2 | 0.96 | 0.63 | 0.00 | 1.07 | 0.69 | 0.41 |
| 3.4 | 0.64 | 0.43 | 0.00 | 0.72 | 0.46 | 0.28 |
| 3.6 | 0.37 | 0.27 | 0.00 | 0.43 | 0.26 | 0.17 |
| 3.8 | 0.16 | 0.12 | 0.00 | 0.19 | 0.11 | 0.08 |
| 4.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Nota: Sherar, Mirwald, Baxter-Jones, & Thomis, M. (2005)

Maduración Offset (Nuevas ecuaciones)

La determinación de la maduración cada vez presenta más auge al ser una medida no invasiva que permite obtener valores cercanos a los reales. Para el deporte, la determinación de estado de maduración por medio antropométrico, de la misma manera presenta gran interés para la detección de talentos deportivos y por esto la necesidad de contar con métodos que permitan una estimación cercana a la real (Kozielec, & Malina, 2018).

La maduración Offset es definido como el tiempo en años de diferencia antes o después de alcanzar edad en la que se alcanza la velocidad de altura máxima (Malina, Choh,

Czerwinski, & Chumlea, 2016) (Kozieł, & Malina, 2018). Las ecuaciones nuevas como también es llamada este tipo de evaluación de la maduración son más sencillas en relación con las ecuaciones originales. Se han realizado estudios de validación entre la edad de PVC y la maduración Offset encontrando: Ambas ecuaciones se basan en la edad cronológica y presentan cambios por género. (Kozieł, & Malina, 2018).

Se identificó su utilidad para los niños que maduran en promedio cerca de la edad de PVC. Para los niños y las niñas que presentaban una madurez retardada no presentaron utilidad comparando los dos tipos de ecuaciones (Kozieł, & Malina, 2018).

Entre las medidas utilizadas para la evaluación, se encuentran: la masa corporal, la estatura, la talla sentado y la longitud de la pierna estimada como la estatura menos la talla sentado. Las ecuaciones modificadas establecidas son las siguientes (Kozieł, & Malina, 2018)

- **Ecuaciones de compensación de la maduración**

Compensación de la maduración en mujeres

$$= -7,709133 + (0,0042232 X (edad X estatura))$$

Compensación de la maduración en hombres

$$= -8,128741 + (0,0070346 X (edad X talla sentado))$$

- **Ecuación alternativa fue proporcionada para niños**

Ecuación alternativa fue proporcionada para niños

$$= -7,999994 + (0,0036124 X (edad X estatura))$$

3.Hipótesis

Existe una asociación positiva entre la maduración determinada por lo estadios de Tanner y el Índice de maduración antropométrica obtenido de la ecuación de Pico Velocidad de crecimiento y maduración Offset en niños entrenados y no entrenados en la ciudad de Bogotá.

4. Objetivos

4.1 Objetivo General

Establecer la concordancia entre la valoración de maduración de Tanner y el índice de maduración antropométrica en niños y niñas entrenados y no entrenados en altura intermedia en la ciudad de Bogotá

4.2 Objetivos Específicos

- Clasificar los estadios de maduración de Tanner en la población objetivo identificando el nivel de maduración sexual.
- Determinar el índice de maduración antropométrico a través de la toma de medidas antropométricas y ecuaciones establecidas.
- Establecer si existe una concordancia entre los estadios de maduración de Tanner y el índice de maduración por método antropométrico en niños y niñas entrenados y no entrenados

5. Metodología

5.1 Tipo de Estudio

Se llevó a cabo un estudio retrospectivo, descriptivo de corte trasversal.

Es un estudio retrospectivo porque el inicio del estudio es posterior a los hechos observados, Descriptivo ya que hace una relatoría de los resultados obtenidos sin evaluar causa efecto y Transversal porque los datos obtenidos son de un momento específico y no se hace seguimiento a la muestra para este estudio.

5.2 Población de estudio

La población estudiada en esta investigación pertenece al macroproyecto denominado “Efectos del entrenamiento de resistencia sobre variables hematológicas y consumo de oxígeno, en niñas, niños y adolescentes, en altitud moderada” realizado por la profesora Érica Mabel Mancera Soto, dentro del cual se desarrolla se desarrolla la investigación coordinada por la profesora Mercedes Mora titulada “Concordancia entre la valoración de la maduración de Tanner y el Índice de maduración antropométrico”, En el presente estudio se tomó una muestra a conveniencia en la que se incluyó la población evaluada en el macroproyecto en la ciudad de Bogotá. Se seleccionaron 237 niños y niñas y adolescentes con edad promedio entre los 9 y 18 años.

5.3 Tamaño de la muestra

Para el cálculo del tamaño muestral del macroproyecto “Efectos del entrenamiento de resistencia sobre variables hematológicas y consumo de oxígeno, en niñas, niños y adolescentes, en altitud moderada” se utilizó un modelo de efectos fijos para obtener inferencias sobre las afectaciones de los tratamientos preestablecidos. En el presente estudio se tomó una muestra a conveniencia en la que se incluyó la población evaluada

en la ciudad de Bogotá. Los niños, niñas u adolescentes participantes cumplieron los criterios de inclusión establecidos en la presente investigación.

Las variables utilizadas para la presente investigación fueron seleccionadas del macroproyecto mencionado. Las mediciones realizadas para obtener las variables antropométricas del estudio (peso, talla, talla sentado) y la información de sexo y edad fueron tomadas directamente por el maestrante para el macroproyecto de investigación. Los datos de evaluación del estadio de maduración de Tanner fueron tomados por un profesional en medicina y fueron extractados posteriormente para la realización de esta investigación.

Se realizaron filtros de la base de datos hasta obtener la base de datos óptima para el presente estudio. En el primer filtro se descartaron 8 datos por incumplimiento de los criterios de inclusión. En el segundo filtro se eliminan 26 datos de sujetos por falta información completa, y en el tercer filtro se descartan a 14 datos de personas por estado nutricional (algún tipo de desnutrición) de acuerdo con el análisis realizado de los datos de peso y talla con relación a los estándares de crecimiento. La población del estudio queda conformada por un total de 237 datos de sujetos de los cuales 115 son mujeres y 122 con hombres.

Como este estudio no establece ningún tratamiento no se toma grupo control. Se presentan dos tipos de poblaciones: entrenados y no entrenados, los cuales hacen parte de los dos grupos de investigación.

5.4 Criterios de Inclusión

- Datos tomados en Bogotá de niños, niñas y adolescentes de ambos sexos
- Haber aceptado los protocolos de evaluación en sus diferentes etapas en el Macroproyecto de investigación.
- En la evaluación del estado nutricional no presentaron Talla baja para la edad o retraso en el crecimiento
- Tener en la base datos todas las variables de valoración, evaluación del estadio de maduración de Tanner, estatura, talla sentado, edad, sexo, clasificación como

entrenado y no entrenado. Se aseguró que la muestra cumpliera con los criterios de inclusión para participar en el estudio.

- La población de este estudio es el conjunto de los datos obtenidos a partir de las mediciones de estudio realizadas anteriores a este estudio; pero que comprende información de niñas, niños y adolescentes, entrenados y no entrenados. Nacidos y/o que hayan residido en una altitud intermedia mínimo durante los últimos 5 años. A continuación, se presentan los criterios de inclusión y exclusión presentados para la investigación.

5.5 Criterios de Exclusión

- No firmar el consentimiento y asentimiento entregado en las valoraciones del macroproyecto y que reposan en la base de datos.
- Presentar algún tipo de desnutrición reportado en la base de datos.
- No completar las sesiones de evaluación requeridas para el desarrollo del estudio y que se requieren para el análisis de la información.
- No presentar la edad requerida para el estudio.
- Para el grupo de entrenados no realizar un deporte de resistencia.

5.6 Operacionalización de variables

Tabla 5-1: Operacionalización de las variables del estudio

| Variable | Definición conceptual | Tipo de Variable | Escala de medición | Indicador | Codificación | Fuente de verificación |
|------------------------|--|------------------------|----------------------|--|-------------------------|-------------------------------|
| Sexo | Sexo biológico | Cualitativo Dicotómica | Nominal | Hombre Mujer | Hombre (H) Mujer (M) | Paciente |
| Edad | Edad en años cumplido por fecha de nacimiento | Cuantitativa Continua | Continua 9 - 18 años | Años, meses, días | Años | Paciente |
| Talla sentada | Medición longitudinal de una persona que no tiene en cuenta el segmento inferior | Cuantitativa Continua | Continua | Centímetros registrados en la medición | Centímetros (Cm) | Registro por el evaluador |
| Entrenado No Entrenado | Nivel de actividad física o deporte | Cualitativa Dicotómica | Nominal | Resultado de las encuestas realizados | Entrenado No Entrenado | Encuesta realizada |
| Maduración de Tanner | Determinación nivel de | Cuantitativa Discreta | Continua | Estadios de maduración | Estadios (1,2,3,4,5) | Registro de la autoevaluación |

| Variable | Definición conceptual | Tipo de Variable | Escala de medición | indicador | Codificación | Fuente de verificación |
|-------------------|---|-----------------------|--------------------|------------------------------|---------------------------|--|
| | maduración sexual. | | | que van de 1 a 5 | | n y evaluación médica. |
| La edad de PVC | Edad en el que realizará su máximo punto de crecimiento | Cuantitativa continua | Intervalo | Dato obtenido de la ecuación | Tiempo en edad (-4 a + 4) | Obtenida a partir de ecuación matemática |
| Maduración Offset | Tiempo antes y después del que realiza su PVC | Cuantitativa continua | Intervalo | Dato obtenido de la ecuación | Tiempo en edad (-4 a + 4) | Obtenida a partir de ecuación matemática |

5.7 Análisis Estadístico

Se realiza una descripción de la base de datos a través del cálculo estadístico y de gráficos descriptivos univariados (Crawley, 2015). Se evalúa la relación entre la escala Tanner y las ecuaciones de Pico de Velocidad de crecimiento y maduración Offset usando el coeficiente de correlación de Spearman (Hollander & Wolfe, 1973) y su significancia a través de la aproximación de Wiel & Bucchianico (2001). Adicionalmente, para poder aplicar el coeficiente Kappa (Campbell, Machin, & Walters, 2010), que es una de las medidas de concordancia usual, se realiza varias agrupaciones de los valores obtenidos de la ecuación a través de la generación de puntos de corte usando varios algoritmos descritos en Bivand (2017). Finalmente, para evaluar si existe correlación entre las dos ecuaciones de maduración se realiza una regresión lineal (Canavos, 1988). Todos los procedimientos se realizan en el software R (R Core Team, 2018).

5.8 Procedimientos del estudio

A continuación, se relacionan todos los procedimientos que se realizaron para el desarrollo metodológico del estudio. Cabe resaltar que, para el desarrollo de este estudio se hizo una recolección de los datos obtenidos en cada uno de las pruebas o valoraciones realizadas para el macroproyecto de investigación; para este estudio solo se extrajo la información necesaria.

5.8.1 Lugar de realización.

Como se mencionó anteriormente, para el presente estudio se llevó a cabo una extracción de la base de datos del macroproyecto “Efectos del entrenamiento de resistencia sobre

variables hematológicas y consumo de oxígeno, en niñas, niños y adolescentes, en altitud moderada”. Se realizó un convenio general con clubes, ligas y federaciones de atletismo, patinaje y ciclismo. Las evaluaciones y pruebas contempladas se realizaron en el Laboratorio de Fisiología del Grupo de Investigación en adaptaciones a la hipoxia y al ejercicio de la Universidad Nacional de Colombia y el laboratorio de Fisiología de la Unidad de Ciencias Aplicadas al Deporte (UCAD) del Instituto Distrital de Recreación y Deporte (IDRD).

5.8.2 Convocatoria y selección de la población.

Se realizó una convocatoria abierta a niñas, niños y adolescentes; en la que se tuvo en cuenta las edades requeridas de 9 a 18 años, y que fueran entrenados en resistencia, pertenecientes a los clubes y ligas de atletismo, patinaje, y ciclismo, triatlón en la ciudad de Bogotá. La convocatoria de la población no entrenada se hizo en instituciones educativas distritales y/o privadas.

La selección población se ejecutó posteriormente a la obtención de la base de datos por parte de los entrenadores. Se realizó contacto con el entrenador y/o con los padres de los menores por teléfono o por email. Se contextualizó a las personas acerca del proyecto y sus diferentes etapas.

Después de haber aceptado su participación en el proyecto de investigación, se realizó una charla informativa y se diligenció un formulario de criterios de inclusión y exclusión para todo el estudio.

5.8.3 Firma del consentimiento informado.

Previo a todas las mediciones se entregó a los participantes el consentimiento informado. En éste se indicó todos los aspectos legales relacionados con la toma de las muestras para la investigación del macroproyecto. En el documento se socializaron los objetivos, la justificación, el propósito del estudio. También se informó de los tipos de riesgo que se pudiera llegar a presentar y las ventajas obtenidas con el mismo. Se informó que, en caso de querer retirarse del estudio, esto se podía hacer en el momento que se deseara.

En cuanto al tratamiento de los datos se aseguró total confidencialidad en todas las publicaciones que se deriven de este estudio. Aceptación del uso de los datos en el futuro para otros estudios (Ver anexo 3). Por lo cual los datos obtenidos en el Macroproyecto fueron derivados para el presente estudio.

5.8.4 Evaluación médica y evaluación de la maduración biológica.

Posterior a la firma de consentimiento informado, el participante quedaba disponible para el inicio de las pruebas. Se realizó una cita con el médico evaluador. Se diligenció la historia clínica con los aspectos relevantes de la misma y se le aplicó el examen médico rutinario.

Para la maduración biológica, se utilizó la metodología de Tanner, la cual se emplea por dos metodologías: autoevaluación y observación directa. Para la autoevaluación se entregaba unas figuras de acuerdo con el sexo en cual se encontraban 5 estadios con fotos de los órganos sexuales masculino y femenino, dependiendo del sexo del sujeto. Una vez entregadas, el individuo seleccionaba uno que para él se ajustara a su estadio de maduración actual. Teniendo la autorización de los padres, el médico observó las características sexuales de evaluación y confirmó el estadio de maduración de Tanner. Se aseguró que los padres estuviesen en la realización de la valoración, o de lo contrario no se evaluaba al menor (Ver anexo 3). Terminada la evaluación médica quedaba el menor disponible para el resto de las pruebas.

5.8.5 Evaluación Antropométrica.

Posterior a la evaluación médica, el sujeto era citado para la evaluación antropométrica. Esta se realizó en el Laboratorio de Fisiología del Grupo de Investigación en adaptaciones a la hipoxia y al ejercicio de la Universidad Nacional de Colombia, en un espacio adaptado para esta actividad.

Para este proceso fue diseñado un formato de recolección de datos antropométricos, en este formato se encontraba los datos generales y los ítems de las medidas antropométricas a tomar. Todas las medidas se llevaron a cabo de acuerdo con el protocolo de la Sociedad Internacional para el avance de la Cineantropometría (ISAK), con el fin de que todos los pasos y medidas se realizarán apropiadamente, se desarrolló un protocolo de evaluación

antropométrica. Las medidas fueron tomadas por duplicado y en aquellas que su diferencia se excediera con relación a la indicación del protocolo, se tomaba una tercera medida de confirmación (Ver anexo 7).

Todas las medidas se realizaron sin zapatos. Los datos antropométricos fueron medidos por el investigador maestrante, certificado con el nivel 2 de ISAK. Si se observaban valores diferentes (corte de 0,1 cm), se repitieron las mediciones. Además, la longitud de la pierna se definió como la diferencia entre la altura del cuerpo y la altura sentada, y se calculó la edad cronológica real en el momento de la medición. Para la medición del peso se utilizó una báscula Tanita Ironman TM BC - 554®, portátil con capacidad máxima de 150 Kg. Esta se colocó en una superficie plana según las recomendaciones de los fabricantes, y se dejó en la función de analizador de sólo peso, la cual es una función que no utiliza bioimpedancia eléctrica de acuerdo con el protocolo establecido (Ver anexo 7).

Se tomó la talla y la talla sentado sin zapatos, ubicándose contra la pared y se midió con un estadiómetro de pared marca Seca 206 de acuerdo con el protocolo establecido tanto para talla como para talla sentado.

5.9 Evaluación del Pico de Velocidad de Crecimiento y maduración Offset.

Posterior a la obtención de cada uno de los datos se llevó a cabo la digitación y depuración de la base de datos. Esta base fue entregada para el presente estudio con toda la información de las valoraciones previamente descritas. Para obtener la información requerida, se formuló la base para obtener los resultados de índice de maduración, pico de velocidad de crecimiento y maduración Offset.

5.9.1 Nivel de Actividad física y Entrenamiento.

Con el fin de evaluar el nivel de actividad física de los menores participantes del estudio, fue necesaria la aplicación de un cuestionario de actividad física para niños (PAQ-C) y uno para adolescentes (PAQ-A). De esta manera se permitió determinar el nivel de actividad física de la población.

Se aplicarán los cuestionarios internacionales para valorar el nivel de actividad de evaluación del nivel de actividad física para niños (PAQ-C) y adolescentes (PAQ-A) y con esto establecer el nivel de actividad física de los sujetos participantes. Serán usados los cuestionarios largos que permiten medir el nivel de actividad física de los últimos 7 días (última semana). Este proceso fue muy importante para clasificar los participantes entre entrenados y no entrenados.

6.Consideraciones Éticas

Este estudio fue sometido a aprobación y aval del Comité de Ética de la Facultad de medicina de la Universidad Nacional de Colombia. La investigación se enmarca como riesgo mínimo, de acuerdo con lo establecido en la Resolución No. 008430 de 1993 del Ministerio de Salud; Título II, capítulo 1: Aspectos éticos de las investigaciones en seres humanos, artículo 11, numeral B. Así mismo, se tendrá en cuenta el Capítulo 3: Investigaciones en menores de edad o discapacitados, artículos 24 y 28 (numeral A y B).

6.1 Consentimiento Informado

Como este estudio hace parte de un Macroproyecto ya mencionado, y el cual, para su desarrollo, contó con la aprobación del Comité de Ética de la Facultad de Ciencias y presentó un consentimiento informado, firmado por cada uno de los participantes, autorizando el uso de la información para investigaciones futuras. Por lo tanto, el presente estudio no entregó un consentimiento informado, pero sí cumplió con la legislación Colombiana de Buenas Prácticas Clínicas (Resolución número 002378 de 2008) y la Declaración de Helsinki, en los que se regula la confidencialidad de la identidad de los sujetos, los consentimientos informados, los métodos, el aval ético y el bienestar de los individuos. Se anexa el consentimiento firmado del macroproyecto de la Dra. ÉRICA MABEL MANCERA SOTO "EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA SOBRE VARIABLES HEMATOLÓGICAS Y CONSUMO DE OXÍGENO, EN NIÑAS, NIÑOS Y ADOLESCENTES, EN ALTITUD MODERADA", ANEXO 3. - CONSENTIMIENTO INFORMADO

6.2 Dispositivos de seguridad y confidencialidad

La información obtenida y difundida en el desarrollo del presente estudio será considerada y manejada en todo momento como confidencial.

7. Análisis de resultados

Después de aplicar los criterios de exclusión, de los 285 sujetos seleccionados inicialmente, se excluyeron 48, para obtener una muestra final en el estudio de 237 sujetos que cumplían con los criterios de inclusión propuestos en la investigación. En las tablas 7-1 y 7-2 se referencian todas las variables recolectadas en el estudio tanto para niños como niñas y de la misma manera se relaciona todas las variables relacionadas con la edad. Se detalla que la edad mínima tanto de hombres y mujeres es de 9 años y la máxima de 18 años, con una edad promedio de $13,2 \pm 2,6$ años para las mujeres y $13,8 \pm 2,68$ años para los hombres. El total de mujeres evaluadas en el estudio es de 115 y de hombre de 122.

En la tabla 7-1, se presenta la distribución de los sujetos distribuidos por sexo y por el nivel de entrenamiento. Observando que tanto para los niños como las niñas se obtienen más datos de sujetos entrenados ($n=155$) que No entrenados ($n=82$). Para cada uno se presentan las variables del estudio.

En la tabla 7-2, se muestra de acuerdo con la edad el número de sujetos participantes en el estudio y se relaciona las variables de peso, estatura y edad. Estas también son presentadas para la población entrenada y no entrenada. La edad es un parámetro de crecimiento importante y se evidencia los cambios en las variables de peso y talla a medida que la edad se incrementa, esto ocurre tanto en hombres como mujeres del estudio.

Tabla 7-1: Datos generales de la población estudio

| VARIABLE | Datos y características generales de la población estudiada | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|-------|-------|-------|------|------------|-------|-------|-------|------|---------------|-------|-------|-------|------|------------|-------|-------|-------|------|---------------|-------|-------|-------|------|--|
| | NIÑOS Y NIÑAS | | | | | NIÑOS | | | | | | | | | | NIÑAS | | | | | | | | | | |
| | TOTAL (n) | MIN | MAX | MED | DE | ENTRENADOS | | | | | NO ENTRENADOS | | | | | ENTRENADOS | | | | | NO ENTRENADOS | | | | | |
| | | | | | | n | MIN | MAX | MED | DE | n | MIN | MAX | MED | DE | n | MIN | MAX | MED | DE | n | MIN | MAX | MED | DE | |
| | 237 | | | | | 122 | | | | | | | | | | | 115 | | | | | | | | | |
| EDAD (AÑOS) | 237 | 9,0 | 18,8 | 14,4 | 2,7 | 82 | 9,0 | 18,8 | 15,5 | 2,5 | 40 | 9,3 | 18,6 | 13,2 | 2,9 | 73 | 9,0 | 18,2 | 14,3 | 2,7 | 42 | 9,2 | 18,5 | 14,2 | 2,5 | |
| PESO (Kg) | 237 | 19,3 | 80,5 | 49,0 | 11,6 | 82 | 23,7 | 71,6 | 53,4 | 11,7 | 40 | 28,2 | 80,5 | 47,2 | 12,7 | 73 | 19,3 | 63,0 | 45,5 | 10,4 | 42 | 27,0 | 74,3 | 47,5 | 11,5 | |
| ESTATURA (cm) | 237 | 117,7 | 180,0 | 157,5 | 13,1 | 82 | 123,2 | 180,0 | 163,6 | 13,5 | 40 | 126,2 | 177,6 | 157,4 | 14,1 | 73 | 117,7 | 175,2 | 153,2 | 11,5 | 42 | 131,8 | 175,2 | 155,4 | 11,5 | |
| TALLA SENTADO (cm) | 237 | 64,7 | 94,9 | 82,1 | 7,0 | 82 | 66,7 | 94,9 | 85,5 | 7,4 | 40 | 66,0 | 91,7 | 80,5 | 7,4 | 73 | 64,7 | 89,6 | 80,7 | 6,1 | 42 | 67,1 | 90,9 | 81,7 | 6,4 | |
| LONGITUD DE PIERNAS (cm) | 237 | 53,0 | 87,6 | 75,2 | 6,6 | 82 | 22,9 | 86,9 | 77,5 | 10,6 | 40 | 58,7 | 86,0 | 75,6 | 7,1 | 73 | 53,0 | 87,6 | 72,5 | 6,2 | 42 | 62,5 | 87,2 | 75,1 | 5,8 | |
| EDAD PVC (AÑOS) | 237 | 11,6 | 16,5 | 13,6 | 6,8 | 82 | 7,0 | 15,7 | 14,4 | 1,2 | 40 | 12,9 | 16,5 | 14,3 | 0,9 | 73 | 11,6 | 14,7 | 12,8 | 0,8 | 42 | 11,6 | 14,9 | 12,6 | 0,7 | |
| CM PARA TALLA ADULTA* (cm) | 237 | 0,0 | 40,1 | 7,8 | 11,2 | 82 | 0,0 | 39,1 | 7,8 | 13,0 | 40 | 0,4 | 40,1 | 21,5 | 14,3 | 73 | 0,0 | 37,7 | 4,4 | 11,5 | 42 | 0,0 | 32,2 | 4,0 | 10,9 | |
| ALTURA ADULTA PREVISTA (cm) | 237 | 152,3 | 186,8 | 168,3 | 84,8 | 82 | 162,3 | 185,3 | 174,6 | 27,6 | 40 | 163,1 | 186,8 | 177,0 | 28,4 | 73 | 152,3 | 175,2 | 162,2 | 5,3 | 42 | 153,9 | 175,2 | 164,0 | 4,7 | |
| MADURACIÓN OFFSET (AÑOS) | 237 | -4,0 | 5,6 | 1,3 | 1,6 | 82 | -4,0 | 3,5 | 1,2 | 2,0 | 40 | -3,6 | 3,8 | -0,5 | 2,2 | 73 | -3,4 | 5,6 | 1,7 | 2,3 | 42 | -2,6 | 5,3 | 1,8 | 2,2 | |

Tabla 7-2: Variables del estudio de acuerdo con la edad

| Variables del estudio de acuerdo con la edad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----|-----------|-----|------------|-----|-----|-----------|-----|---------------|-----|-----|-----------|------|------------|------|-----|-----------|---------------|------------|-----|-----|-----------|------|------------|-----|
| EDAD | (n) | TOTAL | | NIÑOS | | | | | | | | | | NIÑAS | | | | | | | | | | | |
| | | | | ENTRENADOS | | | | | NO ENTRENADOS | | | | | ENTRENADOS | | | | NO ENTRENADOS | | | | | | | |
| | | PESO (Kg) | | TALLA (cm) | | (n) | PESO (Kg) | | TALLA (cm) | | (n) | PESO (Kg) | | TALLA (cm) | | (n) | PESO (Kg) | | TALLA (cm) | | (n) | PESO (Kg) | | TALLA (cm) | |
| | | MED | DE | MED | DE | | MED | DE | MED | DE | | MED | DE | MED | DE | | MED | DE | MED | DE | | MED | DE | MED | DE |
| 9 | 18 | 29,3 | 4,4 | 131,9 | 5,9 | 4 | 28,9 | 2,7 | 129,9 | 4,7 | 5 | 33,9 | 3,1 | 130,3 | 6,0 | 6 | 26,6 | 5,1 | 132,4 | 8,3 | 3 | 32,6 | 3,7 | 132,0 | 2,0 |
| 10 | 26 | 32,5 | 3,7 | 138,0 | 4,4 | 5 | 29,3 | 2,0 | 134,8 | 2,6 | 5 | 33,1 | 2,8 | 143,7 | 3,0 | 10 | 33,3 | 3,7 | 138,9 | 5,2 | 6 | 34,3 | 4,9 | 137,5 | 3,6 |
| 11 | 22 | 36,7 | 6,2 | 146,8 | 6,5 | 6 | 39,7 | 4,9 | 143,9 | 6,5 | 5 | 36,1 | 10,0 | 148,5 | 10,0 | 7 | 37,5 | 4,5 | 144,6 | 3,2 | 4 | 34,1 | 5,5 | 148,7 | 7,1 |
| 12 | 16 | 43,8 | 7,7 | 152,1 | 7,7 | 5 | 35,8 | 7,0 | 152,1 | 9,9 | 5 | 44,8 | 9,0 | 152,1 | 6,6 | 6 | 43,8 | 7,6 | 148,1 | 7,4 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 13 | 24 | 47,7 | 6,2 | 157,5 | 6,3 | 11 | 44,7 | 7,3 | 158,0 | 5,6 | 1 | 53,6 | 0,0 | 168,9 | 0,0 | 6 | 49,1 | 5,5 | 152,7 | 8,2 | 6 | 48,4 | 4,9 | 156,4 | 4,7 |
| 14 | 26 | 47,6 | 6,7 | 158,5 | 5,0 | 5 | 46,9 | 9,2 | 160,7 | 6,2 | 4 | 46,2 | 7,8 | 160,7 | 5,3 | 8 | 46,9 | 4,2 | 157,3 | 5,1 | 9 | 48,7 | 7,0 | 160,1 | 4,2 |
| 15 | 41 | 53,4 | 5,5 | 161,9 | 6,5 | 13 | 54,6 | 3,7 | 167,0 | 4,8 | 5 | 53,7 | 4,1 | 169,3 | 5,4 | 16 | 52,1 | 6,7 | 158,6 | 5,8 | 7 | 53,4 | 6,9 | 159,5 | 3,9 |
| 16 | 26 | 56,3 | 7,1 | 167,0 | 6,1 | 14 | 57,1 | 3,7 | 168,2 | 4,4 | 5 | 61,8 | 12,6 | 164,1 | 7,3 | 5 | 54,4 | 7,4 | 159,5 | 6,9 | 2 | 54,8 | 0,8 | 161,9 | 3,7 |
| 17 | 27 | 59,2 | 6,9 | 168,6 | 7,1 | 16 | 60,6 | 6,0 | 173,0 | 5,5 | 3 | 55,1 | 2,4 | 167,2 | 3,1 | 5 | 51,9 | 5,7 | 159,3 | 4,5 | 3 | 67,2 | 10,2 | 170,0 | 3,7 |
| 18 | 11 | 56,5 | 7,6 | 165,0 | 7,6 | 3 | 61,5 | 6,3 | 169,3 | 2,7 | 2 | 65,7 | 12,9 | 168,5 | 9,6 | 4 | 51,6 | 4,2 | 157,9 | 9,2 | 2 | 54,7 | 3,8 | 160,0 | 8,8 |

En la Tabla 7-3, se muestra la distribución de los sujetos por estadio de maduración de acuerdo con la valoración médica realizada. Se observa que la mayor cantidad de sujetos, tanto hombres como mujeres, se clasificaron en el estadio de maduración IV (n=81) 34%, seguido por Tanner III (n=61) 26%, Tanner II (n=46) 19%, Tanner I (n=32) 14% y en menor proporción Tanner 5 (n=17) 7%. Se cuenta con una muestra importante en cada uno de los estadios de maduración para la respectiva comparación en ambos sexos.

En la distribución por sexo se encuentra que el mayor grupo de mujeres se encuentra en el grupo de Tanner III (34%); y para los hombres en el Tanner IV (43%). El Tanner V para ambos sexos presento una mínima cantidad de sujetos, principalmente por la delimitación de la edad para el estudio.

En esta misma tabla se consolidan las variables de peso y talla en función del estadio de maduración de Tanner de los 237 niñas y niños evaluados. Como era de esperarse, a medida que aumenta el estadio de maduración de Tanner se incrementan las variables antropométricas (Peso y talla principalmente). Haciendo un análisis de los cambios de estatura por estadio de maduración tanto en hombres como mujeres, la tabla 7 muestra que entre los estadios de maduración II y III, tanto para las mujeres como para los hombres se presentan los mayores incrementos tanto en talla como el peso comparado con los demás estadios de Tanner. Después de este estadio de Tanner, se reduce la velocidad de crecimiento para estas dos variables en ambos sexos.

Tabla 7-3: Información consolidada por Tanner VS Estatura (Mediana - Desviación Estándar)

| Información consolidada por Tanner VS Estatura (Mediana - Desviación Estándar) | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|----------|-----|----|------|-----|-----------|----------|-----|----|------|-----|
| Tanner | Femenino | | | | | | Masculino | | | | | |
| | n | Estatura | | n | Peso | | n | Estatura | | n | Peso | |
| | | Med | DE | | Med | DE | | Med | DE | | Med | DE |
| I | 20 | 135,4 | 6,4 | 20 | 32,5 | 5,3 | 12 | 133,9 | 4,3 | 12 | 29,2 | 3,5 |
| II | 23 | 144,0 | 9,6 | 23 | 36,4 | 8,4 | 23 | 144,0 | 7,5 | 23 | 36,0 | 5,9 |
| III | 39 | 156,5 | 6,1 | 39 | 48,7 | 6,0 | 22 | 160,1 | 7,8 | 22 | 50,4 | 8,2 |
| IV | 28 | 159,9 | 6,4 | 28 | 54,4 | 7,5 | 53 | 167,4 | 5,6 | 53 | 56,1 | 7,3 |
| V | 5 | 164,5 | 8,2 | 5 | 54,2 | 6,8 | 12 | 169,3 | 7,2 | 12 | 57,3 | 6,2 |

Para el análisis de los datos del Pico de Velocidad de Crecimiento y de la maduración Offset se realizaron las siguientes actividades. Se generaron cinco categorías utilizando varios algoritmos de agrupación implementados en la función `classIntervals` del paquete `ClassInt` (Bivand, 2017) de R y se escogieron como comparación, la mediana de las proporciones de buena clasificación de cada categoría de Tanner. Este proceso se realiza para la edad del PVC diferenciados para hombres y mujeres como se muestra en las tablas 7-4 y 7-5, y para la maduración Offset para hombres y mujeres como se evidencia en las tablas 7-6 y 7-7.

Las proporciones de buena clasificación se obtienen al dividir los individuos que se ubican en la diagonal de la tabla, sobre los clasificados en cada categoría Tanner como se muestra en las Tablas 7-4, 7-5, 7-6 y 7-7.

Para la determinación de los puntos de Corte, se realiza un análisis de métodos estadístico para encontrar la mediana de las proporciones de buena clasificación. Se toma el parámetro que haya arrojado en valor más alto y este es el aplicado en la ubicación de los puntos de corte de la siguiente manera: Se obtiene los puntos de corte para edad de PVC de hombres y mujeres con relación a Tanner como se evidencia en las tablas 7-4 y 7-5. Se obtiene los puntos de corte de maduración Offset tanto de hombres como mujeres en relación con Tanner como se muestra en las tablas 7-6 y 7-7.

En las tablas 7-4, 7-5, 7-6 y 7-7 podemos observar que al revisar la diagonal entre la Maduración de Tanner y el PVC y la maduración de Tanner y maduración Offset, se identifica que la diagonal está bien establecida mostrando las agrupaciones en cada una de las tablas y el nivel de equivalencia entre los dos métodos con el proceso de categorización establecido. Pero, al revisar el cruzamiento entre el Tanner 5 y la categoría 5 en cada una de las tablas se identifica que la agrupación más alta del Tanner 5 se evidencia en la categoría 4 y no en la que se esperaría (Categoría 5).

Al revisar los puntos de corte en cada una de las tablas 7-4, 7-5, 7-6 y 7-7 se puede analizar que un punto de corte de 0 puede ser considerado el momento justo en que el sujeto está realizando su crecimiento en estatura máximo. En la tabla 7-4 y 7-6 donde se cruzan las variables para hombres del estadio de maduración de Tanner con relación a las dos metodologías se observa que para PVC el punto de corte de 0 se encuentra entre el estadio

de maduración 3 y 4 y para maduración Offset el 0 inicia a finales del estadio 2 pero se prolonga hasta el estadio de maduración 4. En el caso de las mujeres el punto de corte de 0 tanto para PVC como para maduración Offset se expresa de la misma manera; inicia en el estadio de maduración 2 y termina en el 3. Siendo un resultado importante para predecir en qué momento el sujeto está realizando su crecimiento máximo en estatura en el momento de valoración por estas dos metodologías.

En la tabla 7-8, se muestran los parámetros que fueron escogidos para establecer los puntos de corte en cada uno de los grupos de categorización teniendo en cuenta el nivel de correlación más alto con relación a los revisados para cada ítem.

Tabla 7-4: Cruzamiento de variables de estadios de Maduración de Tanner y las 5 propuestas de categorías de la edad de PVC y los puntos de corte propuestos por el método “hclust” -- en Hombres

| Tanner | Clasificación | | | | | Puntos de corte método “hclust” para pico de velocidad de crecimiento para hombres | |
|--------|---------------|----|----|----|----|--|-----------|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | | |
| I | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | -4270672 | -2559332 |
| II | 10 | 12 | 1 | 0 | 0 | -2559332 | -1130076 |
| III | 0 | 7 | 10 | 4 | 1 | -1130076 | 0.6505113 |
| IV | 0 | 1 | 9 | 23 | 20 | 0.6505113 | 1924016 |
| V | 0 | 0 | 1 | 4 | 7 | 1924016 | 343096 |

Tabla 7-5: Cruzamiento de variables de estadios de Maduración de Tanner y las 5 propuestas de categorías de edad de PVC y los puntos de corte propuestos por el método “jenks” – en Mujeres

| Tanner | Clasificación | | | | | Puntos de corte método “jenks” para pico de velocidad de crecimiento para mujeres | |
|--------|---------------|----|----|----|----|---|------------|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | | |
| I | 13 | 7 | 0 | 0 | 0 | -3621133 | -1766135 |
| II | 3 | 13 | 5 | 2 | 0 | -1766135 | -0.2652379 |
| III | 0 | 3 | 21 | 9 | 6 | -0.2652379 | 1760328 |
| IV | 0 | 0 | 4 | 16 | 8 | 1760328 | 2957875 |
| V | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 2957875 | 4515956 |

Tabla 7-6: Cruzamiento de variables de estadios de Maduración de Tanner y las 5 propuestas de categorías de maduración Offset y los puntos de corte propuestos por el método “equal” – en Hombres

| Tanner | Clasificación | | | | | Puntos de corte método “equal” para maduración compensada para hombres | |
|--------|---------------|----|----|----|----|--|------------|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | | |
| I | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3974155 | -2418297 |
| II | 9 | 13 | 1 | 0 | 0 | -2418297 | -0.8624379 |
| III | 0 | 5 | 10 | 5 | 2 | -0.8624379 | 0.6934208 |
| IV | 0 | 1 | 8 | 28 | 16 | 0.6934208 | 224928 |
| V | 0 | 0 | 1 | 4 | 7 | 224928 | 3805138 |

Tabla 7-7: Cruzamiento de variables de estadios de Maduración de Tanner y las 5 propuestas de categorías de maduración Offset y los puntos de corte propuestos por el método “bclust” – en Mujeres

| Tanner | Clasificación | | | | | Puntos de corte método “hclust” para maduración compensada para mujeres | |
|--------|---------------|----|----|----|----|---|-----------|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | | |
| I | 13 | 7 | 0 | 0 | 0 | -3394175 | -1593713 |
| II | 4 | 13 | 4 | 2 | 0 | 1593713 | 0.2067498 |
| III | 0 | 3 | 19 | 11 | 6 | 0.2067498 | 2007212 |
| IV | 0 | 0 | 2 | 19 | 7 | 2007212 | 3807675 |
| V | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 3807675 | 5608138 |

Se calcula el coeficiente de Kappa el cual tiene como objetivo estimar hasta qué punto dos observadores coinciden en su medición (Cerde y Villarroel. 2008). En este caso se evaluó la concordancia entre los valores de la escala Tanner y la categorización propuesta de edad de PVC, para hombres y mujeres. De la misma manera se mide la concordancia entre los valores de la escala de Tanner y la categorización propuesta de maduración Offset para hombres y mujeres. Se encontró para todas las concordancias establecidas presentaron un valor $-p < 2.2e-16$. mostrando un alto nivel de concordancia entre las diferentes categorizaciones realizadas por genero de acuerdo con los estadios de maduración de Tanner.

También se determinó el coeficiente de correlación de Spearman, esta es una medida de asociación lineal que utiliza rango de determinación. Si se presentan rangos en los cuales

los valores se encuentren por encima de 0,8 esto indica que se presenta una correlación entre buena a excelente (Martínez, Tuya, Martínez, Pérez & Cánovas, 2009). En la tabla 7-8 se presenta las correlaciones presentadas para cada una de las categorizaciones propuestas por sexo. En la cual se resalta que todas las categorizaciones obtuvieron una buena correlación. Sugiriendo un alto nivel de concordancia y de correlación entre las mediciones realizadas bajo ambas metodologías.

Tabla 7-8: Métodos de buena clasificación de puntos de corte y Correlación de Spearman para cada uno de ellos.

| Niños | | | | Niñas | | | |
|--------|----------------------------|-------------------|----------------------------|--------|----------------------------|-------------------|----------------------------|
| PVC | | Maduración offset | | Pvc | | Maduración offset | |
| Método | Coeficiente de correlación | Método | Coeficiente de correlación | Método | Coeficiente de correlación | Método | Coeficiente de correlación |
| Hclust | 0,84 | Equal | 0,82 | jenks | 0,81 | equal | 0,81 |

Para validar la relación entre las ecuaciones originales y las nuevas de predicción de maduración (PVC y maduración offset). De esta se pudo concluir que existe una alta relación entre ambas formulaciones dado que el valor p asociado es estadísticamente significativo. Adicionalmente, el coeficiente de correlación entre ambas formulaciones es de 0.97 como se muestra en la tabla 7-9, por lo que es válido afirmar, que están altamente correlacionadas las dos ecuaciones.

En la figura 7-1 y en la tabla 7-9, también se puede observar que la variable de entrenado y No entrenado, no presenta variaciones ni significancia estadística en ninguna de las metodologías evaluadas, por lo tanto, se descarta como una variable interviniente de acuerdo a lo mostrado en este análisis.

Figura 7-1: Regresión lineal entre maduración Offset y el Pico de velocidad de crecimiento de acuerdo con tipo de entrenamiento

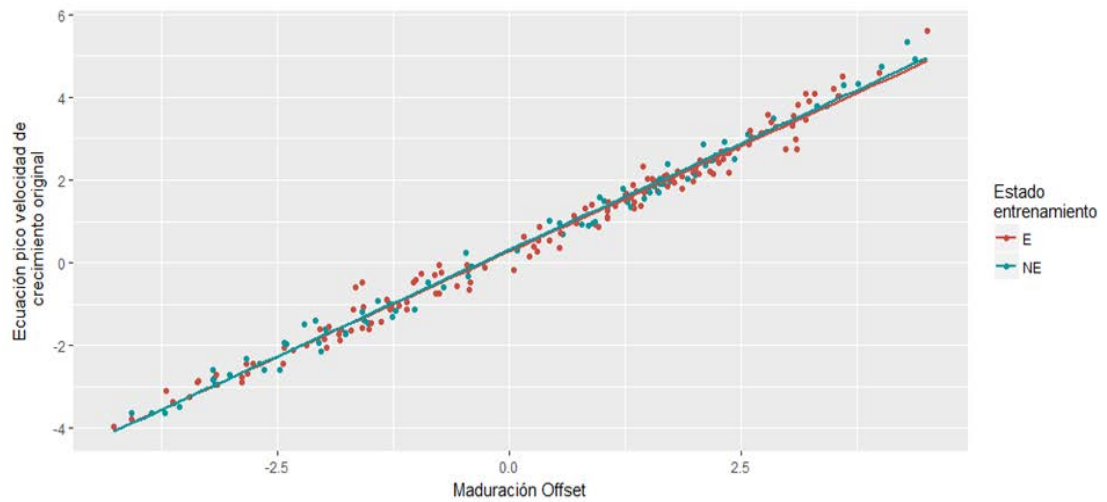


Tabla 7-9: Regresión lineal entre el pico de velocidad de crecimiento y la maduración Offset.

| <i>Dependent variable:</i> | |
|----------------------------|-----------------------------|
| PVC | |
| Offset | 0.964*** (0.007) |
| estadoEntrenoNE | -0.044 (0.033) |
| Constant | -0.257*** (0.021) |
| Observations | 237 |
| R ² | 0.987 |
| Adjusted R ² | 0.987 |
| Residual Std. Error | 0.245 (df = 234) |
| F Statistic | 9,040.881*** (df = 2; 234) |
| <i>Note:</i> | *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01 |

8. Discusión de resultados

La edad ósea (EO) es el mejor indicador para evaluar la maduración de un sujeto desde la infancia hasta la adolescencia, siendo esta una medición poco viable en las evaluaciones diarias y del trabajo en campo debido al equipamiento y capacitación necesaria para su utilización (Beunen et al, 2010). La evaluación de la edad ósea con relación a la maduración somática y de la misma manera, la edad ósea en comparación con los estadios de maduración de Tanner se ha establecido en varios estudios, mostrando la existencia de métodos alternativos para evaluar la madurez de los niños (Malina, 2011) (Malina. 2014). En estudios como el de Demirjian et al. (1985), se encontró que, al correlacionar EO con la edad de PVC, se presentan resultados favorables entre las dos evaluaciones.

Los estadios de maduración de Tanner son uno de los métodos para la evaluación de la madurez en los niños. Es clasificada como una medida invasiva que la hace que presente limitaciones en su aplicación y requiere de una persona entrenada en la observación y comparación de acuerdo con el protocolo establecido para está (Marshall, & Tanner, 1969) (Marshall, & Tanner, 1970).

Métodos No invasivos como la edad del PVC y la Maduración Offset son alternativas altamente estudiadas y validadas para determinar la maduración en niños y adolescentes y aunque presentan limitaciones son una propuesta más aplicable en la evaluación de la maduración (Malina, 2011) (Malina. 2014) (Kozielec, & Malina. 2018). Siendo estas variables consideradas en el actual estudio.

Dentro de la búsqueda bibliográfica realizada para este estudio, no se encontró información hasta el momento referenciada de estudios realizados en Colombia sobre el tema de esta investigación. Mientras que, en el mundo, este tema ha generado diversas publicaciones

con el fin de obtener un método de evaluación de la maduración más apropiado y de uso diario.

Uno de los primeros desafíos era evaluar el rango de variabilidad presentados entre individuos con la misma edad cronológica (EC), en relación con la maduración somática y biológica durante la aceleración del crecimiento. El estudio de Mirwald et al (2002), evaluó un total de 152 niños canadienses (79 niños y 73 niñas) en edades comprendidas de 8 a 16 años. Se utilizó un método múltiple específico por género. Las ecuaciones aplicadas utilizaron tres dimensiones somáticas (altura, altura sentada y longitud de la pierna). Dentro de los resultados se encontró un coeficiente de determinación (R^2) para el modelo de niños de 0.92 y para el modelo de las niñas de 0.91. Dentro de las conclusiones se menciona que, aunque la validación cruzada realizada cumplía con los estándares estadísticos se requería cuidado en su implementación. Por otro lado, se menciona que estas ecuaciones son una alternativa para evaluar la maduración biológica en niños y adolescentes. Estas ecuaciones fueron la base inicial para el presente estudio y son las utilizadas en Colombia como un primer acercamiento para la determinación de la maduración en los niños después del Gold estándar y los estadios de maduración de Tanner.

Unos años más tarde, se realizó un estudio de validación cruzada del método de Beunen – Malina para la predicción de la estatura adulta (Beunen et al. 2010). Se midió una población de 308 niños en edades comprendidas entre los 13, 14, 15 y 16 años del Estudio de Crecimiento de Madeira. Los menores fueron observados en intervalos anuales en 1996, 1997 y 1998 y se volvieron a medir 7-8 años después. Dentro de las medidas tomadas se encuentran: estatura, la talla sentado y los pliegues cutáneos de tríceps y subescapular; la edad ósea se evaluó mediante el método de Tanner Whitehouse. La altura adulta se midió y predijo utilizando el método de Beunen-Malina. Los grupos de madurez se clasificaron utilizando la edad esquelética. En el análisis estadístico se midió la correlación de Pearson, las diferencias medias y los errores estándar de estimación (SEE). Las correlaciones específicas por edad entre la altura pronosticada y medida del adulto varían entre 0.70 y 0.85, mientras que la edad específica del SEE varía entre 3.3 y 4.7 cm. Las correlaciones y SEE presentan similitudes en las observadas en el desarrollo del método original Beunen-Malina. En este estudio se concluyó que el método Beunen-Malina es un método válido para predecir la estatura adulta en adolescentes varones y se puede

utilizar en poblaciones europeas y es un método válido, No invasivo para la evaluación de la madurez biológica. En el presente estudio se genera la inquietud de si estas ecuaciones pueden proyectarse de la misma manera para la población Latinoamericana en este caso colombiana obteniendo el mismo nivel de validez.

En el estudio de Malina et al. (2012). Se evaluó las relaciones entre los indicadores de maduración biológica y la concordancia entre las clasificaciones del estado de madurez, entre dos grupos de edades de jugadores de fútbol. Se midieron un total de 180 niños divididos en dos grupos de edad (11-12 años, $n = 87$; 13-14 años, $n = 93$). Los datos incluidos en el estudio fueron: La edad cronológica (EC), edad esquelética (método EO, Fels), etapa del vello púbico, edad prevista a la velocidad de altura máxima, y porcentaje de la altura adulta prevista. Los jugadores se clasificaron en maduradores tempranos, tardíos y promedio usando la diferencia EO- EC y de acuerdo con la edad prevista del PVC y porcentaje de la altura madura predicha. Dentro de los resultados se encontró que los análisis factoriales indicaron que en las edades de edad de 11 a 12 años (estado de madurez: porcentaje de la altura madura prevista, etapa del vello púbico) se presentó una varianza del 59% para el tiempo de madurez. En relación con la EO / EC el pronóstico de la edad de PVC tuvo una varianza del 26%. Para las edades de 13 a 14 años (68% de diferencia). Los coeficientes Kappa fueron bajos (0.02-0.23) e indicaron una mala concordancia entre las clasificaciones de madurez. Las correlaciones de orden jerárquico de Spearman entre categorías fueron bajas a moderadas (0.16-0.50). Aunque los indicadores fueron concordantes, la clasificación de madurez entre la edad esquelética y la edad de PVC y el porcentaje de altura máxima predicha fue pobre. Para este estudio los indicadores no invasivos del estado de madurez presentaron limitaciones para su aplicación.

Un estudio realizado en Suramérica (Brasil), por Gómez et al. (2012). Quiso predecir la maduración somática a partir de variables antropométricas y establecer la validación y propuesta de ecuaciones para niños escolares de Brasil. Seleccionaron de forma probabilística estratificada a 914 niños y 839 niñas en edades entre los 8 a 16 años. Dentro de las variables del estudio de contempló la edad decimal, peso, estatura y talla sentado. Para validar la ecuación criterio (Mirwald et.al 2002); se utilizó el método de validación cruzada tanto interna y externa. Dentro de los resultados se encontró altas correlaciones entre la edad y las variables antropométricas, tanto para niños ($r=0,56-0,96$), como en

niñas ($r=0,57-0,98$). Revisando la validación interna y externa no hubo diferencias significativas ($p>0,05$) y se encontró aceptable concordancia entre el criterio y las ecuaciones desarrolladas para los chicos de ambos sexos a un CI 95%. Se concluye que las ecuaciones de regresión de Mirwald. et.al (2002) son validadas y las ecuaciones desarrolladas en el estudio son una alternativa para evaluar la maduración somática de forma transversal. Tomando como base este estudio se abre la posibilidad de generar ecuaciones propias para Colombia permitiendo eliminar algunos sesgos en la evaluación, este podría ser un estudio inicial para crear la necesidad de contar con criterios propios de evaluación.

En el año 2014, Malina & Koziel (2014) llevaron a cabo dos estudios similares en niñas y niños polacos. Ambos estudios intentaron validar una ecuación antropométrica para predecir la edad PVC. Se evaluaron 198 niñas y 193 niños y se les hizo seguimiento longitudinal entre los 8 y 18 años. En las niñas la maduración Offset, fue determinada con la edad cronológica, peso, estatura, talla sentado y longitud estimada de la pierna; en cada una de las mediciones. Se predijo la edad de PVC obteniendo la diferencia entre a edad y la maduración Offset. La edad real del PVC fue derivada con el modelo 1 de Preece-Baines. En los resultados se encontró que las edades predichas de PVC aumentaron de 8 a 16 años y variaron en relación con el tiempo antes y después de la edad real en PVC. Las edades predichas y las edades reales de PVC no difirieron a los 9 años, pero predijeron una sobreestimación de la edad real de PVC de los 10 a 16 años. Chicas de estado de madurez en edades de 8 - 14 años difiere en la edad predicha de PVC. Como conclusión de este estudio se encuentra: la edad prevista de PVC depende de la edad de predicción y las diferencias individuales en la edad real PVC, esto limita su utilidad como un indicador de tiempo de madurez. Puede tener alguna aplicabilidad como una variable categórica (pre, post-PVC) entre las chicas que presenten un intervalo del crecimiento acelerado entre los 11.0-13.0 años.

En los niños se derivó la edad real de PVC con el modelo 1 de Preece-Baines. La edad de PVC predicha se estimó en cada observación usando la edad cronológica peso, estatura, talla sentado y longitud estimada de la pierna. En los resultados del estudio se encontró que en promedio la edad predicha de PVC, aumento de 8 a 18 años. La edad del PVC se subestimo a edades más jóvenes y sobreestimado a edades más avanzadas. Las

diferencias promedio entre la edad de PVC predicho y el real fueron razonablemente estables entre 13 y 15 años. La edad PVC predicha subestimó la edad PVC real 3 años antes, pero era idéntica a la real casi 2 años antes. Por otro lado, sobreestimó la edad real PVC hasta los 3 años después. La edad de PVC predicha no cambió entre los niños cuyas edades estaban comprendidas entre 8 – 11 años, siendo este un resultado diferente al presentado en los grupos de 12 a 15 años. En este estudio se concluye que la edad de PVC se encuentra influenciado por la edad cronológica y por el momento de maduración (Temprano y tardío) de acuerdo con el PVC real. La edad de PVC predicho tiene aplicabilidad entre los maduradores promedios entre edades de 12 a 16 años a diferencia de los temprano y tardío contemplados en estas mismas edades.

Müller et al. (2015), llevo a cabo un estudio con el fin de determinar que método era más apropiado para evaluar la maduración biológica en la detección de talentos deportivos. Para este estudio tuvo en cuenta el método patrón de oro la EO y un método de bajo costo y fácil de usar el cual fue la edad de PVC. Se evaluaron 75 estudiantes Austriacos de los cuales 40 eran hombres y 35 mujeres en edades comprendidas de 10 a 13 años. La muestra estaba dividida en 30 niños (17 hombres y 13 mujeres) que practicaban deporte (Esquí) y 45 niños (23 niños y 22 niñas) que no practicaban ningún tipo de deporte. Se tomó una radiografía de la mano (Greulich-Pyle) con el fin de evaluar la EO; se tomaron variables antropométricas (peso, estatura y talla sentado) para determinar la edad de PVC por el método de Mirwald et al. (2002). El análisis muestra que para evaluar la concordancia por la metodología Bland-Altman (95% de los puntos se encuentran dentro de los límites de concordancia) y para el coeficiente de correlación intercalase de ($p = 0,002$ [IC del 95%] = 0,48 [0,13 hasta 0,69]) mostrando una buena concordancia para los dos métodos. Se concluyó que las fórmulas para predecir la edad de PVC representan un método válido para la evaluación de la maduración biológica en edades comprendidas de 10 a 13 años de niños y niñas. Adicional a esto se resalta la facilidad en la aplicación y exactitud que puede ser usado en el futuro para la selección de talentos deportivos.

En el mismo año se Publicó una investigación cuyo propósito fue mejorar el modelo de predicción de maduración somática presentado originalmente por ... (Moore et al. 2015). Dentro de sus fundamentos se encuentra que la precisión de la predicción de las ecuaciones no se estableció con muestras externas. La intención de este estudio fue evaluar el ajuste y modificar teniendo en cuenta la calibración con muestras externas. Se

tomaron tres estudios de base: Pediatric Bone Mineral Accrual Study (PBMAS), Healthy Bones Study III (HBS III) y la cohorte de Niños británicos Harpenden Growth Study (HGS). Se evaluó el sobreajuste potencial utilizando en el estudio original de PBMAS (79 niños y 72 niñas, 7.5-17.5 años). Se evaluó el cambio en R^2 y el error estándar de la estimación (SEE) con la adición de variables predictoras. Determinaron el efecto de la correlación dentro del sujeto utilizando la varianza robusta de conglomerado y la división aleatoria en cinco regresiones paso a paso. Utilizaron predictoras dominantes a partir de estas divisiones para evaluar las capacidades predictivas de varios modelos. La calibración la realizaron usando los otros dos estudios (HBS-III, 42 niños y 39 niñas, 8.9-18.9 años) y (HGS, 38 niños y 32 niñas, 6.5-19.1 años). Dentro de los resultados se encontró que no fue significativo el R^2 y SEE cuando se agregaron predictores posteriores durante el reajuste paso a paso de las ecuaciones originales. Al realizar la reurbanización, los nuevos modelos presentan la necesidad de incluir la edad x talla sentado para los niños y la edad x la estatura para las niñas. Estos modelos generaron adecuada calibración en muestras externas. Dentro de las conclusiones se encuentra que las ecuaciones resultantes del estudio proporcionaron buenos ajustes en muestras externas y brindan una alternativa a las comúnmente utilizadas y adicional a esto las ecuaciones de predicción originales se simplificaron sin un aumento significativo en el error de estimación.

Se lleva a cabo otro estudio de validación de la maduración Offset (Malina, Choh, Czerwinski, & Chumlea. 2016). Las ecuaciones de maduración Offset por sexo fueron evaluadas en una población de 63 niñas y 74 niños del estudio Longitudinal de Fels en edades entre los 8 a 18 años. La edad predicha de PVC fue calculada de la diferencia entre la EC y la maduración offset. La edad real de PVC fue derivada de un modelo logístico triple (Bock-Thissen-du Toit). En los resultados se encontró que maduración offset fue negativa para las edades más bajas y se reportó un aumento lineal con el aumento de la EC. Las edades predichas de PVC aumentaron linealmente con la EC en niñas en edades de 8 a 18 años y de la misma manera en niños de 8 a 13 años. Los niños presentaron pequeñas variaciones en quienes se presentó unas pequeñas variaciones en la predicción entre 12 y 15 años y luego aumento a los 18 años. Las diferencias encontradas entre las predichas y las reales con estado de madurez contrastante fueron significativas en ambos sexos. Se concluye en este estudio que la dependencia de la edad predicha del PVC sobre

la EC y en la edad real de, PVC limita su utilidad como un indicador de tiempo de madurez y en programas de talentos deportivos.

Uno de los últimos estudios registrados hasta el momento es el de Koziel & Malina (2017). En este estudio su objetivo fue validar las nuevas ecuaciones de Maduración Offset las cuales fueron modificadas y simplificadas en el estudio de Moore et al. (2015). Fueron validadas en muestras de estudios longitudinales de niños y niñas. Dentro de la metodología de las nuevas ecuaciones se encuentran que para los niños se crearon dos nuevas ecuaciones con los siguientes predictores: La primera ecuación incluye la EC y talla sentado y la otra la EC y la estatura. Para las niñas solo se obtuvo una ecuación en la que se incluye la edad y la estatura. Fueron evaluados los datos los datos obtenidos del estudio de Wroclam cuya población fue de 193 niños (8-18 años) y 198 niñas (de 8 a 16 años). Edad observada en la velocidad máxima de altura para cada joven se estimó con el modelo 1 de Preece-Baines. Las ecuaciones de predicción originales fueron incluidas para la comparación. Edad predicha del PVC fue la diferencia entre la EC y la predicción de la maduración Offset. Entre los resultados obtenido se encontró Edades predichas del PVC y las nuevas ecuaciones se aproximan a las edades observadas de PVC en niños con maduración promedio acercándose al momento del PVC, situación que no fue evidente con las niñas con maduración promedio. Comparado lo observado en los niños y niñas maduradores tempranos la edad predicha de PVC con las ecuaciones nuevas y originales se presentó más tarde en relación con la edad de PVC real. Las variaciones presentadas entre las nuevas ecuaciones en comparación con las originales fueron reducidas. Las variaciones intraindividuales de la edad predicha de PVC. Finalmente se concluye en este estudio que las nuevas ecuaciones son útiles para niños maduradores promedio, pero no se puede decir lo mismo para las mujeres con el mismo tipo de maduración. Se identifica que tanto las ecuaciones nuevas y originales tienen mayores limitaciones con niños y niñas de maduración temprana y tardía.

En Colombia este podría ser el primer estudio en este tema de acuerdo con la revisión bibliográfica realizada. Dentro del propósito de esta investigación se pretendió evaluar la concordancia entre los estadios de maduración de Tanner y el índice de maduración antropométrica el cual está determinado por las dos formulaciones de la edad del pico de velocidad de crecimiento y las ecuaciones nuevas de maduración offset. Encontrando una concordancia favorable entre los estadios de maduración de Tanner y la edad de PVC y

concordancia favorable entre los estadios de maduración de Tanner y las ecuaciones nuevas de maduración offset con un $-p < 2.2e-16$ para las dos ecuaciones de predicción. Si analizamos los resultados obtenidos en este estudio en relación con los realizados previamente en otros países, se puede decir que en los diferentes momentos de la aplicación de la evaluación por método antropométrico al evaluarlo en referencia con el patrón de oro no ha sido tan preciso. Sin embargo, el poder encontrar un método que permita evaluar el estado de maduración de bajo costo ha sido a través de los años una consideración importante, en la búsqueda de un mejor método de evaluación. En cada uno de los estudios presentados la EC es un determinante en la selección de la muestra y consecución de los resultados; esta variable debe ser una guía a la hora de evaluar la maduración como se identificó en los anteriores estudios.

Dentro del trabajo estadístico realizado, se obtuvo una propuesta de puntos de corte para cada una de las formulaciones, las cuales fueron identificadas con las 5 categorías ya descritas anteriormente, y los estadios de maduración. Se establecieron dos tipos de puntos de corte para ambos sexos cada uno de acuerdo con las formulaciones evaluadas en el presente estudio. De lo encontrado en los anteriores estudios no se establecieron puntos de corte, ni de clasificación de la maduración. Para las ecuaciones originales se llevó la clasificación de maduración temprano, promedio y tardío, pero solo para el momento en el que posiblemente realizarán su crecimiento máximo en talla, desconociendo los otros procesos puberales por lo que atraviesa el individuo que si se pueden observar con Tanner y que de acuerdo con la propuesta de este estudio se puede clasificar haciendo seguimiento a la maduración de un individuo. Estas propuestas quedan a disposición de futuras investigaciones y validaciones de estas.

En los estudios originales de los estadios de Maduración de Tanner (Marshall, & Tanner, 1969) (Marshall, & Tanner, 1970). Se relaciona que los momentos en los cuales los niños y niñas realiza su proceso de aceleración de crecimiento se encuentran delimitados en estadios de maduración: en las niñas se encuentran en Tanner 2 y 3 y en los niños en Tanner 3 y 4. En este estudio y con la población que se tuvo se encontró que el punto de corte 0 el cual es el momento en el que el individuo hace su crecimiento máximo en talla para las niñas se encuentra distribuido en un rango que al equiparlo con Tanner se ubica en Tanner 2 y 3 y para los niños este 0 se encuentra ubicado en un rango equiparado para

Tanner en 3 y 4 como se observa en las tablas 7-4, 7-5, 7-6 Y 7-7. Esto nos permite decir que existe equivalencias entre ambos métodos y por lo tanto pueden ser aplicado en sustitución de los estadios de maduración de Tanner.

La ganancia de peso y talla reflejado tanto en hombres como en mujeres se presentó notablemente en los resultados a partir del estadio de maduración de Tanner del II al V. En los resultados de este estudio de este estudio se encontró que la ganancia de peso y talla para mujeres fue de 21,8 Kg y 29,1 cm respectivamente; en el caso de los hombres la ganancia en peso y talla fue de 28,2 Kg y 35,5 cm respectivamente. Estas ganancias en peso y talla son datos que considerar debido a que estos incrementos interanuales tan altos solo se ven reflejados en el primer año de vida. Reconocer la aparición de estos sucesos en la pubertad son importantes para el desarrollo de los niños y niñas. Por lo tanto, poder establecer entornos favorables en alimentación y nutrición que permitan el desarrollo óptimo de los individuos cobra mayor importancia para la evaluación del nivel de maduración de los adolescentes.

En el mismo sentido, conociendo que para los talentos deportivos la adquisición de un Biotipo óptimo para el deporte permitirá mayor consecución de logros deportivos; es indispensable la evaluación temprana del nivel de maduración y brindar todas las estrategias posibles que potencialicen una adecuada ganancia de talla y peso para el deporte y para lo que este requiere en su trabajo diario.

Una de las variables presentadas para este estudio fue si se encontraba entrenado o no entrenado y si esta variable incidía en el estado de maduración. Los datos arrojados en el estudio demostraron que el estado de entrenamiento no tiene una intervención en el estado de maduración de los niños y niñas participantes del estudio. Sin embargo, cabe resaltar que el estado de maduración si es un factor importante para personas físicamente activas, especialmente en aquellos niños y niñas quienes participan en competencias deportivas y las cuales son sometidas a proceso de selección de talentos deportivos. En ninguno de los estudios encontrados se tuvo en cuenta esta variable, la población podía ser toda sedentaria o no entrenada o podía ser una población de deportistas por lo tanto para este estudio se quiso establecer si había alguna influencia.

El estado de maduración es importante para la detección de talentos deportivos por encima del Efecto de la edad relativa (RAE), como lo indica el estudio de Muller et al. (2015) “*Una combinación de una edad relativa más avanzada y una maduración física avanzada conduce a una ventaja de selección de talentos deportivos*” (Muller et al. 2017, p. 200). Los atletas que presentan un estadio de maduración temprano y apariencia física más madura, por encima de deportistas con una maduración tardía, pero con características como: mejor habilidad y mayor talento que trascienden en categorías, y que pueden demostrar el potencial absoluto en determinado deporte (Müller et al. 2017).

En Colombia se debe presentar mayor atención a la detección de talentos deportivos y al uso de instrumentos o metodologías de bajo costo y con fácil aplicación que permitan la evaluación de la maduración en los niños y permitiendo la predicción de la edad de PVC. Un primer acercamiento se realizó con los lineamientos de Política Pública en Ciencias del Deporte en Nutrición (Coldeportes, 2016)

9. Conclusiones y recomendaciones

La evaluación de la maduración en los niños es un parámetro importante en proceso de crecimiento y desarrollo. Poder estimar el momento en el que los menores posiblemente hagan su pico máximo de crecimiento tiene gran utilidad en diferentes ámbitos como lo son Salud, escolar y deportivo.

Este estudio permite establecer que, si existe una concordancia entre los estadios de maduración de Tanner y el índice maduración antropométrico, estableciendo posibles puntos de corte en los cuales se puede clasificar a los niños por categorías en el caso que se obtenga una o la otra evaluación. Dentro de estos puntos se recomienda que se continúe investigando sobre este tema y realizar validación de los puntos corte propuestos en este estudio en población colombiana.

Referente a los puntos de corte propuestos, se identificó que el punto de corte de 0 para niñas se encuentra establecido en los estadios de maduración 2 y 3, y en hombres este punto de corte de 0 se encuentra en los estadios de maduración 3 y 4. Estos mismos estadios de maduración diferenciados por sexo fueron descritos como los momentos en los cuales se realiza el aceleramiento en talla hasta la consecución de la estura final. Por lo tanto, el método antropométrico de acuerdo con la concordancia es un buen predictor de este proceso biológico.

La ganancia de peso y talla durante el periodo de la pubertad es uno de los resultados importantes; buscar estrategias que permitan entornos favorables que fomenten una adecuada alimentación y nutrición en busca de adecuadas características antropométricas y óptimo estado nutricional para la modalidad deportiva que se practique.

No existe concordancia ni correlación entre el nivel de entrenamiento de un niño y la maduración de acuerdo con lo que se encontró en este estudio. Sin embargo, se abre una ventana de oportunidad para continuar el abordaje en este tema que permita determinar si los niños con un nivel de entrenamiento hacen variaciones en su maduración o el hecho de tener mayor entrenabilidad puede repercutir en estatura final más elevada. Por el contrario, para los diferentes deportes, conocer y clasificar el estado de maduración de los niños si es importante en edades tempranas y enfocarlo en la detección de talentos deportivos.

Se evidencia la necesidad de continuar indagando sobre la validación de las ecuaciones de maduración por índice antropométrico en la población colombiana y determinar si se requiere ajustarlas teniendo en cuenta que estas ecuaciones fueron desarrolladas en población de estudios longitudinales de Norteamérica y Europa y la población colombiana presenta diferencias antropométricas especialmente en estatura que podrían generar sesgo a la hora de la aplicación de estas.

10. Limitaciones y Fortalezas del Estudio

10.1 Limitaciones del estudio

1. Se encontraron pocas referencias de estudios realizados en Suramérica y no hubo información hasta el momento reportada en Colombia de acuerdo con la búsqueda realizada.

2. Este estudio es trasversal lo cual permite evaluar la concordancia para el momento en que fueron llevadas las mediciones. Es importante que para validar la información que se está presentando se lleve un seguimiento de la muestra en un estudio longitudinal y de esta manera se puedan realizar mediciones mínimo cada año hasta que finalice su crecimiento.

10.2 Fortalezas

1. Se contó con un grupo de Investigación comprometido que permitió la evaluación y posterior recolección de los datos de los niños y niñas evaluados de acuerdo con lo esperado.

2. En la recolección de los datos se pudo contar con una población tanto de niñas como niños distribuidos en cada estadio de maduración de Tanner y por lo tanto fue una muestra apropiada para el estudio.

A. Anexo: CUESTIONARIO DE CRITERIOS DE INCLUSIÓN / EXCLUSIÓN

(Padres y/o Acudientes – Adolescentes)

EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA SOBRE VARIABLES HEMATOLÓGICAS Y CONSUMO DE OXÍGENO, EN NIÑOS Y ADOLESCENTES, A ALTITUD MODERADA

| | |
|--|--|
| Nombre y Apellidos del participante | |
| Edad del niño o adolescente | |
| Lugar y fecha de nacimiento | |
| Doc. de identidad | |
| Nombres y Apellidos de padres o acudientes | |
| Dirección | |
| Teléfono domicilio | |
| Teléfono celular | |
| Correo electrónico | |

Las siguientes preguntas irán dirigidas a conocer la condición física y el estado de salud del niño/a – adolescente, y a partir de allí, será posible determinar si cumple con los criterios para ser incluido dentro del presente estudio. Por favor marque sí o no en cada pregunta. En las inquietudes que requieran información adicional, como fechas, tiempos, entre otros, puede responder en el espacio correspondiente a observaciones. La información proporcionada es confidencial y será estrictamente utilizada para fines académicos.

PREGUNTAS

| GENERALES | SI | NO | Observaciones |
|--|----|----|---------------|
| ¿El niño/a adolescente realiza algún tipo de entrenamiento o ejercicio vigoroso más de dos horas la semana? | | | |
| ¿Tiene un peso normal y saludable? | | | |
| ¿Nació y vive en Bogotá o en municipios cercanos y ha permanecido en éstos por lo menos en los últimos 5 años? | | | |
| ¿Es vegetariano? | | | |
| Mujeres: ¿Planifica con algún método hormonal? | | | |
| ¿Tiene contraindicado realizar algún tipo de ejercicio físico? ¿Cuál? | | | |
| ¿Ha tenido alguna cirugía reciente? ¿Cuál y hace cuánto? | | | |
| ¿Fuma o consume bebidas alcohólicas de manera regular? (1 día o más por semana), | | | |
| ¿Consumo sustancias psicoactivas? | | | |
| EN LOS ÚLTIMOS SEIS MESES | | | |
| ¿Ha consumido algún suplemento de hierro o ácido fólico? | | | |
| ¿Ha participado en algún programa de entrenamiento físico de manera regular (+ 3 veces en la semana)? | | | |
| ¿Le han diagnosticado anemia, o alguna enfermedad renal, pulmonar o cardiovascular? | | | |
| ¿Ha presentado algún tipo de hemorragia o sangrado nasal o de las encías? | | | |
| ¿Ha presentado episodios de vómito con sangre? | | | |

| GENERALES | SI | NO | Observaciones |
|---|----|----|---------------|
| ¿Ha presentado deposiciones negras o con sangre fresca? | | | |
| ¿Ha presentado orina con sangre? | | | |
| EN LOS ÚLTIMOS 3 MESES (MUJERES) | | | |
| ¿Tiene sospecha o confirmación de embarazo? | | | |
| ¿Presenta sangrado menstrual excesivo (más de 8 días)? | | | |
| ¿Presenta ciclos menstruales menores de 20 días? | | | |

Le agradecemos su interés y colaboración. Por favor devuelva este formulario.

B. Anexo: CUESTIONARIO DE CRITERIOS DE INCLUSIÓN / EXCLUSIÓN

(Padres y/o Acudientes - Niños)

EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA SOBRE VARIABLES HEMATOLÓGICAS Y CONSUMO DE OXIGENO, EN NIÑOS Y ADOLESCENTES, A ALTITUD MODERADA

| | |
|--|--|
| Nombre y Apellidos del participante | |
| Edad del niño o adolescente | |
| Lugar y fecha de nacimiento | |
| Doc. de identidad | |
| Nombres y Apellidos de padres o acudientes | |
| Dirección | |
| Teléfono domicilio | |
| Teléfono celular | |
| Correo electrónico | |

Las siguientes preguntas irán dirigidas a conocer la condición física y el estado de salud del niño, y a partir de allí, será posible determinar si cumple con los criterios para ser incluido dentro del presente estudio. Por favor marque sí o no en cada pregunta. En las inquietudes que requieren información adicional, como fechas, tiempos, entre otros, puede responder en el espacio correspondiente a observaciones. La información proporcionada es confidencial y será estrictamente utilizada para fines académicos.

PREGUNTAS

| GENERALES | SI | NO | Observaciones |
|--|----|----|---------------|
| ¿El niño/a adolescente realiza algún tipo de entrenamiento o ejercicio vigoroso más de dos horas la semana? | | | |
| ¿Tiene un peso normal y saludable? | | | |
| ¿Nació y vive en Bogotá o en municipios cercanos y ha permanecido en éstos por lo menos en los últimos 5 años? | | | |
| ¿Es vegetariano o sus padres son vegetarianos? | | | |
| ¿Tiene contraindicado realizar algún tipo de ejercicio físico? ¿Cuál? | | | |
| ¿Ha tenido alguna cirugía reciente? ¿Cuál y hace cuánto? | | | |
| ¿Vive en un ambiente con una persona fumadora? | | | |
| EN LOS ÚLTIMOS SEIS MESES | | | |
| ¿Ha consumido algún suplemento de hierro o ácido fólico? | | | |
| ¿Ha participado en algún programa de entrenamiento físico de manera regular (+ 3 veces en la semana)? | | | |
| ¿Le han diagnosticado anemia, o alguna enfermedad renal, pulmonar o cardiovascular? | | | |
| ¿Ha presentado algún tipo de hemorragia o sangrado nasal o de las encías? | | | |
| ¿Ha presentado episodios de vómito con sangre? | | | |
| ¿Ha presentado deposiciones negras o con sangre fresca? | | | |
| ¿Ha presentado orina con sangre? | | | |

Le agradecemos su interés y colaboración. Por favor devuelva este formulario.

C. Anexo: INFORMADO

CONSENTIMIENTO

EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA SOBRE VARIABLES HEMATOLÓGICAS Y CONSUMO DE OXIGENO, EN NIÑOS Y ADOLESCENTES, A ALTITUD MODERADA

INTRODUCCIÓN

Este documento contiene información sobre la investigación en la que se le ha propuesto participar, “EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA SOBRE VARIABLES HEMATOLÓGICAS Y CONSUMO DE OXIGENO, EN NIÑOS Y ADOLESCENTES, A ALTITUD MODERADA”.

La mayoría de estudios relacionados con el efecto del entrenamiento de resistencia sobre las variables hematológicas y en particular, la masa total de hemoglobina (Hbt), han sido realizados en adultos entrenados y solo algunos de ellos, se reportan en adolescentes. Existe un déficit en el conocimiento sobre el comportamiento de la masa total de hemoglobina Hbt y de otras variables sanguíneas (volumen de sangre, plasma, eritrocitos, eritropoyetina, reticulocitos, ferritina), así como de su relación con la capacidad de realizar trabajo físico (consumo máximo de oxígeno), en niños y adolescentes y, de cómo esto se encuentra determinado por el sexo, los cambios madurativos inherentes a la pubertad y la altitud a la cual se entrene.

- Lea con detenimiento la siguiente información:

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

El rendimiento en los deportes de resistencia depende de la capacidad para liberar oxígeno al tejido muscular y de la habilidad de los músculos para utilizarlo, por tanto, se relaciona

directamente con el consumo máximo de oxígeno (VO₂max). En atletas de resistencia (como corredores, ciclistas entre otros), el suplemento de oxígeno al músculo activo parece ser el factor determinante del consumo de oxígeno VO₂max. Como el oxígeno es transportado por la hemoglobina, la cantidad total de masa de hemoglobina (Hbt) y variables asociadas, determinan en gran parte, la capacidad de transporte de oxígeno en la sangre.

Estudios realizados en atletas adultos de resistencia han demostrado que esta población se caracteriza por tener una mayor masa total de hemoglobina Hbt en relación al peso corporal que sujetos de otras disciplinas o no entrenados. Sin embargo, no es claro si los incrementos de la masa total de hemoglobina Hbt son efecto de muchos años de entrenamiento, de una predisposición genética, o la combinación de ambos.

Dentro de la investigación se tiene como objetivo general: los efectos que tiene el entrenamiento de resistencia en niños y adolescentes, sobre variables sanguíneas y el consumo máximo de oxígeno (VO₂max) cuando realizan el entrenamiento a una altitud moderada. Por otra parte, también determinar si el género y la edad biológica producen un efecto diferencial sobre estas variables.

DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

En el estudio participarán niños (as) y adolescentes, de los cuales exista la aprobación por parte del representante legal o padre de familia, y así cumplir los criterios de inclusión. Las evaluaciones se realizarán en las instalaciones del centro de servicios biomédicos de Coldeportes y en el laboratorio de Fisiología del Grupo de Investigación con adaptaciones a la hipoxia y al ejercicio. Al depender de las mediciones a realizar, se informará las condiciones y hora específica.

En el estudio pueden participar: niños (as) y adolescentes con edades entre los 7 y 18 años, entrenados en resistencia aeróbica: Que tengan un volumen mayor a dos horas de entrenamiento a la semana, No entrenados: Que no cumplan con los requerimientos de actividad física para ser activos, niños/as y adolescentes que estén en una clasificación de peso corporal normal para la edad. Que no hayan consumido suplementos de hierro o ácido fólico en los últimos 6 meses. Que hayan nacido y vivido en Bogotá o en municipios cercanos y hayan permanecido en estos en los últimos 5 años. No haber sido

diagnosticado de anemia, ni de enfermedades renales, ni pulmonares, o cardiovasculares; o ninguna que afecte el comportamiento de las variables hematológicas. No presentar dentro del examen médico signos de enfermedad o valores anormales en la evaluación inicial de variables hematológicas. No tener restricciones para la realización de ejercicio físico. Mujeres adolescentes que no planifiquen con métodos hormonales y que su ciclo menstrual no sea menor a 20 días. Si el niño/niña o adolescente cumple con los criterios que están establecidos para el estudio, se le convocará y se le informarán los procedimientos a seguir. Se tomarán medidas antropométricas para establecer la composición corporal, se indagará en la alimentación, el nivel de actividad física, se evaluarán las diferentes variables hematológicas, y el consumo de oxígeno. Lo anterior le permitirá saber las condiciones en las que se encuentra.

Firma del consentimiento informado: por parte del representante legal del niño (a) o adolescente se debe realizar la firma y confirmación de los criterios de inclusión y exclusión de la investigación y se indagará por historia previa de enfermedades o condiciones que hagan sospechar enfermedades importantes que interfieran en la participación del estudio. Luego de explicar suficientemente lo que se pretende con la investigación, mediciones necesarias, riesgos y tras aclarar cualquier duda, se firmará el consentimiento informado.

BENEFICIOS DE LA PARTICIPACIÓN

A través de las diferentes evaluaciones mencionadas, ustedes, sus hijos (as) o el representante legal y los investigadores tendrán conocimiento acerca de su condición en relación a las variables hematológicas a partir de los resultados obtenidos. Dentro de estas podrán conocer su volumen sanguíneo, así como los niveles de hemoglobina Hb, la masa total de hemoglobina Hbt. Asimismo, es posible detectar afecciones a nivel sanguíneo, por ejemplo, deficiencias de hierro en los niños y sus implicaciones médicas. Por otro lado, estas mediciones pretenden ser uno de los factores para la detección de talentos deportivos.

MOLESTIAS Y RIESGOS DURANTE SU PARTICIPACIÓN

Los niños, niñas y adolescentes participantes deberán estar en ropa cómoda y ligera para las evaluaciones y los investigadores deberán realizar las mediciones mencionadas.

No obstante, durante algunos de los procedimientos de medición sanguínea y prueba de esfuerzo pueden presentarse respuestas entre las que se incluyen: respuestas anormales al esfuerzo y al ejercicio, desmayos, mareos, falta de aire, entre otros. Sin embargo, los investigadores procurarán evitar o reducir al máximo la presencia de tales fenómenos y estarán en la capacidad de actuar en caso de emergencia.

PARTICIPACIÓN / RETIRADA VOLUNTARIA DEL ESTUDIO

La participación de sus hijos (as) o representado legal es voluntaria y en el caso de que se decida suspender, no va a suponer ningún tipo de penalización. Así mismo, los voluntarios podrán ser retirados del estudio sin su consentimiento, si el investigador así lo considera, y se consignará detalladamente la causa.

PREGUNTAS E INFORMACIÓN

Cualquier nueva información referente a las pruebas realizadas, que se descubra mientras dure la participación, será debidamente explicada.

En caso de dudas sobre el estudio o los derechos de sus hijos (as) o representado legal, podrá contactar con la Profesora Érica Mancera Soto, emmanceras@unal.edu.co, investigadora principal.

CONFIDENCIALIDAD Y PRIVACIDAD

Los resultados de las mediciones se manejarán con la más estricta garantía de confidencialidad, y se dedicarán exclusivamente al estudio de los parámetros sanguíneos establecidos.

La información, los datos y resultados obtenidos del estudio, serán utilizados para procesos investigativos y en todo momento se protegerá la identidad de los participantes. A estos datos tendrán acceso exclusivo los investigadores del estudio.

REVISIÓN ÉTICA

La presente será una investigación de riesgo mínimo, de acuerdo a lo establecido en la Resolución No. 00843 de 1993 del Ministerio de Salud; Título II, capítulo 1: Aspectos éticos de las investigaciones en seres humanos, artículo 11, Numeral B. En efecto, se tendrá en

cuenta el Capítulo 3: Investigaciones en menores de edad o discapacitados, artículos 24 y 28 (numeral a y b).

Según el artículo 25 de esta Resolución, para la realización de este tipo de investigaciones deberá obtenerse el consentimiento informado de quienes ejercen la patria potestad o representación legal del menor. Este estudio se desarrollará según la legislación Colombiana de Buenas Prácticas Clínicas (Resolución número 002378 de 2008) y la Declaración de Helsinki, en los cuales se regula la confidencialidad de la identidad de los sujetos, los consentimientos informados, los métodos, aval ético y el bienestar de los individuos.

Bioseguridad: La presente investigación se acogerá a lo dispuesto en la resolución ya mencionada, título IV Bioseguridad de las investigaciones, capítulo 1: Investigación con microorganismos patógenos o material biológico que pueda contenerlos; artículo 63.

NOMBRE DEL VOLUNTARIO:

FIRMA DEL NIÑO/A O ADOLESCENTE:

FIRMA DEL REPRESENTANTE LEGAL O PADRE:

CC _____

EQUIPO INVESTIGADOR

NOMBRE: _____

FIRMA: _____

FECHA: _____

D. Anexo: FORMATO DE HISTORIA CLÍNICA

EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA SOBRE VARIABLES HEMATOLÓGICAS Y CONSUMO DE OXIGENO, EN NIÑOS Y ADOLESCENTES, A ALTITUD MODERADA

| | |
|------------------------------|---|
| DATOS PERSONALES | Fecha: |
| Nombres: | Apellidos: |
| Identificación: | Fecha Nacimiento (dd/mm/aa): |
| Edad: | Género: Fem. <input type="checkbox"/> Mas. <input type="checkbox"/> |
| Dirección: | Ciudad/ Municipio: |
| Teléfono: | Correo: |
| Nombre de padre o acudiente: | Teléfono: |
| EPS: | MOTIVO DE CONSULTA: Examen médico para participación en proyecto de investigación |

| |
|---|
| ANTECEDENTES |
| FAMILIARES: |
| Médicos (Patológicos-hemorragíparos-parasitarios) |
| Quirúrgicos: |

| | |
|-------------------|---|
| Traumáticos: | |
| Ocupacionales: | |
| Toxico alérgicos: | |
| Ginecobstétricos: | |
| Menarquía: | Ciclos: Regular <input type="checkbox"/> Irregular <input type="checkbox"/> |
| Anticoncepción: | |

| REVISIÓN POR SISTEMAS | |
|----------------------------|--|
| Piel y Faneras: | |
| Sistema Nervioso: | |
| Osteomuscular y articular: | |
| Respiratorio: | |
| Cardiovascular: | |
| Genitourinario: | |
| Digestivo: | |

| EXAMEN FÍSICO | | | | |
|------------------------|------------|------|-----|-----|
| Peso(kg): | Talla(cm): | P.A: | FC: | To: |
| Cabeza y Cuello: | | | | |
| Cardiorespiratorio: | | | | |
| Abdominal: | | | | |
| Extremidades: | | | | |
| Piel y Faneras: | | | | |
| Impresión Diagnóstica: | | | | |

| | | | | |
|--------|------------|---------|-------|--------|
| Médico | Evaluador: | Nombre: | _____ | Firma: |
| _____ | | | | |

E. Anexo: CUESTIONARIO DE ACTIVIDAD FÍSICA PARA ADOLESCENTES (PAQ-A)

Nombre: _____ Edad: _____

Género: M_____ F_____

Queremos conocer cuál es tu nivel de actividad física en los últimos 7 días (última semana). Esto incluye todas aquellas **actividades como deportes, gimnasia o danza que** hacen sudar o sentirte cansado, o juegos que hagan que se acelere tu respiración como jugar cogidos, saltar a la cuerda, correr, trepar y otras.

Recuerda:

- No hay preguntas buenas o malas. Esto NO es un examen.
- Contesta las preguntas de la forma más honesta y sincera posible. Esto es muy importante.

1. Actividad Física en tu tiempo libre: ¿Has hecho alguna de estas actividades en los últimos 7 días (última semana)? Si tu respuesta es sí: ¿cuántas veces las has hecho?
(*Marca una casilla por actividad*)

| | NO | 1-2 | 3-4 | 5-6 | 7 veces o + |
|-----------------------------|----|-----|-----|-----|----------------|
| Saltar a la cuerda | | | | | |
| Patinar | | | | | |
| Jugar a juegos como cogidos | | | | | |
| Montar en bicicleta | | | | | |

| | | | | | |
|-------------------------------------|--|--|--|--|--|
| Caminar (como ejercicio) | | | | | |
| Correr | | | | | |
| Aeróbic/spinning | | | | | |
| Natación | | | | | |
| Bailar/danza | | | | | |
| Tennis | | | | | |
| Rugby | | | | | |
| Montar en monopatín | | | | | |
| Fútbol/ fútbol sala | | | | | |
| Voleibol | | | | | |
| Baloncesto | | | | | |
| Atletismo | | | | | |
| Musculación/pesas | | | | | |
| Artes marciales (judo, kárate, ...) | | | | | |
| Otros: | | | | | |

2. En los últimos 7 días, durante las clases de educación física, ¿cuántas veces estuviste muy activo durante las clases: jugando intensamente, corriendo, saltando, haciendo lanzamientos? (Señala sólo una)

| | |
|-------------------------------|--|
| No hice/hago educación física | |
| Casi nunca | |
| Algunas veces | |
| A menudo | |
| Siempre | |

3. En los últimos 7 días ¿qué hiciste normalmente a la hora del descanso (antes y después de comer)? (Señala sólo una)

| | |
|--|--|
| Estar sentado (hablar, leer, trabajo de clase) | |
| Estar o pasear por los alrededores | |
| Correr o jugar un poco | |
| Correr y jugar bastante | |
| Correr y jugar intensamente todo el tiempo | |

4. En los últimos 7 días, que haces normalmente al almorzar (además de almorzar)
(Señala sólo una)

| | |
|--|--|
| Estar sentado (hablar, leer, trabajo de clase) | |
| Estar o pasear por los alrededores | |
| Correr o jugar un poco | |
| Correr y jugar bastante | |
| Correr y jugar intensamente todo el tiempo | |

5. En los últimos 7 días, ¿cuántos días después del colegio, hiciste deportes, baile o jugaste a juegos en los que estuvieras muy activo? (Señala sólo una)

| | |
|-----------------------------------|--|
| Ninguno | |
| 1 vez en la última semana | |
| 2-3 veces en la última semana | |
| 4 veces en la última semana | |
| 5 veces o más en la última semana | |

6. En los últimos 7 días, ¿cuántos días en la tarde, hiciste deportes, baile o jugaste a juegos en los que estuvieras muy activo? (Señala sólo una)

| | |
|-----------------------------------|--|
| Ninguno | |
| 1 vez en la última semana | |
| 2-3 veces en la última semana | |
| 4 veces en la última semana | |
| 5 veces o más en la última semana | |

7. El último fin de semana, ¿cuántas veces hiciste deportes, baile o jugar a juegos en los que estuviste muy activo? (Señala sólo una)

| | |
|-----------------------------------|--|
| Ninguno | |
| 1 vez en la última semana | |
| 2-3 veces en la última semana | |
| 4 veces en la última semana | |
| 5 veces o más en la última semana | |

8. ¿Cuál de las siguientes frases describen mejor tu última semana? Lee las cinco antes de decidir cuál te describe mejor. (Señala sólo una)

| | |
|--|--|
| Todo o la mayoría de mi tiempo libre lo dediqué a actividades que suponen poco esfuerzo físico | |
| Algunas veces (1 o 2 veces) hice actividades físicas en mi tiempo libre (por ejemplo, hacer deportes, correr, nadar, montar en bicicleta, hacer aeróbicos) | |
| A menudo (3-4 veces a la semana) hice actividad física en mi tiempo libre | |
| Bastante a menudo (5-6 veces en la última semana) hice actividad física en mi tiempo libre | |
| Muy a menudo (7 o más veces en la última semana) hice actividad física en mi tiempo libre | |

9. Señala con qué frecuencia hiciste actividad física para cada día de la semana (como hacer deporte, jugar, bailar o cualquier otra actividad física)

| | Ninguna | Poca | Normal | Bastante | Mucha |
|-----------|---------|------|--------|----------|-------|
| Lunes | | | | | |
| Martes | | | | | |
| Miércoles | | | | | |
| Jueves | | | | | |
| Viernes | | | | | |
| Sábado | | | | | |
| Domingo | | | | | |

10. ¿Estuviste enfermo esta última semana o algo impidió que hicieras normalmente actividades físicas?

| | |
|----|--|
| Si | |
| No | |

Traducción por: Rev Esp Salud Pública 2009, Vol. 83, N.º 3 (tomado y adaptado)

F. Anexo: CUESTIONARIO DE ACTIVIDAD FÍSICA PARA NIÑOS (PAQ-C)

Queremos conocer cuál es tu nivel de actividad física en los últimos 7 días (última semana). Esto incluye todas aquellas **actividades como deportes, gimnasia o danza que** hacen sudar o sentirte cansado, o juegos que hagan que se acelere tu respiración como jugar cogidos, saltar a la cuerda, correr, trepar y otras.

Recuerda:

- No hay preguntas buenas o malas. Esto NO es un examen
- Contesta las preguntas de la forma más honesta y sincera posible. Esto es muy importante.

1. Actividad Física en tu tiempo libre: ¿Has hecho alguna de estas actividades en los últimos 7 días (última semana)? Si tu respuesta es sí: ¿cuántas veces las has hecho? (Marca una casilla por actividad)

| | NO | 1-2 | 3-4 | 5-6 | 7 veces o + |
|-----------------------------|----|-----|-----|-----|-------------|
| Saltar a la cuerda | | | | | |
| Patinar | | | | | |
| Jugar a juegos como cogidos | | | | | |
| Montar en bicicleta | | | | | |
| Caminar (como ejercicio) | | | | | |
| Correr | | | | | |
| Aeróbic/spinning | | | | | |
| Natación | | | | | |
| Bailar/danza | | | | | |

| | | | | | |
|-------------------------------------|--|--|--|--|--|
| Tennis | | | | | |
| Rugby | | | | | |
| Montar en monopatín | | | | | |
| Fútbol/ fútbol sala | | | | | |
| Voleibol | | | | | |
| Baloncesto | | | | | |
| Atletismo | | | | | |
| Musculación/pesas | | | | | |
| Artes marciales (judo, kárate, ...) | | | | | |
| Otros: | | | | | |
| Otros: | | | | | |

2. En los últimos 7 días, durante las clases de educación física, ¿cuántas veces estuviste muy activo durante las clases: jugando intensamente, corriendo, saltando, haciendo lanzamientos? (Señala sólo una)

| | |
|-------------------------------|--|
| No hice/hago educación física | |
| Casi nunca | |
| Algunas veces | |
| A menudo | |
| Siempre | |

3. En los últimos 7 días ¿qué hiciste normalmente a la hora de la comida (antes y después de comer)? (Señala sólo una)

| | |
|--|--|
| Estar sentado (hablar, leer, trabajo de clase) | |
| Estar o pasear por los alrededores | |
| Correr o jugar un poco | |
| Correr y jugar bastante | |
| Correr y jugar intensamente todo el tiempo | |

4. En los últimos 7 días, inmediatamente después del colegio, ¿cuántos días jugaste a algún juego, hiciste deporte o bailes en los que estuvieras muy activo? (Señala sólo una)

| | |
|---------------------------|--|
| Ninguno | |
| 1 vez en la última semana | |

| | |
|-----------------------------------|--|
| 2-3 veces en la última semana | |
| 4 veces en la última semana | |
| 5 veces o más en la última semana | |

5. En los últimos 7 días, ¿cuántos días en la tarde hiciste deportes, baile o jugaste a juegos en los que estuvieras muy activo? (Señala sólo una)

| | |
|-----------------------------------|--|
| Ninguno | |
| 1 vez en la última semana | |
| 2-3 veces en la última semana | |
| 4 veces en la última semana | |
| 5 veces o más en la última semana | |

6. El último fin de semana, ¿cuántas veces hiciste deportes, baile o jugar a juegos en los que estuviste muy activo? (Señala sólo una)

| | |
|-----------------------------------|--|
| Ninguno | |
| 1 vez en la última semana | |
| 2-3 veces en la última semana | |
| 4 veces en la última semana | |
| 5 veces o más en la última semana | |

7. ¿Cuál de las siguientes frases describen mejor tu última semana? Lee las cinco antes de decidir cuál te describe mejor. (Señala sólo una)

| | |
|--|--|
| Todo o la mayoría de mi tiempo libre lo dediqué a actividades que suponen poco esfuerzo físico | |
| Algunas veces (1 o 2 veces) hice actividades físicas en mi tiempo libre (por ejemplo, hacer deportes, correr, nadar, montar en bicicleta, hacer aeróbic) | |
| A menudo (3-4 veces a la semana) hice actividad física en mi tiempo libre | |
| Bastante a menudo (5-6 veces en la última semana) hice actividad física en mi tiempo libre | |
| Muy a menudo (7 o más veces en la última semana) hice actividad física en mi tiempo libre | |

8. Señala con qué frecuencia hiciste actividad física para cada día de la semana (como hacer deporte, jugar, bailar o cualquier otra actividad física)

| | Ninguna | Poca | Normal | Bastante | Mucha |
|-----------|---------|------|--------|----------|-------|
| Lunes | | | | | |
| Martes | | | | | |
| Miércoles | | | | | |
| Jueves | | | | | |
| Viernes | | | | | |
| Sábado | | | | | |
| Domingo | | | | | |

9. ¿Estuviste enfermo esta última semana o algo impidió que hicieras normalmente actividades físicas?

| | |
|----|--|
| Si | |
| No | |

G. Anexo: PROTOCOLO DE EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL EN NIÑOS, NIÑAS Y ADOLESCENTES

Recomendaciones Pre-evaluación.

Para realizar las mediciones necesarias para obtener la composición corporal de los sujetos se debe tener en cuenta los siguientes requerimientos:

1. Llegar 30 minutos antes de la cita programada
2. Durante la evaluación tener el mínimo de ropa posible para efectuar las mediciones
3. Haber firmado con anterioridad el consentimiento informado, y haber recibido una explicación directa sobre los procedimientos a realizar y los riesgos que la prueba implica.
4. Seguir las recomendaciones dadas por el antropométrista.

PROTOCOLO DE TOMA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

La antropometría es la rama de la ciencia que se ocupa de las mediciones comparativas del cuerpo humano, sus diferentes partes y sus proporciones. Teoría de las medidas del cuerpo humano y de su proporcionalidad.

Objetivo: Estimar la composición corporal de los niños y niñas participantes del estudio por medio del método Antropométrico, con el fin de establecer su estado nutricional y si su masa grasa y masa libre de grasa.

Materiales:

- Báscula con precisión de 100 g

- Tallímetro de pared o estadiómetro (Precisión 1 mm)

Tiempo de aplicación

La intervención por participante tiene una duración de 20 minutos

Explicación y Aplicación de la Prueba

Antes de iniciar las mediciones se le dará a conocer al menor y su acudiente el protocolo del Método antropométrico. Para esto se entregará el consentimiento informado para que este sea leído y comprendido por los participantes. Las mediciones serán realizadas en privado en compañía de los padres de familia.

Para la medición se necesita que el menor esté con la cantidad mínima de ropa posible (Previamente a la valoración se indicará cómo deben presentarse a la prueba), mínimo espesor y seguir los contornos naturales del cuerpo. Debe permitir el acceso a las áreas de la piel para la medición de los pliegues cutáneos. Durante la aplicación del protocolo se pedirá al participante que adopte diferentes posiciones con el fin de que las medidas sean tomadas con mayor facilidad, rapidez y eficazmente. Todas las medidas serán tomadas en el lado derecho del cuerpo independiente del lado preferido del sujeto.

Se iniciará con el marcaje de las referencias anatómicas que evidencian el sitio exacto de la medición. Estas marcas deben ser señaladas con el dedo pulgar o dedo índice y es marcado con un lápiz demográfico con una pequeña cruz u otra señal de identificación y deben realizarse antes de llevar a cabo cualquier medición.

MEDIDAS BÁSICAS

- Masa corporal®

La masa corporal es la cantidad de materia en el cuerpo calculada a través de la medición del peso. El peso es evaluado con la mínima cantidad de ropa posible para que genere una mayor precisión. El sujeto debe estar de pie sobre el centro de la balanza sin estar apoyado y con el peso distribuido uniformemente sobre ambos pies. El equipo que se debe utilizar para esta medición es una balanza con escala.

- **Estatura®**

Es la distancia perpendicular entre el plano transversal del Vertex (punto más superior en el cráneo) y los bordes inferiores de los pies. Esta medida es tomada con un estadiómetro. Para registrar la altura en extensión máxima se requiere que el sujeto se pare con los talones juntos, los glúteos y la parte superior de la espalda apoyada en el estadiómetro que debe estar fijado a la pared. Para esta medida se requiere adoptar el plano de Frankfort el cual se logra cuando el Orbitale (margen inferior de la órbita ocular) está alineado horizontalmente con el Triagión (protuberancia cartilaginosa superior de la oreja). Cuando está alineado el Vertex es el punto más alto del cráneo.

Cuando se ubica al sujeto en el plano de Frankfort el evaluador localiza los pulgares superiormente hacia los oídos del sujeto, a lo largo de la mandíbula del sujeto para asegurar la presión hacia arriba. Se le pide al sujeto que inhale profundamente y mantenga la respiración y el evaluador aplica una leve tracción hacia arriba a través de los procesos mastoides. El anotador coloca la escuadra firmemente sobre el Vertex, comprimiendo el pelo tanto como sea posible. La medición es tomada antes de que el sujeto exhale.

- **Talla sentado**

La talla sentado es la distancia perpendicular entre el plano transversal del Vertéx y los bordes inferiores de los glúteos cuando el sujeto sentado. Para la medición realizada, el equipo fue un estadiómetro. El sujeto está sentado sobre una caja de medición o plataforma de nivel. Las manos descansan sobre la cara anterior de los muslos. Se le pide al sujeto que inhale y mantenga una respiración profunda y mientras mantiene la cabeza en el plano de Frankfort. El evaluador aplica una tracción leve hacia arriba a través de los procesos mastoides. El anotador coloca la escuadra firmemente sobre el Vertex, comprimiendo el pelo 1 tanto como sea posible.

Referencias Bibliográficas

AlQahtani, S., Hector, M., & Liversidge, H. (2014). Accuracy of dental age estimation charts: Schour and Massler, Ubelaker and the London Atlas. *American journal of physical anthropology*, 154(1), 70-8.

Bailey., D. (1997). The Saskatchewan Pediatric Bone Mineral Accrual Study: bone mineral acquisition during the growing years. *Int J Sports Med*. 18 Suppl 3:S191-4.

Beunen, G., Malina, R., Lefevre, J., Claessens, A., Renson, R., Simons, J. (1997). Prediction of adult stature and noninvasive assessment of biological maturation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(2), 225-30.

Beunen, G., Malina, R., Freitas, D., Maia, J., Claessens, A., Gouveia, E., & Lefevre, J. (2010). Cross-validation of the Beunen–Malina method to predict adult height. *Annals of human biology*, 37(4), 593-597.

Campbell, M., Machin, D., & Walters, S. (2010). *Medical statistics: a textbook for the health sciences*. John Wiley & Sons.

Canavos, G.C (1988), *Probabilidad y estadística, aplicaciones y métodos*. Editorial McGraw Hill, México.

Crawley, M. (2015). *Statistics: An Introduction Using R*. Wiley & Sons, Chichester.

Cerda, J., & Villarroel, L. (2008). evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: coeficiente de kappa. revista chilena de pediatría, 79(1), 54-58.

Demirjian, A., Buschang, P. H., Tanguay, R., & Patterson, D. K. (1985). Interrelationships among measures of somatic, skeletal, dental, and sexual maturity. American journal of orthodontics, 88(5), 433-438.

Departamento Administrativo del Deporte, la Recreación, la Actividad Física y el Aprovechamiento del Tiempo Libre (COLDEPORTES) (2016), Colección 1 de los Lineamientos de Política Pública en Ciencias del Deporte en Nutrición.

Gómez-Campos, R., Arruda, M., Hobold, E., Abella, C., Camargo, C., Martínez Salazar, C., & Cossio-Bolaños, M. (2013). Valoración de la maduración biológica: usos y aplicaciones en el ámbito escolar. Revista Andaluza de Medicina del Deporte. 6(4), 151-60.

Hägg, U., & Taranger, J. (1982). Maturation indicators and the pubertal growth spurt. American journal of orthodontics. 82(4), 299-309.

Hills, A., & Byrne, N. (2010). An overview of physical growth and maturation. In Cytokines, Growth Mediators and Physical Activity in Children during Puberty. Karger Publishers. 55, 1-13.

Hollander, M & Wolfe, D. (1973). Nonparametric Statistical Methods. New York: John Wiley & Sons. Pages 185–194

Kozieł, S., & Malina, R. (2017). Modified Maturity Offset Prediction Equations: Validation in Independent Longitudinal Samples of Boys and Girls. Sports Medicine. 48(1), 221-236.

Limdiwala, P., & Shah, J. (2013). Age estimation by using dental radiographs. Journal of forensic dental sciences. 5(2), 118.

Lloyd, R., Oliver, J., Faigenbaum, A., Myer, G., & Croix, M. (2014). Chronological age vs. biological maturation: implications for exercise programming in youth. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(5), 1454-64.

Malina, R., Dompier, T., Powell, J., Barron, M., Moore, M. (2007). Validation of a noninvasive maturity estimate relative to skeletal age in youth football players. *Clin J Sport Med*, 17(5), 362-8.

Malina, R. (2011). Skeletal age and age verification in youth sport. *Sports Medicine*, 41(11), 925-47.

Malina, R., Coelho E Silva M., Figueiredo, A., Carling, C., Beunen, G. (2012). Interrelationships among invasive and non-invasive indicators of biological maturation in adolescent male soccer players. *Journal of sports sciences*, 30(15), 1705-17.

Malina, R. (2014). Top 10 research questions related to growth and maturation of relevance to physical activity, performance, and fitness. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 85(2), 157-173.

Malina, R., & Koziel, S. (2014). Validation of maturity offset in a longitudinal sample of Polish boys. *Journal of Sports Sciences*, 32(5), 424-437.

Malina, R., & Koziel, S. (2014). Validation of maturity offset in a longitudinal sample of Polish girls. *Journal of sports sciences*, 32(14), 1374-1382.

Malina, R., Rogol, A., Cumming, S., Coelho e Silva, M., & Figueiredo, A. (2015). Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. *Br J Sports Med*, 49(13), 852-9.

Malina, R. M., Choh, A. C., Czerwinski, S. A., & Chumlea, W. C. (2016). Validation of maturity offset in the Fels Longitudinal Study. *Pediatric exercise science*, 28(3), 439-455.

Marshall, W., & Tanner, J. (1969). Variations in pattern of pubertal changes in girls. *Archives of disease in childhood*. 44(235), 291.

Marshall, W., & Tanner, J. (1970). Variations in the pattern of pubertal changes in boys. *Archives of disease in childhood*. 45(239),13-23.

Martínez, R., Tuya, L., Martínez, M., Pérez, A., & Cánovas, A. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8(2)

Mirwald, R., Baxter-Jones, A., Bailey, D., & Beunen, G. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc*. 34(4), 689-94.

Moore, S., McKay, H., Macdonald, H., Nettlefold, L., Baxter-Jones, A., Cameron, N., & Brasher, P. M. (2015). Enhancing a somatic maturity prediction model. *Med Sci Sports Exerc*, 47(8), 1755-64.

Moreira, O., Alonso-Aubin, D., de Oliveira, C., Candia-Luján, R., & de Paz, J. (2015) Métodos de evaluación de la composición corporal: una revisión actualizada de descripción, aplicación, ventajas y desventajas. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, (170), 387-394.

Müller, L., Müller, E., Hildebrandt, C., Kapelari, K., Raschner, C. (2015). Die Erhebung des biologischen Entwicklungsstandes für die Talentselektion–welche Methode eignet sich? *Sportverletzung· Sportschaden*. 29(01), 56-63.

Müller, L., Hildebrandt, C., & Raschner, C. (2017). The Role of a Relative Age Effect in the 7th International Children's Winter Games 2016 and the Influence of Biological Maturity Status on Selection. *Journal of sports science & medicine*, 16(2), 195.

Norton, K., Olds, T., Mazza, J., Cuesta, G., & Palma, M. (2000). Antropométrica: un libro de referencia sobre mediciones corporales humanas para la educación en deportes y salud. Rosário: Biomsystem. 3(2), 102-16.

Roger Bivand (2017). classInt: Choose Univariate Class Intervals. R package version 0.1-<https://CRAN.R-project.org/package=classInt>

Sherar, L., Mirwald, R., Baxter-Jones, A., & Thomis, M. (2005). Prediction of adult height using maturity-based cumulative height velocity curves. *The Journal of pediatrics*. 147(4), 508-14.

Stewart, A. (2007). Kinanthropometry—the interdisciplinary discipline.

Stewart, A., Marfell-Jones, M., Olds, T., & de Ridder, H. (2011). Protocolo internacional para la valoración antropométrica. Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría Biblioteca Nacional de Australia Portsmouth, UK.

Team, R. C. (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Van de Wiel, M. A., & Di Bucchianico, A. (2001). Fast computation of the exact null distribution of Spearman's ρ and Page's L statistic for samples with and without ties. *Journal of statistical planning and inference*, 92(1-2), 133-145.

Veldhuis, J., Roemmich, J., Richmond, E., Rogol, A., Lovejoy, J., Sheffield-Moore, M., & Bowers, C. (2004). Endocrine control of body composition in infancy, childhood, and puberty. *Endocrine reviews*. 2005;26(1):114-46.