

UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLIVAR
OFICINA LA PAZ



ÁREA DE SALUD
MAESTRIA EN ODONTOLOGÍA CON ESPECIALIDAD EN
“ORTODONCIA”
Primera Versión
2007- 2010

**“CORRELACIÓN ENTRE LA EDAD CRONOLÓGICA, EL DESARROLLO DENTAL Y LA
MADURACIÓN ESQUELÉTICA DE ESTUDIANTES DE 10 A 15 AÑOS DE EDAD DEL
COLEGIO JUAN PABLO II DEL BARRIO DE ALTO SEGÜENCOMA
DE LA CIUDAD DE LA PAZ”**

MAESTRANTE: DRA. MARÍA FERNANDA MOLINA MORENO
TUTOR: DR. JORGE DANIEL AGUIRRE

LA PAZ – BOLIVIA
2012

AGRADECIMIENTOS

A Dios por amarme, por permitirme conocerle de verdad y estar siempre a mi lado, en momentos de alegría como este y levantándome en momentos de prueba.

A mis padres Luis y Mary Dolly por ser mis grandes ejemplos de valentía. Gracias por el gran amor que me tienen, que me demuestran día a día, procurando siempre mi superación y bien estar. Por su constante esfuerzo y apoyo en todos los ámbitos de mi vida

A mi tía Celina por ser un ejemplo de superación, brindarme su cariño, apoyo e incentivar-me a ser una excelente profesional.

A toda mi familia por estar unida y apoyarme siempre.

A mi Negrito por darme su amor y confianza, por hacer que las cosas que son importantes para mí, lo sean también para él

A Lisy por ser como una hermana para mí, gracias por sus consejos y su apoyo incondicional.

A mi tutor de Tesis el Dr. Jorge Daniel Aguirre por su asesoría y gran ayuda en la realización del presente trabajo de investigación.

A la Dra. Pilar Navia por la guía y ayuda brindada

A la empresa SAE por obsequiarnos productos para el cuidado bucal, que fueron entregados a los alumnos sujetos del estudio.

Al Centro de Salud de Alto Següencoma (Red 5 Sur) por otorgarme la autorización para llevar a cabo el presente estudio.

A la Sra. Rosario Pérez Cortéz, directora del Colegio Juan Pablo II, por permitirme realizar el estudio en dicho establecimiento y brindarme su confianza

A los padres de familia que aceptaron de forma voluntaria que sus hijos participen del estudio.

INDICE

RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	6
II. MARCO TEÓRICO	7
2.1. CRECIMIENTO	7
2.1.1. Crecimiento de los tejidos	7
2.1.2. Crecimiento diferencial.....	8
2.1.3. Variables que afectan el crecimiento físico	10
2.1.4. Velocidad de crecimiento	11
2.1.5. Curvas de crecimiento	11
2.1.5.1. Curva de distancia	11
2.1.5.2. Curva de velocidad	11
2.1.6. Brote de crecimiento puberal	13
2.1.7. Velocidad máxima de altura (PHV)	14
2.1.8. Relación de la altura con el crecimiento craneofacial	15
2.1.9. El brote de crecimiento puberal en relación al tto. ortopédico.....	16
2.2. DESARROLLO	17
2.2.1. Estadios del desarrollo.....	17
2.2.2. Crecimiento físico y desarrollo	19
2.2.3. Indicadores de maduración	19
2.3. EDAD ÓSEA	20
2.3.1. Métodos para determinar la maduración ósea	20
2.3.2. Anatomía de la mano y muñeca	21
2.3.3. Osificación de los huesos de la mano y muñeca	23
2.3.3.1. Desarrollo de la diáfisis ósea	23
2.3.3.2. Desarrollo de la epífisis ósea	24
2.3.4. Determinación de la edad esquelética en radiografías carpales	25
2.3.4.1. Métodos para determinar la edad esquelética	26
2.3.5. La edad esquelética carpal en relación al tto. ortopédico	35

2.3.6. Indicador de la falange media del tercer dedo	35
2.3.6.1. Fases MP3 y su relación con la curva de crecimiento	36
2.4 EDAD CRONOLÓGICA.....	38
2.4.1. División cronológica de la vida humana	38
2.5 EDAD DENTARIA.....	39
2.5.1. Estadios de formación del diente	39
2.5.2. Erupción dental	40
2.5.3. Métodos para determinar la maduración dental	41
2.5.4. Edad cronológica y dental en relación al tto. ortopédico	44
2.6 DIMORFISMO SEXUAL	47
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	47
IV. JUSTIFICACIÓN	58
V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	60
5.1. Pregunta de investigación	60
5.2. Hipótesis de estudio	61
5.3. Objetivo general.....	61
5.4. Objetivos específicos.....	61
5.5. Variables.....	61
5.5.1. Definición operacional de las variables	62
5.6. Tipo de estudio	62
5.7. Tamaño de muestra.....	62
VI. POBLACIÓN Y LUGAR.....	63
VII. METOLOGÍA.....	63
7.1. Criterios de inclusión	63
7.2. Criterios de exclusión	63
7.3. Mediciones	64
7.3.1. Procedimiento y técnica de la toma radiográfica	64
7.3.1.1. Características del equipo de rayos X	66
7.3.2. Recolección de datos	67
7.3.3. Lectura e interpretación radiográfica	68
7.3.3.1. Maduración esquelética	69
7.3.3.1.1. Clasificación de Hägg y Taranger	70

7.3.3.1.2. Método de Abdel Kader	71
7.3.3.2. Maduración dental.....	73
VIII. RESULTADOS.....	77
IX. DISCUSIÓN	86
X. CONCLUSIONES	90
XI. BIBLIOGRAFÍA	90
XII. ANEXOS	i

Correlación entre la edad cronológica, el desarrollo dental y la maduración esquelética de estudiantes de 10 a 15 años de edad del Colegio Juan Pablo II del barrio de Alto Següencoma de la ciudad de La Paz

RESUMEN:

INTRODUCCIÓN

La ortopedia maxilofacial es una especialidad que trata a niños en crecimiento, ya que mediante el uso de diferente aparatología, es capaz de modificar el crecimiento óseo, estimulándolo, inhibiéndolo o redireccionándolo dependiendo de la discrepancia esquelética que presente el paciente. Es de vital importancia, para el éxito del tratamiento ortopédico, que éste sea llevado a cabo en el momento adecuado; es decir durante el brote de crecimiento puberal, ya que esta es una etapa activa de crecimiento óseo.

Los indicadores del desarrollo biológico permiten la identificación de las diferentes fases de crecimiento facial, determinando en qué fase de la curva de crecimiento se encuentra el paciente. Estos son: la edad esquelética, cronológica, dental, etc. ⁽⁸⁾

El propósito de este trabajo de investigación es describir y determinar la correlación existente entre estos indicadores del desarrollo en estudiantes del Colegio Juan Pablo II de la ciudad de La Paz, dado que no se cuenta con información al respecto en nuestra ciudad y su conocimiento proporcionaría una pauta de gran utilidad durante la planificación del tratamiento ortopédico-ortodóncico.

JUSTIFICACIÓN

Conocer la existencia o ausencia de correlación entre estos tres indicadores es de suma importancia, ya que el éxito del tratamiento ortopédico ortodóncico dependerá en gran medida de un diagnóstico certero y de ejecutarlo en el momento oportuno.

Está ampliamente documentado que la edad ósea, valorada mediante una radiografía cervical, carpal o de la falange media del tercer dedo de la mano, es considerada un indicador confiable; sin embargo existe controversia en cuanto a los otros dos indicadores, ya que los resultados de estudios previos son heterogéneos ^(7,9,13,19,36). Además se debe tener presente que la mayoría de estos estudios fueron realizados en poblaciones de raza y nivel socioeconómico diferente a la nuestra, por lo cual sus resultados no son del todo aplicables en nuestra población.

El presente estudio de investigación espera determinar la correlación entre la edad cronológica, la edad dental (calcificación dentaria) y la edad esquelética (estadios de maduración ósea) de estudiantes de 10 a 15 años del colegio Juan Pablo II del barrio de Alto Següencoma de la ciudad de La Paz, para obtener una pauta del nivel de confiabilidad de la edad cronológica y dentaria como indicadores para la evaluación del brote de crecimiento puberal, al momento de realizar el diagnóstico y la planificación del tratamiento ortopédico ortodóncico.

OBJETIVO GENERAL

- Determinar la correlación entre la edad cronológica, el desarrollo dental y la maduración esquelética en estudiantes entre 10 a 15 años edad del Colegio Juan Pablo II del barrio de Alto Següencoma de la ciudad de La Paz.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los estadios de maduración ósea según el método de Abdel Kader
- Identificar los estadios de maduración dentaria según el método de Demirjian.
- Evaluar la correlación entre la edad cronológica y la edad esquelética
- Evaluar la correlación entre la edad dental y la edad esquelética.
- Evaluar la correlación entre la edad dental y la edad cronológica

- Conocer cuál de los dos indicadores tiene mayor correlación con edad esquelética
- Comparar si los resultados para varones y mujeres difieren entre sí.
- Verificar si la edad cronológica y el desarrollo dental constituyen indicadores útiles para ser tomados en cuenta en la planificación del tratamiento ortopédico-ortodóncico en la ciudad de La Paz.

TIPO DE DISEÑO

Estudio cuantitativo descriptivo de correlación.

MEDICIONES

Se utilizaron instrumentos validados específicos para cada indicador:

La edad cronológica de cada alumno fue registrada a partir de las listas oficiales recabadas en la dirección del colegio, en las cuales figura el nombre completo y la fecha de nacimiento de cada alumno.

Para la evaluación de la maduración esquelética, se tomó a cada alumno del estudio una radiografía periapical de la falange media del tercer dedo (MP3) de la mano izquierda en el mismo día y con el mismo aparato de Rayos X, el cual fue transportado a inmediaciones del Colegio Juan Pablo II del barrio de Alto Següencoma de la ciudad de La Paz.

Para la interpretación radiográfica de la maduración ósea se utilizó la clasificación de Hägg y Taranger, modificación de Abdel-Kader, asignando a cada radiografía periapical la fase de maduración ósea correspondiente (F-I) al brote de crecimiento puberal.

La maduración dental fue evaluada mediante una la radiografía periapical del primer premolar inferior izquierdo, tomada igualmente el mismo día con el mismo aparato de

Rayos X. La interpretación radiográfica fue efectuada mediante una modificación del método de Demirjian, que incluye cinco fases de desarrollo dental (E- H), relacionadas con el brote de crecimiento puberal.

Finalmente se realizó el análisis de correlación entre la edad cronológica, el desarrollo dental y la maduración esquelética de cada individuo de estudio.

MUESTRA Y LUGAR

El estudio se realizó en una muestra total de 85 alumnos, 52 mujeres y 33 varones del Colegio Juan Pablo II del barrio de Alto Següencoma de la ciudad de La Paz, con edades comprendidas entre 10 a 15 años (edad estimada del brote de crecimiento puberal) ⁽⁸⁾.

La toma radiográfica se llevó a cabo el mismo día en una de las aulas del colegio.

RESULTADOS

De la muestra total de 85 alumnos, 52 son del género femenino, equivalente al 61% y 33 son varones, equivalente al 39%.

La mediana de la edad cronológica de la muestra fue de 13 años, con un intervalo de confianza del 95% (IC_{95%}) de [12,3 – 12,7]. La media \bar{x} fue de 12.5 años con una desviación estándar de 1.16, cuya edad mínima era de 10 y máxima de 15 años.

La muestra masculina se concentró mayormente en las edades de 12 años (36.36%), seguida de 13 años (33.33%). La muestra femenina se concentró en primer lugar en la edad cronológica de 13 años (36.53%) seguida de 12 años (25%).

Casi todas las fases óseas se presentaron a una edad cronológica promedio más temprana en mujeres que en varones, con excepción de la fase G, la cual en mujeres se presentó a la edad cronológica de 12.80 en mujeres y 12.60 en varones. Sin

embargo este resultado se vio modificado por una alumna que presentó esta fase ósea a los 15 años de edad.

Las fases dentales se presentaron a una edad cronológica promedio más temprana en varones que en mujeres, a diferencia de lo que ocurrió con las fases de maduración ósea. No obstante se observó un amplio rango en la edad cronológica, cuya edad mínima y máxima no se vieron representadas por el valor promedio.

Para el análisis de la correlación entre la maduración esquelética (edad ósea) y la calcificación dentaria (edad dental) se utilizó el Chi-cuadrado de Pearson, obteniendo un valor P de 0.088, superior al nivel de significación de 0.05, por lo tanto la correlación entre ambas edades no fue considerada estadísticamente significativa, aunque por un pequeño margen.

La correlación entre la edad cronológica con la edad dental y con la edad ósea fue estadísticamente significativa con un valor P de 0, en ambos casos.

CONCLUSIONES

Las fases de maduración esquelética tuvieron lugar a una edad cronológica más temprana en mujeres que en varones.

Al contrario, las fases de calcificación dental tuvieron lugar a una edad cronológica más temprana en varones que en mujeres.

Se hizo evidente la presencia de individuos con maduración temprana o tardía, en los cuales la aparición de las diferentes fases ósea y dentales ocurrió a una edad cronológica diferente que la mayoría de la muestra.

En este estudio la edad dental no constituye un indicador válido para la valoración de la maduración del paciente ortodóntico durante el brote del crecimiento puberal.

Por otra parte la edad cronológica no debe ser utilizada como único indicador del desarrollo, sino como una herramienta adicional de diagnóstico, que debe ser complementada con otros registros.

Correlación entre la edad cronológica, el desarrollo dental y la maduración esquelética de estudiantes de 10 a 15 años del Colegio Juan Pablo II del barrio de Alto Següencoma de la ciudad de La Paz

I INTRODUCCIÓN

La ortopedia maxilofacial es una especialidad que trata a niños en crecimiento ya que, mediante el uso de diferente aparatología, es capaz de modificar el crecimiento óseo, estimulándolo, inhibiéndolo o redireccionándolo dependiendo de la discrepancia esquelética que presente el paciente. Es de vital importancia, para el éxito del tratamiento ortopédico, que éste sea llevado a cabo en el momento adecuado; es decir durante el brote de crecimiento puberal, ya que esta es una etapa activa de crecimiento óseo.

Conocer y comprender los eventos relacionados con el crecimiento y desarrollo del paciente es, por lo tanto, de gran importancia en el tratamiento ortopédico - ortodóncico para aprovechar al máximo los periodos de aceleración del crecimiento y corregir desbalances esqueléticos, que van haciéndose visibles paulatinamente. (8,11,35,40)

Los indicadores del desarrollo humano pueden ser expresados mediante la edad cronológica, curva de velocidad de la altura corporal, edad dental, esquelética, etc. (2,5,8)

La edad cronológica es un dato importante del paciente, registrado en su historia clínica y tomado frecuentemente en consideración para la planificación del tratamiento ortopédico - ortodóncico, sin embargo, no siempre representa una pauta confiable acerca de la edad biológica verdadera del paciente. (7,44)

La edad dental, mediante la evaluación del recambio y calcificación dentaria, se constituye muchos veces en la base para determinar el momento de iniciar el tratamiento ortopédico – ortodóncico. Sin embargo muchos factores ambientales pueden influenciar este indicador, restándole utilidad diagnóstica. (8,21,32,36,37)

La edad esquelética, relacionada con la madurez ósea, evaluada, ya sea en radiografías cárpales como cervicales, constituye el indicador de elección por ser confiable y de gran correlación con el crecimiento y desarrollo individual. (5,7,8,11,13,28)

El propósito de este trabajo de investigación es describir y analizar la correlación existente entre estos indicadores del desarrollo humano en estudiantes del Colegio Juan Pablo II de la ciudad de La Paz, dado que no se cuenta con información al respecto en nuestra ciudad y su conocimiento proporcionaría una pauta de gran utilidad durante la planificación del tratamiento ortopédico – ortodóncico.

II MARCO TEÓRICO

2.1. CRECIMIENTO (1,2)

El crecimiento es el aspecto cuantitativo del desarrollo biológico, que enfatiza los cambios dimensionales normales y se mide en unidades de aumento por unidades de tiempo. Es el resultado de procesos biológicos por medio de los cuales la materia viva normalmente se hace más grande; por lo tanto hablamos de un aumento permanente e irreversible del volumen, aunque limitado en el tiempo, espacio, duración y magnitud. También puede ser definido como los cambios normales en cantidad de sustancia viviente como resultado de la división celular o el producto indirecto de la actividad biológica.

2.1.1. Crecimiento De Los Tejidos

El crecimiento total del organismo se debe al crecimiento de las partes, donde intervienen los siguientes procesos:

Hiperplasia: Aumento del número celular.

Hipertrofia: Aumento del tamaño celular o de la masa de sustancia intercelular.

Hipertrofoplasia: Acción conjunta y coordinada de los dos procesos citados.

2.1.2. Crecimiento Diferencial ^(2,3)

El crecimiento de un organismo se caracteriza por modificaciones progresivas en la forma y en las proporciones internas y externas. La diversidad morfológica resulta de las diferentes velocidades de crecimiento que actúan en las diversas partes del organismo. Estas velocidades pueden variar en un mismo individuo, de acuerdo con las circunstancias; sin embargo, las proporciones del aumento de las partes son relativamente constantes. Estas relaciones fijas son las que producen una forma final semejante en los incontables individuos de cualquier especie, independientemente de que las distintas partes corpóreas crezcan en épocas diferentes.

En 1930, Scammon presentó un esquema que facilita el análisis de las curvas de crecimiento de diferentes partes y órganos del cuerpo, agrupados en cuatro categorías distintas: patrón general, patrón neural, patrón linfático y patrón genital. ⁽²⁾

Patrón general: Dentro de este se encuentran los huesos, músculos y vísceras. Se caracteriza por un periodo de aumento rápido en la infancia, seguido de un intervalo de crecimiento regular y lento. En la adolescencia el crecimiento presenta gran aceleración, seguido nuevamente por un periodo de crecimiento lento pospuberal. La forma característica es de "S".

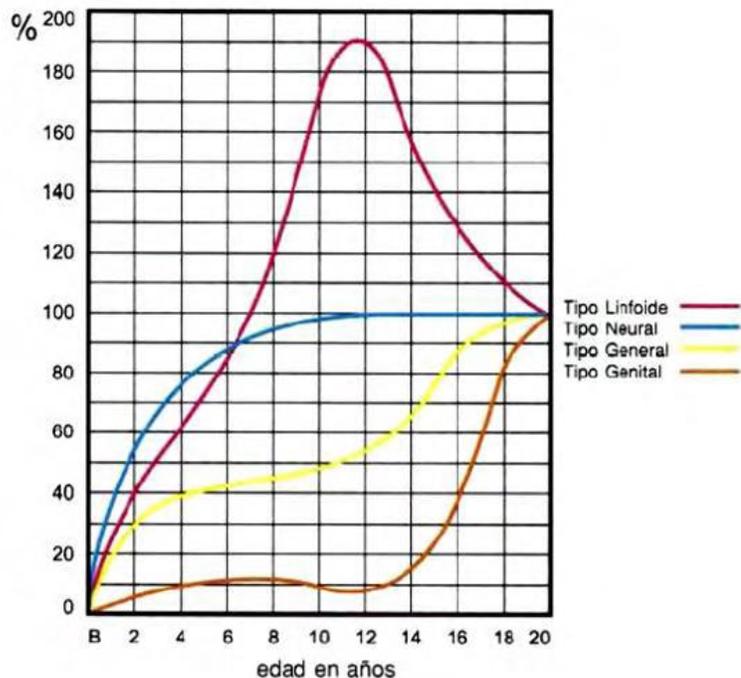
Patrón Genital: Representado por los ovarios, testículos, órganos reproductores secundarios y los genitales externos, los cuales crecen lentamente durante la infancia y rápidamente en el período de la pubertad.

Patrón neural: Es característico del cerebro y de las estructuras anexas, los cuales presentan una fase inicial del crecimiento muy rápido desde el nacimiento hasta los

primeros años de vida. En esta edad alcanzan, como promedio, el 90 % del valor adulto.

Patrón linfático: Incluye el timo, nódulos linfáticos, amígdalas y tejidos linfoides del tubo digestivo. Todas estas estructuras son relevantes en el recién nacido, en función de las demandas inmunológicas. Presentan un rápido aumento, llegando a alcanzar alrededor de los 12 años de edad (principio de la adolescencia) un tamaño 80% mayor que sus dimensiones finales, es decir, hay una involución a partir de esta edad.

Las curvas del maxilar y la mandíbula son intermedias entre las curvas general y neural. La curva mandibular está más próxima a la del crecimiento general que la del maxilar.⁽⁵⁾



Enlow. H. Crecimiento Maxilofacial. 3ª Edición. Editorial Interamericana Mc Graw-Hill. México. 1992, p:427 ⁽²⁾

2.1.3. Variables Que Afectan El Crecimiento Físico ⁽¹⁾

Si las células pudiesen vivir sin soportar las influencias ambientales, o por lo menos en ambiente favorable constante, su capacidad de multiplicación sería inagotable y el crecimiento infinito. Sin embargo existen factores que afectan y alteran el crecimiento:

Herencia:

Es el factor primario, ya que modificaciones en los genes pueden provocar un considerable efecto sobre el crecimiento de las diversas partes del cuerpo, sobre su tamaño y velocidad de crecimiento. La herencia también ejerce influencia en la edad en la que se presenta la menarca y en las características de calcificación y cronología del recambio dentar.

Dentro de los factores secundarios, relacionados con las características de los progenitores, se encuentran: Su edad, consanguinidad, duración de la pausa entre periodos de gestación, condiciones socioeconómicas de los progenitores (nutrición, trabajo durante el embarazo, intoxicaciones, enfermedades, etc).

Los factores concernientes a los niños son: La malnutrición, la cual retrasa el crecimiento, el brote de crecimiento puberal y puede afectar las proporciones corporales, la calidad y textura de algunos tejidos. Sin embargo los niños tienen excelentes poderes recuperativos siempre que las condiciones adversas no hayan sido demasiado extremas. ⁽⁹⁾

Otros factores son: Enfermedades adquiridas por el niño en edades tempranas, factores socioeconómicos, trastornos psicológicos, factores hormonales y ambientales, por ejemplo el clima. ⁽²²⁾

Durante los últimos 100 a 150 años ha acontecido un cambio secular en relación al crecimiento y los patrones de maduración sobretodo en los países industrializados, como por ejemplo:

- a.) Mayor velocidad de crecimiento
- b.) Incremento en la estatura de la población
- c.) La edad en la que empieza el brote de crecimiento puberal se ha vuelto más precoz
- d.) Edad más temprana de la menarca.

Se intenta explicar estos hechos debido a mejores condiciones de vida de los niños, a consecuencia de una disminución en el tamaño familiar, mejor nutrición, menos enfermedades, mayor exposición a la luz y el aumento en la estimulación psicosocial.^(2,22)

2.1.4. Velocidad De Crecimiento ⁽²⁾

Las diversas partes del cuerpo humano crecen a diferentes velocidades, las cuales se modifican con la edad. Las proporciones se obtienen porque los tejidos y los órganos crecen con diferente ritmo y en diferentes épocas. A pesar de que el crecimiento es un proceso ordenado, hay momentos en que se intensifica y otros en que mantiene estable.

2.1.5. Curvas De Crecimiento

2.1.5.1. Curva de Distancia: ⁽²⁾

Es una representación gráfica de la estatura contra la edad del individuo para indicar la altura alcanzada en cada momento.

2.1.5.2. Curva de Velocidad: ⁽²⁾

Es una gráfica que representa la velocidad de crecimiento del niño y adolescente entre mediciones sucesivas; es decir el incremento de la estatura durante un intervalo de tiempo. Esta curva se grafica en un plano de coordenadas, donde en el eje horizontal está representado por la edad cronológica de la persona (en años) y el eje vertical por la cantidad de centímetros por año.

La curva de velocidad describe más gráficamente el comportamiento o índice de crecimiento de un individuo desde su infancia hasta la edad adulta temprana.

La documentación histórica acerca de la curva de velocidad de crecimiento más antigua indica que fue realizada entre los años de 1759 y 1777 por el Conde Philibert Gueneau de Montbeillard en su propio hijo para determinar incrementos anuales en su crecimiento, a petición de Buffon para ser publicado en su gran obra maestra *Histoire Naturelle*. ^(11,51)

Esta curva muestra las siguientes características: El primer pico de crecimiento aparece alrededor de los 6 u 8 años de edad (pico de crecimiento infantil), siendo de mucha menor intensidad que aquella que se observa durante la adolescencia, que constituye el pico de crecimiento puberal.

La curva de velocidad tiene diferentes estadios, los cuales se presentan de acuerdo a la edad del individuo:

- a. Primer pico de crecimiento (aproximadamente a los 8 años de edad): Se presenta en la segunda infancia
- b. Estadio de Aceleración (Onset): En esta fase el crecimiento es de tipo exponencial, ya que hay un ascenso en la curva de velocidad. Se presenta aproximadamente a los 10 a 13 años de edad.
- c. Velocidad máxima de altura (PHV): Es el pico máximo de crecimiento que presenta el niño. Ocurre normalmente 2 años después del Onset.
- d. Estadio de Descenso (End): El individuo ya no crece con la misma velocidad que las etapas anteriores, lo hace de una manera más lenta y en menor magnitud hasta llegar al final de su crecimiento. Suele presentarse igualmente dos años después del Pico de crecimiento puberal. ^(2,4)

2.1.6. Brote de crecimiento puberal ^(2,5,8,11,23)

El brote, surto o estirón de crecimiento puberal es el periodo de crecimiento rápido en la adolescencia, el cual se encuentra sin excepción en todos los individuos y ocurre como parte de los fenómenos físicos que acompañan la maduración del aparato sexual y el alcance de la capacidad reproductora durante la pubertad.

En este periodo existe un evidente incremento en la velocidad de crecimiento, por cuanto la evaluación de la velocidad de la altura corporal es la forma más sencilla de determinar el momento en que se presenta el brote de máximo crecimiento esquelético puberal, el cual coincide con la etapa de pubertad del adolescente, el cual deja de ser niño para poco a poco convertirse en adulto.

El brote de crecimiento puberal comienza con el estadio de Aceleración (onset), alcanza un pico máximo de crecimiento, denominado velocidad máxima de altura (PHV) y finalmente desciende (end). Una consideración importante es que este patrón de crecimiento es encontrado en todos los individuos durante el brote puberal, pero el momento del inicio, duración e intensidad de crecimiento varía considerablemente de persona a persona ^(10,13).

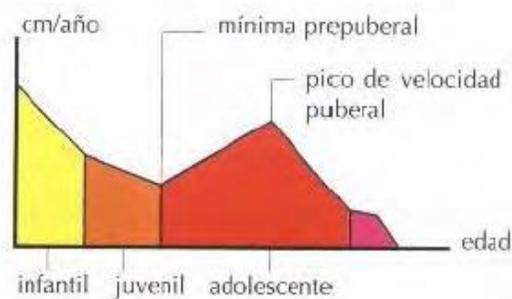


Gráfico de la curva de crecimiento establecida por Björk. ⁽¹²⁾
Área roja: Brote de crecimiento puberal

En el estudio de Hägg y Taranger ⁽⁸⁾ se encontró una diferencia entre géneros de 2 años respecto al inicio, pico y al final del brote de crecimiento puberal. La variación individual fue hasta de 6 años dentro de cada género en cada uno de los eventos.

En el sexo masculino el brote ocurre aproximadamente entre los 12,5 y 15 años y es responsable por una ganancia en estatura de aproximadamente 10 cm (10 a 30 cm) y un aumento de peso de 20 kg a 30 kg. En el sexo femenino se inicia cerca de 2 años antes que en el sexo masculino. Se extiende generalmente de los 10,5 a los 13 años de edad y es de menor magnitud, con una velocidad de crecimiento máxima de 8 cm anuales.

2.1.7. Velocidad Máxima de Altura (PHV) ^(2,5,8,11,12)

Durante la pubertad, la curva de la velocidad de crecimiento se eleva hasta un punto máximo y luego comienza a descender con rapidez. La máxima velocidad alcanzada recibe el nombre de “velocidad máxima de altura” (Peak Height Velocity PHV).

Tanner y Davies (1985) estimaron que la edad del PHV en Estados Unidos era de 11.5 para las niñas y 13.5 años para los varones, ambos con una desviación estándar de 0.9 años.

Según el estudio realizado por Hägg y Taranger en una población sueca la velocidad máxima de altura ocurre a los 12.0 años en niñas y 14.1 en varones.

Las diferencias de edades muestran variabilidad concerniente a la edad cronológica. Además se debe recordar que estas edades pertenecen a niños con maduración promedio, los maduradores precoces o tardíos presentan su pico máximo de altura a dos o más desviaciones estándar de la norma; algunos niños con maduración lenta alcanzan el pico de crecimiento puberal en edades avanzadas, mientras que otros, con maduración más rápida lo alcanzan en edades menores, por lo tanto la edad cronológica no representa un indicador confiable a la hora de determinar la velocidad máxima de altura. ^(7,44)

Cada individuo expresa patrones de velocidad de crecimiento e incremento en la magnitud específicos y únicos para esa persona; por consiguiente es importante conocer la correlación entre este periodo de máximo crecimiento puberal con otros indicadores de maduración en un niño en crecimiento para evaluar por ejemplo si el brote de crecimiento puberal ya pasó o todavía no. ⁽¹⁰⁾

2.1.8. Relación de la Altura con el Crecimiento Craneofacial

Algunos estudios mostraron escasa asociación entre el crecimiento facial y la altura corporal. Sin embargo en varias investigaciones se estableció entre estos una buena correlación durante el brote de crecimiento puberal, los cuales son evaluados mediante los cambios secuenciales en la altura corporal y en cefalometrías, respectivamente.^(7,11,8) La correlación más consistente se encuentra en la mandíbula, que presenta incrementos simultáneos a los incrementos en la altura corporal durante el crecimiento puberal y ambos siguen el mismo patrón de crecimiento. Otros estudios corroboraron esta correlación pero afirman que el pico de crecimiento facial ocurre un poco después que el pico de la altura corporal.^(7,11)

Como consecuencia los registros longitudinales acerca del incremento en la altura del adolescente, durante el brote puberal, podrían ser utilizados para la evaluación del crecimiento facial durante la pubertad, dejando de lado así la edad cronológica como parámetro, la cual ha demostrado ser un indicador poco exacto.^(7,8,44) Lastimosamente en el contexto clínico no contamos con los registros longitudinales de la altura del paciente ni podemos elaborar su curva de crecimiento ya que el diagnóstico se efectúa normalmente en una única evaluación, determinando el estadio de crecimiento y la condición del paciente en ese momento, sin tener conocimiento acerca del comportamiento de este previo a la consulta. Además en el supuesto caso de realizar un seguimiento y evaluación longitudinal al paciente, resulta, de igual manera, difícil determinar el pico de velocidad máxima de altura antes de que éste haya pasado, ya que los incrementos en estatura que preceden al pico son pequeños, particularmente en el sexo femenino, y por lo tanto, no tan evidentes clínicamente. Estas limitaciones hacen necesaria la obtención de información adicional que nos permita estimar el nivel de crecimiento esquelético facial maxilomandibular y el nivel de maduración individual. Con esta finalidad se han propuesto otros indicadores transversales como son: La evaluación radiográfica de la maduración ósea, el desarrollo dental, la aparición de características sexuales secundarias. etc.^(1,8,10)

Para valorar la confiabilidad de estos indicadores adicionales, los estudios de investigación se basan en el registro de las medidas longitudinales de la altura corporal del individuo que es considerado como la base o “marca de oro”, a partir del cual se validan el resto de los indicadores de desarrollo utilizados para la determinación del crecimiento maxilofacial. ⁽¹⁰⁾

2.1.9. El brote de crecimiento puberal en relación al tratamiento Ortopédico-Ortodóncico

El brote de crecimiento puberal es considerado como un periodo muy ventajoso para el tratamiento ortopédico, ya que en este periodo, como se mencionó, se produce un gran crecimiento en el adolescente, durante el cual se acentúa el crecimiento de las dimensiones maxilofaciales de manera considerable, en especial del maxilar inferior.

Las investigaciones realizadas muestran la obtención de resultados más satisfactorios en el tratamiento ortopédico cuando este es realizado durante el brote de crecimiento puberal. Se han demostrado que los mayores efectos de los aparatos funcionales para la corrección de la Clase II esquelética por deficiencia mandibular se producen cuando el pico de crecimiento mandibular está incluido dentro del periodo de tratamiento, incluso se menciona un crecimiento mandibular del doble en relación a tratamientos realizados 3 años antes o 3 años después del brote de máximo crecimiento puberal. Si el tratamiento de modificación ortopédica comienza muy tarde en relación a este periodo, no funciona adecuadamente; si se inicia muy temprano, dura mucho tiempo. ^(8,11,35,40,44)

Se puede concluir que el momento elegido para la instauración de terapias que tiendan a corregir discrepancias maxilomandibulares significativas, debe considerar el estadio de crecimiento y maduración del paciente, ya que este puede influenciar decisivamente el resultado del tratamiento además de proporcionar información útil acerca de la estabilidad postratamiento y la planificación de tratamientos ortodóncicos asociados a cirugía ortognática. ^(13, 42,43)

El crecimiento del paciente podría ser comparado con los estándares según edad y sexo y determinar si este está en norma, acelerado o atrasado, sin embargo en ortodoncia es más relevante evaluar el estadio de crecimiento y nivel de maduración del individuo en relación a su propio crecimiento puberal, para lo cual se requiere un claro conocimiento de la correlación entre los indicadores de maduración y los eventos del crecimiento puberal, reflejados en la curva de velocidad del crecimiento corporal durante el brote de crecimiento puberal. Si detectamos el momento cuando este ocurre podemos aprovechar ese periodo para la corrección ortopédica ortodóncica, logrando mejores resultados terapéuticos. ^(5,8)

2.2 DESARROLLO: ^(1,2,3,5,22)

Se refiere a todos los cambios cuantitativos y cualitativos que ocurren naturalmente en forma unidireccional en la vida de un individuo desde su existencia como una sola célula hasta su elaboración como una unidad multifuncional que termina en la muerte. Abarca la completa progresión biológica durante la vida.

La base de estos eventos es la diferenciación celular, cualidad que permite un aumento en la complejidad para alcanzar la capacidad funcional.

El desarrollo engloba la suma de tres procesos importantes: La Diferenciación, el Crecimiento y la Translocación

2.2.1. Estadios del Desarrollo ⁽⁴⁾

De forma similar al desarrollo prenatal, la fase postnatal puede ser dividida en estadios: infancia, adolescencia y fase adulta. Cada uno de estos estadios abarca características propias de maduración de los tejidos esqueléticos, dientes y órganos reproductores.

Infancia:

Se inicia al final del período gestacional y se extiende, aproximadamente, por 10 a 12 años. Puede ser dividida en primera infancia, de 0 a 3 años, y segunda infancia de 3 a 10 -12 años de edad.

La primera infancia está caracterizada por una tasa de crecimiento extremadamente alta.

En la segunda infancia el sistema nervioso central continúan presentando altas tasas de crecimiento, así sea decrecientes. La tasa de crecimiento facial aumenta conjuntamente con el desarrollo de la oclusión y la demanda funcional del sistema masticatorio.

El final de la infancia está caracterizado por tasas de crecimiento decrecientes, hasta llegar a un estadio de velocidad mínima prepuberal, en el que el niño crece relativamente poco.

Adolescencia y pubertad: (1,2,5)

El período de la adolescencia se caracteriza por claras alteraciones fisiológicas, morfológicas y del comportamiento, siendo de gran importancia en términos de crecimiento y maduración del complejo craneofacial. La adolescencia es un período de transición entre la pubertad y la edad adulta.

Las principales manifestaciones de la pubertad son: El pico de crecimiento puberal, el desarrollo de las gónadas y de las características sexuales secundarias, las alteraciones en la composición corporal debido a la distribución de la grasa, el desarrollo muscular y esquelético y finalmente el aumento de la capacidad y resistencia física, particularmente en el sexo masculino.

Respecto al pico de crecimiento puberal, éste es de interés particular en relación con el crecimiento craneofacial y se caracteriza por un aumento sustancial en la tasa de crecimiento de los tejidos esqueléticos, que se refleja en el aumento de la estatura a partir de esta fase.

Fase adulta: ⁽⁴⁾

Se presume que el crecimiento físico y el desarrollo cesen después de la adolescencia; sin embargo esta premisa es muy simplista, ya que ambos procesos continúan durante toda la vida aunque con una magnitud bastante reducida.

2.2.2. Crecimiento físico y desarrollo ^(3,5)

El crecimiento físico está en estrecha relación con la altura, peso, velocidad de crecimiento y con el crecimiento orgánico y corporal. Por su parte el desarrollo se asocia a un proceso gradual para alcanzar un fin estructural y funcional, es decir, es el progreso hacia la madurez.

Las modificaciones en el tamaño, relacionadas al crecimiento y en la función de un órgano, relacionadas al desarrollo no pueden ir separadas; es así que ambos términos se utilizan en conjunto para designar los procesos físicos, químicos y psicológicos que causan cambios en las formas y funciones de todos los tejidos del cuerpo.

2.2.3. Indicadores de maduración

No existe una razón fisiológica científica para pretender que todas las personas presenten el mismo estadio de desarrollo biológico a la misma edad cronológica, ya que cada persona madura según su reloj biológico individual, aunque siguiendo los mismo patrones de crecimiento y desarrollo y es ahí donde los indicadores de maduración adquieren valor. ^(8,13)

Estos se basan en diferentes parámetros fisiológicos y son: ^(8,9,10)

1. La edad esquelética u ósea, vinculada generalmente a las fases de osificación de la mano y muñeca, constituye el indicador más confiable, gracias a cantidad de huesos disponibles en esa área.
2. La edad dentaria asociada a la calcificación o erupción dentaria, cuya correlación es controversial.

3. La edad cronológica, basada en la cantidad de años o meses contados a partir del nacimiento, no constituye un indicador válido del desarrollo, ya que existe una amplia variación individual.
4. Las características puberales, menarca en mujeres y cambio de voz en varones, son indicadores confiables; sin embargo son difícilmente identificables en la práctica clínica ortodóntica.

2.3. EDAD ÓSEA ^(2,5,13)

La edad ósea, sinónimo de maduración esquelética, constituye el indicador de madurez biológica más útil para caracterizar ritmos o "tempos" de maduración durante el crecimiento. Consiste en la medición del avance del desarrollo de los huesos a través del análisis radiográfico. La identificación y descripción del grado de madurez ósea del niño es posible gracias a que los centros de osificación esquelética presentan un patrón de cambio secuencial, específico, reconocible y común para todos los individuos, lo cual provee un medio muy útil para situar la paciente en determinada fase a lo largo de todo el periodo de crecimiento puberal. Esto es análogo a los carteles con las millas avanzadas que se encuentran a lo largo de una larga carretera entre dos ciudades.

2.3.1. Métodos para Determinar la Maduración Ósea

Teóricamente cualquier hueso del cuerpo puede ser empleado en la valoración de la maduración ósea. En tiempos pasados se preconizaba la toma de radiografía del tobillo, rodilla, codo, pelvis y hombro, exponiendo al paciente a una cantidad considerable de radiación ionizante y la necesidad de una técnica compleja. En la práctica actual la radiografía de mano y muñeca es la más utilizada, debido a la gran cantidad de huesos en esa área, presentando diferentes fases en desarrollo, lo cual permite un seguimiento de los cambios a través de los años a medida que el individuo crece. ^(5,10,13,14,15)

Pisiforme: Es un hueso alargado en sentido vertical. Ligeramente aplanado de fuera a dentro y presenta dos extremos y cuatro caras.

Trapezio: Situado entre el escafoides y el primer metacarpiano, tiene tres caras articulares y tres caras no articulares.

Trapezoide: Se encuentra situado entre cuatro huesos, el escafoides por arriba, el segundo metacarpiano por abajo, el trapezio por fuera y el hueso grande por dentro presentando por tanto cuatro caras articulares. Además presenta dos caras no articulares.

Hueso grande: Es el más voluminoso de todos los huesos del carpo. Está formado de tres porciones: una porción superior, redondeada; la cabeza, una porción inferior, muy voluminosa; el cuerpo y otra porción media, más o menos estrecha; el cuello. También presenta caras articulares y caras no articulares.

Hueso ganchoso: Es el último de la segunda fila del carpo. Más ancho en su parte inferior que en la superior, se parece bastante a una pirámide, cuya base está en relación con los dos últimos metacarpianos.

B. Metacarpo

El metacarpo constituye el esqueleto de la región palmar y consta de cinco huesos, denominados metacarpianos, numerados del uno al cinco contados desde del pulgar hacia fuera: Primer metacarpiano, Segundo metacarpiano, Tercer metacarpiano, Cuarto metacarpiano, Quinto metacarpiano.

Los metacarpianos son huesos largos, con un cuerpo y los dos extremos, uno superior o proximal y otro inferior o distal. El cuerpo es ligeramente curvo en el sentido longitudinal, prismático y triangular, por consiguiente tiene tres caras y tres bordes. En la extremidad superior o carpiana, los metacarpianos muestran cinco carillas, tres articulares y dos no articulares. La extremidad inferior o digital tiene la forma de una

cabeza articular, aplanada en sentido transversal. Se articula con la primera falange de los dedos.

C. Dedos

Los dedos son los órganos esenciales de prensión y del tacto, muy móviles. Sus huesos están articulados con los metacarpianos y también se numeran del uno a cinco comenzando por el pulgar. Están formado por tres columnitas decrecientes que se denominan falanges (primera, segunda y tercera falanges) aunque a veces reciben los nombres de falange, falangina y falangeta. El pulgar solo consta de dos falanges, faltando la segunda o falangina. Todas las falanges tienen una estructura parecida, distinguiéndose un cuerpo y dos extremos.

Los huesos sesamoideos son elementos óseos de pequeño tamaño, situados por encima de los demás huesos e incluidos en ligamentos o tendones. Por regla general, se encuentran en la superficie anterior cinco de ellos, distribuidos de la forma siguiente: dos en la articulación metacarpofalángica del pulgar, uno en la interfalángica del mismo dedo y otro en cada una de las articulaciones metacarpofalángicas del 2do y 5to dedos.

2.3.3. Osificación de los huesos de la Mano y Muñeca ^(3,4,6,40)

El proceso de osificación se produce a partir de un molde previo de tejido cartilaginoso, que tiene una forma similar a la que tendrá el hueso final, por este motivo se lo denomine también osificación intracartilaginosa o endocondral.

2.3.3.1. Desarrollo de la diáfisis ósea ⁽⁴⁰⁾

En la segunda fase se produce invasión de capilares sanguíneos y de células osteogénicas, que se extienden por el espacio previamente ocupado por los condrocitos. Entonces las células progenitoras se diferencian a osteoblastos. Estos secretan la matriz ósea sobre los tabiques del cartílago calcificado previamente. Así, las primeras trabéculas óseas tienen un eje central de cartílago recubierto por hueso.

Con el paso del tiempo, se produce una migración celular hacia los extremos. Esto da lugar al llamado cartílago de crecimiento, que corresponde a una frontera de alta actividad celular responsable del crecimiento longitudinal del hueso.

2.3.3.2. Desarrollo de la epífisis ósea

En un paso posterior aparecen los centros de osificación secundarios que constituirán las futuras epífisis. El desarrollo de estos centros secundarios, denominados placas de crecimiento o epifisarias, tiene lugar del interior hacia el exterior.

2.3.3.3. Estadios Epifisarios

Se refieren a los cambios progresivos que tienen lugar en las epífisis en relación al grado de osificación.

En el momento del nacimiento sólo son visibles las diáfisis, a medida que avanza la edad, se hacen visibles a las radiografías las epífisis, las cuales adquieren una serie de características que indican su grado de maduración y el cartílago va desapareciendo, independientemente de la edad cronológica, hasta que el hueso alcanza la forma adulta.

Inicialmente aparece un pequeño punto de osificación que va aumentando en lateralidad hasta llegar a la misma anchura que la diáfisis. A partir de ahí, la epífisis comienza a emitir una prolongación lateral (estadio de proyección, cubrimiento o capeamiento). Después la porción central del cartílago es sustituido, iniciando la fusión ósea (unión inicial) y finalmente se visualiza únicamente una línea de unión (unión total).

Los estadios secuenciales de aumento en el ancho, proyección y fusión epifisaria ocurren de forma semejante en todos los dedos comenzando en el pulgar hacia el menique de manera ordenada en las falanges distales, después en las proximales, y finalmente, en las medias. ⁽⁴⁰⁾

Las falanges y el primer metacarpiano, en su desarrollo, tienen dos puntos de osificación: un punto primitivo para la diáfisis en el extremo distal y otro punto

complementario o epifisiario para el extremo mesial; sin embargo el segundo hacia el quinto metacarpiano tienen un centro de osificación complementario, la epífisis distal.

La maduración esquelética es evaluada por el número de centros presentes y el estadio de desarrollo de cada uno de ellos. Existe entretanto, una gran variabilidad individual con respecto a las épocas en que estos centros aparecen. Al nacimiento, por ejemplo, algunos recién nacidos presentan más centros primarios desarrollados que otros, o presentan el mismo número, pero con mayores áreas ya osificadas representando un estadio más avanzado de desarrollo esquelético. Del mismo modo, diferencias similares se encuentran en la presencia, área y forma de las regiones osificadas hasta la maduración.

2.3.4. Determinación de la Edad Esquelética en Radiografías Carpales ^(7,8,13)

La correlación entre los estadios de maduración óseo carpal y los patrones de crecimiento de la curva de velocidad de la altura corporal durante el brote de crecimiento puberal se encuentra bien establecida en la literatura, sobretodo durante el pico y el final de esta etapa de gran crecimiento.

El análisis de la radiografía carpal constituye el indicador más utilizado en la evaluación de la maduración biológica.(mas bibliografía) y consecuentemente en la evaluación del crecimiento maxilar y mandibular.

La secuencia de osificación así como el tiempo en que se produce la maduración ósea en el área de la de la mano y muñeca muestra polimorfismo ya que la influencia de factores genéticos y ambientales provoca variaciones entre personas. Sin embargo una consideración importante es que casi todos los individuos poseen el mismo patrón de crecimiento esquelético, no obstante el inicio, duración y grado de crecimiento varía considerablemente durante el brote de crecimiento puberal. Algunos individuos maduran antes con un relativamente corto brote de crecimiento puberal, mientras otros maduran tarde y poseen un brote de crecimiento puberal más largo.

2.3.4.1. Métodos para determinar la Edad Esquelética en Radiografías Carpales

Existen dos métodos para la interpretación de la radiografía carpal. La primera consiste en el método de comparación del atlas de Greulich y Pyle, compuesto por típicas radiografías cárpales correspondientes a diferentes edades cronológicas en intervalos de 6 meses, con las cuales es comparada la radiografía carpal del paciente para asignarle la edad cronológica correspondiente a cada hueso de la mano y muñeca y al final obtener el promedio de edad.

El segundo método utiliza indicadores específicos que relacionan la maduración esquelética con la curva de velocidad de crecimiento puberal. Este método se enfoca en la evaluación individual en lugar de valores promedio. En la literatura se describen varios indicadores de este tipo: la calcificación de sesamoideo, calcificación del hueso ganchoso y fases de osificación de la falange media del tercer dedo. ^(10,48).

Algunos de los métodos más conocidos son los siguientes:

A. Atlas De Greulich Y Pyle (1959): ⁽⁴⁸⁾

Como se mencionó anteriormente este método emplea un atlas que incluye radiografías carpales referenciales tanto para mujeres como para varones. Dichas radiografías estándares se basan en estudios realizados entre 1931 y 1942 en niños de raza blanca de nivel socioeconómico alto de Cleveland. En el estudio se analizaron los centros de osificación y la persistencia o no de cartílagos de crecimiento en los huesos de la mano y muñeca. Las radiografías seleccionadas para representar los diversos grupos etarios reflejan una etapa media de maduración para cada grupo en particular. Cada radiografía escogida recibió una edad esquelética igual a la edad cronológica del sujeto al momento de la exposición. El empleo del atlas se lleva a cabo mediante un sistema de igualación; es decir se compara la radiografía que se quiere examinar con el estándar más próximo del atlas y se le asigna la edad esquelética correspondiente. Una desventaja de este método es que la radiografía carpal del paciente, a menudo, no

igual a con ningún estándar en particular, la interpretación es por lo tanto poco precisa. Además, debido al nivel socioeconómico muy favorable de la muestra, la maduración es demasiado veloz en comparación con la población en general, lo cual también eleva el margen de error. ⁽²⁾

B. Método de Björk (1967): ⁽¹²⁾

Divide el proceso de maduración de los huesos de la mano en nueve estadios evolutivos entre los 9 y 17 años de edad. Las características de osificación se detectan a nivel de las falanges, huesos del carpo y radio. Los estadios de crecimiento de las falanges se valoran según la relación entre la epífisis y la diáfisis.

Primer estadio: La diáfisis tiene el mismo ancho que la epífisis. Comienza aproximadamente 3 años antes del brote de crecimiento puberal.

Segundo estadio: Estadio de capuchón, donde la diáfisis rodea a la epífisis a modo de capuchón. Coincide con el brote máximo de crecimiento puberal, y se corresponde con el quinto estadio de maduración del esqueleto de la mano.

Tercer estadio: Estadio de unión (U) donde la diáfisis se osifica con la epífisis. Terminación del brote de crecimiento puberal que se corresponde con el sexto, séptimo, octavo y noveno estadios de maduración de la mano

Primer estadio de maduración

La diáfisis de la falange proximal del dedo del dedo índice (PP2), muestra el mismo ancho que la epífisis. Este estadio comienza aproximadamente 3 años antes del brote de crecimiento puberal.

Segundo estadio de maduración

La diáfisis de la segunda falange del dedo medio (MP3) muestra el mismo ancho que la epífisis.

Tercer estadio de maduración

(Pisi): Osificación visible del hueso pisiforme.

(H 1): Osificación de la apófisis uniforme del ganchoso.

(R): Anchura equivalente de la diáfisis y epífisis del R.

Cuarto estadio de maduración

(S): Inicio de la mineralización del sesamoideo.

(H 2): Osificación avanzada de la apófisis del ganchoso.

Este estadio se alcanza poco antes o al inicio del brote de crecimiento puberal.

Quinto estadio de maduración

(MP3 cap.): La diáfisis rodea a modo de capuchón a la epífisis, a nivel de la falange media del tercer dedo.

(PP1 cap.): En la falange proximal del pulgar.

(R cap.): En el Radio.

Este estadio de osificación coincide con el brote máximo de crecimiento puberal.

Sexto estadio de maduración

(DP3 u.): Fusión visible de la diáfisis y epífisis de la falange distal del dedo medio. Al alcanzarse este estadio evolutivo, termina el brote de crecimiento puberal.

Séptimo estadio de maduración

(PP3 u.): Fusión visible de la diáfisis y epífisis de la falange proximal del dedo medio.

Octavo estadio de maduración

(MP3 u.): Fusión visible de la diáfisis y epífisis de la falange media del tercer dedo.

Noveno estadio de maduración

(R u.): Osificación completa de la diáfisis y epífisis del Radio. Al llegar a este estadio, termina la osificación de todos los huesos de la mano y así mismo el crecimiento óseo. Se debe tener en consideración que la osificación de los huesos de la mano está sometida a una gran variación individual, lo que ocasiona que la determinación de la edad ósea en la radiografía carpal no siempre sea exacta.

C. Método de Fishman (1981): ⁽¹³⁾

El sistema de valoración esquelética contempla sólo cuatro fases de maduración del hueso, todos ubicados en seis sitios anatómicos localizados en el dedo pulgar, tercer dedo, quinto dedo y radio.

Once indicadores de maduración esquelética (IME), se encuentran cubriendo el período entero del desarrollo adolescente, en estos seis sitios.

La secuencia de las cuatro fases de osificación progresiva son: El ensanchamiento epifisario en las falanges seleccionadas, la osificación del sesamoideo aductor del dedo pulgar, el capeamiento de las epífisis seleccionadas por encima de su diáfisis y finalmente su fusión. La sucesión de ocurrencia de los once indicadores es excepcionalmente estable. Se han descubierto sólo tres desviaciones sobre dos mil observaciones y estas no afectaron ninguna interpretación.

La epífisis aparece primero como un centro pequeño de osificación localizado centralmente. Cuando se ha desarrollado lateralmente a la anchura de la diáfisis, es considerado aplicable como IME en este sistema. El capeamiento ocurre en la transición entre el ensanchamiento inicial y fusión de la epífisis y diáfisis. Es la fase en que los márgenes laterales redondeados de las epífisis empiezan a igualar y apuntar alrededor de la diáfisis, con un ángulo agudo en sentido lateral a la diáfisis. El tiempo de la primera aparición de este capeamiento es aplicable como un IME.

La fusión entre la epífisis y la diáfisis sigue al capeamiento. También empieza centralmente y progresa lateralmente, hasta que los dos huesos anteriormente separados se vuelven uno. El tiempo de realización de esta fusión, con una continuidad lisa de la superficie del área de la unión, es aplicable como un IME. Líneas óseas que pueden permanecer visibles incluso años después de la realización del proceso de fusión no son relevantes.

La osificación del sesamoideo aductor del dedo pulgar aparece primero como un centro pequeño, relativamente redondo de osificación medial a la unión de la epífisis y la diáfisis de la falange proximal. Se torna entonces progresivamente más grande y más denso. Es la primera observación de la existencia de este hueso que es considerado

aplicable como un IME. Esto ocurre después de los IME basados en el ensanchamiento epifisiario, pero antes de aquéllos basados en el capeamiento.

D. Método de Tanner y Whitehouse: ^(2,49)

Este método se divide en estadios, los cuales son ubicados en la gráfica de velocidad de crecimiento.

a. FD = epífisis de las falanges distales con la misma anchura que las diáfisis. Faltan aproximadamente 2 años para el inicio del brote de crecimiento puberal.

b. FP = epífisis de las falanges proximales con la misma anchura que las diáfisis. Falta aproximadamente 1 año para el inicio del brote de crecimiento puberal.

c. FM = epífisis de las falanges medias con la misma anchura que las diáfisis. Faltan aproximadamente de 4 a 6 meses para el inicio del brote de crecimiento puberal.

d. G1: inicio de la aparición del gancho radiopaco del hueso ganchoso. El estadio G1 determina el inicio del brote de crecimiento puberal y es la época adecuada para el inicio de los tratamientos ortodónticos, principalmente en las maloclusiones de etiología esquelética. Su identificación es importante para un mejor aprovechamiento de toda la extensión de este periodo, siendo el momento en que el crecimiento se hace intenso en dirección al pico de velocidad de crecimiento puberal.

e. Psi: Visualización del hueso pisiforme. La osificación del pisiforme puede ser utilizada como indicador del inicio de la adolescencia. Por su ubicación su imagen radiográfica se confunde con el hueso piramidal y el inicio de su osificación es, muchas veces, de difícil visualización.

f. R = Epífisis del radio con la misma anchura que la diáfisis. Según Grave y Brown, esos tres eventos (GI, Psi y R=) en la mayoría de los individuos preceden el pico de velocidad de crecimiento puberal.

g. FD cap: Cubrimiento epifisario en las falanges distales.

h. S: Visualización del hueso sesamoideo. La osificación del sesamoideo aparece en forma de almendra, localizada en la unión metacarpofalángico del dedo pulgar. Su osificación se inicia 6 meses después del inicio del brote de crecimiento puberal y termina cuando ocurre el inicio de la unión epífisis-diáfisis de la falange proximal del pulgar. El sesamoideo nunca aparece después del pico de velocidad máxima de crecimiento puberal

i. G2: Gancho radiopaco nítidamente visible en el cuerpo del hueso ganchoso. Faltan aproximadamente 3 meses para el pico de velocidad máxima de crecimiento puberal.

j. FP cap: Cubrimiento epifisario en las falanges proximales.

k. FM cap: Cubrimiento epifisario en las falanges medias.

Los estadio epifisarios FP cap y FM cap, corresponden al pico de velocidad máxima de crecimiento puberal e indican que ya transcurrió 1 año dentro del brote de crecimiento puberal. Los aparatos extraorales y ortopédico-funcionales ya deberían haber alcanzado sus objetivos, siendo la época ideal para la colocación total del aparato correctivo.

l. R cap: Cubrimiento epifisario en el radio. Ya transcurrieron aproximadamente 3 meses después del pico de velocidad máxima de crecimiento puberal.

m. M Menarca: Para las mujeres la primera menstruación es un excelente indicativo de que el brote de crecimiento puberal ya está cerca a su final. La simple indagación a la

paciente sobre este hecho podrá, muchas veces, evitar la toma de la radiografía de mano y muñeca.

n. FD ui: Inicio de la unión epifisaria en las falanges distales. Al igual que la menarca indica que faltan aproximadamente 6 meses para el final del brote de crecimiento puberal.

o. FP ui: Inicio de la unión epifisaria en las falanges proximales.

p. FM ui: Inicio de la unión epifisaria en las falanges medias.

q. FD ut: Unión total epifisaria en las falanges distales. Indica el final del brote de crecimiento puberal, pero no el final del crecimiento. Los objetivos del tratamiento ortodóntico deberían ser alcanzados hasta la FD ut.

r. FP ut: Unión total epifisaria en las falanges proximales.

s. FM ut: Unión total epifisaria en las falanges medias.

El período que va del final del brote de crecimiento puberal hasta el final del crecimiento (R ut) varía en media de 2 a 4 años.

t. R ut: Unión total epifisaria en el radio. Indica el final del crecimiento maxilar. Sin embargo, el crecimiento de la altura corporal y de la mandíbula sólo cesan 1 o 2 años después de la unión total del radio (R ut). Esto, de cierta manera, explica el crecimiento residual de la mandíbula observado en la clínica, responsable algunas veces del apiñamiento en la región de incisivos inferiores durante la fase de contención.

E. Hägg Taranger (1982): ⁽⁸⁾

Al igual que Fishman propusieron un tipo de evaluación de radiografías carpales para determinar la maduración ósea y su ubicación en la curva de crecimiento. Evaluaron

cuatro centros de osificación de la mano izquierda: falange media del tercer dedo, falange distal del tercer dedo, hueso sesamoideo y epífisis distal del radio, los cuales determinaban 10 estadios de maduración ósea. (19) En este estudio se agregan dos estadios epifisiarios adicionalmente: el MP3-FG y el R-IJ, para así obtener indicadores de corta duración que proporcionen mayor información para su interpretación.

F. Método de Abdel Kader (1998): ⁽²⁶⁾

Basado en el método de Hägg y Taranger, este propone la determinación de la edad ósea, únicamente, con una radiografía periapical de la falange media del tercer dedo, ya que los cambios morfológicos en este dedo, abarcan todos los estadios de la curva de crecimiento puberal. Este autor extrae una parte de la clasificación de Hägg y Taranger, el cual presta atención a los cambios morfológicos de la falange media del tercer dedo, pero como parte de su clasificación general de mano y muñeca. Se identifican claramente cinco estadios de maduración de MP3.

MP3 – F: Inicio de la Curva de crecimiento puberal.

- Epífisis igual tamaño que la diáfisis
- Epífisis sin ondulación
- Espacio radiolúcido entre ambos: bastante ancho.

MP3 – FG: Aceleración de la Curva de crecimiento.

- Epífisis igual tamaño que diáfisis
- Presencia de leves ondulaciones
- Espacio radiolúcido entre ambos: ancho.

MP3 – G: Pico de velocidad máxima puberal.

- Capeamiento

- Arco de Cupido
- Espacio entre ambas estructuras: moderado.

MP3 – H: Desaceleración del crecimiento puberal.

- Epífisis y epífisis inician fusión
- Marcadas ondulaciones
- Convexidad en parte central de epífisis.
- Espacio entre ambos: muy poco.

MP3 – I: Final del crecimiento puberal.

- Fusión completa
- Espacio entre ambos: Ninguno

G. Método de Rajagopal (2002): ⁽²⁷⁾

Al igual que el método de Abdel Kader, propone la determinación de la maduración esquelética mediante una radiografía periapical de la falange media del tercer dedo. Utiliza los mismos estadios que el anterior autor, con la diferencia que identifica un estadio extra de maduración; MP3 – HI, que estaría ubicado entre el estadio MP3 – H y MP3 – I

Estadio MP3 – HI

- Bordes más lisos entre epífisis y diáfisis
- Convexidad en parte central de la epífisis.
- Espacio entre ambos: insignificante

Algunos resultados de varios estudios realizados respecto al análisis de la radiografía carpal son los siguientes: ^(8,9)

- Existe mayor correlación entre las fases de osificación carpal y las etapas del desarrollo esquelético en el pico (PHV) y la culminación del crecimiento puberal (End) que con las del inicio del brote de crecimiento (Onset), por lo tanto ambos (PHV y End) pueden ser determinados con la ayuda del indicador carpal de desarrollo esquelético.
- La velocidad del crecimiento facial vertical y horizontal está relacionada con los indicadores de maduración determinados mediante el análisis de la radiografía de mano y muñeca.
- La velocidad de crecimiento maxilomandibular está relacionada también con las fases de osificación carpal, sin embargo su relación es menor que con el crecimiento facial general.

2.3.5. La edad esquelética carpal en relación al tratamiento Ortopédico-Ortodóncico

Por todo lo descrito se puede afirmar que las fases de maduración ósea, a partir del análisis radiográfico de mano y muñeca, son utilizadas ampliamente para la predicción del crecimiento puberal, ya que este indicador es considerado confiable y válido, correlacionado en gran manera con el indicador de altura corporal del individuo y utilizado por muchos investigadores bajo la premisa de que los cambios óseos observados en la mano y muñeca son indicadores de los cambios esqueléticos generales y consecuentemente faciales (maxilo mandibulares) ^(8,10,13).

Consecuentemente el ortodoncista debe familiarizarse con las técnicas disponibles para determinar la edad esquelética del paciente y así contar con una base más objetiva al momento de planificar el tratamiento ortopédico - ortodóncico. ^(7,44)

2.3.6. Indicador de la Falange media del tercer dedo (MP3) ^(8,15,26,44)

Hägg y Taranger en su estudio, realizaron el análisis de varios huesos carpales, entre estos la falange media del tercer dedo de la mano izquierda (MP3), exponiendo un

análisis detallado de sus fases y características anatómico –radiográficas específicas que se presentan en el transcurso del brote de crecimiento puberal. Posteriormente Abdel y Kadel profundizaron más acerca de este indicador, afirmando que era suficiente para la evaluación de la curva de crecimiento puberal, ya que para cada estadio de crecimiento se presenta una fase MP3 característica y de fácil identificación que evita la necesidad de recurrir a otros lugares anatómicos de la mano.

2.3.6.1. Las fases del MP3 y su relación con la curva de crecimiento puberal son:⁽⁸⁾

Fase F: La epífisis tiene el mismo ancho que la diáfisis. 40% de los individuos están antes del pico de velocidad máxima de altura puberal (PHV), muy pocos individuos se encuentran en este periodo

Fase FG: La epífisis tiene el mismo ancho que la diáfisis y en los extremos hay una demarcación de ángulos rectos. 90% de los individuos están 1 año antes o durante el pico de velocidad máxima (PHV).

Fase G cap.: Los márgenes laterales redondeados de la epífisis comienzan a adelgazar y cubren (capping) la diáfisis con un ángulo agudo a cada lado. 90% de los individuos están en o 1 año después de PHV. (24)

Fase H: La fusión de la epífisis y la diáfisis ha comenzado. 90% de las mujeres y todos los varones están posteriores al PHV, pero anteriores al final (End) del brote de crecimiento puberal

Fase I: La fusión de ambas se ha completado. Todos los individuos excepto algunas mujeres han concluido el brote de crecimiento puberal.

Como se menciona anteriormente el pico de crecimiento puberal es una etapa muy importante a tener en consideración para el tratamiento ortopédico ortodóncio. En el

estudio realizado por Hägg y Taranger el 90 por ciento de los sujetos al estudio se encontraron en la fase MP3 –FG o MP3-G durante esta etapa. Otros estudios también coinciden en que la fase de capping (MP3-G) está correlacionada con el pico de mayor crecimiento. ^(24,25,40)

El indicador MP3 cumple con los siguientes requisitos y ventajas: ^(26,44)

1. Validez en describir la maduración esquelética individual: Es decir los resultados obtenidos mediante este indicador están en concordancia con los que se obtendrían mediante el indicador de la curva de altura corporal.
2. Utilidad en la detección del pico de velocidad máxima de altura, consecuentemente el pico de máximo crecimiento facial maxilomandibular.
3. Es un indicador de corta duración y de simple interpretación, ya que contempla los sucesos ocurridos en un solo lugar anatómico de la mano.
4. Genera menor radiación, cumpliendo con el principio de ALARA que afirma que el paciente debe ser sujeto a cantidad de radiación mínima absolutamente necesaria para fines diagnósticos. ^(26,29) Incluso se evaluó la posibilidad de utilizar una técnica radiográfica más avanzada mediante la radiografía digital, cuya exposición es cinco veces menor que la radiografía convencional, además este método provee muchas ventajas en cuanto a la mejora de la calidad de la imagen. ⁽²⁶⁾
5. Causa menos molestias al paciente, además de tener un bajo costo.
6. Requiere únicamente una radiografía periapical convencional o de visiógrafo, con la que se cuenta normalmente en el consultorio odontológico.

2.4. EDAD CRONOLÓGICA ^(1,4)

Es la edad en años del individuo en función del tiempo transcurrido desde el nacimiento. Es un criterio administrativo de gran importancia que marca hechos trascendentales en la vida y tiene por tanto un valor social o legal más que biológico.

2.4.1. División cronológica de la vida humana

A. Período prenatal o de vida intrauterina: Corresponde a la fase del desarrollo anterior al nacimiento.

B. Período postnatal: Se extiende desde el nacimiento hasta la senilidad. Puede dividirse en varios estadios de duración variable a causa de la raza, sexo y constitución física.

- a) Fase neofetal: Corresponde a las dos primeras semanas después de nacimiento.
- b) Infancia: Corresponde al período restante del primer año de vida.
- c) Niñez (pueril): Comienza a partir del segundo año hasta la pubertad.
- d) Adolescencia: Se extiende desde los 10 a los 20 años más o menos y se caracteriza por una serie de modificaciones morfológico – funcionales y psíquicas. La adolescencia es un período de transición entre la pubertad y la edad adulta.

Este último período puede dividirse en varias fases:

- Prepubertad (proceritas secunda): Se extiende desde los 10 años hasta la pubertad.
- Pubertad: Se caracteriza por el inicio de las funciones sexuales y la aparición de los caracteres sexuales secundarios. Es el momento cuando el niño experimenta cambios físicos, hormonales y sexuales para lograr la capacidad de reproducirse. Está asociada con un crecimiento rápido. La edad del inicio de la

pubertad varía mucho con el género, la población, el entorno y de persona a persona, comienza en las mujeres con la primera menstruación (menarca), que ocurre a los 13 años \pm 2. Para los hombres no hay un criterio tan definido pero se considera comienza a los 15 años \pm 2, considerando la edad ósea correspondiente a la de las mujeres, en la época de la menarca.

- Pospubertad (turgor tertius o nubilidad): Se extiende desde la pubertad hasta los 18 años en la mujer y hasta los 20 años en el hombre.

e) Madurez (virilidad): Se extiende desde los 20 a los 60 años

f) Decadencia (Aetas terminalis): Es la fase en la cual se encuentra la senilidad.

2.5. EDAD DENTARIA ⁽⁵⁰⁾

La valoración de la edad dental es esencial para un pronóstico sobre el desarrollo de la dentición. Se determina por dos métodos: Estadio de erupción dental y estadio de formación del germen dentario, que se basa en la comparación del estado de desarrollo radiológico de los diferentes dientes frente a una escala de maduración. De esta forma no sólo se mide la última fase de desarrollo dental, sino todo el proceso de mineralización. La valoración consiste en un sistema de puntuación (Demirjian y cols.⁽³⁴⁾). Se adjudica a cada diente una puntuación, según su estadio de desarrollo. La suma da el valor de madurez, que se puede convertir directamente en la edad ósea con ayuda de unas tablas convencionales.

2.5.1. Estadios de Formación del Diente

Se reconoce como lámina dental o listón dentario a la primera estructura que se diferencia durante el desarrollo de los dientes y aparece durante la 6ta semana de vida intrauterina. Esta estructura consiste en un engrosamiento ectodérmico al nivel del borde superficial de la mandíbula, en primera instancia y posteriormente en el maxilar

superior. Poco después la lámina dental se parcela en diez acúmulos en cada maxilar, constituyendo los órganos del esmalte.

Etapa de yema: En esta etapa se aprecia en la zona de la lámina dental correspondiente a cada diente, un abultamiento en forma de disco que constituirá las yemas epiteliales.

Etapa de casquete: Estos abultamientos constituyen órganos del esmalte, los cuales se van hundiendo en el mesénquima, que a su vez prolifera a este nivel formando la papila dental, ambos constituyen el germen dentario

Etapa de campana: En esta etapa se establecen los patrones coronarios de cúspides bordes y fisuras. Se desarrolla el estrato intermedio entre el retículo estrellado y el epitelio adamantino interno el cual es esencial en la formación del esmalte al producirse los materiales que pasan a los ameloblastos y a la matriz del esmalte durante la amelogénesis.

En el último estadio se pierde la continuación del órgano dental donde la lámina y el saco dental rodearán completamente al germen dentario. Cuando la diferenciación de los tejidos del germen alcanza su nivel máximo se inicia la formación de los tejidos mineralizados. Esta nueva etapa se conoce como etapa de folículo dentario.

El proceso de formación del esmalte dentario es conocido como amelogénesis, en éste intervienen los ameloblastos y las células del estrato intermedio que elaboran una matriz orgánica diferente a la de los demás tejidos calcificados del diente constituida por una proteína fibrosa semejante estructuralmente a la queratina. Se debe recordar que la formación de los tejidos mineralizados se inicia en la zona de las cúspides y bordes incisales y que el primer tejido dentario que se forma es la dentina.

2.5.2. Erupción dental ⁽²⁸⁾

La erupción dental activa es el proceso que se inicia con el movimiento del diente hacia la mucosa oral, en el momento que inicia la formación radicular y termina cuando el

diente entra en oclusión con su antagonista. Se habla de erupción pasiva cuando el diente después de llegar al plano de oclusión sigue un movimiento extrusivo, en ausencia del antagonista.

La ventaja que presenta el indicador de emergencia o erupción dental, es que es observable clínicamente, sin embargo presenta también desventajas como método estimador de la edad dental, ya puede ser alterada por factores locales como la anquilosis, la exodoncia temprana de dientes deciduos, impactación o apiñamiento dental, factores nutricionales, ambientales, genéticos y raciales, factores hormonales y de dimorfismo sexual, etc. Así mismo enfermedades como el hipopituitarismo, raquitismo, sífilis congénita, diabetes y síndrome de Down pueden inhibir o acelerar los procesos de erupción y emergencia dental.

Autores como Nolla en 1960 ⁽²⁰⁾, Demirjian ⁽³⁴⁾ en 1973, Noble en 1974 y Anderson en 1976 coinciden en decir que la maduración dental es un indicador más confiable que la emergencia dental.

2.5.3. Métodos para determinar la maduración dental ^(20,34,49)

Entre los elementos más importantes para determinar la maduración o edad dental se encuentran la formación y la mineralización. Estos aspectos pueden ser evaluados a través de la observación de la aparición de los gérmenes dentales, la detección temprana de las trazas de mineralización, el grado de formación de los dientes sin emerger, la velocidad de formación del esmalte, la formación de las líneas neonatales, el grado de reabsorción en la dentición decidua y la formación de la dentina secundaria.

En 1960 Nolla clasificó el desarrollo dentario en 10 estadios de calcificación, desde el estadio de cripta hasta el cierre apical de la raíz. El estudio de Nolla advirtió que el desarrollo de la mineralización comenzaba y finalizaba antes en el sexo femenino, aunque no parecían existir diferencias en la secuencia de finalización del desarrollo. Este método es uno de los más utilizados en la práctica clínica como procedimiento para la estimación del desarrollo de la dentición permanente. Por ejemplo el estadio 2

representa el inicio de la calcificación de la corona dentaria, en el 6, al estar la corona completa, hay ruptura de la cripta y se inicia el periodo de erupción propiamente dicha, en el estadio 8 la mayor parte de los dientes perfora la cresta alveolar, presentándose el diente con aproximadamente 2/3 de la raíz formada.

El conocimiento de los estadios de Nolla es de gran significado clínico, pues podemos acelerar o retardar el proceso de erupción de los dientes permanentes mediante la extracción de sus antecesores deciduos, en la época adecuada.

Para proceder al análisis del desarrollo de un determinado diente, confrontamos la radiografía del paciente con los esquemas asignados para los dientes superiores y dientes inferiores, asignando el estadio correspondiente.

En 1962 se desarrolló el método Tanner-Whitehouse (TW2) para dar una puntuación a los huesos carpales según su madurez ósea, este método fue adaptado por Demirjian y Goldstein en el año 1973, a través de la observación de radiografía de dientes permanentes unirradiculares como multiradiculares. El método de Demirjian y Goldstein 1973, está basado en la observación de radiografías panorámicas tomadas a personas de origen francocanadiense y la determinación de valores según los diferentes estadios (A- H) de maduración dental. Los autores describen ocho estadios:

A. En dientes uniradulares y multiradulares la calcificación inicia en la parte superior de la cripta en forma de cono invertido. No hay fusión de los puntos calcificados.

B. La fusión de los puntos calcificados forman varias cúspides dando regularidad a la línea externa oclusal.

- C.
- a. La formación del esmalte está completa en la superficie oclusal. Converge hacia la región cervical.
 - b. Se inicia el depósito de dentina.
 - c. La línea externa de la cámara pulpar presenta la forma curva del borde oclusal.

- D.
 - a. La formación de la corona se encuentra completa hasta la unión amelocementaria. Comienzo de la formación radicular.
 - b. El borde superior de la cámara pulpar en dientes uniradiculares tiene una forma de curva definida siendo cóncava hacia la región cervical. La proyección de cuernos pulpares si están presentes, tienen una línea externa que da la apariencia de una sombrilla. En molares la cámara pulpar tiene una forma trapezoidal.
 - c. El comienzo de la formación radicular toma la apariencia de una espícula.

- E. Dientes uniradiculares
 - a. Las paredes de la cámara pulpar están bien definidas y forman líneas rectas las cuales se interrumpen por la presencia de los cuernos pulpares, estos son más largos que en el estado anterior.
 - b. La longitud de la raíz es menor a la de la corona.Dientes multiradiculares.
 - a. Se inicia la formación de la bifurcación radicular en forma de un punto calcificado que tiene forma semilunar.
 - b. La longitud radicular es aún menor que la altura de la corona.

- F. Dientes uniradiculares.
 - a. Las paredes de la cámara pulpar forman más o menos un triángulo isósceles,
 - b. La longitud radicular es igual o mayor que la longitud coronaria.Dientes multiradiculares.
 - a. La región calcificada de la bifurcación va mas allá del estadio de forma semilunar, para dar a la raíz una línea externa más definida, terminando en forma de embudo.
 - b. La longitud radicular es igual o mayor que la altura coronaria.

- G.
 - a. Las paredes del canal radicular son ahora paralelas (raíz distal en molares)
 - b. El ápice radicular está aún parcialmente abierto (raíz distal en molares).

- H. a. El ápice del canal radicular está completamente cerrado (raíz distal en molares)
- c. El ligamento periodontal rodea uniformemente la raíz y el ápice.

2.5.4. Edad cronológica y Edad dental en relación al tratamiento Ortopédico-Ortodóncico ^(7,22,37)

La interrogante acerca del momento óptimo en que se debe iniciar el tratamiento ortopedico – ortodóncico es debatida ampliamente en la ortodoncia contemporánea. Todavía es muy frecuente que la edad cronológica o las fases de la dentición definan el momento en que se comience con el tratamiento ortodóncico– ortopédico.

En la práctica ortodóncica y odontológica general la edad cronológica del paciente es considerado un dato importante dentro de la anamnesis de la historia clínica. Pacientes de 11 a 14 años que acuden a la consulta ortodóncica son considerados aptos para comenzar con el tratamiento ortodóncico y muchos diagnósticos, planificaciones y tratamientos se han realizado basándose en ese dato de edad cronológica y en el estado de la dentición del paciente, observado durante el examen clínico, tomando en cuenta el recambio o el grado de calcificación dentaria. Estos pacientes de 11 a 14 años de edad presentan una dentición mixta tardía o permanente temprana por lo tanto las piezas permanentes están en boca o en erupción, lo que hace ya visible la maloclusión del paciente, la manifestación de discrepancias óseas también se hacen más evidentes, se genera mayor interés por parte de los padres para su corrección y existe la presunción de parte del profesional de que el paciente se encuentra en una fase activa de crecimiento, sin embargo no se conoce exactamente en cual.

La edad cronológica, dentaria y de maduración ósea no siempre están correlacionadas, por ejemplo es muy común para el ortodoncista revisar a un paciente de gran estatura, avanzado en edad pero con la presencia de más piezas deciduas que lo que le correspondería para su edad. O el caso de un niño con poca estatura pero avanzado en cuanto a su maduración esquelética en comparación con un niño alto de la misma edad, donde factores genéticos ejercen gran influencia, en este caso predestinando al

primer niño a una estatura reducida. Por estas variaciones la evaluación de la maduración ósea es un método más confiable que la edad cronológica y dental al momento de valorar el desarrollo del paciente. ⁽¹³⁾

Algunos estudios concluyeron en la existencia de una fuerte correlación entre la edad cronológica y edad esquelética o bien no encontraron una diferencia significativa entre ambos en el inicio del brote de crecimiento puberal (onset) en individuos de maduración promedio,⁽¹⁷⁾ sin embargo en individuos con maduración temprana o tardía, se evidenció una diferencia significativa entre ambas edades^(7,11,37).

Otros estudios coinciden que, debido a esta variación individual respecto al momento en que se presenta el brote de crecimiento puberal y su magnitud, la edad cronológica no representa un indicador confiable a la hora de identificar si el paciente se encuentra en este periodo de gran crecimiento, ya que pueden presentarse retrasos o adelantos en la maduración esquelética en varios grados de desviación respecto a la edad cronológica, además de aceleraciones o desaceleraciones en la velocidad de crecimiento durante las diferentes etapas de este. ^(1,8,9,10,11,17)

La práctica común durante el diagnóstico y la planificación del tratamiento ortodóntico consiste en realizar comparaciones de las medidas cefalométricas en relación a los estándares “normales” basados en la edad cronológica; lo cual no provee una base biológica para la evaluación del crecimiento del individuo. ^(7,13)

Individuos que presentan al principio patrones de crecimiento con retardo o aceleración pueden no mantener este patrón durante todo el periodo de crecimiento y presentar cambios abruptos. ⁽¹³⁾

Es también evidente que las generaciones actuales, a diferencia de las pasadas, alcanzan la pubertad a edades más tempranas que en el pasado y que los factores ambientales pueden constituirse también en variables importantes que pueden influenciar el desarrollo esquelético. ^(9,10,41)

Según el estudio de Hägg y Taranger, realizado en una población sueca, existió una diferencia de 2 años entre mujeres y varones tanto en el inicio, pico y el fin del brote de

crecimiento puberal. La variación individual llegó a ser hasta de 6 años en cada evento del crecimiento en ambos sexos, llegando a la conclusión que la edad cronológica no es un indicador válido. ⁽⁸⁾ En otro estudio Hunter (1966) ⁽⁵¹⁾ observó que en el sexo masculino había una variación de 4 años para el inicio de la pubertad y de 5 años, para el sexo femenino, llegando a la misma conclusión mencionada.

Concerniente al desarrollo dental y su correlación con la maduración esquelética, muchos estudios concuerdan con que la maduración dental no es un indicador tan confiable, por su escasa correlación con las fases de maduración ósea y por lo tanto no constituye un indicador útil para determinar el brote de crecimiento puberal. ^(2,8,16,18,36)

No obstante también se ha sugerido la existencia de una alta correlación entre la calcificación dentaria y la edad esquelética. ^(19,21,32,33,37,39,45) La pieza dentaria con mayor correlación reportada es el canino inferior, ^(9,19,21) aunque la literatura también muestra que la pieza con mayor correlación varía según la población estudiada y el método de valoración empleado ^(19,21,37,39) Según Coutinho tanto el canino como el primer premolar inferior pueden ser utilizados como indicadores de maduración durante el brote de crecimiento puberal con cierto grado de confiabilidad similar a indicadores carpales.

El estudio de Dr. Carlos Flores Mir, ⁽⁹⁾ realizado en la población peruana, concluyó que los patrones de calcificación del canino inferior poseen gran correlación con los eventos de maduración esquelética (fases del MP3) en ambos sexos. En este estudio se evaluó la maduración dental mediante la clasificación de Demirjian para el canino inferior (izquierdo). Se utilizaron solamente cinco fases (D-H), ya que estas habían sido previamente relacionadas con el brote de crecimiento puberal.

Esta estrecha correlación sugiere que la necesidad de una radiografía para determinar la edad esquelética es menor si el paciente presenta un desarrollo normal, ya que con una radiografía dental, se podría evaluar el desarrollo del paciente. En pacientes con alteraciones endocrinológicas, aberraciones bucales o disarmonías del desarrollo, se hace necesario determinar la edad esquelética del individuo.

2.6. Dimorfismo Sexual: ^(3,8,13)

El crecimiento durante el brote de crecimiento puberal presenta algunas diferencias entre ambos géneros, relacionadas al momento que ocurre el máximo crecimiento, el cual se presenta aproximadamente de 2 a 3 años antes en mujeres. Sin embargo es importante corregir el pensamiento erróneo del pasado que afirmaba que a los varones les toma más tiempo madurar que a las mujeres. En verdad ellos lo hacen simplemente en una edad cronológica más avanzada; el periodo de adolescencia en los varones, generalmente, no dura más tiempo que el de las mujeres.

Otras características encontradas son: Las mujeres presentan una maduración más temprana en altura corporal y en el crecimiento maxilar, mientras que la velocidad de crecimiento mandibular es mayor en los varones. Después del pico de crecimiento la velocidad de crecimiento disminuye con mayor rapidez en las mujeres que en los varones.

III REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

CALVIN J. HUNTER, D.D.S., M.S, The Correlation Of Facial Growth With Body Height And Skeletal Maturation At Adolescence. (1966): ⁽⁵¹⁾

Este estudio longitudinal consistió en la evaluación anual de la edad cronológica, edad esquelética, altura corporal y crecimiento facial de 59 sujetos, algunos de los cuales se encontraban durante tratamiento ortodóntico, con el propósito de determinar la existencia o no de correlación entre el crecimiento facial y el crecimiento de la altura corporal y la edad esquelética.

Los resultados del estudio fueron los siguientes: El máximo crecimiento facial tiene coincidencia con el máximo crecimiento en la altura corporal. El cuerpo mandibular presenta la correlación más consistente con el crecimiento de la altura corporal durante la adolescencia. La edad esquelética muestra mayor correlación respecto al crecimiento facial, que la edad cronológica y es útil para determinar el pico de máximo crecimiento

facial. El tratamiento ortodóntico de algunos sujetos del estudio no tuvo efecto ni influencia en relación al tiempo en que ocurre el máximo crecimiento facial.

BJÖRK A y HELM S. Prediction of the Age of Maximum Puberal Growth in Body Height (1967): ⁽¹²⁾

En este estudio longitudinal de 20 niñas y 32 niños daneses se evaluó la posibilidad de predecir la edad de máximo crecimiento puberal de altura corporal en relación con otros indicadores como la aparición del sesamoideo del pulgar (indicador esquelético), la erupción dentaria de caninos, premolares y molares (indicador dental) y en las niñas; la menarca. Los resultados evidenciaron la existencia de una cercana asociación entre la edad de máximo crecimiento corporal y la edad en donde ocurría la osificación del hueso sesamoideo del pulgar, y también la edad donde ocurría la menarca en las niñas. El sesamoideo no se osificaba después del máximo crecimiento puberal y usualmente lo hacía un año antes de este proceso. Al contrario la menarca no ocurría antes de dicha edad, sino que lo hacía algunos años después. La maduración dentaria presentó escasa correlación con el máximo crecimiento puberal de altura corporal, ya que la erupción completa de los caninos y premolares, especialmente en los niños y la erupción completa de los segundos molares, especialmente en las niñas, podía ocurrir muchos años antes o después del máximo crecimiento puberal. El autor sugiere que para un tratamiento ortodóntico, la maduración esquelética y dentaria deberían ser registradas, siendo de mayor importancia la primera, ya que existe una mayor correlación con el máximo crecimiento puberal de altura corporal.

EARL O. BERGERSEN, D.D.S., M.S.D., The Male Adolescent Facial Growth Spurt: Its Prediction and Relation to Skeletal Maturation (1972) ⁽¹¹⁾

En este estudio longitudinal se analizó el brote de crecimiento puberal facial en relación a siete dimensiones (mediante una telerradiografía lateral) y en relación a la altura corporal en 23 varones para correlacionarlos con la maduración esquelética (estimada mediante una radiografía carpal). La existencia de una posible correlación entre estas,

daría la capacidad al ortodoncista de predecir el máximo crecimiento facial e incluirlo dentro del tratamiento. Las mediciones de la radiografía carpal y de la estatura corporal se realizaron cada seis meses, mientras que las mediciones cefalométricas cada año desde el nacimiento hasta la total madurez de los sujetos de la muestra.

Las conclusiones del estudio fueron: Existencia de una significativa correlación del inicio del brote de crecimiento puberal de las dimensiones faciales con la estatura corporal. La maduración esquelética se correlaciona significativamente con el inicio del brote de crecimiento puberal facial masculino.

DEMIRJIAN A., et al, A New System of Dental Assessment (1973): ⁽³⁴⁾

En este estudio se dio a conocer un nuevo sistema de evaluación de la edad dental, el cual está basado en el análisis radiográfico de siete piezas dentarias mandibulares del lado izquierdo. Para el estudio se contaron con 1446 radiografías panorámicas de varones y 1482 de mujeres con procedencia francocanadiense, en las cuales se evaluaron ambos incisivos, canino, ambos bicuspideos y primer y segundo molar de acuerdo al desarrollo, calificación y cierre apical que presentaban, a la vez que se les asignaba una de las 8 fases (A-H) disponibles. Posteriormente, mediante el método de la maduración esquelética de Tanner, Whitehouse y Healy se le asignaba un valor a cada fase de cada diente. La sumatoria de este valor de los siete dientes proporcionaba el valor de maduración dental, que se podía convertir directamente en la edad dental del individuo. Este método puede ser de aplicación universal; sin embargo la conversión a la edad dentaria específica no debe ser utilizada sin tener en consideración que las características de la población a estudiar pueden ser muy diferentes de aquella en la cual se realizó el estudio originalmente

LEONARD FISHMAN. D. D. S, Chronological Versus Skeletal Age, an Evaluation of Craniofacial Growth (1977): ⁽⁷⁾

El propósito de este estudio longitudinal fue comparar la edad cronológica y esquelética de una población norteamericana, para emitir juicios de valor acerca de la confiabilidad

del uso de normas cefalométricas basadas en la edad cronológica como se hace comúnmente en la práctica actual y estudiar el valor diagnóstico de utilizar la edad esquelética en la evaluación cefalométrica. La muestra consistió en 60 varones y 68 mujeres entre las edades de 7 a 15 años, a los cuales se les realizaron telerradiografías laterales, en las cuales se registraron varias medidas lineales, además de radiografías carpales, analizadas mediante el atlas de Greulich y Pyle y como tercer registro se les realizó la medición de su altura corporal. Los tres registros se los llevaron a cabo con un intervalo de 6 meses. A cada medición cefalométrica se le asignó su respectiva edad cronológica y ósea.

En los resultados se observó que sólo un pequeño porcentaje de la muestra evidenció coincidencia entre la edad esquelética y cronológica.

JULIAN SINGER, D.D.S., M.S, Physiologic Timing of Orthodontic Treatment (1979):⁽²⁴⁾

El propósito del artículo fue describir algunas características de las radiografías carpales, las cuales son de importancia a la hora de realizar el tratamiento ortodóntico, de esta manera permitir al clínico utilizar esta radiografía con cierto grado de confiabilidad para la determinación del estado de maduración de su paciente. Se describen seis fases radiográficamente identificables de maduración carpal, las cuales se correlacionan con la maduración del paciente, por lo tanto se constituyen en una guía para determinar el momento de inicio del tratamiento ortodóntico. El autor pone énfasis en la fase 2 y en la fase 5. La fase 2 representa el periodo temprano prepuberal, durante la cual es posible un crecimiento significativo de la mandíbula. La fase 5 es el periodo de desaceleración puberal, durante el cual el paciente suele finalizar el tratamiento ortodóntico o encontrarse en la fase de retención. El artículo presenta tres casos clínicos, en los cuales los pacientes se encontraban en la fase 2 de desarrollo carpal y presentaban un Clase II esquelética, tratada durante esta temprana fase de desarrollo mediante aparatología extraoral (headgear 14 a 16 horas diarias), obteniendo resultados terapéuticos satisfactorios en periodos cortos de tratamiento (8 a 9 meses). Por último se expone el caso de un paciente tratado por una clase II esquelética a los 11

años de edad, que a los 15 años de edad, cuando se encontraba en la fase 5 carpal, presenta un patrón de clase III, con un aumento efectivo mandibular y una mordida borde a borde.

Se concluye que la fase 2, si bien no representa la fase de mayor crecimiento, es adecuada para el tratamiento efectivo de la Clase II esquelética sin requerir un periodo de tratamiento prolongado. La fase 5 en la cual el crecimiento residual podría modificar los resultados del tratamiento terminado es posible tomar ciertas precauciones mediante la toma de una radiografía carpal antes de concluir el tratamiento. Se recomienda que la radiografía carpal sea incluida dentro de los registros diagnósticos del paciente para lograr un mejor razonamiento del problema que presenta el paciente y un mejor control del caso.

LEONARD S. FISHMAN, Radiographic Evaluation of Skeletal Maturation (1981): ⁽¹³⁾

En este estudio se presenta un sistema de evaluación de la maduración esquelética (System of Skeletal Maturation Assessment SMA) mediante la utilización once indicadores (Skeletal Maturation Indicators SMI's), situados en seis sitios anatómicos de la mano y muñeca de radiografías cárpales para facilitar la evaluación objetiva de la maduración del paciente y promover su implementación en la práctica clínica.

Se estudiaron dos muestras; una transversal y otra longitudinal. La muestra transversal constó de 1100 individuos del estudio dividido en igual número en mujeres y varones. La longitudinal estaba compuesta por 206 mujeres y 196 varones, cuyo crecimiento fue evaluado desde los tres meses de edad hasta la edad adulta, realizando continuamente registros antropométricos, radiografías cefalométricas P-A y laterales y radiografías cárpales, los cuales fueron analizados.

Los resultados y conclusiones del estudio fueron:

- SMA posibilita realizar un estudio simple y organizado de la maduración esquelética durante la adolescencia mediante SMI's, los cuales nos permiten identificar los niveles de maduración ósea.

- Se demuestra la gran variabilidad individual referente al crecimiento y desarrollo.
- Existe una diferencia significativa entre mujeres y varones en cuanto a la edad en que se presenta el crecimiento puberal
- La edad esquelética obtenida mediante este método constituye una base más confiable que la edad cronológica.
- La maduración ósea carpal está en correlación con la velocidad de altura corporal
- El crecimiento facial, medido en el maxilar superior y la mandíbula muestran una estrecha asociación con los niveles de crecimiento y con la maduración esquelética.
- Tanto el maxilar superior como la mandíbula presentan su máximo crecimiento un poco después que el pico de crecimiento de la altura corporal
- La evaluación clínica y el tratamiento ortopédico ortodóntico estaría más orientado a las características individuales del paciente si se tomaría en cuenta la evaluación del crecimiento esquelético y desarrollo del paciente.

URBAN H. y TARANGER J. Maturation indicators and the pubertal growth spurt (1982): ⁽⁸⁾

En su estudio analizaron indicadores de maduración en relación con el brote de crecimiento puberal evaluado mediante las curvas de altura corporal, cuyos incrementos anuales fueron registrados desde los 3 a 20 años de edad de 212 pacientes suecos. Adicionalmente cada uno de estos pacientes fue evaluado mediante radiografías de mano y muñeca, la aparición de caracteres sexuales secundarios y la erupción y maduración dentaria. Una vez que se determinó la curva de crecimiento, se encontró que había una diferencia en la edad cronológica de dos años entre ambos sexos, en cada uno de los eventos de la curva: inicio, pico y final. La variación individual fue hasta de 6 años dentro de cada género en cada uno de los eventos. El brote de crecimiento puberal comenzó (onset) en mujeres a los 10 años de edad, en varones a los 12.1, el pico de máxima altura se presentó dos años después; es decir en mujeres a los 12.0 años de edad y en varones a los 14.1. El fin del brote de crecimiento puberal

aconteció en mujeres a los 14.8 años y en varones a los 17.1 años de edad. Sin embargo por la gran variación individual tanto en mujeres como varones los individuos con maduración temprana finalizaron su crecimiento puberal (end) antes que los individuos de maduración tardía comiencen su crecimiento puberal (onset), incluso se observó que la adolescente de maduración más temprana alcanzó el pico de crecimiento puberal 6 años antes que la adolescente con maduración más tardía y 8 años antes que el varón de maduración más tardía.

Por otro lado, el desarrollo dentario fue más avanzado en niñas que en niños, pero al final de la curva sucedía lo contrario. La valoración dentaria no era útil para determinar la curva del crecimiento.

Se propuso un tipo de evaluación de las radiografías carpales para determinar la maduración ósea y su ubicación en la curva de crecimiento. El pico y el fin, pero no así el inicio del brote de crecimiento puberal, pueden ser valorados mediante el indicador de desarrollo esquelético, el cual fue considerado como un indicador confiable.

Tanto la menarca en mujeres como el cambio de voz en varones fueron, de igual manera, considerados indicadores confiables correlacionados significativamente con el brote de crecimiento puberal. En cuanto a la menarca, esta hace referencia a que el pico de crecimiento ya pasó. El cambio de voz puberal refleja cercanía al pico, mientras que el cambio hacia la voz adulta denota que el varón está en el pico o ya lo pasó.

SIERRA AM. Assessment of Dental and Skeletal Maturity, A New Approach (1987):⁽¹⁸⁾

Con una muestra de 153 niños caucásicos de ambos sexos, en un rango de edad de 8 a 12 años, se evaluó la correlación entre la maduración ósea basándose en el atlas elaborado por Greulich y Pyle en 1959 y los estadios de calcificación dentaria propuestos por Nolla de varios dientes permanentes (caninos, premolares y segundos molares superiores e inferiores). El estudio concluyó que existe una correlación significativa entre ambos acontecimientos, siendo la correlación más fuerte a nivel del canino mandibular. Este resultado sugiere que no siempre es necesaria la evaluación de la edad esquelética mediante radiografías adicionales, ya que con la valoración del

desarrollo dentario se obtiene la información necesaria acerca del desarrollo del paciente.

LEONARD FISHMAN, Maturational Patterns and Prediction During Adolescence (1987): ⁽²³⁾

El propósito del estudio fue definir con mayor claridad la interrelación entre una maduración promedio, temprana y tardía en relación con los patrones de crecimiento durante la adolescencia y valorar la viabilidad de predecir estos patrones de maduración con un grado significativo de confiabilidad, ya que esta información es considerada esencial para un enfoque más biológico en cuanto a la evaluación del crecimiento craneofacial, predicción del mismo y planificación del tratamiento.

La muestra transversal consistió en 2225 mujeres y 1775 varones, a los cuales se les tomó una radiografía carpal, evaluada mediante el SMA (System of Skeletal Maturation Assessment) y asignada con sus respectivo indicador de maduración esquelética (SMI). Dentro de esta amplia muestra, se realizó además un estudio longitudinal, donde se seleccionó a los individuos del estudio en base al ritmo de maduración que presentaron (promedio, temprana, tardía).

Se analizó estadísticamente cada SMI según género y se le asignó a cada SMI una edad cronológica promedio con su desviación estándar. Los valores de edad cronológica que se desviaban de la edad promedio una o más desviaciones estándar, fueron considerados que poseían una maduración temprana o tardía, de esta manera se pudo clasificar individualmente según el nivel de maduración que presentaba cada sujeto del estudio. Además se estudió la duración de los SMI en individuos con maduración, temprana y tardía en ambos géneros para analizar las diferencias entre ambos y responder a la interrogante si los de maduración temprana alcanzaban los cambios de maduración antes que los de maduración tardía.

Los resultados muestran que la duración depende del periodo del SMI, algunos SMI duran más en individuos con maduración tardía mientras que otros, lo opuesto. Los individuos con maduración temprana, en ambos géneros, muestran un comportamiento muy similar en relación a la duración de los SMI. En cuanto a los individuos de

maduración tardía, en el sexo femenino, presentan una duración considerablemente mayor en los periodos SMI 4-5, 6-9 y 10-11; mientras que en el sexo masculino la duración mayor se exhibe en los periodos SMI 2-4, 9-10 y 10-11. En cuanto a los individuos de maduración temprana, tanto mujeres como varones exhiben periodos de mayor duración únicamente en los SMI 1-2 y 7-8.

La conclusión del estudio fue que la radiografía carpal provee un medio confiable y eficiente de valoración del desarrollo del paciente, que posibilita la elección del tratamiento más adecuado en el momento oportuno según las características de crecimiento individual del paciente.

CONTINHO S. et al., Relationships between mandibular canine calcification stages and skeletal maturity (1993): ⁽¹⁹⁾

Este estudio consistió en la evolución de las fases de maduración ósea carpal según el método de Greulich y Pyle y el análisis de los estadios de calcificación del canino inferior según Demirjian de una muestra total de 415 sujetos, todos ellos norteamericanos.

Se encontró una alta correlación de ambos indicadores durante el brote de crecimiento puberal y se obtuvo como resultado que la mayoría de los sujetos del estudio alcanzaron la fase G canina coincidentemente con la aparición del sesamoideo aductor, con la fase de capeamiento del MP3 y PP5. A partir de esto se concluye que el estadio G para el canino tiene lugar aproximadamente 0.4 años antes del pico de crecimiento para las niñas y 1.3 años antes para los niños, constituyendo el canino inferior un indicador representativo del brote de crecimiento puberal, que sin embargo no debe ser tomado como único criterio diagnóstico.

HUSSAM M. ABDEL-KADER DD, The reliability of Dental x-ray film in assessment of MP3 stages of the pubertal growth spurt (1998): ⁽²⁶⁾

El objetivo principal de este estudio consistió en dar a conocer un método simple y práctico para la valoración del brote de crecimiento puberal de sujetos en crecimiento

mediante el registro de las fases de desarrollo de la falange media del tercer dedo de la mano, obtenidas en una radiografía periapical de uso convencional en odontología. Este autor extrae una parte de la clasificación de Hägg y Taranger, la cual hacía referencia al MP3 como parte de su clasificación general de mano y muñeca.

El indicador MP3 está representado por cinco fases de desarrollo con características radiográficas fácilmente identificable, las cuales abarcan y cubren todo periodo del brote de crecimiento puberal desde el inicio (onset) hasta el final (end), por lo cual no se hace necesario el análisis adicional de otras regiones óseas. Este estudio provee un método altamente recomendable por su simplicidad en la interpretación y poca exposición de rayos X al paciente.

S. MADHU, AMITHA HEDGE, A. MUNSHI, The developmental stages of middle phalanx of the third finger (MP3): A sole indicator in assessing the skeletal maturity? (2003): ⁽⁴⁴⁾

Este estudio fue realizado con la finalidad de dar a conocer las características de un método de evaluación de la maduración esquelética simple, práctico y poco costoso, el cual consiste en el análisis de las fases de desarrollo de la falange media del tercer dedo de la mano izquierda (MP3) observadas en una radiografía periapical estándar. La muestra consistió en 67 pacientes, a los cuales se les tomaron una radiografía telerradiografía lateral, en la cual se analizó la maduración esquelética mediante el método de Lamparski y una radiografía periapical (MP3), interpretada mediante el método de Hägg y Taranger; ambos resultados fueron analizados y comparados.

Los resultados de este estudio mostraron una significativa correlación entre ambos métodos, lo que sugiere que la valoración de las fases de desarrollo óseo del MP3 constituye un método altamente confiable que se puede utilizar como una alternativa para la evaluación de la maduración esquelética en niños en crecimiento.

CARLOS FLORES MIR., et al: Use of Skeletal Maturation Base on Hand – Wrist Radiographic Analysis as a Predictor of Facial Growth: A Systematic Review (2004): ⁽¹⁰⁾

El propósito de este estudio fue analizar el valor de la radiografía carpal como indicador de la maduración esquelética para estimar el crecimiento facial. Se contaron con 11 artículos, todos ellos cumplían con los parámetros metodológicos adecuados y los criterios de inclusión que contemplaban que el crecimiento facial era evaluado mediante radiografías cefalométricas y la maduración esquelética determinada mediante la radiografía carpal. En conclusión el crecimiento facial horizontal y vertical está relacionado con la maduración esquelética determinada mediante el análisis de la radiografía carpal. El crecimiento maxilar y mandibular también está relacionado con la maduración esquelética, pero su correlación es menor.

UYSAL T., et al, Relationships Between Dental and Skeletal Maturity in Turkish Subjects (2004): ⁽²¹⁾

En su estudio, investigaron la correlación entre las etapas de calcificación dentaria y los estadios de maduración ósea en una muestra de 500 sujetos turcos (215 hombres y 285 mujeres), a los cuales se les tomaron radiografías panorámicas y radiografías carpales. La evaluación de la edad dental se realizó de acuerdo con el sistema de Demirjian en los caninos inferiores, primeros y segundos premolares, y segundo y tercer molar. Para evaluar la etapa de maduración esquelética en las radiografías carpales se utilizó el método de Björk.

Se encontraron relaciones estadísticamente significativas entre la calcificación dentaria y estadios de maduración ósea; el segundo molar mostró la mayor correlación y el tercer molar mostró la correlación más baja para ambos sexos. La formación de la raíz del canino, así como del primer premolar se completó en la mayoría de los sujetos en la fase MP3cap, PP1cap, etapas PACR. Debido al alto coeficiente de correlación, este estudio sugiere que las etapas de calcificación dentaria a partir de radiografías

panorámicas pueden ser clínicamente útiles como indicador del brote de crecimiento puberal en pacientes turcos.

CARLOS FLORES MIR, et al, Association between Growth Stunting with Dental Development and Skeletal Maturation Stage (2005): ⁽⁹⁾

En este estudio determinaron en niños de una escuela secundaria pública peruana la asociación entre el retraso del crecimiento relacionado con la desnutrición y el estadio de maduración ósea, así como el desarrollo dental. Se evaluaron 280 niños 140 atrofiados y 140 controles, igualmente distribuidos por sexo entre 9,5 y 16,5 años. El retraso del crecimiento se determinó mediante el indicador de talla –edad y peso – talla, recomendado por la Organización Mundial de la Salud. El estadio de maduración ósea se evaluó mediante una radiografía periapical de la falange media del dedo medio de la mano izquierda (MP3), siguiendo el método de Hägg y Taranger. La maduración dental fue determinada mediante una radiografía panorámica, en la cual se determinó la etapa de desarrollo del canino inferior izquierdo, según el método de Demirjian.

En los resultados se obtuvo gran correlación entre la maduración esquelética del MP3 y el desarrollo dental del canino inferior izquierdo en ambos géneros. Por otro lado no se evidenció una diferencia estadísticamente significativa entre la etapa de maduración esquelética y la etapa de desarrollo dental de acuerdo al estado nutricional inclusive al considerar diferentes grupos de edad, por consiguiente se concluyó que el retraso de crecimiento, relacionado al estado nutricional no se asocia con el desarrollo dental ni las fases de maduración ósea en niños escolares del Perú.

IV JUSTIFICACIÓN

Durante la planificación del tratamiento ortopédico - ortodóntico es muy importante tener presente las características del crecimiento del paciente para poder realizar terapéuticas efectivas de modificación del crecimiento óseo. De igual manera es relevante para el ortodoncista conocer la velocidad y el porcentaje de crecimiento

remanente para evaluar la estabilidad del tratamiento una vez finalizado ^(9,10,14). Entre los indicadores que nos ayudan a valorar el crecimiento y desarrollo del paciente se encuentran: la edad cronológica, dental y ósea, entre otros.

La edad cronológica es considerada un dato importante durante la planificación del tratamiento ortopédico ortodóncico, ya que permite ubicar al paciente dentro de los diferentes periodos de la vida y muchas veces es utilizado como indicador referencial para el inicio del tratamiento.

Por otra parte, ya que la tendencia actual en ortodoncia consiste en reducir el número de radiaciones con fines diagnósticos a las estrictamente necesarias, se han desarrollado índices para determinar la edad dentaria con la finalidad de demostrar su nivel de confiabilidad para ubicar al paciente en la curva de crecimiento puberal. Este indicador requiere únicamente de una radiografía panorámica, con la que ya se cuenta de antemano para la planificación del tratamiento ortopédico ortodóncico.

La maduración esquelética o edad ósea es el parámetro más confiable para evaluar el crecimiento y desarrollo de un individuo. Diversos investigadores desarrollaron métodos y técnicas para evaluar la madurez ósea amparándose en el uso de radiografías tomadas en diversas partes del cuerpo (rodilla, pie, mano y muñeca, cadera, vértebras)⁽⁹⁾ Sin embargo, la radiografía de mano y muñeca se prefiere porque muestra una mayor cantidad de huesos en desarrollo, además, requiere de un mínimo de exposición radiológica sin afectar el resto del cuerpo. ⁽¹⁰⁾

Conocer la existencia o ausencia de correlación entre estos tres indicadores es de suma importancia, ya que el éxito del tratamiento ortopédico ortodóncico dependerá en gran medida de un diagnóstico certero y de ejecutarlo en el momento oportuno, ambos factores están estrechamente relacionados con el conocimiento de las características de crecimiento y desarrollo del paciente y la capacidad de determinar en qué fase de la curva de crecimiento se encuentra.

Si bien está ampliamente documentado que la edad esquelética, valorada mediante una radiografía cervical, carpal o de la falange media dedo medio de la mano, es considerada un indicador confiable ^(4,13), existe controversia en cuanto a los otros dos indicadores, ya que los resultados de estudios previos respecto a su confiabilidad son

muy variados y heterogéneos. ^(7,9,13,19,36) Además se debe tener presente que la mayoría de estos estudios fueron realizados en poblaciones de razas y niveles socioeconómicos diferentes a la nuestra, por lo cual sus resultados no son del todo aplicables en nuestra población.

El presente estudio de investigación espera determinar la correlación entre la edad cronológica y la edad dental (calcificación dentaria) con la edad esquelética (estadios de maduración ósea) de estudiantes de 10 a 15 años del colegio Juan Pablo II del barrio de Alto Següencoma de la ciudad de La Paz, para obtener una pauta del nivel de confiabilidad de la edad cronológica y dentaria como parámetro de evaluación del pico de crecimiento puberal, al momento de realizar el diagnóstico y la planificación del tratamiento ortopédico ortodóncico.

Los resultados del estudio aportarán de manera significativa en lo concerniente a la necesidad o no de recurrir de manera indispensable al análisis radiográfico de la edad esquelética para el diagnóstico y planificación del tratamiento ortopédica ortodoncia o si la evaluación de la edad cronológica y edad dental, gracias a su significativa correlación, serían suficientes.

V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Pregunta de Investigación

¿Cuál es la correlación de la edad cronológica, el desarrollo dental y la edad esquelética en estudiantes de 10 a 15 años de edad del Colegio Juan Pablo II del barrio de Alto Següencoma de la ciudad de La Paz?

5.2. Hipótesis de Estudio

Existe una significativa correlación entre la edad cronológica, el desarrollo dental y la maduración esquelética en estudiantes de 10 a 15 años de edad del colegio Juan Pablo II del barrio de Alto Següencoma de la ciudad de La Paz.

5.3. Objetivo General

- Determinar la correlación entre la edad cronológica, el desarrollo dental y la maduración esquelética en estudiantes entre 10 a 15 años edad del Colegio Juan Pablo II del barrio de Alto Següencoma de la ciudad de La Paz.

5.4. Objetivos específicos

- Identificar los estadios de maduración ósea según el método de Abdel Kader
- Identificar los estadios de maduración dentaria según el método de Demirjian.
- Evaluar la correlación entre la edad cronológica y la edad esquelética
- Evaluar la correlación entre la edad cronológica y la edad dental
- Evaluar la correlación entre la edad dental y la edad esquelética
- Conocer cuál de los dos indicadores tienen mayor correlación con edad esquelética
- Comparar si los resultados para varones y mujeres difieren entre sí
- Verificar si la edad cronológica y el desarrollo dental constituyen indicadores útiles para ser tomados en cuenta en la planificación del tratamiento ortopédico – ortodóncico en la ciudad de La Paz

5.5. Variables

- Edad cronológica: Número de años del individuo, desde su nacimiento hasta el momento en que se llevó a cabo el estudio.

- Desarrollo dental: Evaluación de la calcificación de las piezas dentarias.
- Maduración o edad esquelética: Grado de maduración ósea según la fusión del cartílago de crecimiento de los huesos.

5.5.1. Definición operacional de las variables:

- Edad cronológica: En años
- Desarrollo dental: Clasificación de Demirjian, Primer premolar inferior izquierdo, fases D-H ⁽³⁴⁾
- Edad esquelética: Clasificación de Hägg y Taranger, los cuales describen 5 fases de desarrollo de la falange media del tercer dedo de la mano izquierda (MP3): MP3F, MP3 FG, MP3G, MP3H, MP3I ⁽⁸⁾

5.6. Tipo de Estudio

Estudio cuantitativo descriptivo de correlación.

Es un estudio descriptivo porque no hay intervención de parte del investigador, el cual se limita a describir la correlación existente entre las variable estudiadas en el momento en el que se realizó el estudio.

5.7. Tamaño de la Muestra

El tamaño de la muestra fue calculada con un nivel de confianza del 95%, un poder del 80% y un error no mayor a 5%, con el programa Epilnfo versión 6.2 en español, dando un tamaño de muestra total de 80 estudiantes.

VI POBLACIÓN Y LUGAR

El estudio se realizó en una muestra total de 85 alumnos, 52 mujeres y 33 varones del Colegio Juan Pablo II del barrio de Alto Següencoma de la ciudad de La Paz, con edades comprendidas entre 10 a 15 años (edad estimada del brote de crecimiento puberal).⁽⁸⁾

VII METODOLOGÍA

7.1. Criterios de inclusión

- Consentimiento escrito de los padres para que sus hijos participen del estudio
- Mismo origen étnico: Todos los estudiantes incluidos en el estudio deberán tener nacionalidad Boliviana y haber vivido siempre en la ciudad del La Paz
- Edad comprendida entre 10 a 15 años
- Radiografías con adecuada calidad y nitidez que puedan ser interpretadas correctamente

7.2. Criterios de exclusión

- Ausencia de enfermedades sistémicas que puedan afectar el desarrollo general.
- No presentar diagnóstico de traumatismo de la mano izquierda
- Ausencia de lesiones cariosas extensas en el premolar inferior izquierdo, que nos impidan su adecuada observación.
- Radiografías con mala calidad de imagen, en las cuales no se pueda realizar una correcta interpretación

7.3. Mediciones

En coordinación con la Gerencia de Salud de la Red 5 Sur, de la cual es dependiente el colegio Juan Pablo II del barrio de Alto Següencoma, se realizaron las gestiones pertinentes en la dirección del colegio para solicitar permiso para realizar el estudio con la toma de dos radiografías en 90 alumnos de 10 a 15 años de edad (de los cuales algunos no cumplían con los criterios de inclusión y no fueron tomados en cuenta para el estudio).

Se realizaron actividades informativas acerca de la higiene bucal y caries dental y a cada alumno que participó del estudio se le obsequió un juego de higiene dental (cepillo dental, dentífrico y enjuague bucal),

7.3.1. Procedimiento y técnica de la toma radiográfica

Se inició el estudio en el colegio Juan Pablo II, donde fueron transportados el equipo de rayos X y los implementos necesarios para una toma radiográfica segura, además se contó con un personal de apoyo conformado por 5 personas, cada una con una función específica (recolección del consentimiento y registro de los datos del alumno, examen clínico y selección de la muestra, toma radiográfica y entrega del kit de higiene bucal).

Una vez recolectado el consentimiento escrito por parte de los padres de cada alumno, autorizando la participación de su hijo en este estudio, se realizó el examen clínico, la selección según los criterios de inclusión y se procedió a agruparlos según edad y género. Se registraron los nombres de cada alumno y se prosiguió con la toma radiográfica de forma ordenada.

A cada uno de los alumnos se le tomó ese mismo día y con el mismo aparato de Rayos X dos radiografías periapicales (KODAK Ultra-speed standard 31X41 mm, la de niños es 22x35), similar a estudios previos. ^(26, 44). La primera fue del tercer dedo de la mano izquierda para la posterior interpretación e identificación del estadio de

maduración ósea y la segunda del primer premolar inferior izquierdo para la identificación del desarrollo dental.



Al alumno, sentado, se le instruyó colocar su mano izquierda sobre una mesa. El tercer dedo debía estar estirado y con su eje longitudinal coincidente con el de la radiografía periapical, la cual se encontraba debajo, en contacto con la región de la falange media (MP3) de dicho dedo. El cono del aparato radiográfico fue posicionado en proximidad con la falange media del tercer dedo perpendicular a la radiografía periapical.



La toma radiográfica del primer premolar inferior izquierdo se realizó según la técnica de la bisectriz, de acuerdo a las instrucciones del fabricante. El alumno se sentó en una silla con espaldar, colocando su cabeza un poco reclinada hacia atrás (“mirando al techo”) de tal manera que la línea trago – comisura labial sea paralela al suelo y el plano sagital perpendicular al suelo.⁽²⁹⁾ Al alumno se le instruyó que abra grande la boca para introducir adecuadamente la película. Por la corta edad de los alumnos sujetos al estudio la sujeción de la película radiográfica fue realizada por un odontólogo para mantenerla en posición evitando movimiento durante la exposición, mientras otra persona realizó el disparo.

Todas las radiografías periapicales tomadas fueron almacenadas para su posterior procesamiento manual con método visual, utilizando una cámara portátil. Los pasos del procesamiento radiográfico consistieron en: Revelado, enjuague, fijado, lavado y secado.



7.3.1.1. Características del equipo de Rayos X utilizado:

Se utilizó un aparato de radiografía dental estándar con un tiempo de exposición de 1,3sec.

Datos técnicos:

Tamaño de foco: 0.4 (IEC 336)

Tensión del tubo: 70 kV

Corriente del tubo: 3.5 mA (7 mA equivalente)*

Tensión nominal: 120 V o 240 V

7.3.2. Recolección de datos:

La edad cronológica de cada alumno fue registrada a partir de las listas oficiales recabadas en la dirección del colegio, en las cuales figura el nombre completo y la fecha de nacimiento de cada alumno.

Las edades escogidas para este estudio fueron de 10 a 15 años, ya que estas se relacionan con las fases del brote de crecimiento puberal, periodo durante el cual existe un evidente incremento en la velocidad de crecimiento, coincidente con la etapa de pubertad. ⁽⁸⁾ Este periodo es considerado muy ventajoso para el tratamiento ortopédico, ya que durante este se acentúa el crecimiento de las dimensiones maxilofaciales de manera considerable, en especial del maxilar inferior. Por este motivo es importante poder identificarlo al momento de planificar el tratamiento ortopédico-ortodóncico. ^(5,10,11,13)

El brote de crecimiento puberal comienza con el estadio de Aceleración (onset), alcanza un pico máximo de crecimiento, denominado velocidad máxima de altura (PHV) y finalmente desciende (end). Este patrón de crecimiento es encontrado en todos los individuos durante el brote puberal, pero el momento del inicio, duración e intensidad de crecimiento varía considerablemente de persona a persona. ^(10,13).

Existe evidente variación individual en cuanto a la edad cronológica, en la se presenta el brote de crecimiento puberal ⁽⁸⁾. Precisamente por este motivo se escogió un amplio rango de edad comprendida entre los 10 a 15 años.

La valoración de la maduración esquelética y dental se realizó en base a los resultados obtenidos en la interpretación radiográfica.

7.3.3. Lectura e interpretación radiográfica:

La lectura radiográfica se realizó en una habitación oscura y se utilizó un negatoscopio, el cual fue cubierto con cartulina negra en los bordes, dejando un espacio para la radiografía con fin de realzar el contraste de las imágenes óseas y dentarias.

La interpretación radiográfica fue realizada por la misma persona pero en tres diferentes oportunidades, espaciadas por 15 días cada una.

Únicamente las radiografías con buena nitidez y buena calidad de revelado fueron utilizadas para el estudio, lo cual resultó en un total de 85 radiografías del MP3 (una radiografía fue descartada) y 79 radiografías del primer premolar inferior (7 radiografías fueron descartadas).



7.3.3.1. Maduración esquelética:

Para la interpretación radiográfica de la maduración esquelética se utilizó parte de la clasificación de Hägg y Taranger ⁽⁸⁾, basada en los cambios de maduración ósea de cuatro centros de osificación de la mano izquierda y su ubicación en la curva de crecimiento. Uno de estos centro correspondía a la falange media del tercer dedo de la mano izquierda, utilizada igualmente por Abdel Kader ⁽²⁶⁾, quien profundizó el estudio acerca de los cambios epifisarios que tienen lugar en dicha falange, determinando que esta puede ser utilizada como único y suficiente indicador de la maduración ósea, ya que la secuencia de sus fases abarca los estadios de crecimiento del brote puberal.

Bajo esta premisa en este estudio, al igual que otros, se utilizó el indicador MP3 para la evaluación de la maduración esquelética por las siguientes razones: ^(9,19,26,44)

1. Método confiable y de alta correlación con otros métodos tradicionales ampliamente conocidos y utilizados en la valoración de la edad esquelética.
2. Indicador de corta duración y simple interpretación, ya que contempla los sucesos ocurridos en un solo lugar anatómico de la mano.
3. Genera menor radiación al cumpliendo paciente, cumpliendo con el principio de ALARA. ⁽²⁹⁾
4. Requiere únicamente una radiografía periapical convencional o de visiógrafo, con la que se cuenta normalmente en el consultorio odontológico, lo cual reduce su costo.

A cada radiografía periapical se le asignó la fase de maduración ósea correspondiente.

7.3.3.1.1. Clasificación de Hägg y Taranger: ⁽⁸⁾

Características epifisarias del MP3 en relación con la curva de crecimiento puberal:

Fase F:

La epífisis tiene el mismo ancho que la diáfisis.

40% de los individuos están antes del pico de velocidad máxima de altura puberal (PHV), muy pocos individuos se encuentran en este periodo

Fase FG:

La epífisis tiene el mismo ancho que la diáfisis y en los extremos hay una demarcación de ángulos rectos.

90% de los individuos están 1 año antes o durante el pico de velocidad máxima (PHV).

Fase G cap.:

Los márgenes laterales redondeados de la epífisis comienzan a adelgazar y cubren (capping) la diáfisis con un ángulo agudo a cada lado.

90% de los individuos están en o 1 año después de PHV. ^(24,40)

Fase H:

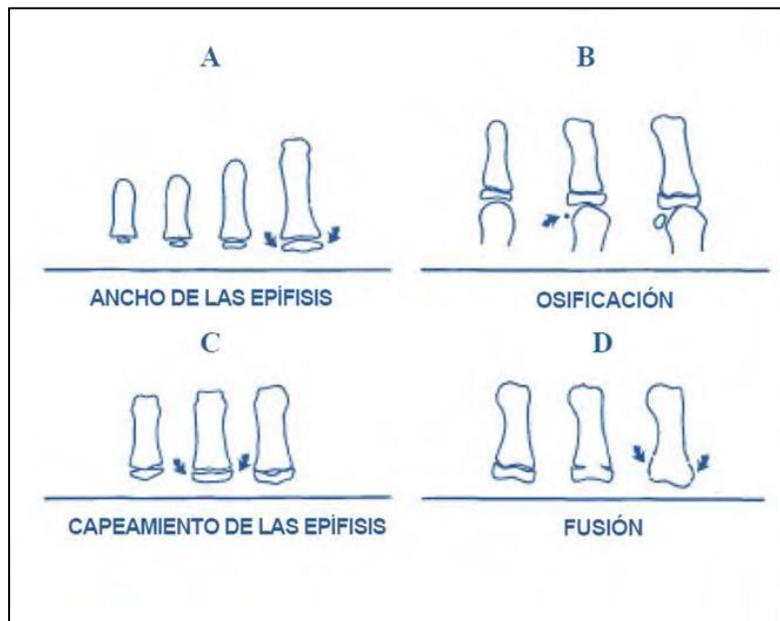
La fusión de la epífisis y la diáfisis ha comenzado.

90% de las mujeres y todos los varones están posteriores al PHV, pero anteriores al final (End) del brote de crecimiento puberal

Fase I:

La fusión de ambas se ha completado.

Todos los individuos excepto algunas mujeres han concluido el brote de crecimiento puberal.



Fishman L. Radiographic Evaluation of skeletal maturation: A clinical oriented method on hand – wrist film. Angle Orthod 1982; 52: 91 ⁽¹³⁾

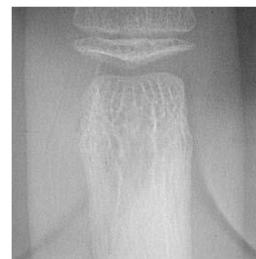
7.3.3.1.2. Método de Abdel Kader: ⁽²⁶⁾

Se basa en la clasificación de Hägg y Taranger, centrandose toda su atención a los cambios óseos ocurridos en la falange media del tercer dedo de la mano izquierda (MP3).

Al igual que Hägg y Taranger, este método reconoce cinco estadios de maduración, a los cuales complementa con características adicionales.

MP3 – F: Inicio de la Curva de crecimiento puberal.

- Epífisis igual tamaño que la diáfisis
- Epífisis sin ondulación
- Espacio radiolúcido entre ambos: bastante ancho.



MP3 – FG: Aceleración de la Curva de crecimiento.

- Epífisis igual tamaño que diáfisis
- Presencia de leves ondulaciones
- Espacio radiolúcido entre ambos: ancho.



MP3 – G: Pico de velocidad máxima puberal.

- Capeamiento
- Arco de Cupido
- Espacio entre ambas estructuras: moderado.



MP3 – H: Desaceleración del crecimiento puberal.

- Epífisis y epífisis inician fusión
- Marcadas ondulaciones
- Convexidad en parte central de epífisis.
- Espacio entre ambos: muy poco.



MP3 – I: Final del crecimiento puberal.

- Fusión completa
- Espacio entre ambos: Ninguno



Abdel-Kader HM. The reliability of dental x-ray film in assessment of MP3 stages of the pubertal growth spurt. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1998 Oct;114(4):427-428 ⁽²⁶⁾

7.3.3.2. Maduración dental:

La maduración dental está determinada en base a los estadios del desarrollo de la dentición. En este estudio fue evaluada mediante una radiografía periapical del primer premolar inferior izquierdo, tomada el mismo día con el mismo aparato de Rayos X. Se eligió esta pieza dentaria porque algunos autores la incluyeron en estudios previos. ^(18,19,21) Esta pieza dentaria es considerada importante, ya que representa la primera elección en el caso de tratamiento ortodóntico con extracciones y se encuentra en una posición intermedia entre las piezas anteriores (incisivos y caninos) y posteriores (segundos premolar y molares). Otra razón para su elección fue que, previo al estudio, se realizaron pruebas en algunos niños para probar el aparato de Rayos X, la técnica radiográfica y el revelado y fue precisamente en esta prueba que se constató que al paciente le traía mayor molestia la toma radiográfica del canino inferior y que esta pieza, en muchos casos, salía elongada o con el ápice incompleto por la corta altura del piso de la boca. Por otro lado en el examen clínico realizado previamente a los alumnos sujetos al estudio, se observaron lesiones cariosas muy extensas en los primeros molares inferiores, que representa la primera pieza dentaria posterior permanente en erupcionar, lo cual constituía un criterio de exclusión. Por lo tanto se decidió la elección del primer premolar inferior izquierdo para el estudio.

La interpretación radiográfica fue efectuada mediante una modificación del método de Demirjian et al ⁽³⁴⁾, utilizando únicamente cinco fases de la clasificación total, ya que estas fueron previamente relacionadas con brote de crecimiento puberal. ^(9,19,21,45,47)

Se eligió el método de Demirjian, Goldstein y Tanner, ya que este es utilizado ampliamente como un instrumento de uso universal ⁽³⁴⁾. Además los criterios de valoración se basan en las características de forma que adquiere la pieza dentaria durante su desarrollo y las proporciones entre la corona y la raíz, en lugar de medidas absolutas, por lo cual las imágenes radiográficas escorzadas o elongadas no interfieren en los resultados de interpretación restándoles confiabilidad. Finalmente, pese a que este método se realizó originalmente con una radiografía panorámica, la modificación de este permite el uso de una radiografía intraoral periapical, lo cual simplifica mucho el

procedimiento de toma y revelado radiográfico, al igual que reduce la exposición y el costo, ventajas consideradas muy importantes cuando se realiza un estudio de investigación como el presente.

El método original de Demirjian, Goldstein y Tanner 1973, está basado en la observación de radiografías panorámicas tomadas a personas de origen francocanadiense y la determinación de valores según los diferentes estadios de maduración dental. Los autores describen ocho estadios:

A. En dientes uniradiculares y multiradiculares la calcificación inicia en la parte superior de la cripta en forma de cono invertido. No hay fusión de los puntos calcificados.

B. La fusión de los puntos calcificados forman varias cúspides dando regularidad a la línea externa oclusal.

C. a. La formación del esmalte está completa en la superficie oclusal. Converge hacia la región cervical.
b. Se inicia el depósito de dentina.
c. La línea externa de la cámara pulpar presenta la forma curva del borde oclusal.

D. a. La formación de la corona se encuentra completa hasta la unión amelocementaria. Comienzo de la formación radicular.
b. El borde superior de la cámara pulpar en dientes uniradiculares tiene una forma de curva definida siendo cóncava hacia la región cervical. La proyección de cuernos pulpares si están presentes, tienen una línea externa que da la apariencia de una sombrilla. En molares la cámara pulpar tiene una forma trapezoidal.
c. El comienzo de la formación radicular toma la apariencia de una espícula.

- E. Dientes uniradiculares
- a. Las paredes de la cámara pulpar están bien definidas y forman líneas rectas las cuales se interrumpen por la presencia de los cuernos pulpares, estos son más largos que en el estado anterior.
 - b. La longitud de la raíz es menor a la de la corona.
- Dientes multiradiculares.
- c. Se inicia la formación de la bifurcación radicular en forma de un punto calcificado que tiene forma semilunar.
 - d. La longitud radicular es aún menor que la altura de la corona.
- F. Dientes uniradiculares.
- a. Las paredes de la cámara pulpar forman más o menos un triángulo isósceles,
 - b. La longitud radicular es igual o mayor que la longitud coronaria.
- Dientes multiradiculares.
- d. La región calcificada de la bifurcación va mas allá del estadio de forma semilunar, para dar a la raíz una línea externa más definida, terminando en forma de embudo.
 - e. La longitud radicular es igual o mayor que la altura coronaria.
- G.
- a. Las paredes del canal radicular son ahora paralelas (raíz distal en molares)
 - b. El ápice radicular está aún parcialmente abierto (raíz distal en molares).
- H.
- a. El ápice del canal radicular está completamente cerrado (raíz distal en molares)
 - f. El ligamento periodontal rodea uniformemente la raíz y el ápice.

En vista que en el estudio se valoró la maduración dental del primer premolar inferior (pieza uniradicular) en alumnos con edades comprendidas entre los 10 a 15 años de edad, que se asumían se encontraban durante el brote de crecimiento puberal, las fases tomadas en cuenta se resumen en cinco: ⁽⁹⁾

- D. Corona completa hasta la unión cemento esmalte. Comienzo de la formación radicular
- E. Las paredes de la cámara pulpar están bien definidas. La longitud radicular es menor que la coronaria.
- F. El foramen apical está abierto. La longitud radicular es igual o mayor a la longitud coronaria.
- G. Las paredes de la cámara pulpar son paralelas y el foramen apical permanece abierto.
- H. El foramen apical esté cerrado. El ligamento periodontal rodea uniformemente la raíz



Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM. A new system of dental age assessment. Human Biol. 1973;45:220 (34)

Finalmente se realizó el análisis de correlación entre la edad cronológica, el desarrollo dental y la maduración esquelética de cada individuo sujeto al estudio.

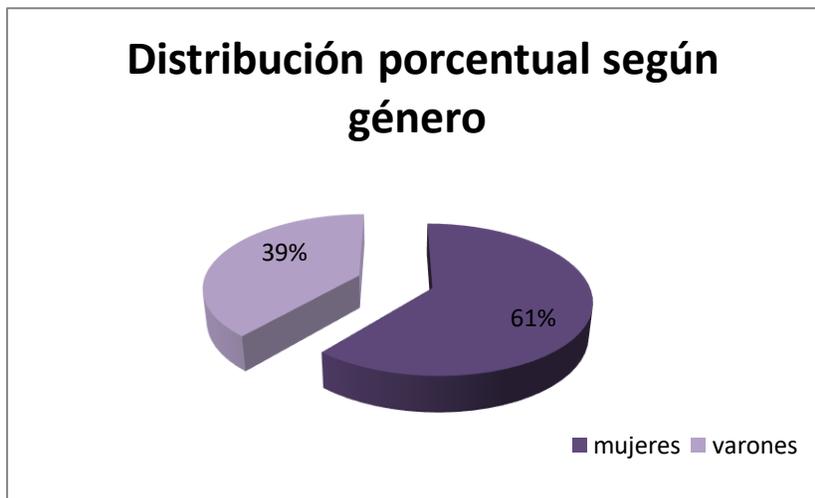
VIII. RESULTADOS

Cuadro N° 1. Distribución de la muestra según género

Género	Freq.	Percent	Cum.
f	52	61.18	61.18
m	33	38.82	100.00
Total	85	100.00	

Fuente: Elaboración propia según la muestra

Figura N° 1 Distribución de la muestra según género



La muestra del estudio está conformada por 85 alumnos, de los cuales 52 son del género femenino, equivalente al 61% y 33 son varones, equivalente al 39%. (Cuadro y Fig. N° 1).

Cuadro N° 2. Distribución de la edad en años

Edad en años				
Percentiles		Smallest		
1%	10	10		
5%	11	10		
10%	11	11	Obs	85
25%	12	11	Sum of Wgt.	85
50%	13		Mean	12.50588
		Largest	Std. Dev.	1.161111
75%	13	15		
90%	14	15	Variance	1.348179
95%	15	15	Skewness	.2610724
99%	15	15	Kurtosis	2.826636

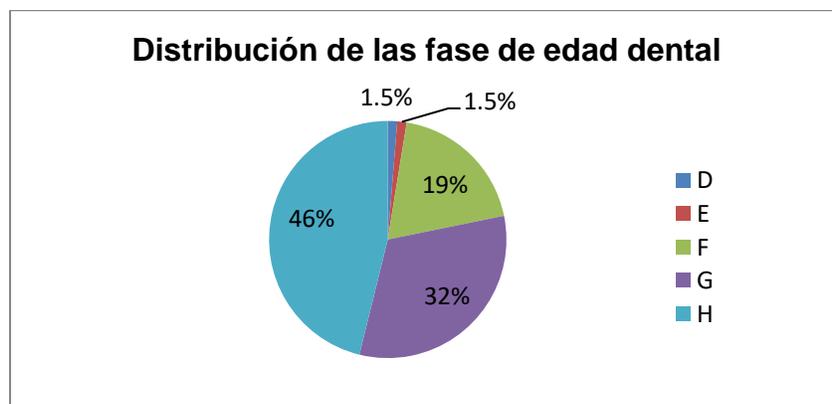
Fuente: Elaboración propia según los resultados

Figura N°2 Distribución de la edad de la muestra en años



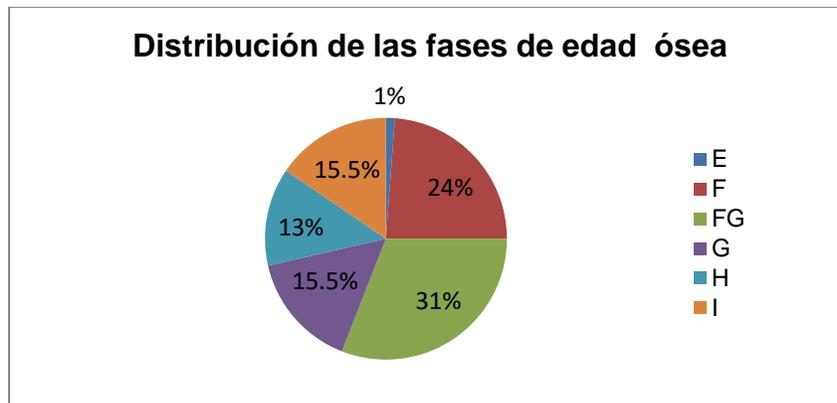
La mediana de la edad cronológica de la muestra es de 13 años, con un intervalo de confianza del 95% (IC_{95%}) de [12,3 – 12,7]. La media x es de 12.5 años con una desviación estándar de 1.16, cuya edad mínima es de 10 y máxima de 15 años. (Cuadro y Fig. N°2)

Figura N°3 Distribución porcentual de las fases de edad dental en la muestra



Fuente: Elaboración propia según los resultados

Figura N° 4 Distribución porcentual de las fases de edad esquelética en la muestra



Fuente: Elaboración propia según los resultados

En cuanto a la distribución porcentual de las fases de la edad dental tan solo el 1.5% de la muestra se encuentra en la fase D al igual que en la fase E, 19% presenta la fase F y 32% la fase G. El 46 % de la muestra se encuentra en la fase H, en la cual la calcificación dentaria ya ha finalizado. (Fig. N°3).

La distribución de las fases de maduración esquelética es más equilibrada que la de la edad dentaria. Sin embargo tan solo el 1% de la muestra se encuentra en la fase E, 24% en la fase F, 31% en la fase FG, 15.5% en la fase G, 13% en la fase H y finalmente 15.5% en la fases I. La fase FG es la de mayor frecuencia de distribución y corresponde al estadio de aceleración del crecimiento puberal. (Fig. N°4)

Cuadro N° 3. Distribución de la frecuencia de la edad cronológica en años y meses de la muestra según género

Edad cronológica	Rango de Edad en años	Rango de edad en meses	Número de sujetos	
			Masculino	Femenino
10	10.00-10.11	120-131	0	2
11	11.00-11.11	132-143	8	7
12	12.00-12.11	144-155	12	13
13	13.00-13.11	156-167	11	19
14	14.00-14.11	168-179	1	6
15	15.00-15.11	180-191	1	5
TOTAL			33	52

Fuente: Elaboración propia según los resultados

La edad cronológica de los estudiantes de la muestra osciló entre 10 a 15 años de edad. La muestra masculina se concentró mayormente en las edades de 12 años (36.36%), seguida de 13 años (33.33%). La muestra femenina se concentró en primer lugar en la edad cronológica de 13 años (36.53%) seguida de 12 años (25%).

Cuadro N°4. Distribución de la muestra según edad cronológica y fases óseas

Fases de edad ósea	Género	Fr. (%)	Promedio de Ed. cronol	min-max	TOTAL (%)
E	fem	0 (0)	0.00	0	1 (1.19)
	masc	1 (3.13)	13.00	13	
F	fem	3 (5.77)	11.00	10 13	20 (23.8)
	masc	17 (53.13)	11.82	11 13	
FG	fem	16 (30.77)	11.75	11 13	26 (30.95)
	masc	10 (31.25)	12.30	11 13	
G	fem	10 (19.23)	12.80	11 15	13 (15.48)
	masc	3 (9.38)	12.60	12 13	
H	fem	10 (19.23)	12.80	12 13	11 (13.10)
	masc	1 (3.13)	15.00	15	
I	fem	13 (25.00)	14.00	13 15	13 (15.48)
	masc	0 (0)	0.00		
TOTAL	fem	52 (100)			84 (100)
	masc	32 (100)			

Fuente: Elaboración propia según los resultados

La distribución de la edad cronológica para cada fase de maduración ósea es presentada en el Cuadro N°4. Casi todas las fases óseas se presentan a una edad cronológica promedio más temprana en mujeres que en varones, con excepción de la fase G, que representa el pico del brote de crecimiento puberal, el cual en mujeres se presenta a la edad cronológica de 12.80 en mujeres y 12.60 en varones. Si observamos la edad mínima en mujeres es de 11 años y en varones de 12 años de edad, por lo tanto es más temprana en mujeres; sin embargo la edad máxima en mujeres es de 15 años, ya que una de la muestra presentó la fase ósea G teniendo 15 años de edad, lo cual modifica la edad promedio.

En cuanto a la frecuencia de las fases óseas, observamos que esta se concentra en la fase F (53.13%) en varones y en la fase FG (30.77%) en mujeres, mientras que, como se mencionó anteriormente, las edades cronológicas de mayor distribución en ambos géneros son las mismas: 12 a 13 años; es decir en el mismo rango de edad cronológica los varones se encuentran en una fase ósea más temprana en relación a

las mujeres.

Cuadro N° 5. Distribución de la frecuencia de las fases de maduración dental y edad cronológica por género

Fases de edad dental	Género	Fr (%)	Promedio de Ed. Cronol	min-max	TOTAL
D	fem	0 (0)	0.00		1 (1.28)
	masc	1 (3.13)	11.00	11	
E	fem	1 (2.17)	10.00	10	1 (1.28)
	masc	0 (0)	0.00		
F	fem	8 (17.39)	12.00	10 15	15 (19.23)
	masc	7 (21.88)	11.57	11 12	
G	fem	12 (26.09)	12.33	11 14	25 (32.05)
	masc	13 (40.63)	12.23	11 13	
H	fem	25 (54.35)	13.12	11 15	36 (46.15)
	masc	11 (34.38)	12.81	11 15	
TOTAL	fem	46 (100)			78 (100)
	masc	32 (100)			

Fuente: Elaboración propia según los resultados

El Cuadro N°5. muestra la distribución de la edad cronológica para cada fase de calcificación dentaria. Las fases dentales se presentan a una edad cronológica más temprana en varones que en mujeres, a diferencia de lo que ocurre con las fases de maduración ósea. Es interesante observar que, por ejemplo, en la fase F en el género femenino se presenta un rango tan amplio de edades cronológicas, en la cual la mínima es de 10 años y la máxima de 15 años. Al igual que en las fases de maduración ósea hay mujeres que presentan esta fase a una edad más temprana que los varones; sin embargo también hay una estudiante de 15 años de edad que presenta esta temprana fase de calcificación dentaria.

En cuanto a la frecuencia de las fases dentales observamos que en varones se concentra en la fase G (40.63%) y en mujeres en la fases H (54.35%), es decir, en el mismo rango de edad cronológica, las mujeres se encuentran en una fase dentaria más temprana que los varones, contrariamente a los que ocurre con las fases de maduración ósea.

Cuadro N° 6. Distribución de las fases de calcificación dentaria en cada fase ósea según género

Fase E		
Fases de calcificación dentaria	Género (%)	
	F	M
H	0(0)	1 (3.22)

Fase F		
Fases de calcificación dentaria	Género (%)	
	F	M
D	0 (0)	1 (3.22)
E	1 (2.17)	0 (0)
F	1 (2.17)	5 (16.12)
G	0 (0)	7 (22.58)
H	1 (2.17)	3 (9.67)

Fase FG		
Fases de calcificación dentaria	Género (%)	
	F	M
F	6 (13.04)	2 (6.45)
G	5 (10.86)	5 (16.12)
H	3 (6.52)	3 (9.67)

Fase G		
Fases de Calcificación dentaria	Género(%)	
	F	M
G	3 (6.52)	1 (3.22)
H	6 (13.04)	2 (6.45)

Fase H		
Fases de Calcificación dentaria	Género (%)	
	F	M
G	3 (6.52)	0 (0)

H	6 (13.04)	1 (3.22)
Fases I		
Fases de Calcificación dentaria	Género (%)	
	F	M
F	1 (2.17)	0 (0)
G	1 (2.17)	0 (0)
H	9 (17.56)	0 (0)
TOTAL	46 (9.95)	31 (99.94)

Fuente: Elaboración propia según los resultados

La distribución de las fases de calcificación dentaria para cada estadio de maduración ósea según género es presentada en el Cuadro N°6. Únicamente un individuo del género masculino se encuentra en la fase E de maduración ósea, el cual presenta la fase H de calcificación dental, es decir la última fase de maduración dental.

Durante la fase ósea F se evidencia una amplia distribución de las fases dentarias. En el género femenino el rango abarca desde la fase E hasta la H con un porcentaje menor al 3% para cada una de ellas. En el género masculino también se presenta un amplio rango que va desde la fase dentaria D hasta la H. El mayor porcentaje se manifiesta en la fase G (22.58%). Durante la fase FG la distribución de la muestra femenina y masculina ya no abarca las fases iniciales de calcificación dental D y E sino a partir de la fases F hasta la H. No obstante en ninguna de estas se hace evidente un porcentaje significativo. En las fases óseas G y H la distribución de la muestra de ambos géneros abarca únicamente las fases dentales G y H con un porcentaje doblemente mayor en la fase H en ambos géneros. Sin embargo dichos porcentajes son bajos en relación a la muestra total. Finalmente para la fase ósea I 17,56% de las mujeres presentan la fase dentaria H, cifra que representa el mayor porcentaje observado en una fase específica, aunque también se presenta una alumna en la fase F y otra en la G, las cuales representan fases tempranas de calcificación dentaria. Ningún varón se encuentra en la fase ósea I. Si bien las fases de maduración ósea tempranas, en muchos casos, coinciden con las fases tempranas de calcificación dentaria, las cuales están además ausentes en los estadios óseos posteriores, no se hace evidente una correlación

porcentual significativa entre ninguna de las fases óseas y las dentales en ninguno de los géneros.

Cuadro N° 7. Correlación entre la edad ósea y la edad dental

Edad ósea	Edad dental					Total
	D	E	F	G	H	
E	0	0	0	0	1	1
F	1	1	6	7	4	19
FG	0	0	8	10	6	24
G	0	0	0	4	8	12
H	0	0	0	3	7	10
I	0	0	1	1	9	11
Total	1	1	15	25	35	77

Fuente: Elaboración propia según los resultados

$$\text{Pearson } \chi^2(20) = 28.9883 \quad \underline{\underline{Pr = 0.088}}$$

El Cuadro N°7 muestra la correlación entre la maduración esquelética (edad ósea) y la calcificación dentaria (edad dental), para lo cual se utilizó el Chi-cuadrado de Pearson, obteniendo un valor P de 0.088, superior al nivel de significación de 0.05. por lo tanto la correlación entre ambas edades es considerada estadísticamente no significativa, aunque por un margen pequeño.

Cuadro N° 8. Correlación entre la edad dental y la edad cronológica

Edad dental	Edad en años						Total
	10	11	12	13	14	15	
D	0	1	0	0	0	0	1
E	1	0	0	0	0	0	1
F	1	5	7	1	0	1	15
G	0	6	7	11	1	0	25
H	0	3	7	16	6	4	36
Total	2	15	21	28	7	5	78

Fuente: Elaboración propia según los resultados

$$\text{Pearson } \chi^2(20) = 63.7636 \quad \underline{\underline{Pr = 0.000}}$$

Cuadro N° 9 Correlación entre la edad ósea y la edad cronológica

Edad ósea	Edad en años						Total
	10	11	12	13	14	15	
E	0	0	0	1	0	0	1
F	2	7	6	5	0	0	20
FG	0	7	13	6	0	0	26
G	0	1	4	6	1	1	13
H	0	0	2	8	0	1	11
I	0	0	0	4	5	4	13
Total	2	15	25	30	6	6	84

Fuente: Elaboración propia según los resultados

$$\text{Pearson } \chi^2(25) = 67.5981 \quad \underline{\underline{Pr = 0.000}}$$

Los Cuadros N° 8 y 9 muestran la correlación entre la edad cronológica con la edad dental y con la edad ósea. De igual manera se utilizó el Chi-cuadrado de Pearson. En ambos casos el valor P es de 0, por lo tanto la correlación entre la edad cronológica y la edad dental es estadísticamente significativa, al igual que la correlación entre la edad cronológica y la edad ósea.

IX. DISCUSIÓN

Es importante estimar el nivel de maduración y la velocidad máxima de altura (PHV) de un niño para identificar adecuadamente el momento óptimo para la ejecución de ciertos tratamientos ortopédicos. Existe, sin embargo, gran variación individual en cuanto a las edades en las que se presentan los diferentes eventos del crecimiento debido a factores ambientales, genéticos, desórdenes sistémicos, etc. ^(19,44)

Mappes ⁽⁴¹⁾ indicó que el origen étnico de la población, las características raciales, el nivel socioeconómico, el clima, la nutrición, y otros factores ambientales son responsables de variaciones en los resultados obtenidos en los diversos trabajos de investigación que estudian las características del crecimiento y maduración de las diferentes poblaciones.

La correlación entre la maduración esquelética y la velocidad máxima de altura durante el brote de crecimiento puberal está bien establecida. ^(8,12,19,21) Hägg y Taranger ⁽⁸⁾ reconocieron que las fases de osificación de la falange media del tercer dedo de la mano seguían el brote de crecimiento puberal desde su inicio a su fin con mayor correlación que las del radio o sesamoideo aductor por lo cual las fases del MP3 pueden ser utilizadas como indicador de la maduración esquelética durante el brote de crecimiento adolescente. ⁽⁴⁴⁾

En la presente investigación se estudió la correlación entre la edad cronológica, el desarrollo dental y la maduración esquelética de 85 estudiantes (52 mujeres y 33 varones) de 10 a 15 años del colegio Juan Pablo II del barrio de Alto Següencoma de la

ciudad de La Paz con el propósito de identificar los estadios de maduración ósea según el método de Abdel Kader y los estadios de maduración dentaria según el método de Demirjian para el análisis de correlación de ambos indicadores con la edad cronológica de cada estudiante y comparar los resultados según género.

La edad cronológica promedio de la muestra fue de 12.5 años con una desviación estándar de 1.16, con una edad mínima de 10 y máxima de 15 años, rango de edad en el cual tiene lugar el brote de crecimiento puberal. ^(8,11,12)

La muestra masculina se concentró mayormente en las edades de 12 años seguida de 13 años. La muestra femenina se concentró en primer lugar en la edad cronológica de 13 años seguida de 12 años.

En relación al momento en que tienen lugar fases óseas, estas se presentan a una edad cronológica promedio más temprana en mujeres que en varones, con excepción de la fase G, en la cual el resultado se ve modificado por una alumna, la cual presenta esta fase ósea a los 15 años de edad; es decir muy por encima del resto de la muestra. En cuanto a la frecuencia de las fases óseas se observa que durante el mismo rango de edad cronológica los varones se encuentran en una fase ósea más temprana en relación a las mujeres.

Ambos hallazgos son coincidentes con resultados de estudios previos, realizados en otras poblaciones ^(8,12,39,45). Björk ⁽¹²⁾, al igual que Kumar ⁽⁴⁵⁾, encontró que cada fase ósea tuvo lugar a edades cronológicas más tempranas en mujeres que en varones, sin embargo la diferencia es mayor que la encontrada en el presente estudio (menos de un año en cada fase).

El pico de crecimiento puberal representado por la fase G se presenta en las edades de 12.8 en mujeres y 12.6 en varones, a diferencia de lo encontrado por Hägg y Taranger: mujeres 12.0 y varones 14.1 ⁽⁸⁾; Björk: mujeres: 12.5 y varones 14.5 ⁽¹²⁾; Orellana: mujeres 10.29 y varones 12.12. ⁽⁴⁰⁾

El indicador de erupción dental es, según varios autores, muy variable y está bajo la influencia de factores ambientales. ^(20,34) Por esta razón, en este estudio, se prefirió utilizar las fases de formación dental mediante el sistema de Demirjian, ⁽³⁴⁾ cuyos criterios de evaluación se basan en la forma que va adoptando la pieza dentaria durante su formación y la proporción entre la corona y la raíz.

En este estudio la distribución de la edad cronológica para cada fase de calcificación dentaria se comporta de tal manera que las fases dentales se presentan a una edad cronológica más temprana en varones que en mujeres, a diferencia de lo que ocurre con las fases de maduración ósea. Una característica sobresaliente se observa durante la fase F en el género femenino donde, no obstante la edad promedio es de 12 años de edad, el rango de edades cronológicas es muy amplio; la edad mínima es de 10 años y la máxima de 15 años.

En cuanto a la frecuencia de las fases dentales observamos que las mujeres se encuentran en una fase dentaria más temprana que los varones, contrariamente a los que ocurre con las fases de maduración ósea. Estos resultados concuerdan con otros estudios, en los cuales el patrón de desarrollo dental es más avanzado en varones que mujeres. ^(32,37,39,45)

Muchos estudios intentaron determinar si existía correlación entre la maduración esquelética y dental. En el caso de encontrarse una fuerte correlación entre estos, el análisis y monitoreo esquelético, ya sea mediante radiografías carpales, cervicales o de la falange media del tercer dedo, no serían necesarios para estimar el momento del pico de máxima velocidad del crecimiento puberal. En su lugar se podría realizar la evaluación de la calcificación dental mediante una radiografía panorámica o periapical, lo que permite al clínico una interpretación e identificación más sencilla del periodo de crecimiento puberal. ⁽¹⁹⁾

Varios estudios ^(19,21,32,37,39,45) reportaron la existencia de una alta correlación entre las fases de calcificación dental con la maduración esquelética. Por otro lado Lewis y Garn ⁽⁶⁾ y otros estudios ^(7,8,17) reportaron una baja y estadísticamente no significativa correlación entre ambas. La falta de concordancia entre los resultados de los diferentes

estudios se atribuye, al menos en una parte, a los diferentes métodos utilizados para la valoración de la maduración esquelética y dental, pero también a las diferencias en las características de las poblaciones estudiadas. Por ejemplo la pieza dentaria con mayor correlación con la edad ósea en una población tailandesa es el segundo premolar inferior, ⁽³⁹⁾ en una población turca es el segundo molar inferior, ⁽²¹⁾ mientras que en otras poblaciones es el canino mandibular. ^(18,19,32,33,37)

En este estudio el análisis de correlación entre la edad ósea y dental se realizó mediante el Chi-cuadrado de Pearson y un nivel de significación de 0.05.

Como resultado se obtuvo un valor P de 0.088, superior al nivel de significación, por lo tanto la correlación entre ambas edades es considerada estadísticamente no significativa, aunque por un margen pequeño.

En cuanto a la correlación entre la edad cronológica con la edad dental Engström ⁽³⁷⁾ obtuvo como resultado una fuerte correlación entre ambos en una población sueca al igual que Sisman, ⁽⁴⁷⁾ quien reportó la existencia de una fuerte correlación entre la edad cronológica y el desarrollo dental del tercer molar inferior de una muestra obtenida de la población turca. Los resultados del presente estudio están en coincidencia con estos hallazgos, ya que utilizando de igual manera el Chi-cuadrado de Pearson, el valor $P=0$ obtenido, determina una correlación estadísticamente significativa.

Concerniente a la correlación entre edad cronológica y la edad ósea la revisión bibliográfica muestra una discrepancia en cuanto a los resultados obtenidos en diferentes investigaciones. Fishman, ⁽⁷⁾ en su estudio, recomienda abstenerse de tomar en cuenta la edad cronológica como base diagnóstica por la escasa correlación entre esta y la edad esquelética. Además sugiere tener en cuenta que las variaciones individuales pueden ocasionar que, si bien en gran parte de una muestra ambas edades pueden correlacionarse, pueden existir excepciones en cuanto a individuos con maduración temprana o tardía, en los cuales la discrepancia entre la edad ósea y cronológica puede ser significativa. Abdulla reporta, ⁽⁴⁶⁾ de igual manera, baja correlación entre ambas edades en la población del Sur de China. Por otra parte Engström ⁽³⁷⁾

describe una significativa correlación entre la edad cronológica y ósea en una muestra sueca, al igual que Tanner. ⁽⁴⁹⁾

El resultado de este estudio establece una correlación estadísticamente significativa entre ambos indicadores, obteniendo un valor P de 0. No obstante es importante reiterar que los cálculos de correlación se realizaron a partir de edades promedio, que no en todos los casos representaron a los individuos con maduración temprana o tardía.

X. CONCLUSIONES

Las fases de maduración esquelética tienen lugar a una edad cronológica más temprana en mujeres que en varones,

No obstante la presencia de una correlación estadísticamente significativa entre la edad cronológica y la maduración esquelética (menor a 0.05), la edad cronológica no debe ser utilizada como un indicador aislado, sino como una herramienta adicional de diagnóstico, que debe ser complementada con otros registros, debido a la presencia de individuos con maduración temprana o tardía, en los cuales la discrepancia entre la edad cronológica y ósea es significativa.

Las fases de calcificación dental tienen lugar a una edad cronológica más temprana en varones que en mujeres.

Existe una correlación positiva entre ambas edades (menor a 0.05), sin embargo también se hace evidente la presencia de individuos con calcificación dentaria temprana y tardía en ambos géneros, los cuales no son adecuadamente representados por la edad promedio tomada en cuenta para el cálculo de los resultados.

La correlación entre la maduración esquelética mediante el análisis de las fases MP3 y los estadios de calcificación del primer premolar inferior izquierdo según Demirjian no es estadísticamente significativa (0.088). La edad dental de esta muestra, por consiguiente, no constituye un indicador válido para la valoración de la maduración del paciente ortodóntico durante el brote del crecimiento puberal.

Se recomienda realizar estudios posteriores sobre los indicadores del desarrollo de los adolescentes paceños tales como la edad ósea, dental y cronológica, utilizando un tamaño de muestra más amplio y representativo que permita el estudio y comparación de las características de esta población con otras.

XI. BIBLIOGRAFÍA:

1. Moyers, Robert. "Manual De Ortodoncia". Editorial Panamericana, Cuarta Edición, 1992.
2. Enlow. H. Crecimiento Maxilofacial. 3° Edición. Editorial Interamericana Mc Graw-Hill. México. 1992.
3. Vellini - Ferreira Flavio. "Ortodoncia: Diagnóstico Y Planificación Clínica". Editorial Artes Médicas, Primera edición, 2002.
4. Interlandi "Ortodoncia: Bases Para La Iniciación". 5ª Edición, 2002.
5. Águila F. Juan. "Tratado de Ortodoncia, Teoría – Práctica". Tomos I y II. Editorial Actualidades Médico Odontológicas Latinoamérica C. A. Venezuela. 2000.
6. Rouviere H., Delmas A. "Anatomía Humana: Descriptiva, topográfica y funcional". 10° Edición. Editorial Masson.
7. Fishman LS. Chronological versus skeletal age, an evaluation of craniofacial growth. Angle Orthod. 1979; 49:181–189.
8. Hägg U. Taranger J. Maturation indicators and the puberal growth spurt. Am J. Orthod. 2(4):299 - 309.
9. Flores C., Mauricio F., Orellana MF. Association between Growth Stunting with Dental Development and Skeletal Maturation Stage. Angle Orthod 2005; 75: 935–940.
10. Flores C., Nebbe, Major. Use of Skeletal Maturation Based on Hand-Wrist Radiographic Analysis as a Predictor of Facial Growth: A Systematic Review. Angle Orthod 2004; 74:118–124.

11. Bergersen, EO. The male adolescent facial growth spurt: its prediction and relation to skeletal maturation. *Angle Orthod.* 1972; 42:319–338.
12. Björk A., Helm S. Prediction of age of maximum puberal growth in body height *Angle Orthod* 1967; 37(2): 134 – 143.
13. Fishman L. Radiographic Evaluation of skeletal maturation. A clinical oriented method on hand – wrist film. *Angle Orthod* 1982; 52: 88 – 112.
14. Koshi Sato, Hideo Mitani. An accurate method of predicting mandibular growth potential based in bone maturity, *Am J Orthod Dentofac Othop* 2001; 120 (3)
15. Carlos Flores Mir. Correlation of Skeletal Maturation Stages Determined by Cervical Vertebrae and Hand-wrist Evaluations, *Am J Orthod Dentofac Othop*, 2005; 75 (6)
16. Nicolo Grezzi. Diagnostic performance study on the relationship between the exfoliation of the deciduous second molars and the pubertal growth spurt, *Am J Orthod Dentofac Othop*, 2007; 131 (6)
17. Lorenzo Franchi, Tiziano Bacceti. Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height, *Am J Orthod Dentofac Othop*, 2000; 118(3)
18. Sierra AM. Assessment of dental and skeletal maturity. A new approach. *Angle Orthod.* 1987 Jul; 57(3):194-208.
19. Coutinho S., Buschang PH, Miranda F. Relationship between mandibular canine calcification stages and skeletal maturity. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1993;104: 262–268.

20. Nolla CM. The development of the permanent teeth. *J Dent Child* 1960; 27:254-66.
21. Uysal T, Sari Z, Ramoglu SI, Basciftci FA. Relationships between dental and skeletal maturity in Turkish subjects. *Angle Orthod.* 2004 Oct;74(5):657-64.
22. William Proffit. The Timing of early treatment: An overview, *Am J Orthod Dentofac Othop*, 2006; 129(4)
23. Leonard Fishman. Maturational Patterns and Prediction During Adolescence, *Angle Orthodontist*, July 1987
24. Julian Singer. Physiologic Timing of Orthodontic Treatment, *Julian Singer, Angle Orthodontist*, October 1979
25. Paola Gandini. Comparison of Hand-wrist Bone and Cervical Vertebrae Analysis in Measuring Skeletal Maturation, *Angle Orthodontist*, 2006; 76(6)
26. Abdel-Kader HM. The reliability of dental x-ray film in assessment of MP3 stages of the pubertal growth spurt. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998 Oct;114(4):427-429.
27. Rajagopal R., Sudhanshu Kansal. A comparison of modified MP3 stages and the cervical vertebrae as growth indicators. *Journal of Clinical Orthodontics*, 2002; 36(7): 398 – 406.
28. Proffit, William. "Ortodoncia Teórica y Práctica". Mosby, Doyma Libros, Segunda Edición, 1995.

29. Caballero, María del Carmen. "Radiología Oral". Editores: Dr. Armando Caballero C., Armando Caballero P., Hugo Guardia P. y otros, Primera Edición, 2002
30. Hägg U, Taranger J. Dental Development Dental Age and Tooth Counts. *Angle Orthod* 1985; 55(2):93–107.
31. Hägg U, Taranger J. Skeletal stages of the hand and wrist as indicators of the pubertal growth spurt. *Acta Odontol Scand*. 1980;38(3):187–200.
32. Chertkow S. Tooth mineralization as an indication of the pubertal growth spurt. *Am J Orthod*. 1980;77:79–91.
33. Chertkow S, Fatti P. The relationship between tooth mineralization and early evidence of the ulnar sesamoid. *Angle Orthod*. 1979;49:282–288.
34. Demirjian A, Buschang PH, Tanguay R, Patterson DK. Interrelationships among measures of somatic, skeletal, dental, and sexual maturity. *Am J Orthod*. 1985; 88:433–438.
35. Bjork A. Timing of interceptive orthodontic measures based on stages of maturation. *Trans Eur Orthod Soc*. 1972;48:61–74.
36. Lewis AB, Garn SM. The relationship between tooth formation and other maturational factors. *Angle Orthod*. 1960;30:70–77.
37. Engström C, Engström H, Sagne S. Lower third molar development in relation to skeletal maturity and chronological age. *Angle Orthod*. 1983;53:97–106.
38. Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM. A new system of dental age assessment. *Human Biol*. 1973;45:211–227.

39. Krailassiri S, Anuwongnukroh N, Dechkunakorn S. Relationship between dental calcification stages and skeletal maturity indicators in Thai individuals. *Angle Orthod.* 2002; 72:155–166.
40. Orellana, T. et al. Estudio de la maduración ósea en pacientes niños de la clínica odontológica de la UNMSM. *Revista científica ODONTOLOGÍA SAN MARQUINA* 2006; 9 (2):25-27.
41. Mappes MS, Harris EF, Behrents RG. An example of regional variation in the tempos of tooth mineralization and hand-wrist ossification. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1992;101:145–151.
42. Tulloch C, Proffit W. Outcomes in a 2-phase randomized clinical trial of early Class II treatment. *Am J Orthod* 2004; 125(6):657-667
43. Gianelly Anthony. One-phase versus two-phase treatment. *Am J Orthod* 1995; 108(5):556-559
44. Madhu S., Hegde, A. Munshi. The developmental stages of the middle phalanx of the third finger (MP3): a sole indicator in assessing the skeletal maturity? *J Clin Pediatr Dent.* 2003 Winter;27(2):149-56.
45. Kumar S, Singla A, Sharma R, Virdi MS, Anupam A, Mittal B. Skeletal maturation evaluation using mandibular second molar calcification stages, *Angle Orthod.* 2011 Sep 7.
46. Abdulla HA, Wong RW, Rabie AB. Correlation between chronological age, cervical vertebral maturation and Fishman's skeletal maturity indicators in southern Chinese, *Angle Orthod.* 2008 Jul;78(4):591-6.

47. Sisman Y, Uysal T, Yagmur F, Ramoglu S. Third-molar development in relation to chronologic age in Turkish children and young adults, *Angle Orthod* 2007 Nov;77(6):1040-5.
48. Greulich, W and Pyle, S. *Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist*, ed.2., Stanford, Calif., Stanford University Press. 1959.
49. Tanner, J., Whitehouse, R. and Healy, M. A new system for estimating skeletal maturity from the hand and wrist, International Children's Centre, Paris, 1962
50. Langman, Sadler. *Embriología Médica*, Editorial: Wolters Kluwer - Lippcott Williams, 11va Edición, 2009
51. Hunter, Calvin. The correlation Of Facial Growth With Body Height And Maturation At Adolescence, *Angle Orthod* 1966 Jan;36(1):44-54.

XII. ANEXOS

Carta al Colegio solicitando la autorización para realizar el estudio

Sra. Rosario Pérez Cortéz
Directora del Colegio Juan Pablo II
Presente:

Distinguida Directora:

Mediante la presente me permito dirigirme a su Autoridad para solicitar su autorización para realizar un estudio de investigación en el Colegio Juan Pablo II de Alto Següencoma dependiente de la Red 5 Sur.

Este estudio consiste en el análisis del crecimiento esquelético y el desarrollo dental, cuantificados mediante una radiografía periapical del canino inferior y del dedo medio de la mano izquierda, para determinar si su desarrollo se encuentra en correlación y si es adecuado para la edad del alumno.

El estudio radiológico se realizaría en un mismo día en las instalaciones del colegio sin costo alguno a aproximadamente 70 a 100 alumnos cuyas edades estén comprendidas entre 11 y 14 años.

A cada alumno que participe del estudio de investigación se le obsequiará un juego de higiene dental: cepillo, pasta dental y enjuague bucal, además de tres comprimidos de SANATUSIN para el resfrío y un desayuno consistente en una porción de torta y una bebida en la mañana que se realice el estudio.

Los alumnos que participen del estudio tendrán un descuento del 50% en tratamientos dentales en mi consultorio privado (se adjunta los datos).

Además se hará entrega de un informe sobre el análisis de los resultados de la investigación, así los padres podrán saber en que etapa de crecimiento se encuentran sus hijos.

Agradeciendo de antemano su colaboración, me despido muy atentamente.

Dra. María Fernanda Molina Moreno
Odontóloga

La Paz, 24 de Mayo del 2011

Solicitud de autorización entregada los padres de familia de los alumnos

SOLICITUD DE PERMISO LA ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN

Sr. Padre de Familia: Se realizará un estudio a través del Centro de Salud Alto Següencoma (área odontológica) a alumnos del Colegio Juan Pablo II, cuyas edades estén comprendidas entre los 11 y 14 años, el cual consistirá en el análisis del crecimiento esquelético y el desarrollo dental, obtenidos mediante una radiografía periapical del canino inferior y del dedo medio de la mano izquierda, para determinar si su desarrollo se encuentra en correlación y si es adecuado para la edad del alumno. El estudio radiológico se realizaría en un mismo día en el colegio sin costo alguno.

A cada alumno que participe del estudio se le obsequiará un juego de higiene dental: cepillo, pasta dental y enjuague bucal, además de tres comprimidos de SANATUSIN para el resfrío y un desayuno consistente en una porción de torta y una bebida en la mañana que se realice el estudio. Además tendrán un descuento del 50% en tratamientos dentales en mi consultorio privado. Concluido el estudio se hará entrega de un informe sobre el análisis de los resultados así los padres podrán saber en que etapa de crecimiento se encuentran sus hijos.

El estudio se realizará el día Martes 31 de Mayo de la presente gestión en la mañana.

Yo.....con C.I..... doy la autorización respectiva de mi hijo/a.....para que sea parte del estudio.

FIRMA

Agradeciendo de antemano su colaboración, lo saludamos cordialmente

Dra. María Fernanda Molina
Odontóloga

Centro de Salud Següencoma Red 5 Sur

La Paz, 24/05/2011

Lista enumerada de todos los sujetos del estudio, con su respectiva edad cronológica (en años y meses), edad ósea y dental

VARONES

11 años -11 años y 11 meses

	Edad cronológica	Edad ósea	Edad dentaria
1	134	F	F
2	135	F	F
3	136	F	G
4	136	F	G
5	138	FG	F
6	139	F	D
7	141	F	G
8	143	F	H
12 años-12 años y 11 meses			
9	144	FG	G
10	148	F	G
11	149	F	F
12	149	FG	G
13	149	F	G
14	149	FG	F
15	151	FG	H
16	153	G	H
17	153	F	0
18	154	FG	H
19	154	F	F
20	155	F	F
13 años-13 años y 11 meses			
21	156	F	H
22	156	FG	G
23	158	FG	H
24	159	FG	G
25	159	F	G
26	160	G	H
27	162	F	H
28	165	G	G
29	165	FG	G
30	166	F	G
31	167	E	H

14 años-14 años y 11 meses			
32	175	0	H
15 años-15 años y 11 meses			
33	191	H	H

MUJERES

10 años -10 años y 11 meses			
	Edad cronológica	Edad ósea	Edad dental
1	125	F	E
2	130	F	F
11 años-11 años y 11 meses			
3	134	FG	F
4	134	FG	G
5	135	FG	F
6	136	FG	G
7	137	FG	G
8	138	G	H
9	142	FG	H
12 años-12 años y 11 meses			
10	144	FG	0
11	144	FG	0
12	144	FG	F
13	144	FG	H
14	145	H	G
15	146	FG	G
16	146	G	0
17	147	G	H
18	147	G	H
19	148	FG	F
20	149	FG	F
21	152	FG	G
22	154	H	H
13 años-13años y 11 meses			
23	156	G	H
24	156	H	H
25	156	G	H
26	157	FG	H
27	157	H	H

28	158	H	H
29	159	I	H
30	159	F	H
31	159	H	G
32	160	FG	F
33	160	H	H
34	161	I	H
35	163	H	G
36	163	G	G
37	163	I	G
38	164	H	H
39	165	I	0
40	166	H	0
41	167	G	G
14 años-14 años y 11 meses			
42	168	I	H
43	168	I	H
44	169	G	G
45	173	I	H
46	174	I	H
47	179	I	H
15 años-15 años y 11 meses			
48	183	I	H
49	184	I	H
50	184	I	F
51	185	I	0
52	187	G	H

Fotografías de las presentaciones informativas acerca de la higiene bucal junto con la interna de odontología del Centro de Salud de Següencoma



Entrega del juego de limpieza bucal a los alumnos sujetos al estudio



Confraternización con los alumnos y profesores terminado el estudio

