

CAPITULO 10



Maduración de la neuromusculatura bucofacial

Robert E. Moyers, D.D.S., Ph.D.

David S. Carlson, Ph.D.

Parte 1

Se presta más atención al estudio del crecimiento del esqueleto craneofacial y la dentición que al análisis de la neuromusculatura que activa la región masticatoria. Los métodos para investigar la neuromusculatura son mucho más complicados; en consecuencia, se conoce menos acerca de los músculos maxilares y faciales, y este conocimiento es menos exacto que el relativo a los huesos y los dientes; sin embargo, se aplican las reglas básicas de la biología. En las características morfológicas y la acción de los músculos se presenta exactamente tanta variabilidad como en la anatomía dentaria o los perfiles craneofaciales. Los músculos crecen, se desarrollan y maduran de manera programada, incluso a medida que los dientes se calcifican y brotan, y los huesos se forman y crecen. Múltiples maloclusiones pudieran originarse en el funcionamiento neuromuscular anormal, y muchas de éstas tratadas de modo ortodóntico son inestables, ya que, en un análisis final, los músculos no logran conservar la estabilidad oclusal.

CONCEPTO 1: CLASES DE ACTIVIDADES NEUROMUSCULARES

Las reacciones o los reflejos incondicionados están presentes al momento del nacimiento y aparecen como parte normal de la maduración neuromuscular prenatal. Para que el recién nacido sobreviva es preciso que ciertos reflejos congénitos incondicionados

operen en la región bucofaríngea antes del nacimiento. Los reflejos condicionados son de dos tipos: aquéllos que aparecen con el crecimiento y desarrollo normales, y los deseados o inconvenientes que se aprenden como parte singular del desarrollo infantil. Por supuesto, no será posible aprender algún reflejo condicionado hasta que todas las partes indispensables del sistema nervioso central y la musculatura maduren lo suficiente para permitir tal aprendizaje. En la región bucofacial, la deglución y masticación maduras son ejemplos adecuados de los reflejos que aparecen normalmente con el crecimiento y desarrollo, mientras que la succión del pulgar es un modelo del reflejo condicionado indeseable. Las acciones voluntarias son actos premeditados bajo control cortical; desde luego, es indispensable separar dichas actividades volitivas de las reacciones incondicionadas (congénitas) y los reflejos condicionados (aprendidos). El ser humano realiza ciertos actos porque de modo premeditado opta por llevarlos a cabo; desempeña otros en la región bucofacial porque aprende a realizarlos de esa manera. Todos los mamíferos exhiben acciones neuromusculares instintivas, primitivas e incondicionadas sobre las cuales poseen control limitado.

CONCEPTO 2: MADURACION PRENATAL

Durante la vida prenatal, la musculatura relacionada con la zona bucofacial, madura mucho antes que la de las áreas que corresponden a las extremidades. Esto es porque la boca es el sitio de una variedad de funciones vitales que deben operar de manera cabal al momento del nacimiento, como la respiración, el amamantamiento y la protección de la vía respiratoria. Entre las semanas 14 y 32 de la vida intrauterina, los reflejos respiratorios, los del cierre mandibular, el reflejo faríngeo, la succión y la deglución infantil se desarrollan de manera sistemática.

CONCEPTO 3: FUNCIONES BUCALES DEL RECIEN NACIDO

Al nacer, la boca es un sistema perceptivo muy activo; el recién nacido emplea la boca y la cara, incluso más que las manos para ejercer funciones perceptuales y esto continúa a través de la vida. La región bucal presenta en el ser humano el valor más elevado de funciones sensorimotoras de integración.

Deglución y amamantamiento

La deglución infantil forma parte del reflejo muy complicado de la acción de mamar. Esta y la deglución han de desarrollarse al momento del nacimiento para que el recién nacido pueda nutrirse. La deglución infantil se caracteriza por: 1) la ubicación de la lengua entre los cojinetes gingivales, para conservar separados los maxilares a medida que se completa la deglución; 2) la estabilización mandibular por contracciones de los músculos faciales y la lengua interpuesta; 3) la deglución iniciada y guiada en grado considerable por el intercambio sensorial entre los labios y la lengua. En circunstancias normales, la deglución del lactante pasa a ser deglución madura en cierto periodo del primer año de vida (Moyers, 1964).

Conservación de la permeabilidad respiratoria

La musculatura maxilar y bucofacial interviene de manera relevante para establecer los nexos vitales de posición que conservan la permeabilidad respiratoria. La conservación fisiológica de ésta posee una importancia vital a partir del primer día de vida extrauterina. Todas las funciones mandibulares aprendidas dependen de las posiciones de la mandíbula y la lengua que permiten contar con una vía respiratoria despejada.

CONCEPTO 4: DESARROLLO POSNATAL PRECOZ DE LAS FUNCIONES NEUROMUSCULARES DE LA BOCA

Masticación

Es una acción neuromuscular aprendida, pero no se puede aprender hasta que el crecimiento craneofacial amplía el volumen intrabucal, los dientes alcanzan el nivel de oclusión, la musculatura y la articulación temporomandibular maduran y el sistema nervioso central puede realizar funciones de integración y coordinación. Al igual que las primeras etapas de cualquier capacidad motora nueva, los movimientos masticatorios iniciales son irregulares y manifiestan coordinación deficiente. Los receptores en la articulación temporomandibular, la membrana periodontal, la lengua, la mucosa bucal, y en cierto grado los músculos, aportan una guía sensorial durante este periodo de aprendizaje. Los movimientos mandibulares del individuo durante el ciclo masticatorio muestran un patrón integrado y desarrollado de muchos elementos funcionales. La capacidad de adaptación es notable en el niño pequeño; en años posteriores los cambios masticatorios de adaptación son bastante más complejos.

Expresión facial

Aunque muchos patrones musculares de la expresión facial son aprendidos, en gran parte por imitación, ciertas reacciones de la cara no lo son. Se parecen mucho a los reflejos primitivos básicos registrados en algunos primates inferiores.

Fonación

Mientras que el reflejo del llanto en el lactante es una acción no aprendida, la fonación intencionada es mucho más complicada, ya que ha de efectuarse sobre una base de posturas mandibulares faríngeas y linguales estabilizadas y aprendidas. El habla exige durante el aprendizaje diversos elementos sensoriales de condicionamiento, complejos y refinados; el llanto infantil es primitivo y no aprendido.

Deglución

Por lo general, la deglución madura comienza a notarse en la segunda mitad del primer año de vida posnatal. La presencia de los incisivos que han brotado guía los movimientos mandibulares más exactos de apertura y cierre, obliga a una postura lingual más retraída e inicia el aprendizaje de la masticación. La deglución del lactante se rela-

ción con la acción de mamar; la deglución madura, con la masticación. La transición de la deglución infantil a la madura ocurre a través de varios meses, dependiendo de la sincronía de la maduración de sucesos musculares importantes del desarrollo, pero la mayoría de los niños logra la deglución madura entre el año y medio y los dos años y medio de edad. La deglución madura se caracteriza por varios rasgos: 1) los dientes se encuentran en contacto; 2) las contracciones de los músculos elevadores de la mandíbula (en vez de los faciales) estabilizan a la mandíbula; 3) la punta de la lengua permanece contra el paladar por arriba y por detrás de los incisivos; 4) hay contracciones mínimas de los labios y los músculos faciales (Moyers, 1964).

Regulación neural de las posturas mandibulares

Al igual que diversas acciones somáticas automáticas, el control de la posición mandibular es en circunstancias normales principalmente de tipo reflejo, aunque puede alterarse a voluntad. Los receptores de la región capsular temporomandibular son mucho más relevantes en el control y la guía de la función y las posturas mandibulares, que lo que se estimaba y enseñaba a menudo. Buena parte del conocimiento moderno sobre la postura mandibular y su regulación surge de estudios con adultos. Es arriesgado transferir de modo informal al caso del niño en crecimiento conceptos que pudieran ser aplicables a personas de más edad. El conocimiento acerca de muchos aspectos neurofisiológicos del desarrollo mandibular es muy incompleto en la actualidad.

CONCEPTO 5: HOMEOSTASIA OCLUSAL

La finalidad de casi todos los tratamientos oclusales que lleva a cabo el odontólogo es lograr una relación oclusal autoestabilizadora. Los terapeutas modernos abandonan sistema oclusales mecanicistas; de manera más práctica, catalogan a la oclusión como un resultado un tanto estabilizado de fuerzas mecánicas discontinuas y variadas que operan contra los dientes. Los receptores sensoriales en las articulaciones temporomandibulares, la membrana periodontal y otras partes del sistema masticatorio son un mecanismo constante de retroalimentación que regula las cargas que actúan contra los dientes. Es posible que elementos como el crecimiento de los huesos faciales, la fuerza de las contracciones musculares durante la masticación y la tendencia natural de los dientes a migrar, sean mucho más relevantes en la conservación de la homeostasia oclusal que la anatomía cuspídea tan citada.

CONCEPTO 6: EFECTO DE LA FUNCION NEUROMUSCULAR SOBRE EL CRECIMIENTO FACIAL

Apenas hace poco tiempo se logró una mejor perspectiva sobre la función neuromuscular en el crecimiento del esqueleto craneofacial. Ahora se sabe que factores como el crecimiento muscular, la migración e inserción de los músculos, las variaciones en la función neuromuscular y la función anormal (p. ej., respiración bucal) afectan de manera notable algunas características de la forma y crecimiento craneofaciales.

El concepto de la matriz funcional planteado por Moss vino a modificar el pensamiento acerca del crecimiento craneofacial: "... a manera de resumen, la hipótesis de la matriz funcional afirma de modo explícito que el origen, el crecimiento y la con-

servación de todos los órganos y tejidos esqueléticos, siempre son reacciones secundarias, compensatorias y obligadas ante acciones temporales y operacionales previas para fenómenos que se presentan en tejidos no esqueléticos vinculados de modo específico; órganos para espacios en funcionamiento (matrices funcionales)" (Moss, 1980). Algunas personas entienden, citan o aplican de manera equívoca las ideas de Moss. Su teoría es difícil de probar o refutar, pero resulta muy útil y es posible que en la era moderna haya influido más que cualquier otra idea nueva para modificar el pensamiento de la gente interesada por el crecimiento craneofacial.

CONCEPTO 4: DESARROLLO POSTNATAL PRECOZ DE LAS FUNCIONES

CONCEPTO 7: EFECTO DE LA TERAPEUTICA ORTODONTICA EN LA MUSCULATURA

El tratamiento y los dispositivos de ortodoncia no se emplean tan sólo para mejorar las posiciones dentarias y alterar los vínculos esqueléticos; la terapéutica ortodóntica también modifica la neuromusculatura. La intervención del ortodoncista tiene que: 1) bloquear todos los reflejos neuromusculares que afectan de modo adverso a la dentición y el esqueleto craneofacial y 2) crear una relación oclusal favorable que la deglución inconsciente establezca reflejamente de manera repetida. El terapeuta elimina influencias oclusales discordantes y emplea las posturas reflejas primitivas de la mandíbula a fin de estabilizar el resultado clínico. Como complemento, ya que se sabe que las maloclusiones graves provocan cambios en la articulación temporomandibular y la neuromusculatura, la terapéutica ortodóntica conveniente altera a menudo el ámbito de las posturas mandibulares y mejora el control exacto de los movimientos de la mandíbula. Otros cambios musculares de adaptación que pudieran manifestarse luego del tratamiento ortodóntico son las alteraciones de la postura labial, la posición lingual, la ubicación mandibular, el golpe masticatorio y el método de respiración.

Parte 2

MADURACION PRENATAL

Durante la vida prenatal el sistema neuromuscular humano madura de manera desigual. No es un accidente que la zona bucofacial lo haga (en sentido neurofisiológico) antes que las extremidades, porque la boca es el sitio primario de la respiración, la alimentación y la protección de la vía respiratoria bucofaríngea. En el feto humano, alrededor de la octava semana, la estimulación táctil puede generar movimientos reflejos uniformes y generalizados de todo el cuerpo. Ya desde mediados de la novena semana se observan ciertos movimientos espontáneos como reacción ante estímulos no identificados a la fecha. Antes de la semana undécima es posible provocar reacciones localizadas específicas y más periféricas. Entonces, la estimulación de la región nasobucal provoca flexión corporal lateral. Alrededor de la decimocuarta semana, los movimientos se tornan mucho más individualizados y es posible notar acciones muy delicadas. Cuando se estimula la boca, ya no se registran movimientos corporales generales; en cambio, se producen reacciones de los músculos orbiculares y faciales. Por ejemplo, la estimulación del labio inferior produce movimiento lingual; la del superior, el cierre bucal y, a menudo, el reflejo de deglución.

Los movimientos respiratorios del tórax y el abdomen se registran por primera vez cerca de la semana 16; se sabe que en el feto humano se presenta el reflejo faríngeo al mediar la semana 18 (edad menstrual). Cerca de la semana 25, la respiración es poco profunda, pero pudiera mantener la vida durante pocas horas, de llegar a establecerse.

Hacia la semana 29, la estimulación bucal motiva la acción de mamar, aunque se estima que la deglución y la lactación completas no se desarrollan hasta por lo menos la semana 32.

Davenport Hooker y Tryphena Humphrey demostraron una secuencia ordenada de sucesos en la maduración neuromuscular prenatal de la boca y la cara, una serie de fases registradas a través del cuerpo, pero que es mucho más avanzada en el área bucofaríngea. Todo esto ha de establecerse cerca del nacimiento para que el niño sobreviva (Humphrey, 1970).

FUNCIONES BUCALES DEL RECIEN NACIDO

Al nacer, la agudeza táctil se encuentra mucho más desarrollada en los labios y la boca que en los dedos. El recién nacido se lleva objetos a la boca para favorecer la percepción del tamaño y la textura; más adelante los introduce como parte de la erupción dentaria. El lactante babea, se "muerde" los dedos de los pies, succiona los pulgares y descubre que puede gorgotear con la boca.

Los freudianos consideran todo lo anterior como erotismo oral, al igual que el tabaquismo adulto; pero, ciertamente, en el recién nacido también son acciones de exploración que ejercitan a un sistema perceptual que es el más sensible del cuerpo en ese momento. Los estímulos táctiles locales, en especial en los labios y la parte anterior de la lengua, guían de modo primario las funciones bucales del lactante.

En esta edad, la lengua no se orienta por sí misma; en cambio, sigue a las sensaciones superficiales. En su postura típica, la lengua del recién nacido se ubica entre los cojinetes gingivales, y a menudo se encuentra suficientemente hacia adelante para

descansar entre los labios, donde puede efectuar con mayor facilidad, su función de guía sensitiva. En gran medida, el recién nacido interpreta el mundo mediante su boca; en consecuencia, la integración de las acciones bucales se realiza a través de mecanismos sensoriales.

Si el padre toca los labios o la lengua de su hijo pequeño y provoca que siga con la vista su dedo, el niño gira juntos cabeza y cuerpo. Poco después gira la cabeza independientemente del cuerpo; incluso más tarde, la mandíbula se mueve sin desplazamiento cefálico. Sólo después de todo esto es cuando el recién nacido puede seguir con la lengua, mientras no desplace la mandíbula; estas fases aparecen en secuencia natural, justo como los dientes hacen su erupción conforme a cierto programa.

El recién nacido utiliza la boca para muchos fines; las funciones perceptuales de la boca y la cara se combinan con las sensoriales del gusto, el olfato y la postura mandibular. La relación primaria del lactante con su ambiente es por la boca, faringe y laringe; allí se estimula un número elevado de receptores fácilmente accesibles que modulan las coordinaciones ya maduras del tallo cerebral, las que a su vez regulan la respiración, el amamantamiento y establecen las posturas cervicales y cefálicas durante la respiración y alimentación.

Es probable que la sensibilidad de la lengua y los labios sea mayor que la de cualquier otra zona corporal; la guía sensorial para el funcionamiento bucal, incluyendo los movimientos mandibulares, surge de una zona bastante grande. Muchas superficies con contacto doble, como la lengua y los labios, el paladar blando y la pared faríngea posterior, así como los espacios de la región temporomandibular, hacen más complejos tales impulsos sensoriales. Se requiere una variedad amplia de señales sensoriales para la integración, coordinación e interpretación de este sistema complejo.

Deglución y amamantamiento

La eficacia de estas actividades es una indicación conveniente de la maduración neurológica de los recién nacidos prematuros. Se sabe que en ciertos movimientos bucales reflejos un niño sigue los mismos patrones, años después del aprendizaje inicial. Por ejemplo, se estudió a niños con registros iniciados desde la infancia hasta nueve años luego de la ablactación; si se les ofrecía un biberón, producían acciones de mamar, deglutir y ritmos respiratorios semejantes a los realizados cuando eran lactantes; si deglutían con un patrón tipo mamar-mamar-deglutir, o sea, dos acciones de mamar por una deglutiva, dos por uno, ese mismo ritmo aparecía años más tarde. Pudiera ser una proporción de tres por uno o incluso de cuatro por uno, pero se conserva el patrón. Es complicado cambiar dichos reflejos primitivos; con la actual falta de conocimientos sobre el condicionamiento de mecanismos tan fundamentales, resulta un disparate intentar modificar algunos de dichos reflejos. Es preciso dedicar más tiempo a los problemas que ofrecen al menos una probabilidad teórica de condicionamiento.

La elevación y el abatimiento rítmicos de la mandíbula producen cambios secuenciales en las posturas linguales en coordinación con sus contracciones de succión. Las actividades en la acción de mamar se vinculan de manera estrecha en el tiempo con las funciones motoras útiles para conservar la posición de la vía respiratoria.

Estudios electromiográficos realizados en el laboratorio del autor confirman las observaciones visuales comunicadas en Inglaterra por diversos investigadores. Revelan que mientras los músculos masticatorios efectúan los movimientos mandibulares, contracciones concomitantes de la lengua y los músculos faciales (en vez de los masticatorios) estabilizan de modo primario la mandíbula durante el acto verdadero de la deglu-

ción en el lactante (Moyers, 1964). En el momento real de esta forma de deglución, la lengua se ubica entre los cojinetes gingivales y cerca de la superficie lingual de los labios; por tanto, desde el punto de vista neuromuscular, la deglución del lactante es un mecanismo distinto a la deglución madura.

En el lactante, la deglución se caracteriza porque 1) los maxilares se encuentran separados, con la lengua entre los cojinetes gingivales; 2) las contracciones de los músculos inervados por el séptimo par craneal y la acción de la lengua interpuesta estabilizan a la mandíbula de manera primaria; 3) el intercambio sensorial entre los labios y la lengua guía, y en grado notable controla, a la deglución.

Conservación de la permeabilidad respiratoria

La musculatura bucomaxilar produce relaciones vitales de posición que conservan la permeabilidad respiratoria bucofaríngea. Mientras que el recién nacido descansa, 1) la conservación de la mandíbula en sentido anteroposterior y 2) la estabilización de las relaciones entre la lengua y la pared faríngea posterior, generan un diámetro uniforme en la vía respiratoria.

La musculatura axil perivertebral también contribuye; estos mecanismos protectores neonatales primitivos representan la base motora sobre la cual, con el crecimiento, se desarrollan todos los mecanismos posturales de la región cervical y cefálica. La conservación fisiológica de la vía respiratoria tiene importancia vital continua desde el primero hasta el último día de la vida.

¿Por qué un recién nacido, quien no puede enfocar la vista, efectuar un movimiento intencionado de sus extremidades, sostener erguida la cabeza, que carece por completo de control en el extremo inferior de su vía digestiva, en cambio sí posee regulación absolutamente aguda de ciertas funciones en las áreas bucofaciales? ¿Porque ese dominio es indispensable para la supervivencia!

Llanto del lactante

Cuando un recién nacido llora, su región bucal no reacciona ante el estímulo local; la boca permanece abierta con amplitud, mientras que la lengua se separa del labio inferior y el paladar. En el llanto se interrumpe la estabilización constante del tamaño de la vía respiratoria faríngea; durante su espiración hay constricciones irregulares y cambiantes, y en las inspiraciones alternas se presentan expansiones recíprocas amplias.

Náuseas

La náusea, el rechazo reflejo a deglutir o aceptar objetos extraños en la faringe, es una acentuación de los reflejos protectores que vigilan la vía respiratoria y la alimentaria. El reflejo del vómito está presente al nacer, pero cambia a medida que el niño crece, para favorecer los estímulos visuales, acústicos, olfatorios y psíquicos que se recuerdan y, por tanto, lo condicionan.

DESARROLLO POSNATAL INICIAL DE LAS FUNCIONES NEUROMUSCULARES DE LA BOCA

Masticación

La interacción entre un esqueleto craneofacial que crece de manera diferencial y rápida y el sistema neuromuscular que madura, provoca modificaciones secuencialmente progresivas en las funciones bucales elementales que se registran en el recién nacido (Moyers, 1964, 1965, 1988). El crecimiento mandibular, hacia abajo y adelante, es mayor durante este periodo que el crecimiento facial medio, y se vincula con una separación mayor del hueso y el cartílago tiroideos desde la base craneal y la mandíbula.

La maduración de la musculatura y la delineación de la articulación temporomandibular fomentan la creación de una mandíbula más estable. El crecimiento mandibular aleja la lengua del paladar y ayuda a proveer expansión diferencial de la faringe; se conserva una vía respiratoria permeable, un punto muy importante.

Por lo general, el paladar blando y la lengua permanecen en contacto, pero a medida que el crecimiento mandibular ya no abate la lengua, su relación funcional con los labios cambia, alteración que se ve favorecida por el desarrollo vertical del proceso alveolar. De tal manera, se deforma el vínculo morfológico entre la lengua y los labios. En descanso, la lengua ya no se encuentra en contacto generalizado con los labios, la pared vestibular y el paladar blando. Los labios se alargan y de manera selectiva se tornan más móviles; la lengua presenta movimientos discretos independientes de los desplazamientos mandibulares y labiales. El mecanismo labial valvular permanece constante durante el reposo y la alimentación para que no salgan los alimentos.

El desarrollo fonético, masticatorio y de la expresión facial exige un incremento de la movilidad independiente de cada parte. Sin embargo, los labios del lactante rodean con firmeza a una lengua "tipo émbolo", y se mueven en sincronía con los movimientos mandibulares generales. La fonación, la expresión facial y la masticación requieren la producción de patrones motores nuevos y autonomía mayor de los elementos motrices; se desconocen algunos de los aspectos del desarrollo de estas funciones. Pero sin duda, la masticación no se desarrolla gradualmente a partir de la lactación; en cambio, la maduración del sistema nervioso central al parecer permite la producción de funciones totalmente nuevas. La erupción de los dientes activa en grado importante dichas acciones.

Uno de los factores más relevantes en la maduración masticatoria es la consideración sensorial de los dientes que recién brotan. Los primeros contactos oclusales de los incisivos antagonistas guían a los músculos que regulan la postura mandibular. Los estudios electromiográficos seriados obtenidos a intervalos frecuentes durante la erupción de los incisivos indican de manera concluyente que en el mismo instante en que los incisivos superiores e inferiores se tocan por accidente, la musculatura mandibular comienza a aprender a funcionar, como ajuste ante la erupción dentaria (Moyers, 1964).

En consecuencia, como los incisivos brotan primero, el patrón de cierre se torna más exacto en sentido anteroposterior antes de hacerlo en dirección mediolateral. Todas las funciones oclusales se aprenden por etapas; el sistema nervioso central y la musculatura mandibular y bucofacial maduran de modo simultáneo, y a menudo en sincronía con el desarrollo de los maxilares y la dentición.

Los primeros movimientos masticatorios son irregulares y su coordinación, precaria, como los de las primeras fases del aprendizaje de cualquier habilidad motora. A medida que la dentición primaria se establece, el ciclo masticatorio se estabiliza, al utilizar con más eficacia el patrón de intercuspidación oclusal del individuo. En el niño

muy pequeño, los receptores en la articulación temporomandibular, la membrana periodontal, la lengua, la mucosa bucal y los músculos aportan una guía sensorial para el movimiento masticatorio; de dichos receptores, los más importantes parecen ser, con mucho, los de las articulaciones mencionadas y luego los de la membrana periodontal. La altura y angulación de las cúspides, así como la guía incisal (que con frecuencia es mínima en la dentición primaria) intervienen en el establecimiento de los patrones masticatorios del lactante. Sin embargo, la guía condilar no es relevante en él, ya que la eminencia articular se encuentra poco definida y las cavidades glenoideas son poco profundas. En cambio, pudiera suponerse que el hueso de tal eminencia se forma donde la función temporomandibular permite (o causa) su desarrollo. De igual modo, el crecimiento del proceso alveolar, durante la erupción dentaria, establece el plano oclusal hasta la altura que permite la configuración y el funcionamiento de la neuromusculatura.

Los movimientos del individuo durante el ciclo masticatorio son un patrón integrado y desarrollado de muchos elementos funcionales. En el niño pequeño, cuando la dentición primaria se ha establecido, los vínculos masticatorios son casi ideales, ya que los tres sistemas (óseo, dental y muscular) todavía muestran la adaptabilidad característica del desarrollo. En la dentición primaria la altura cuspidéa y el traslape vertical son más superficiales, el crecimiento óseo es más rápido y adaptativo y el aprendizaje neuromuscular se guía con más facilidad, ya que las vías y los patrones de actividad aún no se encuentran bien establecidos. Como todo dentista sabe, años después, las adaptaciones al cambio masticatorio son mucho más complicadas.

Expresión facial

De manera semejante, casi todas las expresiones faciales sutiles son aprendidas, al parecer en gran parte por imitación; comienzan casi al momento en que se abandonan los usos primitivos de la musculatura inervada por el nervio facial para la deglución en el lactante. Los padres imaginan toda clase de expresiones faciales en el recién nacido. De hecho, si lo observan de manera objetiva, habrán de admitir que su expresión a menudo es bastante vacía. El motivo es que usa los músculos faciales para los esfuerzos masivos de asentamiento mandibular indispensable durante la deglución. Tarde o temprano, los músculos de la masticación controlan y estabilizan más a la mandíbula, en particular durante la deglución refleja inconsciente; los delicados músculos inervados por el séptimo par craneal se convierten de hecho en "músculos de la expresión facial".

Aunque muchas expresiones faciales se aprenden por imitación, ciertas reacciones de la cara no son aprendidas y pueden rastrearse hasta los reflejos de primates anteriores. Presentaciones faciales semejantes evolucionan en las cuatro líneas de primates modernos en las que se desarrollaron formas parecidas al mono. Hay estudios comparativos que muestran expresiones reflejas similares de enojo protector básico, por ejemplo en diversos primates; las mismas expresiones instintivas primitivas que observamos hasta en el amigo más querido.

Fonación

El habla intencionada es diferente al llanto infantil reflejo; éste se vincula con posturas linguales y mandibulares irregulares relacionadas con inspiraciones y expiraciones es-

porádicas. Por otra parte, la fonación se efectúa sobre una base de posturas mandibulares, faríngeas y linguales aprendidas y estabilizadas. En general, el llanto infantil es un desplazamiento simple de partes, acompañado por una emisión explosiva única, mientras que el lenguaje hablado sólo puede llevarse a cabo mediante acciones motoras secuenciales, polifásicas y sincronizadas de manera estrecha con la respiración. El habla es regular; el llanto infantil, esporádico. La primera exige, durante el aprendizaje, diversos elementos sensoriales de condicionamiento, complejos y refinados; el llanto infantil es primitivo y no aprendido.

El habla consta de cuatro partes: 1) lenguaje-conocimiento de los vocablos empleados al comunicar ideas; 2) voz-sonido producido cuando el aire pasa entre las cuerdas vocales laríngeas que vibran; 3) articulación-desplazamiento de los órganos fonéticos usados en la producción de un sonido, o sea, labios, lengua, dientes, mandíbula, paladar, etc; 4) ritmo-variaciones en la calidad, longitud, sincronía y fuerza de un sonido, una palabra, frase u oración. Si no hay alteración alguna del oído, la vista o la sensación bucal, el niño aprende a hablar con base en el lenguaje que escucha. Los defectos fonéticos representan una pérdida o alteración del lenguaje, la voz, la articulación y el ritmo o mezclas de dichos menoscabos y alteraciones.

Deglución madura

Durante el segundo semestre de la vida, a menudo se presentan diversos sucesos de maduración que alteran de manera notable el funcionamiento de la musculatura bucofacial. La erupción de los incisivos guía los movimientos mandibulares más precisos de apertura y cierre, obliga a una postura lingual más retraída e inicia el aprendizaje masticatorio. Tan pronto se establece la oclusión posterior bilateral (muchas veces con la erupción de los primeros molares primarios), se registra el inicio de los movimientos masticatorios verdaderos y comienza el aprendizaje de la deglución madura. De manera gradual, los músculos inervados por el quinto par craneal adoptan la función de estabilización muscular durante la deglución, y los de la expresión facial abandonan la función imperfecta de succión y deglución. Entonces empieza el aprendizaje de las funciones más finas y complicadas de la fonación y las expresiones faciales. La transición desde la deglución del lactante hasta la madura requiere varios meses, con ayuda de la maduración de los elementos neuromusculares, la aparición de la postura cefálica vertical y, por tanto, un cambio en la dirección de las fuerzas gravitacionales sobre la mandíbula, el deseo instintivo de masticar, la capacidad indispensable de manipular los alimentos con textura, el desarrollo de la dentición, etc. Muchos niños alcanzan rasgos de la deglución madura entre los 12 y 15 meses, pero sobresale la variabilidad. La deglución madura se caracteriza por: 1) los dientes se encuentran en contacto (aunque un bolo líquido pudiera separarlos), 2) las contracciones de los músculos inervados por el trigémino estabilizan a la mandíbula; 3) la punta de la lengua permanece contra el paladar por arriba y detrás de los incisivos, y 4) durante la deglución hay contracciones labiales mínimas.

Regulación neural de las posturas mandibulares

Al igual que diversas actividades somáticas automáticas, la posición mandibular normalmente presenta control reflejo importante, aunque puede alterarse a voluntad. A nivel subconsciente se lleva a cabo una cantidad sorprendente de funciones mandibu-

lares, aunque el control consciente es posible y a veces indispensable. Los receptores en el área capsular temporomandibular son mucho más relevantes de lo que antes se estimaba.

Como en el adulto se realizan más investigaciones sobre la regulación neurofisiológica de la función y postura mandibulares, se percibe la tendencia a transferir a los niños los conceptos de orientación prostodóntica, con base en una práctica clínica adulta sólida. Los conocimientos sobre el desarrollo de la neurofisiología mandibular y bucofacial son incompletos en la actualidad, aunque se efectúan bastantes investigaciones. Es preciso recordar que muchas actitudes modernas son víctimas de experiencias con la oclusión adulta en degeneración. Los factores clínicos críticos aplicados en tales circunstancias pudieran no presentarse en el niño o poseer una relevancia relativa distinta durante el desarrollo.

Las funciones y posturas mandibulares no condicionadas abarcan la posición mandibular para conservar la permeabilidad respiratoria y la deglución refleja o inconsciente. Los mecanismos neurales que establecen la posición mandibular son importantes para el odontólogo, ya que la postura de la mandíbula (también denominada posición de descanso) es un determinante de la dimensión vertical de la cara. En opinión de muchos, la postura mandibular durante la deglución inconsciente es un elemento relevante en la homeostasia oclusal, porque cada vez que una persona deglute inconscientemente el vínculo oclusal se estabiliza o, por interferencias dentales, cambia para interponerse con los dientes mediante un movimiento mandibular hasta que al final se obtiene una relación oclusal estable.

Las funciones y posturas mandibulares condicionadas abarcan todas las masticatorias, de la deglución madura y la fonación, así como casi todas las de la expresión facial.

HOMEOSTASIA OCLUSAL

En cualquier momento, la estabilidad oclusal resulta de sumar todas las fuerzas que actúan contra los dientes. Algunas se han medido en investigaciones, pero a la fecha es imposible describir con exactitud y en resumen todas las fuerzas y contrafuerzas que generan la homeostasia oclusal. Esta depende de mecanismos elaborados y complejos de retroalimentación sensorial desde la membrana periodontal, la articulación temporomandibular y otras porciones del sistema masticatorio. Dicha retroalimentación sirve como mecanismo regulador que ayuda a evaluar la carga y naturaleza de las contracciones musculares. Cada diente se localiza entre grupos contráctiles de músculos; también se encuentra en contacto con dientes contiguos, y en oclusión con los de la arcada contraria. Varias fuerzas fisiológicas establecen la posición oclusal del diente, como la erupción, la carga oclusal durante la deglución, las fuerzas masticatorias, el desgaste oclusal de la corona dentaria, etc. Las interferencias oclusales en o cerca de la postura mandibular de deglución inconsciente tienden a disminuir de manera refleja la fuerza de las contracciones musculares durante la deglución. Como la deglución refleja se manifiesta con tanta frecuencia, tiene una función importante en la homeostasia oclusal. Otros elementos comprendidos en ésta son las tendencias naturales de la migración mesial de los dientes, el componente anterior de fuerza, el crecimiento de los huesos del complejo craneofacial y el crecimiento y la remodelación del hueso alveolar. Hoy en día se estima que los mecanismos neuromusculares y los factores del crecimiento óseo son mucho más relevantes en la naturaleza de los vínculos oclusales que factores mencionados con frecuencia, como la inclinación y altura de las cúspides, la guía condilar, etc. En la actualidad, por lo general se afirma que las relaciones oclu-

sales están muy lejos de ser tan estables como se representan en ciertos libros de texto de odontología, si por ninguna otra razón que las adaptaciones oclusales deben presentarse constantemente para acomodar, a su manera, los cambios en el esqueleto craneofacial y la neuromusculatura. La homeostasia oclusal se logra y conserva en un sistema complejo de reacciones y adaptaciones en diversos sistemas hásticos.

EFFECTO DE LA FUNCION NEUROMUSCULAR EN EL CRECIMIENTO FACIAL

Desde los primeros periodos del crecimiento embrionario, se nota un vínculo funcional estrecho entre los músculos y los huesos donde se insertan. De manera clara, a medida que los huesos crecen, los músculos también deben cambiar de tamaño; en consecuencia, se percibe una relación entre el crecimiento global de cualquier hueso y los músculos que se le insertan; los ajustes entre el músculo y el hueso son parte normal del crecimiento y el desarrollo. Durante el crecimiento, los músculos deben migrar para ocupar posiciones relativamente distintas con el tiempo. Conforme el esqueleto crece, hay un ajuste constante de los nexos de inserción entre el músculo y el esqueleto.

El uso funcional y la deshabituación establecen, hasta cierto punto, el espesor de la lámina cortical de los huesos en las extremidades. No obstante, es mucho más complicado evaluar la relación de la función muscular, la forma ósea y el crecimiento en el esqueleto craneofacial. Ciertas porciones de algunos huesos faciales dependen mucho de la función; por ejemplo, la eminencia alveolar que rodea las raíces dentarias y la apófisis coronoides donde se inserta el músculo temporal. De manera más general, factores como la respiración bucal, la función masticatoria exagerada, etc., establecen la conformación ósea y los vínculos craneofaciales. En el caso de la bóveda craneal, la base del cráneo y el complejo nasomaxilar, características funcionales aparte de las de los músculos contribuyen, al parecer de manera importante, al desarrollo y el crecimiento, a saber, el crecimiento cerebral, de los globos oculares, el crecimiento del cartílago, etcétera.

La mandíbula, con su cartílago condilar importante, es de interés particular para los odontólogos, en especial los ortodontistas. Aunque en general se coincide en que las variaciones en la función muscular modifican de modo notable las zonas de inserción muscular y que el desarrollo y la utilización de la dentición modifican el proceso alveolar, hay cierta disputa sobre si la función muscular puede tener o no un efecto más general sobre el tamaño y la morfología mandibulares. Este punto es muy relevante para los ortodontistas que tratan maloclusión de clase II en niños que todavía crecen.

Aunque el testimonio aún no es definitivo, la mayoría de los investigadores modernos supone que la función posee un papel más dominante en el establecimiento del tamaño y la conformación mandibular, que lo que antes se estimaba. Por ejemplo, las extensas investigaciones de Petrovic y colaboradores, así como las de Carlson y colaboradores, señalan que los músculos masetero y pterigoideo externo pudieran influir de manera importante en el crecimiento del cartílago condilar de la mandíbula; no obstante, sigue sin saberse si este efecto es directo, o si la función muscular modifica el crecimiento condilar tan sólo por alteraciones del ambiente biomecánico.

EFFECTOS DE LA TERAPEUTICA ORTODONTICA SOBRE LA MUSCULATURA

Se reconoce que la maloclusión excesiva se vincula a menudo con cambios patológicos en la articulación temporomandibular que, a su vez, alteran a los receptores sensoria-

les en ésta, de modo que los pacientes de ortodoncia tienen menor capacidad para establecer la postura mandibular precisa, que personas con oclusión normal. Luego que se tratan con ortodoncia las maloclusiones, hay un cambio relevante en los arcos de movimiento mandibular y una mayor exactitud en la determinación de las posturas mandibulares. Se sabe que el ajuste oclusal en pacientes con tratamiento ortodóntico cambia de manera relevante una deglución con dientes separados a otra con los dientes unidos (Moyers, 1988). En consecuencia, la terapéutica de ortodoncia, incluyendo el ajuste oclusal, condiciona los reflejos deglutivos que, a su vez, ayudan a estabilizar el resultado oclusal ortodóntico. Se acepta que al finalizar un tratamiento de ortodoncia, las alteraciones oclusales destruyen la estabilidad de las oclusiones con tratamiento ortodóntico; por tanto, son una causa importante de recidiva en las maloclusiones tratadas. Otros cambios musculares de adaptación luego de la terapéutica ortodóntica pudieran incluir alteraciones en la posición labial, la postura lingual, la posición mandibular, el golpe masticatorio y el método de respiración

Lecturas recomendadas

Bosma, J. F.: Fourth Symposium on Oral Sensation and Perception. DHEW Publication No. (NIH) 73-546. U.S. Department of Health, Education, and Welfare, National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, 1973.

Carlson, D. S.: Craniofacial biology as normal science. In: *New Vistas in Orthodontics*. Ed. by L. E. Johnston. Philadelphia, Lea & Febiger, 1985.

Carlson, D. S., and J. A. McNamara, Jr. (Eds.): *Clinical Alteration of the Growing Face*. Monograph 8, Craniofacial Growth Series. Ann Arbor, University of Michigan, Center for Human Growth and Development, 1978.

Carlson, D. S., J. A. McNamara, Jr., L. W. Graber, et al.: Experimental studies of the growth and adaptation of the temporomandibular joint. In: *Current Concepts in Oral Surgery*. Ed. by W. G. Irby. St. Louis, C. V. Mosby, 1980.

Carlson, D. S., J. A. McNamara, Jr., and K. A. Ribbens (Eds.): *Developmental Aspects of Temporomandibular Joint Disorders*. Monograph 16, Craniofacial Growth Series. Ann Arbor, University of Michigan, Center for Human Growth and Development, 1985.

McNamara, J. A., Jr. (Ed.): *Control Mechanisms in Craniofacial Growth*. Monograph 3, Craniofacial Growth Series. Ann Arbor, University of Michigan, Center for Human Growth and Development, 1975.

Moss, M. L.: Genetics, epigenetics, and causation. *Am. J. Orthod.*, 80:366, 1981.

Moyers, R. E.: The development of occlusion and temporomandibular joint disorders. In: *Developmental Aspects of Temporomandibular Joint Disorders*. Carlson, D. S., J. A. McNamara, Jr., and K. A. Ribbens (Eds.): Monograph 16, Craniofacial Growth Series. Ann Arbor, University of Michigan, Center for Human Growth and Development, 1985.

Moyers, R. E.: Analysis of the orofacial and jaw musculature. In: *Handbook of Orthodontics*. Chicago. Year Book Medical Publishers, 1988.

Moyers, R. E., and D. H. Enlow: Growth of the craniofacial skeleton. In: *Handbook of Orthodontics*. Ed. by R. Moyers. Chicago, Year Book Medical Publisher, 1988.

Petrovic, A. G.: Experimental and cybernetic approaches in the mechanisms of action of functional appliances in mandibular growth. In: *Malocclusion and the Periodontium*. Ed. by J. A. McNamara, Jr., and K. A. Ribbens. Monograph 15, Craniofacial Growth Series. Ann Arbor, University of Michigan, Center for Human Growth and Development, 1984.

Storey, A. T.: Maturation of the orofacial musculature. In: *Handbook of Orthodontics*. Ed. by R. Moyers. Chicago, Year Book Medical Publishers, 1988.

CAPITULO 11



Función masticatoria, crecimiento y desarrollo faciales

Ordean J. Oyen, Ph.D.

La finalidad de este capítulo es presentar una reflexión acerca de los cambios que se presentan en el esqueleto facial humano y explicarlos. Aunque se resalta la función de la masticación, se estudia el efecto de una variedad de elementos sobre este esqueleto. En el análisis se revisan y valoran ciertas nociones básicas de biomecánica mandibular. Después se aplican dichos conceptos en la valoración de los aspectos funcionales y estructurales del esqueleto de la cara en diversas etapas del crecimiento. Se consideran los cambios naturales, así como los provocados en el aparato facial y masticatorio.

El razonamiento que apoya a este capítulo es el siguiente: se sabe mucho acerca de **cómo** crece el esqueleto craneofacial. De igual manera resalta el conocimiento sobre el crecimiento y la función de los músculos faciales. Sin embargo, falta mucho por aprender en cuanto a las **relaciones** entre los huesos y músculos de la cara y la función masticatoria, en particular cuando se presentan cambios. Aparte de la necesidad de contar con más información irrefutable, también es preciso adoptar un punto de vista más crítico y reflexivo al utilizar cualquier información disponible. Este parece ser un momento conveniente para recomendar con vehemencia la idea de que la comprensión cabal de la cara sólo prosperará si se considera como un fenómeno **dinámico** cuya importancia estructural y funcional es, en cualquier momento, la expresión pasajera de circunstancias presentes, **pasadas** y **futuras**. Este punto de vista contrasta con los conceptos más ordinarios en los que, en gran parte, se explica la situación facial en términos de necesidades y exigencias temporalmente inmediatas. Esta opinión también subraya algunos problemas comprendidos al describir y analizar la cara en función de la "maduración" (cap. 10). En el criterio favorecido, no hay en realidad algún punto o fase a la cual se dirija el crecimiento facial, por ejemplo, "madurez", cuando los cam-

bios funcionales y estructurales disminuyen hasta la insignificancia inactiva. Por el contrario, se demostrará que en relación con el sistema masticatorio, el flujo es casi constante, y la cara reacciona de modo continuo ante estas variaciones. Con base en ideas de Enlow, Hylander, Moss, Moyers y otros, este capítulo ilustra la naturaleza dinámica de la morfogénesis craneofacial y esclarece la función que desempeña la masticación en este mecanismo.

PRINCIPIOS DE BIOMECANICA MASTICATORIA*

La mandíbula como sistema de palancas

Son incontables las pruebas que señalan cómo funciona la mandíbula como palanca. En este sistema, durante una acción mandibular simétrica, como la **mordida** incisal, las articulaciones temporomandibulares derecha e izquierda funcionan a manera de fulcro único, exactamente como lo son las bisagras muy espaciadas en una puerta, ya que comparten un eje común de rotación (figs. 11-1 y 11-2).

* La esencia de esta sección radica en el material de Hylander y, en particular, de A.C. Walker; se recomienda mucho al lector consultar directamente estas publicaciones, identificadas en la bibliografía.

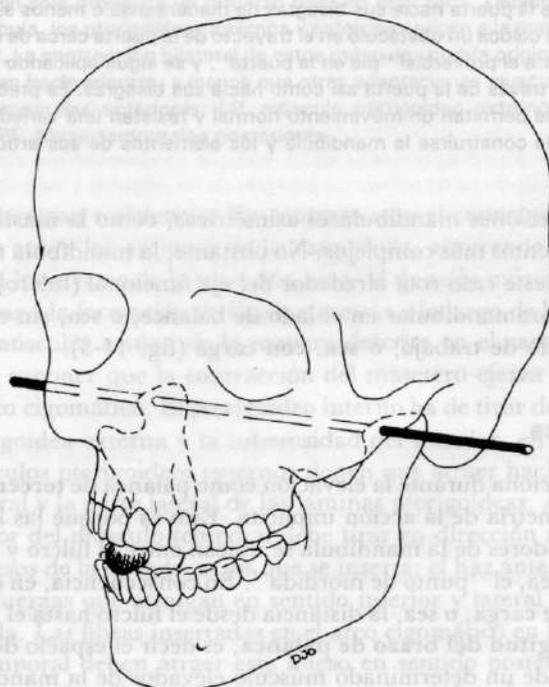


Fig. 11-1. Durante la acción mandibular simétrica normal, como la mordida con incisivos, las articulaciones temporomandibulares independientes funcionan como un fulcro único. Las fuerzas que generan los músculos elevadores de la mandíbula se dirigen casi por completo hacia el objeto mordido. Las "fuerzas de reacción", más pequeñas, se encaminan **simétricamente** en sentido posterior a lo largo de los lados derecho e izquierdo de la mandíbula hasta el cóndilo mandibular, el disco y la eminencia articular de cada articulación. La distribución de las fuerzas, en especial en relación con la articulación temporomandibular, cambia de manera notable durante la aplicación de cargas asimétricas.

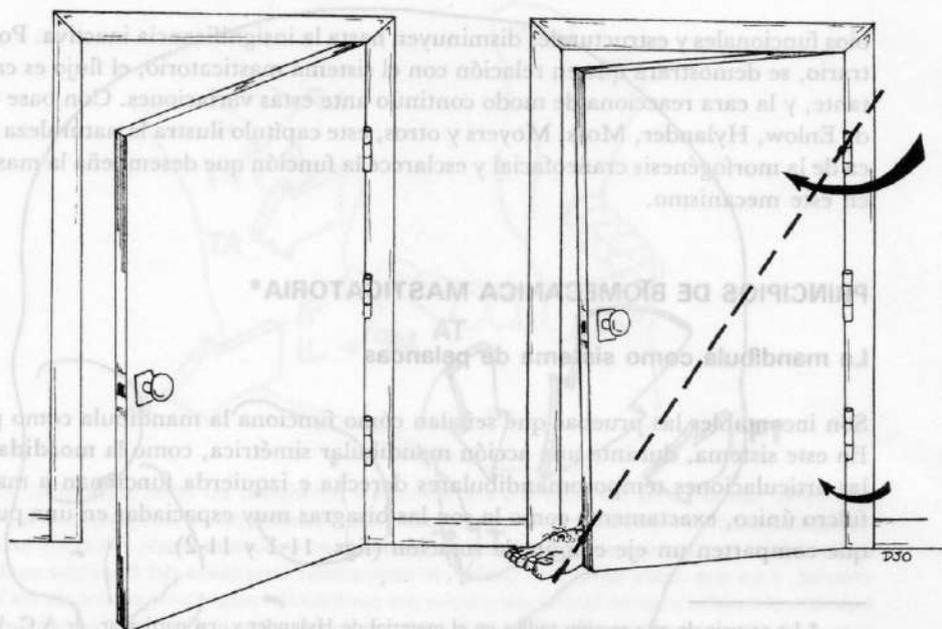


Fig. 11-2. Las diversas bisagras de una puerta funcionan como un solo fulcro, ya que comparten un eje común de rotación. Cuando se aplican fuerzas a la puerta en la región del picaporte en circunstancias normales, las cargas se disipan a través de la puerta hacia sus bisagras de manera más o menos simétrica; la puerta se desplaza al rotar en sus bisagras. Si se coloca un obstáculo en el trayecto de la puerta cerca de su borde inferior libre, postura adoptada en general mediante el proverbial "pie en la puerta", y se sigue aplicando la fuerza, las cargas se distribuyen de manera asimétrica a través de la puerta así como hacia sus bisagras. Es preciso construir la puerta, el marco y las bisagras de modo que permitan un movimiento normal y resistan una variedad de fuerzas que cambian en patrón y magnitud; así ha de construirse la mandíbula y los elementos de sus articulaciones.

Durante las acciones mandibulares asimétricas, como la **masticación** normal, se presentan movimientos más complejos. No obstante, la mandíbula actúa todavía como palanca; pero, en este caso rota alrededor del eje funcional (fulcro) constituido por la articulación temporomandibular en el lado de balance, o sea, sin carga, y el bolo alimentario en el lado de trabajo, o sea, con carga (fig. 11-3).

Eficacia mecánica

La mandíbula funciona durante la elevación como palanca de **tercer orden**, sin importar el grado de simetría de la acción implícita. Esto es porque las líneas de acción de los músculos elevadores de la mandíbula se ubican entre el fulcro y el punto de aplicación de fuerza, o sea, el "punto de mordida". En consecuencia, en este sistema la **longitud del brazo de carga**, o sea, la distancia desde el fulcro hasta el punto de mordida, sobrepasa a la **longitud del brazo de palanca**, es decir el espacio desde el fulcro hasta la línea de acción de un determinado músculo elevador de la mandíbula, en un trazo perpendicular a la línea de acción de dicho músculo. Por tanto, es posible expresar la **eficacia mecánica simple** del sistema mandibular en términos de las longitudes del brazo de carga y el de palanca en relación común: el sistema es menos eficaz cuanto más largo sea el brazo de carga, en referencia al de palanca. A la inversa, a medida que éste sea más largo, mayor será la eficacia del sistema: **cualquier** cambio en la longitud del brazo de carga afecta directamente la capacidad para generar fuerzas masticatorias (figs. 11-4 y 11-5).

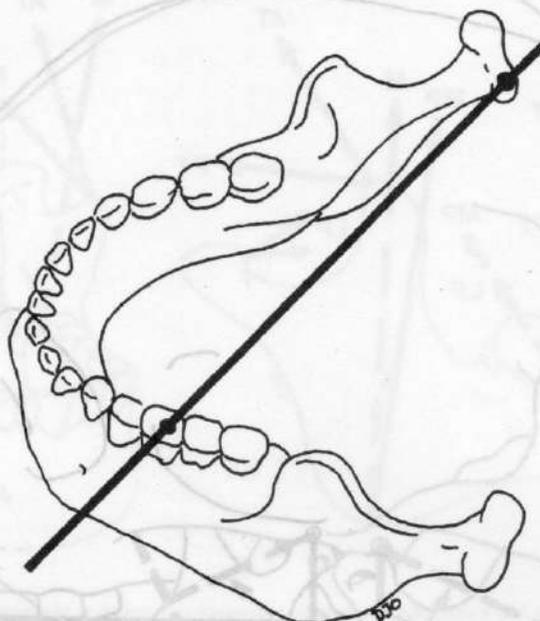


Fig. 11-3. Cuando se aplican cargas asimétricas a la mandíbula, como durante la masticación unilateral, las articulaciones temporomandibulares derecha e izquierda no operan "al unísono" como un fulcro único. En cambio, en tales circunstancias dos puntos constituyen el eje funcional de rotación mandibular: el bolo alimentario masticado en el "lado de trabajo" y la articulación temporo mandibular en el contralateral de "balance". En este caso, las fuerzas que producen los músculos mandibulares se disipan de modo primario por el bolo alimentario y secundariamente por el lado articular de balance: poca fuerza, si es que hay alguna, se dirige hacia la articulación temporomandibular en el lado de trabajo.

Fuerza masticatoria

La magnitud de esta fuerza que una persona puede generar es en realidad el producto de dos factores básicos: la eficacia mecánica simple del sistema mandibular y el tamaño (área transversal) de los músculos elevadores de la mandíbula. Por tanto, en el sistema mandibular con eficacia mecánica algo baja se requiere una musculatura relativamente mayor para producir la fuerza que un sistema más eficaz pudiera generar con músculos más pequeños. Si el tamaño de la musculatura permanece constante y la eficacia mecánica varía al modificar la longitud del brazo de carga, la fuerza masticatoria resultante fluctúa de acuerdo con las alteraciones en la eficacia mecánica. Esto explica cómo es posible aplicar más fuerza con los molares que con los incisivos.

Los cambios en la eficacia mecánica o en el área transversal de los músculos elevadores de la mandíbula modifican de manera directa la fuerza masticatoria. Si las variaciones en cualquiera de estos parámetros presentan magnitud suficiente, podrían requerirse alteraciones compensatorias en otras partes del sistema musculoesquelético craneofacial, para conservar la eficacia masticatoria o la integridad estructural y funcional.

Efectos de las acciones de los músculos elevadores de la mandíbula

En este análisis de los vínculos entre la función masticatoria y la anatomía craneofacial, es importante considerar, en el sentido más amplio, los efectos de la contracción

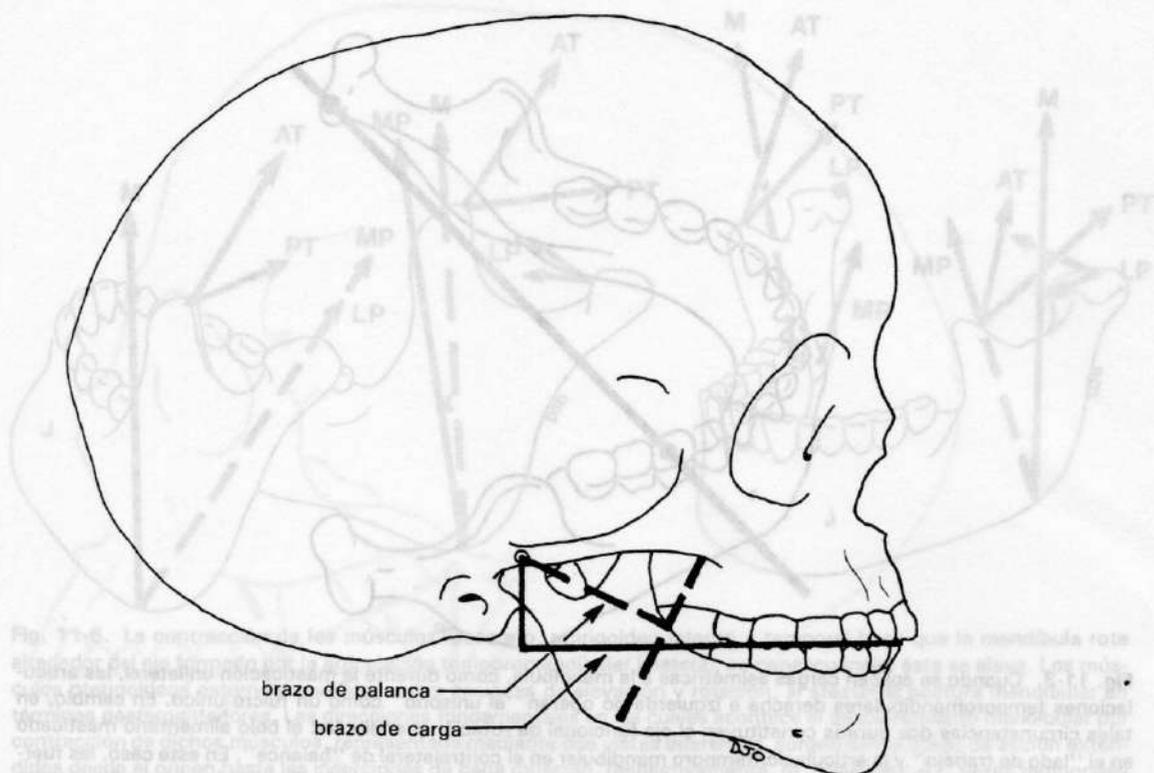


Fig. 11-4. Es posible expresar la eficacia mecánica simple de un sistema masticatorio en términos de las longitudes relativas de los brazos de palanca y carga. Por ejemplo, en un niño, el largo del brazo de palanca maseterino es casi igual a la longitud del brazo de carga registrado en el diente superior más posterior, pero dicha palanca sólo representa cerca del 50% de la longitud del brazo de carga medido hasta los incisivos. Esto significa que únicamente sobre la base de estas longitudes relativas, la magnitud de la fuerza generada en los incisivos sólo sería casi el 50% de la producida en los molares.

de los músculos elevadores sobre la mandíbula donde se insertan y en los huesos en que se originan. Con esta información a la mano, es posible especular de modo más inteligente acerca de los resultados del funcionamiento mandibular en el crecimiento de la cara.

En la figura 11-6 se muestran las **acciones** mandibulares fundamentales generadas por la contracción de los músculos (elevadores) de la mandíbula. Durante la aplicación de cargas simétricas, los músculos pterigoideos externos empujan a la mandíbula y al disco articular hacia adelante y conservan el contacto entre los cóndilos y la eminencia articular; a fin de garantizar un eje de rotación estable (fulcro) para la articulación mandibular. En concierto, los músculos maseteros, pterigoideos internos y temporales elevan a la mandíbula conforme rota en su fulcro. Al final, la acción de rotación y elevación genera una fuerza masticatoria en el punto de resistencia, o sea, el bolo alimentario en los incisivos, así como una "fuerza de reacción" en la eminencia articular.

Tradicionalmente se afirma que las fuerzas producidas en los dientes durante la masticación, se absorben a lo largo de tres "trayectorias de tensión", los pilares caninos, maxilares y pterigoideos de la cara y el cráneo, y a lo largo de un conjunto independiente de trayectorias en la mandíbula. La noción de estas trayectorias perdura esencialmente inalterada desde que Sicher y Tandler las plantearon por primera vez hace más de 50 años. Sin embargo, en la actualidad surgen diversos testimonios experimen-

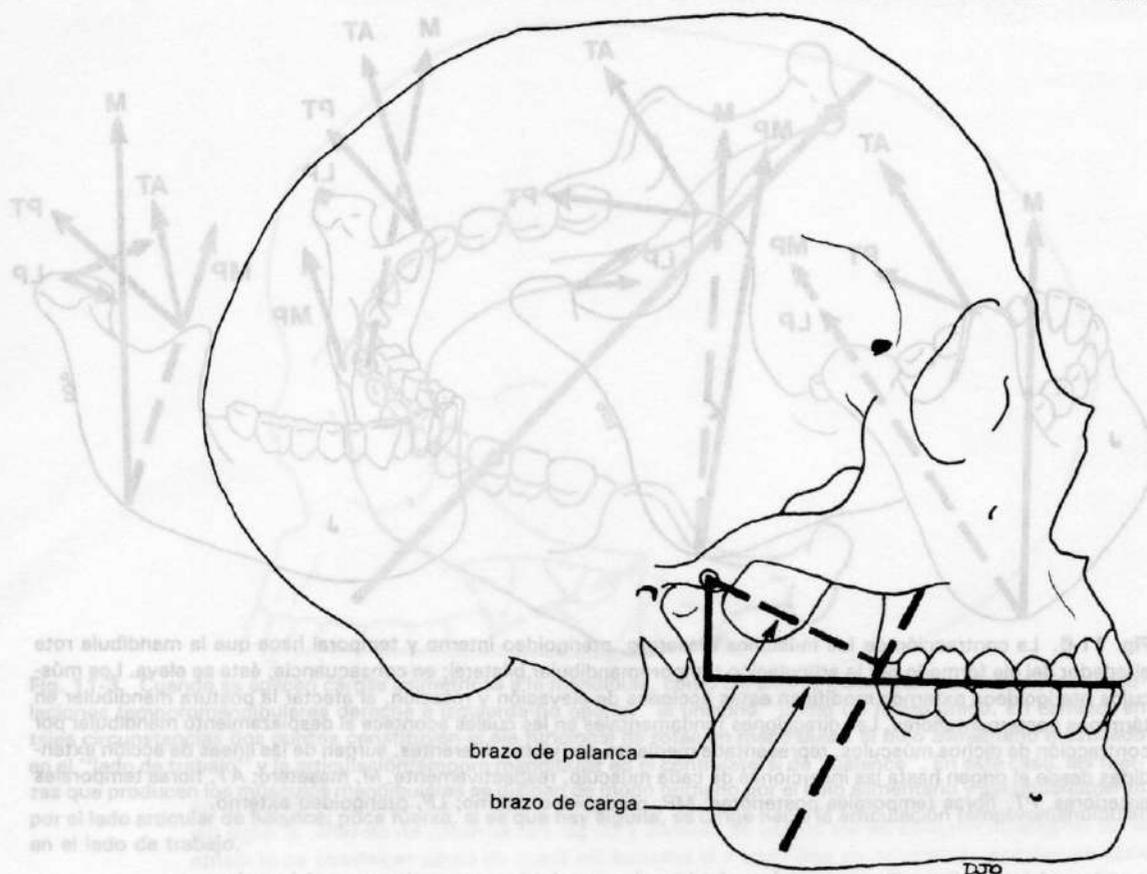


Fig. 11-5. La eficacia de cualquier sistema masticatorio variará a medida que se altere el sistema y en tanto los cambios afecten el largo de los brazos de carga o palanca masticatoria. Las alteraciones en la eficacia vinculadas con el crecimiento no anuncian por necesidad la mejoría o el deterioro en la eficacia mecánica sobre algún estado previo. Aunque el ser humano a menudo se torna más prógnata conforme crece su cara, no por necesidad disminuye la capacidad para generar con eficacia las fuerzas de masticación. Por ejemplo, en un adulto es frecuente que la longitud del brazo de carga masetérico cuantificado en un segundo molar permanente corresponda a casi 50% del largo del brazo de carga masetérico o registrado en los incisivos, como ocurre en el niño. Además, como los terceros y segundos molares sufren un desplazamiento anterior relativamente pequeño (migración mesial) luego de que alcanzan el contacto oclusal, los adultos presentan muchas veces un brazo de palanca acortado y algo más eficaz que el registrado en un niño.

tales para demostrar que casi todas las fuerzas producidas en los dientes se absorben de manera primaria mediante los alimentos masticados y de modo secundario por los tejidos duros y blandos que constituyen el complejo formado por el diente, la membrana periodontal y el alveolo. En consecuencia, sólo se conducen fuerzas un tanto reducidas desde la dentición hasta el esqueleto facial. Además, se sospecha que otras fuerzas que actúan sobre el esqueleto facial por la contracción de los músculos elevadores de la mandíbula (descrita más adelante) pudieran ser mucho más importantes que las cargas transmitidas por los dientes (Oyen, 1989a y 1989b). Aunque estos resultados dependen de otras verificaciones experimentales, son compatibles con la dinámica de un sistema masticatorio realmente eficaz donde las fuerzas generadas en la superficie oclusal se dirigen hacia el bolo alimentario masticado que las absorbe en vez de encaminarse de manera ineficaz hacia otra parte, como sucede en el modelo de Sicher de pilares y contrafuertes. En este concepto, las fuerzas masticatorias se disipan en la región cir-

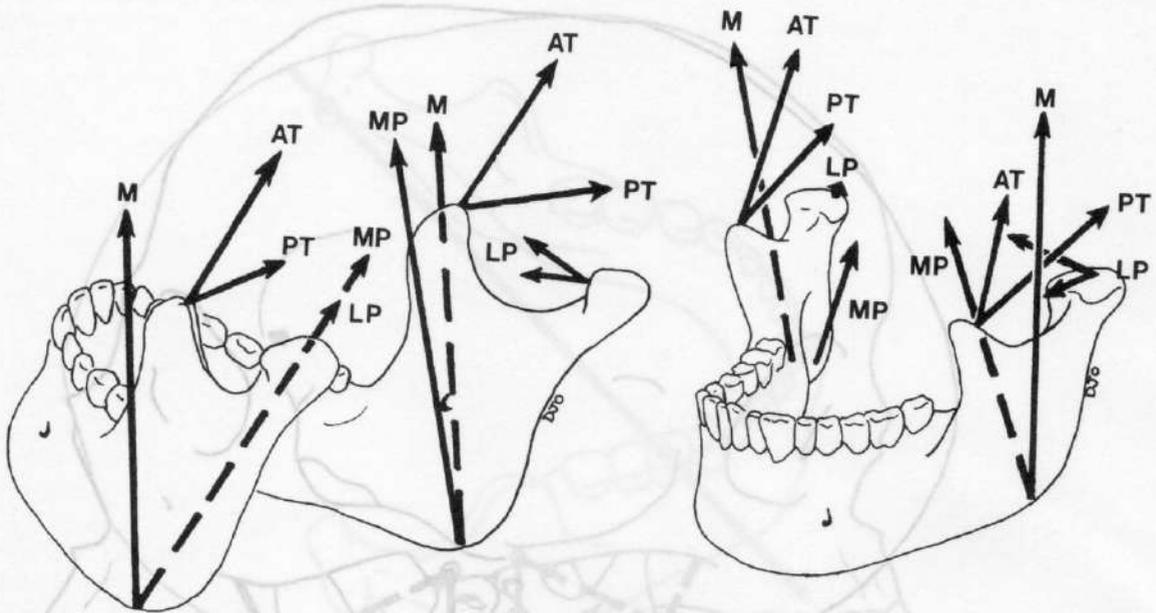


Fig. 11-6. La contracción de los músculos masetero, pterigoideo interno y temporal hace que la mandíbula rote alrededor del eje formado por la articulación temporomandibular bilateral; en consecuencia, ésta se eleva. Los músculos pterigoideos externos modifican estas acciones de elevación y rotación, al afectar la postura mandibular en términos posteroanteriores. Las direcciones fundamentales en las cuales acontece el desplazamiento mandibular por contracción de dichos músculos, representada mediante dos vistas diferentes, surgen de las líneas de acción extendidas desde el origen hasta las inserciones de cada músculo, respectivamente. M, masetero; AT, fibras temporales anteriores. PT, fibras temporales posteriores; MP, pterigoideo interno; LP, pterigoideo externo.

cundental inmediata. Por tanto, la oclusión sin oposición, como durante el bruxismo y la deglución, pudiera ser el único momento en el cual sería factible aplicar el concepto tradicional del contrafuerte. Por cuanto el primer comportamiento es anormal y, en consecuencia, algo infrecuente en su manifestación, y como el segundo abarca fuerzas un tanto reducidas, parece poco probable que alguno tenga función importante en la morfogénesis normal del esqueleto craneofacial.

Los efectos más inmediatos y obvios de los músculos elevadores durante la masticación son aquéllos apenas descritos. Hay otras consecuencias que también es preciso reconocer; cada una se intensifica a medida que las fuerzas masticatorias aumentan. Algunos de tales efectos ocurren por las disposiciones espaciales de los músculos mandibulares en relación con sus puntos de origen e inserción. Por ejemplo, aparte de ser superiores a su área de inserción en el ángulo mandibular, los orígenes de cada músculo masetero también son laterales y anteriores. En consecuencia, al contraerse, cada masetero produce una fuerza que intenta desplazar el ángulo de la mandíbula hacia los lados. Por sus orígenes e inserciones, el músculo pterigoideo interno provoca fuerzas que en ocasiones ejercen torsión sobre el ángulo mandibular en sentido medial mientras eleva a la mandíbula. De igual manera, los músculos pterigoideos externos producen fuerzas que desplazan la cabeza condilar en sentido medial y anterior. El componente anterior del músculo temporal desplaza un poco a la apófisis coronoides en dirección lateral mientras la eleva; el haz posterior de dicho músculo tira de la mandíbula hacia atrás mientras favorece una elevación rotatoria alrededor del fulcro de la articulación temporomandibular (fig. 11-7).

Puesto que las fuerzas producidas por los músculos mandibulares afectan a la mandíbula, también han de tener consecuencias sobre los huesos donde se originan, en es-

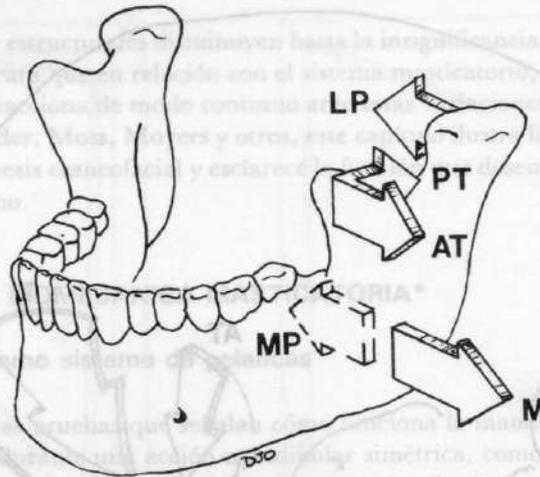


Fig. 11-7. Los orígenes del masetero son laterales y anteriores, así como superiores, en relación con sus inserciones mandibulares. En consecuencia, su contracción tiende a desplazar la mandíbula en sentido anterolateral y superior. Como la mandíbula se encuentra unida, reforzada en dirección anterior, y ya que opera como una unidad, la contracción simultánea del masetero contralateral, equilibra el desplazamiento lateral mandibular por contracción maseterina en uno de los lados. De este modo, la contracción simultánea de los maseteros satisface el efecto teórico de flexionar los lados mandibulares **hacia afuera** —o sea, desplazamiento lateral de ambos lados. Las fuerzas que operan en la región mentoniana como resultado del elemento lateral en la contracción maseterina, no se contrarrestan tan sólo mediante un refuerzo óseo en esta zona. Debido a sus posiciones en relación con la mandíbula, los pterigoideos internos y externos aplican a la mandíbula fuerzas dirigidas en sentido medial. La contracción bilateral de estos músculos podría originar que los lados mandibulares se flexionaran **hacia adentro**, a menos que otras adaptaciones musculoesqueléticas se opusieran. AT, fibras temporales anteriores; LP, músculo pterigoideo externo; M, masetero; MP, pterigoideo interno; PT, fibras temporales posteriores.

pecial cuando encuentran resistencia. En contraste con el conocimiento acerca de los efectos musculares sobre las acciones de la mandíbula, sorprende lo poco que se ha escrito en cuanto a los efectos de la inserción craneal de tales músculos, aparte de observaciones relativas a la formación de líneas y crestas a lo largo de la región del origen muscular. Si los músculos actúan de la manera descrita en el caso de la mandíbula, entonces es lógico suponer que la contracción del masetero ejerza tracción inferior y medial sobre el arco cigomático. El pterigoideo interno ha de tirar de la porción medial de la lámina pterigoidea externa y la tuberosidad del maxilar, en dirección lateral e inferior. Los músculos pterigoideos externos tienen que atraer hacia atrás el techo de la fosa infratemporal y la parte lateral de las láminas pterigoideas. Además, se deduce que el haz posterior del músculo temporal debe tirar en dirección anterior, inferior y algo lateral los huesos de la bóveda en los que se inserta; el haz anterior de tal músculo tiene que ejercer fuerzas que atraigan en sentido inferior y lateral el aspecto parieto-frontal de la bóveda. Las fibras insertadas en el arco cigomático en la [región] anterior de la fosa infratemporal deben atraer este hueso en sentido posterior e inferior (fig. 11-8). Más adelante se describen algunas consecuencias de los efectos de estas acciones musculares sobre el cráneo y la mandíbula en crecimiento.

REACCIONES DE CRECIMIENTO

Las acciones y efectos generados por la función de los músculos bucofaciales cambian a través de la vida del individuo. A continuación se hace una revisión de la forma y

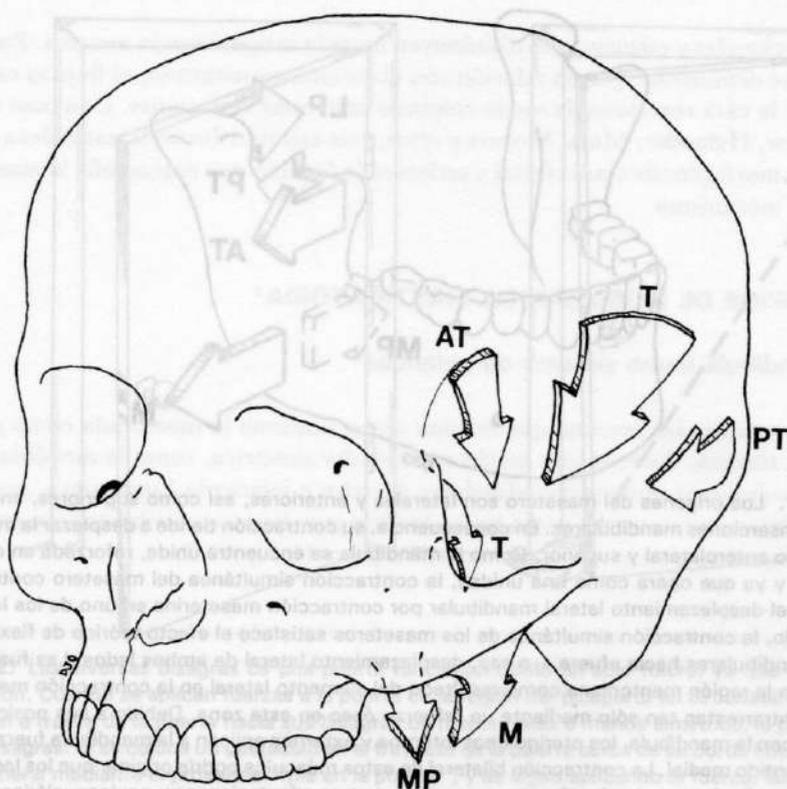


Fig. 11-8. Aparte de elevar la mandíbula y causar el cierre bucal, los músculos elevadores también poseen efectos sobre los huesos donde se originan. Uno de tales resultados es el intento de provocar desplazamiento del área ósea donde se fija un músculo. La dirección que sigue cualquier desplazamiento potencial semejante ha de reflejar las posturas de los orígenes y las inserciones de los músculos en cuestión, en vínculo común. Por tanto, la contracción del masetero intenta atraer el arco cigomático en dirección medial y posterior, y la del temporal busca desplazar los segmentos de los huesos malar, frontal, esfenoides y parietal en sentido lateral e inferior, etc., mientras que estas contracciones elevan simultáneamente a la mandíbula. Nunca se ha analizado e informado por completo acerca de los efectos específicos de tales esfuerzos de desplazamiento sobre el cráneo y la cara. *M*, masetero; *T*, temporal; *AT*, fibras temporales anteriores; *PT*, fibras temporales posteriores; *MP*, músculo pterigoideo interno.

función craneofacial en diferentes etapas de la vida, en función de tales acciones y efectos. Mientras que se realiza la función de los músculos elevadores de la mandíbula, también se consideran elementos no masticatorios. Como se notará, la situación global que surge se caracteriza porque la cara cambia continuamente; pasa de una fase de crecimiento a otra, de manera casi imperceptible, como reacción ante una variedad de estímulos que al parecer también varían de modo perpetuo. Las etapas por considerar van desde la fase fetal tardía hasta la edad adulta con edentulismo parcial.

Tercer trimestre fetal

En el tercer trimestre (semanas 25 a 36), la cara humana se encuentra formada por completo y es fácil reconocerla. Como el nacimiento es inminente, las últimas semanas *in utero* se caracterizan por una **maduración funcional**, de estructuras de las cuales el recién nacido depende para satisfacer necesidades alteradas que prevalecen luego del nacimiento. En consecuencia, la anatomía de la cabeza fetal representa un ajuste entre

las limitaciones impuestas por el ambiente uterino y la vía del parto, el crecimiento de las estructuras poscraneales, así como las necesidades funcionales específicas que desempeña la cabeza y que han de satisfacerse al momento del nacimiento, como la respiración y la alimentación.

La cabeza es la característica dominante del feto; los elementos principales de esta estructura son la bóveda craneal y el cerebro que contiene. Poco después del nacimiento, el cerebro alcanza de 20 a 25% de su tamaño adulto, y en esta edad, la bóveda del cráneo es casi 10 veces mayor que la cara del feto. (En el adulto, la bóveda es sólo dos veces tan grande como la cara.) En contraste con el neurocráneo precoz y su contenido, en el tercer trimestre el sistema circulatorio sólo alcanza 5% de su tamaño final; el sistema musculoesquelético, alcanza 3% más o menos de su magnitud adulta.

A diferencia de las alteraciones presentes en otras partes del cuerpo —por ejemplo, sistema cardiopulmonar— el crecimiento cerebral incipiente del feto no se presenta para satisfacer con mayor eficacia las necesidades uterinas inmediatas o los requerimientos inminentes vinculados con el nacimiento; el crecimiento cerebral tampoco parece relacionarse de manera funcional con los cambios corporales de tamaño. En cambio, el crecimiento cerebral, amplio y precoz, parece ser una adaptación fundamental que permite que el recién nacido desarrolle y domine finalmente rasgos humanos peculiares, como el lenguaje y el pensamiento abstracto. Por tanto, la cabeza fetal grande es una preadaptación para necesidades **subsecuentes** que se manifiestan cierto tiempo después del nacimiento.

En el ámbito uterino limitado, el tamaño del cerebro fetal y su bóveda ósea reduce la cantidad de espacio disponible para el crecimiento corporal restante, incluyendo el de la cara. La magnitud y morfología de la vía del parto constriñen más el neurocráneo y la cara: el cráneo ha de ser bastante pequeño y flexible para salir. Además, como en el nacimiento normal la corona de la cabeza del feto es la primera porción que penetra dicha vía, el tamaño y la posición faciales deben ser tales que la cara no inhiba el moldeado craneal indispensable para un paso eficaz por este conducto.

Las interconexiones fibrosas de los huesos de la bóveda parcialmente formados, permiten la flexibilidad craneal. En tanto que el crecimiento del cerebro, las limitaciones uterinas y el nacimiento pueden plantear algunos límites superiores al crecimiento facial en el feto, tales elementos no determinan por completo el tamaño de la cara. Por el contrario, al momento del nacimiento ésta debe ser suficientemente madura en **términos funcionales** para que la alimentación y respiración sean eficaces.

De la etapa neonatal a la dentición primaria: la cara premasticatoria

En esencia, la estructura de la cabeza del recién nacido facilita tres funciones: la respiración, la digestión y la expansión continua del cerebro. La inhibición relevante de cualquiera de éstas causa en ocasiones la muerte o alteraciones catastróficas del crecimiento. En conformidad, puede presentarse una descripción importante de la cara del recién nacido en función de estos factores.

Al nacer, las vías respiratorias han de presentar un tamaño conveniente a fin de permitir el paso libre de un volumen suficiente de aire para satisfacer las necesidades fisiológicas. Si se toman en cuenta las conductas alimentarias del recién nacido, el paladar también debe separar entre la vía respiratoria y la boca, para permitir la respiración y alimentación sin interferencia mutua. Con excepción de algunos controles neuromusculares, la anatomía de la vía respiratoria neonatal es en esencia una versión reducida, pero totalmente madura de un sistema preservado a través

de la vida. La anatomía funcional de las vías respiratorias no cambia con la edad, aunque a veces con el crecimiento se presentan cambios en el tamaño y la forma de su componente.

Aunque el desarrollo de la anatomía bucal del recién nacido es bastante adecuado para permitir de inmediato la ingestión eficaz de alimentos, la acción de mamar que se nota en el lactante es pasajera, especializada y no persiste en la edad adulta. (En el capítulo 10 se ofrece un análisis completo del control neuromuscular y del amamantamiento.) El amamantamiento se efectúa mediante la utilización de tres elementos anatómicos básicos: los músculos de la expresión facial (apoyo de los carrillos y labios), la lengua y el paladar. Esta acción se encuentra bajo regulación genética, o sea, control neural no aprendido. La organización y las funciones de los músculos de la expresión facial permiten que el recién nacido inicie acciones eficaces de alimentación sin aplicar cargas exageradas a ninguna región de su esqueleto facial un tanto inmaduro. También, para garantizar una alimentación eficaz, usa los músculos de la expresión facial y la lengua en combinación con el paladar relativamente grande y plano, a fin de reducir la posibilidad de que se generen fuerzas o presiones de tal magnitud que lastimen a la madre que lo amamanta. Sin embargo, las disposiciones estructurales y funcionales que facilitan de manera tan eficaz su ingestión son adaptaciones pasajeras que varían a medida que ocurren cambios en otras partes de la cabeza y la cara, de modo más notable en los dientes y musculosqueléticos del sistema masticatorio.

En el recién nacido el neurocráneo predomina sobre la cara (cap. 16), de conformidad con un patrón de crecimiento posnatal que permite al recién nacido alcanzar 60% de su volumen cerebral adulto en dos años y 90% de su tamaño al cabo de siete años. Las interconexiones fibrosas y los huesos parcialmente formados de la bóveda craneal que facilitan el moldeado y paso de la cabeza por la vía del parto permiten que el crecimiento posnatal del cráneo transcurra al tiempo que el cerebro aún crece. Aunque el crecimiento cerebral rápido no es fundamental para la supervivencia inmediata del recién nacido, sus efectos se extienden fuera del neurocráneo hacia la cara, y afectan directamente al sistema masticatorio.

Las fosas craneales medias son áreas críticas del crecimiento cerebral (caps. 3, 5 y 6). Los huesos temporal, parietal, frontal y las alas mayores del esfenoideas constituyen los límites laterales de estas fosas. La región y los huesos apenas identificados intervienen en la función masticatoria, ya que proveen anclaje para los músculos elevadores de la mandíbula que, al momento del nacimiento, son pequeños y muestran un desarrollo precario. Además, parte del hueso temporal sirve como articulación craneal para la mandíbula. La expansión de la fosa craneal media modifica de diversas maneras al sistema masticatorio. Por ejemplo, su expansión lateral por movimiento lateral del hueso temporal también causa un desplazamiento lateral de la porción craneal de la articulación mandibular.

A su vez, este desplazamiento exige cambios de crecimiento, o sea, el ensanchamiento de la mandíbula a fin de proseguir al mismo ritmo que el basicráneo en expansión. (Consúltese el análisis del principio de la V, cap. 2.) Según la biomecánica simple, una ampliación semejante de la mandíbula incrementa la posibilidad de que se presenten cambios desfavorables de flexión o torsión a lo largo del cuerpo mandibular, en especial en la región de la sínfisis. Además, la probabilidad e intensidad de estos efectos desfavorables en potencia aumentan si se aplican cargas asimétricas en la mandíbula. Aunque la mandíbula del recién nacido posee capacidad obvia de crecimiento para desarrollarse al mismo ritmo que el cráneo en expansión, la sínfisis sin fusión no le permite resistir la flexión y torsión descritos. Esta desventaja **estructural** potencial en la mandíbula del recién nacido, originada en parte por el crecimiento cerebral, se

compensa de modo funcional, ya que las fuerzas que operan en ella durante la acción de mamar son un tanto reducidas y simétricas. O sea, las funciones bucales del lactante disminuyen la probabilidad de que las fuerzas biomecánicas desfavorables actúen sobre una mandíbula pequeña y débil. La persistencia de la acción de mamar hasta la erupción de los incisivos primarios y a veces después de ella, da tiempo a que la mandíbula presente modificaciones estructurales que le permitan resistir mejor la flexión y torsión. Por tanto, no es mera coincidencia que la sínfisis mandibular termine de fusionarse casi al mismo tiempo que brotan los molares primarios.

La expansión anterolateral de la fosa craneal media que ocurre por crecimiento a lo largo de la fisura esfenotemporal transcurre simultáneamente con el movimiento lateral descrito. En este caso, los huesos articulados con las alas mayores del esfenoides muestran grados diversos de desplazamiento a lo largo de un eje anteroposterior. La expansión esfenoidal y el desplazamiento de los huesos frontal, malar y temporal tienen los siguientes efectos sobre el sistema masticatorio.

Primero, la longitud del brazo de palanca de los músculos masetero, pterigoideo interno y temporal aumenta, ya que sus áreas de inserción más anteriores (orígenes) se alejan de la articulación mandibular. Desde un punto de vista funcional, cambios semejantes permiten que el recién nacido aplique fuerzas de elevación mandibular un tanto mayores sin requerir incremento en el tamaño de los músculos de la mandíbula. Un incremento tal de la longitud del brazo de palanca, junto con un aumento correspondiente en el largo del brazo de carga, o sea, un alargamiento de ambos maxilares, facilita el crecimiento del sistema masticatorio mientras se preserva su eficacia relativa.

Se registra una segunda consecuencia de la expansión endocraneal sobre el sistema masticatorio cuando el crecimiento del esfenoides y los huesos con los cuales se articula produce una superficie mayor para la inserción de los músculos temporal y pterigoideo interno. El crecimiento a lo largo de las suturas de las alas mayores del esfenoides alarga el arco cigomático por desplazamiento anterior del hueso malar y desplazamiento posterior del temporal entre sí. Aparte de aumentar las longitudes del brazo de palanca como se describió, este cambio también genera un área mayor de inserción para los orígenes del músculo masetero a lo largo del arco cigomático. Como se demostrará, la maduración funcional del músculo masetero exige una alteración morfológica del arco cigomático alargado.

El crecimiento sutural a lo largo de los límites del esfenoides es uno de muchos elementos que favorecen la expansión endocraneal y el desplazamiento del segmento maxilar de la cara (cap. 3). Las consecuencias importantes del desplazamiento maxilar, por expansión de las fosas craneales media y anterior, son los cambios que afectan de manera simultánea a la mandíbula y a la función de los músculos elevadores. El desplazamiento anterior del maxilar lleva a cabo varias funciones aparte de, tal vez, "trasladar" hacia adelante la mandíbula con él: primero, aleja a toda la arcada dental del fulcro para aumentar, teóricamente, la longitud del brazo de carga. Segundo, este movimiento aparta del fulcro los puntos más anteriores de inserción de los músculos elevadores de la mandíbula, para extender en teoría el brazo de palanca. Tercero, el desplazamiento hacia adelante produce espacio en la zona posterior del arco dental para favorecer el desarrollo subsecuente de la tuberosidad del maxilar, así como el crecimiento y erupción de cualquier diente localizado ahí. El descenso simultáneo de ambos maxilares se presenta de tal manera que las líneas de los músculos elevadores de la mandíbula, en especial el masetero y los pterigoideos internos, se alejan más del fulcro, para fomentar los incrementos teóricos en la longitud del brazo de palanca apenas descritos. Esto sucede aun que el ángulo de la mandíbula disminuya, o sea, se cierra para

desplazar la línea de la rama de modo más directo por debajo de la articulación mandibular (fig. 11-9). Aparte de cambiar la longitud del brazo de palanca, este desplazamiento posterior de la rama, que por ironía ocurre en relación con el movimiento anterior del maxilar, crea espacio en la arcada dental inferior para el desarrollo y la erupción de los molares. Por su nueva postura más directamente inferior a la articulación mandibular, el largo del brazo de carga en relación con los dientes posteriores es menor de lo que sería de no haberse cerrado el ángulo de la mandíbula.

Los cambios descritos señalan cómo en teoría, el crecimiento cerebral afecta la función masticatoria, en particular en un recién nacido, cuando el cerebro todavía crece muy rápido. Las consecuencias estimadas se relacionan con alteraciones posibles en la eficacia mecánica, los cambios de tamaño en los músculos elevadores de la mandíbula y algunos de los efectos mandibulares. Al analizar estas circunstancias, es preciso considerar que se presentan cuando los músculos de la expresión facial, el paladar y la lengua funcionan de manera casi exclusiva para satisfacer las necesidades alimentarias críticas del recién nacido. En consecuencia, aunque los efectos descritos son de preadaptación para una mejor eficacia masticatoria, su aspecto inicial puede atribuirse a la expansión neurocraneal, y no a necesidades funcionales vinculadas con la ingestión. En ocasiones la verificación más simple de esta interpretación se hace en los mismos músculos elevadores de la mandíbula, que al momento del nacimiento presentan desarrollo muy precario y, de hecho, no comienzan a madurar funcionalmente hasta que los dientes primarios ocluyen. Además, durante este periodo el cuerpo mandibular es un tubo óseo peculiar de aspecto bulboso que rodea a las coronas de los dientes primarios en desarrollo. Aunque la mandíbula se encuentra bien dotada para albergar a los dientes, en dicha fase está en duda su valor como estructura que genere o se oponga a las fuerzas. Aunque la expansión del neurocráneo representa una oportunidad temprana para el crecimiento del aparato mandibular la adaptabilidad del mecanismo de amamantamiento favorece que la mandíbula, los maxilares, los dientes y los músculos elevadores de la mandíbula crezcan y se desarrollen de modo tal que parece garantizar mejor su eficacia más tarde en la vida, cuando tarde o temprano contribuyen a generar y resistir las fuerzas masticatorias.

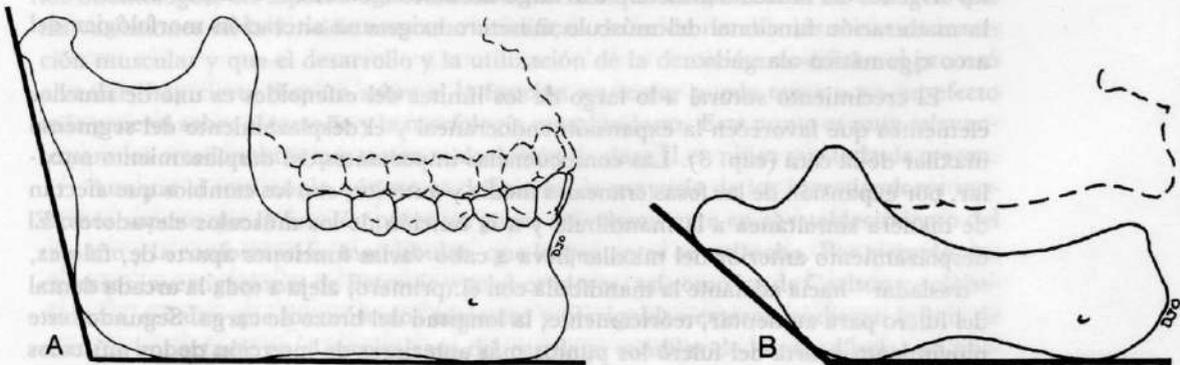


Fig. 11-9. A, el ángulo mandibular se constituye por la intersección de una línea trazada a lo largo del borde inferior de la mandíbula, con otra a lo largo del borde posterior de la rama. Cuando surgen los dientes primarios y llegan a ocluir, el ángulo es un tanto abierto y de manera notable se ubica en sentido anterior a la línea trazada perpendicularmente hacia abajo, desde el eje funcional de la articulación temporomandibular. Por esta disposición, los dientes superiores e inferiores se desplazan hacia adelante en relación con dicha articulación, B, a medida que el maxilar superior descende, la rama mandibular aumenta en longitud y se remodela para que cada ángulo mandibular se cierre y migre en sentido posterior. Estos cambios tienen el efecto neto de acortar de manera potencial el largo del brazo de carga (al permitir que los dientes se ubiquen en dirección más posterior) y acorta la longitud del brazo de palanca.

Denticiones primaria y permanente: maduración masticatoria

La maduración del sistema masticatorio es el suceso principal *sine qua non* en la existencia de una cara, aunque carece de la espectacularidad y las dimensiones temporales muy definidas que hacen del nacimiento un evento tan relevante en la vida de una persona. La maduración del sistema masticatorio es un proceso, exactamente igual que el nacimiento, sólo que en ella los cambios presentes y la manera como ocurren se extienden a través de un periodo prolongado. Este mecanismo de maduración nunca cesa, en la inteligencia de que el aspecto personal propio nunca se estabiliza, para disgusto de la gente que parece preferir una apariencia de exuberancia juvenil en el rasgo más visible de su anatomía: la cara.

La maduración funcional del sistema masticatorio, y por tanto de la cara, comienza cuando los incisivos primarios, superiores e inferiores, emergen lo suficiente para poder aplicar fuerzas sobre objetos, como el dedo de un padre curioso. De cierta manera, esto marca el "nacimiento" del sistema masticatorio, exactamente como el nacimiento real denota el inicio de la maduración funcional del sistema respiratorio del recién nacido. Así como los cambios **estructurales** deben presentarse antes que pueda ocurrir la **función** respiratoria, así también habrán de suceder cambios semejantes en el sistema masticatorio. Por el tamaño y las limitaciones de crecimiento vinculadas con el vientre, la vía del parto y el crecimiento cerebral (ya descritos), el avance de las circunstancias estructurales en el aparato masticatorio al momento del nacimiento no basta para que se produzca la función masticatoria. Mediante las adaptaciones descritas en la sección previa sobre el recién nacido, se cuenta con más tiempo para el crecimiento de los elementos masticatorios en tanto el lactante mama. Los cambios estructurales presentes durante este lapso prolongado de crecimiento anterior a la masticación, son los siguientes.

Los procesos alveolares del maxilar y la mandíbula se desarrollan lo suficiente para sostener las coronas formadas entonces por completo, cuyas raíces presentan formación idónea para permitir que los dientes salgan del alveolo y la encía. Una alteración semejante del margen alveolar maxilar disminuye el área de la superficie plana disponible en el paladar y crea una zona restringida donde se concentran las fuerzas generadas cuando se eleva la mandíbula contra el maxilar superior. La formación del proceso alveolar inferior provee espacio para los incisivos primarios en sentido superior al cuerpo mandibular; de tal manera se permite un engrosamiento óseo en la región de la sínfisis que entonces comienza a fusionarse.

En un principio se notan pocos cambios esqueléticos relevantes durante las primeras fases del proceso de maduración. Esto es porque en contraste con la acción innata de mamar, la masticación es una conducta adquirida en la cual el recién nacido, mediante autoexploración y experimentación bucales, reconoce la presencia del sistema masticatorio y empieza a dominarlo. Los músculos elevadores de la mandíbula comienzan a desarrollarse de manera notable, y los cambios funcionales y estructurales subsecuentes empiezan a presentarse en el esqueleto facial sólo cuando se inicia este proceso de aprendizaje.

Uno de los primeros cambios que se manifiestan como consecuencia del hallazgo funcional de los músculos elevadores de la mandíbula es la sustitución del patrón de deglución del lactante por otro "maduro" (cap. 10). En comparación con el primero, la deglución madura depende de los músculos elevadores de la mandíbula para ubicarla. Este simple cambio aplica exigencias sobre los músculos elevadores que, hasta esta etapa, carecen de alguna función importante. Los músculos comienzan a hipertrofiarse como reacción ante las nuevas exigencias funcionales. A su vez, el uso y el creci-

miento de estos músculos imponen demandas nuevas a los huesos en donde se insertan y aplican fuerzas. Entonces, en una modalidad estímulo-reacción evidente, es posible observar cambios específicos en el sistema musculoesquelético en relación con la función masticatoria.

Ya sea que se presenten en un lactante con dentición primaria en erupción o en un adolescente con segundos molares en oclusión, los cambios en el esqueleto facial forjados por alteraciones en el tamaño o la función de los músculos elevadores de la mandíbula tienden a mejorar la eficacia biomecánica o a disminuir los efectos potencialmente adversos motivados por la unidad musculoesquelética en cuestión. Por ejemplo, antes de que los músculos elevadores de la mandíbula intervengan en la ingestión, deglución o masticación, el arco cigomático consta de dos apófisis óseas en sentido espinal que en esencia se extiende en línea recta desde los huesos malares y temporales. En su punto de unión, los huesos se traslapan y conectan por una articulación fibrosa sin cohesión. Al momento en que los incisivos primarios ocluyen de modo funcional, la sutura frontocigomática no sólo se torna más estrecha y presenta interdigitación más clara, sino que cuando se observa en sentido lateral toda la columna ósea comienza a tomar una forma arqueada peculiar con una concavidad evidente en el margen inferior. A medida que brotan otros dientes, y llegan a ocluir, el arco cigomático cada vez más semeja una arcada. Cuando se observa en sentido superior, o sea, hacia abajo al interior de la fosa infratemporal, en la secuencia de crecimiento apenas descrita se nota con facilidad que el arco cigomático también muestra una convexidad peculiar dirigida en sentido lateral, o sea, se arquea hacia afuera.

Esta doble convexidad en el arco cigomático puede explicarse fácilmente sólo en términos funcionales y estructurales. La morfología de dicha estructura ósea bastante delicada es adecuada para resistir las fuerzas aplicadas como consecuencia de la contracción potente del músculo masetero (fig. 11-8). Además, esta adaptación estructural ocurre de manera tal, que permite que el arco conserve una función eficaz y presente al mismo tiempo un incremento estimado de cinco veces en su longitud, en gran parte por el desplazamiento relativo de los huesos temporal y malar mediante expansión neurocraneal, como se describió.

La expansión neurocraneal, así como las necesidades impuestas por los músculos maseteros no parecen regir por completo el crecimiento del arco cigomático. Hay buenas razones para considerar que el músculo temporal también modifica este componente óseo de la cara. Con el uso creciente de la mandíbula, el músculo temporal crece transversal y sus orígenes se extienden como abanico sobre el lado del cráneo para cubrir porciones de las alas mayores del esfenoides y los huesos temporal, parietal, frontal y malar. Conforme sucede lo anterior, las uniones suturales entre dichos huesos se establecen mejor y representan una base más firme para la inserción del músculo temporal, pero aún aportan lo necesario para la expansión craneal por crecimiento sutural. Para cuando los segundos molares temporales llegan a ocluir, el músculo temporal crece y se especializa lo suficiente como para que se noten en la fosa infratemporal rastros de la división del músculo. En dicha fosa, la superficie de las alas mayores del esfenoides muestran una concavidad peculiar cuya orientación superoposterior a inferoanterior describe con claridad la línea de acción del músculo temporal a medida que desciende hacia su inserción en la apófisis coronoides de la mandíbula. En muchos adultos esta separación ósea es muy marcada; en casi todos los casos, este rasgo craneal se vincula con apófisis coronoides muy bien desarrolladas. Dentro de la fosa infratemporal a menudo se notan espículas óseas características sobre la superficie posterior del hueso malar, otro testimonio del empleo intenso del músculo temporal. Aunque sin verificación experimental, es muy probable que el diámetro de la fosa infratemporal, y por

tanto el tamaño y morfología de su límite lateral, el arco cigomático, varíe de manera notable por el uso y la hipertrofia del músculo temporal.

Todavía dentro de la fosa infratemporal, para cuando han brotado los dientes primarios posteriores, las crestas infratemporales y las láminas de las apófisis pterigoideas se desarrollan en un grado importante. Cerca del momento en que los segundos molares permanentes ocluyen, las láminas pterigoideas casi cuadruplican su tamaño; entre las crestas infratemporales pueden notarse fosas peculiares, prueba evidente del crecimiento expandido y la utilización de los músculos pterigoideos internos.

Para ajustarse a las necesidades espaciales del desarrollo normal y la erupción dentaria, ambas arcadas deben aumentar su longitud. Cuando se presenta esto en el lactante, los brazos de carga masticatoria se alargan inevitablemente porque los dientes y la articulación temporomandibular incipiente se encuentran en esencia en el mismo plano (figs. 11-4 y 11-5). A menos que sucedan cambios correspondientes a lo largo del brazo de palanca masticatoria —por ejemplo, desplazamiento anterior de la línea de acción de cierto músculo elevador de la mandíbula—, el alargamiento de los dos maxilares reduce en teoría la eficacia mecánica del sistema mandibular. Si se desea conservar un valor óptimo de fuerza masticatoria en tales circunstancias, tiene que presentarse un incremento en la superficie transversal de los músculos que elevan a la mandíbula. Aunque esta situación sigue siendo hipotética en los recién nacidos, quienes no dependen del aparato masticatorio para funcionar, si posee repercusiones importantes sobre el crecimiento subsecuente: si los vínculos espaciales descritos —o sea, la articulación mandibular y el plano oclusal en el mismo plano— prevalecieran más allá de la etapa del amamantamiento, el desarrollo y la erupción de cada diente posterior primario y permanente alargaría de modo inevitable el brazo de carga masticatoria. De nuevo, a menos que se presentaran cambios compensatorios en la postura mandibular, la ubicación de los músculos elevadores, o ambos, el único medio eficaz para conservar la masticación sería una hipertrofia notable de los músculos elevadores. En el mono olivo (fig. 11-10) se nota una variante de esta situación; en este animal el prognatismo extenso contrarresta cualquier otro cambio compensatorio, al grado de que los músculos elevadores de la mandíbula deben exhibir cambios enormes en la superficie transversal (véase Oyen y cols., 1979).

El ser humano no se caracteriza por un prognatismo facial inferior extremo combinado con músculos elevadores de la mandíbula masivos, aunque es muy probable que éste fuera el caso de sus ancestros fósiles. Esto es así en gran parte por los cambios en la posición del maxilar superior, hacia abajo y adelante, y las alteraciones mandibulares concomitantes, o sea, el alargamiento de cada rama y el cierre de su ángulo. Mediante un mecanismo de remodelación descrito en otra sección de este libro, estas variaciones morfológicas producen espacios en los límites posteriores del maxilar superior y la mandíbula, que no sólo aportan lo indispensable para la formación y erupción de los dientes posteriores, sino que, en realidad, pudieran ubicar al diente más posterior un poco más cerca de la articulación mandibular, las líneas de acción de los músculos elevadores de la mandíbula, o ambas.

Esta adaptación específica de crecimiento es muy importante en la maduración del mecanismo masticatorio. Debido al desplazamiento anterior manifiesto, la erupción de los molares primarios y los primeros molares permanentes provoca, en la mayoría de la gente, un decremento en la eficacia mecánica del aparato mandibular, por un alargamiento subsecuente inevitable del brazo de carga masticatoria. En parte, esta alteración en la longitud del brazo de carga se compensa por un desplazamiento anterior de la raíz cigomática (proceso clave) que cuenta con el efecto neto de alargar el brazo inferior. Sin embargo, la restauración completa de la fuerza masticatoria en los

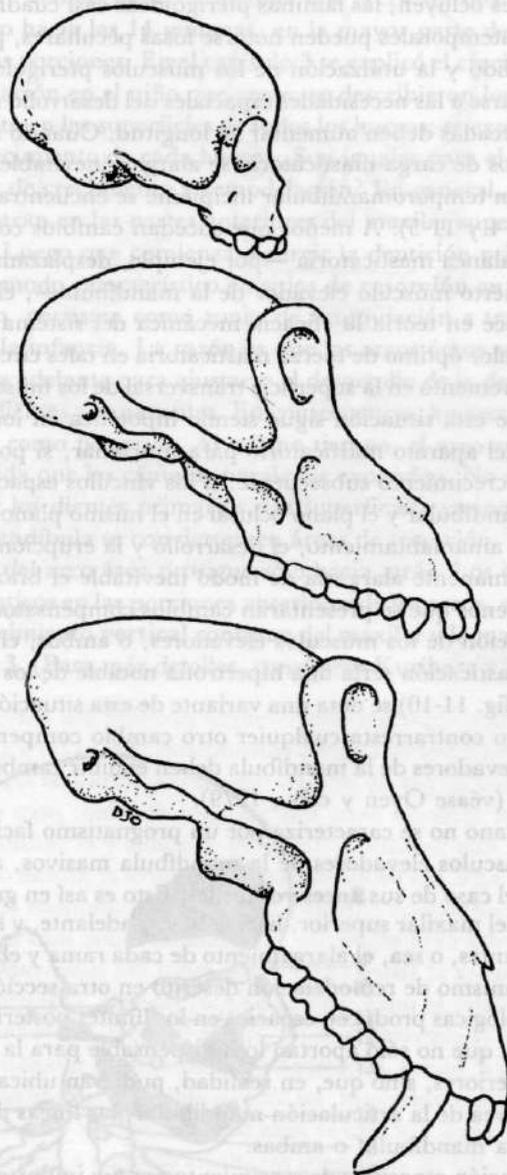


Fig. 11-10. Los monos olivos (*Papio cynocephalus anubis*) experimentan un desplazamiento notable del maxilar superior hacia abajo durante el crecimiento facial. Sin embargo, por el tamaño dental, la morfología de las arcadas dentarias (hileras paralelas de dientes) y las exigencias respiratorias impuestas a la nasofaringe, esta especie presenta todavía prognatismo facial inferior importante que motiva en el sistema masticatorio relaciones un tanto desfavorables entre el brazo de carga y el de palanca. Como resultado, los músculos elevadores de la mandíbula experimentan hipertrofia amplia, a fin de conservar valores mínimos óptimos de fuerza masticatoria; el esqueleto craneofacial reacciona en conformidad con crestas y rebordes notables.

incisivos o en los segundos molares primarios exige un incremento en la superficie transversal de los músculos elevadores de la mandíbula. No obstante, alcanzar la oclusión con los primeros molares permanentes requiere una modificación leve de la dinámica del crecimiento y las funciones faciales. A partir de este momento, el desplazamiento anterior de los dientes en relación con la base del arco cigomático se torna insignificante en el maxilar. Los segundos y terceros molares permanentes que brotan después se localizan un tanto **más cerca** de las líneas de acción de los músculos que elevan la mandíbula. Según la magnitud del desplazamiento adicional de todo el complejo maxilar, los segundos o terceros molares en ocasiones se encuentran **más cerca** de la articulación temporomandibular. Todo esto significa que en personas normales, luego de que los primeros molares permanentes llegan a ocluir, es imposible atribuir los incrementos subsiguientes observados en las áreas transversas de los músculos elevadores de la mandíbula. Cuando los incisivos primarios entran en función, la sínfisis mandibular se catoria. Esta situación no significa un estancamiento en la maduración del sistema masticatorio. Por el contrario, la introducción de la posibilidad de aumentos de larga duración en la eficacia mecánica incrementa el potencial para que cambien los elementos musculoesqueléticos del sistema, ya que en tales circunstancias podría esperarse que el tamaño muscular disminuyera sin reducir los recursos para generar fuerza masticatoria.

Otro elemento que garantiza la inestabilidad posible del sistema masticatorio se debe a que, cuando se añaden dientes al conjunto dentario, el contacto interdental entre cada par sucesivo aumenta, ya que la arcada dental humana tiene forma parabólica. En consecuencia, si se empieza por los incisivos laterales y se prosigue en dirección posterior, la mordida entre cualquier par de dientes contrarios —por ejemplo, el canino, los primeros molares primarios, los segundos molares permanentes—, genera cantidades crecientes de torsión sobre ambos maxilares por aplicación asimétrica de cargas. Se podría discutir, de manera bastante persuasiva, según el autor, que el engrosamiento de la apófisis cigomática del maxilar superior y su contraparte cigomática es una reacción de adaptación que permite que parte de la cara resista la torsión producida cuando la contracción potente del músculo masetero en el lado de oclusión pareciera querer dirigir el arco cigomático hacia abajo y adentro. Más adelante se describen los efectos de esta aplicación de cargas sobre la mandíbula.

Los cambios descritos en el cráneo y los músculos elevadores de la mandíbula a medida que los dientes se desarrollan, brotan y ocluyen, cuentan con contrapartes mandibulares. Cuando los incisivos primarios entran en función, la sínfisis mandibular se fusiona. Cerca de este momento comienza a surgir un fenómeno notable, pero poco comprendido: el perfil mandibular cambia de convexo a cóncavo en su superficie anterior y empieza a reconocerse el mentón humano. En la actualidad se considera que la sínfisis mandibular y el surgimiento del mentón son adaptaciones que permiten a la mandíbula resistir con eficacia la fuerza torsional, presente en esta región como consecuencia de cargas asimétricas. Como se resaltó, a medida que surgen más dientes en el arco dental parabólico aumenta la frecuencia e intensidad de la aplicación de fuerzas asimétricas.

El cuello y la cabeza del cóndilo mandibular muestran rastros de la reacción ante cargas masticatorias mayores, en especial del tipo asimétrico. Para enfrentar estas cargas, el cuello del cóndilo se engruesa y el área de la cabeza condilar aumenta de manera notable, tal vez 10 veces entre el momento en que los molares primarios están en oclusión y los terceros molares permanentes ocluyen.

Se notan en la mandíbula cambios discernibles tan pronto los músculos temporal, masetero y pterigoideo interno aumentan su función y su área transversal. Mientras

que las irregularidades óseas delimitan las zonas de inserción de los músculos masetero y pterigoideo interno en el ángulo de la mandíbula, la hendidura antegonial y la inclinación gonial, que caracterizan a la inserción del masetero, sobresalen de manera notable. Sin embargo, el temporal es el músculo que modifica más su área de inserción en la mandíbula. Como es de esperar de un músculo cuyos orígenes óseos abarcan una región semejante, la apófisis coronoides que es elevada por el temporal, crece a un grado tal, que cuando se alcanza el tamaño muscular adulto y todos los dientes se encuentran en oclusión, la apófisis se extiende muy por arriba del nivel del cóndilo. A fin de ubicar esto en perspectiva, resulta un tanto sencillo encontrar pacientes en quienes la altura de la apófisis coronoides, medida desde el límite de la escotadura sigmoidea, supera el nivel total de la rama mandibular cuantificado en un niño con dentición primaria completa.

ELEMENTOS NO MASTICATORIOS QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO FACIAL

En este análisis nos hemos concentrado en la función masticatoria durante el crecimiento y desarrollo faciales. Aunque se resalta que la maduración funcional del sistema masticatorio es un mecanismo clave que modifica a la cara, no se discute la posibilidad de llegar a entender de manera cabal el estado facial sólo en términos de la función masticatoria. De hecho, se reconocen pruebas importantes que demuestran la influencia enorme del crecimiento cerebral en el crecimiento y desarrollo faciales. Hay otros factores que es preciso considerar; a continuación se presentan algunos.

Los ojos son un rasgo notable en el recién nacido o el niño, y tal vez sean una de las características más dominantes del rostro infantil. Si se toma en cuenta su desarrollo precoz, tamaño, ubicación en la cara e importancia funcional, los ojos desempeñan una función relevante en el crecimiento y desarrollo faciales. Aunque falta mucho por aprender, se conoce bastante acerca de la fisiología visual. Sin embargo, llama la atención la falta de consenso evidente sobre las interrelaciones estructurales y funcionales entre el albergue anatómico de los ojos, o sea, las órbitas, y el resto de la cara. Aparte del acuerdo general de que las órbitas óseas protegen a los ojos, hay mucha controversia, en particular sobre la relevancia estructural y funcional de los límites orbitarios superiores y laterales. Con base en sus propias investigaciones en este campo, el autor concluye de manera tentativa que las fuerzas generadas en el esqueleto facial humano como consecuencia de la función masticatoria, afectan a la región periorbitaria, en particular los márgenes superior y lateral. Además, al tiempo que ofrecen protección a lo largo del límite lateral, los segmentos conectados de los huesos malar, frontal y esfenoides en esta zona operan de modo primario para favorecer la contracción eficaz de los músculos masetero y temporal, cuyos orígenes se encuentran en esta área general. Es probable que la pared y el límite lateral no funcionen de manera relevante como pilar o contrafuerte, para resistir las fuerzas compresivas que dirige la dentición a esta zona (Sicher y Tandler, 1928).

En el recién nacido la respiración es una función más importante que la ingestión; con el crecimiento su relevancia no decrece. En realidad, durante el crecimiento se notan cambios anatómicos importantes en el niño, a fin de garantizar una respiración eficaz y continua, y la cara es el sitio de algunos de estos cambios.

El maxilar superior brinda un albergue óseo para casi todos los elementos faciales del aparato respiratorio, la vía nasal. Como señala Enlow en otra parte de este libro, hay testimonios convincentes de que el crecimiento del maxilar superior y los cambios

en la base craneal se vinculan con el cumplimiento de las necesidades respiratorias fisiológicas. Como se describió en este capítulo, el desplazamiento del maxilar superior, así como su expansión lateral por el crecimiento y la remodelación tienen por objeto incrementar el volumen y conservar una postura anatómica favorable de la vía respiratoria nasofaríngea.

Es bien sabido que las necesidades respiratorias se relacionan de manera estrecha con la fisiología corporal general, y por ello con el crecimiento general del cuerpo. A través de este nexo, la aceleración en el crecimiento corporal —por ejemplo, el periodo de crecimiento rápido puberal— puede requerir un incremento sustancial en la demanda respiratoria. Si estas exigencias respiratorias poseen suficiente magnitud y duración, pudieran demandar ajustes estructurales como una expansión de la vía respiratoria nasofaríngea. De tal manera, es posible rastrear los aspectos de la maduración masticatoria, descritos en términos de los cambios en el maxilar superior, en cuanto a las necesidades fisiológicas vinculadas con la respiración. En el ejemplo citado, el crecimiento puberal rápido, aun la actividad secretoria hormonal, se vincula con los cambios de crecimiento en la cara y el sistema masticatorio. Este ejemplo, así como el análisis apenas concluido, alienta la debida precaución contra la aplicación demasiado entusiasta de un solo factor cuando se intenta explicar un fenómeno tan complejo como el crecimiento facial.

RESUMEN

El propósito de este capítulo es reseñar el crecimiento y desarrollo de la cara, para que el lector retenga ciertos hechos y modos de pensar y llegue a entender los cambios que ocurren en el crecimiento facial. Se describe y analiza un conjunto ilustrativo de rasgos, no exhaustivo, en términos de sus vínculos con el sistema masticatorio. Aunque de manera breve en unos cuantos casos también se consideran factores no masticatorios que influyen en el desarrollo de la cara y el sistema mandibular.

Se ha intentado caracterizar el potencial verdadero del cambio que plantean los elementos musculoesqueléticos de los huesos de cráneo y cara, y en particular del aparato masticatorio. Si acaso, al concentrar tanta atención sobre lo que acontece al **añadirse** dientes a la arcada dental, tal vez no se enfatizó lo suficiente tal capacidad. Se podría conseguir una representación más completa del potencial de adaptación al aplicar conceptos sobre la longitud del brazo de palanca y el de carga, los efectos torsionales de la masticación asimétrica, etc., en el análisis de las circunstancias que prevalecen cuando se **retiran** dientes de una arcada. Se podrían llevar a cabo estudios semejantes para valorar los efectos de otros intentos de manipular los elementos del sistema masticatorio; por ejemplo, restauraciones prostodónticas, movimientos ortodónticos y alteraciones maxilofaciales mediante cirugía bucal.

Sólo cuando esta clase de conceptos se lleve a cabo con éxito en una escala amplia se podrá comenzar a entender **por qué** la cara crece como lo hace.

Reconocimientos

Muchas de las nociones expresadas en este capítulo son resultado de conversaciones y discusiones sostenidas a través de los años por el autor con los doctores. D. H. Enlow, H. B. Sarles y A. C. Walker, con quienes el autor se considera en deuda permanente. Todos los dibujos son de Derek J. Oyen. La National Science Foundation apoyó las investigaciones en las cuales se basa este capítulo.

CAPITULO 13



Anomalías, síndromes, y crecimiento y desarrollo dismórficos

M. Michael Cohen, Jr., D.M.D., Ph.D.

El estudio de las personas con anomalías es la meta de un campo conocido de modos diversos como sindromología, dismorfología, genética médica y teratología. Ninguno de estos vocablos refleja el ámbito de todo el campo, y aunque cada uno tiene sus propios partidarios, cada uno también presenta limitaciones propias. La palabra "sindromología", derivada del griego, se refiere al análisis de situaciones que se presentan al mismo tiempo. En consecuencia, los sindromólogos estudian niños con defectos congénitos que se manifiestan simultáneamente; pacientes con anomalías múltiples. Sin embargo, el vocablo "dismorfología" significa "morfología anormal"; los dismorfólogos analizan a niños con una o varias anomalías, pero a menudo también estudian alteraciones genéticas. De manera clara, los "genetistas médicos" examinan las anomalías de tipo genético, pero con frecuencia se ocupan de los defectos causados por el medio o incluso de anomalías cuyas causas se desconocen. Para terminar, "teratología", palabra derivada del griego, significa "estudio de monstruos". Algunos clínicos se oponen al empleo de dicho vocablo para referirse a seres humanos; los teratólogos que atienden enfermos en ocasiones también efectúan estudios experimentales con animales; muchos se dedican de manera exclusiva al análisis de anomalías en animales.

A continuación se consideran algunos principios que aportan un contexto útil dentro del cual es posible estudiar las anomalías.

ANOMALIAS: MALFORMACIONES, DEFORMIDADES Y DISRUPCIONES

Las anomalías son las características fundamentales que constituyen los diversos síndromes; son de tres tipos: malformaciones, deformidades y disrupciones. Es posible **abarc**ar en una de estas clases a casi todas las anomalías observadas al momento del nacimiento. Esto es práctico, ya que las características de cada categoría son diferentes.

Una **malformación** puede definirse como el defecto morfológico de un órgano, parte del mismo o una región corporal más grande, o el desarrollo intrínsecamente anormal. Casi 3% de los recién nacidos presenta malformaciones importantes, y cerca de 1% muestra malformaciones múltiples, conocidas como síndromes. La clase más frecuente es la morfogénesis incompleta, en la cual se suspende el desarrollo, como en el **paladar hendido** (fig. 13-1). En un cierre normal, los procesos palatinos embrionarios se fusionan. Si algún factor los detiene durante la embriogénesis, el resultado es un paladar hendido con forma de V. Otro tipo de trastorno semejante se conoce como **anomalía de Robin**, hendidura palatina con forma de U. Si la mandíbula es hipoplásica durante el desarrollo incipiente, la lengua no puede descender y permanece acuñada entre los procesos palatinos citados. A medida que éstos intentan fusionarse, la lengua obstruye el mecanismo, y el resultado es un defecto palatino con forma de U.

La expresión de las malformaciones puede ser mínima o máxima. Por ejemplo, una úvula bífida es expresión mínima del paladar hendido; además, estas alteraciones son inespecíficas. Cada una puede presentarse como defecto aislado y formar parte también de diversos síndromes. Por ejemplo, el paladar hendido se manifiesta en ocasiones solo o como elemento de muchos síndromes de anomalías múltiples. Por ejemplo, el **síndrome de Stickler**, estado autosómico dominante caracterizado por miopía, desprendimiento de retina y anomalías óseas y articulares. El paladar hendido, en particular la anomalía de Robin, puede ser un rasgo de algunos, pero no todos los casos. Como las malformaciones ocurren con frecuencias diversas en síndromes diferentes,

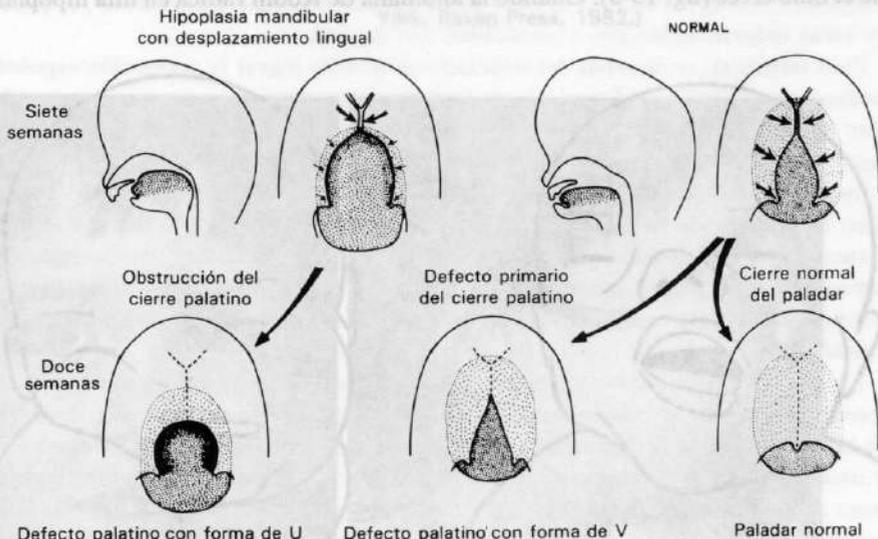


Figura 13-1. En la producción del paladar hendido ordinario, la suspensión del cierre palatino normal crea un defecto con forma de V (derecha). Si la mandíbula es hipoplásica, la lengua no descende y obstruye el cierre palatino, lo que genera un defecto con forma de U en el paladar (izquierda). (Tomado de Hanson, J., and D. W. Smith: *U-shaped palatal defect in the Robin anomalad: Developmental and clinical relevance*. J. Pediatr. 87:30, 1975.)

son facultativas, en vez de obligadas; pueden o no presentarse en un determinado estado en el cual se sabe son características. Como las anomalías son inespecíficas y facultativas para diversas alteraciones, el diagnóstico de un síndrome no se establece a partir de cierta anomalía sino de su patrón general.

Es posible definir una **deformidad** como una forma o postura anormales de una parte del cuerpo, debido a fuerzas mecánicas no disruptivas; casi 2% de los recién nacidos presenta estos trastornos. Ejemplos importantes incluyen el pie zambo, la luxación congénita de cadera y la escoliosis postural congénita. En la figura 13-2 se ilustra una **deformidad mandibular** en un recién nacido. Durante los primeros días posteriores al nacimiento, a menudo es posible flexionar a los lactantes con deformidades hacia las posturas atípicas conservadas durante la vida intrauterina. Si se flexiona a un recién nacido con el tipo de deformidad mandibular mostrada en su "posición de comodidad", la postura cefálica lateral muy flexionada comprueba que la deformidad ocurrió *in utero* por la presión del hombro contra la mandíbula durante un periodo prolongado.

Las deformidades surgen con mayor frecuencia durante la vida fetal tardía. Como la causa más frecuente es un moldeado intrauterino producido por fuerzas mecánicas, a menudo se afecta el sistema musculoesquelético. El elemento más importante que favorece una deformación es la falta de movimiento fetal, cualquiera que sea el origen. Las deformidades se manifiestan con mayor frecuencia durante los primeros embarazos que en otros, debido a una musculatura abdominal y uterina espástica.

Se analizó la anomalía de Robin como malformación, pero también es posible que se presente como deformidad. ¿Cuál es la diferencia? En una deformidad, la mandíbula no exhibe malformación intrínseca por hipoplasia. En cambio, el apiñamiento en el útero limita su crecimiento, ya que durante la vida intrauterina, la mandíbula se comprime contra el tórax. Una mandíbula pequeña, producto de la limitación, no permite el descenso lingual, y el resultado es un paladar con forma de U (figs. 13-3 y 13-4). Como las deformidades tienden a autocorregirse una vez que el feto deja el ambiente intrauterino limitante, se registra un crecimiento mandibular de recuperación a medida que el niño crece (fig. 13-5). Cuando la anomalía de Robin radica en una hipoplasia

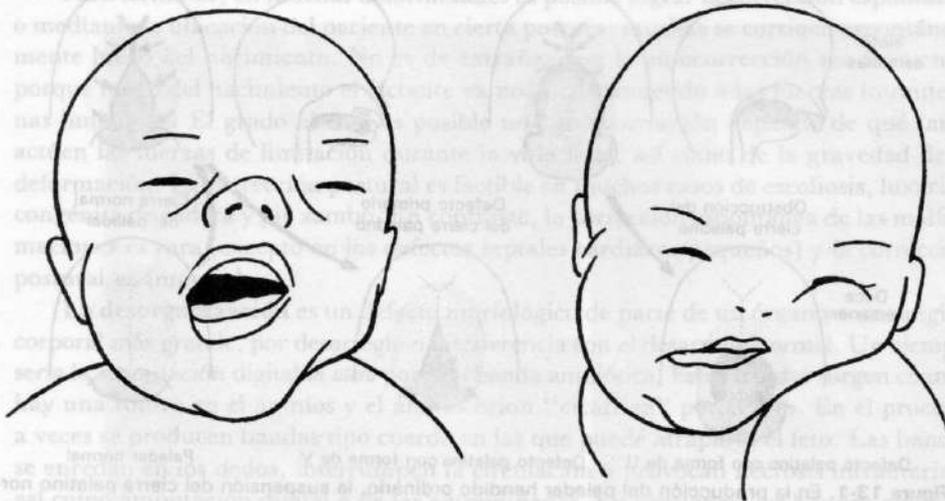


Fig. 13-2. Deformación mandibular provocada por una posición cefálica muy flexionada en sentido lateral *in utero* con presión del hombro contra la mandíbula durante un periodo prolongado. (Tomado de Cohen, M. M., Jr.: *The Child with Multiple Birth Defects*. New York, Raven Press, 1982. Courtesy of Mead Johnson Nutritional.)



Fig. 13-3. Un recién nacido con anomalía de Robin muestra micrognatismo. (Tomado de Cohen, M. M., Jr.: *The Child with Multiple Birth Defects*. New York, Raven Press, 1982.)

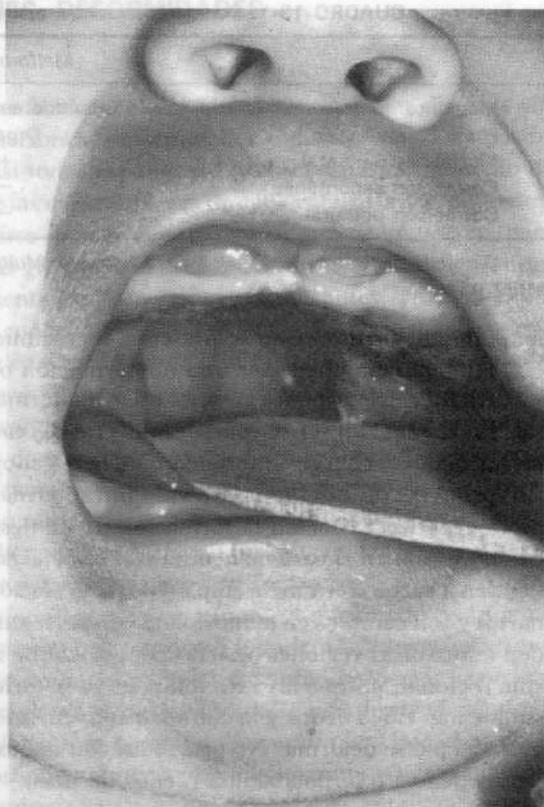


Fig. 13-4. El mismo paciente de la figura 13-3; nótese el paladar hendido con forma de U. (Tomado de Cohen, M. M., Jr.: *The Child with Multiple Birth Defects*. New York, Raven Press, 1982.)

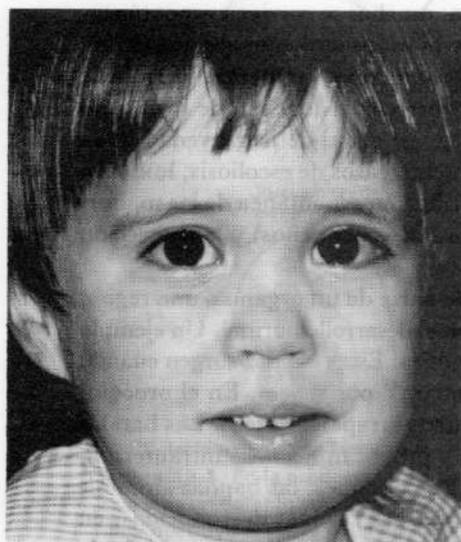


Fig. 13-5. El mismo niño de las figuras 13-3 y 13-4; presenta recuperación del crecimiento mandibular durante la infancia. (Tomado de Cohen, M. M., Jr.: *The Child with Multiple Birth Defects*. New York, Raven Press, 1982.)

CUADRO 13-1. Comparación entre malformaciones y deformidades

	Malformación	Deformidad
	Periodo embrionario	Intervalo fetal
Momento de presentación	Periodo embrionario	Intervalo fetal
Plano de alteración	Organo	Región
Mortalidad perinatal	+	-
Corrección espontánea	-	+
Corrección postural	-	+

(Tomado de Cohen, M. M., Jr.: *The Child with Multiple Birth Defects*. New York, Raven Press, 1982.)

mandibular intrínseca no se presenta el crecimiento de recuperación. En consecuencia, tal anomalía puede ser una malformación o una deformidad, según cómo surja.

Ahora el lector podrá comparar las malformaciones con las deformidades en general. En el cuadro 13-1 se comparan los rasgos característicos de unas y otras. Las primeras tienden a surgir al momento de la organogénesis durante el periodo embrionario (primeras ocho semanas de vida intrauterina) y, de manera primaria, son errores morfogénéticos. Afectan la formación de una estructura orgánica (o la estructura de campo, como en el caso de hendiduras bucofaciales). Por otra parte, las deformidades tienden a surgir durante la etapa fetal (la gestación restante luego del intervalo embrionario) y son cambios en la morfología de partes antes normales. En consecuencia, tienden a modificar regiones intactas. El pie zambo no es un defecto orgánico o de campo sino regional, porque las extremidades ya se formaron. Por ejemplo, con el pie zambo simple hay cinco dedos y la cantidad conveniente de falanges y metatarsos; toda la región del pie se deforma. No ocurre así con malformaciones como la sindactilia (fusión de los dedos) o la polidactilia (dedos de más).

Toda encuesta estadística sobre malformaciones se vincula con cierto grado de mortalidad perinatal, producto de la frecuencia elevada de malformaciones cardiovasculares y del sistema nervioso central. En comparación, la mortalidad perinatal tiende a ser baja en investigaciones sobre deformidades. La asimetría mandibular, el pie zambo y otras deformidades son compatibles con la vida.

Para terminar, en muchas deformidades es posible lograr la corrección espontánea o mediante la ubicación del paciente en cierta postura; muchas se corrigen espontáneamente luego del nacimiento. No es de extrañar que la autocorrección sea frecuente, porque luego del nacimiento el lactante ya no queda sometido a las fuerzas intrauterinas limitantes. El grado al cual es posible una autocorrección depende de qué tanto actúen las fuerzas de limitación durante la vida fetal, así como de la gravedad de la deformación. La corrección postural es factible en muchos casos de escoliosis, luxación congénita de cadera y pie zambo. En contraste, la corrección espontánea de las malformaciones es rara (excepto en los defectos septales cardíacos pequeños) y la corrección postural es imposible.

La **desorganización** es un defecto morfológico de parte de un órgano o una región corporal más grande, por desarreglo o interferencia con el desarrollo normal. Un ejemplo sería la amputación digital *in utero* por una banda amniótica. Estas bandas surgen cuando hay una rotura en el amnios y el amniocorion "cicatriz" por sí solo. En el proceso, a veces se producen bandas tipo cuerda en las que puede atraparse el feto. Las bandas se enredan en los dedos, interrumpen la circulación y provocan necrosis intrauterina, así como amputación digital o de las extremidades. En ocasiones, las bandas amnióticas pueden enredarse en los orificios nasales, la boca y, por razones desconocidas, en la porción anterior de la cabeza y la cara. **Las bandas amnióticas llegan a producir una desorganización importante de las estructuras craneofaciales** que consisten en



Fig. 13-6. Hendiduras faciales extrañas y encefalocelos asimétricos por bandas amnióticas, un proceso disruptivo. Nótese los orificios nasales trífidos, situación imposible de explicar desde un punto de vista embriológico. Obsérvese también la amputación del pulgar y el dedo índice. (Tomado de Cohen, M. M., Jr.: *The Child with Multiple Birth Defects*. New York, Raven Press, 1982.)

encefalocelos asimétricos (protrusiones de tejido cerebral a través de un defecto craneal), hendiduras faciales extrañas y amputación de extremidades (fig. 13-6). Se observa que la situación sugiere una malformación; de hecho, en textos alemanes antiguos se consideraban como malformaciones secundarias. ¿Cómo se puede saber si la anomalía es una malformación o una desorganización? Si el trastorno en cuestión parece malformación pero carece de sentido embrionario, es probable que se trate de una desorganización. En la figura 13-6 se ilustran orificios nasales trífidos imposibles de explicar desde el punto de vista embriológico; en consecuencia, es una desorganización. Nótese también la amputación digital.

Las desorganizaciones tienden a ser esporádicas en comparación con las malformaciones y deformidades que en ciertas situaciones pueden recurrir.* No hay dos casos de una desorganización determinada que se parezcan; los ejemplos de una alteración similar tienden a variar más que aquéllos de una malformación o deformidad determinada. Para concluir, es posible confundir las desorganizaciones con malformaciones embrionarias cuando, en realidad, surgen más tarde durante la vida intrauterina. Por ejemplo, a veces se confunde con anencefalia, malformación frecuente con riesgo de recurrencia, con un defecto abierto de la bóveda craneal provocado por bandas amnióticas disruptivas.

SINDROMES

Es posible definir un **síndrome de malformación** como varias malformaciones en el mismo individuo que se consideran relacionados en su patogenia. Un síndrome verda-

* En un porcentaje reducido, las malformaciones pueden seguir una herencia mendeliana; en ocasiones, las deformidades presentan un riesgo multifactorial (más bajo) de recurrencia.



Fig. 13-7. Algunas personas consideran a los sindromólogos como observadores de aves raras; es un concepto equivocado. Aunque muchos síndromes son extraños desde el punto de vista individual, en conjunto constituyen una parte importante de la Medicina. Asimismo, los sindromólogos se comprometen en el cuidado del paciente, un esfuerzo activo, no pasivo. (Tomado de Cohen, M. M., Jr.: *The Child with Multiple Birth Defects*. New York, Raven Press, 1982.)

dero de malformación se caracteriza por **pleiotropía embrionaria** en la cual se presenta un patrón de malformaciones sin vínculo relativo al desarrollo; o sea, las malformaciones que conforman el síndrome ocurren en áreas embrionariamente no contiguas. No se relacionan entre sí en un plano embrionario descriptivo; sin embargo, en un sentido más básico, las malformaciones tienen un mismo origen o se supone tengan una misma causa y, en consecuencia, se relacionan desde el punto de vista patogénico. Los síndromes de malformación carecen de una definición bioquímica; la fase más alta en la delineación de un síndrome de malformación es lo que se conoce como producción de tipo cromosómico o del pedigrí genético. No obstante, sigue sin conocerse los orígenes de muchos síndromes de malformación.

Mucha gente caracteriza a los sindromólogos como "estudiosos de aves exóticas" (fig. 13-7); es un concepto equivocado. Aunque muchos síndromes son extraños en lo individual, en conjunto forman una parte importante de la medicina. Además, algunos son bastante frecuentes, como el de la trisomía 21. Para terminar, los sindromólogos se comprometen de manera eficiente en el cuidado del enfermo, hecho que representa un esfuerzo activo. Por otra parte, la observación de aves es una actividad pasiva.

El **síndrome de trisomía 13**, alteración cromosómica bien conocida en la cual hay un cromosoma 13, extranumerario, se caracteriza por rasgos cambiantes que incluyen a menudo labio y paladar hendidos (fig. 13-8), microftalmía (ojos pequeños), microcefalia con malformación cerebral grave llamada holoprosencefalia, defectos cardíacos congénitos, polidactilia (dedos de más) y otras anomalías.

El **síndrome de Apert** (figs. 13-9 a 13-15) es una alteración de un solo gen, caracterizada por fusión prematura de las suturas craneales, aspecto craneofacial extraño, paladar muy arqueado, sindactilia (fusión dactilar) y otras diversas anomalías, que en

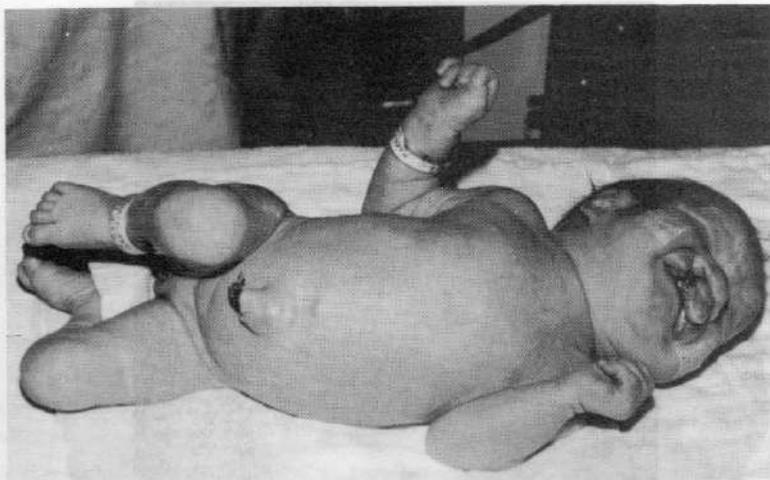


Fig. 13-8. Síndrome de la trisomía 13. Nótese la hendidura labial bilateral. El paciente también presenta microcefalia, malformación cerebral grave, ojos pequeños, un defecto cardíaco congénito y hernia umbilical.

ocasiones incluyen defectos cardíacos congénitos. Aunque el síndrome es de herencia autosómica dominante, el aspecto físico alterado y el retraso mental presentes en estos pacientes disminuyen la adaptabilidad genética de las personas afectadas; o sea, difícilmente se casan y tienen hijos. En consecuencia, la mayor parte de los casos del síndrome de Apert son mutaciones recientes; se observa con frecuencia muy baja a las familias afectadas, pero se comunican casos suficientes para indicar una herencia autosómica dominante.



Fig. 13-9. Síndrome de Apert; aspecto craneofacial anormal.

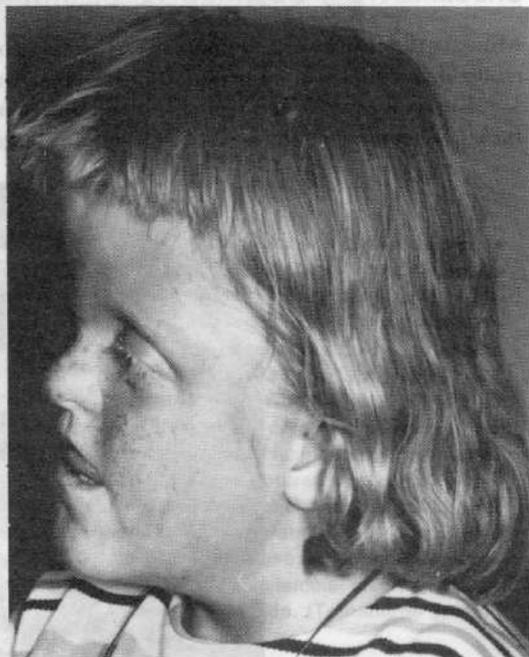


Fig. 13-10. Síndrome de Apert; apariencia irregular de la cara y el cráneo.

se abueca para
tillo es la única
ma en el tejido

Como el
laginoso que se
condral se des
rior por trabé
de algunos esp
embargo, pue
de más edad
"remodelación"
más huesos.

El primordio craneal
ral semejante a la
amplia de tipo lamina
Este se encien
primario de osificación
se forma hueso pericon
síndrome es de pericon
mental, presenta en casos
de la base de la mandí
de los casos del síndro

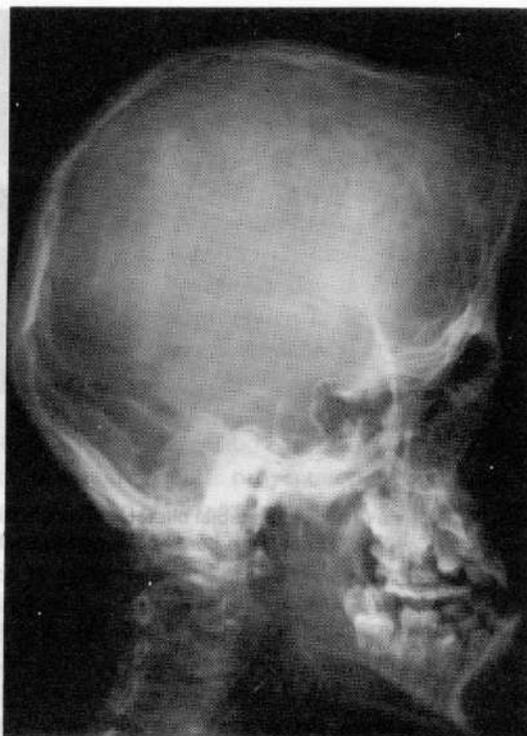


Fig. 13-11. Cefalograma lateral que muestra una bóveda craneal, la base del cráneo y la configuración maxilar muy anormales. (Tomado de Cohen, M. M., Jr.: *Craniosynostosis, Evaluation, and Management*. New York, Raven Press, 1986.)

CRECIMIENTO Y DESARROLLO DISMORFICOS

Muchas malformaciones y síndromes de malformación muestran crecimiento y desarrollo dismórficos; a continuación se presentan varios ejemplos.

En las figuras 13-16 y 13-17 se muestra a una persona con **disostosis mandibulo-facial**. El cuadro clínico se caracteriza por deficiencia malar y fisuras palpebrales incli-

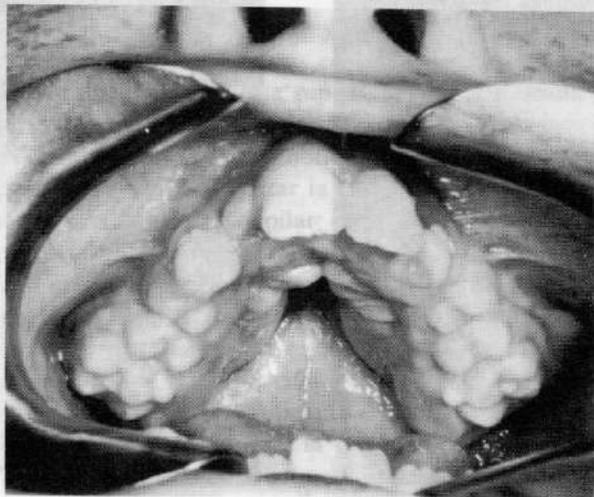


Fig. 13-12. Síndrome de Apert; paladar con forma bastante arqueada.

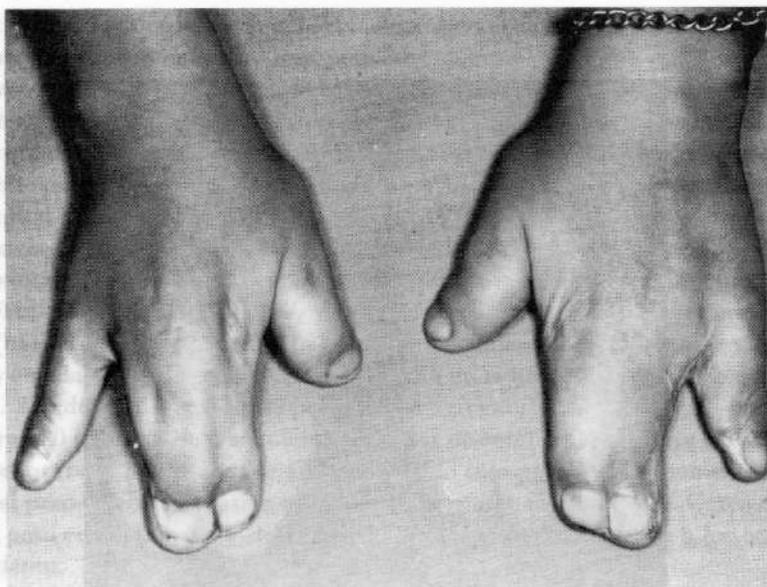


Fig. 13-13. Síndrome de Apert; sindactilia característica de las manos.

nadas hacia abajo; también se nota un aparato para mejorar la audición. Tales personas presentan diversas malformaciones de los osículos auditivos, aparte de otras en el oído externo, así como una mandíbula pequeña con el borde inferior cóncavo. El origen de los ojos inclinados hacia abajo y afuera y de la deficiencia malar, se remonta a un defecto óseo fundamental caracterizado por ausencia del arco cigomático, así como órbitas con morfología ovoide. El término "disostosis" se refiere a una malformación de huesos individuales, por separado o en combinación, pero no es un trastorno

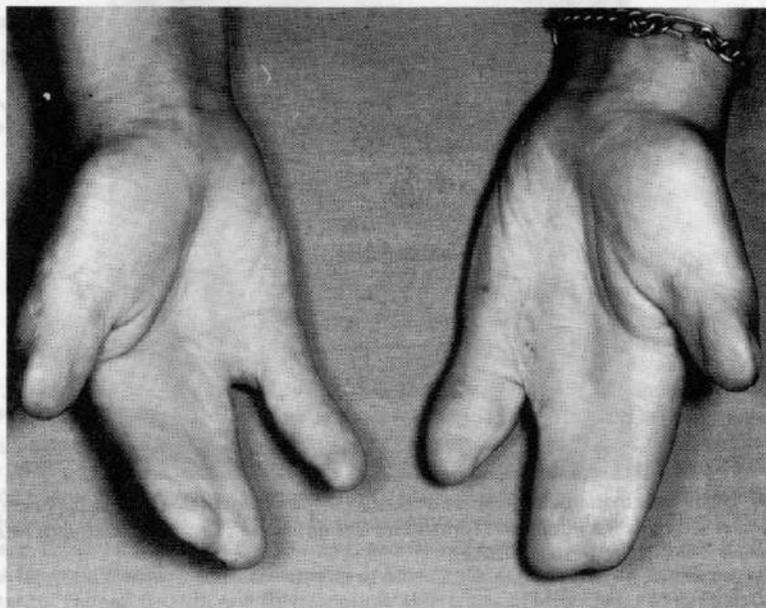


Fig. 13-14. Síndrome de Apert; sindactilia peculiar.

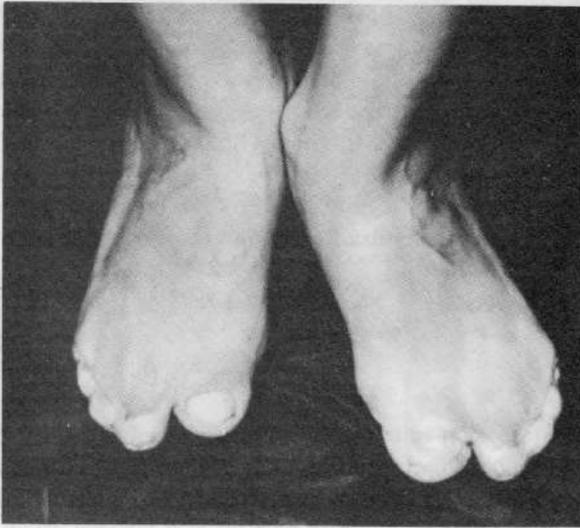


Fig. 13-15. Síndrome de Apert; sindactilia característica de los pies.



Fig. 13-16. Disostosis mandibulofacial; se observan fisuras palpebrales inclinadas hacia abajo, deficiencia malar y un auxiliar auditivo. (Tomado de Cohen, M. M., Jr.: *The Child with Multiple Birth Defects*. New York, Raven Press, 1982.)

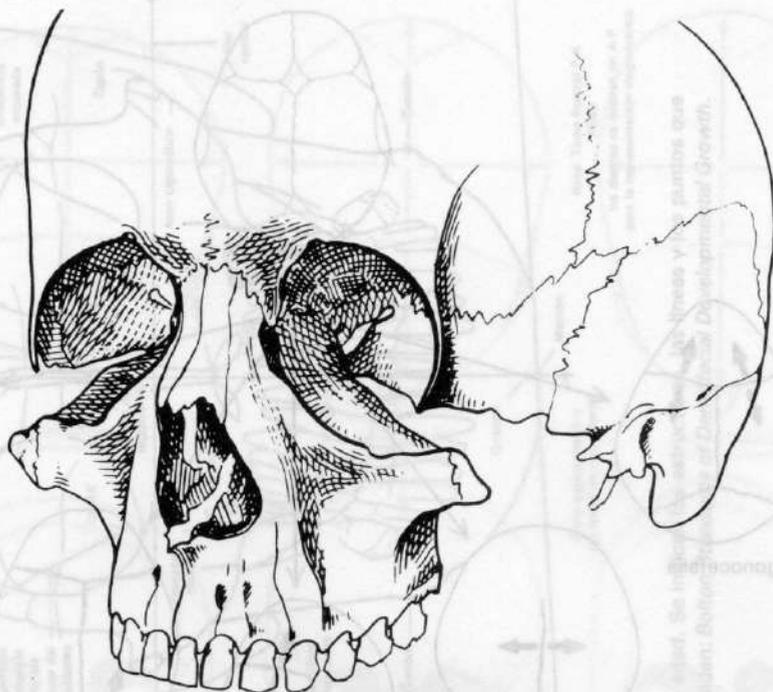


Fig. 13-17. Disostosis mandibulofacial; defecto óseo de las órbitas, con forma ovoide y ausencia de arcos cigomáticos. (Tomado de Tessier, P.: Anatomical classification of facial, cranio-facial and latero-facial clefts. *J. Maxillofacial Surg.* 4:69, 1976.)

esquelético generalizado. Por tanto, la disostosis mandibulofacial se limita a las estructuras faciales; se caracteriza por una herencia autosómica dominante.

La **craneosinostosis** es un estado que resulta de la fusión prematura de las suturas craneales. Es un rasgo peculiar del síndrome de Apert ya estudiado. En esta sección se considera la craneosinostosis no sindrómica simple. La morfología cefálica depende de cuáles suturas sufren sinostosis prematura, el orden en que se unen y la sincronía de su fusión. El inicio del padecimiento puede ser pre o perinatal o pudiera manifestarse más tarde durante la infancia o la niñez. Cuanto más pronto se presenta la sinostosis tanto más espectacular es el efecto sobre el desarrollo y crecimiento craneales posteriores. A medida que se manifiesta más tarde, el resultado sobre el crecimiento y el desarrollo del cráneo es menor. En la figura 13-18 se ilustra el patrón de crecimiento de la bóveda craneal cuando diversas suturas se cierran prematuramente. Como regla general, la restricción del crecimiento se nota en ángulos rectos, en relación con la sutura fusionada y expansión compensatoria en la misma dirección que la sutura unida. La **normocefalia** es la morfología cefálica normal. Si la sutura sagital sufre sinostosis prematura, se limita el crecimiento lateral de la bóveda craneal y se compensa al permitir más crecimiento pasivo en las suturas coronales y lambdoideas. Esta forma del cráneo se conoce como **dolicocefalia**. La morfología craneal recibe el nombre de **braquicefalia** si la sutura coronal sufre sinostosis prematura, se suspende el crecimiento en dirección anteroposterior y se registra otro crecimiento compensatorio hacia los lados en la sutura sagital patente. Se llama **plagiocefalia** a una morfología craneal asimétrica. Puede presentarse por cierre unilateral de la sutura coronal o de la sutura lambdoidea. Para concluir, si la sutura metópica (interfrontal) se cierra antes de tiempo, el resultado es una bóveda craneal triangular, conocida como **trigonocefalia**.

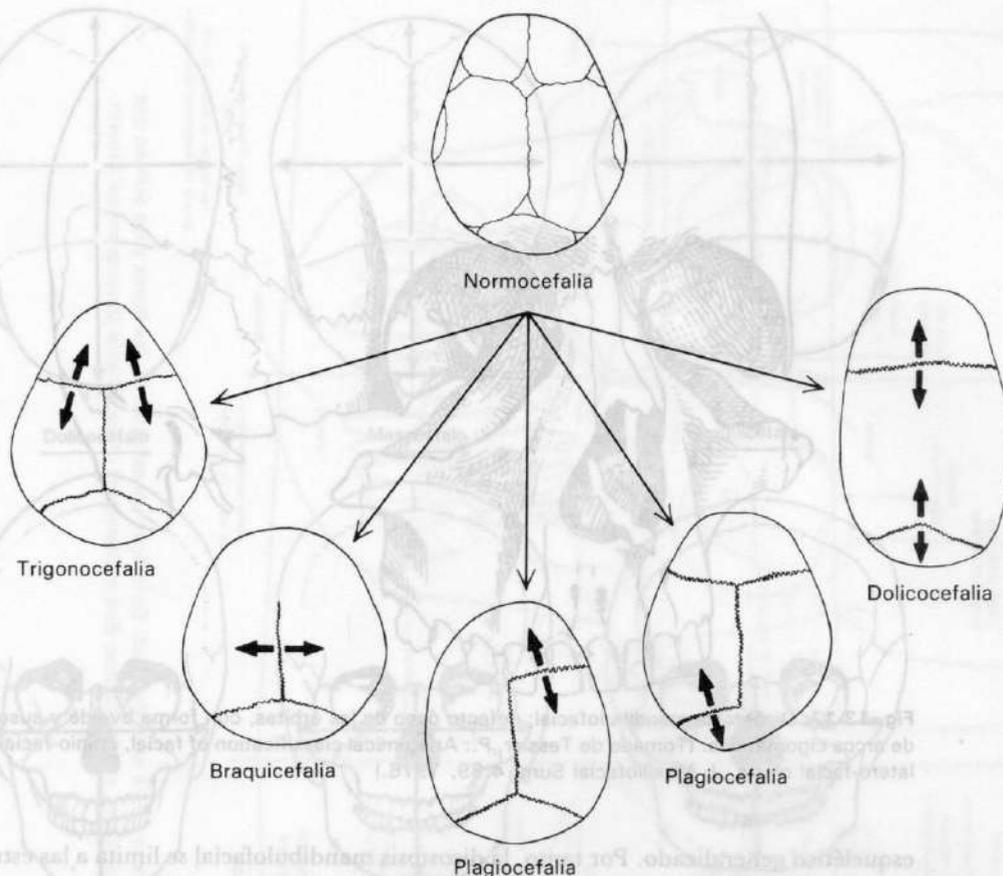


Fig. 13-18. Con la craneosinostosis prematura hay restricción del crecimiento en ángulos rectos en relación con la sutura fusionada y expansión compensatoria en la misma dirección que las suturas unidas. (Tomado de Cohen, M. M., J.: *Craniosynostosis: Diagnosis, Evaluation, and Management*. New York, Raven Press, 1986.)

Es posible considerar la craneosinostosis desde dos puntos de vista distintos, uno anatómico y otro genético. Cuando el interés principal es una descripción clínica, el crecimiento y el desarrollo o el tratamiento quirúrgico de la craneosinostosis, la perspectiva es anatómica (fig. 13-18). En este contexto, el objetivo primario consiste en establecer cuál sutura en particular presenta sinostosis. Sin embargo, desde el punto de vista genético, puede resultar muy engañoso clasificar diversos síndromes con base en la sutura específica que sufre sinostosis. En el presente contexto, esta consideración es de importancia secundaria, ya que las personas con el mismo trastorno genético pueden sufrir fusión de suturas distintas. Por ejemplo, en la figura 13-19 se muestra a un padre y su hija afectados. El padece sinostosis sagital y ella sinostosis coronal unilateral. En consecuencia, presentan configuraciones craneales desiguales, y con todo ambos sufren exactamente la misma alteración genética. El interés principal del genetista clínico abarca el patrón general de las anomalías (del cual deriva el diagnóstico de un síndrome específico), así como establecer cuáles miembros de la familia están afectados (de lo cual deriva la asesoría genética). Por tanto, con una perspectiva genética, no se ha de clasificar a la craneosinostosis y a los síndromes que la presentan con base en las suturas que se fusionan. Es importante subrayar que aunque los recursos anatómicos y genéticos para catalogar la craneosinostosis pudieran entrecruzarse, ambos puntos de vista son válidos por igual y dependen del contexto.

CAPITULO 14



Cefalometría

*William W. Merow, D.D.S.
B. Holly Broadbent, Jr., D.D.S.*

La radiografía cefalométrica, o “cefalometría”, como se denomina más a menudo, es una técnica que emplea radiografías orientadas, a fin de efectuar mediciones cefálicas. Se usa mucho en investigaciones del crecimiento, así como en el diagnóstico ortodóntico y la evaluación terapéutica. Los fundamentos cefalométricos semejan mucho las bases científicas de la craneometría, empleada desde hace mucho tiempo en antropología para el estudio cuantitativo del cráneo.

En un principio se aplicó la craneometría para medir cráneos secos; se obtuvieron mediciones y puntos de referencia normativos para derivar mucha información útil. Sin embargo, la técnica presentaba la limitante obvia de ser una evaluación de “una sola vez” de un sujeto estático. Evidentemente, el estudio seriado de los cambios del crecimiento era imposible. Cuando se transfirió el sistema a individuos vivos para medir el crecimiento, se perdió precisión, ya que los puntos de referencia no eran claros, el tejido blando de recubrimiento presentaba espesor cambiante y no había acceso a estructuras más profundas.

En 1931, el Dr. B. Holly Broadbent, Sr., presentó el primer estudio completo sobre la técnica fundamental de la radiografía cefalométrica. Desde principios del decenio de los veinte, Broadbent trabajó con el Dr. T. Wingate Todd, del Anatomy Department de la Western University of Cleveland, Ohio. Todd provenía de Manchester, Inglaterra, y encabezaba la Brush Inquiry, estudio concebido y financiado por Charles F. Brush, inventor interesado en los cambios del crecimiento humano “normal”. La Brush Inquiry comprendió, entre un grupo muy completo de pruebas, el concepto de analizar el desarrollo esquelético de sujetos jóvenes mediante radiografías seriadas o longitudinales de las epífisis en desarrollo a través de todo el cuerpo.

En esa época no se contaba con técnicas para ubicar con exactitud la cabeza del niño, de modo que las radiografías cefalométricas pudieran compararse en un estudio seriado. El Dr. Broadbent, gracias a su asociación con Todd y a la ayuda de un exce-

Fig. 14-8. Radiografía cefalométrica.

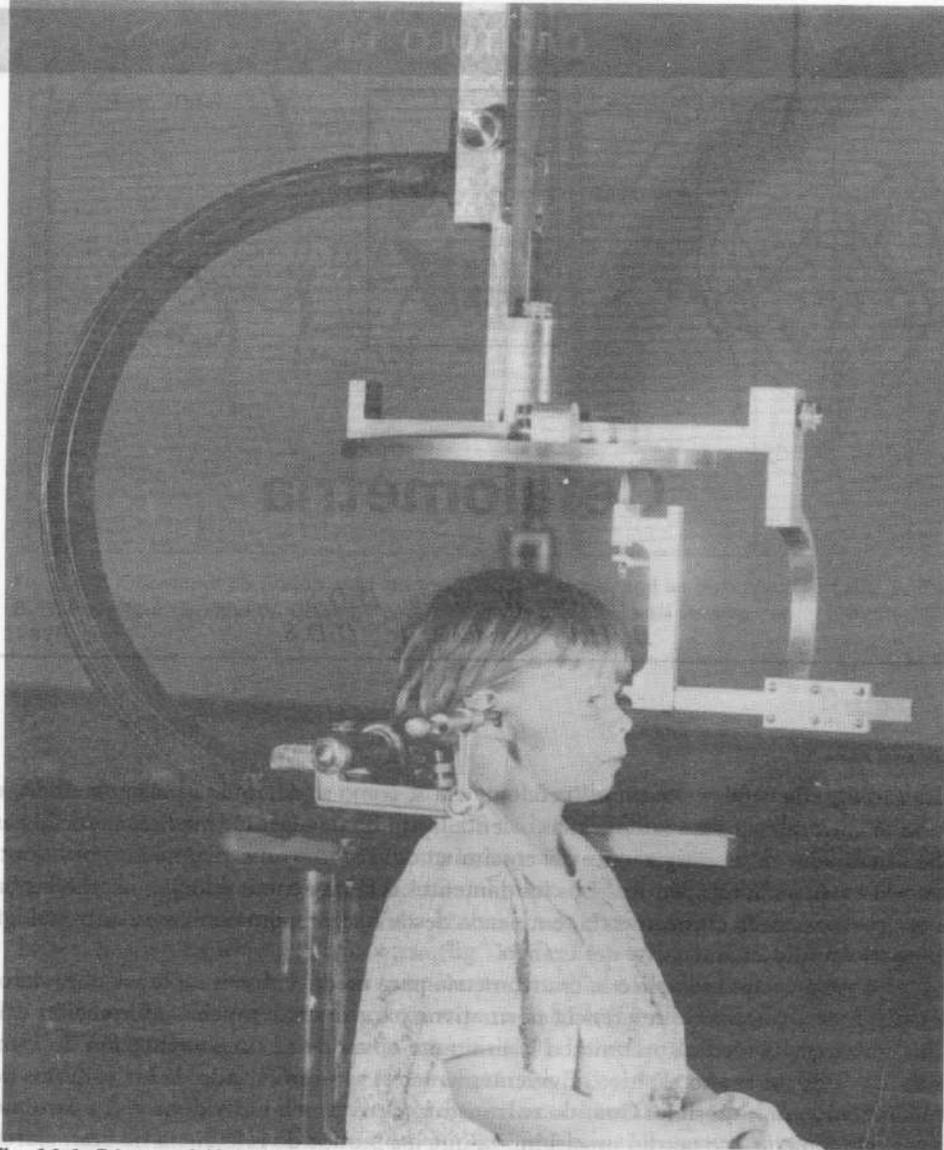


Fig. 14-1. Primer cefalómetro de Broadbent, diseñado para sostener la cabeza humana, de manera semejante a la empleada con un craneómetro radiográfico. Tomado de Broadbent, B.H., Sr., B.H. Broadben Jr., and W. Golden: *Bolton Standards of Dentofacial Developmental Growth*. St. Louis, C.V. Mosby, 1975.)

lente mecánico, y con un trabajo experimental arduo, transformó en 1925 el craneostato de Todd en el primer cefalómetro (fig. 14-1). En consecuencia, la radiografía cefalométrica se convirtió en un recurso útil para obtener cefalogramas frontales y laterales seriados, con el sujeto en posición fija y reproducible.

Al mismo tiempo que la Brush Inquiry, pero como proyecto de investigación autónomo, se inició el Estudio Bolton por auspicios de Frances P. Bolton y su hijo Charles. En dicha investigación se analizó el desarrollo craneofacial y dental del grupo Brush Inquiry, así como de otros enviados por clínicos interesados. Se utilizó el cefalómetro Broadbent-Bolton para obtener registros cefalométricos; muchos fueron estudios longitudinales completos, que incluyeron más de 5 000 niños. Los análisis y resultados

de la Brush Inquiry, así como del estudio Bolton, se encuentran en la Case Western Reserve University, en Cleveland y en el Bolton Brush Growth Study Center.

En pocas palabras, la cefalometría consiste en obtener mediciones a partir de radiografías laterales y frontales de la cabeza, tomadas con ésta sostenida en posición fija en un cefalostato (figs. 14-2 y 14-3). La cabeza permanece en tal postura mediante vástagos auriculares, alineados con el eje central de radiación del tubo correspondiente. En consecuencia, para una vista de perfil, el plano sagital de la cabeza se localiza en ángulo recto respecto a la dirección de los rayos X, y el chasis lo más cerca posible del lado izquierdo de la cara. Para la toma frontal o posteroanterior (PA), el plano frontal de la cabeza es perpendicular al haz central y el chasis de la película se ubica lo más cerca posible de la cara. Se conserva una distancia estándar de 1.52 m desde la fuente de radiación hasta el plano sagital medio o el eje poriónico. Las escalas de Vernier usadas para medir la distancia de la película desde el plano sagital medio o el eje citado para tamaños cefálicos cambiantes, permiten la corrección exacta de la amplificación.

Es preciso estandarizar la técnica, a fin de reducir al mínimo el error cuando se obtienen radiografías seriadas del mismo individuo en momentos distintos, y para permitir el uso general (universal) de los resultados cefalométricos obtenidos de muchas fuentes diferentes. Las fallas técnicas posibles incluyen: 1) falta de perpendicularidad del haz central hacia el plano sagital medio del sujeto y la superficie de la película, y 2) no ubicar ésta lo más cerca posible de la cabeza y de la cara para disminuir al mínimo la amplificación (fig. 14-4).

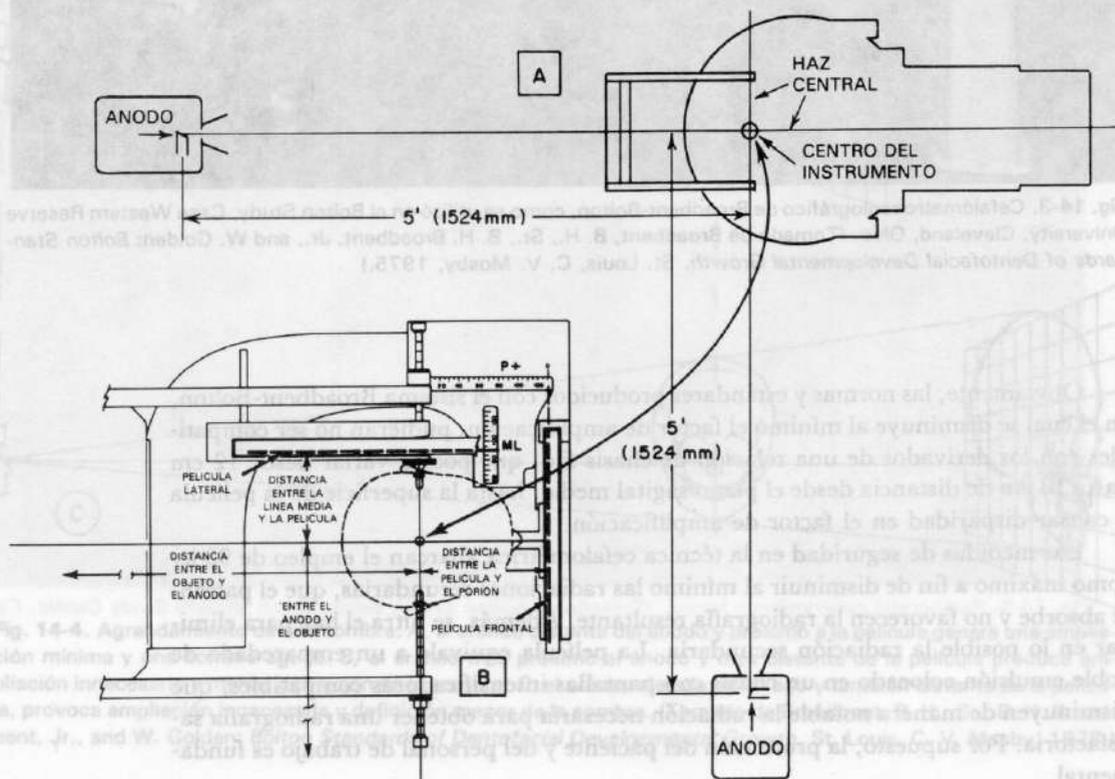


Fig. 14-2. Plano arquitectónico para el cefalómetro de Bolton: A, relación de los ánodos, los rayos centrales y el centro del instrumento. B, relación del centro del instrumento con las películas frontal y lateral y las escalas de la ML (distancia entre la película lateral y la línea media) y P+ (distancia entre la película y porión). (Tomado de Broadbent, B. H., Sr., B. H. Broadbent, Jr., and W. Golden: *Bolton Standards of Dentofacial Developmental Growth*. St. Louis, C. V. Mosby, 1975.)



Fig. 14-3. Cefalómetro radiográfico de Broadbent-Bolton, como se utilizó en el Bolton Study, Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio. (Tomado de Broadbent, B. H., Sr., B. H. Broadbent, Jr., and W. Golden: *Bolton Standards of Dentofacial Developmental Growth*. St. Louis, C. V. Mosby, 1975.)

Obviamente, las normas y estándares producidos con el sistema Broadbent-Bolton, en el cual se disminuye al mínimo el factor de amplificación, pudieran no ser compatibles con los derivados de una relación de chasis fijo, que podría variar desde 12 cm hasta 18 cm de distancia desde el plano sagital medio, hasta la superficie de la película y causar disparidad en el factor de amplificación.

Las medidas de seguridad en la técnica cefalométrica abarcan el empleo de 90 kv como máximo a fin de disminuir al mínimo las radiaciones secundarias, que el paciente absorbe y no favorecen la radiografía resultante. Además, se filtra el haz para eliminar en lo posible la radiación secundaria. La película equivale a un emparedado de doble emulsión colocado en un chasis con pantallas intensificadoras compatibles, que disminuyen de manera notable la radiación necesaria para obtener una radiografía satisfactoria. Por supuesto, la protección del paciente y del personal de trabajo es fundamental.

Las figuras 14-5 y 14-6 muestran radiografías cefalométricas producidas con una técnica estandarizada. En un cefalograma lateral, el filtro para los tejidos blandos se ubica frente al paciente o contra el chasis de la película radiográfica, para disminuir la radiación en esta zona y obtener un mejor contorno del tejido blando.

de la Brush Inquiry, así como del estudio Bolton, se encuentran en la Case Western Reserve University, en Cleveland y en el Bolton Brush Growth Study Center.

En pocas palabras, la cefalometría consiste en obtener mediciones a partir de radiografías laterales y frontales de la cabeza, tomadas con esta sostenida en posición fija en un cefalostato (figs. 14-2 y 14-3). La cabeza permanece en tal postura mediante vástagos auriculares, alineados con el eje central de radiación del tubo correspondiente. En consecuencia, para una vista de perfil, el plano sagital de la cabeza se localiza en un ángulo recto respecto a la dirección de la radiación. Para una vista frontal (PA), el plano frontal de la cabeza se ubica lo más perpendicular al haz central.

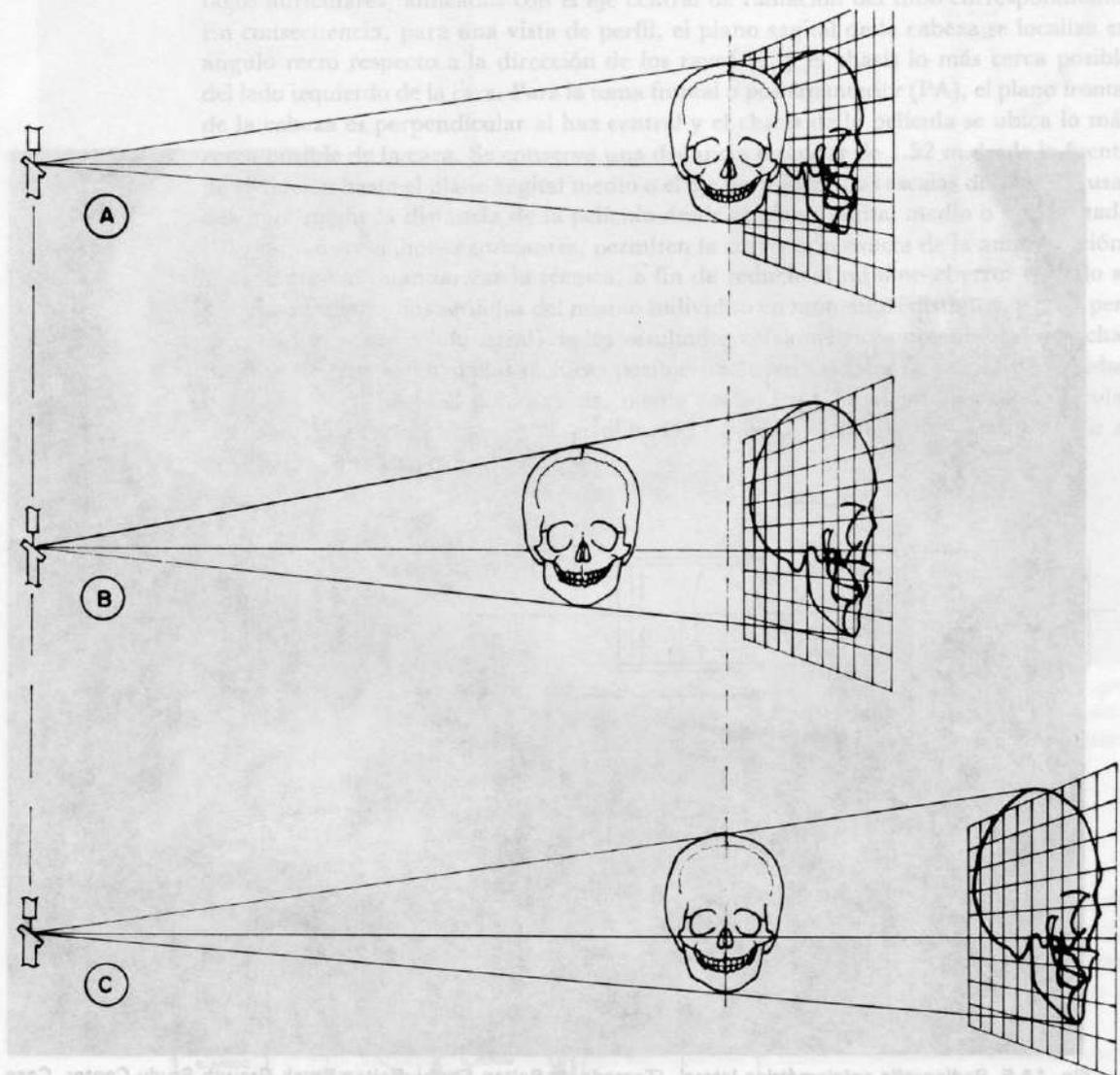


Fig. 14-4. Agrandamiento de una sombra. *A*, el cráneo distante del ánodo y próximo a la película genera una ampliación mínima y una sombra aguda. *B*, el cráneo más próximo al ánodo y más distante de la película produce ampliación innecesaria y menos definición de la sombra. *C*, el cráneo alejado del ánodo y también distante de la película, provoca ampliación innecesaria y definición menor de la sombra. (Tomado de Broadbent, B. H., Sr., B. H. Broadbent, Jr., and W. Golden: *Bolton Standards of Dentofacial Developmental Growth*. St. Louis, C. V. Mosby, 1975.)

Fig. 14-2. Plano arquitectónico para el cefalómetro de Sahn: *A*, relación de los ánodos, los rayos centrales y el centro del instrumento. *B*, relación del centro del instrumento con las películas frontal y lateral y los escalas de la ML (distancia entre la película lateral y la línea medial) y *P* (distancia entre la película y portón). (Tomado de Broadbent, B. H., Sr., B. H. Broadbent, Jr., and W. Golden: *Bolton Standards of Dentofacial Developmental Growth*. St. Louis, C. V. Mosby, 1976.)

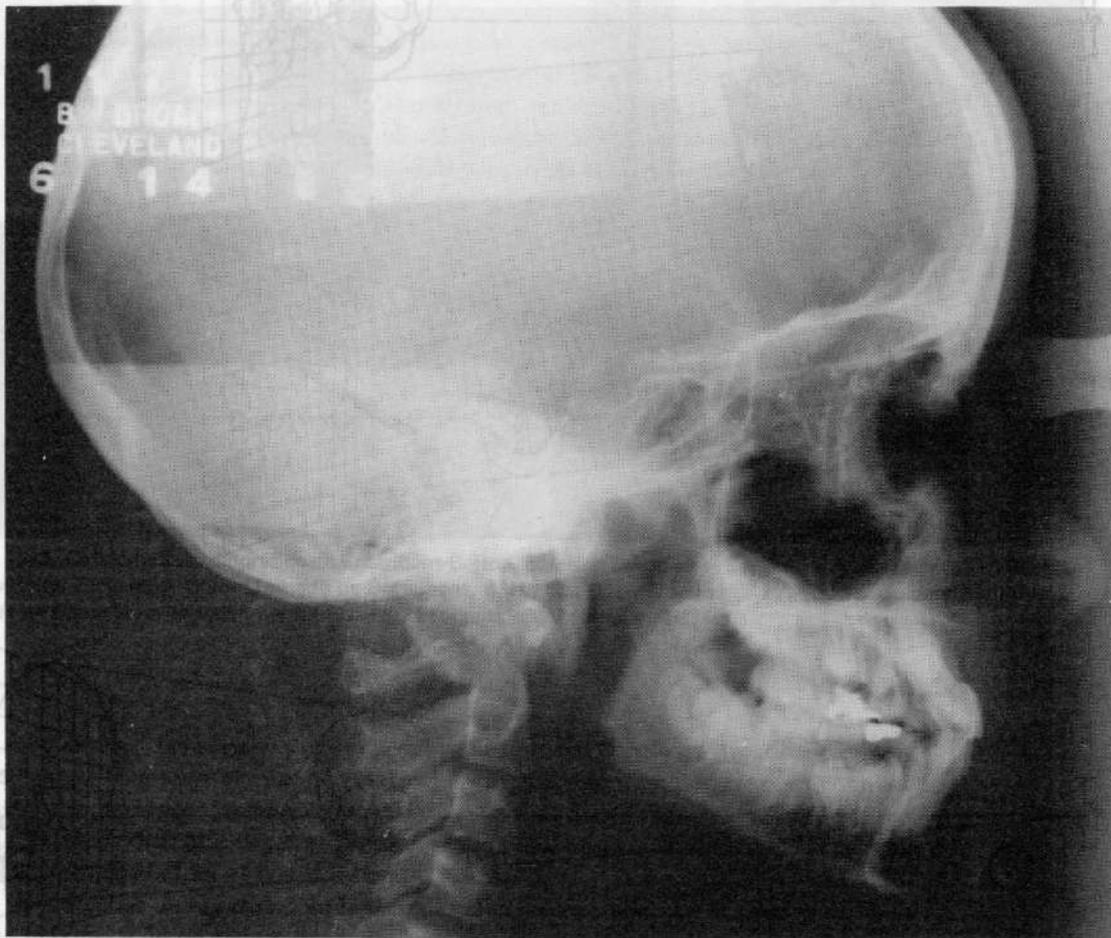


Fig. 14-5. Radiografía cefalométrica lateral. (Tomado de Bolton Study, Bolton-Brush Growth Study Center, Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio.)

Las figuras 14-5 y 14-6 muestran radiografías cefalométricas producidas con una técnica extendida. En un cefalograma lateral, el filtro para los tejidos blandos se ubica frente al paciente o contra el chasis de la película radiográfica, para disminuir la radiación en esta zona y obtener un mejor contorno del tejido blando.

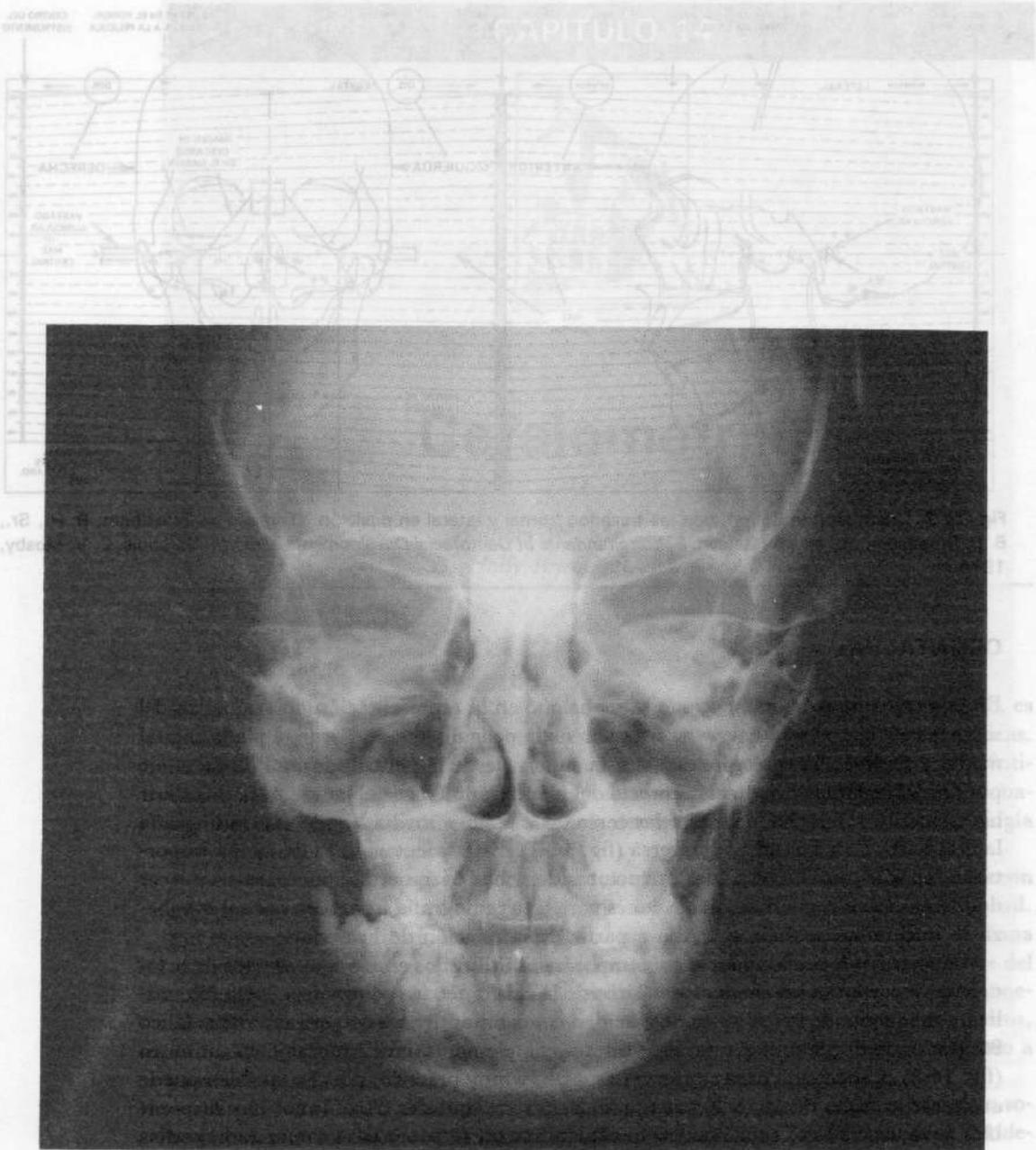


Fig. 14-6. Radiografía cefalométrica frontal. (Tomado de Bolton Study, Bolton-Brush Growth Study Center, Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio.)

Manchester, Inglaterra, y encabezaba la Brush Inquiry, estudio concebido y financiado por Charles F. Brush, inventor interesado en los cambios en el "dental". La Brush Inquiry comprendió, entre un grupo muy completo de pruebas, el estudio de los cambios en el crecimiento y desarrollo de los dientes y de la estructura ósea de la mandíbula y maxilar inferior. El estudio de los cambios en el crecimiento y desarrollo de los dientes y de la estructura ósea de la mandíbula y maxilar inferior fue el primer estudio de este tipo en el mundo. El estudio de los cambios en el crecimiento y desarrollo de los dientes y de la estructura ósea de la mandíbula y maxilar inferior fue el primer estudio de este tipo en el mundo. El estudio de los cambios en el crecimiento y desarrollo de los dientes y de la estructura ósea de la mandíbula y maxilar inferior fue el primer estudio de este tipo en el mundo.

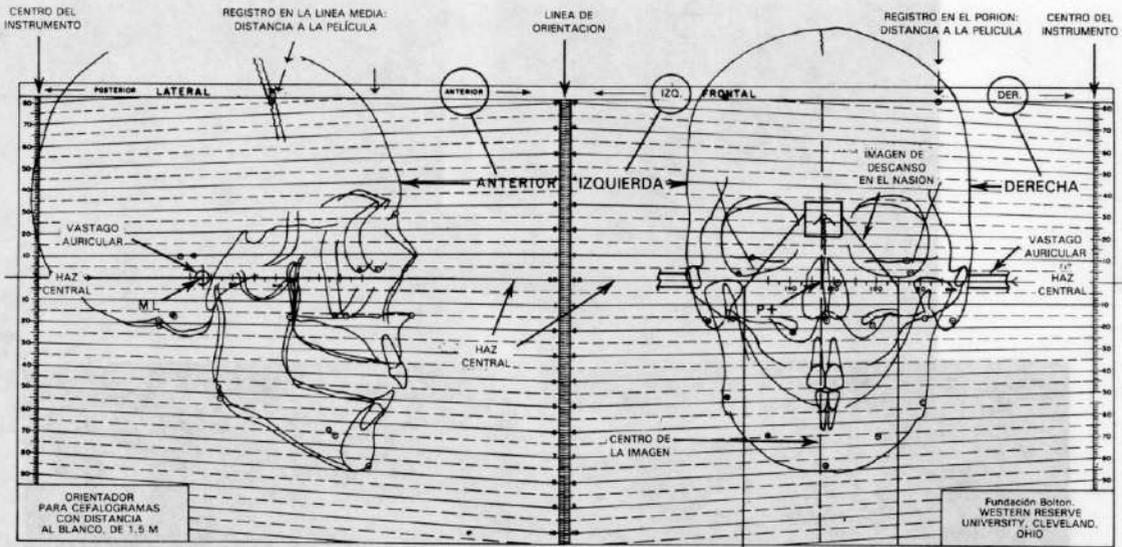


Fig. 14-7. Orientador de Bolton, con los trazados frontal y lateral en posición. (Tomado de Broadbent, B. H., Sr., B. H. Broadbent, Jr., and W. Golden: *Bolton Standards of Dentofacial Developmental Growth*. St. Louis, C. V. Mosby, 1975.)

ORIENTACION

En la técnica de Broadbent, como se mencionó en la representación diagramática del soporte cefálico, el registro de la distancia de la película lateral, desde el plano sagital medio y también la correspondiente a la superficie de la película frontal desde el eje poriónico, facilita la orientación directa del plano frontal hacia el lateral para transferir las estructuras derechas e izquierdas cercanas a la línea media, desde una radiografía lateral hasta otra frontal, y viceversa (fig. 14-7). Esta orientación es de ayuda importante, no sólo para discernir las estructuras derechas e izquierdas sino para establecer dónde pudieran requerirse correcciones para una radiografía frontal en la cual la cabeza se inclina hacia abajo o arriba a partir de la relación de Frankfort.

Casi todos los cefalómetros contemporáneos utilizados en los consultorios de ortodoncia, incorporan los elementos básicos de la cefalometría radiográfica, pero sólo utilizan una fuente de rayos X, con capacidad concomitante para rotar el soporte cefálico 90 grados, a fin de tomar una vista frontal complementaria. El montaje en un muro (fig. 14-8) es adecuado para conservar espacio, y muy práctico, porque también puede utilizarse un tubo de rayos X para radiografías periapicales. Asimismo, hay disponibles para uso clínico, cefalómetros que cuentan con recursos para tomar radiografías panorámicas.

TRAZADO RADIOGRAFICO

Por la necesidad de medir ángulos, planos y dimensiones lineales en las radiografías, y comparar rasgos morfológicos, se usa mucho la técnica añeja de trazar las radiografías sobre papel acetato mate de calibre 0.003 de modo que sea posible sobreponer los trazados de registros seriados y observarlos en negatoscopio. La técnica de Broadbent-Bolton consiste en promediar las estructuras derechas e izquierdas para crear un traza-

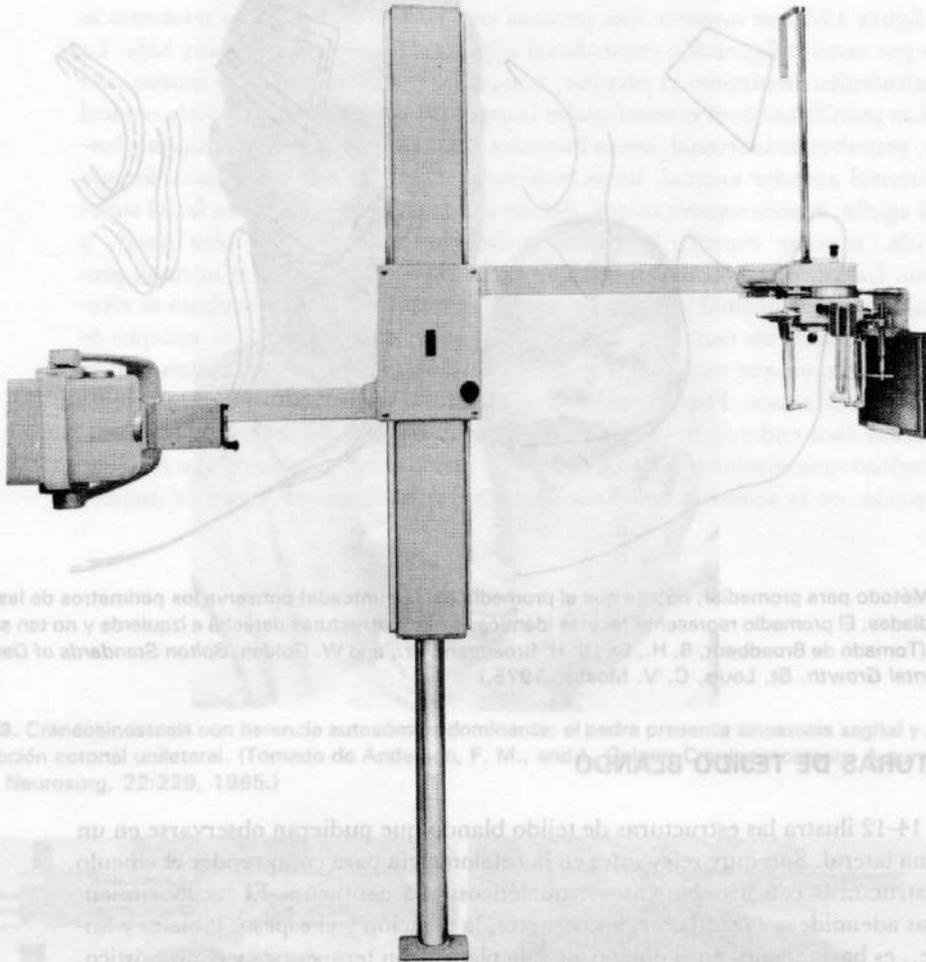


Fig. 14-8. Cefalómetro contemporáneo montado en la pared. (Tomado de Bolton Study, Bolton-Brush Growth Study Center, Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio.)

do que las represente como pudieran proyectarse sobre el plano sagital medio. En la figura 14-9 se indica la técnica de trazado entre puntos, de las estructuras derechas e izquierdas, en vez de tan sólo entre líneas, a fin de obtener un promedio exacto de las dos imágenes.

La figura 14-10 es un diagrama de trazados frontales y laterales completos y muestra también muchos de los puntos de referencia utilizados en los análisis cefalométricos por describir. Al final de este capítulo se encuentra un glosario de definiciones.

Por supuesto, al realizar el trazado, el investigador o quien efectúa el diagnóstico pudiera optar por delinear cualquier rasgo que considere de interés.

Aunque en la práctica ortodóncica moderna se utiliza de manera más sistemática el cefalograma lateral, la vista frontal complementaria puede ser de valor inestimable para entender las proporciones faciales (fig. 14-11), las asimetrías que pudieran manifestarse, y las posiciones de dientes específicos, como incisivos, caninos y molares.

Fig. 13-20. An...
mes. in: Supp...
Philadelphia, V...

En la figura 13-2 se muestra una persona con un trastorno se caracteriza por una configuración craneofacial asimétrica. La herencia autosómica dominante peculiar de los trastornos mutacionales. Las manifestaciones craneofaciales importantes incluyen agrandada, protuberancia frontal, senos frontales grandes, longitud basicraneal anterior normal, longitud basicraneal aguda, fosas nasales cortas, longitud anterior reducida, nariz superior retróclina y prognatismo. La longitud mandibular es normal porque el cartilago condilar es por aposición; en la acondroplasia, sólo se afecta el cartilago que crece de manera intersticial.

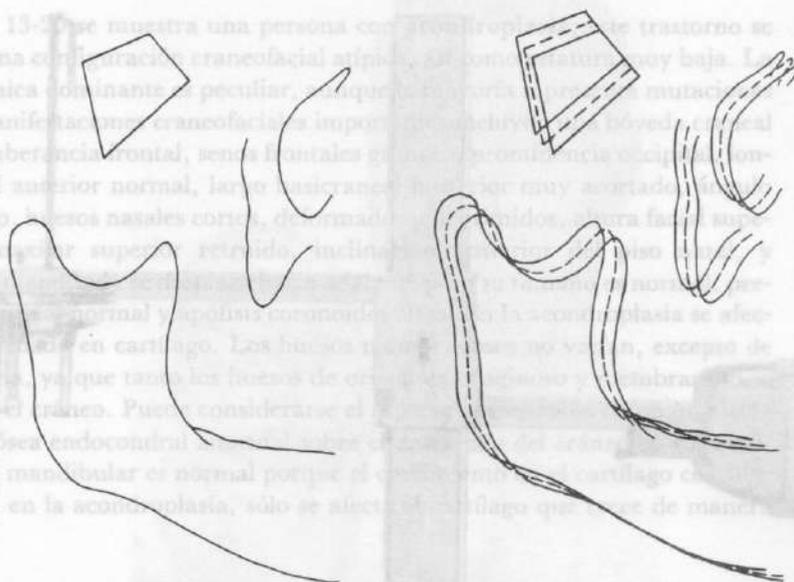


Fig. 14-9. Método para promediar; nótese que el promedio (línea punteada) conserva los perímetros de las superficies promediadas. El promedio representa facetas idénticas de las estructuras derecha e izquierda y no tan sólo otras contiguas. (Tomado de Broadbent, B. H., Sr., B. H. Broadbent, Jr., and W. Golden: *Bolton Standards of Dentofacial Developmental Growth*. St. Louis, C. V. Mosby, 1975.)

ESTRUCTURAS DE TEJIDO BLANDO

La figura 14-12 ilustra las estructuras de tejido blando que pudieran observarse en un cefalograma lateral. Son muy relevantes en la cefalometría para comprender el vínculo de tales estructuras con los elementos esqueléticos y la dentición. El reconocimiento de masas adenoideas agrandadas, los cornetes, la posición y el espesor labiales y linguales, etc., es bastante útil en el diagnóstico, la planeación terapéutica y el pronóstico.

NORMAS, VARIABILIDAD Y COMPARACION

Antes de describir y analizar las diversas mediciones cefalométricas y algunos de los análisis de uso más frecuente, parece conveniente intentar definir cómo y por qué se utiliza esta técnica.

Ya se mencionó que las mediciones efectuadas en cefalogramas orientados aportan información útil en investigaciones y práctica clínica. En la investigación se realizaron tres esfuerzos primarios: 1) la acumulación de información vinculada con los cambios del crecimiento craneofacial, 2) el establecimiento de normas estadísticas para muy diversas dimensiones dentofaciales y craneales y 3) una evaluación de la reacción ante diversos procedimientos terapéuticos. Todos estos enfoques consideran las variables obvias de la edad, el sexo y los antecedentes raciales y étnicos. En la investigación sobre el crecimiento se aprende mucho sobre los patrones dimensionales y morfológicos del crecimiento craneal. No obstante, la información se limita a estos aspectos: cambios en morfología y tamaño. Aunque es cierto que se registran variaciones en ritmo, dirección y patrón de crecimiento, la técnica cefalométrica no localiza sitios de crecimiento ni mide su contribución. Desde un punto de vista realista la placa simple sólo aporta

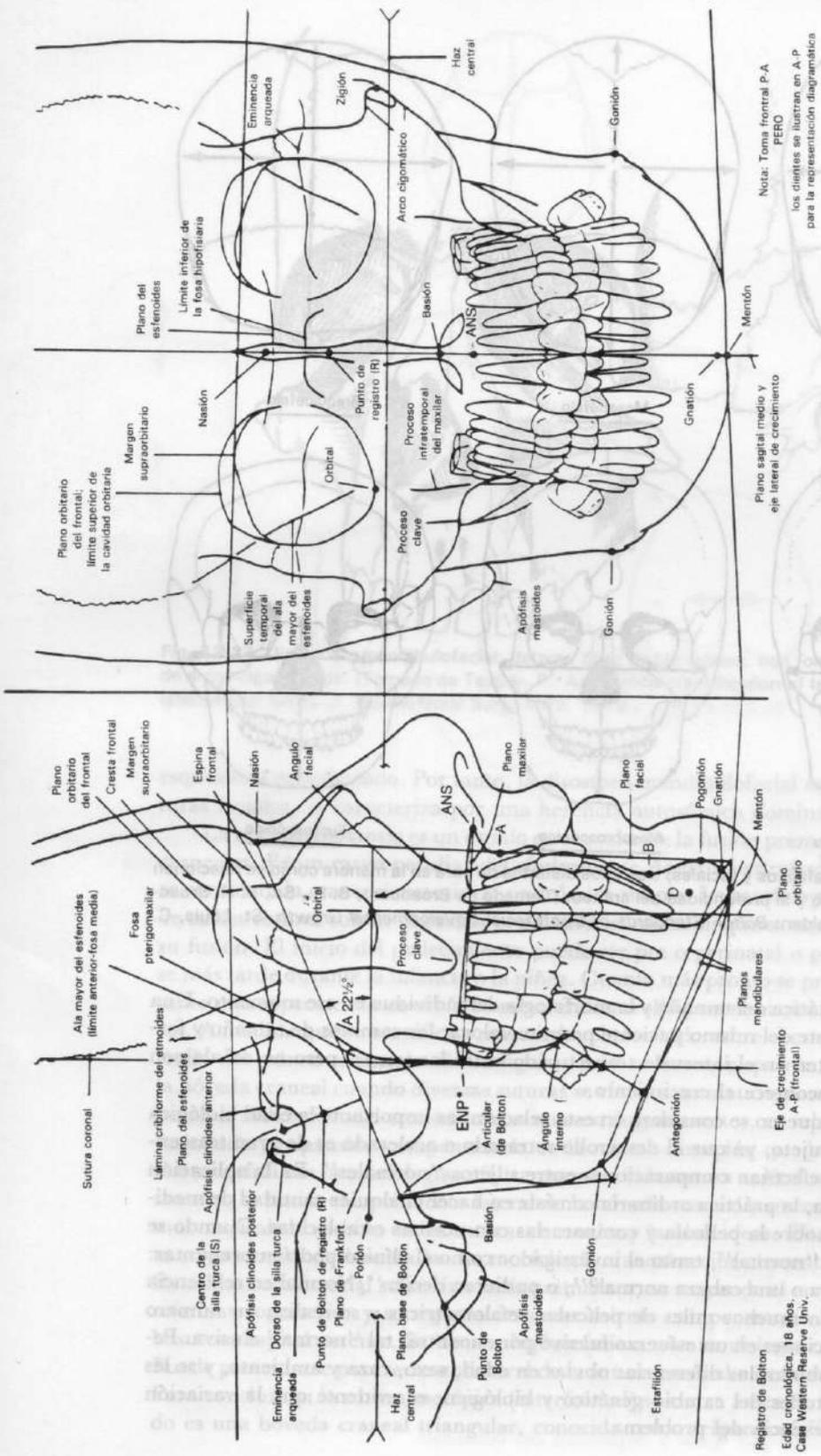


Fig. 14-10. Trazados lateral y anteroposterior de un registro de Bolton de 18 años de edad. Se indican las estructuras, las líneas y los puntos que se dibujan a menudo. (Tomado de Broadbent, B. H., Sr., B. H. Broadbent, Jr., and W. Golden: *Bolton Standards of Dentofacial Developmental Growth*. St. Louis, C. V. Mosby, 1975.)

Nota: Toma frontal P-A PERO los dientes se ilustran en A-P para la representación diagramática

Piano sagital medio y eje lateral de crecimiento

Eje de crecimiento A-P (frontal)

Registro de Bolton
Edad cronológica, 18 años.
Case Western Reserve Univ.

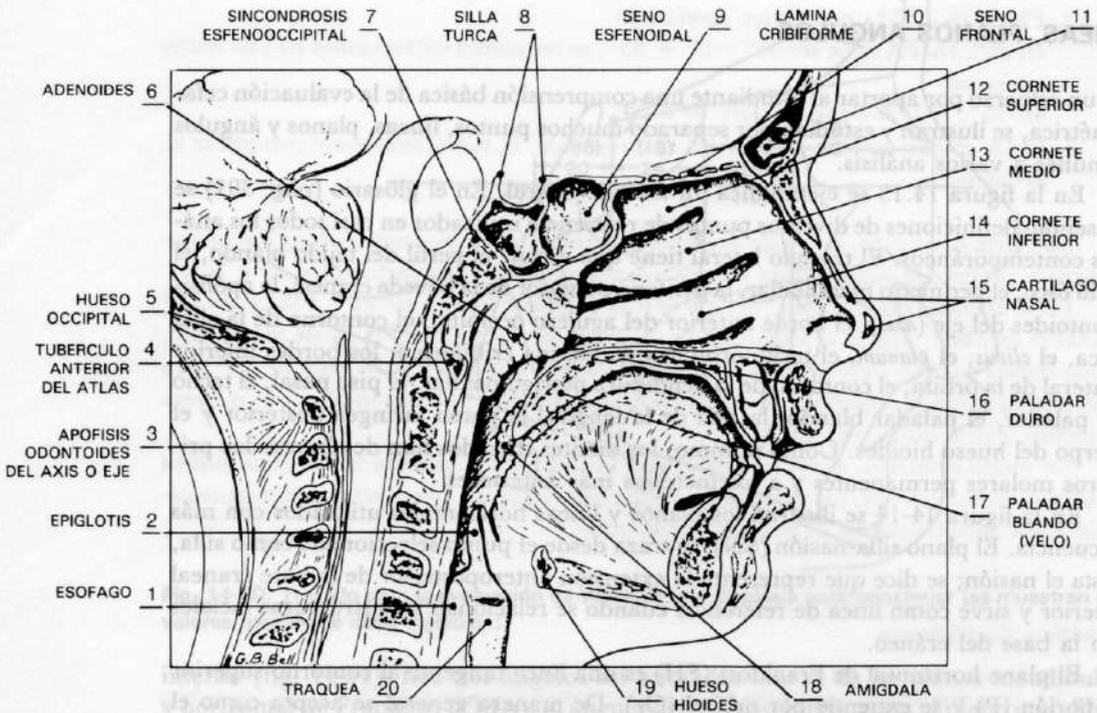


Fig. 14-12. Estructuras de tejido blando; corte sagital medio de la cabeza, que indica las estructuras pertinentes de los tejidos duro y blando. (Tomado de Bolton Study, Bolton-Brush Growth Study Center, Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio.)

Desde un punto de vista realista, el clínico trabaja con una persona a la vez; cuando compara mediciones del individuo con normas obtenidas estadísticamente, coteja al paciente con una generalización derivada de un grupo grande de individuos. O pudiera intentar pronosticar el patrón del crecimiento facial de un sujeto joven al comparar sus mediciones estáticas con las de un conjunto extenso de individuos semejantes, cuyos patrones de crecimiento facial se evalúan de manera estadística. En biología, donde la variabilidad todavía es la regla, estos esfuerzos, aunque encuentran mejor éxito, siguen incluyendo una cierta cantidad de riesgo.

En la práctica, el ortodoncista compara las mediciones del paciente con normas, y observa zonas de desviación. Dichas normas son medias o promedios calculados de muchas mediciones equivalentes. Junto con la media, a menudo se calcula la desviación estándar (DE). En clínica, dicha desviación pudiera denominarse como límite aceptable de variabilidad; o sea, cuando hay variación en una desviación estándar, el tratamiento mediante recursos ortodóncicos ordinarios ha de producir un resultado favorable. A medida que el grado de desviación aumenta, el buen éxito relativo del tratamiento empeora. Esto podría parecer una simplificación excesiva, pero, en esencia, significa que, hasta cierto grado, la terapéutica es víctima del patrón individual presente.

Del lado positivo, la investigación con ayuda cefalométrica reconoce patrones de crecimiento y reacciones previsible ante ciertos procedimientos terapéuticos; cualquiera de ambos podría favorecer la planeación del tratamiento. La magnitud en que las desviaciones de la norma modifican la evaluación de un paciente, es un juicio que el clínico efectúa e incorpora al resto de la información diagnóstica acumulada.

LINEAS, PLANOS ANGULOS

En un esfuerzo por aportar al estudiante una comprensión básica de la evaluación cefalométrica, se ilustran y estudian por separado muchos puntos, líneas, planos y ángulos comunes a varios análisis.

En la figura 14.13 se ejemplifica un trazado lateral. En el glosario (pág. 391) se presentan definiciones de diversos puntos de referencia utilizados en casi todos los análisis contemporáneos. El trazado lateral tiene que incluir el perfil del tejido blando, el perfil óseo, el perímetro mandibular, la periferia posterior de la bóveda craneal, la apófisis odontoides del eje (*axis*), el borde anterior del agujero occipital, el contorno de la silla turca, el *clivus*, el *planum*, el techo orbitario, la lámina cribiforme, los bordes inferior y lateral de la órbita, el contorno de la hendidura pterigomaxilar, el piso nasal, el techo del paladar, el paladar blando, la raíz de la lengua, la pared faríngea posterior y el cuerpo del hueso hioides. Como mínimo, los dientes trazados han de abarcar los primeros molares permanentes y a los incisivos más anteriores.

En la figura 14-14 se ilustran los planos y líneas horizontales utilizados con más frecuencia. El plano silla-nasión (SN), se traza desde el punto seleccionado como silla, hasta el nasión; se dice que representa la extensión anteroposterior de la base craneal anterior y sirve como línea de referencia cuando se relacionan las estructuras faciales con la base del cráneo.

El plano horizontal de Frankfort (FH) es una línea tangente al contorno superior de porción (P) y se extiende por orbital (Or). De manera general se acepta como el plano horizontal de la cabeza. Algunos investigadores consideran que la posición de este plano tiene importancia postural.

El plano palatino (Pal) se traza extendiendo una línea que atraviese y conecte la espina nasal anterior (ANS) con la posterior (PNS); es posible medir la inclinación postural del maxilar si se correlacionan los planos palatino y horizontal de Frankfort.

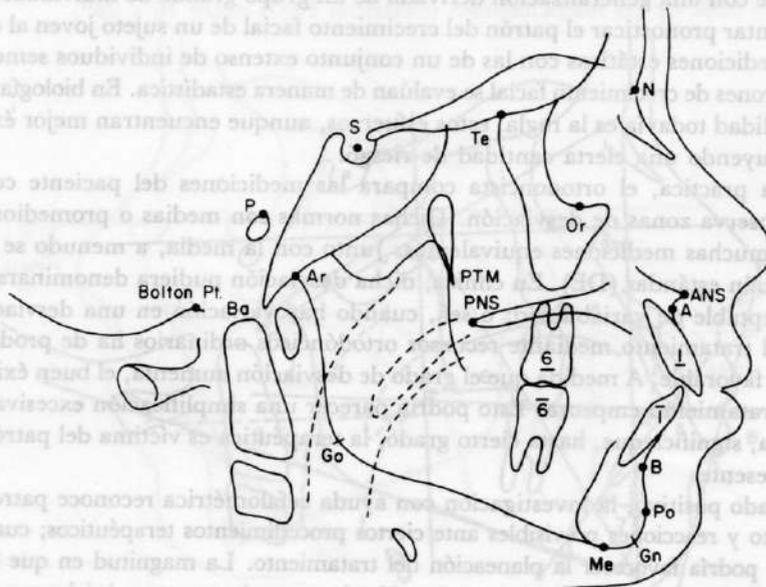


Fig. 14-13. Trazado lateral con puntos de referencia cefalométricos estándar; consúltense las definiciones en el glosario.

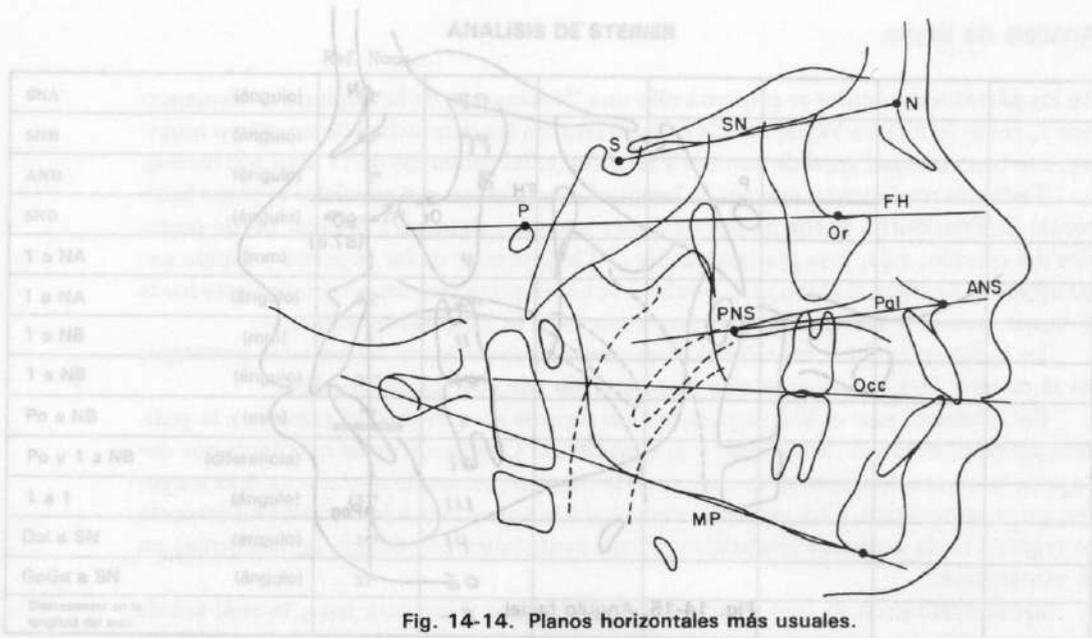


Fig. 14-14. Planos horizontales más usuales.

El plano oclusal (Occ) biseca el traslape vertical incisivo (o mordida abierta) y pasa sobre las cúspides distales de los dientes más posteriores en oclusión.

Se traza el plano mandibular (MP) tangente al borde inferior del contorno de la sínfisis, y al extenderlo hacia atrás es tangente al borde inferior de la mandíbula en sentido posterior a la escotadura antegonial. La relación del plano mandibular con la silla-nasión o con el plano horizontal de Frankfort permite evaluar la proporción vertical en la región facial inferior.

Los planos y líneas antes descritos se utilizan como planos de referencia para otras mediciones o pudieran vincularse entre sí, como se analizará. Todos los trazados que se muestran en las ilustraciones pertenecen al mismo paciente y también se usarán al estudiar diversos análisis.

EVALUACION ESQUELETICA

La valoración del perfil incluye el establecimiento de la postura anteroposterior del mentón, el maxilar, los dientes anteriores y el tejido blando. El ángulo facial se utiliza para determinar la posición anteroposterior del mentón (fig. 14-15), se forma entre el plano horizontal de Frankfort y el plano facial, éste es una línea que va del nasión (N) al pogonión (Pog). El valor medio de dicho ángulo es 87.8 grados, con límites desde 82 hasta 95 grados. Valores mayores que éstos podrían señalar prognatismo facial inferior y maloclusión de clase III, mientras que valores menores pudieran vincularse con una mandíbula retrógnata y maloclusión de clase II. El trazado que se emplea en la figura 14-15 ilustra un ángulo facial de 90 grados, que señala una postura anteroposterior del mentón aceptable.

Es posible relacionar al maxilar con la mandíbula en sentido anteroposterior mediante los ángulos SNA-SNB (fig. 14-16). Respectivamente, estos ángulos se leen entre las líneas SN y NA y NB. Aunque los puntos A y B, por definición, parecen representar las estructuras basales del maxilar y la mandíbula respectivamente, algunos autores

Análisis de Wylie

En los párrafos siguientes se presenta solo una muestra de análisis de Wylie en un grupo muestra, con una similitud igual de...
 Tada...
 zontal de Frankfort...
 anterior del condilo, s...
 al anterior...
 el borde...
 En la figura...
 en el cuadro...
 En la base...
 posición anteroposte...
 bajo de la norma...
 res, en la ortogná...
 se registra en la columna...
 la ortognática.

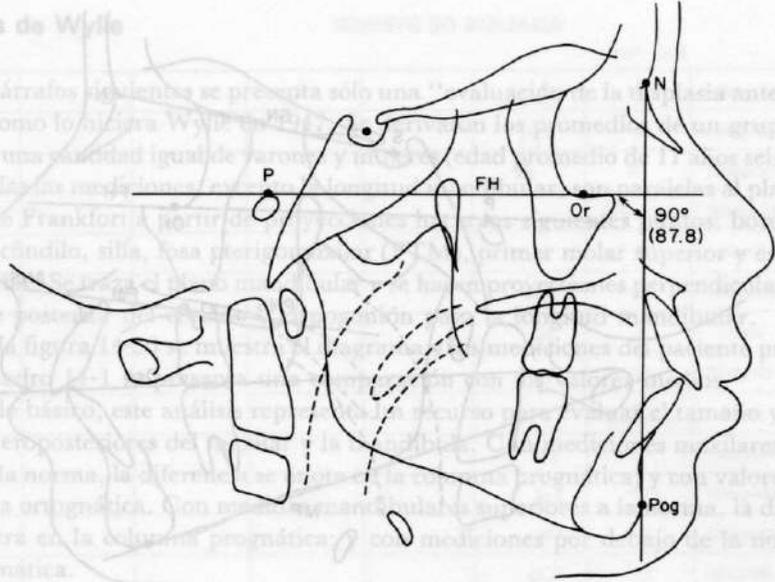


Fig. 14-15. Angulo facial.

En la evaluación...
 que la mandíbula es 5 mm más...
 cuestionan su validez con base en que el movimiento dental incisivo pudiera modificarlos durante un tratamiento. En cualquier caso, se usan sus valores promedio, 82 y 80 grados, respectivamente (entre los 12 y 14 años de edad) para evaluar la ubicación anteroposterior del maxilar y la mandíbula en relación con la base craneal anterior. Es probable que la diferencia entre los ángulos (el ángulo ANB), sea más interesante para el terapeuta. El valor medio del ángulo ANB es de dos grados, y las desviaciones importantes respecto de esta media señalan una discrepancia anteroposterior de las estructuras basales que soportan a la dentición. Un ángulo ANB mayor indica un maxilar ubicado hacia adelante, una mandíbula retrógnata o una combinación de estas desviaciones (fig. 14-16). El trazado que se usa en la ilustración muestra un ángulo ANB

como la postura del incisivo inferior. Al parecer, los...
 primero consiste en establecer la posición que...
 chuir el tratamiento. La...
 la planificación terapéutica, en...
 tracción. El segundo se refiere...
 La valoración...
 posición...
 1-15...
 Es posible...
 dicar los ángulos...
 las líneas S-N y...
 las estructuras basales...

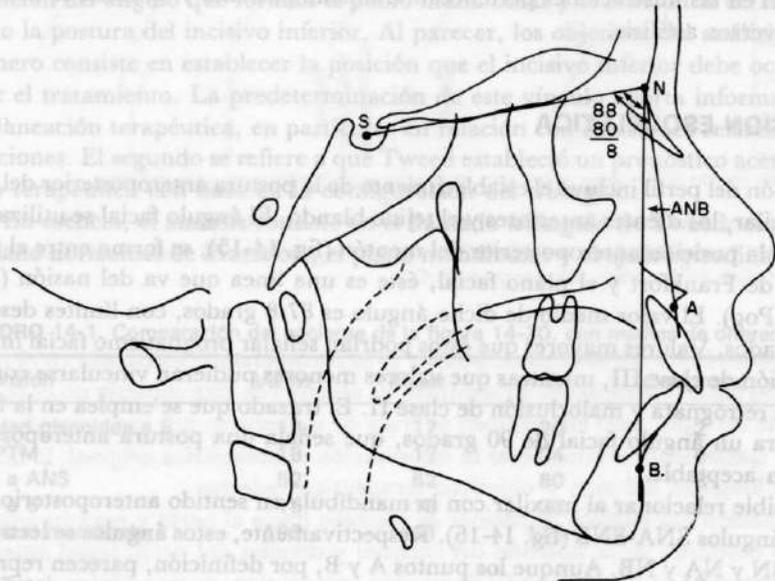


Fig. 14-16. Angulo SNA, SNB y ANB.

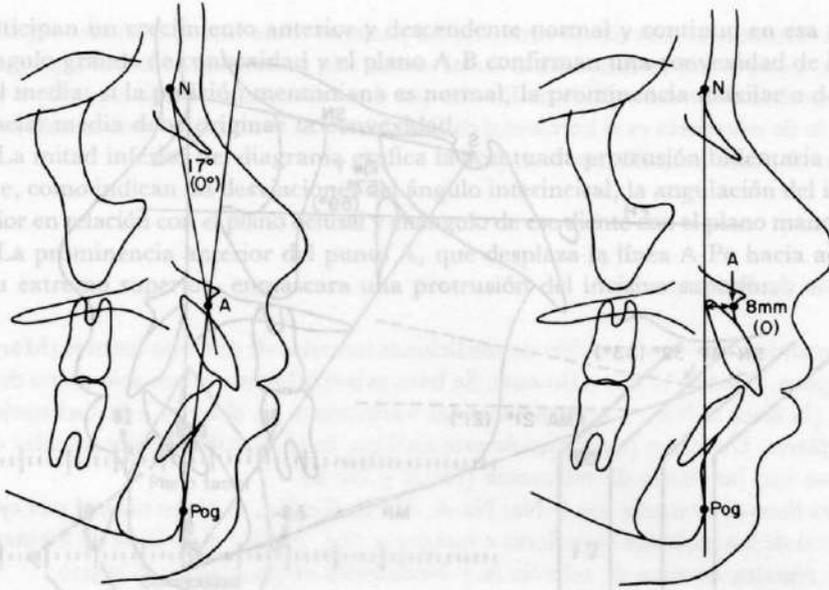


Fig. 14-17. Ángulo de convexidad. Fig. 14-18. Relación entre el punto A y el plano facial.

grande (8 grados), pero el ángulo SNB es normal (80 grados). Entonces, debe suponerse que el maxilar, o al menos el punto A, se encuentra adelante. Las desviaciones ANB grandes en cualquier dirección indican al clínico que el problema por atender sea de pertinencia ortopédica, y que tal vez no sea suficiente un tratamiento basado sólo en el movimiento dental.

Es posible evaluar las variaciones anteroposteriores en el perfil facial por medio del ángulo de convexidad (fig. 14-17). Este aporta información semejante a la que se obtiene del ángulo ANB, pero en este caso considera la influencia del "botón mentoniano", o prominencia del pogonión. El valor medio del ángulo de convexidad es de 0 grados, con un límite entre -8.5 y +10 grados. En el trazado que se muestra en la ilustración, el ángulo de 17 grados señala un perfil facial muy convexo, acorde con la información obtenida de los ángulos SNA-SNB.

La relación del punto A con el plano facial (fig. 14-18) es otro recurso para medir la convexidad, esto se hace en sentido horizontal, desde el punto A hasta el plano facial y se registra en milímetros. El valor medio es de 0, con límites entre -3 mm y +4 mm. Las desviaciones mayores de 5 mm frente al plano facial, o de 3 mm por detrás del mismo, sugieren un problema ortopédico en la relación esquelética anteroposterior. En el diagrama, la desviación es de 8 mm frente al plano facial, situación acorde con evaluaciones previas de la convexidad del perfil.

Las mediciones resumidas se correlacionan de manera primaria con la valoración anteroposterior del perfil esquelético. El ángulo del plano mandibular es útil para evaluar la relación vertical y la morfología del tercio inferior de la cara. Es posible medir el ángulo del plano mandibular en relación con el plano horizontal de Frankfort (FMA) o en relación con la línea SN (SN-MP). El ángulo FMA promedio es de 21.9 grados (fig. 14-19); el ángulo SN-MP promedio es de 33 grados. Ángulos mayores del plano mandibular, pueden indicar una rama corta, un ángulo gonial obtuso, la postura elevada de la fosa glenoidea, la altura facial anterior larga, o una combinación de éstos. Los ángulos grandes del plano mandibular se vinculan a menudo con mordidas abiertas anteriores y patrones faciales de crecimiento vertical. A la inversa, los ángulos pequeños o menores del plano mandibular se relacionan en muchas ocasiones con un tras-

Fig. 14-27. "Mencas; la inferior, el en cuestión con el de cefalometría"

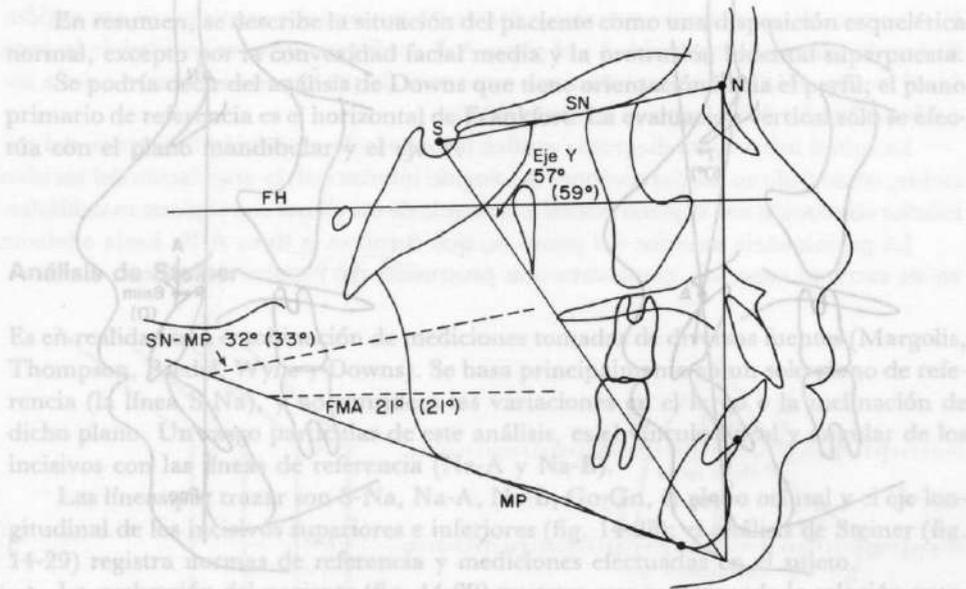


Fig. 14-19. Ángulo del plano mandibular.

lape vertical anterior profundo. Los patrones de crecimiento mandibular horizontal son resultado de una rama larga, de un ángulo gonial agudo, de una altura facial anterior corta o de una combinación de éstos.

Las figuras 14-20 y 14-21 son trazados que muestran cada uno ángulos grandes y pequeños del plano mandibular, respectivamente, así como diferencias en el patrón facial vinculadas con ellos. Nótese las desigualdades en la proporción entre la altura facial y la profundidad, y en la relación de la altura facial posterior con la anterior.

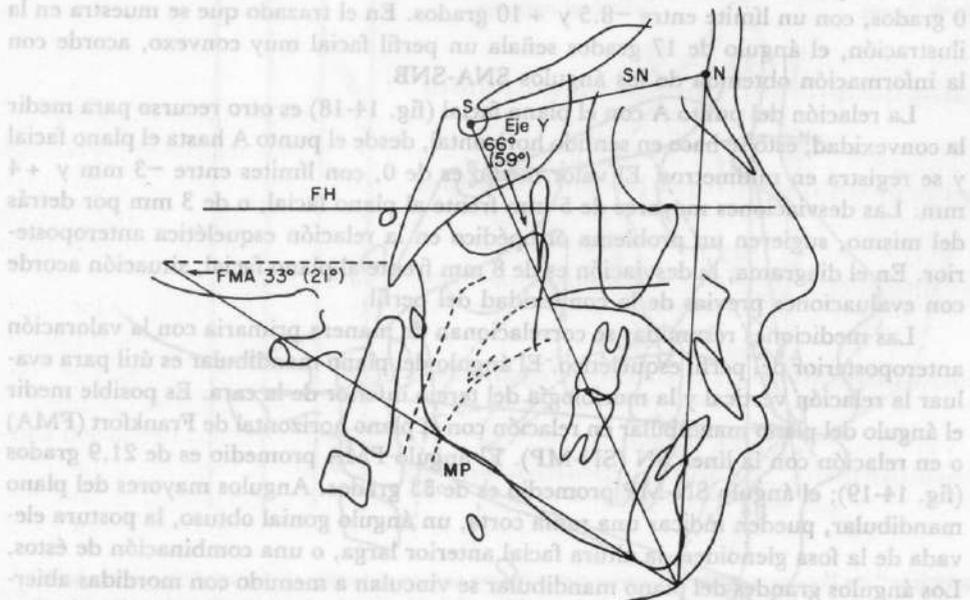


Fig. 14-20. Ángulo pronunciado del plano mandibular; nótese la desproporción entre la altura facial anterior y la posterior, así como la profundidad facial superficial.

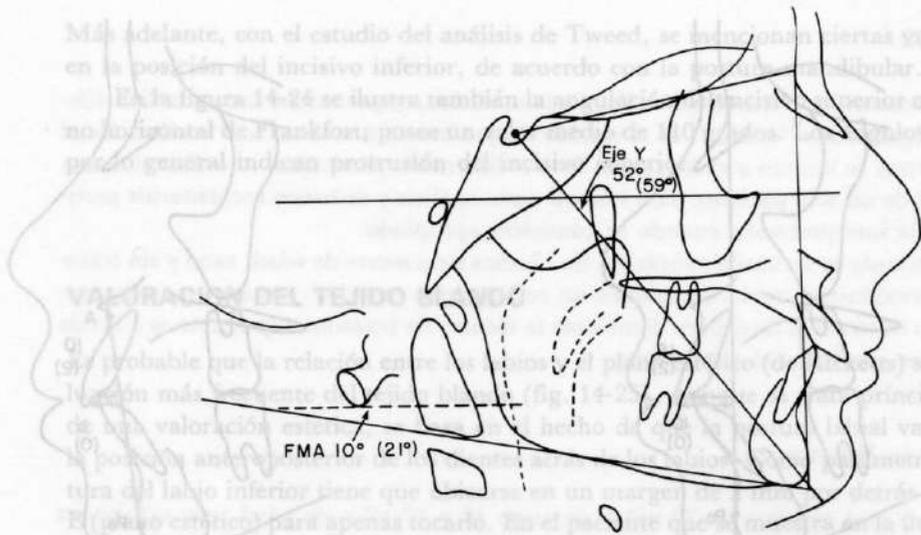


Fig. 14-21. Ángulo bajo del plano mandibular; nótese el decremento relativo de la altura facial anterior y la profundidad aumentada de la cara.

Se considera que el eje Y, trazado desde el punto silla a través del nasión y relacionado en sentido angular con el plano horizontal de Frankfort, indica la dirección que seguirá la sínfisis mandibular en el crecimiento futuro; el valor promedio de este eje es de 59 grados. El trazado en el caso que sirve de ejemplo (fig. 14-19) señala una medición de 57 grados. Los ángulos mucho mayores que la media indican una proporción de crecimiento vertical mayor en la sínfisis, mientras que los ángulos menores señalan un patrón relativamente más anterior. En la figura 14-20 se ilustra un eje Y de 66 grados y en la figura 14-21 una medición de 52 grados. Estas medidas son compatibles con los patrones de crecimiento vertical y horizontal respectivos de ambos pacientes.

EVALUACION DENTAL

Se efectúa mediante la combinación de mediciones, angulares y lineales, que abarcan primero a los incisivos. En sentido anteroposterior, es posible relacionar las coronas de tales dientes con el plano facial (fig. 14-22); la posición ideal de la corona del incisivo inferior es justo sobre el plano o en límites aceptables de -2 mm a +3 mm. Podría describirse la ilustración (fig. 14-22) como protrusiva; el incisivo superior se localiza 15 mm frente al plano facial y el inferior 10 mm por delante.

En dirección anteroposterior, es posible relacionar de manera idéntica a los incisivos con la línea A-Po (fig. 14-23). De nuevo, la ubicación ideal del incisivo inferior es justo sobre la línea, con límites aceptables de -2 mm a +3 mm. Es preciso señalar que en este caso la línea de referencia (A-Po) se vincula con la base dental superior y el mentón, y no con el plano facial; en consecuencia, varía con una desviación anteroposterior entre el maxilar y la mandíbula. En el caso ilustrado en la figura 14-23, el maxilar se ubica de manera notable frente a la mandíbula, y el incisivo inferior está 6 mm por delante de la línea A-Po, en comparación con la relación de 10 mm con el plano facial.

Las mediciones angulares de uso más frecuente son: el ángulo interincisal, el eje longitudinal del incisivo inferior en relación con el plano mandibular, y el eje longitu-

ANÁLISIS

A fin de ilustrar el análisis de la relación de los incisivos superiores e inferiores con el plano facial, se presentan en la figura 14-22 dos ejemplos de relaciones diferentes. Algunos autores consideran que el ángulo interincisal es una medida de la "anomalía de la inclinación total". Otros consideran que el ángulo interincisal es una medida de la "anomalía de la inclinación lateral de un diente en relación con el plano facial".

El paciente en la figura 14-22a tiene una relación de los incisivos superiores e inferiores con el plano facial que se ilustra en la figura 14-22a. El ángulo interincisal es de 15° (2) y el ángulo de inclinación del incisivo inferior con el plano mandibular es de 10° (0). El paciente en la figura 14-22b tiene una relación de los incisivos superiores e inferiores con el plano facial que se ilustra en la figura 14-22b. El ángulo interincisal es de 10° (2) y el ángulo de inclinación del incisivo inferior con el plano mandibular es de 10° (0).

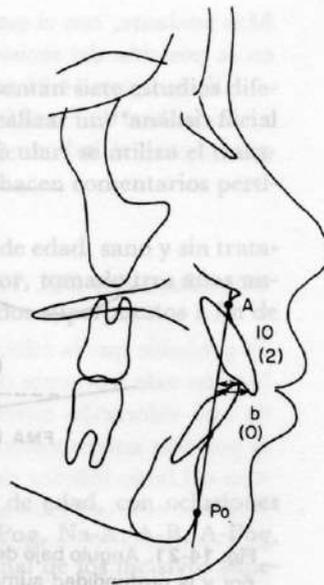
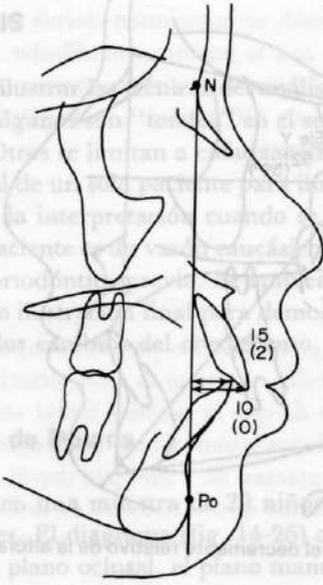


Fig. 14-22. Relación de los incisivos centrales superiores e inferiores con el plano facial.

Fig. 14-23. Relación de los incisivos centrales superiores e inferiores con la línea A-Po.

dinal del incisivo superior en referencia al plano horizontal de Frankfort; la figura 14-24 ilustra estas medidas. Diversos autores ubican el ángulo interincisal medio entre 125 y 135 grados. Los incisivos muy verticales producen ángulos mayores que se relacionan a menudo con sobremordida vertical profunda; en la protrusión dental se registran ángulos menores (fig. 14-24).

El ángulo ideal entre el incisivo inferior y el plano mandibular es de 90 grados y podría esperarse que se presente con un ángulo promedio del plano mandibular (FMA).

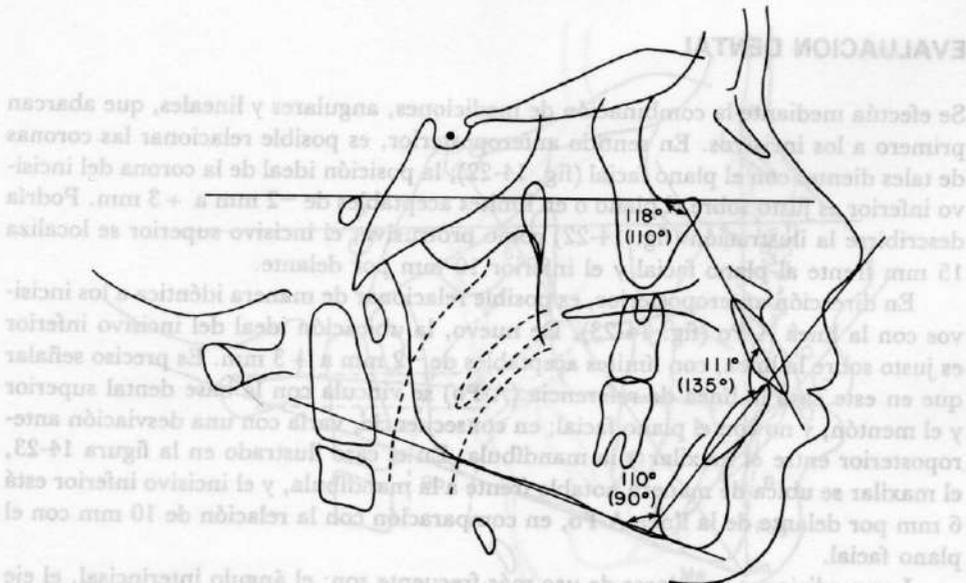


Fig. 14-24. Ángulo interincisal, relación del incisivo inferior con el plano mandibular y relación del incisivo superior con el plano horizontal de Frankfort.

Más adelante, con el estudio del análisis de Tweed, se mencionan ciertas variaciones en la posición del incisivo inferior, de acuerdo con la postura mandibular.

En la figura 14-24 se ilustra también la angulación del incisivo superior con el plano horizontal de Frankfort; posee un valor medio de 110 grados. Los ángulos mayores por lo general indican protrusión del incisivo superior.

VALORACION DEL TEJIDO BLANDO

Es probable que la relación entre los labios y el plano estético (de Ricketts) sea la evaluación más frecuente del tejido blando (fig. 14-25). Aunque se trata principalmente de una valoración estética, se basa en el hecho de que la postura labial varía según la posición anteroposterior de los dientes atrás de los labios. Como parámetro, la postura del labio inferior tiene que ubicarse en un margen de 2 mm por detrás del plano E (plano estético) para apenas tocarlo. En el paciente que se muestra en la ilustración, ambos labios se encuentran muy por delante del plano y reflejan la magnitud de la protrusión dental ya registrada.

Las mediciones que se han descrito son sólo algunas de las utilizadas en cefalometría, y se mencionan aquí, no porque sean más importantes que otras, sino porque son representativas del tipo de medición efectuada y permiten una comprensión inicial conveniente de esta clase de evaluación. En las siguientes páginas se ilustran varios de los análisis de mayor uso que incorporan éstas y otras medidas semejantes. De nuevo, no hay indicio de que tales mediciones sean las más importantes o exactas, pero se seleccionan como representantes de una muestra transversal del pensamiento cefalométrico contemporáneo. Cada análisis radica en antecedentes de investigación e hipótesis, y su autor lo presenta en un esfuerzo por aportar una aplicación clínica práctica de su trabajo de investigación.

EVALUACION DENTAL

Se efectúa medición de la combinación de mediciones, angulares y lineales, que abarcan primero a los incisivos. En el análisis de Ricketts, es posible relacionar las coronas de tales dientes con el plano estético. La posición ideal de la corona del incisivo inferior es algo sobre el plano o cerca de él, aceptables de -2 mm a +3 mm. Pedría describir la posición de la corona del incisivo superior se localiza 15 mm frente al plano facial y el labio superior se encuentra al frente.

En dirección a la evaluación de la posición de los labios de manera idéntica a los incisivos con la línea de Frankfort, el plano estético se relaciona con la posición ideal del incisivo inferior es justo sobre el plano o cerca de él, aceptables de -2 mm a +3 mm. Es preciso señalar que en caso de protrusión dental superior, el labio superior se encuentra con una derivación anteroposterior entre 10 mm y 15 mm por delante del plano estético. En la figura 14-25, el maxilar se ubica 10 mm por delante del plano estético, y el incisivo inferior está 5 mm por delante del plano estético. En comparación con la relación de 10 mm con el plano facial.

Las mediciones angulares de los dientes más frecuente son: el ángulo interincisal, el eje longitudinal del incisivo superior con el eje longitudinal del incisivo inferior, y el eje longitudi-

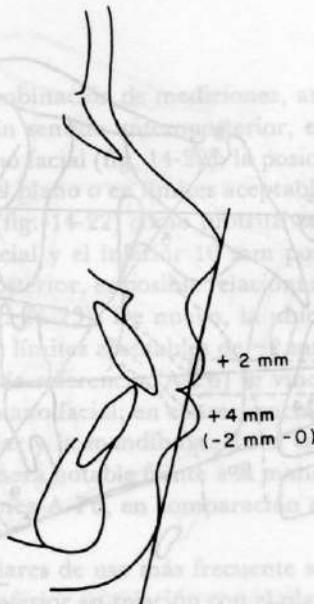


Fig. 14-25. Plano estético (análisis de Ricketts).

ANÁLISIS

A fin de ilustrar las técnicas del análisis cefalométrico, se presentan siete estudios diferentes. Algunos son "totales" en el sentido de que intentan realizar un "análisis facial total". Otros se limitan a enfatizar un área o dimensión particular; se utiliza el trazado lateral de un solo paciente para ilustrar cada análisis y se hacen comentarios pertinentes a la interpretación cuando se considera apropiado.

El paciente es un varón caucásico, de 13 años siete meses de edad, sano y sin tratamiento ortodóntico previo. Se emplea un cefalograma anterior, tomado tres años antes, como ilustración final para demostrar la técnica de trazados superpuestos a fin de evaluar los cambios del crecimiento.

Análisis de Downs

Se basa en una muestra de 20 niños de entre 12 y 17 años de edad, con oclusiones excelentes. El diagrama (fig. 14-26) consta de las líneas Na-Pog, Na-A, A-B, A-Pog, S-Gn, el plano oclusal, el plano mandibular, el eje longitudinal de los incisivos superior e inferior, y el plano horizontal de Frankfort.

Además del análisis de Downs, se cuenta con un diagrama de Voorhies y Adams que provee una representación gráfica de las 10 mediciones efectuadas en el estudio (fig. 14-27). La serie de flechas pequeñas por el centro del diagrama, identifica la cifra promedio para cada medición, y la magnitud del polígono delinea el ámbito de cada medida. La línea punteada en la ilustración es una representación gráfica de las mediciones del sujeto analizado en el estudio.

La mitad superior del diagrama grafica las mediciones vinculadas con la configuración esquelética, mientras que la inferior muestra las relaciones dentales. La interpretación correspondiente al sujeto ilustrado, indica que el mentón se encuentra bien situado en sentido anteroposterior, y que las medidas del plano mandibular y el eje

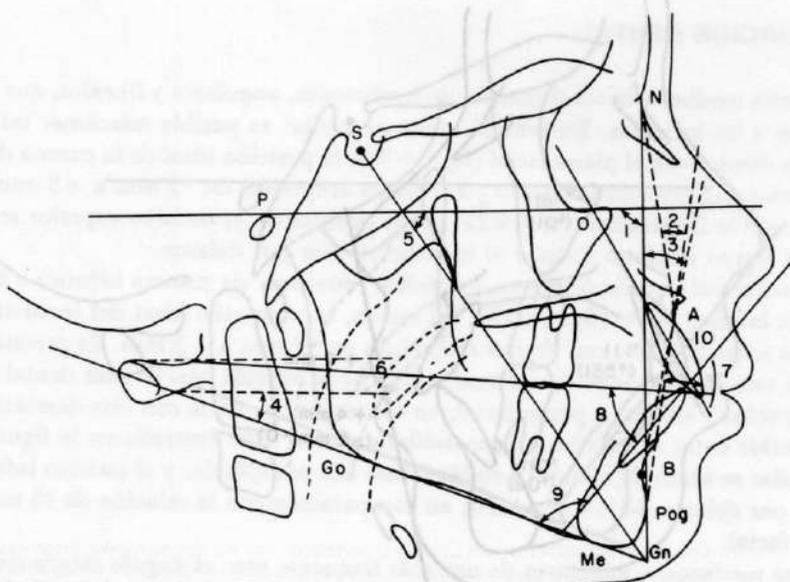


Fig. 14-26. Trazado para el análisis de Downs.

Y anticipan un crecimiento anterior y descendente normal y continuo en esa región. El ángulo grande de convexidad y el plano A-B confirman una convexidad de la zona facial media; si la posición mentoniana es normal, la prominencia maxilar o de la zona facial media debe originar la convexidad.

La mitad inferior del diagrama grafica la acentuada protrusión bidentaria del paciente, como indican las desviaciones del ángulo interincisal, la angulación del incisivo inferior en relación con el plano oclusal y el ángulo de ese diente con el plano mandibular.

La prominencia anterior del punto A, que desplaza la línea A-Po hacia adelante en su extremo superior, enmascara una protrusión del incisivo superior.

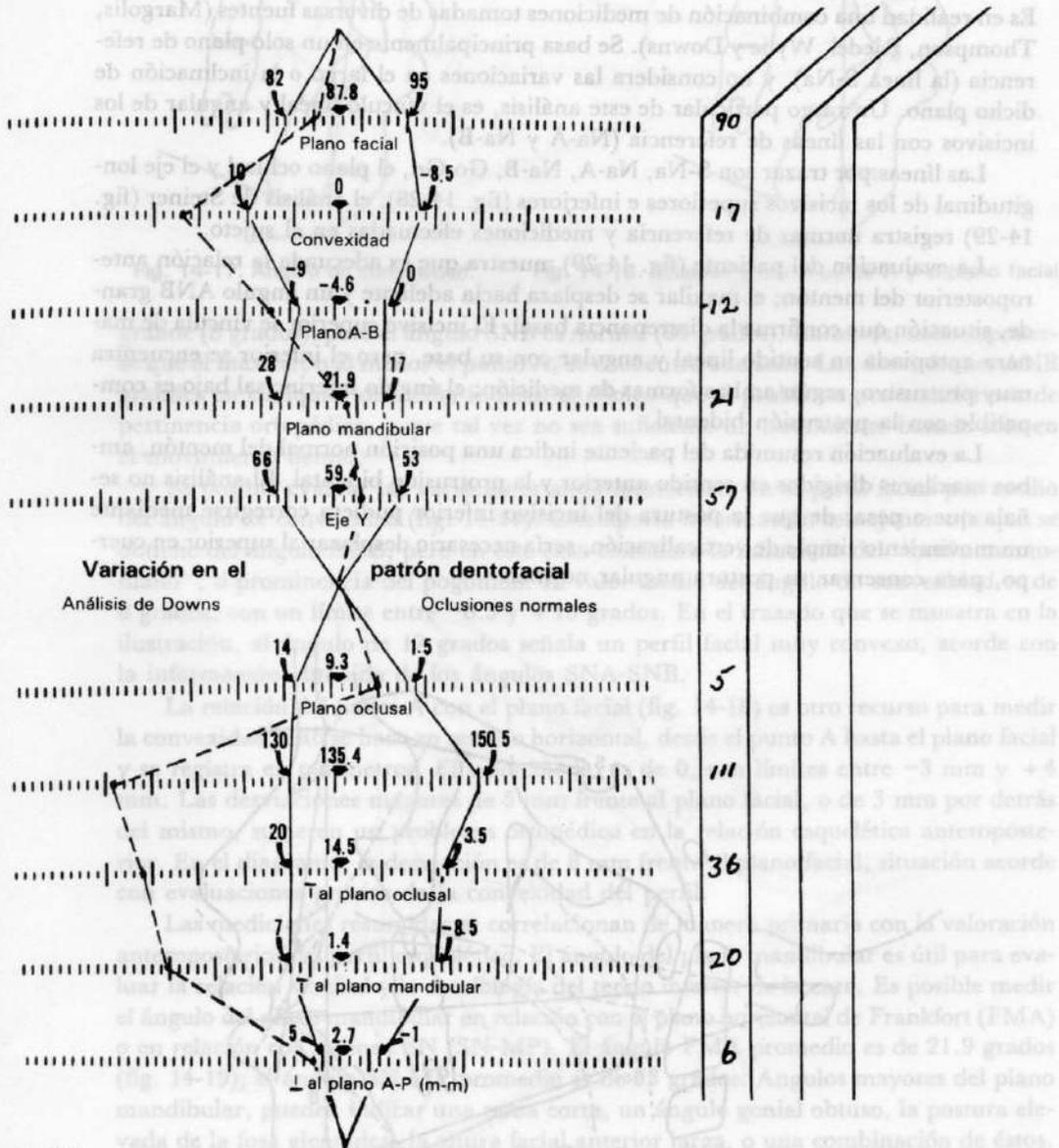


Fig. 14-27. "Meneograma" de Downs; la mitad superior del polígono señala el ámbito de las mediciones esqueléticas; la inferior, el ámbito de las medidas dentales. La línea punteada señala la relación de las mediciones del paciente en cuestión con los límites aceptables. (Adaptado de Voorhies, J. W., and J. W. Adams: Polygonic interpretations of cephalometric findings. Angle Orthod., 21:194, 1951.)

En resumen, se describe la situación del paciente como una disposición esquelética normal, excepto por la convexidad facial media y la protrusión bidental superpuesta.

Se podría decir del análisis de Downs que tiene orientación hacia el perfil; el plano primario de referencia es el horizontal de Frankfort. La evaluación vertical sólo se efectúa con el plano mandibular y el eje Y.

Análisis de Steiner

Es en realidad una combinación de mediciones tomadas de diversas fuentes (Margolis, Thompson, Riedel, Wylie y Downs). Se basa principalmente en un solo plano de referencia (la línea S-Na), y no considera las variaciones en el largo o la inclinación de dicho plano. Un rasgo particular de este análisis, es el vínculo lineal y angular de los incisivos con las líneas de referencia (Na-A y Na-B).

Las líneas por trazar son S-Na, Na-A, Na-B, Go-Gn, el plano oclusal y el eje longitudinal de los incisivos superiores e inferiores (fig. 14-28); el análisis de Steiner (fig. 14-29) registra normas de referencia y mediciones efectuadas en el sujeto.

La evaluación del paciente (fig. 14-29) muestra que es adecuada la relación anteroposterior del mentón; el maxilar se desplaza hacia adelante y un ángulo ANB grande, situación que confirma la discrepancia basal. El incisivo superior se vincula de manera apropiada en sentido lineal y angular con su base, pero el inferior se encuentra muy protrusivo, según ambas formas de medición; el ángulo interincisal bajo es compatible con la protrusión bidental.

La evaluación resumida del paciente indica una posición normal del mentón, ambos maxilares dirigidos en sentido anterior y la protrusión bidental. El análisis no señala que a pesar de que la postura del incisivo inferior pudiera corregirse mediante un movimiento simple de verticalización, sería necesario desplazar al superior en cuerpo, para conservar su postura angular normal.

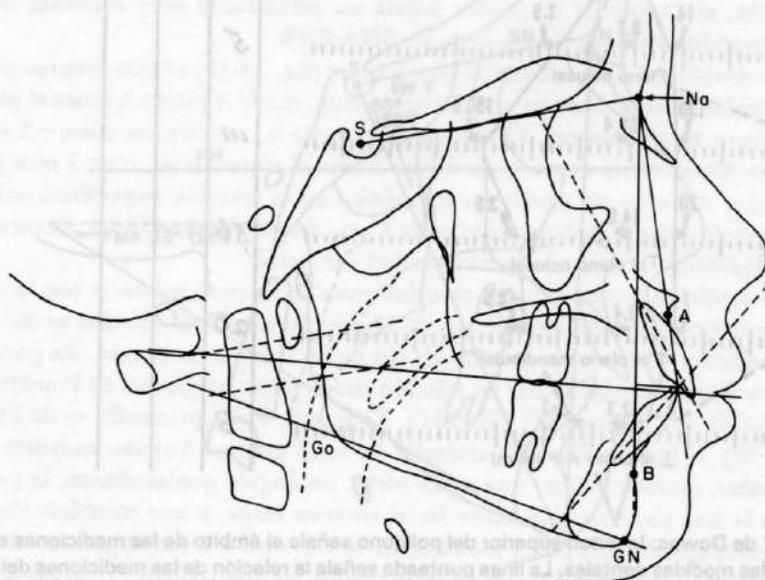


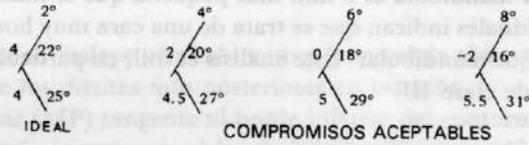
Fig. 14-28. Trazado para el análisis de Steiner.

ANALISIS DE STEINER

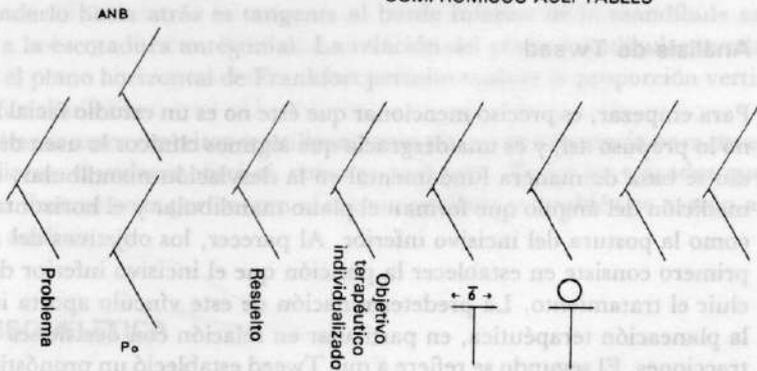
Ref. Norm.

SNA	(ángulo)	82°	87				
SNB	(ángulo)	80°	79				
ANB	(ángulo)	2°	8				
SND	(ángulo)	76° or 77°					
1 a NA	(mm)	4	4				
1 a NA	(ángulo)	22°	20				
1 a NB	(mm)	4	11				
1 a NB	(ángulo)	25°	40				
Po a NB	(mm)	no establecido	1				
Po y 1 a NB	(diferencia)		10				
1 a 1	(ángulo)	131°	111				
Ocl a SN	(ángulo)	14°	14				
GoGn a SN	(ángulo)	32°	30				
Discrepancia en la longitud del arco			-3				

(mm)	+	-
Corrección de la forma del arco		
desplaza a 1		



ARCO INFERIOR	+	-
Discrepancia		
Expansión		
Reubicación		
Reubicación		
Espacio		
Intermaxilar		
Extracción		
Total neto		



* Estos cálculos son útiles como guías, pero es preciso modificarlos para cada individuo

Dental Corporation of America • P.O. Box 1011 • Washington, D. C. 20013

Fig. 14-29. Registro y planeación terapéutica en el análisis de Steiner; con mediciones del paciente prototipo (R.B.). (Por cortesía de Dental Corporation of America, Washington, D.C.)

Otra característica del análisis de Steiner es la consideración efectuada en el registro (fig. 14-29) para la planeación terapéutica. El objetivo de este capítulo no es revisar en detalle este método, pero en resumen se trata de un recurso útil para sintetizar los objetivos del tratamiento al considerar la información cefalométrica original, la discrepancia en la longitud del arco y objetivos terapéuticos selectos.

La orientación del análisis de Steiner es también hacia el perfil y permite una representación excelente de la posición del incisivo y detalles del perfil facial anterior. Por la incorporación de la explicación de su plan terapéutico, su uso clínico es amplio en el campo de la ortodoncia.

Análisis de Wylie

En los párrafos siguientes se presenta sólo una "evaluación de la displasia anteroposterior", como lo hiciera Wylie en 1947. Se derivaron los promedios de un grupo muestra, con una cantidad igual de varones y mujeres (edad promedio de 11 años seis meses).

Todas las mediciones, excepto la longitud mandibular, son paralelas al plano horizontal de Frankfort a partir de proyecciones hacia los siguientes puntos: borde posterior del cóndilo, silla, fosa pterigomaxilar (PTM), primer molar superior y espina nasal anterior. Se traza el plano mandibular y se hacen proyecciones perpendiculares hacia el borde posterior del cóndilo y el pogonión para la longitud mandibular.

En la figura 14-30 se muestra el diagrama y las mediciones del paciente prototipo; en el cuadro 14-1 se presenta una comparación con los valores medios.

En lo básico, este análisis representa un recurso para evaluar el tamaño y la posición anteroposteriores del maxilar y la mandíbula. Con mediciones maxilares por debajo de la norma, la diferencia se anota en la columna prognática; y con valores mayores, en la ortognática. Con medidas mandibulares superiores a la norma, la diferencia se registra en la columna prognática; y con mediciones por debajo de la norma, en la ortognática.

En la evaluación de este paciente, se registra una diferencia neta, la cual señala que la mandíbula es 5 mm más pequeña que el maxilar. En realidad, las mediciones individuales indican que se trata de una cara muy honda, con mayor profundidad maxilar que mandibular. Este análisis es útil, en particular para valorar patrones esqueléticos de clase III.

Análisis de Tweed

Para empezar, es preciso mencionar que éste no es un estudio facial fotal; el Dr. Tweed no lo propuso así, y es una desgracia que algunos clínicos lo usen de tal modo. El estudio se basa de manera fundamental en la desviación mandibular, cuantificada por la medición del ángulo que forman el plano mandibular y el horizontal de Frankfort, así como la postura del incisivo inferior. Al parecer, los objetivos del análisis son dos; el primero consiste en establecer la posición que el incisivo inferior debe ocupar al concluir el tratamiento. La predeterminación de este vínculo aporta información útil en la planeación terapéutica, en particular en relación con decisiones referentes a las extracciones. El segundo se refiere a que Tweed estableció un pronóstico acerca del resultado terapéutico con base en la configuración del triángulo.

En esencia, el análisis consiste en el llamado triángulo de Tweed, constituido por el plano horizontal de Frankfort, el plano mandibular y el eje longitudinal del incisivo

CUADRO 14-1. Comparación del paciente de la figura 14-30, con medias de diferentes muestras

Dimensión	Varón	Mujer	R.B.	Ortognata	Prógnata
Cavidad glenoidea a S	18	17	20	2	
S a PTM	18	17	24	6	
PTM a ANS	52	52	60	8	
PTM a 6	15	16	23	1	
Longitud mandibular	103	101	115		12
Total				17	12

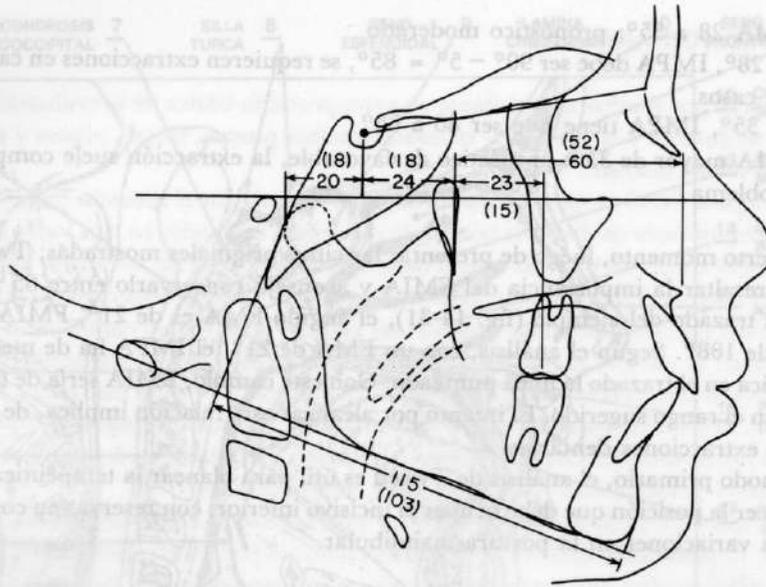


Fig. 14-30. Trazado para la evaluación de Wylie de una displasia anteroposterior (se muestran los valores medios de cada medición).

inferior (fig. 14-31). Los tres ángulos así formados son: el de los planos mandibular y horizontal de Frankfort (FMA), el ángulo del incisivo inferior con el plano mandibular (IMPA) y el del incisivo inferior con el plano horizontal de Frankfort (FMIA). Como señalan las siguientes normas y pronósticos, la base es el ángulo FMA:

- 1. FMA 16 a 28°: pronóstico favorable
 - en 16°, IMPA debe ser de $90^\circ + 5^\circ = 95^\circ$
 - en 22°, IMPA debe ser de 90°
 - en 28°, IMPA ha de ser de $90^\circ - 5^\circ = 85^\circ$
- Casi 60% de las maloclusiones presentan FMA entre 16 y 28°.

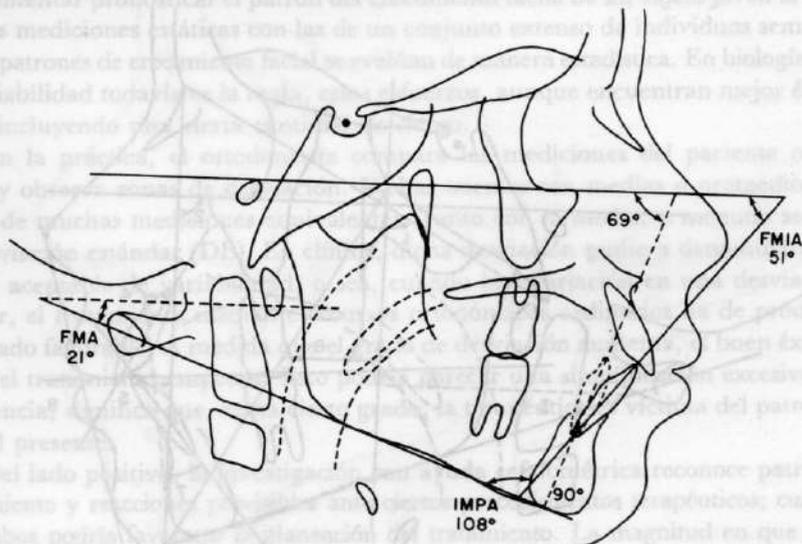


Fig. 14-31. Triángulo de Tweed; la línea punteada que hace intersección con el plano mandibular, es paralela a la horizontal de Frankfort. El contorno punteado del incisivo inferior representa la postura ideal de tal diente.

2. FMA 28 a 35°: pronóstico moderado
en 28°, IMPA debe ser $90^\circ - 5^\circ = 85^\circ$, se requieren extracciones en casi todos los casos.
en 35°, IMPA tiene que ser 80 a 85°
3. FMA mayor de 35°: pronóstico desfavorable, la extracción suele complicar el problema.

En cierto momento, luego de presentar las cifras originales mostradas, Tweed comenzó a resaltar la importancia del FMIA y aconsejó conservarlo entre 65 y 70°.

En el trazado del ejemplo (fig. 14-31), el ángulo FMA es de 21°, FMIA de 51° e IMPA de 108°. Según el análisis, con un FMA de 21°, el IMPA ha de medir 90°, como indica en el trazado la línea punteada. Con este cambio, FMIA sería de 69° cifra ubicada en el rango sugerido. El intento por alcanzar esta relación implica, de manera evidente, extracciones dentarias.

De modo primario, el análisis de Tweed es útil para planear la terapéutica clínica al establecer la posición que debe ocupar el incisivo inferior, con reservas en consideración a las variaciones en la postura mandibular.

Análisis de Ricketts

Este ha experimentado una serie de modificaciones y, en la actualidad, se considera como una evaluación detallada de la morfología dental y craneofacial. Se adaptó para ofrecer un servicio de pronóstico terapéutico y diagnóstico con base en computadoras. Es posible adelantar detalles continuos acerca del crecimiento y el tratamiento, a medida que se acumula más información en las computadoras. Como este capítulo sólo presenta una revisión de varios análisis laterales o del perfil, únicamente se resume el estudio lateral.

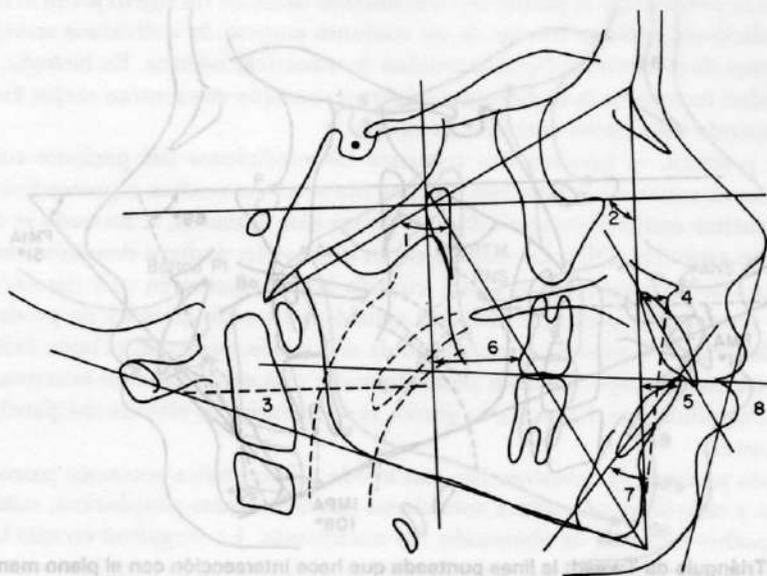


Fig. 14-32. Trazado para el análisis de Ricketts (sólo se resume el estudio del perfil).

CUADRO 14-2. Cambios etarios y de la media a partir de los nueve años de edad, usados en el análisis de Ricketts (fig. 14.32)

	Media	Para los de nueve años de edad + cambio	R.B.
Eje facial	90° ± 3°	Ninguna variación	90°
Profundidad de la cara	86° ± 3°	-1°/3 años	90°
Plano mandibular	26° ± 6°	-1°/3 años	21°
Convexidad del punto A	2° ± 2 mm	-1 mm/3 años	8 mm
Te a A-Po	+ 1 ± 2 mm	Ningún cambio	10 mm
Molar superior a PTV	Edad + 3 ± 2 mm	1 mm/año	23 mm
T a A-Po	22° ± 3°	Ninguna modificación	32°
Labio inferior al plano E	-2 ± 2 mm	Disminución	4 mm

Las líneas trazadas son la horizontal de Frankfort, los planos facial, oclusal, mandibular y estético (punta de la nariz hasta el vértice mentoniano), N-Ba, Pt-vertical (tangente al contorno posterior de PTM y perpendicular al de Frankfort), el eje facial (margen superior del agujero redondo mayor hasta el nasión) y el eje longitudinal de los incisivos.

Con base en el trazado (fig. 14-32) se miden ocho relaciones para obtener una evaluación global del caso. En el cuadro 14-2 se muestran las medias y los cambios etarios desde los nueve años de edad. Las ocho mediciones son:

1. Eje facial: ángulo entre el plano Ba-Na y una línea desde el agujero redondo mayor hasta el nasión. Representa la dirección del crecimiento del mentón y es una modificación del eje Y del análisis de Downs.
2. Profundidad facial: ángulo entre el plano de Frankfort y el plano facial.
3. Angulo entre el plano mandibular y el de Frankfort.
4. Convexidad: distancia horizontal entre el punto A y el plano facial.
5. Incisivo inferior a A-Po: ubica a los dientes inferiores anteroposteriormente en la mandíbula.
6. Posición de molar superior: distancia horizontal de PTM hasta la superficie distal del primer molar superior.
7. Inclinación del incisivo inferior: ángulo entre el eje del incisivo inferior y la línea A-Po. Es un refinamiento de la línea trazada desde el incisivo inferior hasta el plano NB (de Steiner), que considera las relaciones basales.
8. Plano estético: relación anteroposterior del labio inferior con el plano estético.

Esta parte del análisis es un estudio inicial excelente del caso de estudio. Para un estudio más profundo y detallado, en especial sobre el mecanismo de la previsión del crecimiento, el autor sugiere consultar *An Orthodontic Philosophy*, de Carl Gugino.

En la evaluación del paciente R.B., las mediciones (cuadro 14-2) indican que la configuración esquelética (eje facial, profundidad de la cara y plano mandibular) es normal, si se considera la diferencia etaria entre el sujeto y las normas para niños de nueve años de edad. No obstante, las últimas cinco medidas señalan convexidad facial media y protrusión dental evidentes.

Este análisis básico es semejante al de Downs, excepto que se mide la convexidad mediante una relación lineal directa del punto A con el plano facial. Aunque Ricketts emplea el de Frankfort como plano horizontal de referencia, es preciso señalar que utiliza el porción anatómico en vez del porción "artificial" como se describió. Además, el eje facial que sustituye al eje Y es muy diferente, como se señaló.

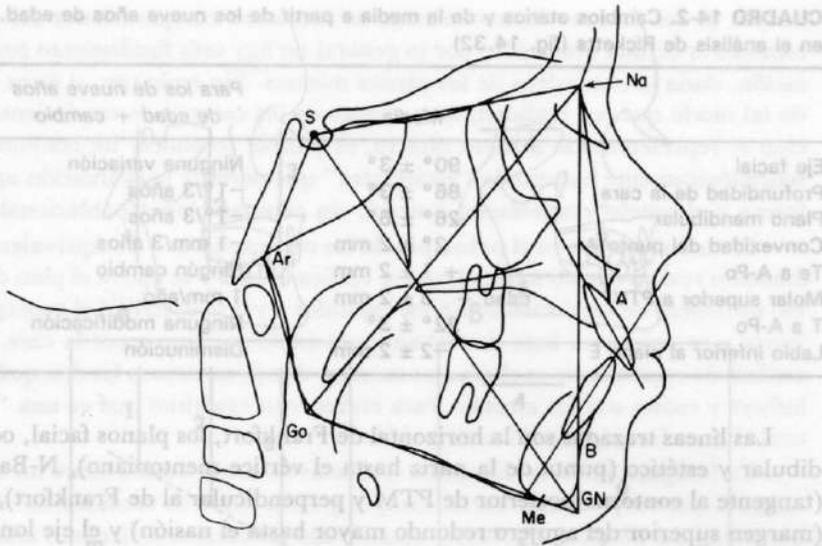


Fig. 14-33. Trazado para el análisis de Bjork (según adaptación de Jarabak).

Análisis de Bjork

Bjork es un investigador notable en el campo de la cefalometría; ciertamente, su trabajo "The Face in Profile" es una lectura aconsejada para los interesados en estudios cefalométricos. Basa su investigación en el análisis de 322 niños suecos de 12 años de edad y 281 conscriptos de entre 21 y 23 años; incluyó casi noventa mediciones diferentes. Como el objetivo de esta revisión breve no es resumir su amplio trabajo, sólo se presentan las partes principales de su análisis, en la forma adaptada y modificada por Jarabak.

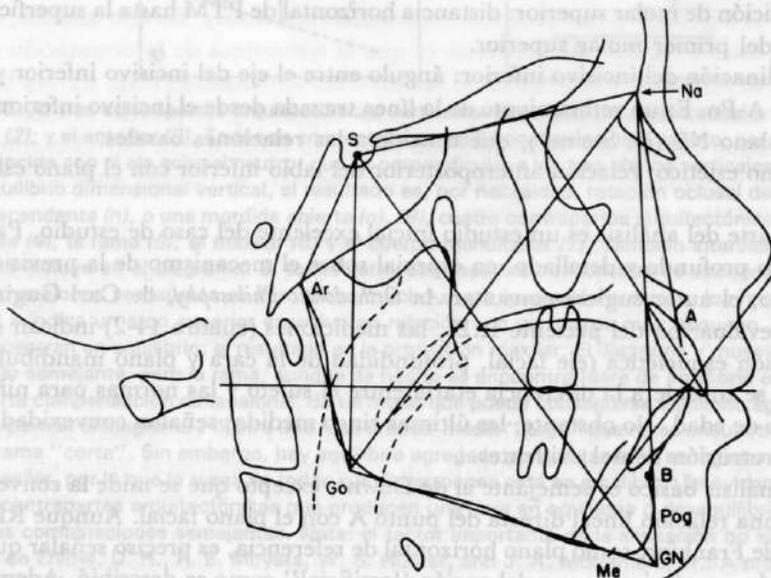


Fig. 14-34. Trazado para el análisis de Bjork en el paciente mostrado en la figura 14-33 luego de tres años de cambios de crecimiento.

El análisis del perfil es semejante al de Steiner, ya que S-Na es la línea de referencia, y SNA-SNB, junto con Go-Gn, permite una evaluación esquelética fundamental. El eje incisivo y la relación entre tal diente y A-Po vinculan la dentición con la base esquelética.

Las líneas por trazar son S-Na, S-Ar, Ar-Go, Go-Gn, Na-Pog, S-Gn, Na-Go, Na-A, Na-B, A-Po, el plano oclusal y el eje longitudinal de los incisivos (fig. 14-33).

Un rasgo del análisis es el uso del polígono N-S-Ar-Go-Gn, para valorar las relaciones de la altura facial anterior y posterior, así como prever la dirección del cambio de crecimiento en la región facial inferior. El fundamento de su método es la relación de tres ángulos: el de la silla turca (Na-S-Ar), el articular o *articulare* (S-Ar-Go) y el gonial (Ar-Go-Me), así como las longitudes de los lados del polígono.

En el ejemplo ilustrado (fig. 14-33), se trazó y midió un cefalograma lateral tomado en 1971 a R.B. También se midió otra placa, obtenida en 1974 (fig. 14-34); en el cuadro 14-3 se presentan los valores y las medias en cada caso.

En resumen, a los once años de edad la base craneal anterior (S-Na) debería ser igual al largo del cuerpo mandibular (Go-Me). La proporción ideal entre la longitud

CUADRO 14-3. Comparación de los valores del paciente (R.B.), a dos edades diferentes con los valores medios de Bjork (véase figs. 14-33 y 14-34)

Medición	Promedio	R.B.	
		8/3/71	6/6/74
Angulo de la silla turca	123° ± 5° (Bjork)	123°	126°
Angulo articular	143° ± 6° (Bjork)	141°	142°
Angulo gonial	130° ± 7° (Bjork)	127°	122°
Suma	396° (Bjork)	391°	390°
Longitud de la base craneal anterior	71 ± 3 mm (Bjork)	71.5 mm	74 mm
Longitud de la base craneal posterior	32 ± 3 mm (Bjork)	35 mm	36 mm
Angulo gonial			
Superior	52-55°	56°	53°
Inferior	70-75°	71°	69°
Altura de la rama	44 ± 5 mm (Bjork)	43 mm	49 mm
Longitud del cuerpo	71 ± 5 mm (Bjork)	68 mm	74 mm
Proporción entre el cuerpo mandibular y la base craneal anterior	1:1	1:1	1:1
SNA	80°	86°	87°
SNB	78°	80°	80°
ANB	2°	6°	7°
SN-MP		31°	31°
Eje Y		57°	57°
Altura facial anterior		114 mm	122 mm
Altura facial posterior		74 mm	81 mm
Proporción entre la zona facial posterior y la anterior		65%	66%
56-62% en el sentido horario			
65-80% en sentido antihorario			
Angulo facial (SN-Po)		86°	87°
Dentición			
Oclusal P1-M-P1		13°	15°
1 a M-P1	90° ± 3°	100.5°	110°
1 a SN	102° ± 2°	106°	108°
1 al plano facial	5 ± 2 mm	14 mm	15 mm
1 al plano facial	-2 ± 2 mm	9 mm	10 mm
1 a 1		121°	112°

8-3-71
6-6-74

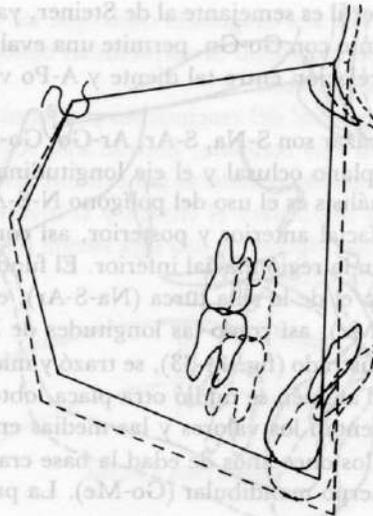


Fig. 14-35. Polígonos de Bjork a partir de los trazados en las figuras 14-33 y 14-34 superpuestos para mostrar el cambio del crecimiento desde los 10 años y nueve meses de edad, hasta los 13 años y siete meses; se superponen las líneas SN con registro en el punto silla.

de la base craneal posterior (S-Ar) y la altura de la rama (Ar-Go) es de 3:4. Si la suma de los tres ángulos descritos supera 396 grados, podría registrarse una tendencia hacia el cambio de crecimiento mandibular "en el sentido de las manecillas del reloj". Lo contrario (sentido antihorario) sería aplicable a ángulos cuya suma fuera menor de 396 grados. La relación entre la altura facial posterior (S-Go) y la anterior (Na-Me) desde 56 hasta 62% podría indicar un patrón de cambio del crecimiento mandibular en el sentido horario, mientras que una proporción de 65 a 80% señalaría una modificación en dirección opuesta. El cambio en el sentido horario significa que la altura facial anterior aumenta con mayor rapidez que la altura facial posterior y se relacionaría con una alteración de crecimiento descendente posterior en la sínfisis y la tendencia hacia la mordida abierta anterior. El cambio opuesto señala una altura facial posterior que aumenta con más velocidad, crecimiento anterior del mentón y tendencia hacia la mordida profunda anterior.

En el ejemplo ilustrado, la suma de los ángulos posteriores (390°) y la proporción de 65% entre la altura facial anterior y la posterior sugieren un patrón de cierre, o sea, en sentido antihorario. Sin embargo, un examen de los componentes individuales muestra que la altura de la rama es corta en relación con la longitud de la base craneal posterior, hecho que podría neutralizar esta tendencia. El pronóstico sería un patrón de crecimiento normal hacia abajo y adelante, con descenso concomitante del plano mandibular, lo que corresponde a lo sucedido (fig. 14-35). La longitud del cuerpo mandibular, 3.5 mm más corta que la de la base craneal anterior, creció hasta una proporción normal de 1:1.

La figura 14-36 muestra una paciente de 10 años de edad, a quien se observó durante un año, en cuanto a cambios de crecimiento. En este ejemplo, la suma alta de los ángulos posteriores (401°), la rama y la base craneal posterior cortas, y la proporción baja de las alturas faciales anteriores y posteriores (59%) se combinaron para anticipar el patrón de cambio ocurrido en el sentido horario (fig. 14-37).

La evaluación global del paciente R.B. mediante este análisis, concuerda con los demás en el reconocimiento de la convexidad facial media y la protrusión bidentaria.

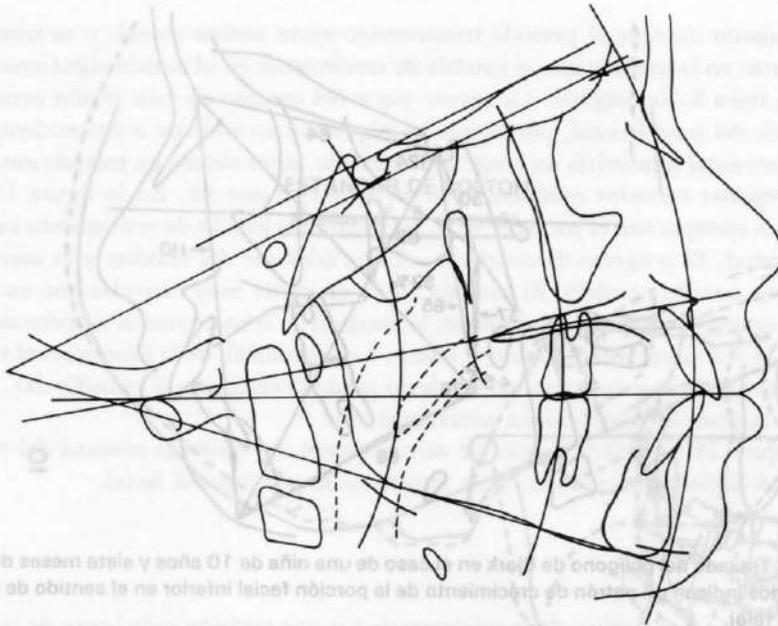


Fig. 14-38. Trazado para el análisis de Sassouni.

pared anterior de la fosa infratemporal; y el punto 0, centro de convergencia donde tienden a intersectarse los cuatro planos horizontales.

Se traza un plano paralelo al supraorbitario, tangente a Si, y se dibujan los planos oclusal, palatino y mandibular; los cuatro deben converger en un punto. Si sólo tres lo hacen, el cuarto es divergente en relación con el patrón facial. En caso de que sólo dos converjan (fig. 14-38), se usa como punto 0 la unión del plano de la base craneal y el mandibular. Desde el punto 0, se trazan cuatro arcos: desde nasión, a partir del punto B, desde Te y a partir de Sp. Estos arcos reciben el nombre de anteroposterior, basal, facial medio y posterior, respectivamente.

La evaluación general de los planos indica que cuanto más paralelos sean, mayor será la tendencia hacia una mordida profunda esquelética; y cuanto más inclinados entre sí, mayor será la tendencia hacia la mordida abierta esquelética.

El arco anterior desde el nasión, debe pasar por ANS, el vértice del incisivo superior y el pogonión. El arco basal a partir del punto A debe atravesar el punto B; el arco facial medio desde Te debe pasar tangente a la superficie mesial del primer molar superior, cuando ANS se localiza sobre el arco anterior. Si la ANS no se ubica en el arco anterior, es preciso ajustar la relación del primer molar superior, en la misma cantidad y dirección que la desviación ANS. El arco posterior desde Sp debe atravesar el gonió; si el pogonión se encuentra sobre el arco anterior y gonió está en el posterior, esto significa que la longitud del cuerpo mandibular es igual al largo de la base craneal anterior, que es la relación normal a los 12 años de edad.

En sentido vertical, las alturas faciales superior e inferior tienen que ser iguales, tanto en sentido anterior como posterior. Se efectúa la medición anterior colocando la punta del compás en ANS para trazar un arco en la zona supraorbitaria. Entonces se transfiere la medición haciendo que el compás gire hasta intersectar el arco anterior en la región de la sínfisis. Para la medición posterior, se coloca la punta del compás en PNS, y se traza un arco en la intersección del plano paralelo (línea de la base craneal) con el arco posterior. Se transfiere esta medida en sentido inferior, trazando un arco que haga intersección con el posterior en la zona de gonió.

En la figura 14-38 el arco anterior pasa por ANS y se localiza un poco por delante del pogonión. Ambos incisivos se encuentran adelante del arco, situación que señala protrusión incisiva; el punto B se encuentra por detrás del arco basal para señalar una discrepancia de la base.

El contorno mesial del primer molar superior se localiza delante del arco facial medio para indicar la ubicación anterior de los dientes anteriores.

El gonión está detrás del arco posterior, un poco más de lo que está el pogonión; se encuentra detrás del anterior, pero la longitud del cuerpo en esencia es normal para la edad del paciente, en relación con la longitud de la base craneal anterior.

En sentido vertical, el plano palatino está desviado, aparece elevado al frente y abatido en la parte posterior. Esto motiva que la altura facial anteroinferior sea un poco excesiva y que la altura facial posteroinferior resulte un tanto precaria.

En resumen, este análisis señala que el patrón facial general del sujeto está bien coordinado, excepto por el plano palatino inclinado, la protrusión de los dientes y la mandíbula un tanto retrógnata.

Resumen de los análisis

Al comparar los siete estudios utilizados en el sujeto prototipo, se nota que hay poco desacuerdo en las evaluaciones. Hubo acuerdo general en que el mentón se ubicaba de manera conveniente en sentido anteroposterior, la cara era convexa y que había protrusión bidental. Según el análisis de Sassouni, el perfil esquelético facial estaba bien relacionado con cierta convexidad resultante de la mandíbula algo retrógnata; la convexidad restante era de naturaleza dental. Los otros análisis demostraron que el punto A se dirigía hacia adelante. Un factor en esta diferencia puede ser la magnitud en que la posición incisiva modifica al punto A. En general, la evaluación de Wylie sobre la displasia anteroposterior concordó con el análisis de Sassouni al demostrar una profundidad facial notable y señalar que la mandíbula era 5 mm más corta que la base superior.

Todos estuvieron de acuerdo en la presencia y magnitud de la protrusión bidental, con excepción del de Wylie, y una parte de dicho método no midió la protrusión dentaria.

En general, todos los estudios fueron bastante aproximados en su evaluación de la dirección de crecimiento, en relación con el cambio mandibular. No ocurriría siempre si muchos patrones distintos se sometieran a este sistema de revisión.

ESTANDARES DE BOLTON

A través de los años se llegó a muchos tipos diferentes de evaluaciones cefalométricas sobrepuestas, desde rejillas hasta patrones poligonales, diversas transparencias, etc. Cada una contribuye al conocimiento incesante sobre el desarrollo y crecimiento dentofacial "normal".

Es posible que los estándares de Bolton sobre el crecimiento y desarrollo de la cara y el cráneo sean la evaluación más completa a la fecha. Estos estándares son patrones faciales seriados óptimos, que incluyen transparencias laterales anuales desde el primer año hasta el decimotavo, con estándares frontales coordinados desde los tres hasta los 18 años, tanto para varones como para mujeres (fig. 14-39).

Publicados por Broadbent, Broadbent, y Golden en 1975, son un método completo de análisis, ya que se presentan el perfil del tejido blando y los elementos esqueléti-

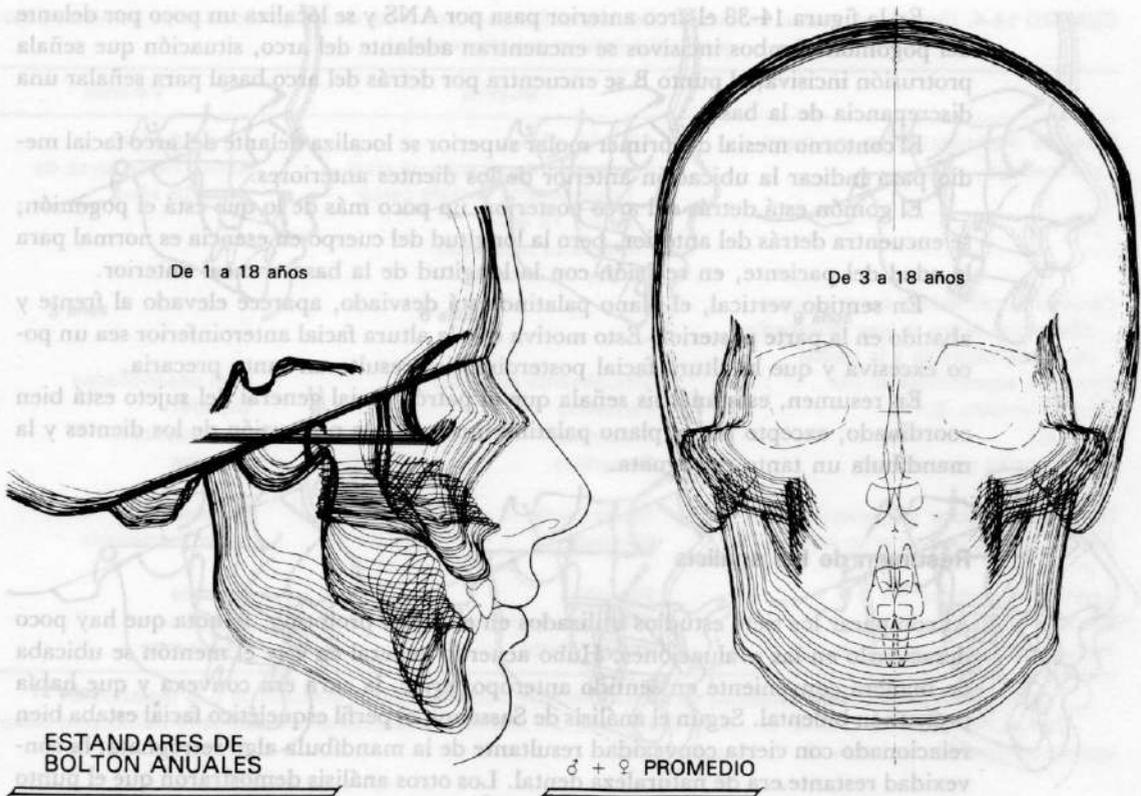


Fig. 14-39. Estándares de Bolton anuales. Se superponen las vistas frontal y lateral en la relación de Bolton. (Tomado de Broadbent, B. H., Sr., B. H. Broadbent, Jr., and W. Golden: *Bolton Standards of Dentofacial Developmental Growth*. St. Louis, C. V. Mosby, 1975.)

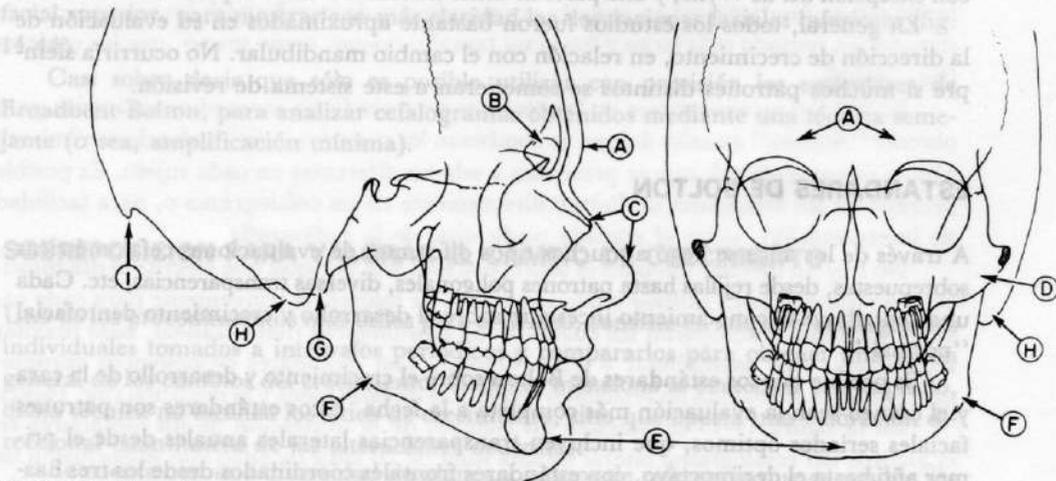


Fig. 14-40. Dimorfismo sexual en el desarrollo craneofacial. El diagrama señala áreas fundamentales de diferenciación que se presentan entre varones y mujeres en los años de la adolescencia. (Tomado de Broadbent, B. H., Sr., B. H. Broadbent, Jr., and W. Golden: *Bolton Standards of Dentofacial Developmental Growth*. St. Louis, C. V. Mosby, 1975.)

CUADRO 14-4. Dimorfismo sexual en los patrones craneofaciales: tres áreas de comparación entre hombres y mujeres, que indican sus diferencias*

	Mujeres	Varones
Brote de crecimiento circumpuberal	10 a 12 años	12 a 14 años
Talla madura	El crecimiento alcanza un nivel relativamente estable cerca de los 14 años Incremento moderado a los 16 años	Activo hasta cerca de los 18 años
Características físicas (se presentan diferencias entre la fase intermedia de la adolescencia y la tardía)		
Borordes supraorbitarios (A)	Virtualmente ausentes	Bien desarrollados
Senos frontales (B)	Pequeños	Grandes
Nariz (C)	Moderada	Más masiva
Prominencias cigomáticas (pómulos) D	Reducidas	Grandes
Sínfisis mandibular (pogonión) (E)	Redondeada	Prominente
Angulo mandibular externo (opinión) (F)	Redondeado	Labio prominente
Cóndilos occipitales (G)	Pequeños	Grandes
Apófisis mastoides (H)	Reducidas y delicadas	Grandes
Protuberancia occipital (inión) (I)	Insignificante	Prominente

* Estas diferencias no se relacionan de manera notable con el equilibrio esquelético o la maloclusión.

Tomado de Broadbent, B. H., Sr., B. H. Broadbent, Jr., and W. Golden: *Bolton Standards of Dentofacial Developmental Growth*. St. Louis, C. V. Mosby, 1975.

cos del cráneo, la cara y la dentición, para efectuar una comparación morfológica y mediciones cefalométricas.

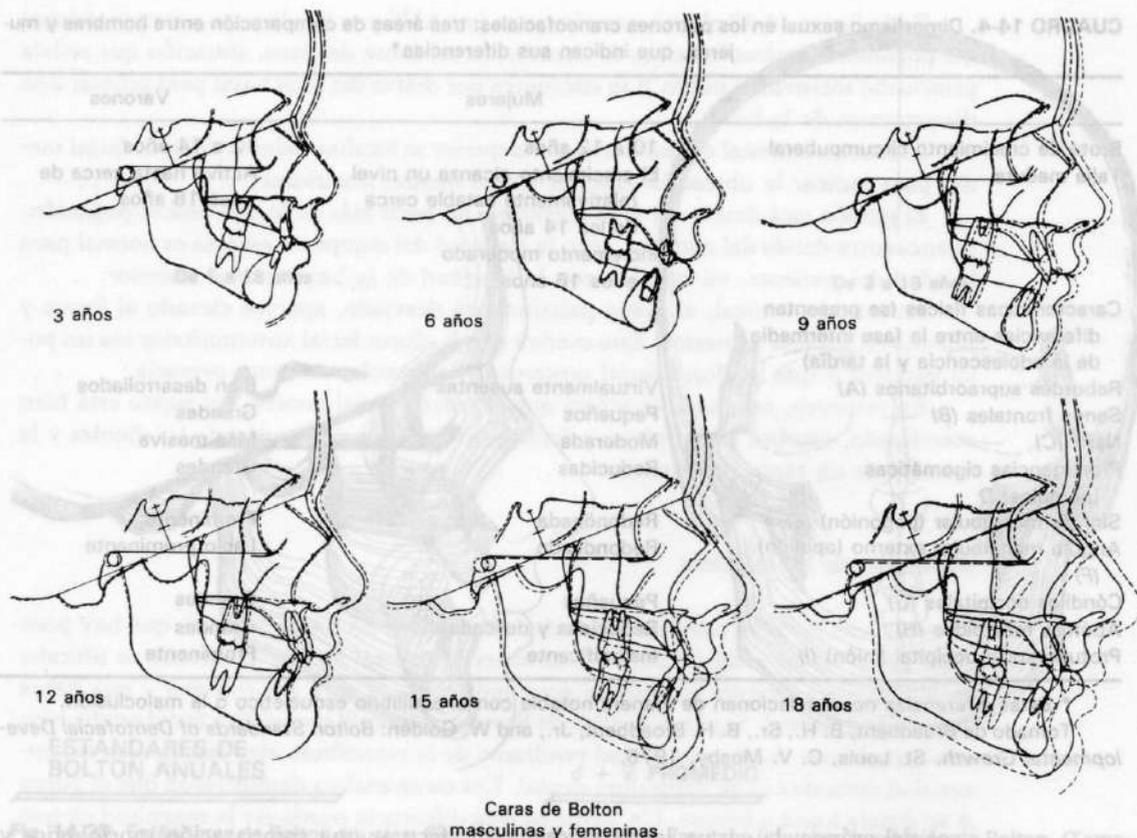
Como no hay dicotomía alguna en cuanto a la diferenciación de tamaño entre los grupos masculino y femenino, se utiliza un promedio de ambos sexos como "estándar" para cada edad. Por supuesto, es evidente la necesidad de considerar el dimorfismo sexual en la forma esquelética periférica (fig. 14-40 y cuadro 14-4). Sin embargo, la diferencia fundamental en tamaño acontece luego de la pubertad; los varones crecen durante un periodo más largo y hasta un tamaño mayor, como grupo, que las mujeres (fig. 14-41).

Es preciso reconocer que en las técnicas de trazado de promedios utilizadas para obtener "normas" anuales únicas, se combinan los periodos individuales de crecimiento rápido circumpuberal, que se presentan a edades diferentes en cada sujeto. Es posible sobreponer los estándares de Bolton directamente en un cefalograma o, para facilidad de interpretación, sobre el trazado tradicional de la radiografía.

No hay un método fijo para la sobreposición, y la persona que efectúa el diagnóstico tiene libertad para utilizar cualquier punto de referencia conveniente para cada caso. A menudo se comparan las cuatro áreas morfológicas (base craneal, base maxilar esquelética, base mandibular y tejido blando), con estándares cronológicos apropiados; entonces se evalúan las relaciones específicas de estas bases y la dentición (fig. 14-42).

En la figura 14-43 se muestra un ejemplo de la utilización de los estándares en el análisis del cefalograma lateral de una niña de 10 años de edad con maloclusión de clase II, división I, de Angle. En este caso se efectuó arbitrariamente la superposición sobre el plano de Bolton en el nasión.

El ejemplo frontal es el de un paciente con asimetría mandibular relevante; se superpone el estándar frontal con base en el "mejor ajuste" en las órbitas y la porción



Caras de Bolton
masculinas y femeninas

Fig. 14-41. Sobreposición en la relación de Bolton de caras boltonianas promedio para varones y mujeres. Se muestra un patrón morfológico similar; el primer cambio importante en tamaño que acontece entre los 12 y 15 años se presenta hacia los 14. (Tomado de Broadbent, B. H., Sr., B. H. Broadbent, Jr., and W. Golden: *Bolton Standards of Dentofacial Developmental Growth*. St. Louis, C. V. Mosby, 1975.)

facial superior, para mostrar con más claridad las desviaciones faciales inferiores (fig. 14-44).

Casi sobra decir que sólo es posible utilizar con precisión los estándares de Broadbent-Bolton, para analizar cefalogramas obtenidos mediante una técnica semejante (o sea, amplificación mínima).

SOBREPOSICION PARA VALORAR EL CAMBIO DE CRECIMIENTO

Uno de los procedimientos más útiles para el clínico, consiste en adquirir cefalogramas individuales tomados a intervalos periódicos y compararlos para obtener una visión general de los cambios del crecimiento. Como se mencionó al comenzar este capítulo, dicha técnica no localiza los sitios de crecimiento, sino que aporta una valoración direccional cuantitativa de las alteraciones ocurridas.

Se cuenta con una diversidad de planos y puntos de referencia que es posible sobreponer para establecer los cambios del crecimiento. Es posible que lo más frecuente sea superponer dos trazados seriados con punto de registro en la silla y las líneas S-Na superpuestas una sobre otra. Este sistema produce un aspecto compuesto del cambio

del crecimiento durante el periodo transcurrido entre ambas tomas, y es razonablemente exacto en la medida que el cambio de crecimiento en el nasión sigue una extensión de la línea S-Na original. La mayor parte del cambio en esta región ocurre por crecimiento del seno frontal, por lo que la migración ascendente o descendente de la sutura frontonasal produciría un error. Sin embargo, sigue siendo un método muy usual para sobreponer trazados cefalométricos seriados con este fin. En la figura 14-45 se presenta un ejemplo con el paciente R.B., se ilustra un patrón de crecimiento esencialmente normal. El progreso descendente y hacia adelante del maxilar y la mandíbula prosigue en sentido paralelo. El mentón sigue de modo muy estrecho una extensión del eje Y; en casi tres años de crecimiento, la longitud de la base craneal anterior aumentó 2.5 mm y la del cuerpo mandibular, 6.0 mm. La angulación de la base craneal se abrió un poco, situación que contrarrestó en cierto grado el crecimiento mandibular, en términos de la posición mentoniana anteroposterior.

La figura 14-37 ilustra el caso de otro paciente, en quien la postura del mentón se desplazó hacia abajo y atrás, para aumentar la convexidad facial.

RESUMEN

Se reconoce que este análisis de la cefalometría fue una revisión muy breve de las técnicas y los principios utilizados en este recurso de valoración craneofacial. El método de adquirir cefalogramas para trazarlos y medirlos es simple y posee precisión demostrada. A través de los últimos sesenta y tantos años, se presentaron varias mediciones y

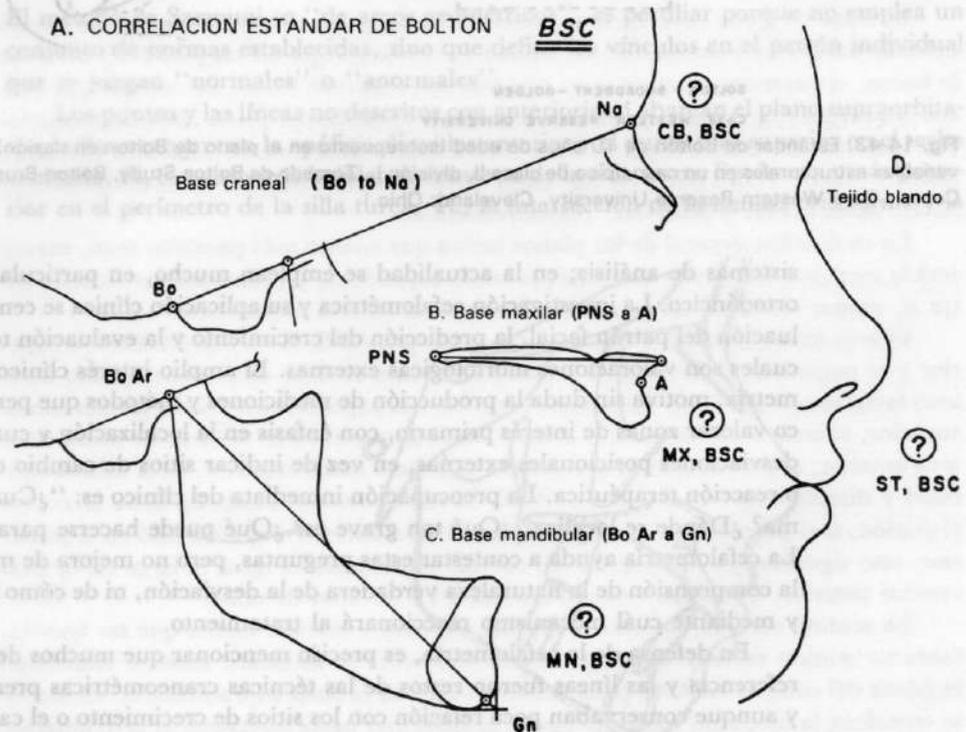


Fig. 14-42. Correlación estándar de Bolton (BSC). Representación diagramática de los puntos de referencia empleados cuando se utilizan estándares compuestos para asignar niveles etarios de Bolton estándar a tres elementos esqueléticos del complejo craneofacial. (Tomado de Broadbent, B. H., Sr., B. H. Broadbent, Jr., and W. Golden: *Bolton Standards of Dentofacial Developmental Growth*. St. Louis, C. V. Mosby, 1975.)

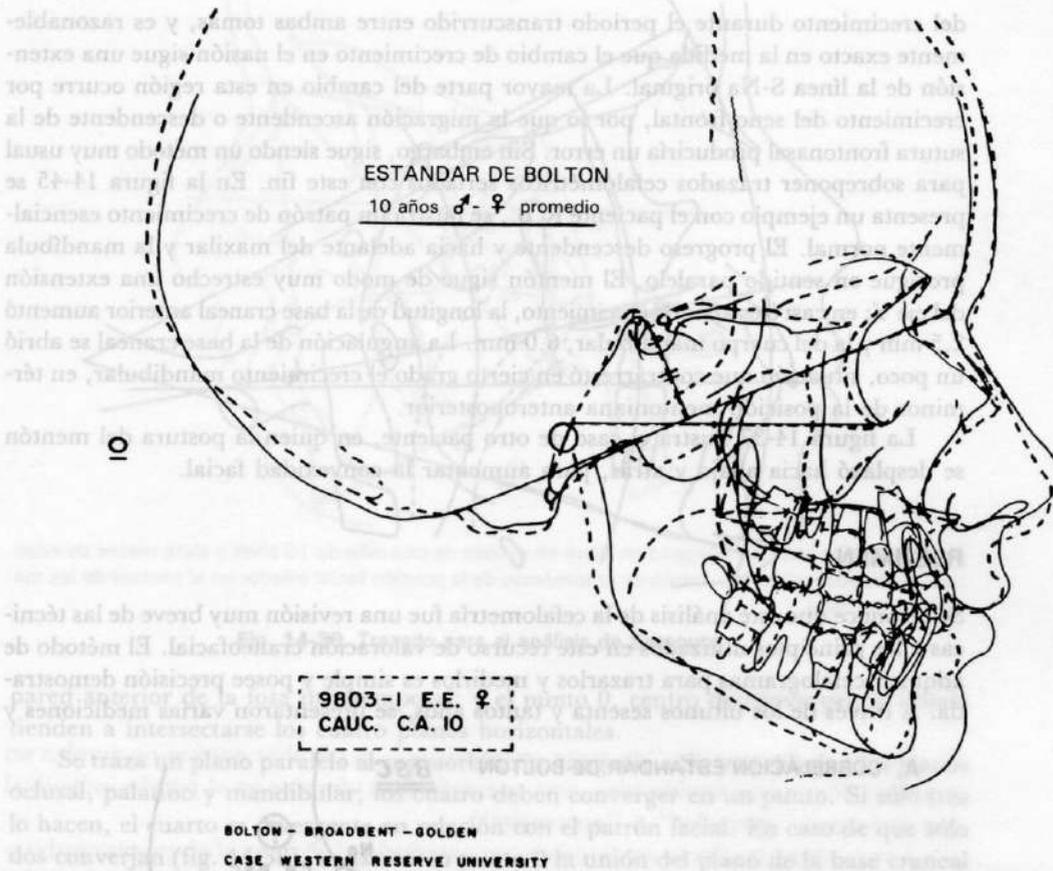


Fig. 14-43. Estándar de Bolton de 10 años de edad (sobrepuesto en el plano de Bolton en posición de nacimiento) para indicar las variables estructurales en un caso típico de clase II, división I. (Tomado de Bolton Study, Bolton-Brush Growth Study Center, Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio.)

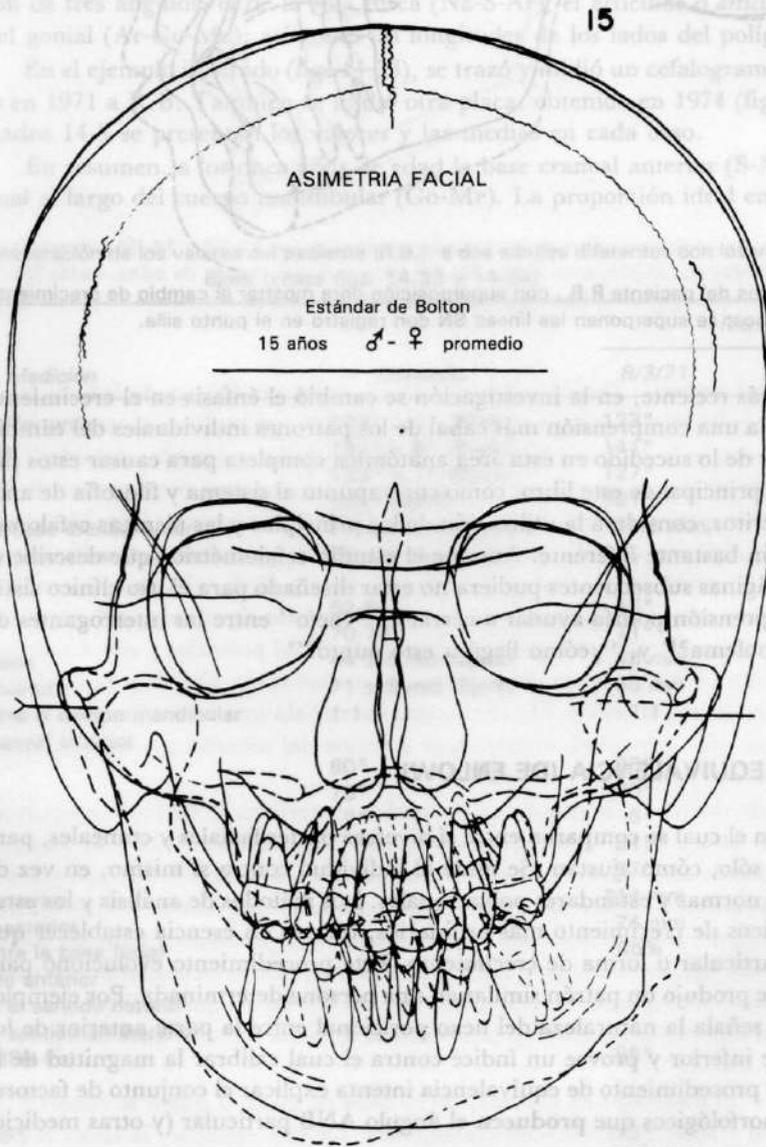
sistemas de análisis; en la actualidad se emplean mucho, en particular en el campo ortodóncico. La investigación cefalométrica y su aplicación clínica se centran en la evaluación del patrón facial, la predicción del crecimiento y la evaluación terapéutica, las cuales son valoraciones morfológicas externas. El amplio interés clínico por la cefalometría, motiva sin duda la producción de mediciones y métodos que permiten al clínico valorar zonas de interés primario, con énfasis en la localización y cuantificación de desviaciones posicionales externas, en vez de indicar sitios de cambio de crecimiento o reacción terapéutica. La preocupación inmediata del clínico es: “¿Cuál es el problema? ¿Dónde se localiza? ¿Qué tan grave es? ¿Qué puede hacerse para corregirlo?” La cefalometría ayuda a contestar estas preguntas, pero no mejora de manera notable la comprensión de la naturaleza verdadera de la desviación, ni de cómo llegó a ser así, y mediante cuál mecanismo reaccionará al tratamiento.

En defensa de la cefalometría, es preciso mencionar que muchos de los puntos de referencia y las líneas fueron restos de las técnicas craneométricas prerradiográficas, y aunque conservaban poca relación con los sitios de crecimiento o el cambio terapéutico, eran fáciles de ubicar y se prestaban de modo conveniente a la clase de evaluación geométrica vigente.

Se reconoció la desviación por comparación de las mediciones del paciente con medias derivadas estadísticamente y obtenidas mediante el estudio de muestras poblacio-

nales selectas. Tal vez sea exagerado decir que tal procedimiento sufre al parecer el error potencial de no identificar la variabilidad biológica, y se nota el intento de hacer que toda la gente se parezca.

La evaluación general del crecimiento y el cambio terapéutico, ya ilustrados, son de valor limitado en este contexto, porque sólo registran lo acontecido, sin divulgar la naturaleza y ubicación verdaderas del cambio. Esto no significa que la cefalometría sea un instrumento inútil para el clínico y el investigador por igual, ya que es muy probable que su modo vigente de uso siga siendo parte importante del estudio craneo-facial y la valoración clínica.



BOLTON - BROADBENT - GOLDEN CASE WESTERN RESERVE UNIVERSITY

Fig. 14-44. Estándar frontal de Bolton en un paciente de 15 años de edad (superposición en el plano sagital medio y las órbitas) para señalar la asimetría facial en una situación típica. (Tomado de Bolton Study, Bolton-Brush Growth Study Center, Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio.)

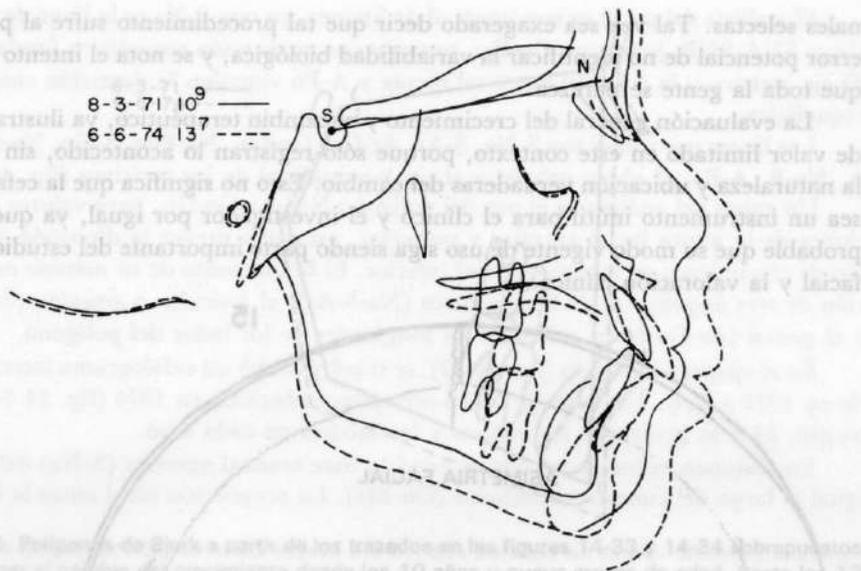


Fig. 14-45. Trazados del paciente R.B., con superposición para mostrar el cambio de crecimiento a través de tres años; se superponen las líneas SN con registro en el punto silla.

En época más reciente, en la investigación se cambió el énfasis en el crecimiento y desarrollo hacia una comprensión más cabal de los patrones individuales del cambio de crecimiento y de lo sucedido en esta área anatómica completa para causar estos patrones. El autor principal de este libro, como contrapunto al sistema y filosofía de análisis apenas descritos, considera la utilización de los principios y las técnicas cefalométricos para un fin bastante diferente. Aunque el estudio cefalométrico que describe el Dr. Enlow en páginas subsiguientes pudiera no estar diseñado para el uso clínico sistemático, su comprensión podría ayudar a cerrar el “vacío” entre las interrogantes de “¿cuál es el problema?” y, “¿cómo llegó a este punto?”

ANÁLISIS DE EQUIVALENCIA (DE ENLOW)

Es un método en el cual se comparan entre sí diversas partes faciales y craneales, para considerar, tan sólo, cómo ajustan. Se mide al individuo contra sí mismo, en vez de compararlo con normas y estándares poblacionales. Los métodos de análisis y los estudios cefalométricos de crecimiento más ordinarios, buscan en esencia establecer **qué** es un patrón particular o forma de crecimiento. Este procedimiento evolucionó para explicar **cómo** se produjo un patrón similar en una persona determinada. Por ejemplo, el ángulo ANB señala la naturaleza del nexo posicional entre la parte anterior de los arcos superior e inferior y provee un índice contra el cual calibrar la magnitud de la maloclusión. El procedimiento de equivalencia intenta explicar el conjunto de factores anatómicos y morfológicos que **producen** el ángulo ANB particular (y otras mediciones) encontrado en un sujeto.

No se intenta que los planos y ángulos cefalométricos más ordinarios coincidan o señalen sitios o campos de crecimiento y remodelación verdaderos; en consecuencia, no son apropiados para los fines esencialmente anatómicos antes descritos. Como la mayor parte de los planos y ángulos estándares no representan los patrones y la distri-

bución de los campos de crecimiento, se requieren comparaciones del individuo con estándares de una población; por lo general no hay más fundamento para la interpretación, dada la naturaleza de los planos mismos. Sin embargo, si éstos se construyen de tal modo que, en realidad, las acciones de los campos de crecimiento y remodelación se representen de manera directa, es posible reconocer un conjunto inherente y morfológicamente natural de "estándares" que permite la evaluación apropiada de la forma y el patrón craneofacial general, sin comparaciones poblacionales.

El análisis radica en el **principio de las contrapartes o de equivalencia**; es el fundamento real de diseño sobre el cual se edifica la cara y se apoya el plan de su mecanismo intrínseco de crecimiento. En los capítulos 3 y 5 se describió el concepto de equivalencia y se usó como base de trabajo para explicar cómo crece la cara. En efecto, el análisis de equivalencia es el mismo; muestra **dónde** acontecen los desequilibrios, **cuánto** influye y cuáles son los **efectos**. Para revisar con exactitud qué es una "contraparte" consúltense las páginas 59 a 61 y 171.

En la figura 14-46 se dibujaron las líneas de construcción sobre un trazado cefalométrico, para representar varios campos y sitios clave de crecimiento. Abarcan la tuberosidad del maxilar, el cóndilo mandibular (se emplea articular o *articulare* por conveniencia, en vez de condilión), la unión del cuerpo y la rama, el borde posterior de ésta, las superficies anteriores de los arcos óseos superior e inferior, el plano oclusal y la conexión entre las fosas craneales medias y anteriores (la extensión más anterior de las alas mayores del esfenoideas donde cruzan el piso craneal). Es posible añadir más planos para representar otras áreas principales de crecimiento, si se desea, como el arco cigomático, el paladar, el plano olfatorio, y el plano anterior y vertical de la región facial media.

Nótese la representación del plano vertical **PM**; es el límite importante que separa la fosa craneal anterior y el complejo nasomaxilar, respecto de la faringe y la fosa craneal media. La rama se relaciona con la faringe, y el cuerpo con la fosa craneal media (pág. 171).

Dos factores básicos son útiles para evaluar la función de cualquier hueso o parte ósea en un conjunto de huesos distintos. El primero es el **tamaño** óseo (horizontal y vertical); el segundo, su **orientación** (ubicación rotacional). En este análisis, es indispensable considerar ambos. La razón es que la naturaleza de la orientación de cualquier hueso modifica la **expresión** de sus diversas dimensiones (cap. 6). No basta con medir el tamaño de un hueso (puede resultar engañoso); es preciso conocer también su orientación para poder establecer con exactitud cómo afecta este elemento sus dimensiones verdaderas. En el análisis de equivalencia, se valoran ambas en todas las diversas partes y contrapartes óseas.

En resumen, la explicación es que el tamaño vertical u horizontal de una parte determinada se compara con el correspondiente a su(s) contraparte(s) específica(s). Si coinciden con exactitud, o casi, se registra entre ambas un "equilibrio" dimensional. Sin embargo, si una es más larga o corta que la otra, el desequilibrio resultante puede crear **protrusión** o **retrusión** de la zona facial comprendida; en consecuencia, se afecta el perfil, de manera directa o indirecta (fig. 14-46). Entonces se revisa la orientación de las diversas partes y contrapartes para saber si cada una, de manera independiente, posee un efecto protrusivo o retrusivo, sin importar la naturaleza dimensional. Luego se suman todos los vínculos regionales entre las partes y contrapartes, para establecer de qué manera la suma de todas sustenta a la cara de un individuo dado. Es posible efectuar lo anterior en un trazado cefalométrico sencillo a cualquier edad, o se pueden utilizar cefalogramas seriados para establecer los efectos progresivos de los cambios etarios o de los resultados terapéuticos.

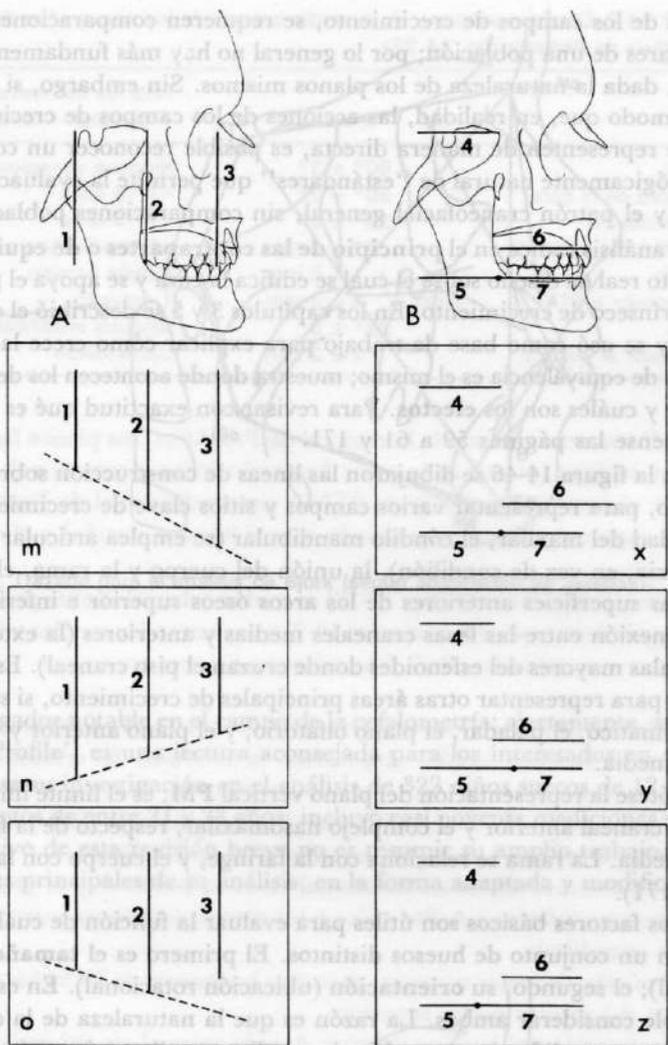


Fig. 14-46. A, tres contrapartes arquitectónicas verticales: la vertical del piso craneal a la rama (1); el nasomaxilar posterior (2); y el anterior (3). Todos se encuentran en equilibrio dimensional exacto; por tanto, el plano oclusal funcional coincide con el eje oclusal neutro, que es perpendicular a los tres planos verticales. No obstante, si acontece un desequilibrio dimensional vertical, el resultado es, por necesidad, rotación oclusal descendente (*m*), la rotación oclusal ascendente (*n*), o una mordida abierta (*o*). (B), cuatro contrapartes arquitectónicas horizontales: la fosa craneal media (4), la rama (5), el maxilar (6) y el cuerpo mandibular (7). También interviene la fosa craneal anterior, pero no se incluye en el diagrama. Si todas estas contrapartes horizontales se encuentran en equilibrio, como en *D*, sus dimensiones verdaderas se aproximan mucho a una igualación precisa y los huesos "ajustan" entre sí. El diagrama *x* indica un arco superior excesivo en relación con un cuerpo muy pequeño. Los otros segmentos (4 y 5) se encuentran en equilibrio; el resultado es la protrusión maxilar. El diagrama *y* muestra un desequilibrio maxilomandibular semejante, pero la rama, aunque de hecho se encuentra fuera de equilibrio en relación con la base craneal, aporta compensación dimensional, de tal modo que puede conseguirse equilibrio agregado en el conjunto global de las partes. El diagrama *z* ilustra una fosa craneal media "larga" que no se encuentra en equilibrio dimensional con una rama "corta". Sin embargo, hay equilibrio agregado porque también se registra desequilibrio entre el cuerpo y el maxilar, por lo que la suma de todas sus dimensiones está en equilibrio. Es evidente que entre los conjuntos de estas contrapartes arquitectónicas que producen una cara en equilibrio o desequilibrio pueden presentarse muchas otras combinaciones semejantes. **Nota:** el factor importante de la alineación no se incluye en estas figuras. (Tomado de Enlow, D. H., R. E. Moyers, W. S. Hunter, and J. A. McNamara, Jr.: A procedure for the analysis of intrinsic facial form and growth. *Am. J. Orthod.*, 56:6, 1969.)