

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE MEDICINA



TESIS DOCTORAL

Análisis morfométrico y modelo matemático del nervio dentario inferior

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Carlota Andreu Arasa

Directores

María Luisa Vega González
Vicente Martínez San Juan
Julián Rodríguez Ruiz

Madrid, 2014

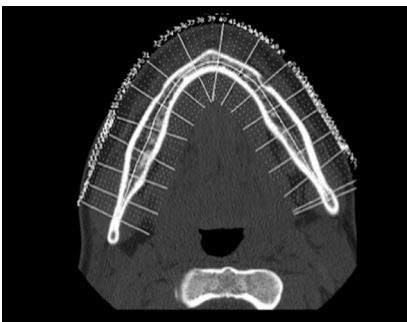


UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA



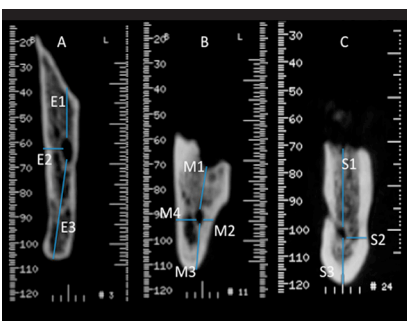
TESIS DOCTORAL

$$\gamma(t) = (a, \\ = (a + dt,$$



ANÁLISIS MORFOMÉTRICO Y MODELO MATEMÁTICO DEL NERVI DENTARIO INFERIOR

$$\partial(t) = (a \\ (a' + d't,$$



Carlota Andreu Arasa



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

TESIS DOCTORAL

ANÁLISIS MORFOMÉTRICO Y MODELO MATEMÁTICO DEL NERVIO DENTARIO INFERIOR

AUTORA: D^a Carlota Andreu Arasa

DIRECTORES DE TESIS: Prof. Dra. D^a María Luisa Vega González
Prof. Dr. D^o Vicente Martínez Sanjuan
Prof. Dr. D^o Julián Rodríguez Ruiz

A G., mi compañero de viaje.

agradecimientos

A la Prof. Dña. Maria Luisa Vega González, por haberme ofrecido su dirección, por sus sabios consejos prácticos, por su eficiencia, y por ayudarme a distinguir lo relevante de lo secundario en el desarrollo de este trabajo.

Al Prof. D. Vicente Martínez Sanjuán, por haberme ofrecido su dirección y haberme dedicado tanto tiempo, a pesar del volumen de trabajo y de la distancia física que nos ha separado durante el desarrollo de este estudio.

Al Prof. D. Julián Rodríguez Ruiz, por haberme ofrecido su dirección, por su disponibilidad a cualquier hora y cualquier día de la semana, y sobre todo, por su ayuda en el mundo de los números que él tan bien conoce y enseña.

A la Profa. Dña. Crótida de La Cuadra Blanco, por su involucración en el desarrollo de este estudio, desde el día en que, por casualidad, la encontré en un pasillo silencioso del Departamento de Anatomía de la Facultad. Gracias por su ayuda y por su generosidad, siempre acompañada de las más amplias de las sonrisas.

Al Prof. D. Ignacio Uriarte-Tuero, por su mente prodigiosa y por su capacidad de aplicar sus vastos conocimientos matemáticos a cualquier campo de la ciencia. Ha dedicado a mis ideas el tiempo del que no disponía, siendo siempre paciente, receptivo y analítico.

A los Ingenieros D. José González-Estrada y D. Gianfranco Butera Dell'Aira, y a sus cerebros bien amueblados, por su esfuerzo y por su tiempo en el desarrollo del cálculo y análisis matemático de este estudio.

A la Dra. Assia Litcheva, compañera y amiga, por su ayuda en la toma de datos y por su constante apoyo y estímulo.

A mis padres por haberme enseñado que la constancia lo puede todo, por haberme transmitido disciplina y capacidad de esfuerzo. Porque siempre me han explicado que cuanto más trabajo se tiene, con organización, más eficazmente se usa el tiempo y mejor sabe el disponible para el ocio.

A mi marido, por su calma y equilibrio emocional cuando a mí me falta, por transmitirme paz y serenidad. Por su apoyo incondicional en todo lo que hago.

índice

1.- INTRODUCCIÓN	9
1.1.- Anatomía del nervio trigémino	9
1.2.- Anatomía del mandibular	10
1.3.- Anatomía del nervio mandibular inferior.....	11
1.4.- Etiología de las lesiones del nervio dentario inferior	13
1.5.- Consideraciones fisiopatológicas	16
1.6.- Aspectos citológicos de las lesiones nerviosas	17
1.7.- Aspectos histológicos de las lesiones nerviosas.....	19
1.8.- Clasificación de lesiones nerviosas	20
1.9.- Aspectos clínicos de las lesiones nerviosas.....	23
1.10.- Aspectos radiológicos	25
2.- HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	43
2.1.- Hipótesis	43
2.1.- Objetivos.....	43
3.- MATERIAL Y MÉTODOS	47
3.1. Material	47
A) Mandíbulas disecadas	47
B) TC multicorte.....	47
C) Estación de trabajo	47
D) Programa de visualización	48
3.2. Método	48
A) Recogida de muestra	48
B) Adquisición de imágenes mediante TC y postprocesado	49
C) Recogida de datos	51
I.- Datos para el análisis morfométrico	51
II.- Datos para el cálculo de la trayectoria	53
D) Desarrollo matemático	55
- Primer paso	56
- Segundo paso.....	57
- Tercer paso	57

- Cuarto paso	58
- Quinto paso	60
- Sexto paso	60
- Séptimo paso	62
4.- RESULTADOS.....	67
I.- Análisis morfométrico.....	67
II.- Definición de la función de la trayectoria del nervio dentario inferior	70
5.- DISCUSIÓN.....	79
I.- Discusión del análisis morfométrico	79
II.- Discusión de la definición de la función de la trayectoria del nervio dentario inferior.....	84
6.- CONCLUSIÓN.....	89
7.- SUMMARY	93
7.- BIBLIOGRAFÍA	105
8.- APÉNDICE.....	115



introducción

1.1. ANATOMÍA DEL NERVIOS TRIGÉMINO

El nervio trigémino (V par craneal) es, de los doce pares craneales, el más voluminoso.

Tiene un componente motor para inervar los músculos masticatorios principalmente y otros no masticatorios como son el músculo milohioideo o el digástrico. Asimismo presenta un componente sensitivo que recibe información de la cara, las cavidades oral y nasal, y el cuero cabelludo.

Además, tiene un componente propioceptivo de los músculos masticatorios y extraoculares. (Williams y Warwick, 1995).

Los cuerpos neuronales de la primera neurona del componente sensitivo descrito se encuentran en su mayor parte en el ganglio de Gasser, que se localiza en el cavum de Meckel, cerca del vértice del peñasco del hueso temporal. Desde el ganglio de Gasser las fibras del nervio trigémino se dirigen siguiendo tres direcciones, hacia tres columnas de terminación.

Cualquier nervio sensitivo del tronco o de los miembros conduce cuatro clases de sensibilidad: exteroceptiva nociceptiva, exteroceptiva discriminativa, propioceptiva e interoceptiva.

A diferencia de otros nervios, el nervio trigémino no parece que contenga fibras para la sensibilidad interoceptiva, aunque sí que conduce los otros tres tipos de sensibilidad, y por tanto, tiene un núcleo para cada una de ellas, que se corresponden, con el análogo

de la cabeza del asta posterior, núcleos bulbares inferiores y núcleos propioceptivos del cuello del asta posterior.

La neurona nociceptiva reside en el bulbo; la discriminativa en la protuberancia y la propioceptiva en el mesencéfalo.

El núcleo descendente del V par craneal, también llamado núcleos tr. Spinalis se localiza próximo a la cabeza del asta posterior y tiene apariencia gelatinosa como el núcleo gelatinoso del asta posterior, y por eso se le denomina también núcleo gelatinoso. De él se originan fibras que cruzan la línea media y se unen al fascículo nociceptivo medular (fascículo espinotalámico lateral).

Las fibras táctiles discriminativas alcanzan el núcleo localizado en la protuberancia, el núcleo sensorial (nucleus sensorius superior). Los axones que surgen de este núcleo llegarán por tratarse de sensibilidad fina, al lemniscus medialis o cinta de Reil medial.

Respecto a las fibras propioceptivas que proceden de los músculos cutáneos de la cara y músculos masticadores, ascienden, con el nombre de raíz mesencefálica del trigémino hasta el núcleo mesencefálico (nucleus tr. Mesencephali) situado en el mesencéfalo.

1.2. ANATOMÍA DEL NERVIIO MANDIBULAR

El nervio trigémino se divide a partir del ganglio de Gasser en tres ramas que dan lugar a tres nervios: el nervio oftálmico (V1); el nervio maxilar (V2) y el nervio mandibular (V3).

El nervio oftálmico (V1) sale del cráneo por la hendidura esfenoidal y se divide en tres ramas terminales, que son los nervios frontal, lagrimal y nasociliar.

Se encargan de transmitir el tacto, el dolor, la temperatura y la información propioceptiva de la córnea y conjuntiva, la frente, etmoides y senos frontales.

El nervio maxilar (V2) nace del borde convexo del ganglio de Gasser y sale del cráneo por el agujero redondo mayor.

Atraviesa la fosa pterigo-palato-maxilar, el canal suborbitario y el conducto suborbitario, y, cuando llega al agujero suborbitario, se divide en ramas terminales que se encar-

gan de llevar información sensitiva de los maxilares y la piel circundante, del paladar, de la cavidad nasal, la nasofaringe y las meninges de la fosa craneal anterior y media.

Finalmente, la tercera rama descrita o V3 es el nervio mandibular.

Este tronco nervioso está formado por fibras que provienen de la raíz sensitiva del ganglio de Gasser y fibras que se originan en la raíz motora delgada que se incorporan a éste.

Sale del cráneo atravesando el agujero oval y entonces, se localiza entre el músculo periestáfino externo y el pterigoideo externo.

A este nivel el nervio mandibular emite dos ramas: el nervio meníngeo recurrente y el nervio pterigoideo interno.

Posteriormente, el nervio mandibular se divide en dos troncos, el anterior y el posterior.

El tronco anterior tiene una única rama sensitiva, el nervio bucal y otras ramas motoras: el nervio masetero y los nervios temporales profundos.

El tronco posterior es eminentemente sensitivo, y se divide en cuatro ramas. Una primera que es un tronco común de la que salen tres nervios terminales, el periestafino externo, el pterigoideo interno y el nervio para el músculo del martillo. La segunda es el nervio dentario inferior, siendo la tercera el nervio lingual y la cuarta el nervio auriculotemporal.

1.3. ANATOMÍA DEL NERVIO DENTARIO INFERIOR

El nervio dentario inferior se origina en el tronco posterior de la rama mandibular del nervio trigémino.

Desciende entre la musculatura del pterigoideo interno y externo, pasando por el borde inferior de éste, entre la rama ascendente de la mandíbula (dorsal al nervio lingual) y el ligamento esfenomaxilar.

Después de dar una rama colateral, el nervio milohioideo, se introduce en el interior de la mandíbula a través de un orificio, que es el origen de un canal o estuche óseo, el canal dentario inferior o canal mandibular.

En algunas ocasiones se ha descrito ausencia de “estuche óseo”, atravesando el nervio dentario inferior la esponjosa ósea.

Discurre por debajo de los ápices dentarios a los que da ramas sensitivas.

Este nervio tiene función puramente aferente inervando además de los dientes inferiores, el hueso y la mucosa gingival de la mandíbula en su mayor parte.

Algunos estudios concluyen que el canal dentario inferior tiene morfología ovoidea, siendo de menor diámetro al avanzar por el cuerpo mandibular; su diámetro oscila entre los 2 y los 4 mm (Limbour y Totel, 1988), siendo de 3,25 mm de media al alcanzar la zona de los terceros molares inferiores, y entre 2,3 y 2,6 mm en su recorrido distal (Beltran, 2011).

En un estudio de Anderson y colaboradores (1991), se indica que el nervio dentario inferior cursa en una rama única en el 66% de los casos, mientras en el otro 34% presentan diferentes variantes morfológicas, con ramas que discurren por fuera del nervio mandibular inferior, recorriendo la mandíbula cerca de la cortical lingual en la región posterior y cerca de la cortical vestibular en la región anterior, terminando en algunas ocasiones en agujeros mentonianos bífidos. Los canales mandibulares bífidos se identifican más claramente en la TC pasando desapercibidos en muchas ocasiones con otras técnicas (Claeys, 2005).

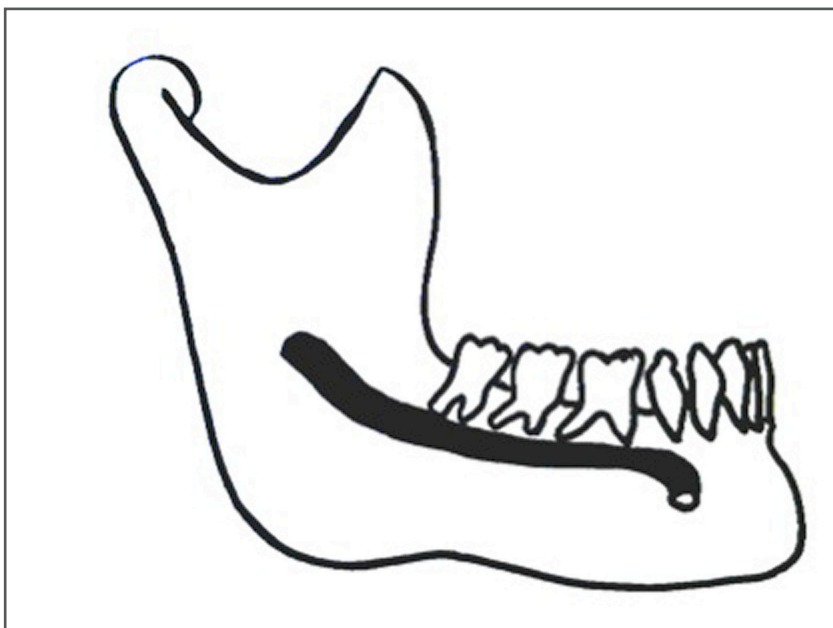


Figura 1. Esquema de la trayectoria del nervio dentario inferior

A la altura del agujero mentoniano, el nervio dentario inferior se divide en dos ramas terminales: el nervio mentoniano que sale por el agujero al que da su nombre, y el nervio incisivo que es una rama interna y que termina caudal a los incisivos anteroinferiores.

El nervio mentoniano describe una curva dirigiéndose posterior, superior y lateralmente para inervar el labio y la mucosa vestibulares entre el segundo premolar.

1.4. ETIOLOGÍA DE LAS LESIONES DEL NERVILO DENTARIO INFERIOR

El nervio dentario inferior, a pesar de estar protegido en una porción importante de su camino por una envoltura ósea que constituye el canal dentario o canal mandibular, del hueso mandibular, puede verse afectado por múltiples procesos patológicos y iatrogénicos.

La osteomielitis ósea mandibular puede originarse de forma espontánea, por transmisión hemática de un patógeno, aunque es más frecuente, dentro de lo infrecuente del proceso, la afectación ósea tras la manipulación quirúrgica. La lesión nerviosa por contigüidad de una osteomielitis mandibular es muy infrecuente, y produce anestesia o disestesia labial o "signo de Vincent".

Los procesos tumorales benignos o malignos pueden afectar al canal mandibular en su crecimiento, y, por tanto, también pueden afectar al paquete vasculo-nervioso que discurre a través de él.

Los tumores cuyo origen está en el paquete vasculo-nervioso, tienden a ensanchar el canal mandibular, distorsionándolo. Pueden ser de origen vascular como los hemangiomas o de estirpe nerviosa como los Schwannomas o los neurofibromas, siendo éstos últimos más frecuentes.

Shapiro (1984) estudió las ortopantomografías de pacientes con enfermedad de von Recklinghausen, y encontró que el 72% de los 22 pacientes estudiados presentaban ensanchamiento del canal mandibular o del foramen de entrada debido a la formación de neurofibromas.

Los tumores de origen óseo (osteosarcomas, condrosarcomas, mieloma, displasia fibrosa...) pueden ensanchar o estrechar el canal dentario según su localización y dirección de crecimiento.

También los tumores de partes blandas de la cavidad oral (como el carcinoma epidermoide) en su crecimiento e invasión pueden condicionar afectación ósea y por tanto lesionar el nervio dentario inferior.

Los traumatismos faciales no son infrecuentes en el mundo occidental. Éstos condicionan fracturas mandibulares que afectan al cuerpo o ángulo mandibular con la consiguiente posibilidad de dañar el nervio dentario.

Tanto el traumatismo en sí, como el procedimiento de reducción y estabilización posterior, pueden implicar tracción o compresión del nervio.

Pero la causa más frecuente de lesión nerviosa del nervio dentario inferior es la iatrogénica, teniendo en cuenta la multiplicidad y frecuencia de los procedimientos empleados.

La exodoncia de los premolares o molares es una práctica habitual entre los odontólogos y los cirujanos maxilofaciales. Es un procedimiento tan habitual, que es, con seguridad, el procedimiento quirúrgico más frecuentemente realizado en el área máxilofacial y por tanto resulta obvio que sea la causa más frecuente de lesión nerviosa por afectación del nervio dentario inferior.

La afectación nerviosa puede ser directa, por la toxicidad de los productos anestésicos locales o la manipulación ósea con el instrumental quirúrgico, o bien indirecta, por edema o hematoma postquirúrgicos o por el edema producido por los movimientos de los ápices dentarios durante la extracción.

Son múltiples los factores predisponentes en la posible lesión del nervio dentario inferior, pero, sin duda, la proximidad del ápice radicular al canal mandibular o conducto dentario, es la más determinante.

Así, ya Howe y Poyton, (1960), y otros autores afirman que las alteraciones sensitivas en la extracción de terceros molares es notablemente mayor si están próximos o en contacto con el canal mandibular, en comparación a si se encuentran lejos del mismo.

No solo la proximidad del ápice del cordal al canal mandibular determina la posibilidad o potencial riesgo lesivo sobre el nervio citado, sino también su profundidad. Kipp y colaboradores (1980), concluyen que los cordales incluidos incrementan el riesgo lesivo por requerir mayor manipulación y resección de tejido óseo próximo al canal dentario.

La posición del cordal a extraer también tiene su importancia. Algunos autores demuestran en sus estudios como la posición horizontal es la que se acompaña de mayor incidencia de parestesias, y otros autores (menos numerosos) obtienen mayores incidencias en posiciones distoangulares o mesioangular .

El sangrado abundante durante la extracción también se ha relacionado con complicaciones nerviosas, y más aún la visualización de los vasos del paquete vásculo-nervioso durante el procedimiento, factores que implican una manipulación ósea significativa y, por tanto, un elevado riesgo de alcanzar directa o indirectamente el nervio dentario.

Se ha relacionado la anestesia general con mayor incidencia de afectación nerviosa, quizás porque es ésta la forma de anestesia empleada en procedimientos quirúrgicos que se sospechan complicados, y con mayor implicación de manipulación ósea. La anestesia local produce por sí misma lesiones nerviosas. Se han descrito lesiones nerviosas permanentes tras la administración de anestésicos en anestésias tronculares del nervio dentario inferior, posiblemente por contacto de la aguja con la cortical interna de la rama ascendente mandibular haciendo que ésta se doble y condicione desgarro de los tejidos nerviosos como sugiere Stacy (1994).

En definitiva, la técnica anestésica es un hecho a tener en cuenta en la incidencia de daño nervioso, aunque el procedimiento anestésico es una causa infrecuente de lesión nerviosa.

La técnica quirúrgica empleada y los instrumentos utilizados también se han relacionado con el daño nervioso.

La osteotomía realizada en la extracción se realiza con diversos instrumentos, como la "Fresa", cuyo abordaje es vestibular o el "Escoplo" o "Cinzel" cuyo abordaje es lingual y se emplea para eliminar la cortical superior y lingual. Para prevenir éstas lesiones se proponen técnicas quirúrgicas modificadas realizando osteotomías con "Cinzel" mejor que con "Fresa", aunque otros autores discrepan como Mason (1988) que afirma que no existe diferencias significativas en el uso de distintos utensilios.

Las apicectomías y los procedimientos endodóncicos de molares y premolares, en pacientes cuyos ápices se encuentren próximos al conducto dentario inferior, pueden producir alteración nerviosa por varios motivos: por perforación del conducto

con el instrumental quirúrgico, por utilización de sustancia obturadora en exceso que produzca compresión física, y por toxicidad química de las sustancias obturadoras empleadas.

En los procedimientos de implantología, el nervio dentario inferior, se puede ver afectado tanto durante el procedimiento, como posteriormente por movilización del implante. La probabilidad de lesión de este procedimiento es tanto mayor cuanto más atrófica sea la mandíbula, ya que la cantidad de hueso entre la cresta alveolar y el conducto dentario es menor (Denissen,1984).

También es mayor la probabilidad de lesionar el nervio dentario inferior, si la colocación del implante es más lingual que vestibular en el plano coronal debido a la trayectoria del nervio como veremos posteriormente.

Existen múltiples técnicas de cirugía preprotésica con intención de aumentar el espesor mandibular que incluyen osteotomías y posterior colocación de injertos óseos que llevan a la manipulación y recolocación del paquete vásculo-nervioso, que son también procedimientos con riesgo de lesión nerviosa.

Las osteotomías sagitales mandibulares en las cirugías ortognáticas también producen alteraciones nerviosas en un elevado número de pacientes (Wang, 1974).

1.5. CONSIDERACIONES FISIOPATOLÓGICAS

Cualquier procedimiento quirúrgico realizado en la cavidad oral a pesar de las técnicas cada vez más depuradas, ya sea la instalación de implantes, o cirugía perirradicular o preprotésica, exodoncia, cirugía ortognática y cirugía oncológica, etc, conlleva el riesgo de producir una lesión de algún nervio periférico.

Algunas veces la lesión nerviosa resulta evidente en el propio acto quirúrgico y otras veces una cirugía, a priori exitosa, pone de manifiesto en el postoperatorio una complicación por afectación nerviosa no esperada.

Conocemos que cuando el axón emerge de la raíz espinal o de un ganglio periférico, queda envuelto por una vaina de Schwann o neurilema.

Las células de Schwann que recorren el nervio periférico constituyen una vaina de mielina. A lo largo de la longitud de los axones se encuentran los nódulos de Ranvier, que no es otra cosa que la interrupción del estuche de mielina y células de Schwann.

Cada tronco nervioso está formado por haces y fascículos, y cada fascículo por múltiples axones, todo ello separado por tejido conjuntivo conformando el endoneuro, el perineuro y el epineuro.

El endoneuro es una membrana que rodea cada fibra nerviosa y se le llama vaina de Henle. Sirve de guía a los axones en los procesos regenerativos.

El perineuro es una vaina de tejido conjuntivo que individualiza un haz de fibras nerviosas. Su función principal es actuar como barrera de difusión perifascicular del endoneuro.

El epineuro es tejido conjuntivo que contiene los fascículos nerviosos y que delimita, a modo de vaina, el nervio de los tejidos circundantes, siendo el responsable de la tensión y elasticidad del tronco nervioso.

La cantidad de tejido epineural puede variar desde un 30% a un 75% de la sección transversal del tronco nervioso, siendo más abundante donde los haces nerviosos son pequeños y numerosos y disminuyendo así la posibilidad de lesión neural. (Sunderland 1978)

1.6. ASPECTOS CITOLÓGICOS DE LAS LESIONES NERVIOSAS

Tras una lesión nerviosa tiene lugar un proceso regenerativo en tres niveles: en el cuerpo celular, en el segmento proximal y en el segmento distal.

El cuerpo celular en el caso del nervio dentario inferior, se localiza en el ganglio del trigémino, que se encuentra aumentado de tamaño durante las 2 ó 3 primeras semanas tras producirse la lesión neuronal, debido al proceso anabólico de regeneración. Cuanto más próxima al ganglio se haya producido la lesión mayor será la cantidad de axón que debe regenerarse y mayor el esfuerzo que deberá realizar el cuerpo celular.

La extensión de degeneración del segmento proximal depende del tipo de lesión. El aplastamiento y el estiramiento condicionan una mayor degeneración retrógrada de los axones que la sección.

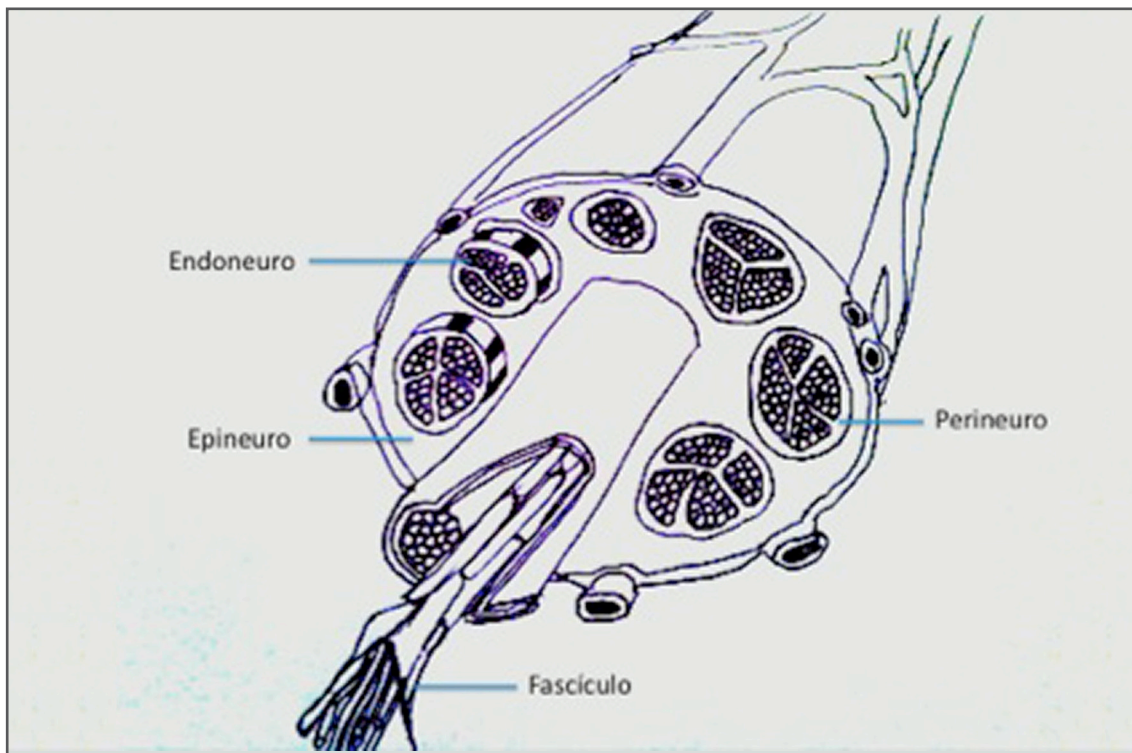
Nada más producirse la lesión se produce una acotación del segmento dañado y después aparecen brotes que dirigen el proceso de crecimiento guiados por el tejido de soporte desde zonas proximales al lugar de la lesión.

La respuesta en el segmento distal es similar a la del segmento proximal, pero en el segmento distal no existe centro trófico del axón. Esto lleva a una necrosis completa de la porción del axón y posterior fagocitación de los restos axonales por parte de los macrófagos, lo que se denomina degeneración walleriana.

Además de la degeneración walleriana por atrofia, también, como consecuencia de la lesión neuronal, se puede producir una atrofia de los órganos terminales en la piel, mucosa, dientes y estructuras periodontales.

El pronóstico de recuperación de un nervio lesionado depende de numerosos factores además del tipo de lesión producida: la edad del paciente, el tipo de reparación y el tiempo transcurrido entre ambas. Obviamente también depende de la localización del nervio en sí y su trayectoria.

Figura 2. Microanatomía del tronco nervioso periférico.



El nervio objeto de este estudio tiene la particularidad de disponerse en un estuche óseo que podría servir como una guía natural en la regeneración nerviosa y en el crecimiento ordenado de los axones. En caso de estrechamiento u obstrucción provocado por un traumatismo, tumor o cirugía se impediría esta regeneración, si no se realizara una descompresión a tiempo, al encontrar el elemento proximal un claro obstáculo físico en su búsqueda del elemento distal. (Merrill, 1966).

Un autor define diferencias significativas en la microcirculación de los nervios que atraviesan un hueso y los que atraviesan tejidos blandos, ya que los primeros tienen un aporte vascular limitado al vaso acompañante, y los nervios que atraviesan tejidos blandos tienen la posibilidad de verse profundidos por colaterales locorregionales. (Eppley, 1989).

1.7. ASPECTOS HISTOLÓGICOS DE LAS LESIONES NERVIOSAS

Tras una lesión en un tronco nervioso, sea por el motivo que fuera, se produce una respuesta histológica que evoluciona a dos formas: Los neuromas y la fibrosis.

Los neuromas traumáticos son estructuras constituidas principalmente por colágeno, células de Schwann y neuroaxones, todos ellos dispuestos de forma desordenada y anárquica, conformando una masa no neoplásica en un intento fallido de reparación nerviosa.

Los neuromas pueden tener actividad dolorosa constante y actividad dolorosa variable, según la variación del nivel de catecolaminas, la presión o contracción de tejidos adyacentes. (Rasmussen, 1980)

Los neuromas se clasifican en :

- 1 Neuroma de amputación: Se produce cuando el nervio está seccionado completamente.
- 2 Neuroma en continuidad: Se produce en los casos en los que no hay solución de continuidad del epineuro.
- 3 Neuroma lateral exofítico: Se produce a expensas de algunas fibras, no de todo el nervio, adquiriendo una morfología exofítica, como una excrescencia lateral.
- 4 Neuroma estrellado: Como su nombre indica adquiere una morfología estrellada con ramificaciones.

La fibrosis reactiva es otra de las respuestas histológicas en las lesiones nerviosas. Quedan clasificadas en cinco estadios según Millesi (1977):

- 1 Tipo a: Fibrosis del epineuro epifascicular, con buen pronóstico.
- 2 Tipo b: Fibrosis de epineuro interfascicular, con pronóstico variable.
- 3 Tipo c: Fibrosis del endoneuro. Tiene mal pronóstico.
- 4 Tipo n: Existe un neuroma en el epineuro.
- 5 Tipo s: Existe una cicatriz franca.

1.8. CLASIFICACIÓN DE LESIONES NERVIOSAS

Según Seddon, son tres los tipos de lesiones de los nervios periféricos, teniendo en cuenta su clasificación de 1943: Neuropraxia, axonotmesis y neurotmesis.

La neuropraxia (también llamada axonopraxia) es el proceso en el que se produce un bloqueo temporal de la conducción nerviosa sin pérdida de la compresión nerviosa. No es necesaria la regeneración axonal y por eso la recuperación es completa, espontánea y rápida. La única alteración microscópica demostrable es la fragmentación de la vaina de mielina. No hay degeneración Walleriana acompañante.

La axonotmesis consiste en la disrupción del axón y de su vaina de mielina conservando intactos los envoltorios conectivos (endoneuro, perineuro y epineuro). Como consecuencia, se produce degeneración Walleriana del axón distal al lugar de la lesión.

La regeneración del axón es espontánea porque los tubos endoneurales que se encuentran intactos sirven de guía para la yemación del axón.

La neurotmesis supone ya una disrupción completa del axón y de su vaina de mielina, produciendo un daño en el tejido conectivo condicionando una sección anatómica completa o parcial, o fibrosis intraneuronal.

Macroscópicamente puede parecer continuidad del nervio pero su sección implica una incapacidad de regeneración espontánea. La pérdida de la función nerviosa es comple-

ta, ya sea sensitiva o motriz y la única posibilidad de recuperación implica un procedimiento quirúrgico.

Los fascículos discurren a lo largo de los troncos nerviosos formando un plexo complejo con múltiples divisiones y fusiones. Existen distintos patrones en la disposición de los fascículos y cada ramificación supone una redistribución de los patrones axonales, de tal manera que una lesión aislada puede producir distintos tipos de alteración sensitiva.

El número de fascículos que compone un nervio condiciona la mayor o menor resistencia a la lesión. Así, un nervio con numerosos fascículos pequeños incrementa su resistencia a la tensión y a igualdad de calibre, el nervio que contiene mayor número de fascículos es más resistente. (Sunderland, 1978)

Unos años después de que Seddon en 1943 enunciara su clasificación de las lesiones nerviosas, en 1951, Sunderland propuso una nueva clasificación:

1 Lesión de primer grado

Existe un bloqueo de conducción a lo largo del axón, sin que exista alteración de los componentes del tronco nervioso (excepto la vaina de mielina en la lesión tipo III). Este bloqueo nervioso puede deberse a isquemia, desmielinización o compresión leve. Equivale a la neurapraxia de Seddon.

No es necesaria la reconstrucción nerviosa porque la lesión es reversible.

Las lesiones de primer grado pueden subdividirse en tres subtipos según el mecanismo de producción:

Tipo I: Se produce por anoxia al producirse una compresión o un estiramiento leve. No se produce degeneración axonal ni desmielinización. La recuperación se consigue en horas.

Tipo II: Se produce por formación de edema en una compresión o estiramiento moderado. La recuperación se consigue tras resolverse el edema.

Tipo III: Se produce por compresión o estiramiento severo del nervio con consecuente desmielinización o rotura de la vaina de mielina. La recuperación es más lenta, entre uno y dos meses.

2 Lesión de segundo grado

Existe una degeneración axonal, persistiendo intacto el tronco nervioso remanente. La lesión suele ser por compresión severa.

Equivale a la axonotmesis. La recuperación espontánea suele ser buena por lo que no es necesario reconstrucción quirúrgica aunque sí puede ser útil la descompresión quirúrgica. (LaBanc, 1992).

3 Lesión de tercer grado

Corresponde a la axonotmesis en un grado grave. Se trata de una lesión por compresión y por estiramiento, en la que la consecuencia anatomopatológica es la fibrosis del endoneuro.

La regeneración suele ser incompleta debido a que los axones deben atravesar tejido de cicatricial y, por tanto, las fibras regeneradas no contactarán con los receptores distales o los órganos terminales y algunas de ellas pueden contactar de forma desordenada produciéndose anastomosis cruzadas.

En algunos casos existe indicación de reconstrucción microquirúrgica. (LaBanc, 1992).

4 Lesión de cuarto grado

Corresponde al tipo más severo de axonotmesis. Es la lesión en la que existe disrupción fascicular con todos los haces de fibras rotos y desorganizados, persistiendo continuidad física mantenida únicamente por el epineuro y por el tejido fibroso producido como consecuencia de la rotura del endoneuro y del perineuro.

El segmento distal sufre una degeneración walleriana y en el segmento proximal los axones que deben regenerarse quedan atrapados en el tejido cicatricial.

El pronóstico de recuperación es muy bajo, y suele persistir la anestesia, parestesia, disestesia o sinestesia. La reconstrucción quirúrgica está indicada.

5 Lesión de quinto grado

La más compleja de todas. Equivale a la neurotmesis. Implica sección y separación completa de los cabos del nervio.

Si el trayecto de éste es intraóseo y el estuche óseo está intacto puede producirse una recuperación parcial ya que en canal óseo sirve de guía, pero si el nervio atraviesa tejidos blandos no existe recuperación. (LaBanc, 1992).

6 Lesión de sexto grado

Se debe a la combinación de distintos tipos de lesiones en el trayecto de un nervio.

El tratamiento es complicado ya que en los tres primeros grados la resolución es espontánea y en los grados cuarto y quinto la cirugía suele ser necesaria.

1.9. ASPECTOS CLÍNICOS DE LAS LESIONES NERVIOSAS.

Las lesiones nerviosas pueden producir dolor: "Experiencia sensorial y emocional desagradable asociada con una lesión presente o potencial o descrita en términos de la misma, y si persiste, sin remedio disponible para alterar su causa o manifestaciones, una enfermedad por sí misma". (E. Ibarra, 2006).

Según la International Association for the Study of Pain (IASP) y su subcomité de taxonomía de 1986, estas son las definiciones terminológicas de las posibles alteraciones nerviosas en las lesiones del nervio dentario inferior.

La anestesia es la ausencia completa de detección y percepción de los mecanorreceptores y nociceptores de estímulos normalmente dolorosos. Es sin duda la secuela de peor pronóstico y puede manifestarse en forma de analgesia o termalgesia si sólo se encuentra afectada una forma de sensibilidad.

La hiperestesia implica un aumento de la capacidad de detección y percepción de estímulos de los mecanorreceptores y/o nociceptores. Incluye tanto el umbral disminuido a cualquier estímulo como la respuesta exagerada a un estímulo normal. Puede formar parte del proceso de recuperación tras la anestesia durante el proceso de reinervación.

La hipoestesia es el término opuesto a la hiperestesia y se refiere a la reducción de la capacidad de detección y percepción de estímulos de los mecanorreceptores y/o nociceptores.

La hipoalgesia consiste en una disminución de la sensación dolorosa.

Lo que diferencia la hipoestesia de la hipoalgesia es que en ésta última existe una denervación cutánea.

La parestesia es la detección y percepción anómala de estímulos, percibida como desagradable aunque no dolorosa. La capacidad de detección y percepción de estímulos puede estar aumentada o disminuida y produce una sensación descrita por el paciente de hormigueo, picor, frío, quemazón, ardor, tensión. Estas percepciones suelen deberse a lesiones nerviosas progresivas, o en regeneración.

La sinestesia es la dificultad para localizar con eficacia el punto de aplicación del estímulo. Posiblemente por escasa regeneración axonal o anomalías en ésta.

Disestesia es la detección y percepción anormal de un estímulo que se percibe como desagradable. Puede ser espontáneo o provocado y aparecer inmediatamente tras la lesión nerviosa, o retardada tras la recuperación de los reflejos neurosensoriales.

La diferencia entre disestesia y parestesia es que la disestesia es siempre desagradable y la parestesia puede no serlo, por tanto existe un límite difícil de definir entre ambas.

La alodinia es un tipo de disestesia en el que, ante un estímulo táctil que normalmente no desencadena dolor, se produce dolor agudo e intenso.

La hiperpatía es un tipo de disestesia en el que un estímulo de presión produce un dolor retardado que se mantiene al retirarlo.

El dolor simpático es la disestesia en la que el dolor empeora con el tono simpático, el frío o la emoción. Cede con el bloqueo de nervios simpáticos cervicales.

Y por último, la anestesia dolorosa es la disestesia en la que existe dolor en un área anestesiada.

Se han descrito en la práctica clínica múltiples signos que pueden implicar lesión nerviosa del nervio dentario inferior.

La falta de apreciación de la presencia de restos alimentarios en el fondo anterior del vestíbulo ha sido descrita por varios autores como Campbell (1987). El mordisqueo de la lengua y labio inferior fue también descrito por éstos autores y además por Mozsary (1985), quien afirma encontrar asimismo, relativamente frecuente, dificultad para hablar y dificultad para retener la saliva.

Hay que recordar que el nervio dentario inferior forma parte de las fibras aferentes que participan en el arco reflejo masticatorio que es el encargado de regular la fuerza de la mordida. Una lesión de este nervio afectará, por tanto, al arco reflejo descrito.

Fue Marbach (1993) quien propuso el denominado “dolor del diente fantasma”, un síndrome neuropático de denervación, por lesión del nervio dentario inferior, que condicionan un dolor persistente a nivel de un diente extraído.

Algunos autores sugieren que existe la posibilidad de regeneración funcional (por reinnervación colateral) del nervio dentario hasta pasado un año, (Robinson, 1988). Otros como Rood (1992), sin embargo, afirman que las disestesias de más de 6 meses de evolución ya no se resuelven completamente.

1.10. ASPECTOS RADIOLÓGICOS

La particularidad de estar incluido en un estuche óseo, permite que el nervio dentario inferior pueda ser localizado mediante diversas técnicas de imagen.

Existen variaciones anatómicas entre los distintos individuos en cuanto a la localización y las relaciones del nervio dentario inferior. Con el fin de disminuir las complicaciones por trastornos sensitivos post-quirúrgicos normalmente se realizan estudios de imagen que permitan al cirujano u odontólogo, definir con exactitud la trayectoria del nervio y la relación de éste con estructuras adyacentes.

Se han empleado múltiples técnicas incluyendo proyecciones intrabucales como las periapicales y oclusales, o bien, extrabucales: como las radiografías panorámicas, las tomografías y las tomografías computerizadas.

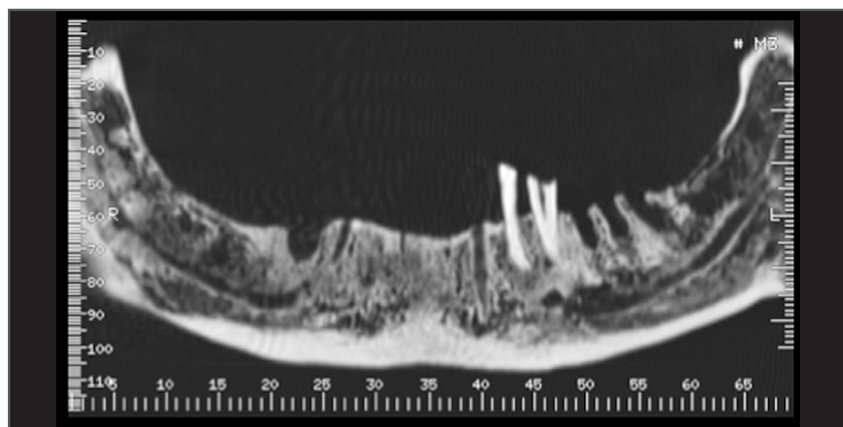
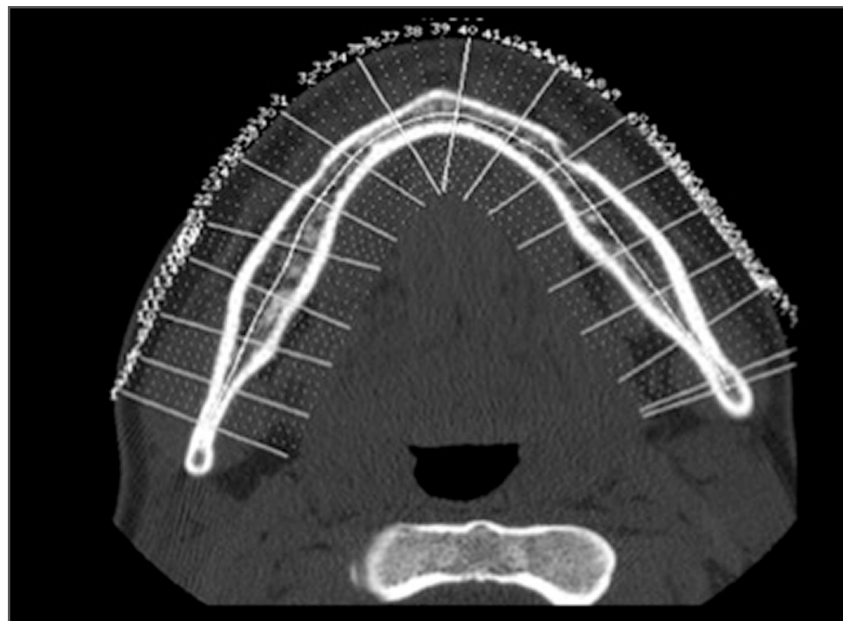
1 Tomografía Computerizada (TC)

La tomografía computerizada fue introducida por Hounsfield en 1972, y ha ido adquiriendo una interés creciente en la valoración del área maxilofacial.

Se basa en medir y cuantificar la absorción de un determinado volumen de tejido al ser atravesado por una haz de Rayos X.

El equipo de TC utiliza los Rayos X para obtener imágenes seccionales o cortes, tal y como se hace en la tomografía convencional, pero en este caso, la película fotográfica

Figuras 3 y 4.
Tomografía axial computerizada. Imagen axial y reconstrucción curvilínea, siguiendo el centro de la mandíbula, obteniendo una imagen con el aspecto de una panorámica dental.



queda sustituida por detectores (de cristal o gas), que miden la intensidad del haz de rayos X que ha atravesado al paciente. (Poyton 1992, Pasler 1998).

La TC dispone de un generador de rayos X localizado en una estructura sólida anular monitorizada que permite dar vueltas alrededor de un paciente (gantry). Este generador emite un estrecho haz que atraviesa el cuerpo del paciente a través de una sección determinada. La radiación remanente, que sale del paciente tras atravesarlo, se recoge a través de unos detectores dispuestos ortogonalmente a la fuente. De esta manera se determina la densidad de cada una de las unidades de volumen (voxel). Gracias a la posibilidad de giro que tiene el gantry, del tubo y de los detectores, se vuelve a estimar la densidad de los voxels desde otro punto de vista, en un barrido de 360°, siempre dentro del mismo plano de corte. Un mínimo desplazamiento de la camilla en la que está tumbado el paciente, es suficiente para iniciar el estudio de un nuevo plano.

La información generada se procesa matemáticamente y se obtiene una imagen que corresponde a la densidad medial real de cada uno de los voxels de esa sección. La densidad de cada voxel se cuantifica numéricamente según una escala, llamada de Hounsfield, donde por convención se asigna al agua una densidad 0 UH y al aire -1000 UH. Estas densidades se traducen gráficamente en una escala de grises.

Las principales indicaciones para la TC del área maxilofacial son:

- Evaluación de la altura y del espesor del hueso alveolar de los maxilares superiores y la mandíbula antes de comenzar un procedimiento de implantología.
- Valoración de la localización y extensión de quistes odontogénicos y no odontogénicos, de tumores y otras lesiones óseas mandibulares.
- Valoración de procesos inflamatorios maxilofaciales: flemones, abscesos u osteomielitis.
- Estudio de las articulaciones temporo mandibulares.
- Valoración de la patología de las glándulas salivares y de las partes blandas de la región oral.
- Análisis de los senos paranasales y de las fosas nasales.

Actualmente existen múltiples equipos que disponen de software desarrollados para la aplicación en el territorio maxilofacial, y así se pueden obtener cortes sagitales, coronales y axiales, así como panorámicos, haciéndola la técnica más precisa para valorar estructuras mandibulares, pudiendo definir la localización del canal mandibular en el 100% de los casos, y siguiéndola de cerca, pero sin superarla, la tomografía computerizada con haz cónico.

Además permite realizar mediciones objetivas y reproducibles, obteniendo información en los tres planos del espacio.

El principal inconveniente de esta técnica son los múltiples artefactos debidos a implantes metálicos y amalgamas dentarias, así como los artefactos por movimiento, aunque menos frecuentes por la alta velocidad de adquisición. Además, en este procedimiento el paciente recibe una alta dosis de radiación, y tiene un elevado coste.

Klinge (1998) en su estudio con cuatro mandíbulas de cadáver concluyó que la tomografía computerizada era superior a la tomografía y a la radiografías panorámica y periapical para la localización del canal mandibular a través del que viaja el nervio dentario inferior.

Así también Rothman (1988), Schwarz (1987), Segelman (1991) y Torres (1991) coincidieron al afirmar que era la técnica más sensible para identificar con mayor precisión la ubicación del conducto dentario comparado con otras técnicas. Además, permite tomar mediciones, lo que es conveniente en el estudio prequirúrgico (Paes, 2007).

En procedimientos de implantología, con la TC se obtienen mediciones más exactas que con la ortopantomografía debido a que los cortes axiales que se realizan son finos y que las reconstrucciones sagitales de la sección de interés son de alta resolución. Es importante que las reconstrucciones que se faciliten sean de tamaño real para la correcta medición. La TC permite valorar además la calidad de hueso receptor. (Chimenes, 2005)

También existen detractores de practicar esta exploración argumentando que no modifica significativamente la técnica quirúrgica empleada, y sin embargo, elevan de forma importante los costes sanitarios.

Así, Sivoiella (2010), tras realizar un estudio llevado a cabo por 322 dentistas, sobre la necesidad de realizar pruebas de imagen anteriores a la extracción de terceros molares, explica como existe una tendencia desmesurada a realizar TC de forma innecesaria.

Palma-Carrió (2010) expone los resultados de varios autores que comparan la ortopantomografía y la TC y afirma que la TC se recomienda cuando existan signos radio-

lógicos que muestren relación anatómica directa entre una pieza dentaria y el canal, aunque ninguno de los estudios publicados demuestre que el uso preoperatorio de la TC reduzca el daño nervioso durante la extracción del tercer molar.

Nakamori (2008) afirma que la presencia de los criterios de Rood (oscurecimiento, adelgazamiento o desviación de la raíz, y estrechamiento, interrupción de la cortical o desviación del canal) en una ortopantomografía, son indicación de realizar TC.

Sin embargo, existen publicados trabajos que recogen signos radiológicos objetivados mediante TC, que sugieren la pérdida de integridad del canal mandibular y que se asocian con alto riesgo de lesión del nervio dentario inferior.

Por ejemplo, Susarla (2010) explica como la interrupción de la cortical del canal mandibular visualizada en la TC, tiene una sensibilidad del 0.89, es decir que casi el 90% de los casos en los que se apreciaba pérdida de continuidad en la TC, existía un íntimo contacto del nervio y el cordal, y por tanto un alto riesgo lesivo. Además, añade, este signo tiene un valor predictivo negativo del 0.86. Wonse (2010) asocia de forma estadísticamente significativa la pérdida de la integridad cortical del canal con lesión directa del nervio dentario, siendo éste el factor principal predisponente a padecer parestesias tras la extracción de un cordal.

Jhamb (2009) explica cómo la parestesia del nervio dentario inferior, la hemorragia exagerada intraoperatoria y la visualización del paquete vásculo-nervioso durante el acto quirúrgico, fueron mayores de forma significativa en los pacientes en los que la TC presentaba una pérdida (no medible) de distancia entre el canal mandibular y la raíz dentaria.

Ueda (2012) asocia los hallazgos de TC de alteración de la cortical ósea del canal mandibular y la morfología en péndulo de campana del canal mandibular, con el riesgo alto de lesión nerviosa.

Keisuke (2009) afirmó que la Tomografía Computerizada con reconstrucciones tridimensionales puede predecir el contacto directo entre el tercer molar y el canal mandibular con una precisión del 62% (sensibilidad del 89% y especificidad del 47%).

2 Tomografía

La tomografía es una técnica de imagen que obtiene radiografías que muestran una sección o corte del paciente. Es capaz de reproducir estructuras libres de superposiciones. La profundidad y la localización de los planos son regulables, y el espesor de corte puede ser modificado.

Según el trayecto de giro o "barrido" del tubo y del chasis de la película alrededor del objeto de estudio existen diversos tipos de tomografía: barrido lineal, barrido circular, barrido espiral, barrido elíptico y barrido hipocicloidal.

Para determinar la relación vestíbulo-lingual de los terceros molares y el conducto dentario, Miller (1990), propuso realizar tomografías lineales con cortes transversales. Los resultados que obtuvo indicaban que el conducto dentario podía ser identificado con precisión en el 96,8% de los casos.

Hallikainen (1992) analizó 55 pacientes a los que se le realizaron tomografías espirales en cortes transversales, con el objeto de localizar el conducto dentario inferior, estableciendo cinco niveles de visualización del conducto. Obtuvo un 65% de los casos en las categorías de excelente y buena, lo cual le hizo deducir que la tomografía con barrido espiral era mejor que la tomografía lineal en la localización del canal mandibular.

La tomografía computerizada con haz cónico (Cone beam computed tomography) consiste en una tomografía computerizada donde los Rayos X divergen formando un cono. Durante el escaneado, el escáner rota alrededor de la cabeza del paciente obteniendo alrededor de 600 imágenes que mediante un software específico, son reconstruidas produciendo un volumen tridimensional que, posteriormente, puede ser manipulado. Hatcher (2010).

La tecnología con haz cónico fue introducida en el mercado Europeo en 1998 y en el estadounidense en el 2001.

La técnica con haz cónico reduce de forma importante la radiación emitida comparada con la tomografía computerizada. Así una tomografía computerizada con haz cónico emite 30 uSV siendo la radiación emitida por un TC alrededor de 3000 uSV (aunque se están elaborando nuevos equipos de TC que reducen la dosis a 8-10 uSV, casi al nivel de la radiación emitida por una "ortopantomografía" que es 6 uSV).

Además, ésta técnica se realiza mediante un equipo de fácil manejo y de pequeño tamaño, comparativamente con el TC por lo que es muy adecuado para su utilización en departamentos académicos, en investigación o en la práctica privada por cuenta propia, su pequeño tamaño permite su colocación en la propia clínica dental. La reconstrucción de los datos obtenidos puede ser realizada mediante un ordenador personal con programas muy sencillos de fácil utilización, para odontólogos, radiólogos u otro profesional sanitario, requiriéndose escasa formación técnica y pudiéndose realizar en análisis en tiempo real.

El coste del equipo asimismo, es mucho menor que un equipo de TC habitual, en torno al 50% de su precio, por lo que existe mayor accesibilidad.

Los pacientes pueden permanecer sentados durante la obtención de las imágenes en la CBCT por lo que desaparece la posible claustrofobia y además la imagen de la posición del cóndilo durante el examen de las ATMs es más realista.

Pero, obviamente, no son todo ventajas. Esta técnica puede presentar múltiples artefactos: el "cupping artifact" (distorsión por estructuras metálicas) que se están eliminando en los equipos de nueva generación mediante la introducción de algoritmos; la aparición de bandas oscuras que pueden aparecer entre dos objetos de naturaleza densa; artefactos por movimiento que se están mejorando con cambios encaminados a obtener una mayor sujeción de la cabeza; artefactos originados por el haz cónico que son fundamentalmente el fallo en el promediado del volumen por inadecuada selección del voxel, bajo número de proyecciones y las distorsiones por divergencia del haz.

La CBCT no tiene la capacidad de determinar la densidad ósea de forma adecuada. Las diferentes áreas en la tomografía con haz cónico (CBCT) se presentan con diferente escala de grises dependiendo de su posición relativa en la región oral explorada (aunque tengan densidades reales iguales) debido a que el valor de la imagen de un voxel depende de la posición en el volumen, por tanto, las Unidades Hounsfield medidas en el mismo punto anatómico en la tomografía con haz cónico (CBCT) y la tomografía computerizada médica no son idénticas. Armstrong (2006).

Los últimos avances en tomografía con haz cónico pondrían resolver el problema de la ausencia de estandarización de la escala de grises y las diferentes densidades medidas en los diferentes equipos, tal y como se ha publicado en el 2010. (Mah, 2010).

Lofthag-Hansen (2008) concluye en su estudio, que la tomografía con haz cónico (CBCT) es superior a la tomografía espiral convencional para localizar tanto la cresta marginal ósea como el canal mandibular.

Existe un sistema radiográfico multimodal llamado "Scanora", una nueva generación de tomógrafos computerizados con haz cónico, que combina una imagen panorámica digital y un haz cónico 3D (Cone Beam) con tres campos de visualización, en una sola unidad. Con la pulsación de un botón, la unidad cambia automáticamente entre los modos de imágenes 3D y panorámicas.

Las indicaciones originales para la obtención de imágenes tomográficas seccionales convencionales son:

- Evaluación de la altura y grosor de los maxilares antes de colocar implantes.
- Valoración postoperatoria de los implantes.
- Evaluación de las fracturas faciales con múltiples trayectos de fractura.
- Valorar la extensión de las fracturas orbitarias.

Figura 5. Radiografía panorámica dental.



3 Panorámica dental

Es una radiografía panorámica en la que se presenta en una sola película, una imagen en dos dimensiones de maxilar y mandíbula.

El primer equipo que se hizo para la clínica recibió el nombre de "Ortopantomógrafo" por lo que en la actualidad se le denomina "ortopantomografía".

Esta imagen se obtiene mediante un aparato cinemático con uno, dos, tres, o más centros de rotación, fijos o móviles, según los cuales las imágenes obtenidas presentan mayor o menor grado de magnificación.

Las indicaciones de la "Ortopantomografía" según "Selección Criterias in Dental Radiography" del Reino Unido en la guía del 2004, son:

- Si la lesión ósea o un diente erupcionado es de un tamaño tal que no es posible su visualización completa con radiografías intraorales.
- Si es necesaria, una valoración del hueso periodontal cuando existen bolsas formadas de más de 6 mm.
- Para valorar los terceros molares antes de una cirugía programada.
- Para la evaluación ortodóncica para conocer el estado de la dentición y la presencia o ausencia de dientes.
- En bocas muy descuidadas.

Además, en las clínicas odontológicas también se utilizan las radiografías panorámicas para evaluar fracturas de la mandíbula (excepto de la región anterior), patología sinusal, enfermedades en las que se destruyen las superficies articulares de la ATM, y la altura del hueso alveolar en planificación de implantes.

La radiación recibida en esta técnica es mínima, el coste del aparato es bajo comparado con otros (como la TC), la obtención de la imagen es rápida, y es de gran accesibilidad. Por tanto, resulta obvio que constituya un procedimiento estándar para la valoración inicial del canal mandibular (sobre todo en extracción de terceros molares), ya que ofrece una imagen de toda la región dento-alveolar en una sola imagen.

La colocación del paciente es sencilla y no requiere que sea capaz de abrir la boca, y además, la imagen es fácil de comprender lo que favorece la comunicación odontólogo-paciente.

Otra ventaja es que los pequeños movimientos del paciente en el plano vertical distorsiona sólo aquella parte de la imagen que se está produciendo en ese instante. También resulta útil para la valoración global de los senos maxilares permitiendo una valoración rápida de cualquier patología subyacente insospechada y se pueden, además, valorar ambos cóndilos en una sola placa permitiendo su comparación. (Whaites, 2008).

La ortopantomografía presenta varias desventajas, como la menor definición de las estructuras dentarias respecto a la radiografía intraoral, la superposición de imágenes de un lado sobre otro que puede inducir confusión, así como la distorsión horizontal y vertical si la cabeza del paciente no está adecuadamente colocada. La distorsión horizontal de la ortopantomografía afecta, sobre todo, al área del tercer molar ya que los rayos tienden a sufrir cierta angulación posterior, apareciendo los molares a nivel lingual más separados y los que se encuentran a nivel vestibular más aproximados y superpuestos.

La distorsión vertical produce una distorsión de tamaño, apareciendo los molares en posición lingual de mayor tamaño que los situados en posición vestibular.

En muchas ocasiones con la ortopantomografía se consigue visualizar el canal mandibular completo y con precisión (Roca Piqué, 1995) como una imagen tubular radiolúcida flanqueada por dos líneas de alta densidad que constituyen las paredes del canal.

Con el fin de minimizar la radiación, en ocasiones, puede ser de utilidad la ortopantomografía parcial de los segmentos posteriores de los maxilares (Kircos, 1986) u ortopantomografías segmentarias según la información necesaria.

Yosue y colaboradores (1989) refieren en un estudio cómo de las 297 radiografías estudiadas, el 78% mostraban el conducto dentario, siendo más difícil su identificación en sus proximidades al agujero mentoniano.

Otros autores como Denio (1992) confirmaron que el conducto era visible en todas las radiografía panorámicas, al menos parcialmente, viéndose con mayor claridad la porción inicial del mismo.

De las más de 3000 radiografías panorámicas que revisó Nortje (1978) sólo hubo un número no significativo en los que no fue capaz de identificar el canal mandibular por el que discurre el nervio mandibular inferior.

Varios autores como Rowse (1971) han analizado y comparado estudios de radiografía intraoral y ortopantomografía, concluyendo que la ortopantomografía ofrece mayor información, hasta el punto que el autor defiende que esta técnica sea suficiente prueba de imagen para el estudio prequirúrgico de la extracción del tercer molar.

Kositbowornchai (2010), utilizó dos técnicas, la ortopantomografía y la radiografía periapical, y las comparó para valorar la proximidad del nervio dentario inferior y el tercer molar, obteniendo una sensibilidad del 97% y 84% respectivamente.

Sin embargo, otros autores como Chandler (1988) afirman que la ortopantomografía resulta una técnica poco precisa ya que tan solo el 50% de los casos analizados durante la cirugía de terceros molares impactados, habían sido valorados correctamente mediante esta técnica, con independencia del observador.

Sanmartí-García (2011) comparó los hallazgos de imagen en la Ortopantomografía y la TC en pacientes a los que se les iba a realizar una extracción del tercer molar, y después analizó los hallazgos de imagen con ambas técnicas en los pacientes que habían padecido lesión nerviosa tras el procedimiento quirúrgico, concluyendo que si la lesión nerviosa era causada por la relación anatómica, la TC era útil para valorar el riesgo quirúrgico con un valor predictivo positivo mayor que con la Ortopantomografía.

4 Radiografía intraoral

4.1.- Radiografía intraoral periapical.

La radiografía intraoral periapical es una técnica de diagnóstico por imagen, que consiste en la impresión de una placa radiográfica colocada dentro de la boca por la emisión de radiación por un aparato de Rayos X situado en el exterior de la boca. También se les llama radiografías retroalveolares o retrodentarias.

Con ellas se puede explorar el diente en su conjunto, desde la corona hasta el ápice radicular, incluyendo el espacio periodontal y el tejido óseo mandibular o maxilar que lo rodea.

Estas imágenes permiten obtener una visión detallada de la relación de las raíces del tercer molar y el conducto alveolar inferior (Littner, 1986).

Para obtener información acerca de la relación vestibulo-lingual del tercer molar con el conducto dentario inferior Clark propuso una técnica (Clark, 1909-1910) que consistía en obtener dos proyecciones con distinta angulación, y, dependiendo del desplazamiento del conducto dentario inferior con respecto a las raíces del tercer molar, se determina la posición del mismo.

Esta técnica resultaba complicada debido a la dificultad de interpretación de las imágenes por las variaciones de la angulación de las dos películas que inducía a error.

Existen varios signos radiográficos descritos en la radiografía intraoral periapical, indicativos de la íntima relación entre un molar y el conducto dentario.

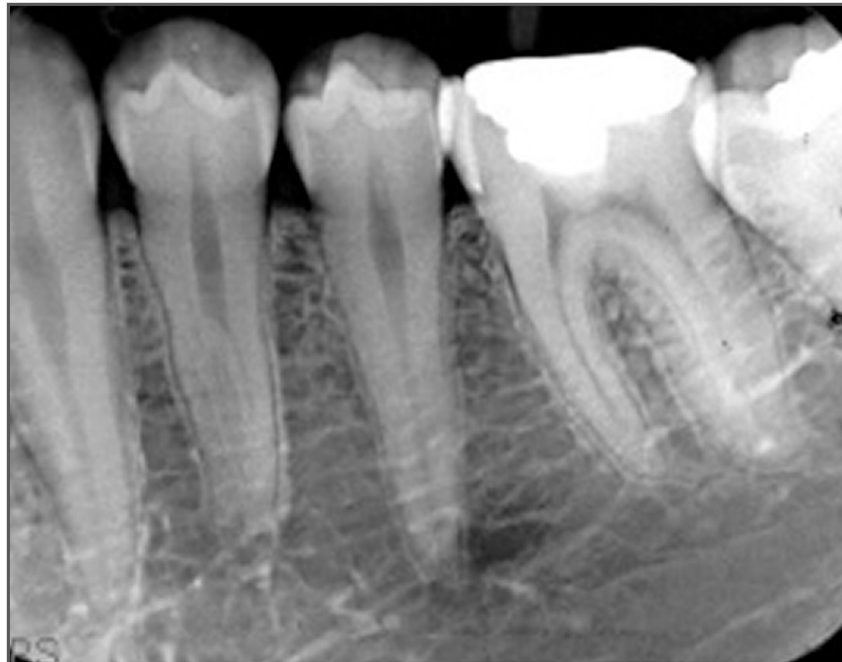
1.- Oscurecimiento de la raíz de una pieza dentaria:

Hace referencia a la pérdida de la densidad de la raíz cuando existe verdadero contacto con el conducto dentario. Una superposición de estructuras no alteraría la densidad de ninguna de ellas.

2.- Raíz dentaria oscurecida y bífida:

Si el conducto dentario atraviesa el ápice radicular se visualiza la doble imagen del ligamento periodontal del ápice.

Figura 6. Radiografía intraoral periapical.



3.- Raíces dentarias desviadas o incurvadas:

La desviación abrupta en ángulos agudos de las raíces dentarias a nivel del canal dentario implica íntimo contacto con el techo del mismo.

4.- Estrechamiento de la raíz de una pieza dentaria:

Un estrechamiento de la raíz de una pieza dentaria cuando atraviesa el conducto dentario, significa que el diámetro de la raíz ha podido ser afectado por el conducto.

5.- Pérdida de la cortical del conducto dentario:

Supone la interrupción de las líneas densas radioopacas, que constituyen el suelo y el techo del conducto dentario.

6.- Desviación de la dirección del conducto dentario:

La desviación en la dirección del conducto al alcanzar una pieza dentaria determinada implica contacto con la raíz de la misma.

7.- Estrechamiento del conducto dentario: Un estrechamiento del conducto dentario con reducción significativa de su calibre, cuando atraviesa la raíz de una pieza dentaria implica contacto estrecho entre ambos.

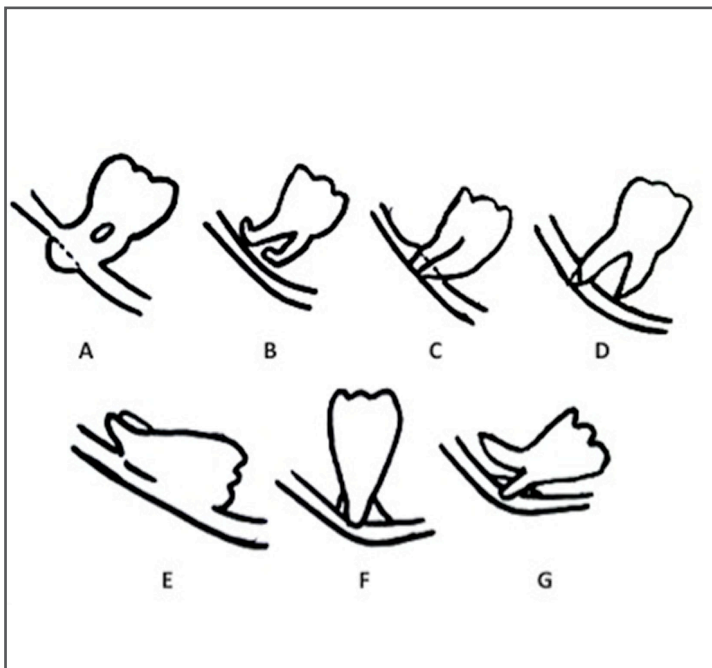


Figura 7. Hallazgos radiográficos sugerentes de íntima relación entre el canal mandibular y el tercer molar. (A: Oscurecimiento de raíz, B: Raíz desviada, C: Estrechamiento de raíz, D: Raíz oscura y bifida, E: Pérdida de corticación del conducto, F: Desviación del conducto, G: Estrechamiento del conducto dentario).

Todos estos signos pueden resultar difíciles de valorar por diversos motivos.

A veces existen superposiciones de imágenes, como la línea oblicua interna, que es radioopaca, y por tanto dificulta la localización de los límites del conducto dentario.

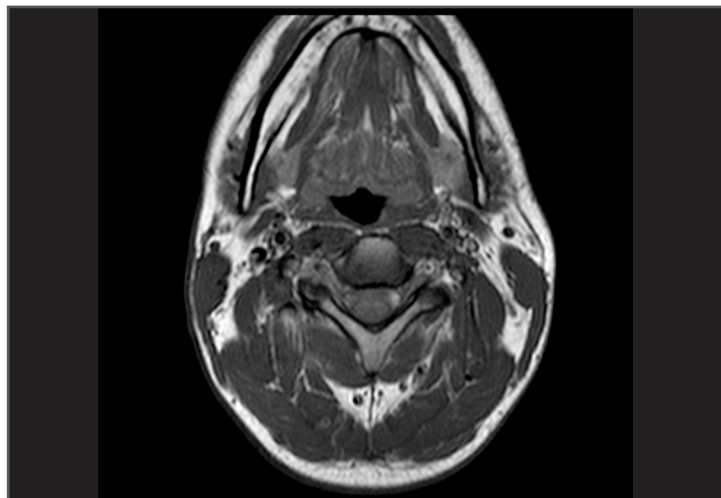
Otras veces la inclinación de las piezas dentarias en dirección lingual complican la valoración del canal dentario.

Puede ocurrir que los ápices dentarios no se encuentren completamente formados o incluso a veces, las piezas dentarias tienen un número de raíces mayor al normal, siendo alguna de ellas de mayor longitud que el resto, lo que puede producir cambios bruscos de la densidad, por superposiciones.

Figura 8. Radiografía intraoral oclusal.



Figura 9. Resonancia magnética en la que se identifica el canal dentario inferior izquierdo en su tercio distal.



Asimismo, la patología ósea como un quiste odondogénico o un pequeño absceso, puede dificultar la valoración del canal.

4.2.- Radiografía intraoral oclusal

Esta radiografía se obtiene mediante la interposición de la película entre las piezas dentarias superiores e inferiores y el tubo de Rayos X localizado en el exterior de la boca.

La valoración de la relación entre el canal dentario y los molares está muy limitada ya que los contornos del canal no se visualizan correctamente.

Su uso queda limitado a la valoración de la relación entre molares pero no resulta útil en el estudio del conducto dentario.

5 Resonancia Magnética (RM)

La resonancia magnética es un fenómeno físico basado en las propiedades mecánico-cuánticas de los núcleos atómicos. La resonancia magnética estudia los núcleos atómicos al alinearlos a un campo magnético constante para posteriormente perturbar este alineamiento con el uso de un campo magnético alterno, de orientación ortogonal.

Esta perturbación se obtiene aplicando radiofrecuencias a los átomos o dipolos entre los campos alineados de la muestra, permitiendo así estudiar la información estructural o química de ésta.

Su principal ventaja en el campo maxilofacial, es que evita los artefactos producidos por elementos metálicos protésicos dentro de la cavidad oral y además, que no emite radiaciones ionizantes lo cual es positivo para su uso en pacientes jóvenes que necesiten controles periódicos de imagen.

Permite visualizar en canal mandibular, y permite además, una excelente diferenciación de los distintos tejidos blandos, y entre tejidos normales y patológicos, permitiendo a menudo diferenciar entre patología benigna y maligna, y valorar la existencia de recidiva tumoral o cambios postquirúrgicos o infiltración tumoral.

Como inconvenientes, hay que destacar la escasa accesibilidad y el elevado coste, además del largo tiempo de exploración que exige colaboración por parte del paciente.

El ruido durante el procedimiento y la posible claustrofobia son otras de las desventajas.

Está contraindicada en pacientes con ciertos tipos de elementos metálicos, como marcapasos cardiacos o implantes cocleares.

Pero el principal inconveniente, es que el hueso no produce señal RM, si no que sólo se obtiene de la medula ósea, por lo que la valoración del canal mandibular formado por un estuche óseo se encuentra limitada y más aún si es necesario obtener mediciones de éste respecto a las corticales mandibulares que tampoco producen señal RM.

2

hipótesis y objetivos

2.1. HIPÓTESIS

Teniendo en cuenta la multitud de afecciones en el área máxilofacial en distintos grupos de edad, y los múltiples procedimientos realizados en la cavidad oral, el cirujano máxilofacial o el odontólogo precisan conocer la posición o localización exacta del canal mandibular y del nervio que lo acompaña: el nervio dentario inferior. Es entonces cuando surge la posibilidad de realizar pruebas de imagen para localizar el nervio dentario inferior y saber con certeza la proximidad de éste a las estructuras potencialmente implicadas en el acto quirúrgico.

Un conocimiento preciso de la localización del nervio dentario inferior mediante un estudio morfométrico ayuda a ubicar su localización, y más aún, mediante la exactitud que proporciona una función matemática, que puede ser el inicio para el desarrollo de una nueva técnica que localice con precisión numérica el nervio dentario inferior.

La motivación de este estudio se origina en una vivencia personal.

2.2. OBJETIVOS

- 1 Definir con exactitud mediante reconstrucciones de las imágenes de las TC las distancias entre el canal mandibular y la cortical ósea mandibular.
- 2 Conocer con precisión la distancia entre el orificio de salida del canal mandibular u orificio mentoniano y la eminencia mentoniana.

- 3 Encontrar la función matemática que defina la trayectoria del nervio dentario inferior a su paso a través del canal mandibular, de forma que, gracias a esta función, se pueda localizar cualquier punto situado sobre dicho nervio.
- 4 Abrir las puertas a un eventual estudio sobre la dispersión existente entre la posición real del nervio dentario inferior y la definida por la función matemática encontrada.
- 5 Exponer la posibilidad de aplicar estas fórmulas por medio de un programa informático de forma que, aportando las coordenadas de los puntos de referencia (eminencia mentoniana y ángulos mandibulares), determine con exactitud la localización del nervio dentario inferior.

3

material y métodos

3.1. MATERIAL

El material empleado en este estudio ha sido el siguiente:

- A** Mandíbulas desecadas.
- B** TC multicorte.
- C** Estación de trabajo.
- D** Programa de visualización.

A Mandíbulas disecadas.

Se seleccionaron 22 mandíbulas disecadas del Departamento de Anatomía y Embriología II de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid, y se seleccionaron 8 mandíbulas disecadas del Museo de Anatomía del Departamento de Anatomía y Embriología II de la Facultad de Medicina de la misma Universidad.

B TC multicorte.

Se realizaron tomografías computerizadas empleando el equipo de 16 detectores, Light Speed Pro 16 General Electric Medical System, Milwaukee, WI, USA.

C Estación de trabajo.

Se realizaron reconstrucciones mediante el empleo del equipo Advantage Windows General Electric Medical System, USA., con la aplicación DENTASCAN. Esta estación de trabajo permite obtener imágenes sagitales de la mandíbula que son a su vez perpendiculares al canal dentario inferior por el que viaja el nervio. Se consiguen trazando

una línea en el interior del canal dentario moviendo el cursor en los distintos cortes axiales obtenidos en la TC.

D Programa de visualización.

Se empleó el programa de visualización de imágenes Osirix MD 64-bit de Macintosh. Osirix es una aplicación de procesado de imágenes DICOM producidas por un equipo de TC, RM, PET, CT-PET y otros, que permite visualizar imágenes en dos y tres dimensiones mediante reconstrucción multiplanar (MPR), proyección de máxima intensidad (MIP), surface rendering y volumen rendering.

3.2. MÉTODO

El presente estudio ha sido realizado en varias fases:

- A** Recogida de muestra.
- B** Adquisición de imágenes mediante TC y postprocesado.
- C** Recogida de datos.
- D** Desarrollo matemático.

A Recogida de muestra.

Del Departamento de Anatomía y Embriología II de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid, se seleccionaron 22 mandíbulas, de entre un total de 58. El criterio de selección fue la presencia de al menos dos piezas dentarias, una en cada hemimandíbula. Se desecharon las mandíbulas cuyas ramas mandibulares estaban melladas por el almacenamiento y las que presentaban erosiones por la manipulación en el proceso de disección.

Para completar la muestra se seleccionaron 8 mandíbulas del Museo de Anatomía del Departamento de Anatomía y Embriología II de la Facultad de Medicina de la misma Universidad, siguiendo los mismos criterios de inclusión y exclusión.

Todas las mandíbulas seleccionadas fueron marcadas designándolas con un número de orden, escrito a lápiz en la cara interna de la rama mandibular derecha.

B Adquisición de imágenes mediante TC y postprocesado.

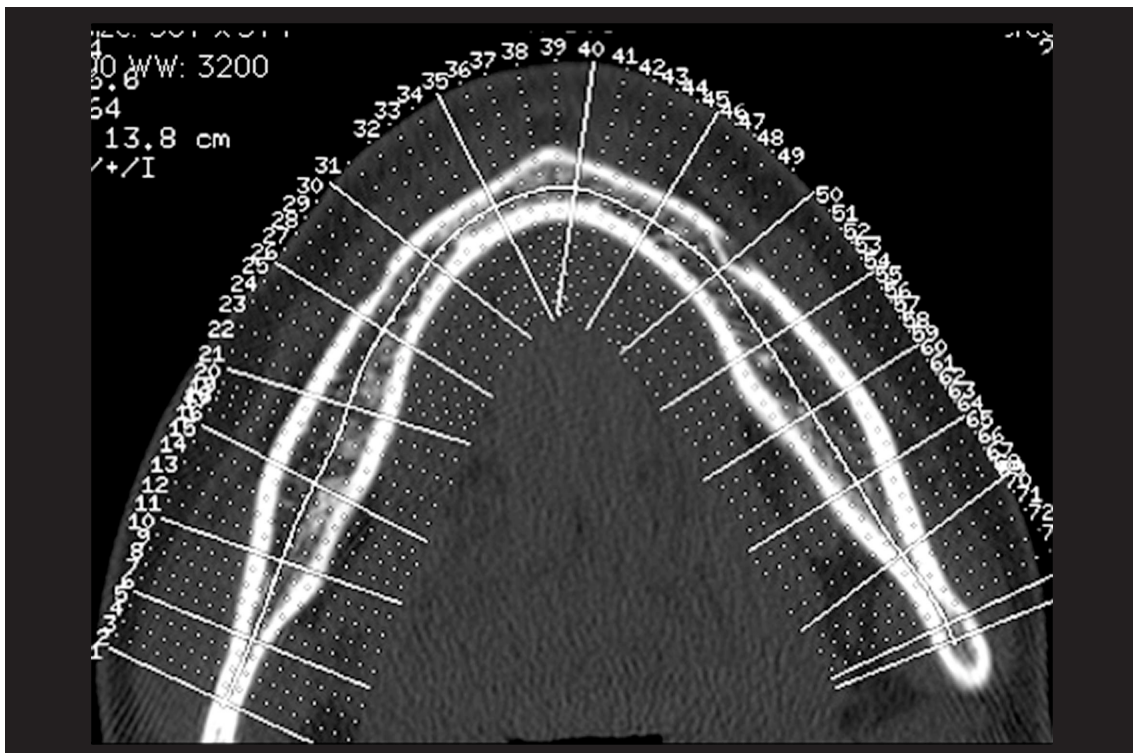
Para la adquisición de imágenes se colocaron sobre la mesa del equipo de TC, las mandíbulas en grupos de cinco, según el número de orden inscrito en la cara interna de la rama mandibular derecha.

Se emplearon unas esponjas comunes cortadas ex profeso, para conseguir una oblicuidad similar a la que presentan los pacientes que se someten a éste procedimiento.

El estudio de imagen se realizó empleando una máquina Light Speed Pro 16 General Electric Medical System, Milwaukee, WI, USA.

Se utilizó el mismo protocolo para todos los casos: adquisición con cortes contiguos de reconstrucción de 0,6 mm cada 0,6 mm, durante 1 segundo, 120kV, 250 mA, y 13,8 cm field of view.

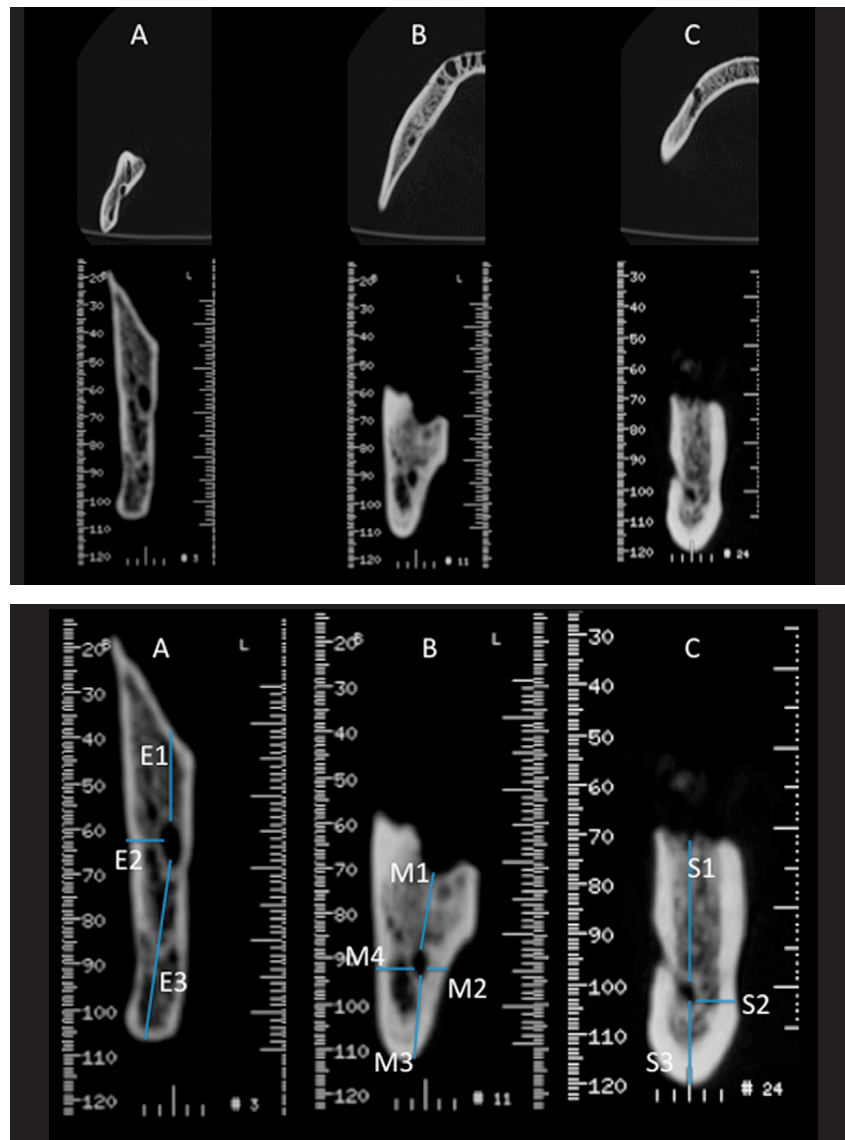
Figura 10. Recorrido de la línea imaginaria sobre la que se realiza la reconstrucción panorámica y las imágenes ortoradiales.



Las imágenes se almacenaron en sistema DICOM (Digital Imaging Communication in Medicine) y se trasladaron a la estación de trabajo para realizar el post procesamiento usando el protocolo DentaScan (Adventage Windows General Electric Medical System, USA).

En el post procesamiento se utilizaron las imágenes axiales obtenidas de la mandíbula, para localizar el orificio de entrada del nervio dentario inferior derecho en el canal mandibular derecho. Desde éste, se trazó una línea imaginaria sobre la que se realizaría la reconstrucción para la obtención de imágenes sagitales, siguiendo el canal mandibular mediante la colocación de cursores en el interior de dicho canal.

Figura 11. Cortes axiales de los tres puntos donde se tomaron las medidas (A, B y C) y cortes sagitales en estas mismas localizaciones con las medidas tomadas.



Una vez alcanzado el orificio mentoniano del canal se continuó esta línea de reconstrucción hasta la eminencia mentoniana. Una vez alcanzada la eminencia mentoniana se prolongó la línea hasta el orificio de salida del canal mandibular izquierdo y desde ésta se hizo exactamente el mismo procedimiento descrito para el lado derecho pero en sentido inverso.

C Recogida de datos.

Se recogieron datos de las imágenes procesadas con dos finalidades:

- I.- Para realizar un análisis morfométrico del canal que alberga el nervio dentario inferior.
- II.- Para realizar el cálculo de la trayectoria del nervio dentario inferior.

Todos estos datos se recogieron en dos tablas independientes.

I.- Datos para el análisis morfométrico:

- 1 E_1 : Es la distancia desde borde superior del CM (canal mandibular) al borde superior mandibular, trazando una línea vertical equidistante a la cortical mandibular interna y externa en el corte sagital de entrada del CM.

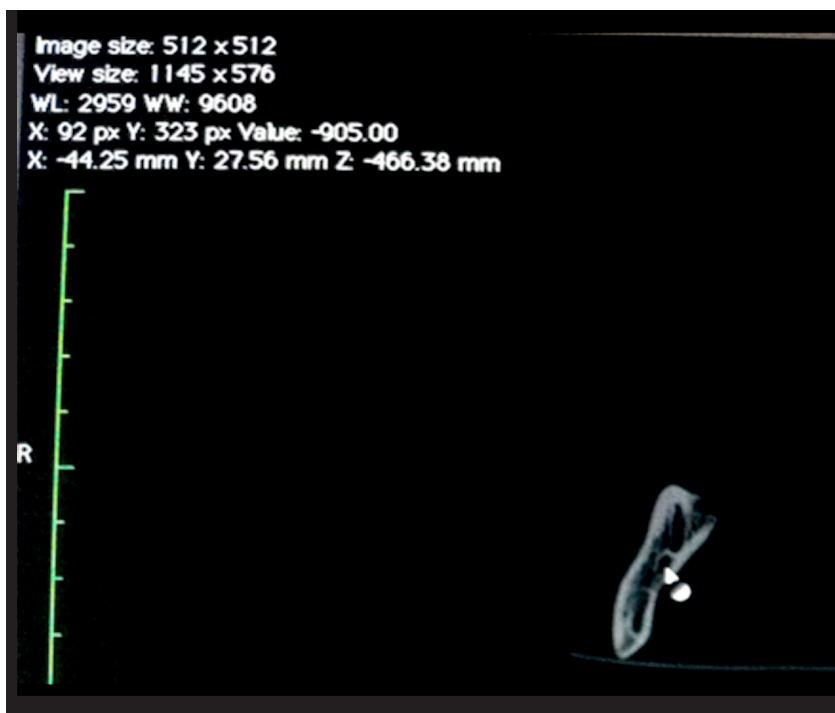


Figura 12. Imagen del visualizador Osirix con las coordenadas del ratón.

Este corte sagital empleado debe ser el más posterior en el que se identifique la circunferencia ósea completa del orificio de entrada del CM.

- 2 E_2 : Es la distancia desde borde externo del CM a la tabla cortical externa o vestibular mandibular medida en el corte sagital en que se ha obtenido E_1 .
- 3 E_3 : Es la distancia desde borde inferior del CM al borde basilar mandibular, trazando una línea vertical equidistante a la cortical mandibular interna y externa, axial mismo obtenida en el mismo corte que E_1 y E_2 .
- 4 M_1 : Es la distancia desde borde superior del CM a la cortical superior o cortical alveolar, medida en el número de corte sagital intermedio obtenido en la reconstrucción, entre el orificio de entrada y de salida del canal que resulta localizarse a la distancia media entre ambos.
- 5 M_2 : Es la distancia desde el borde medial del CM a la cortical medial o lingual de la mandíbula, medida en el mismo corte sagital que M_1 .
- 6 M_3 : Es la distancia desde el borde inferior del CM a la cortical inferior, medida en el mismo corte sagital que M_1 y M_2 .
- 7 M_4 : Es la distancia obtenida desde el borde lateral del CM a la cortical externa o vestibular, medida en el mismo corte sagital que M_1 , M_2 y M_3 .
- 8 S_1 : Es la distancia obtenida desde el borde superior del CM a la cresta alveolar, tomada en el corte sagital obtenido tras la reconstrucción, en el que se identifica la salida del canal mandibular como una semiluna de cortical ósea.
- 9 S_2 : Es la distancia del borde interno del CM a la tabla cortical interna o lingual mandibular. La medida se toma en el mismo corte sagital en el que se obtiene S_1 .
- 10 S_3 : Es la distancia del borde inferior del CM al borde basilar mandibular. La medida asimismo se obtiene en el mismo corte sagital en el que se toman las medidas S_1 y S_2 .
- 11 D : Es la distancia obtenida desde el borde anterior del orificio de salida del CM a la eminencia mentoniana. Para obtenerla se posiciona el cursor del visualizador de imágenes en el corte axial en el que se identifique la salida del CM y sin desplazarlo se localiza la eminencia mentoniana en un corte axial inferior. Una vez localizado se toma medida desde la posición previa del cursor hasta la eminencia.

Posteriormente se realizó un análisis descriptivo de acuerdo con la naturaleza de las medidas obtenidas; se estimaron medidas de distribución de frecuencia (media, mediana y moda) y medidas de tendencia central y de dispersión (desviación estándar).

II.- Datos para el cálculo de la trayectoria.

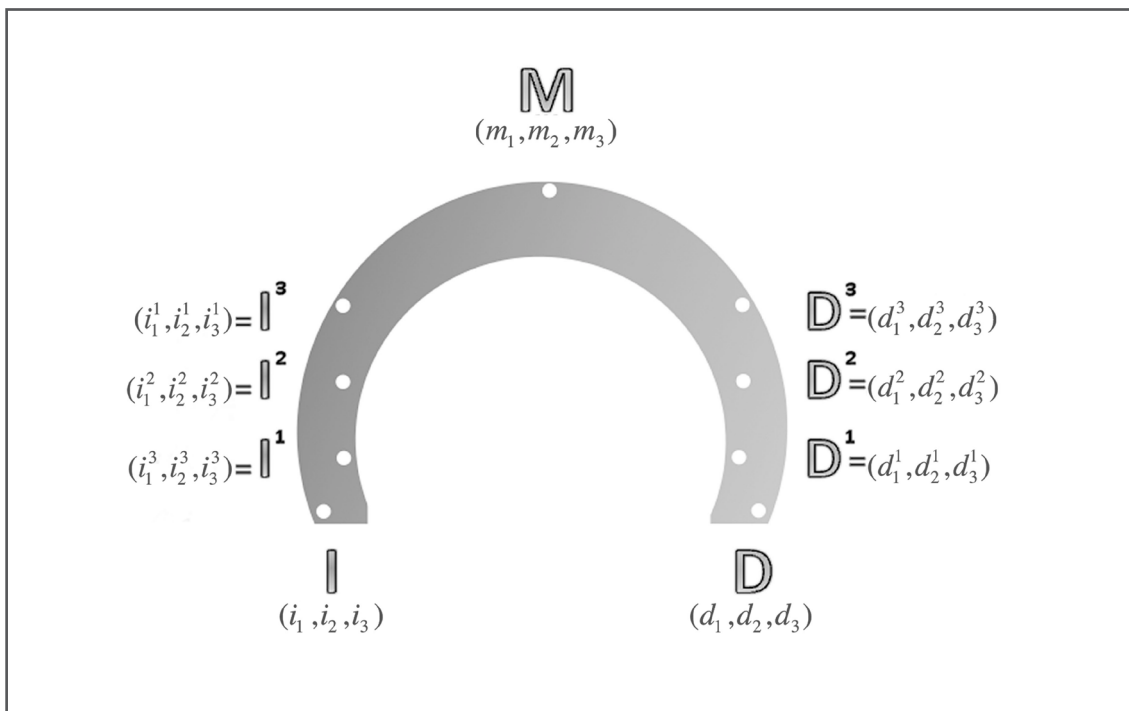
Todos los datos tomados para el cálculo de la trayectoria se obtuvieron en los cortes axiales.

Para ello se posicionó el cursor del visualizador de imágenes OsiriX sobre distintas localizaciones anatómicas cuyas referencias cartesianas eran necesarias, indicando el propio visualizador de imágenes los valores de X, Y y Z en el ángulo superior derecho.

Se recogiendo los siguientes valores o coordenadas:

X: Determina la posición de un determinado punto en el eje de abscisas. Hace referencia a derecha-izquierda.

Figura 13. Nominación de coordenadas.



Y: Determina la posición de un determinado punto en el eje de ordenadas. Hace referencia a la posición anterior-posterior.

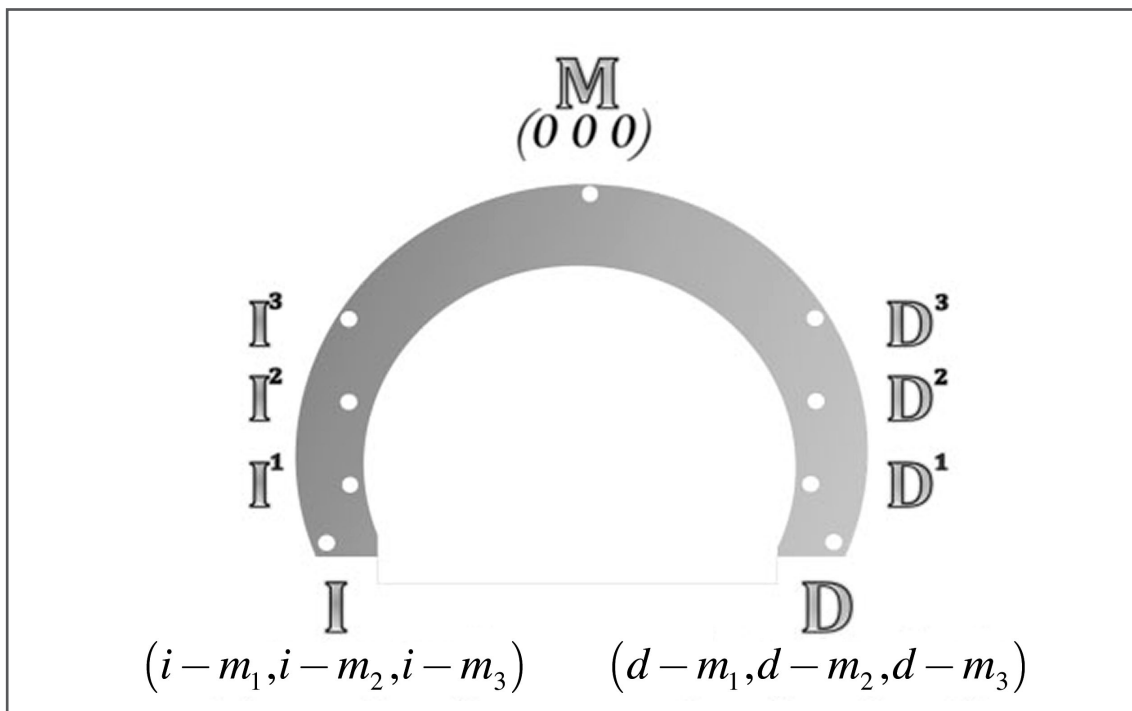
Ambas, X e Y determinan la localización de un punto en el plano horizontal.

Z: Determina la posición de un determinado punto en el plano vertical. Hace referencia a la posición arriba-abajo o superior-inferior.

De cada una de la mandíbulas disecadas se recogieron las siguientes coordenadas:

- 1 I: Corresponde a las coordenadas del ángulo mandibular izquierdo. Está compuesto de (i_1, i_2, i_3) que corresponde a (x, y, z) .
- 2 I¹: Corresponde a las coordenadas del orificio de entrada del CM izquierdo. Está compuesto por (i_1^1, i_2^1, i_3^1) que corresponde a (x, y, z) .

Figura 14. Obtención de las nuevas coordenadas.



- ③ I²: Corresponde a las coordenadas del interior del CM medido en la distancia media entre el orificio de entrada y de salida del CM izquierdo. Para obtener su exacta localización se coloca el cursor del visualizador de imágenes en el orificio de entrada y sin moverlo se localiza el plano axial del orificio de salida, midiendo la distancia entre ambos calculando después el punto medio y reubicando el cursor en éste para obtener sus coordenadas. Está compuesto por (i_1^2, i_2^2, i_3^2) que corresponde a (x, y, z) .
- ④ I³: Corresponde a las coordenadas del orificio de salida del CM. Está compuesto por (i_1^3, i_2^3, i_3^3) que corresponde a (x, y, z) .
- ⑤ D: Corresponde a las coordenadas del ángulo mandibular derecho. Está compuesto de (d_1, d_2, d_3) que corresponde a (x, y, z) .
- ⑥ D¹: Corresponde a las coordenadas del orificio de entrada del CM derecho. Está compuesto por (d_1^1, d_2^1, d_3^1) que corresponde a (x, y, z) .
- ⑦ D²: Corresponde a las coordenadas del interior del CM medido en la distancia media entre el orificio de entrada y de salida del CM derecho. Para obtener su exacta localización se coloca el cursor del visualizador de imágenes en el orificio de entrada y sin moverlo se localiza el plano axial del orificio de salida, midiendo la distancia entre ambos calculando después el punto medio y reubicando el cursor en éste para obtener sus coordenadas. Está compuesto por (d_1^2, d_2^2, d_3^2) que corresponde a (x, y, z) .
- ⑧ D³: Corresponde a las coordenadas del orificio de salida del CM derecho. Está compuesto por (d_1^3, d_2^3, d_3^3) que corresponde a (x, y, z) .
- ⑨ M: Corresponde a las coordenadas de la eminencia mentoniana. Está compuesto por (m_1, m_2, m_3) que corresponde a (x, y, z) .

D Desarrollo matemático:

Para determinar la ecuación que defina la trayectoria del nervio dentario inferior debemos tener en cuenta que las mandíbulas de nuestra muestra no son iguales entre sí. Para trabajar con las 30 mandíbulas analizadas, es necesario realizar un proceso de normalización de las mismas, mediante varios pasos.

Primer paso:

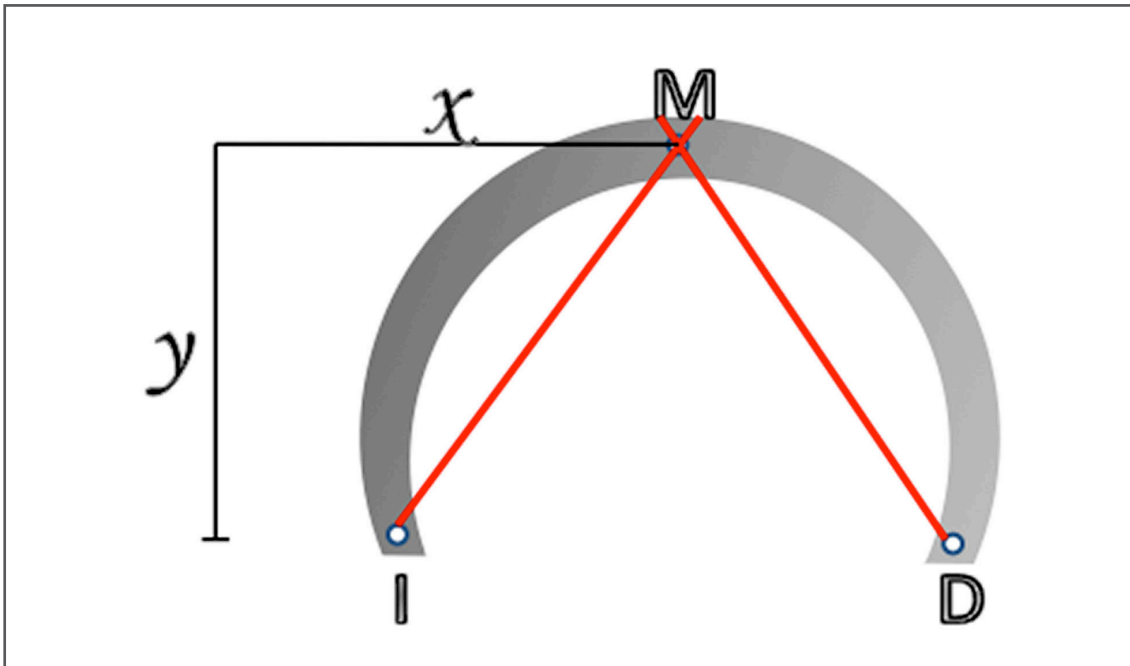
Las coordenadas recogidas de cada una de las mandíbulas tienen un origen de coordenadas diferente, debido a la posición que ocuparon en la mesa del equipo de TC cuando se realizó el estudio de imagen.

Se decide por motivos operativos, que el punto M de cada mandíbula corresponda al origen de coordenadas (0,0,0) al que estarán referidos el resto de los puntos analizados.

Para ello se resta al valor de las coordenadas de I, I¹, I², I³, D, D¹, D², D³ de cada mandíbula, el valor de las coordenadas de M de esa determinada mandíbula, obteniendo así 8 puntos de cada una de las mandíbulas referidos a su respectiva M.

Se obtiene el cuadro de medidas recogido en el apéndice.

Figura 15. Cálculo de las longitudes de los lados según el Teorema de Pitágoras.



Segundo paso:

Suponemos que las hemimandíbulas no son simétricas entre sí, por lo que procedemos al siguiente cálculo para crear un modelo en el que las hemimandíbulas sean iguales en cuanto a longitud.

Calculamos las longitudes de los lados de cada mandíbula siguiendo el Teorema de Pitágoras en las 3 dimensiones.

$$|\mathbf{MI}| = \sqrt{(i_1 - m_1)^2 + (i_2 - m_2)^2 + (i_3 - m_3)^2}$$

$$|\mathbf{MD}| = \sqrt{(d_1 - m_1)^2 + (d_2 - m_2)^2 + (d_3 - m_3)^2}$$

Tercer paso:

Para continuar el proceso de normalización de las medidas, suponemos que cada hemimandíbula tendrá una longitud de 10 centímetros (simplemente por comodidad de cálculo) y por tanto las “estiramos” utilizando un factor de normalización que “estirá” las hemimandíbulas izquierdas y un factor de normalización para las derechas de tal manera que todas ellas queden normalizadas en la longitud deseada y así poder trabajar con ellas.

Para ello multiplicamos las coordenadas de cada punto I, I^1, I^2, I^3 por el factor de normalización σ_1 para las mandíbulas izquierdas y de igual manera lo haremos con los puntos D, D^1, D^2, D^3 , por el factor de normalización σ_2 , para las mandíbulas derechas.

$$\sigma_1 = \frac{10}{|\mathbf{MI}|} = \frac{10}{\sqrt{(i_1 - m_1)^2 + (i_2 - m_2)^2 + (i_3 - m_3)^2}}$$

$$\sigma_2 = \frac{10}{|\mathbf{MD}|} = \frac{10}{\sqrt{(d_1 - m_1)^2 + (d_2 - m_2)^2 + (d_3 - m_3)^2}}$$

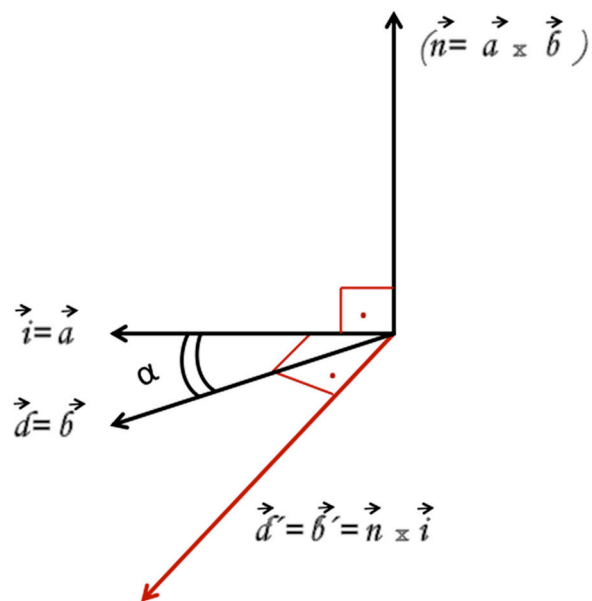
Cuarto paso:

Es necesario buscar un sistema de ejes coordenados en 3 dimensiones que sean perpendiculares entre sí y que contengan a su correspondiente mandíbula en el plano (x, y) . Posteriormente se realizará la rotación de los 3 ejes para que coincidan con los ejes de coordenadas estándar (x, y, z) .

Esto equivale a rotar cada mandíbula, para que todas ellas se coloquen en el plano horizontal (x, y) de forma que el eje z quede perpendicular al plano que contiene la mandíbula (es decir, "apoyadas" encima de la mesa).

Puesto que tomamos como origen de coordenadas a M ;

$$M = (m_1, m_2, m_3) = (0, 0, 0)$$



Entonces;

$$\vec{i} = \vec{a} = \overline{MI} = (i_1, i_2, i_3)$$

$$\vec{d} = \vec{b} = \overline{MD} = (d_1, d_2, d_3)$$

Por tanto, su eje vertical será:

$$\begin{aligned}\vec{n} = \vec{a} \times \vec{b} &= \begin{vmatrix} e_1 & e_2 & e_3 \\ i_1 & i_2 & i_3 \\ d_1 & d_2 & d_3 \end{vmatrix} = \\ &= (i_2 d_3 - i_3 d_2, i_3 d_1 - i_1 d_3, i_1 d_2 - i_2 d_1) = (n_1, n_2, n_3)\end{aligned}$$

Por tanto, tenemos definidos los vectores:

$$\begin{aligned}\vec{i} &= \vec{a} \\ \vec{d}' &= \vec{b} \\ \vec{n} &\end{aligned}$$

De tal manera que \vec{n} es perpendicular a los otros dos, pero \vec{a} y \vec{b} no tienen por qué ser perpendiculares sino que formarán un ángulo α que es menor de 90° . Por tanto, calculamos el vector \vec{d}' que es perpendicular a \vec{a} y a \vec{n} , siendo:

$$\begin{aligned}\vec{d}' = \vec{b} \times \vec{n} &= \begin{vmatrix} e_1 & e_2 & e_3 \\ n_1 & n_2 & n_3 \\ i_1 & i_2 & i_3 \end{vmatrix} = \\ &= n_2 i_3 - n_3 i_2, n_3 i_1 - n_1 i_3, n_1 i_2 - n_2 i_1 = (d'_1, d'_2, d'_3)\end{aligned}$$

Así, de esta manera, ya tenemos los 3 ejes perpendiculares adaptados a cada mandíbula.

Por tanto:

- eje i = corresponde al lado izquierdo de la mandíbula.
- eje d' = corresponde al lado derecho de la mandíbula.
- eje n = eje vertical de la mandíbula, con origen en $(0,0,0)$.

Quinto paso:

Después de todo el procedimiento tenemos 3 vectores $(\vec{i} = \vec{a}, \vec{d}', \vec{n})$ que son perpendiculares entre sí, y adaptados a la mandíbula, de forma que \vec{i} coincide con el lado izquierdo de la mandíbula y, además, la mandíbula se encuentra en el plano generado por los vectores \vec{i} y \vec{d}' .

Ahora bien, estos tres vectores no tienen iguales longitudes, de tal manera que $\vec{i} = \vec{a}$ si tienen una longitud de 10 cm, pero todavía no están normalizados \vec{d}' ni \vec{n} .

Realizamos entonces la normalización de \vec{d}' y \vec{n} .

$\vec{d}' = (d'_1, d'_2, d'_3)$ pasa a ser :

$$= \frac{10}{\sqrt{(d'_1)^2 + (d'_2)^2 + (d'_3)^2}} (d'_1, d'_2, d'_3)$$

$\vec{n} = (n_1, n_2, n_3)$ pasa a ser :

$$= \frac{10}{\sqrt{(n_1)^2 + (n_2)^2 + (n_3)^2}} (n_1, n_2, n_3)$$

Por tanto, ahora tenemos 3 vectores $(\vec{i} = \vec{a}, \vec{d}', \vec{n})$, con longitudes equivalentes y situados sobre los 3 ejes perpendiculares entre sí.

Sexto paso:

Recordamos que el plano (x, y) , también llamado (i, d') , donde se encuentra la mandíbula del paciente, en términos generales forma un ángulo α con el plano horizontal.

Para poder trabajar con todas las mandíbulas, de forma homogénea, tenemos que situarlas en un mismo plano horizontal, para lo que tendremos que girar los 3 ejes dados $(a - i, d')$ el ángulo α que forman éstos con el plano horizontal.

Para ello, debemos encontrar la matriz de giro, es decir, de cambio de base, por lo que consideramos la matriz:

$$R = \begin{pmatrix} \frac{i_1}{10} & \frac{d'_1}{10} & \frac{n_1}{10} \\ \frac{i_2}{10} & \frac{d'_2}{10} & \frac{n_2}{10} \\ \frac{i_3}{10} & \frac{d'_3}{10} & \frac{n_3}{10} \end{pmatrix}$$

R es la matriz que envía la base canónica (e_1, e_2, e_3) a la $\left(\frac{i}{10}, \frac{d'}{10}, \frac{n}{10}\right)$ y a una matriz ortonormal.

Es decir, que sus columnas son vectores de longitud 1, perpendiculares entre sí y por tanto, su inversa es su traspuesta, que es el resultado de la sustitución de sus filas por sus columnas.

$$R^{-1} = R^T = \begin{pmatrix} \frac{i_1}{10} & \frac{d'_1}{10} & \frac{n_1}{10} \\ \frac{i_2}{10} & \frac{d'_2}{10} & \frac{n_2}{10} \\ \frac{i_3}{10} & \frac{d'_3}{10} & \frac{n_3}{10} \end{pmatrix}$$

Por lo tanto, esta matriz lleva $(\vec{i}, \vec{d}', \vec{n})$ a $(10\vec{e}_1, 10\vec{e}_2, 10\vec{e}_3)$

Entonces transformamos todos los puntos por R^{-1} , es decir, $\vec{x} = (x_1, x_2, x_3)$ pasa a ser:

$$R^{-1}\vec{X} = \begin{pmatrix} \frac{i_1}{10} & \frac{d'_1}{10} & \frac{n_1}{10} \\ \frac{i_2}{10} & \frac{d'_2}{10} & \frac{n_2}{10} \\ \frac{i_3}{10} & \frac{d'_3}{10} & \frac{n_3}{10} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{pmatrix} = \vec{Y}$$

Es decir, hay que convertir $R^{-1}\vec{X} = \vec{Y}$ para todos los puntos, de forma que en el caso de $\vec{X} = M(0, 0, 0)$, lógicamente la resultante será $(0, 0, 0)$ pero también es necesario repetir la operación para todos los puntos: I, I¹, I², I³, D, D¹, D², D³.

Séptimo paso:

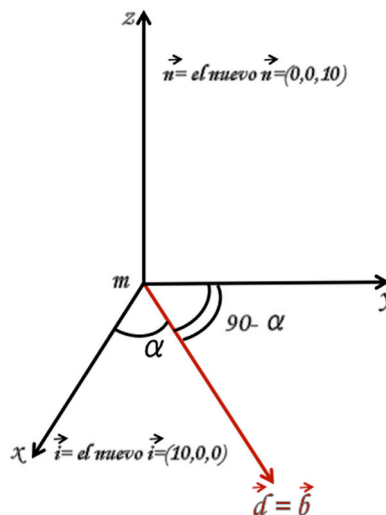
El siguiente paso a realizar es girar la mandíbula derecha un ángulo $(90 - \alpha)$.

Para ello suponemos que no todas las mandíbulas tienen la misma apertura por lo que se sugiere renormalizar para que el ángulo α sea de 90° en todos los casos.

En primer lugar calculamos α :

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \frac{\vec{i} \cdot \vec{d}}{\|\vec{i}\| \|\vec{d}\|} = \\ &= \frac{i_1 d_1 + i_2 d_2 + i_3 d_3}{\sqrt{(i_1)^2 + (i_2)^2 + (i_3)^2} \sqrt{(d_1)^2 + (d_2)^2 + (d_3)^2}} \end{aligned}$$

Según la figura siguiente, es preciso girar por el ángulo $(90 - \alpha)$ el lado derecho de la mandíbula en el plano (x, y) .



Para ello, multiplicamos por la matriz expresada a continuación, solamente los puntos de la mandíbula derecha.

$$Q_{90-\alpha} = \begin{pmatrix} \cos(90-\alpha) & -\text{sen}(90-\alpha) & 0 \\ \text{sen}(90-\alpha) & \cos(90-\alpha) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} \text{sen}\alpha & -\text{cos}\alpha & 0 \\ \text{cos}\alpha & \text{sen}\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

De esta forma, siendo las coordenadas de $D = (d_1, d_2, d_3)$, resultará:

$$\begin{pmatrix} \text{sen}\alpha & -\text{cos}\alpha & 0 \\ \text{cos}\alpha & \text{sen}\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \vec{d}_1 \\ \vec{d}_2 \\ \vec{d}_3 \end{pmatrix}$$

Resultando las nuevas coordenadas de D.

Para resolverlo sabemos que $\text{sen}\alpha = \sqrt{1 - \cos^2\alpha}$ siempre siendo $\alpha < 90^\circ$

Recordamos que la inversa a $Q(90 - \alpha)$ es $Q(\alpha - 90) = Q-(90 - \alpha)$, es decir:

$$Q_{90-\alpha} = Q_{-(90-\alpha)} = \begin{pmatrix} \text{sen}\alpha & \text{cos}\alpha & 0 \\ -\text{cos}\alpha & \text{sen}\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Al tratarse de la matriz inversa de la primera, hemos cambiado filas por columnas. Además aclaramos que:

$$\cos(-(90 - \alpha)) = \cos(90 - \alpha) = \text{sen}\alpha$$

Después de todo este procedimiento, hemos conseguido que todas las mandíbulas estén en la misma posición, y por tanto, es posible finalmente aplicar el modelo que permita identificar la función que pasa por los tres puntos de la mandíbula derecha e izquierda.



resultados

I ANÁLISIS MORFOMÉTRICO

Tras realizar un análisis descriptivo de acuerdo con la naturaleza de las medidas obtenidas; se obtuvieron las siguientes medias y desviaciones típicas para cada una de las siguientes medidas tomadas.

- 1 E1: La distancia desde el borde superior del CM al borde superior mandibular tomada en el orificio de entrada del CM.

La media de esta distancia en el lado derecho fue de 1,24 cm (IP 95% 0,72-1,76), siendo en el lado izquierdo de 1,34 cm (IP 95% 0,78-1,90), y para ambos lados se obtuvo una medida media de 1,29 (IP 95% 0,75-1,83).

- 2 E2: La distancia desde borde externo del CM a la tabla cortical externa o vestibular mandibular medido en el orificio de entrada del CM.

La media de esta distancia en el lado derecho fue de 0,36 cm (IP 95% 0,12-0,6), siendo en el lado izquierdo de 0,33 cm (IP 95% 0,07-0,59), y para ambos lados se obtuvo una medida media de 0,34 cm (IP 95% 0,08-0,6).

- 3 E3: En la distancia desde borde inferior del CM al borde basilar mandibular, tomada esta medida en el orificio de entrada del CM.

La media de esta distancia en el lado derecho fue de 2,19 cm (IP 95% 1,31-3,07), siendo en el lado izquierdo de 2,22 cm (IP 95% 1,42-3,02), y para ambos lados se obtuvo una medida media de 2,20 (IP 95% 1,36-3,04).

- 4 M1: La distancia desde borde superior del CM a la cortical superior medida en el punto medio entre el orificio de entrada y salida del CM.

La media de esta distancia en el lado derecho fue de 1,54 cm (IP 95% 0,86-2,22), siendo en el lado izquierdo de 1,49 cm (IP 95% 0,79-2,19), y para ambos lados se obtuvo una medida media de 1,51 (IP 95% 0,81-2,21).

- 5 M2: En la distancia desde el borde medial del CM a la cortical medial o lingual medida en el mismo lugar que M1.

La media de esta distancia en el lado derecho fue de 0,23 cm (IP 95% 0,05-0,41), siendo en el lado izquierdo de 0,24 cm (IP 95% 0,08-0,40), y para ambos lados se obtuvo una medida media de 0,23 (IP 95% 0,08-0,40).

- 6 M3: Es la distancia desde el borde inferior del CM a la cortical inferior mandibular medido en el mismo punto que M1 y M2.

La media de esta distancia en el lado derecho fue de 0,96 cm (IP 95% 0,58-1,34), siendo en el lado izquierdo de 0,90 cm (IP 95% 0,56-1,24), y para ambos lados se obtuvo una medida media de 0,93 (IP 95% 0,57-1,29).

- 7 M4: Es la distancia obtenida desde el borde lateral del CM a la cortical lateral o vestibular.

La media de esta distancia en el lado derecho fue de 0,59 cm (IP 95% 0,27-0,91), siendo en el lado izquierdo de 0,56 cm (IP 95% 0,30-0,82), y para ambos lados se obtuvo una medida media de 0,57 (IP 95% 0,27-0,87).

- 8 S1: Es la distancia obtenida desde el borde superior del CM a la cresta alveolar, en el orificio de salida del CM.

La media de esta distancia en el lado derecho fue de 1,63 cm (IP 95% 1,09-2,17), siendo en el lado izquierdo de 1,58 cm (IP 95% 0,94-2,22), y para ambos lados se obtuvo una medida media de 1,60 (IP 95% 1,00-2,20).

- 9 S2: Es la distancia del borde interno del CM a la tabla cortical interna o lingual mandibular medida en el orificio de salida del CM.

La media de esta distancia en el lado derecho fue de 0,45 cm (IP 95% 0,23-0,67), siendo en el lado izquierdo de 0,45 cm (IP 95% 0,25-0,65), y para ambos lados se obtuvo una medida media de 0,44 (IP 95% 0,22-0,66).

- 10 S3: Es la distancia del borde inferior del CM al borde basilar mandibular en el orificio de salida del CM.

La media de esta distancia en el lado derecho fue de 1,02 cm (IP 95% 0,70-1,34), siendo en el lado izquierdo de 1,04 cm (IP 95% 0,66-1,42), y para ambos lados se obtuvo una medida media de 1,03 (IP 95% 0,67-1,39).

- 11 D: Es la distancia obtenida desde el borde anterior del orificio de salida del CM a la eminencia mentoniana.

La media de esta distancia en el lado derecho fue de 2,50 cm (IP 95% 2,10-2,90), siendo en el lado izquierdo de 2,45 cm (IP 95% 2,05 -2,85), y para ambos lados se obtuvo una medida media de 2,47 (IP 95% 2,07-2,87).

Según los datos obtenidos en las 30 mandíbulas disecadas deducimos que el nervio dentario inferior (NDI) se introduce en el canal mandibular (CM) a través de un orificio localizado a 1,29 cm del borde mandibular alveolar y a 2,20 cm del borde mandibular inferior, es decir, en el tercio superior de la misma, y a tan solo 0,34 cm de la cortical externa.

En nervio dentario inferior (NDI) y por tanto el canal mandibular (CM), según los datos obtenidos, viaja más próxima a la cortical inferior mandibular (a una media de 0,93 cm) que a la cortical superior o alveolar mandibular (a una media de 1,51 cm). Además, de estos datos se desprende que se encuentra más próximo a la cortical interna o lingual durante su viaje a través de la mandíbula que a la cortical externa o vestibular (0,23 cm frente a 0,57 cm).

En su extremo distal, el canal mandibular (CM) en su orificio de salida o mentoniano, se mantiene más próximo a la cortical inferior que a la cortical superior (la distancia a la primera es de 1,02 cm de media frente a la distancia media de la segunda de 1,60 cm) y a una distancia de 0,44 cm de la cortical interna. Además el orificio de salida del canal mandibular (CM) esta a una distancia media de 2,47 cm de la eminencia mentoniana.

II DEFINICIÓN DE LA FUNCIÓN QUE DEFINE LA TRAYECTORIA DEL NERVILO DENTARIO INFERIOR.

Entre los objetivos de esta tesis, está el de obtener un modelo que represente matemáticamente la ecuación que describa la trayectoria del nervio dentario inferior.

Esta función, en la hemimandíbula izquierda, tendrá la siguiente forma:

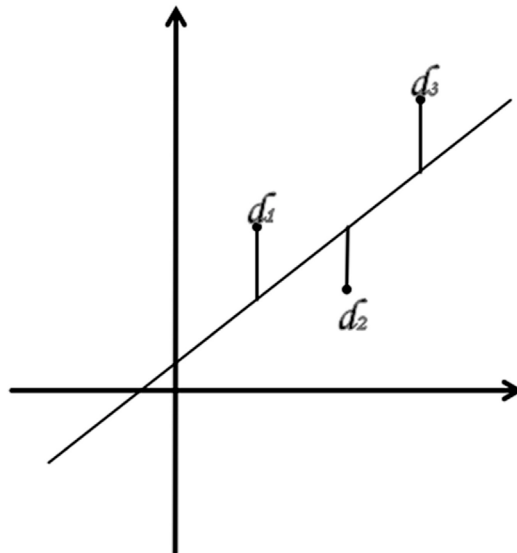
$$\gamma(t) = (a, b, c) + t(d, e, f)$$

En esta fórmula, las incógnitas son: (a, b, c) y (d, e, f) , es decir, 6 incógnitas.

Para ello se tratará de minimizar la distancia de la función $\gamma(t)$ al punto I_1 , en el plano $x = i_1^1$. Lo mismo para I_2 y para I_3 .

Aplicamos el mismo procedimiento en el espacio, al que se aplica cuando consideramos 2 dimensiones en el plano.

Este procedimiento es similar a cuando consideramos 2 dimensiones y tratamos de minimizar las distancias entre un punto y una recta, siendo tales distancias d_1, d_2, d_3 , tal y como se explica en el esquema.



Para ello sabemos que el punto de $\gamma(t)$ que corta al plano $x = i_1^1$ es:

$$a + t_1 d = i_1^1$$

$$\text{siendo: } t_1 = \frac{i_1^1 - a}{d}$$

$$\text{y } \gamma(t_1) = (a, b, c) + t_1(d, e, f)$$

y por tanto las distancias al cuadrado del punto I_1 a $\gamma(t_1)$ será:

1)

$$d^2(\gamma(t_1, I_1)) = \left[i_2^1 - \left(b + \frac{i_1^1 - a}{d} e \right) \right]^2 + \left[i_3^1 - \left(c + \frac{i_1^1 - a}{d} f \right) \right]^2$$

Lo mismo se haría para I_2 de forma que:

$$t_2 = \frac{i_1^2 - a}{d}$$

$$\gamma(t_2) = (a, b, c) + t_2(d, e, f)$$

y por tanto la distancia al cuadrado será:

2)

$$d^2(\gamma(t_2, I_2)) = \left[i_2^2 - \left(b + \frac{i_1^2 - a}{d} e \right) \right]^2 + \left[i_3^2 - \left(c + \frac{i_1^2 - a}{d} f \right) \right]^2$$

y finalmente con I_3 resultaría:

$$t_3 = \frac{i_1^3 - a}{d}$$

$$\gamma(t_3) = (a, b, c) + t_3(d, e, f)$$

3)

$$d^2(\gamma(t_3, I_3)) = \left[i_2^3 - \left(b + \frac{i_1^3 - a}{d} e \right) \right]^2 + \left[i_3^3 - \left(c + \frac{i_1^3 - a}{d} f \right) \right]^2$$

Ahora es necesario sumar todas estas distancias correspondientes a las fórmulas anteriores 1), 2) y 3) para todos los puntos y encontrar la recta que minimiza esa suma. Es decir, será la función:

4)

$$F(a,b,c,d,e,f) = \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 \left[\left[i_2^k - \left(b + \frac{i_1^k - a}{d} e \right) \right]^2 + \left[i_3^k - \left(c + \frac{i_1^k - a}{d} f \right) \right]^2 \right]$$

En este caso, los i_1^k, i_2^k, i_3^k son valores conocidos y se trata de determinar los valores correspondientes a (a, b, c, d, e, f) como incógnitas.

Pues bien, para hacer que esta función F (que es la suma de las distancias de los puntos a la recta que pasa por el nervio) sea la **mínima**, es preciso igualar a cero cada una de sus derivadas parciales, respecto a sus 6 incógnitas (a, b, c, d, e, f) y de ahí resolver tal sistema de ecuaciones, que nos permita conocer los valores de tales incógnitas.

Por tanto, realizamos la 6 derivadas parciales de la función F (fórmula 4) y resulta:

5)

$$0 = \frac{\partial F}{\partial a} = \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 \left[2 \left[i_2^k - \left(b + \frac{i_1^k - a}{d} e \right) \right] (-1) \frac{e}{d} + 2 \left[i_3^k - \left(c + \frac{i_1^k - a}{d} f \right) \right] (-1) \frac{f}{d} \right]$$

6)

$$0 = \frac{\partial F}{\partial b} = \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 2 \left[i_2^k - \left(b + \frac{i_1^k - a}{d} e \right) \right] (-1)$$

7)

$$0 = \frac{\partial F}{\partial c} = \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 2 \left[i_3^k - \left(c + \frac{i_1^k - a}{d} f \right) \right] (-1)$$

8)

$$0 = \frac{\partial F}{\partial d} = \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 2 \left[i_2^k - \left(b + \frac{i_1^k - a}{d} e \right) \right] \frac{e(i_1^k - a)}{d^2} (-1) + 2 \left[i_3^k - \left(c + \frac{i_1^k - a}{d} f \right) \right] \frac{f(i_1^k - a)}{d^2} (-1)$$

9)

$$0 = \frac{\partial F}{\partial e} = \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 2 \left[i_2^k - \left(b + \frac{i_1^k - a}{d} e \right) \right] \frac{(i_1^k - a)}{d} (-1)$$

10)

$$0 = \frac{\partial F}{\partial f} = \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 2 \left[i_3^k - \left(c + \frac{i_1^k - a}{d} f \right) \right] \frac{(i_1^k - a)}{d} (-1)$$

Como cada una de estas ecuaciones 5), 6), 7), 8), 9), y 10), están igualadas a cero, podemos simplificarlas cancelando todos los productos de cada sumando, de forma que la 5), se reduce a:

$$0 = \left\{ \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 \left[i_2^k - \left(b + \frac{i_1^k - a}{d} e \right) \right] \right\} e + \left\{ \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 2 \left[i_3^k - \left(c + \frac{i_1^k - a}{d} f \right) \right] \right\}$$

En ella se observa que el primer sumando es igual que la fórmula 6), la cual es igual a 0. El segundo sumando también se observa que es igual que la fórmula 7), la cual también es igual a 0. Por tanto, la fórmula anterior, que es la 5), es igual a 0, porque es combinación de la 6) y 7).

Pero la fórmula 6) es igual que la 9), por lo que esta última se puede suprimir.

Por la misma razón, la 7) es igual que la 10), por lo que también se puede suprimir esta última.

Finalmente, la fórmula 8) tiene su primer sumando que es 0 ya que es igual a la 6), y su segundo sumando es también 0 ya que es igual a la 7) y por tanto ambas son iguales a 0.

Todo este conjunto de fórmulas se reducen a las 6) y 7) y si renormalizamos los vectores (a, b, c) y (d, e, f) podemos considerar sin pérdida de generalidad que:

$$\begin{aligned} a &= 0 \\ d &= 1 \end{aligned}$$

por lo que $t_k = i_1^k$ para $k = 1, 2, 3$

Con ello, la función F anterior (fórmula 4) se puede escribir así, ya que es la suma de las 6) y 7):

$$F(b, c, e, f) = \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 [i_2^k - b - i_1^k e]^2 + \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 [i_3^k - c - i_1^k f]^2 = A + B$$

Lo cual representa una suma de cuadrados y por tanto la elección de (b, e) en A , no influye en la elección de (c, f) en B y recíprocamente, por lo que una suma es **mínima**, cuando lo son cada uno de sus sumandos, es decir, A y B .

Por tanto, minimizando por separado A y B , resulta:

$$\begin{aligned} A &= A(b, e) = \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 [i_2^k - b - i_1^k e]^2 \\ B &= B(c, f) = \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 [i_3^k - c - i_1^k f]^2 \end{aligned}$$

Primero minimizamos el sumando A , sabiendo que las incógnitas son (b, e) . Para ello derivamos respecto a cada una de ellas la fórmula A .

11)

$$\begin{aligned} \frac{\partial A}{\partial b} &= 0 = \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 2[i_2^k - b - i_1^k e](-1) = \\ &= \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 [i_2^k] - N3b - \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 2[i_1^k]e \end{aligned}$$

Siendo: N igual a la sumatorias de las mandíbulas = Al número de mandíbulas (en este caso 30)

$$\sum_{MAN} b = b + b + b = 3b$$

12)

$$\begin{aligned} \frac{\partial A}{\partial e} = 0 &= \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 2[i_2^k - b - i_1^k e](-1)i_1^k = \\ &= \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 [i_1^k i_2^k] - b \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 [i_1^k] - e \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 [i_1^k]^2 \end{aligned}$$

Donde tenemos dos ecuaciones con dos incógnitas (b , e) y que ordenamos para su resolución:

11)

$$3Nb + \left[\sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k) \right] e = \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_2^k)$$

12)

$$\left[\sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k) \right] b + \left[\sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k)^2 \right] e = \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k i_2^k)$$

$$b = \frac{\sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_2^k) - \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k) e}{3N}$$

$$e = \frac{\left[\sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_2^k) \right] \cdot \left[\sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k) \right] - 3N \left[\sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k \cdot i_2^k) \right]}{\left[\sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k) \right]^2 - 3N \left[\sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k)^2 \right]}$$

Aclaremos que:

$$\begin{aligned} \left[\sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k) \right]^2 &= \left[\sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k) \right] \cdot \left[\sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k) \right] \\ \left[\sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k)^2 \right] &= \sum_{MAN} \left[(i_1^1)^2 + (i_1^2)^2 + (i_1^3)^2 \right] \end{aligned}$$

Con lo que tenemos resueltos los parámetros (e, b) y además sabemos que :

$$\begin{aligned} a &= 0 \\ d &= 1 \end{aligned}$$

Para encontrar (c, f), minimizamos la segunda ecuación B , señalada anteriormente. Para ello, derivamos respecto a ambas incógnitas, igualamos a cero, y obtenemos otro sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas (c, f) que pasamos a resolver:

$$\begin{aligned} B &= \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_3^k - c - i_2^k \cdot f)^2 \\ \frac{\partial B}{\partial c} &= 0 = \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 2(i_3^k - c - i_2^k \cdot f) \cdot (-1) = \\ &= \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_3^k) \cdot f - N3c - \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k) \cdot f \\ \frac{\partial B}{\partial f} &= 0 = \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 2(i_3^k - c - i_1^k \cdot f) \cdot (-1) \cdot (i_2^k) = \\ &= \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_3^k \cdot i_2^k) \cdot f - c - \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k) = f \cdot (i_1^k) \end{aligned}$$

Por lo que ordenando ambas ecuaciones, resulta:

$$\begin{aligned} 3N \cdot c + \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k) \cdot f &= \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_3^k) \\ \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k) \cdot c + \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k) \cdot f &= \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k \cdot i_3^k) \end{aligned}$$

Desde donde se deduce que:

$$\begin{aligned} c &= \frac{\sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_3^k) - \sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k) \cdot f}{3N} \\ f &= \frac{\left[\sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k) \right] \cdot \left[\sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_3^k) \right] - 3N \cdot \left[\sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k \cdot i_3^k) \right]}{\left[\sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k) \right]^2 - 3N \left[\sum_{MAN} \sum_{k=1}^3 (i_1^k)^2 \right]} \end{aligned}$$

Con ello tendríamos la ecuación de la recta:

$$\begin{aligned}\gamma(t) &= (a,b,c) + t(d,e,f) = \\ &= (a + dt, b + et, c + ft)\end{aligned}$$

que es la que más se aproxima al nervio dentario inferior izquierdo, de las mandíbulas consideradas.

A continuación sería preciso hacer lo mismo con la hemimandíbula derecha, es decir, repetir los pasos del 1 al 12 referidos al lado derecho, con los puntos D, D_1, D_2 y D_3 , y así se obtendría la curva:

$$\begin{aligned}\partial(t) &= (a',b',c') + t(d',e',f') = \\ &= (a' + d't, b' + e't, c' + f't)\end{aligned}$$

donde se puede suponer, sin pérdida de generalidad, que $b' = 0$ y que $e' = 1$ y el resto del desarrollo, lo realizaremos de forma completamente análoga.

Con ello hemos obtenido las rectas $\gamma(t)$ y $\partial(t)$ que mejor se aproximan a los tres puntos dados (M, I, D) para todas las mandíbulas consideradas.

5

discusión

I.- DISCUSIÓN DEL ANÁLISIS MORFOMÉTRICO

El canal mandibular (CM) por el que viaja el paquete vásculo nervioso se origina en el foramen mandibular, localizado en la cara medial de la rama de la mandíbula, protegido por la lín-gula. Desciende en una trayectoria anterior, medial a través del hueso esponjoso, inferior a las raíces de las piezas dentarias inferiores, finalizando en el agujero mentoniano.

Tiene una longitud de 6,24 cm de media medida en ortopantomografía digital (Liu, 2009).

En el corte transversal tiene una morfología ovalada y en la TC presenta osificación de sus bordes conformando un auténtico estuche óseo que protege el nervio que viaja en su interior: la rama mandibular del nervio trigémino (V3).

Inicialmente presenta una trayectoria oblicua hacia abajo y hacia delante; posteriormente a la altura del ángulo mandibular se hace rectilíneo; finalmente hace una "S" itálica para emerger en el agujero mentoniano.

Nortjé y colaboradores (1978) apreciaron que en el 60% de las 3612 radiografías panorámicas analizadas, las paredes gruesas del conducto mandibular inferior se iban estrechando progresivamente hacia el agujero mentoniano.

Según nuestro estudio, el orificio de entrada se origina en la rama mandibular, por encima del plano oclusal de los dientes inferiores a aproximadamente 1,29 cm de media, de la cortical superior de ésta.

Puesto que el orificio de entrada se localiza en la cara medial de la mandíbula, la distancia en el plano horizontal de éste a la cortical externa o cortical vestibular será menor al espesor de óseo de la mandíbula, localizándose a aproximadamente 0,34 cm de la cortical vestibular.

Sin embargo, la distancia del borde del CM a la cortical inferior de la rama mandibular al orificio de entrada del CM es mucho mayor que a la cortical superior, siendo de media según nuestro estudio de 2,2 cm.

Según el análisis realizado en el punto medio del CM, punto equidistante del orificio de entrada y salida, la distancia de las corticales medial y lateral del CM a las corticales lingual y vestibular respectivamente es 0,23 y 0,57 cm respectivamente, es decir, que a esta altura del recorrido del CM, sus bordes se localizan más próximos al borde óseo lingual que al vestibular.

Sin embargo, se localiza en este nivel, más próximo a la cortical inferior que a la superior, con unas medidas medias de 0,93 y 1,51 cm respectivamente.

En el orificio de salida del CM, localizado a 2,47 cm de la eminencia mentoniana, continúa patente la proximidad de éste en su recorrido, al borde inferior mandibular, siendo de 1,02 cm frente a los 1,60 cm de media a la cortical superior.

La distancia media del CM en el orificio mentoniano, a la cortical medial o lingual es de 0,44 cm, mayor a los 0,34 cm de distancia del CM a la cortical lateral o vestibular en el orificio de entrada a la cortical externa o vestibular, lo que indica que el espesor o grosor óseo es mayor en esta porción mandibular.

En un análisis de 50 mandíbulas disecadas por Beltrán (2007), y después de seleccionar 10 homogéneas en cuanto a tamaño, se les realizó un estudio de TC, y analizó las distancias entre la cortical y el CM en cuatro sectores del cuerpo mandibular. Se determinó que la distancia de CM a la tabla cortical lingual era menor que la distancia a la cortical basal y que la distancia a la cortical vestibular y por tanto el CM recorre la mandíbula a 0,25-0,28 cm de la cortical interna. En nuestro estudio hemos obtenido una distancia de 0,23 cm (IP 95% 0,05-0,41).

En el sentido vertical el conducto dentario presenta una altura variable según la edad, en un análisis realizado tras el estudio de varios autores en mandíbulas de cadáveres

(Anderson, 1991). Por ejemplo, en neonatos, lactantes y niños se localiza cerca del borde inferior ya que el conducto se encuentra en contacto con las raíces dentarias, y en los ancianos desdentados, se localiza más cerca del borde superior, debido fundamentalmente a la reabsorción ósea.

Se realizó un estudio, en el que se analizó la relación del conducto dentario en una serie de mandíbulas atróficas de cadáveres estudiadas en cortes en secciones (Ulm, 1993) en el que se concluyó que no existían variaciones significativas respecto del canal mandibular a las corticales vestibular ni lingual y si se objetivaba disminución significativa de la distancia del canal mandibular a las corticales superior e inferior predominantemente a la altura del primer molar.

Para Nortjé (1978) en su estudio en radiografías panorámicas de rutina, el conducto dentario en posición alta tenía una distribución menor en individuos entre los 10 y 19 años y en los mayores de 60 años, siendo entre los 20 y los 59 años un predominio del conducto en posición baja, sobre todo en los individuos entre 30 y 39 años.

Levine (2007), tras estudiar 50 pacientes mediante radiografías, encontró disminución de la distancia entre el borde superior del canal mandibular y la cortical alveolar según aumenta la edad.

Así también Levine encontró una mínima diferencia de esta medida entre razas, siendo en la raza blanca de 0,46 cm y en no-blancos de 0,56 cm con una probabilidad mayor del 0,69.

Según Farman (2007), en sus análisis en radiografías panorámicas, la posición del canal mandibular varía respecto a los ápices dentarios y a la cortical inferior mandibular según áreas geográficas o etnias. Clasifica la localización del canal en Tipo I (próximo a los ápices dentarios), Tipo II (intermedio) y Tipo III (próximo a la cortical inferior mandibular). Recoge como en los estudios realizados, en el grupo Sudafricano había igual número de canales Tipo I y Tipo III con escasos canales de localización intermedia o Tipo II. En el grupo de los Griegos existía, asimismo, asimetría en la posición del canal siendo la mayoría intermedios (Tipo II) o altos (Tipo I).

Asimismo explica que ningún estudio ha encontrado diferencias en la posición del canal mandibular asociado a la variable del sexo.

En nuestro estudio no hemos podido realizar un análisis en relación a la edad de las mandíbulas estudiadas debido a que de las mandíbulas disecadas no se tiene registro alguno de la edad, sexo, raza ni causa de muerte.

Sin embargo en los tres puntos en los que se tomaron las medidas se obtuvieron unas distancias a la cortical superior, de 1,29 cm para el orificio de entrada, 1,51 cm en el punto medio entre orificio de entrada y salida, y, 1,60 cm en el orificio mentoniano, lo que apunta, que el nervio dentario inferior se coloca más distante a la cortical superior según avanza a través de la mandíbula.

La distancia obtenida desde el borde inferior del canal mandibular a la cortical inferior es de 2,20 cm a la altura del orificio de entrada, 0,93 cm en la posición media de la distancia total entre orificio de entrada y salida, y 1,02 cm a nivel del orificio mentoniano.

Teniendo en cuenta que la trayectoria del nervio dentario inferior es descendente y se aleja de la cortical superior en su camino hacia el orificio mentoniano, la disminución de la distancia a la cortical inferior entre el primer y segundo puntos de las medidas y un posterior aumento de esta distancia, estará en relación con el grosor o tamaño mandibular, siendo el hueso más alto en su porción distal mandibular.

Así lo afirma **Watanabe (2009)**, que recoge en su estudio que la mandíbula presenta una altura máxima a la altura del segundo premolar (lugar donde se encuentra el orificio mentoniano) y mínima a la altura del segundo molar (en su tercio posterior).

Sato (2005) hizo un estudio morfométrico de cadáveres a los que les realizó una Ortopantomografía y una TC. Midió distancias entre el canal mandibular y la cortical inferior mandibular, y entre ésta y los extremos inferiores de las raíces dentarias a la altura del primer y segundo molares, es decir en su tercio medio.

Obtuvo unas medidas de 0,98 cm y 0,92 cm para hombres y mujeres respectivamente a la altura del primer molar y de 0,96 cm y 0,88 cm para hombres y mujeres respectivamente a la altura del segundo molar. Por tanto la distancia era menor en la porción posterior de la mandíbula, localizándose el CM más próximo a la cortical inferior proximalmente.

Watanabe (2009) recogió medidas de mandíbulas de pacientes a los que les hizo una Tomografía Computerizada obteniendo unas distancias desde el borde superior del

canal mandibular a la cortical superior mandibular de: 1,53 cm en el tercio posterior, 1,60 cm en el tercio medio y 1,71 cm en el tercio anterior. Las distancias que obtuvo desde el borde inferior del canal mandibular a la cortical inferior mandibular fueron de 0,94 cm (tercio posterior), 1,00 cm (tercio medio) y 1,17 cm (tercio anterior).

Rodríguez de Oliveira (2010) realiza un estudio morfométrico del canal mandibular en 50 pacientes de entre 25 y 75 años, analizando las distancias a la cortical mandibular en cuatro segmentos mandibulares, concluyendo que en los dos segmentos posteriores el canal viaja más próximo a la cortical lingual y en los dos segmentos anteriores lo hace más próximo a la cortical vestibular.

El orificio mentoniano lo sitúa a 1,4 cm de la cortical superior y a 0,9 cm de la cortical inferior, siendo similares a las obtenidas en nuestro estudio, 1,6 cm y 1,02 cm respectivamente. Sin embargo las distancias respecto a la cortical superior mandibular son estables (1,6 cm en los tres segmentos anteriores) y no siguen en el estudio de Rodríguez de Oliveira, un aumento progresivo como en nuestro estudio.

Hay que añadir que este autor además hizo una comparativa entre los lados derecho e izquierdo de la hemimandíbulas sin encontrar diferencias significativas, así como tampoco fueron significativas estadísticamente las diferencias entre hombres y mujeres.

Domínguez y colaboradores tomaron distancias en pacientes vivos mediante Tomografía Computerizada de Haz Cónico (CBCT), desde el canal mandibular a las corticales superior, inferior, lingual y vestibular, a la altura de las piezas dentarias 37, 36 y 35, en el lado derecho y 47, 46 y 45 en el lado izquierdo.

Obtiene unas medidas de 1,81 cm, 1,90 cm y 1,93 cm de distancia entre el borde superior del canal mandibular y la cortical superior mandibular en las tres alturas anteriormente citadas.

Desde el canal mandibular a la cortical vestibular las medias de las medidas obtenidas son 0,48 cm, 0,38 cm y 0,29 cm respectivamente a las posiciones citadas. Las medidas medias del canal mandibular a la cortical lingual en este estudio fueron: 0,20 cm, 0,29 cm y 0,42 cm respectivamente. Y, finalmente, las medias de las medidas del canal mandibular a la cortical inferior son: 0,58 cm, 0,59 cm y 0,73 cm respectivamente.

Es decir, según este estudio el canal mandibular a la altura de las tres últimas piezas dentarias se encuentra más próximo a la cortical inferior que a la superior de la mandíbula y además está posicionado más cerca de la cortical lingual que de la vestibular, con lo que coincide con nuestros datos.

El orificio de salida del CM, es decir, el orificio mentoniano, se localiza en nuestro estudio a 2,47 cm de la eminencia mentoniana.

En su estudio, Yoshida (2005), que estudió mediante TC, 90 mandíbulas de cadáveres, y analizó la localización de los orificios mentoniano y lingual respecto a la línea media, obtiene unas medias de 2,76 cm en los cadáveres varones y 2,41 cm en cadáveres de mujeres, siendo las medias de 2,82 cm y 2,68 cm en mandíbulas disecadas de hombres y mujeres respectivamente.

Este estudio es el único, que nos conste, que realiza un análisis morfométrico a partir de 30 mandíbulas disecadas y mediante la TC de la localización del canal mandibular en tres puntos de la mandíbula, el orificio de entrada al CM, el orificio de salida u orificio mentoniano y en el punto medio entre ambos.

II DISCUSIÓN DE LA FUNCIÓN QUE DEFINE LA TRAYECTORIA DEL NERVILO DENTARIO INFERIOR.

El nervio dentario inferior que discurre por el canal mandibular, lleva una trayectoria descendente, de posterior a anterior y de medial a lateral.

Presenta una longitud de 6,24 de media (Liu, 2009) siendo discretamente mayor en los varones con una media de diferencia entre ambos de 0,24 cm.

Su trayectoria es curva, y según Liu en su estudio morfométrico del 2009, sigue una curva lineal en el 12% de los casos, una curva con morfología de cuchara en el 30% de los casos, una curva elíptica en el 49% de los casos y una de otra morfología en el 9% restante.

Existen en la literatura estudios matemáticos que tratan de realizar de forma automatizada la extracción y reconstrucción del canal mandibular a partir del análisis de imágenes de TC.

Así, un grupo de ingenieros coreanos, liderados por Gye-hym Kim (2010) publicaron un método que extraía de forma automatizada, el canal mandibular utilizando los incrementos de las densidades del TC, segmentando primero la mandíbula, detectando después los forámenes de entrada y salida y realizando, finalmente, un análisis matemático de las texturas.

Teniendo en cuenta que no existen publicaciones que traten desde un punto de vista matemático la trayectoria en sí, del nervio que nos ocupa, como discusión aplicaremos la fórmula obtenida a un caso práctico:

Se presenta un paciente a quien se le toman las medidas M, I y D.

Con tales medidas, seguiríamos cada uno de los primeros siete pasos de normalización explicados en el método de la presente tesis, 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

Después y así aplicaríamos las ecuaciones de las rectas:

$$\gamma(t) \text{ y } \partial(t)$$

a ese paciente en particular.

A continuación, a tales ecuaciones de estas rectas se les aplicaría las inversas de las operaciones obtenidas hasta en los siete pasos descritos (en orden inverso, claro está).

Con ello obtendríamos las ecuaciones de dos rectas adaptadas al paciente, por donde deberían pasar cada uno de los nervios suyos.

Ejemplo real:

Supongamos que con los datos descritos, y con el modelo desarrollado anteriormente, encontramos las ecuaciones:

$$\begin{aligned} \gamma(t) &= (1,7,10) + t(2,5,20) = \\ &(1 + 2t, 7 + 5t, 10 + 20t) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \partial(t) &= (3,5,1) + t(4,6,2) = \\ &(3 + 4t, 5 + 6t, 1 + 2t) \end{aligned}$$

Sólo para el lado derecho de la ecuación $\partial(t)$, la giramos $Q_{90-\alpha}$ (séptimo paso) para que el eje d' pase a formar un ángulo α , con el eje $i=a$ (comprendido entre las mandíbulas), en lugar de 90° que supone el modelo.

Es decir:

$$\begin{pmatrix} \operatorname{sen}\alpha & -\operatorname{cos}\alpha & 0 \\ \operatorname{cos}\alpha & \operatorname{sen}\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 3+4t \\ 5+6t \\ 1+2t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (3+4t) \cdot \operatorname{sen}\alpha + (5+6t) \cdot \operatorname{cos}\alpha \\ (3+4t) \cdot (-\operatorname{cos}\alpha) + (5+6t) \cdot \operatorname{sen}\alpha \\ 1+2t \end{pmatrix}$$

Supongamos que la matriz resultado sea:

$$= \begin{pmatrix} 1+t \\ 2+2t \\ 3+3t \end{pmatrix}$$

que será la nueva ecuación de la mandíbula derecha. Es decir:

$$\begin{aligned} \gamma(t) &= (1,2,3) + t(1,2,3) = \\ &= (1+t, 2+2t, 3+3t) \end{aligned}$$

Tomando ahora las ecuaciones de los nervios de ambas hemimandíbulas, hacemos en primer lugar, un cambio de base, o giro de hemimandíbulas, para que éstas formen, entre sí, el ángulo real del paciente.

Para ello, multiplicaremos ambas ecuaciones, $\gamma(t)$ y $\partial(t)$ por la matriz R anterior:

$$\begin{pmatrix} \frac{i_1}{10} & \frac{d'_1}{10} & \frac{n_1}{10} \\ \frac{i_2}{10} & \frac{d'_2}{10} & \frac{n_2}{10} \\ \frac{i_3}{10} & \frac{d'_3}{10} & \frac{n_3}{10} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1+2t \\ 7+5t \\ 10+20t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} At \\ Bt \\ Ct \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \frac{i_1}{10} & \frac{d'_1}{10} & \frac{n_1}{10} \\ \frac{i_2}{10} & \frac{d'_2}{10} & \frac{n_2}{10} \\ \frac{i_3}{10} & \frac{d'_3}{10} & \frac{n_3}{10} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1+t \\ 2+2t \\ 3+3t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Dt \\ Et \\ Ft \end{pmatrix}$$

Ahora nos queda normalizar las longitudes de las hemimandíbulas, por lo que si, la mandíbula izquierda mide 7 cm, es decir $|\mathbf{MI}| = 7$, y la derecha 8 cm, hay que multiplicar todas las coordenadas de los vectores A , B , y C por $7/10$ y las coordenadas de los vectores D , E y F por $8/10$.

Con ello habremos obtenido dos funciones para las hemimandíbulas izquierda y derecha $\gamma(t)$ y $\partial(t)$ adaptadas al paciente, de forma que si el resultado anterior fuera:

$$\gamma(t) = (3 + 5t, 2 + 3t, 4 + 6t)$$

resulta la ecuación de la función que describe por donde debería pasar los nervios izquierdo y derecho de paciente.

En esa ecuación, dando valores a "t" se encuentran los distintos puntos por donde pasa el nervio.

Por ejemplo, para:

$$t = 0 \Rightarrow \gamma(t) = P$$

que equivale a la entrada del nervio en el orificio de entrada del CM.

$$t = 1 \Rightarrow \gamma(t) = R$$

que es la salida del nervio a través del orificio mentoniano de la mandíbula.

$$t = \frac{1}{2} \Rightarrow \gamma(t) = S$$

punto medio por donde supuestamente va el presente nervio.

6

conclusión

- 1 Definimos con exactitud mediante las reconstrucciones de las imágenes de las tomografías computerizadas las distancias entre el canal mandibular y la cortical ósea mandibular, en tres lugares: En el orificio de entrada del CM, en el punto medio del CM y en el orificio de salida del CM.
- 2 Conocemos la distancia entre el orificio de salida del canal mandibular u orificio mentoniano y la eminencia mentoniana, localizado a 2,47 cm (IP 95% 2,07-2,87) de la eminencia mentoniana.
- 3 Las funciones matemáticas que definen la trayectoria del nervio dentario inferior, izquierdo y derecho respectivamente, a su paso a través del canal mandibular son:

$$\gamma(t) = (a, b, c) + t(\vec{d}, \vec{e}, \vec{f}) = \\ (a + dt, b + et, c + ft)$$

$$\partial(t) = (a', b', c') + t(\vec{d}', \vec{e}', \vec{f}') = \\ (a' + d't, b' + e't, c' + f't)$$

Mediante estas funciones se puede plasmar gráficamente la función del nervio de cada hemimandíbula al asignar a "t" cualquier valor comprendido entre 0 y 1.

- 4 Puesto que el presente estudio se ha realizado sobre una muestra pequeña de 30 mandíbulas, cabe considerar que la ecuación del nervio obtenida, solamente se aproxima a la posición real del mismo, existiendo indudablemente una inexactitud entre las posiciones de los distintos nervios y la que define la fórmula.

Si la muestra fuera mayor, indudablemente sería mucho mejor la representación de la fórmula respecto a la posición del nervio, para lo cual sería necesario un desarrollo estadístico del modelo obtenido, que podría ser el futuro objeto de estudios de matemáticos, para considerar el control sobre la dispersión existente entre la fórmula y la posición real del nervio.

Un siguiente paso sería obtener una muestra amplia en mandíbulas de sujetos vivos de tal manera que la ecuación matemática fuera aplicable, mediante el mismo procedimiento, a pacientes.

- 5 Evidentemente a las fórmulas expresadas anteriormente sería aplicable un programa informático, que resolviera automáticamente la obtención de las fórmulas de los nervios correspondientes, mediante la simple aportación de las coordenadas reales de cada paciente referidas a los punto M, D e I que corresponden a la eminencia mentoniana y a los ángulos mandibulares derecho e izquierdo respectivamente.



summary

DOCTORAL THESIS

TITLE: MORPHOMETRICAL ANALYSIS AND MATHEMATICAL MODELLING OF THE INFERIOR DENTAL NERVE

AUTHOR: Carlota Andreu Arasa.

THESIS SUPERVISORS:

Prof. Dra. D^a Maria Luisa Vega Gonzalez.

Prof. Dr. D^o Vicente Martinez Sanjuan.

Prof. Dr. D^o Julian Rodriguez Ruiz.

1.- INTRODUCTION

The trigeminal nerve (CN V) is the largest of the twelve pairs of cranial nerves. After the Gasserian ganglion, it divides itself into three branches: the ophthalmic nerve (V1), the maxillary nerve (V2) and the mandibular nerve (V3).

The mandibular nerve (V3) exits the cranium through the *foramen ovale* and divides into two trunks, anterior and posterior, the latter giving off the inferior dental nerve. The inferior dental nerve enters the mandible through an opening leading to a bone channel known as inferior dental canal or mandibular canal.

As the inferior dental nerve is contained in a bone channel, it can be located by using different imaging techniques.

1.- Computerized Tomography (CT)

The CT scanner is equipped with a source of x-ray beams that pass through the patient's body at several cross-sections, thus determining the density of each volume unit.

The information gathered is processed mathematically and displayed as a grey-scale image.

Today, many scanners have software applications designed for use in the maxillo-facial area. It is therefore possible to obtain sagittal, coronal, axial and panoramic cross-sections. CT is the most accurate technique for the evaluation of mandibular structures, with computerized cone-beam tomography coming as a close second.

2.-Tomography

Tomography is an imaging technique that produces X-rays images showing a cross-section or slice of the patient, by visualizing inner structures free from superpositions. Compared to the CT scan, a tomography can be carried out by means of an easy-to-operate and small-size device. Reconstruction of the data obtained can be carried out with a PC, using simple, user-friendly software.

This technique has a few disadvantages, because, among other things, it may give rise to multiple artifacts and does not allow to adequately determine bone density.

3.- Dental panoramic radiograph or orthopantomography

A dental panoramic radiograph is a panoramic radiograph showing on a single film a two-dimensional view of the maxilla and mandible.

The image is obtained through a cinematic device with one, two, three or more fixed or movables rotation centers, determining a greater or lesser grade of magnification.

4. - Periapical and occlusal intra-oral X-rays

With this technique, a radiographic plate positioned inside the mouth is exposed to radiations emitted by an X-ray device positioned outside the mouth.

By this technique it is difficult to estimate the relationship between the dental canal and the molars, because the contours of the canal cannot be visualized correctly.

5.- Magnetic Resonance (MR)

Magnetic resonance analyses the atomic nuclei as it aligns them in a constant magnetic field and then perturbs this alignment by employing an alternate magnetic field with orthogonal orientation.

This perturbation is obtained by applying radio frequencies to the atoms or dipoles between the aligned fields of the sample, making it possible to study the structural or chemical information from the sample.

Use of this technique makes it possible to visualize the inside of the mandibular canal and allows excellent differentiation of the soft tissues. Its main disadvantage is that the

bone does not produce MR signal, which is given off only by the bone marrow. This is why it is difficult to measure distances to the mandibular cortex.

2.-HYPOTHESIS AND AIMS

Given the great number of disorders that can affect the maxillofacial area, it is useful to know the exact position or localization of the mandibular canal and of the nerve it carries, i.e. the lower dental nerve.

Precise knowledge of the inferior dental nerve position, by means of a morphometrical study, can help situating the nerve. This is even more the case if the localisation is done through a mathematical function: this can represent a potential starting point for the development of a new technique that allows to localise the inferior dental nerve with numerical precision.

Aims:

- 1.- To accurately define, through reconstructions of CT images, the distances between the mandibular canal and the mandibular cortical bone.
- 2.-To ascertain with precision the distance between the exit orifice of the mandibular canal, or mental foramen, and the mental protuberance.
- 3.-To find the mathematical function describing the course of the lower dental nerve within the mandibular canal, so that thanks to this function it is possible to localise any point situated on the nerve.
- 4.-Creates the opportunity for a study of the dispersion between the actual position of the lower dental nerve and the position defined by the mathematical function estimated in this study.
- 5.-Show how these formulas can be applied by means of a software that will establish the exact localisation of the inferior dental nerve, once it receives the coordinates of the reference points (mental protuberance and mandibular angles).

3.-MATERIALS AND METHODS

3.1. Material

Dried mandibles: 30 dried mandibles

Multi-slice CT system: system with 16 detectors, Light Speed Pro 16 General Electric Medical System, Milwaukee, WI, USA.

Workstation: Reconstructions with Advantage Windows General Electric Medical Sys-

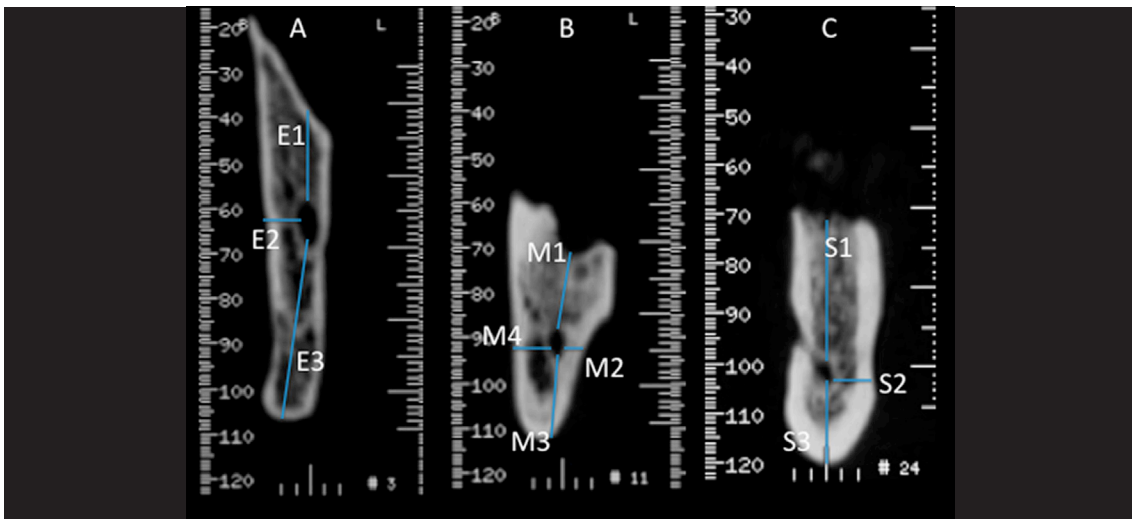
tem, USA, with the DENTASCAN application.

Image processing software: Macintosh Osirix MD 64-bit.

3.2. Methods

Sample Collection: samples of mandible with teeth were selected and marked by consecutive numbers.

Image capture through CT and postprocessing: The mandibles were placed on the CT scanner's desk, in groups of five specimens. Images for reconstruction were obtained using 0,6 mm contiguous slices every 0.6 mm, 1 second scan time, at 120 kV, 250 mA and using a 13.8 cm field of view. Images were stored in DICOM format and transferred to the Workstation for post-processing.



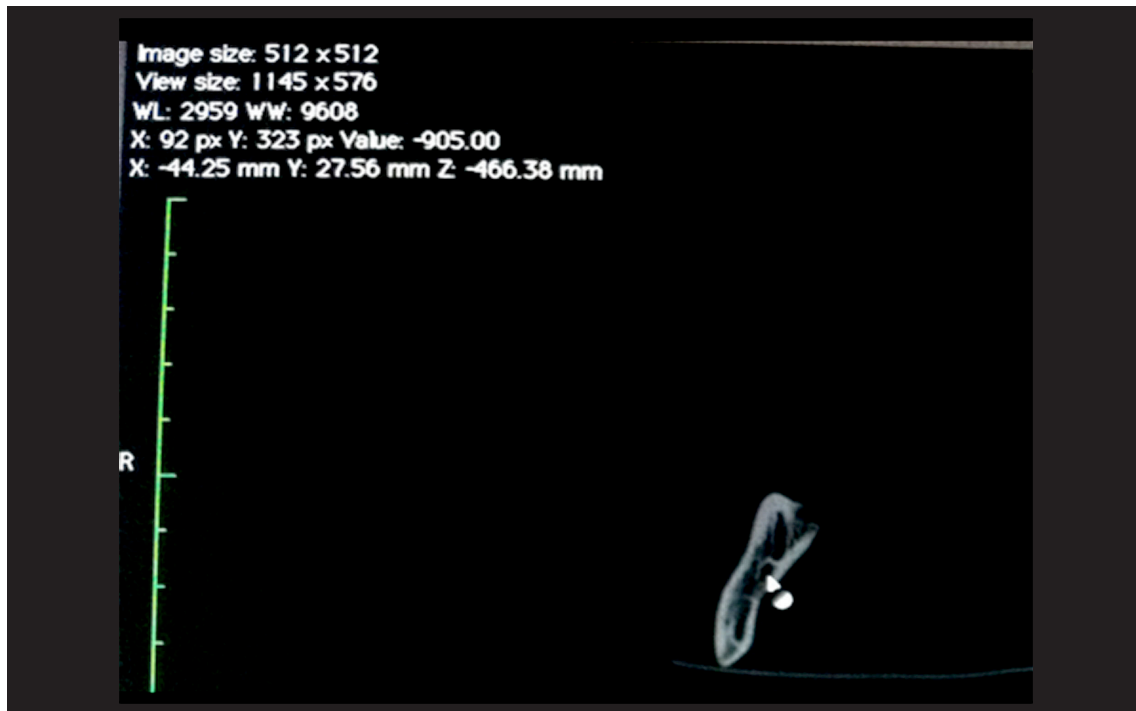
Data collection.

I.- Data for the morphometrical analysis: Distances E2, E3, M1, M2, M3, M4, S1, S2, S3 and D were recorded

II.- Data for the calculation of the nerve's course.

All data recorded for the calculation of the course were obtained by axial cross-sections, placing the pointer of the OsiriX image viewer on different anatomical positions whose Cartesian references (X,Y and Z) could be read on the image viewer.

From each dried mandible the following coordinates were recorded : I, I¹, I², I³, D, D¹, D², D³ and M.



Mathematical development:

To determine the equation defining the course of the inferior dental nerve we must take into account that the mandibles in our sample are not equal to one another.

1.- First step: For each mandible, the coordinates obtained have a different coordinate origin, so for operational reasons it was decided that the point M in each mandible corresponds to the coordinate's origin (0,0,0).

2.- Second step: We assume that the hemimandibles are not symmetrical with each other, so that we must make a calculation to create a model in which the hemimandibles have the same length, applying the Pythagorean theorem in 3 dimensions.

3.- Third step: assuming that each hemimandible has a length of 10 centimetres, we must "stretch" them by using a normalization factor σ_1 and σ_2 for the right and for the left mandibles respectively.

4.- Fourth step: We need to find a system of mutually perpendicular, coordinated axes in 3 dimensions, containing the corresponding mandible on plane (x,y). Subsequently the 3 axes will be rotated to make them coincide with the axes of the standard coordinates (x, y, z).

5.- Fifth step: At the end of the whole procedure we obtain 3 vectors ($\vec{i} = \vec{a}, \vec{d}, \vec{n}$) that are mutually perpendicular and adjusted to the mandible, so that \vec{i} coincides with the

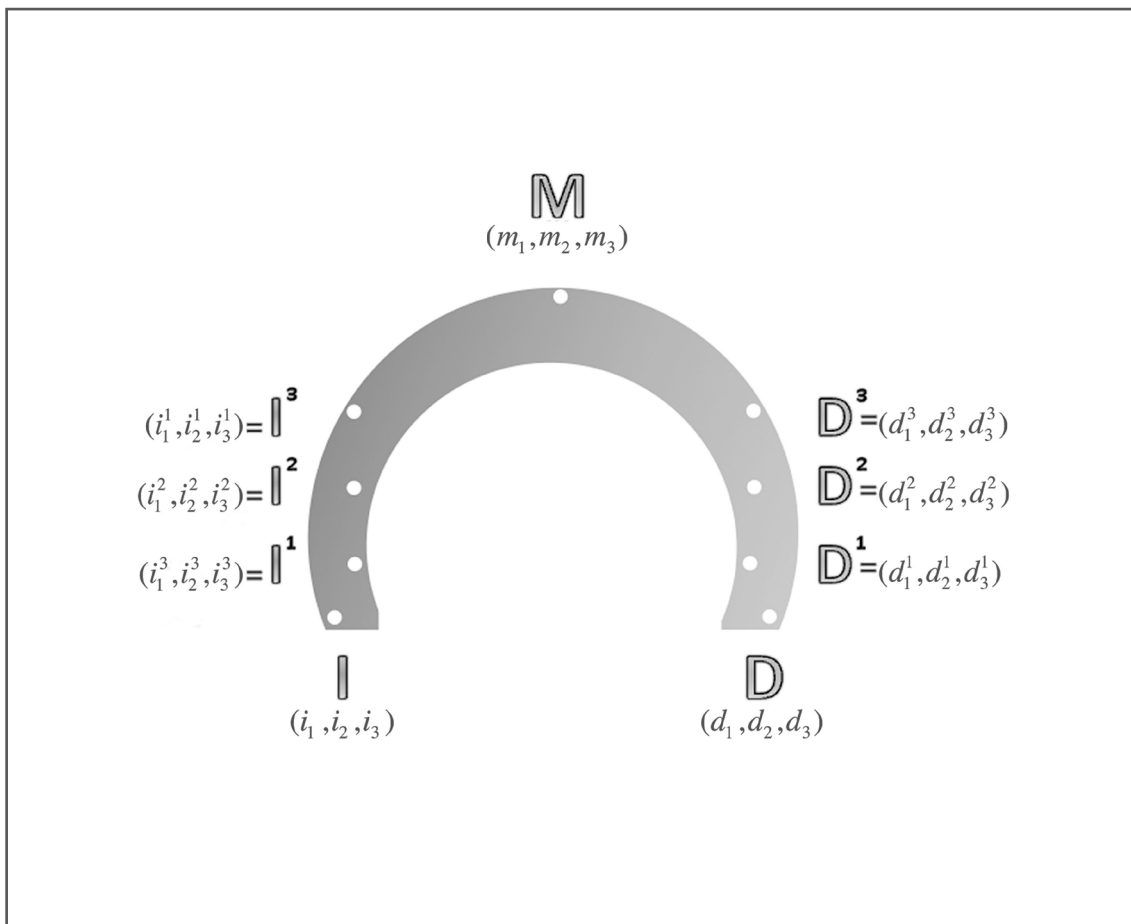
left hand side of the mandible, and the mandible is situated on the plane generated by vectors \vec{i} y \vec{d} .

As these three vectors do not have the same length, we perform normalization of \vec{d} and \vec{n} .

6.-Sixth step: To be able to work in a consistent way with all mandibles, we have to place them on the same horizontal plane. To this end, we will have to rotate the 3 given axes $(a-i, d')$ by the α angle that they form with the horizontal plane.

7.- Seventh step: The following step to be performed is to turn the right mandible by an angle $(90 - \alpha)$. To this end, assuming that not all the mandibles have the same breadth, we suggest to normalize again so that the angle is 90° in every case.

At the end of the entire procedure, we managed to place all mandibles in the same position, thus making it possible to apply the model that allows to find a function that goes through the three points of the right and left mandible.



4.- RESULTS

I.- Morphometrical analysis.

After performing a descriptive analysis, the following means and standard deviations were recorded for each of the following measurements taken.

- 1.- E1: the mean of this distance was 1.29 (IP 95% 0.75-1.83).
- 2.- E2: the mean of this distance was 0.34 cm (IP 95% 0.08-0.6).
- 3.- E3: the mean of this distance was 2.20 (IP 95% 1.36-3.04).
- 4.- M1: the mean of this distance was 1.51 (IP 95% 0.81-2.21).
- 5.- M2: the mean of this distance was 0.23 (IP 95% 0.08-0.40).
- 6.- M3: the mean of this distance was 0.93 (IP 95% 0.57-1.29).
- 7.- M4: the mean of this distance was 0.57 (IP 95% 0.27-0.87).
- 8.- S1: the mean of this distance was 1.60 (IP 95% 1.00-2.20).
- 9.- S2: the mean of this distance was 0.44 (IP 95% 0.22-0.66).
- 10.- S3: the mean of this distance was 1.03 (IP 95% 0.67-1.39).
- 11.- D: the mean of this distance was 2.47 (IP 95% 2.07-2.87).

The data recorded from the 30 dried mandibles allow us to infer that the inferior dental nerve (IDN) enters the mandibular canal (MC) through an orifice situated at 1.29 cm from the alveolar mandibular border and at 2.20 cm from the inferior mandibular border, this is to say located in the upper third of the mandible and at only 0.34 cm from the outer cortical bone.

The inferior dental nerve (IDN) and therefore the mandibular canal (MC), according to the recorded data, run closer to the lower mandibular cortex (mean distance 0.93 cm) than to the upper or alveolar mandibular cortex (mean distance 1.51 cm). Moreover, these data reveal that the course of the nerve inside the mandible runs closer to the internal, or lingual, cortex than to the outer (vestibular) cortex (0.23 cm versus 0.57 cm). In its distal position, at the level of the mental foramen, the mandibular canal (MC) runs closer to the lower cortex than to the upper cortex (mean distance to the first is 1.02 cm, while mean distance to the second is 1.60 cm) at a distance of 0.44 cm from the inner cortex. The average distance of the exit hole of the mandibular canal (MC) from the mental protuberance is 2.47 cm.

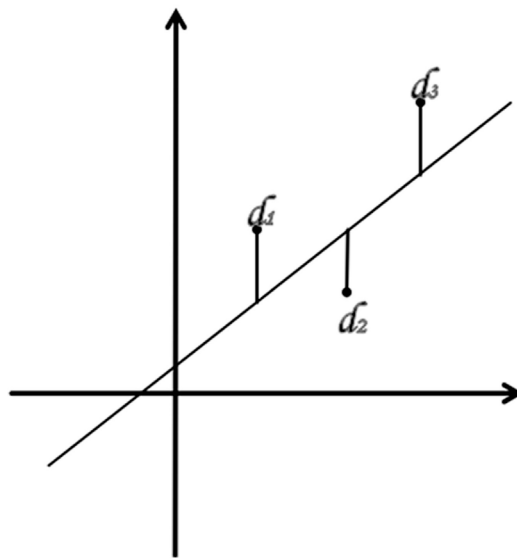
II.- Definition of a function describing the course of the inferior dental nerve

The model representing in mathematical terms the equation describing the course of the inferior dental nerve will take the following form:

$$\gamma(t_1) = (a,b,c) + t_1(d,e,f)$$

In this formula we have 6 unknowns : (a, b, c) and (d, e, f).

This is why we will have to minimise the distance of function $\gamma(t)$ to the point I_1 , on the $x = i_1$ plane. The same is true for I_2 and I_3 .



In this case, i_1^k, i_2^k, i_3^k are known values and we have to determine the values corresponding to (a, b, c, d, e, f) as unknowns.

To **minimise** function F (sum of the distances between the points and the line passing through the nerve), it is therefore necessary to equal to zero each one of its partial derivatives as to its 6 unknowns (a,b,c,d,e, f) and so to solve the equation system, allowing us to ascertain the values of these unknowns.

In this way we would obtain the equation for the line :

$$\gamma(t) = (a,b,c) + t(d,e,f) = (a + dt, b + et, c + ft)$$

which is the line nearest to the left inferior dental nerve, within the mandibles object of the study.

Then it would be necessary to do the same with the right hemimandible, i.e., we should repeat the procedure and apply it to the right mandible and to the points D , D_1 , D_2 y D_3 so as to obtain the curve:

$$\partial(t) = (a', b', c') + t(d', e', f') = (a' + d't, b' + e't, c' + f't)$$

It can be assumed, without generality loss, that in this curve $b' = 0$ and $e' = 1$

The rest of the development is performed by analogy.

In this way we have obtained the lines $\gamma(t)$ and $\partial(t)$ that best approximate themselves to the three given points (M,I,D) for all mandibles considered.

5.- CONCLUSIONS

1.- By reconstructing the image obtained through computerized tomography we were able to exactly record the distances between the mandibular canal and the cortical mandibular bone in three locations: the entry orifice of the MC, the middle point of the MC and the exit orifice of the MC.

2.- The distance between the exit orifice (mental foramen) of the mandibular canal and the mental protuberance is known to us and equals 2.47 cm (IP 95% 2,07-2,87).

3.- The mathematical functions defining the inferior dental nerve course, right and left respectively, as it runs through the mandibular canal, are the following:

$$\begin{aligned}\gamma(t) &= (a, b, c) + t(d, e, f) = (a + dt, b + et, c + ft) \\ \partial(t) &= (a', b', c') + t(d', e', f') = (a' + d't, b' + e't, c' + f't)\end{aligned}$$

Thanks to these functions it is possible to graphically display the function of the nerve for every mandible, by attributing to "t" any value between 0 and 1.

4.- Considering that the present study has been conducted on a small sample of 30 mandibles, it is reasonable to think that the equation of the nerve we obtained is only an approximation to the real position of the nerve, and that the position defined by the formula does not coincide exactly with the actual positions of the different nerves.

With a larger sample, the formula could represent much better the nerve position. To this end, we would need a statistical development of the obtained model, that could be the object in the future of mathematical studies to analyse the control on the dispersion between the formula and the actual position of the nerve.

The following step would be to obtain a large sample of mandibles from living subjects, so that the mathematical equation would be applicable, with the same procedure, to patients.

5.- The above mentioned formulas could be processed by a software that would automatically obtain the formulas of the corresponding nerve, once input had been given about the real coordinates for every patient regarding points M, D and I, corresponding to the mental protuberance and to the right and left mandibular angles respectively.



bibliografía

1. Anderson LC, Kosinski TE, Mentag PI. A review of the intraosseous course of the nerves of the mandible. *J Oral Implant* 1991, 17: 394-403.
2. Armstrong RT. Acceptability of cone beam CT versus multidetector CT for 3D Anatomic model construcción. *AAOMS*. 2006; 64:37.
3. Beltran J, Abanto L, Meneses A. Disposición del conducto dentario inferior en el cuerpo mandibular. Estudio anatómico y topográfico. *Acta Odontol Venez* 2007; 45 (3).
4. Beltran V, Cantin M. Presencia Bilateral del Canal Incisivo de la Mandíbula. Una Estructura Anatómica con Relevancia Clínica. *Int. J. Morphol.*,29(2):543-549, 2011.
5. Campbell RL, Shamaskin RO, Harkins SW. Assessment of recovery from injury to inferior alveolar and mental nerves. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1987, 64: 519-526.
6. Carmichael FA, McGowan DA. Incidence of nerve damage following third molar removal: A West of Scotland Oral Surgery Research Group study. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1992, 30: 78-82.
7. Chandler LP, Laskin DM. Accuracy of radiographs in classification of impacted third molar teeth. *J Oral Maxillofac Surg* 1988, 46: 656-660.
8. Chimenos E. *Radiología en medicina bucal*. Ed. Masson 2005. Pg 51-75.

9. Claeys V, Wachens G. Bifid mandibular canal: Literatura review and case report. *Dentomaxillofac Radiol.* 2005 Jan; 34 (1): 55-8.
10. Clark CA. A method of ascertaining the relative position of unerupted teeth by means of film radiographs. *Proc Roy Soc Med. Odont. Sec.* 1909-1910; 3:87-90.
11. De Oliveira Junior MR, Saud AL, Fonseca DR, De-Ary-Pires B, Pires-Neto MA, de Ary -Pires R. Morphometrical analysis of the human mandibular canal: a CT investigation. *Surg Radiol Anat.* 2011 May; 33 (4): 345-52.
12. Denio D, Torabinejad M, Bakland LK. Anatomical relationship of the mandibular canal to its surrounding structures in mature mandibles. *J Endodont* 1992, 18: 161-165.
13. Denissen 11W, Veldhuis HA, Van Faassen F. Implant placement in the atrophic mandible: An anatomic study. *J Prosthet Dent* 1984, 52: 260-263.
14. Dominguez J, Ruge O, Aguilar G. Analisis de la posición y trayectoria del conducto alveolar inferior en tomografía volumétrica computerizada (TC cone beam-TCCB). *Rev Fac de Odontol Univ Antioq* 2010;22 (1):12-22.
15. Eppley BL, Doucet MI, Winkelmann T, Delfino JI. Effect of different surgical repair modalities on regeneration of the rabbit mandibular nerve. *J Oral Maxillofac Surg* 1989, 47: 257-274.
16. Farman A. Panoramic Radiology. *Seminars on Maxillofacial Imaging and Interpretation.* Springer-Verlag. Berlin Heidelberg 2007. Pp.107-117.
17. Gowgiel J. The position and course of the mandibular canal. *J Oral Implantol* 1992; 4: 383-385.
18. Hallikainen D, Iizuka T, Lindqvist C. Cross-sectional tomography in evaluation of patients undergoing sagittal split osteotomy. *J OralMaxillofac Surg* 1992, 50: 1269-1273.
19. Hatcher DC. Operational principles for cone-beam computed tomography. *JADA* 2010; 141 (10S): 3S-6S.

20. Heasman PA. Variation in the position of the inferior dental canal and its significance to restorative dentistry. *J Dent* 1988; 16:36-9.
21. Howe GL, Poyton HG. Prevention of damage to the inferior dental nerve during the extraction of mandibular third molars. *Br Dent J* 1960, 109: 355-363,p. 97-120.
22. Ibarra, E. Una nueva definición de "dolor". Un imperativo de nuestros días. *Rev Soc Esp Dolor* 13 (2006); 2:65-72.
23. Jhamb A, Dolas RS, Pandilwar PK, Mohanty S. Comparative efficacy of spiral computed tomography and orthopantomography in preoperative detection of relation of inferior alveolar neurovascular bundle to the impacted mandibular third molar. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009 Jan; 67 (1): 58-66.
24. Kim G, Lee J, Lee H, Seo J, Koo YM, Shin YG, Kim B. Automatic extraction of inferior alveolar nerve canal using feature enhancing panoramic volumen rendering. *IEEE Trans Biomed Eng.* Feb 2011; 58 (2): 253-64.
25. Kipp DP, Goldstein BR, Weiss WW. Dysesthesia after mandibular third molar surgery: a retrospective study and analysis of 1377 surgical procedures. *J Am Dent Assoc* 1980. Vol 100: 185-192.
26. Kircos LT, Blakle WS, Smith RA. Reduced radiation absorbed dose to tissues with partial panoramic radiography for evaluation of third molars. *J Am Dent Assoc* 1986; 112: 651-4.
27. Klinge B, Petersson A, Maly P. Location of the mandibular canal: Comparison of macroscopic findings, conventional radiography, and computed tomography. *J Oral Maxillofac hnplants* 1989, 4: 327-332.
28. Kositbowornchai S, Densiri-aksorn W, Piumthanaroj P. Ability of two radiographic methods to identify the closeness between the mandibular third molar root and the inferior alveolar canal: a pilot study. *Dentomaxillofac Radiol.* 2010 Feb; 39 (2): 79-84.
29. LaBanc JP. Classification of nerve injuries. *Oral Maxillofac Clin North America* 1992; 4: 285-96.

30. Levine MH, Goddard AL, Dodson TB. Inferior alveolar nerve canal position: A clinical and radiographic study. *J Oral Maxillofac Surg* 2007; 65 (3): 470-474.
31. Limbour P, Totel C,. Anatomie et pathologie du canal dentaire inferieur. *Rev Odontostomatol Paris* 1988; 17: 189-96.
32. Littner MM, Kaffe I, Tamse A, Dicapua P. Relationship between the apices of the lower molars and mandibular canal: A radiographic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1986. 62:595-600.
33. Liu T, Xia B, Gu Z. Inferior alveolar canal course: A radiographic study. *Clin Oral Implants Res.* 2009 Nov;20 (11): 1212-8.
34. Lofthag-Hansan S, Grondahl K, Edestubbe A. Cone-beam CT for preoperative implant planning in the posterior mandible: visibility of anatomic landmarks. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2009 Sep; 11(3): 246-55.
35. Lopez-Videla J, Vergara M, Rudolph M, Guzman C. Prevalence of anatomical variables in mandibular canal anatomy. Study using Cone Beam technology. 2010. *Rev Fac Odontol Univ Antioq.* 2010. 22(1):23-32.
36. Mah,P; et al. Deriving Hounsfield units using gray levels in Cone Beam Computed Tomography. *Dentomaxillofacial Radiology* 2010; 39:323-335.
37. Marbach JJ. Is phantom tooth pain a deafferentation (neuropathic) syndrome?. Part 1: Evidence derived from pathophysiology and treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1993, 75: 95-105.
38. Martis CS. Complications after mandibular sagittal split osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg* 1984.42:101-107.
39. Mason DA. Lingual nerve damage following lower third molar surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1988; 17:290-4.
40. Merrill RO. Further studies in decompression for inferior alveolar nerve injury. *J Oral Surg* 1966, 24: 233-238.

-
41. Merrill RO. Prevention, treatment and prognosis for nerve injury related to the difficult impaction. *Dent Clin North Am* 1979, 23: 471-488.
 42. Miller CS, Nummikoski PV, Barnett DA, Langlais RP. Cross-sectional tomography. A diagnostic technique for determining the buccolingual relationship of impacted mandibular third molars and the inferior alveolar neurovascular bundle. *Oral Surg Oral Mcd Oral Paihol* 1990, 70: 791-797.
 43. Millesi FI, Fascicular nerve repair and interfascicular nerve grafting. Daniels, *Reconstructive Microsurgery*. Ed. Little, Brown & Co. New York,1977, pp. 430-442.
 44. Mozsary PO, Syers CS, Microsurgical correction of the injured inferior alveolar nerve. *J Oral Mcxillofac Surg* 1985, 43: 353-358.
 45. Nakamori K, Fujiwara K, Miyazadi A, Tomihara K, Tsuji M, Nakai M, Michifuri Y, Suzuki R, Komai K, Shimnishi M, Hiratsuka H. Clinical assesment of the relationship between the third molar and the inferior alveolar canal using panoramic images an computed tomography. *J Oral Maxillofac Surg* 2008 Autumn; 1 (3):183-98.
 46. Nakayama K, Nonoyama M, Takaki Y, Dagawa T, Yuasa K, Izumi K, Ozeki S, Ikebe T. Assessment of the relationship between impacted mandibular third molars and inferior alveolar nerve with dental 3 dimensional computed tomography. *J Oral Maxillofac Surg*. 2009 Dec; 67 (12): 2587-91.
 47. Nortjé CJ, Farman AO, Orotepass FW Variations in the normal anatomy of the inferior dental (mandibular) canal: A retrospective study of panoramic radiographs from 3612 routine dental patients. *Br J Oral Surg* 1978, 15: 55-63.
 48. Paes Ada S, Moreira CR, Sales MA, Cavalcanti MG. Comparative study of single and multislice computed tomography for assessment of the mandibular canal. *J Appl Oral Sci*. 2007 Jun; 15 (3): 220-4.
 49. Palma-Carrió C, García-Mira B, Larrazabal-Morón C, Peñarrocha-Diago M. Radiographic signs associated with inferior alveolar nerve damage following lower third molar extraction. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2010.1;15 (6):e886-90.

50. Park W, Choi Jw, Kim JY, Kim BC, Kim HJ, Lee SH. Cortical integrity of the inferior alveolar canal as a predictor of paresthesia alter third molar extraction. *J Am Dent Assoc.* 2010 Mar; 141 (3):271-8.
51. Pasler FA. *Radiología Odontológica.* Ed. Salvat, Barcelona, 1988. Pg. 63-82
52. Poyton HG. *Radiología Bucal.* Ed. Interamericana McGraw-Hill, Mexico, 1992.
53. Rasmussen OC. Painful traumatic neuromas in the oral cavity. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980; 49:191-5.
54. Robinson PP. Observations on the recovery of sensation following inferior alveolar nene injuries. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1988, 26: 177-189.
55. Roca Piqué L, Félez Gutiérrez J, Berini Aytés L, Gay Escoda C, Técnicas radiológicas para la identificación anatómica del conducto dentario inferior respecto al tercer molar incluido. *Anales de Odontoestomatología.* 1995; 2: 44-8.
56. Rood IP. Permanent damage to inferior alveolar and lingual nenes during the removal of impacted mandibular third molars. Comparison of two methods of bone removal. *BrDentJ* 1992, 172: 108-110.
57. Rothman SLO, Chaftez N, Rhodes ML, Schwartz MS. CT in the preoperative assessment of the mandible and maxilla for endosseous implant surgery. *Radiology* 1988, 168: 171-175.
58. Rowse CW. Notes on interpretation of the orthopantomogram. *Br Don J* 1971,130: 425-434.
59. Rud J. The split-bone technic for removal of impacted mandibular third molars. *J Oral Surg* 1970, 28: 416-421.
60. Sanmari-Garcia G, Valmaseda-Castellon E, Gay -Escoda C. Does Computed Tomography prevente inferior alveolar nerve injuries caused by a lower third molar renoval? *J Oral Maxillofac Surg.* 2011, Jan 70(1);5-11.

-
61. Sato I, Ueno R, Kawai T, Yosue T. Rare courses of the mandibular canal in the molar regions of the human mandible: a cadaveric study. *Oakjimas Folia Anat Jpn.* 2005 Nov; 82 (3): 95-101.
 62. Schwarz MS, Rothman MD, Rhodes ML, Chafetz NC. Computed tomography: part 1. Preoperative assessment of the mandible for endosseous implant surgery. *J Oral Maxillofac Implants* 1987, 2:137-141.
 63. Seddon H. Degeneration and Regeneration. En: *Surgical Disorders of Peripheral Nerves*. Ed. Churchill Livingstone, Edinburgh, London & New York, 1975, Pp. 9-31.
 64. Segelman AE. Cross-sectional tomography (letter). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*; 1991; 72: 133-4.
 65. Shapiro 1984. Neurofibromatosis: Oral and radiographic manifestations *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. Volume 58, Issue 4, October 1984, Pp 493-498..
 66. Sivoilella S, Boccuzzo G, Gasparini E, De Conti G, Berengo M. Assessing the need for computed tomography for lower-third-molar extraction: a Surrey among 322 dentists. *Radiol Med*. Feb 2012;117(1).112-24.
 67. Stacy GC. Barded needle and inexplicable paresthesias and trismus after dental regional anesthesia. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994;77: 585-8.
 68. Sunderland S. *Nerves and nerve injuries*. 2nd. Ed. Churchill Livingstone, Edinburgh & London, 1978.
 69. Susarla SM, Sidhu HK, Avery LL, Dodson TB. Does computed tomographic assessment of inferior alveolar canal cortical integrity predict nerve exposure during third molar surgery? *J Oral Maxillofac Surg*. 2010 Jun ; 68 (6): 1296-303.
 70. Thomas PK, Olsson Y. Microscopic anatomy and function of the connective tissue components of peripheral nerve, *Peripheral Neuropathy* 1975 Ed by Dyck DJ, Thomas PK, Lamben EH. Saunders. Philadelphia, 1984, pp 168-189.

71. Torres JH, Nomdedeu H, Leboucq N. Localisation du canal mandibulaire: Comparai-
son experimentale de quatre types d'examen radiologique. Actual Odntostomatol
Paris 1991; 45: 191-8.
72. Ueda M, Nakamori K, Shiratori K, Igarashi T, Sasaki T, Anbo N, Kaneko T, Sonoda T,
Hiratsuka H. Clinical significance of computed tomographic assessment and ana-
tomic features of the inferior alveolar canal as risk factors for injury of the inferior
alveolar nerve at third molar surgery. J Oral Maxillofac Surg. 2012. 70:514-520.
73. Ulm CW, Solar P, Blahout R, Matejka M, Watzek G, Gruber FI. Location of the man-
dibular canal within the atrophic mandible, Br J Oral Ma.xillofac Surg 1993, 31: 370-
375.
74. Wang JC, Gui L, Zhang ZY, Niu F, Ci JL. Significance of location of mandibular ca-
nal by 3-dimensional CT in the mandibular angle osteotomy. Zhonghya Zheng Xing
Wai De Za Zhi. 2008 Sep; 24 (5): 360-2.
75. Wang JH, Waite DE. Evaluation of the surgical procedure of sagittal splits oste-
otomy of the mandibular ramus. J Oral Surg 1974, 32: 167-180.
76. Watanabe H, Mohammad Abdul M, Durabayashi T, Aoki H. Madible size and mor-
phology determined with CT on a premise of dental implant operation. Surg Radiol
Anat. 2010. Apr; 32 (4):343-9.
77. Whaites E. Fundamentos de radiología dental. Ed. Eslwier. España. 2008. Pg. 25-29
y 83-105.
78. Williams y Warwick 1995. Warwick R, Williams PL: Gray's Anatomy, 35th ed. Edin-
burgh: Churchill Livingstone, 1973:1001.
79. Wofford DT, Miller RI. Prospective study of dysesthesia following odontectomy of
impacted mandibular third molars, J Oral Maxillofac Surg 1987. 45: 15-19.

80. Yoshida S, Kawai T, Okutsu K, Yosue T, Takamori H, Sunohara M, Sato I. The appearance of the foramen in the internal aspect of the mental region of the mandible from Japanese cadavers and dry skulls under macroscopic observation and three dimensional CT images. *Okajimas Folia Anat Jpn.* 2005 Nov;82(3):83-7.
81. Yosue T, Brooks SL. The appearance of mental foramina on panoramic radiographs. I. Evaluation of patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1989. 68: 360-364.



apéndice

TABLA 1A. MEDIDAS DEL ANÁLISIS MORFOMÉTRICO

	Medida E1D	Medida E2D	Medida E3D	Medida M1D	Medida M2D	Medida M3D	Medida M4D	Medida S1D	Medida S2D	Medida S3D	Medida DD
Mandíbula n.1	1,39	0,29	2,38	1,81	0,41	0,91	0,57	1,73	0,45	0,96	2,35
Mandíbula n.2	1,11	0,4	2,61	1,38	0,15	1,05	0,33	2,02	0,34	1,09	2,28
Mandíbula n.3	1,35	0,45	2,16	1,26	0,46	0,88	0,64	1,46	0,61	1,04	2,61
Mandíbula n.4	1,49	0,45	2,27	1,59	0,29	1,13	0,47	1,56	0,45	1,01	2,79
Mandíbula n.5	1,03	0,36	2,41	1,21	0,18	1,11	0,55	1,69	0,33	1,23	2,57
Mandíbula n.6	1,58	0,21	2,41	1,31	0,21	1,14	0,51	1,16	0,41	1,03	2,65
Mandíbula n.7	1,94	0,31	1,87	1,87	0,19	1,11	0,75	1,92	0,48	1,27	2,61
Mandíbula n.8	1,81	0,16	2,23	2,47	0,24	1,11	0,81	2,26	0,65	1,19	2,72
Mandíbula n.9	1,44	0,38	1,81	1,83	0,21	0,93	0,71	1,75	0,51	0,93	2,39
Mandíbula n.10	1,49	0,21	1,94	2,22	0,24	1,11	0,41	1,66	0,36	1,38	2,95
Mandíbula n.11	1,29	0,24	0,99	1,57	0,09	0,72	0,62	1,44	0,33	1,09	2,47
Mandíbula n.12	1,16	0,21	1,78	1,97	0,24	0,85	0,78	1,68	0,41	0,93	2,53
Mandíbula n.13	1,16	0,45	2,82	1,64	0,24	1,11	0,55	1,66	0,54	1,11	2,78
Mandíbula n.14	1,01	0,41	2,96	1,55	0,36	1,05	0,46	1,66	0,55	1,21	2,43
Mandíbula n.15	1,11	0,38	2,33	1,57	0,18	1,17	0,64	1,57	0,38	1,24	2,43
Mandíbula n.16	1,31	0,45	2,32	1,25	0,21	0,92	0,54	1,66	0,39	1,06	2,47
Mandíbula n.17	1,63	0,31	2,65	1,16	0,19	1,03	0,33	1,78	0,35	0,88	2,27
Mandíbula n.18	0,99	0,28	2,22	1,32	0,32	0,69	0,46	1,71	0,33	0,91	2,39
Mandíbula n.19	1,13	0,37	2,64	1,17	0,22	1,14	0,52	1,72	0,42	1,16	2,49
Mandíbula n.20	0,99	0,35	2,22	1,41	0,15	0,86	0,52	1,87	0,26	0,87	2,01
Mandíbula n.21	1,01	0,56	2,18	1,37	0,12	0,57	0,48	1,54	0,36	0,94	2,72
Mandíbula n.22	0,91	0,56	2,57	1,97	0,35	1,27	0,68	0,83	0,35	0,77	2,61
Mandíbula n.23	1,31	0,54	2,39	1,61	0,28	1,01	0,73	1,62	0,64	1,11	2,79
Mandíbula n.24	0,83	0,12	1,87	1,28	0,21	0,72	0,28	1,33	0,54	0,91	2,44
Mandíbula n.25	1,23	0,33	2,31	1,87	0,12	0,85	0,75	2,16	0,57	0,98	2,47
Mandíbula n.26	1,23	0,28	2,69	1,26	0,08	0,94	0,49	1,53	0,38	1,06	2,42
Mandíbula n.27	1,08	0,35	2,08	1,21	0,15	1,11	0,85	1,37	0,62	0,81	2,28
Mandíbula n.28	1,06	0,37	1,88	1,16	0,17	1,05	0,97	1,51	0,65	0,92	2,53
Mandíbula n.29	1,18	0,64	1,31	1,81	0,36	0,82	0,72	1,63	0,46	0,86	2,39
Mandíbula n.30	1,09	0,26	1,54	1,15	0,33	0,52	0,49	1,49	0,31	0,64	2,24
Promedio	1,24	0,36	2,19	1,54	0,23	0,96	0,59	1,63	0,45	1,02	2,5
Mediana	1,17	0,36	2,25	1,48	0,21	1,02	0,55	1,66	0,42	1,02	2,47
Moda	1,11	0,45	2,41	1,81	0,21	1,11	0,33	1,66	0,33	1,09	2,61
Desviación Estandar	0,26	0,12	0,44	0,34	0,09	0,19	0,16	0,27	0,11	0,16	0,2

TABLA 1B. MEDIDAS DEL ANÁLISIS MORFOMÉTRICO

	Medida E1I	Medida E2I	Medida E3I	Medida M1I	Medida M2I	Medida M3I	Medida M4I	Medida S1I	Medida S2I	Medida S3I	Medida D1
Mandíbula n.1	1,23	0,24	2,66	1,49	0,25	1,21	0,66	1,87	0,43	1,27	2,34
Mandíbula n.2	0,99	0,43	2,74	1,64	0,18	1,15	0,61	1,65	0,38	1,06	2,15
Mandíbula n.3	1,33	0,43	2,11	1,47	0,34	0,84	0,48	1,75	0,62	0,93	2,36
Mandíbula n.4	1,76	0,38	2,36	1,47	0,24	0,94	0,41	1,12	0,43	1,02	2,78
Mandíbula n.5	1,28	0,19	2,11	0,79	0,25	0,79	0,58	1,61	0,51	1,03	2,68
Mandíbula n.6	1,15	0,24	2,57	1,54	0,38	0,94	0,61	1,58	0,43	1,13	2,49
Mandíbula n.7	1,15	0,31	2,66	2,35	0,29	0,93	0,56	1,17	0,56	1,03	2,53
Mandíbula n.8	1,69	0,21	2,45	2,33	0,31	1,02	0,77	1,99	0,61	1,41	2,56
Mandíbula n.9	1,37	0,43	2,16	1,59	0,13	1,07	0,72	1,64	0,36	0,99	2,52
Mandíbula n.10	1,91	0,14	1,61	1,84	0,18	1,25	0,42	1,81	0,31	1,06	2,68
Mandíbula n.11	0,81	0,23	1,97	1,71	0,17	0,54	0,38	2,22	0,34	0,89	2,38
Mandíbula n.12	1,47	0,16	1,92	1,54	0,26	0,84	0,78	1,61	0,57	1,02	2,44
Mandíbula n.13	1,42	0,38	1,47	1,47	0,28	1,01	0,57	1,31	0,45	1,02	2,55
Mandíbula n.14	1,27	0,52	2,81	1,26	0,26	1,06	0,62	0,92	0,54	1,63	2,26
Mandíbula n.15	1,52	0,45	1,54	1,64	0,27	0,85	0,51	1,53	0,41	1,12	2,43
Mandíbula n.16	1,22	0,56	2,55	1,29	0,17	0,91	0,62	1,38	0,46	1,21	2,28
Mandíbula n.17	1,52	0,21	2,61	1,28	0,21	0,92	0,33	0,83	0,41	0,96	2,22
Mandíbula n.18	1,11	0,28	2,46	1,03	0,23	0,63	0,34	1,31	0,33	1,02	2,13
Mandíbula n.19	0,95	0,21	2,62	1,31	0,31	0,95	0,55	1,61	0,43	1,18	2,36
Mandíbula n.20	1,07	0,41	2,03	1,37	0,23	0,82	0,49	1,84	0,37	0,85	2,16
Mandíbula n.21	1,18	0,47	1,92	1,62	0,12	0,62	0,68	1,65	0,37	0,89	2,75
Mandíbula n.22	1,58	0,28	2,24	1,89	0,15	0,83	0,67	2,11	0,59	1,18	2,75
Mandíbula n.23	1,09	0,55	2,72	1,29	0,21	1,16	0,54	1,63	0,62	1,11	2,73
Mandíbula n.24	1,33	0,16	1,53	1,29	0,31	0,71	0,45	1,28	0,51	0,95	2,45
Mandíbula n.25	1,89	0,21	2,21	2,01	0,17	0,91	0,54	2,01	0,45	0,99	2,45
Mandíbula n.26	1,44	0,21	2,32	1,01	0,16	0,83	0,33	1,51	0,27	1,13	2,19
Mandíbula n.27	1,61	0,31	1,77	1,25	0,16	0,91	0,54	1,74	0,52	0,71	2,36
Mandíbula n.28	1,61	0,28	1,81	1,23	0,15	0,86	0,65	1,65	0,54	0,68	2,72
Mandíbula n.29	1,09	0,61	1,63	1,31	0,41	0,88	0,75	1,59	0,33	0,85	2,29
Mandíbula n.30	1,08	0,35	1,75	1,25	0,36	0,63	0,54	1,56	0,38	0,84	2,41
Promedio	1,34	0,33	2,22	1,49	0,24	0,90	0,56	1,58	0,45	1,04	2,45
Mediana	1,31	0,30	2,23	1,47	0,24	0,91	0,56	1,61	0,43	1,02	2,44
Moda	1,33	0,21	2,66	1,47	0,31	0,91	0,54	1,65	0,43	1,02	2,36
Desviación Estándar	0,28	0,13	0,40	0,35	0,08	0,17	0,13	0,32	0,10	0,19	0,20

TABLA 2A. COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE LAS MANDÍBULAS

I ²	Mentón M (m ₁ , m ₂ , m ₃)			Extremo Izquierdo I (i ₁ , i ₂ , i ₃)			Nervio I ¹			Nervio		
	x m ₁	y m ₂	z m ₃	x i ₁	y i ₂	z i ₃	x i ₁	y i ₂	z i ₃	x i ₁	y i ₂	z i ₃
Mandíbula n.1	2,13	40,50	63,00	-37,53	84,75	-4,88	-34,22	102,93	-19,88	-27,29	82,12	-50,50
Mandíbula n.2	-0,73	33,37	-289,12	-48,46	100,00	-284,75	-42,08	96,70	-252,25	-33,81	72,59	-272,88
Mandíbula n.3	-2,59	36,94	-438,00	-46,30	82,02	-383,62	-40,87	96,96	-410,50	-32,36	74,51	-431,75
Mandíbula n.4	0,48	36,44	-578,00	-47,96	87,24	-517,38	-41,34	103,79	-545,50	-31,89	78,03	-574,88
Mandíbula n.5	-12,43	41,92	-728,25	-44,57	83,51	-667,00	-46,70	102,41	-672,00	-39,84	80,20	-703,25
Mandíbula n.6	9,61	-30,53	-19,25	-30,53	10,92	28,25	-29,58	27,66	15,75	-20,79	5,69	-17,38
Mandíbula n.7	2,26	-21,21	-232,38	47,61	2,94	-167,38	42,79	30,52	-182,38	31,55	13,12	-214,88
Mandíbula n.8	-5,05	-30,27	-397,88	-48,26	4,82	-337,88	-47,55	26,07	-352,25	-36,09	6,02	-387,88
Mandíbula n.9	1,49	-24,04	-550,00	-48,32	4,10	-438,75	-37,42	29,29	-505,00	-32,24	7,86	-534,38
Mandíbula n.10	10,61	-29,29	-21,12	-29,02	10,34	28,88	-29,55	26,14	10,75	-19,65	4,18	-18,00
Mandíbula n.11	-4,79	-16,46	-4,25	-33,44	22,21	52,00	-33,92	33,91	51,38	-30,45	15,72	15,62
Mandíbula n.12	3,11	-26,38	-205,88	49,68	2,41	-146,50	50,15	26,40	-149,00	36,85	5,26	-192,12
Mandíbula n.13	-1,69	-33,58	-350,12	-42,75	12,26	-298,25	-39,17	28,26	-308,88	-30,30	6,99	-338,25
Mandíbula n.14	-11,24	-23,72	-508,88	33,95	6,97	-457,00	35,14	26,45	-463,24	23,02	11,25	-495,12
Mandíbula n.15	-6,00	-25,12	-661,25	-44,92	11,14	-608,12	-41,57	27,61	-624,38	-34,65	9,23	-648,12
Mandíbula n.16	-2,87	-47,52	-8,50	45,59	5,68	44,00	40,36	20,41	23,38	28,72	-5,95	-1,00
Mandíbula n.17	10,70	-48,32	-230,62	-17,23	3,01	-176,25	-16,28	25,70	-185,00	-15,32	-3,67	-220,62
Mandíbula n.18	3,22	-54,31	-384,00	-34,81	3,30	-331,50	-34,14	19,06	-358,38	-27,61	-7,50	-380,88
Mandíbula n.19	5,76	-44,51	-550,25	-38,65	5,15	-505,88	-38,41	15,89	-522,12	-27,90	-7,74	-544,62
Mandíbula n.20	-13,92	-40,86	-728,88	-52,36	4,26	-674,50	-54,03	23,60	-680,75	-46,15	1,88	-714,50
Mandíbula n.21	-2,40	-47,17	-8,50	-45,38	4,88	44,00	-43,47	20,16	30,88	-34,63	-6,82	2,12
Mandíbula n.22	2,61	-41,72	-207,25	-41,56	6,99	-159,12	-39,41	17,97	-182,88	-28,43	-5,19	-204,75
Mandíbula n.23	-4,87	-47,18	-342,62	-56,20	9,41	-304,50	-51,18	15,37	-328,25	-39,01	-7,55	-345,12
Mandíbula n.24	12,42	-45,79	-515,50	-38,91	0,53	-467,38	-37,00	12,46	-487,38	-22,91	-9,26	-511,75
Mandíbula n.25	-13,72	-34,55	-696,88	-49,77	10,82	-646,25	-48,34	24,19	-660,00	-41,41	1,98	-683,75
Mandíbula n.26	9,99	-48,17	-248,60	-27,92	7,70	-206,75	-26,30	23,94	-216,75	-19,14	-4,71	-241,12
Mandíbula n.27	4,97	-34,77	-451,75	-24,15	13,70	-404,25	-22,92	24,92	-413,00	-15,32	2,96	-436,12
Mandíbula n.28	1,68	-61,54	-618,62	-33,18	7,94	-580,50	-31,51	20,83	-595,50	-29,12	-12,59	-619,88
Mandíbula n.29	4,07	-45,05	-772,50	-31,98	8,91	-728,78	-33,42	17,98	-749,38	-26,97	-4,70	-771,25
Mandíbula n.30	11,71	-49,82	-947,62	-30,07	1,75	-901,38	-30,31	10,58	-913,88	-23,87	-13,53	-941,38

TABLA 2.B. MEDIDAS DEL ANÁLISIS MORFOMÉTRICO

	Nervio I ³			Extremo Derecho D (d ₁ , d ₂ , d ₃)			Nervio D ¹			Nervio D ²			Nervio D ³		
	X i ₁ ³	Y i ₂ ³	Z i ₃ ³	X d ₁	Y d ₂	Z d ₃	X d ₁ ¹	Y d ₂ ¹	Z d ₃ ¹	X d ₁ ²	Y d ₂ ²	Z d ₃ ²	X d ₁ ³	Y d ₂ ³	Z d ₃ ³
Mandíbula n.1	-17,96	57,01	-55,50	47,34	77,01	-4,88	49,73	97,19	-19,88	37,05	-54,88	24,85	51,74	-55,50	
Mandíbula n.2	-21,05	46,36	-285,38	41,57	107,09	-284,12	37,08	98,82	-249,12	27,87	-277,25	17,47	47,07	-284,12	
Mandíbula n.3	-25,27	50,64	-438,00	39,00	78,29	-381,12	35,22	93,41	-408,00	28,84	-424,88	19,15	50,41	-438,00	
Mandíbula n.4	-23,62	52,74	-574,25	41,84	82,99	-516,75	38,29	99,53	-536,12	32,15	-563,63	23,88	52,04	-576,75	
Mandíbula n.5	-32,52	57,04	-719,50	38,84	77,66	-670,75	37,90	100,05	-690,75	21,67	-713,25	13,09	56,10	-722,62	
Mandíbula n.6	-12,48	-14,14	-20,50	51,41	9,97	28,25	49,28	26,47	12,00	40,49	-18,62	31,22	-16,04	-21,12	
Mandíbula n.7	24,32	-10,63	-224,25	-39,95	-3,22	-168,62	-40,74	22,22	-183,62	-27,91	8,03	-214,25	-9,91	-224,25	
Mandíbula n.8	-29,40	-16,19	-392,25	39,12	4,35	-336,62	39,12	26,07	-352,25	27,66	4,59	-387,88	18,59	-18,10	-393,50
Mandíbula n.9	-12,25	-11,15	-543,12	48,65	4,10	-486,25	43,25	28,01	-510,00	31,75	8,47	-538,12	20,55	-13,06	-545,62
Mandíbula n.10	-21,69	-14,02	-20,50	50,24	10,07	28,88	50,24	27,21	11,38	39,79	-19,25	31,49	-15,38	-21,12	
Mandíbula n.11	-30,52	17,11	18,88	44,15	18,16	52,00	42,96	33,20	42,00	29,39	15,15	32,25	18,30	13,88	
Mandíbula n.12	28,30	-14,93	-197,75	-32,03	10,25	-147,75	-33,46	27,34	-150,88	-23,96	7,87	-190,88	-18,26	-12,56	-192,75
Mandíbula n.13	-22,19	-15,44	-344,50	42,96	9,40	-297,62	40,57	26,59	-308,88	31,64	4,65	-338,25	22,19	-18,06	-343,88
Mandíbula n.14	10,20	-12,74	-500,12	-43,01	9,82	-458,25	-45,15	27,16	-463,25	-36,59	8,87	-498,88	-30,42	-12,26	-505,12
Mandíbula n.15	-27,96	-11,78	-653,12	31,25	12,33	-608,12	29,34	29,76	-623,75	22,88	10,63	-648,75	15,01	-12,02	-655,00
Mandíbula n.16	18,75	-33,03	-3,50	-45,15	4,50	42,12	-44,91	19,70	30,88	-33,27	-7,62	-24,96	-32,56	-1,62	
Mandíbula n.17	-10,07	-30,65	-223,75	62,03	-5,34	-175,00	62,75	20,20	-192,50	48,18	-7,01	-226,25	35,05	-33,75	-230,64
Mandíbula n.18	-19,73	-37,21	-380,25	52,05	0,60	-334,00	51,15	17,48	-360,88	40,35	-9,30	-383,38	27,53	-38,33	-380,25
Mandíbula n.19	-16,92	-32,81	-543,38	43,01	13,50	-504,62	39,66	24,49	-522,75	34,99	-2,73	-545,88	26,77	-28,76	-544,00
Mandíbula n.20	-36,37	-26,78	-722,62	32,87	3,55	-674,50	33,11	24,08	-687,00	21,17	-1,23	-720,12	10,19	-27,49	-722,62
Mandíbula n.21	-24,13	-33,08	-1,62	45,59	6,31	44,00	40,57	21,59	25,88	29,59	-4,19	19,08	-33,08	-2,88	
Mandíbula n.22	-17,21	26,92	-207,25	40,10	4,83	-157,25	41,29	19,88	-176,00	32,93	-2,57	-199,75	21,95	-27,16	-205,38
Mandíbula n.23	-25,16	-32,85	-341,38	28,80	12,51	-297,00	29,75	18,96	-317,62	24,26	-6,59	-336,38	14,24	-32,62	-336,38
Mandíbula n.24	-10,02	-32,18	-511,75	44,90	6,50	-466,75	46,09	23,21	-483,00	39,40	-2,10	-508,00	31,76	-27,89	-509,88
Mandíbula n.25	-33,06	-22,85	-690,62	29,02	9,15	-646,25	29,02	25,14	-655,62	19,23	1,27	-684,38	7,05	-22,61	-691,25
Mandíbula n.26	-9,83	-34,32	-242,38	57,02	1,49	-205,50	57,02	17,01	-219,88	46,99	-8,77	-243,00	32,19	-35,75	-243,00
Mandíbula n.27	-12,22	-19,49	-443,62	58,69	7,25	-403,62	55,59	18,00	-415,50	40,55	-4,21	-444,88	27,18	-24,98	-450,50
Mandíbula n.28	-18,37	-44,11	-617,38	51,82	5,55	-578,62	48,48	14,62	-602,38	38,21	-17,37	-625,50	24,84	-46,26	-620,50
Mandíbula n.29	-16,70	-30,25	-770,00	44,42	9,15	-728,75	42,99	17,26	-753,75	35,35	-7,33	-773,75	24,36	-31,44	-769,38
Mandíbula n.30	-8,82	-37,62	-944,50	55,16	6,05	-901,38	52,54	15,84	-920,75	44,18	-8,99	-947,62	31,76	-34,06	-948,25

TABLA 3A. NORMALIZACIÓN DEL ORIGEN AL PUNTO M (PRIMER PASO)

NUEVO I ²	NUEVO MENTÓN M (m ₁ , m ₂ , m ₃)			NUEVO I (i ₁ , i ₂ , i ₃)			NUEVO I ¹					
	m ₁	m ₂	m ₃	i ₁	i ₂	i ₃	i ₁	i ₂	i ₃	i ₁ ²	i ₂ ²	i ₃ ²
Mandíbula n.1	0,00	0,00	0,00	-39,66	44,25	-67,88	-36,35	62,43	-82,88	-29,42	41,62	-113,50
Mandíbula n.2	0,00	0,00	0,00	-47,73	66,63	4,37	-41,35	63,33	36,87	-33,08	39,22	16,24
Mandíbula n.3	0,00	0,00	0,00	-43,71	45,08	54,38	-38,28	60,02	27,50	-29,77	37,57	6,25
Mandíbula n.4	0,00	0,00	0,00	-48,44	50,80	60,62	-41,82	67,35	32,50	-32,37	41,59	3,12
Mandíbula n.5	0,00	0,00	0,00	-32,14	41,59	61,25	-34,27	60,49	56,25	-27,41	38,28	25,00
Mandíbula n.6	0,00	0,00	0,00	-40,14	41,45	47,50	-39,19	58,19	35,00	-30,40	36,22	1,87
Mandíbula n.7	0,00	0,00	0,00	45,35	24,15	65,00	40,53	51,73	50,00	29,29	34,33	17,50
Mandíbula n.8	0,00	0,00	0,00	-43,21	35,09	60,00	-42,50	56,34	45,63	-31,04	36,29	10,00
Mandíbula n.9	0,00	0,00	0,00	-49,81	28,14	111,25	-38,91	53,33	45,00	-33,73	31,90	15,62
Mandíbula n.10	0,00	0,00	0,00	-39,63	39,63	50,00	-40,16	55,43	31,87	-30,26	33,47	3,12
Mandíbula n.11	0,00	0,00	0,00	-28,65	38,67	56,25	-29,13	50,37	55,63	-25,66	32,18	19,87
Mandíbula n.12	0,00	0,00	0,00	46,57	28,79	59,38	47,04	52,78	56,88	33,74	31,64	13,76
Mandíbula n.13	0,00	0,00	0,00	-41,06	45,84	51,87	-37,48	61,84	41,24	-28,61	40,57	11,87
Mandíbula n.14	0,00	0,00	0,00	45,19	30,69	51,88	46,38	50,17	45,64	34,26	34,97	13,76
Mandíbula n.15	0,00	0,00	0,00	-38,92	36,26	53,13	-35,57	52,73	36,87	-28,65	34,35	13,13
Mandíbula n.16	0,00	0,00	0,00	48,46	53,20	52,50	43,23	67,93	31,88	31,59	41,57	7,50
Mandíbula n.17	0,00	0,00	0,00	-27,93	51,33	54,37	-26,98	74,02	45,62	-26,02	44,65	10,00
Mandíbula n.18	0,00	0,00	0,00	-38,03	57,61	52,50	-37,36	73,37	25,62	-30,83	46,81	3,12
Mandíbula n.19	0,00	0,00	0,00	-44,41	49,66	44,37	-44,17	60,40	28,13	-33,66	36,77	5,63
Mandíbula n.20	0,00	0,00	0,00	-38,44	45,12	54,38	-40,11	64,46	48,13	-32,23	42,74	14,38
Mandíbula n.21	0,00	0,00	0,00	-42,98	52,05	52,50	-41,07	67,33	39,38	-32,23	40,35	10,62
Mandíbula n.22	0,00	0,00	0,00	-44,17	48,71	48,13	-42,02	59,69	24,37	-31,04	36,53	2,50
Mandíbula n.23	0,00	0,00	0,00	-51,33	56,59	38,12	-46,31	62,55	14,37	-34,14	39,63	-2,50
Mandíbula n.24	0,00	0,00	0,00	-51,33	46,32	48,12	-49,42	58,25	28,12	-35,33	36,53	3,75
Mandíbula n.25	0,00	0,00	0,00	-36,05	45,37	50,63	-34,62	58,74	36,88	-27,69	36,53	13,13
Mandíbula n.26	0,00	0,00	0,00	-37,91	55,87	41,85	-36,29	72,11	31,85	-29,13	43,46	7,48
Mandíbula n.27	0,00	0,00	0,00	-29,12	48,47	47,50	-27,89	59,69	38,75	-20,29	37,73	15,63
Mandíbula n.28	0,00	0,00	0,00	-34,86	69,48	38,12	-33,19	82,37	23,12	-30,80	48,95	-1,26
Mandíbula n.29	0,00	0,00	0,00	-36,05	53,96	43,72	-37,49	63,03	23,12	-31,04	40,35	1,25
Mandíbula n.30	0,00	0,00	0,00	-41,78	51,57	46,24	-42,02	60,40	33,74	-35,58	36,29	6,24

TABLA 3B. NORMALIZACIÓN DEL ORIGEN AL PUNTO M (PRIMER PASO)

	i_1^3	i_2^3	i_3^3	NUEVO B			NUEVO D (d_1, d_2, d_3)			NUEVO D'			NUEVO D ²			NUEVO D ³		
	i_1^3	i_2^3	i_3^3	d_1	d_2	d_3	d_1'	d_2'	d_3'	d_1^2	d_2^2	d_3^2	d_1^3	d_2^3	d_3^3	d_1^3	d_2^3	d_3^3
Mandíbula n.1	-20,09	16,51	-118,50	45,21	36,51	-67,88	47,60	56,69	-82,88	34,92	33,01	-117,88	22,72	11,24	-118,50	22,72	11,24	-118,50
Mandíbula n.2	-20,32	12,99	3,74	42,30	73,72	5,00	37,81	65,45	40,00	28,60	41,59	11,87	18,20	13,70	5,00	18,20	13,70	5,00
Mandíbula n.3	-22,68	13,70	0,00	41,59	41,35	56,88	37,81	56,47	30,00	31,43	36,39	13,12	21,74	13,47	0,00	21,74	13,47	0,00
Mandíbula n.4	-24,10	16,30	3,75	41,36	46,55	61,25	37,81	63,09	41,88	31,67	39,70	14,37	23,40	15,60	1,25	23,40	15,60	1,25
Mandíbula n.5	-20,09	15,12	8,75	51,27	35,74	57,50	50,33	58,13	37,50	34,10	36,63	15,00	25,52	14,18	5,63	25,52	14,18	5,63
Mandíbula n.6	-22,09	16,39	-1,25	41,80	40,50	47,50	39,67	57,00	31,25	30,88	36,93	0,63	21,61	14,49	-1,87	21,61	14,49	-1,87
Mandíbula n.7	22,06	10,58	8,13	-42,21	17,99	63,76	-43,00	43,43	48,76	-30,17	29,24	18,13	-21,59	11,30	8,13	-21,59	11,30	8,13
Mandíbula n.8	-24,35	14,08	5,63	44,17	34,62	61,26	44,17	56,34	45,63	32,71	34,86	10,00	23,64	12,17	4,38	23,64	12,17	4,38
Mandíbula n.9	-22,74	12,89	6,88	47,16	28,14	63,75	41,76	52,05	40,00	30,26	32,51	11,88	19,06	10,98	4,38	19,06	10,98	4,38
Mandíbula n.10	-23,30	15,27	0,62	39,63	39,36	50,00	39,63	56,50	32,50	29,18	35,61	1,87	20,88	13,91	0,00	20,88	13,91	0,00
Mandíbula n.11	-25,73	33,57	23,13	48,94	34,62	56,25	47,75	49,66	46,25	34,18	31,61	13,75	37,04	34,76	18,13	37,04	34,76	18,13
Mandíbula n.12	25,19	11,45	8,13	-35,14	36,63	58,13	-36,57	53,72	55,00	-27,07	34,25	15,00	-21,37	13,82	13,13	-21,37	13,82	13,13
Mandíbula n.13	-20,50	18,14	5,62	44,65	42,98	52,50	42,26	60,17	41,24	33,33	38,23	11,87	23,88	15,52	6,24	23,88	15,52	6,24
Mandíbula n.14	21,44	10,98	8,76	-31,77	33,54	50,63	-33,91	50,88	45,63	-25,35	32,59	10,00	-19,18	11,46	3,76	-19,18	11,46	3,76
Mandíbula n.15	-21,96	13,34	8,13	37,25	37,45	53,13	35,34	54,88	37,50	28,88	35,75	12,50	21,01	13,10	6,25	21,01	13,10	6,25
Mandíbula n.16	21,62	14,49	5,00	-42,28	52,02	50,62	-42,04	67,22	39,38	-30,40	39,90	10,62	-22,09	14,96	6,88	-22,09	14,96	6,88
Mandíbula n.17	-20,77	17,67	6,87	51,33	42,98	55,62	52,05	68,52	38,12	37,48	41,31	4,37	24,35	14,57	-0,02	24,35	14,57	-0,02
Mandíbula n.18	-22,95	17,10	3,75	48,83	54,91	50,00	47,93	71,79	23,12	37,13	45,01	0,62	24,31	15,98	3,75	24,31	15,98	3,75
Mandíbula n.19	-22,68	11,70	6,87	37,25	58,01	45,63	33,90	69,00	27,50	29,23	41,78	4,37	21,01	15,75	6,25	21,01	15,75	6,25
Mandíbula n.20	-22,45	14,08	6,26	46,79	44,41	54,38	47,03	64,94	41,88	35,09	39,63	8,76	24,11	13,37	6,26	24,11	13,37	6,26
Mandíbula n.21	-21,73	14,09	6,88	47,99	53,48	52,50	42,97	68,76	34,38	31,99	42,98	8,12	21,48	14,09	5,62	21,48	14,09	5,62
Mandíbula n.22	-19,82	68,64	0,00	37,49	46,55	50,00	38,68	61,60	31,25	30,32	39,15	7,50	19,34	14,56	1,87	19,34	14,56	1,87
Mandíbula n.23	-20,29	14,33	1,24	33,67	59,69	45,62	34,62	66,14	25,00	29,13	40,59	6,24	19,11	14,56	6,24	19,11	14,56	6,24
Mandíbula n.24	-22,44	13,61	3,75	32,48	52,29	48,75	33,67	69,00	32,50	26,98	43,69	7,50	19,34	17,90	5,62	19,34	17,90	5,62
Mandíbula n.25	-19,34	11,70	6,26	42,74	43,70	50,63	42,74	59,69	41,26	32,95	35,82	12,50	20,77	11,94	5,63	20,77	11,94	5,63
Mandíbula n.26	-19,82	13,85	6,22	47,03	49,66	43,10	47,03	65,18	28,72	37,00	39,40	5,60	22,20	12,42	5,60	22,20	12,42	5,60
Mandíbula n.27	-17,19	15,28	8,13	53,72	42,02	48,13	50,62	52,77	36,25	35,58	30,56	6,87	22,21	9,79	1,25	22,21	9,79	1,25
Mandíbula n.28	-20,05	17,43	1,24	50,14	67,09	40,00	46,80	76,16	16,24	36,53	44,17	-6,88	23,16	15,28	-1,88	23,16	15,28	-1,88
Mandíbula n.29	-20,77	14,80	2,50	40,35	54,20	43,75	38,92	62,31	18,75	31,28	37,72	-1,25	20,29	13,61	3,12	20,29	13,61	3,12
Mandíbula n.30	-20,53	12,20	3,12	43,45	55,87	46,24	40,83	65,66	26,87	32,47	40,83	0,00	20,05	15,76	-0,63	20,05	15,76	-0,63

TABLA 4A. CÁLCULO DE AMBAS LONGITUDES DE LAS MANDÍBULAS (SEGUNDO PASO)

Mandíbula	$(i_1 - m_1)^2$	$(i_2 - m_2)^2$	$(i_3 - m_3)^2$	MI ²	LONGITUD $\sqrt{MI^2}$	$\sigma_1 = 10 /$
Mandíbula n.1	1.572,92	1.958,06	4.607,69	8.138,67	90,21	0,111
Mandíbula n.2	2.278,15	4.439,56	19,10	6.736,81	82,08	0,122
Mandíbula n.3	1.910,56	2.032,21	2.957,18	6.899,95	83,07	0,120
Mandíbula n.4	2.346,43	2.580,64	3.674,78	8.601,86	92,75	0,108
Mandíbula n.5	1.032,98	1.729,73	3.751,56	6.514,27	80,71	0,124
Mandíbula n.6	1.611,22	1.718,10	2.256,25	5.585,57	74,74	0,134
Mandíbula n.7	2.056,62	583,22	4.225,00	6.864,85	82,85	0,121
Mandíbula n.8	1.867,10	1.231,31	3.600,00	6.698,41	81,84	0,122
Mandíbula n.9	2.481,04	791,86	12.376,56	15.649,46	125,10	0,080
Mandíbula n.10	1.570,54	1.570,54	2.500,00	5.641,07	75,11	0,133
Mandíbula n.11	820,82	1.495,37	3.164,06	5.480,25	74,03	0,135
Mandíbula n.12	2.168,76	828,86	3.525,98	6.523,61	80,77	0,124
Mandíbula n.13	1.685,92	2.101,31	2.690,50	6.477,73	80,48	0,124
Mandíbula n.14	2.042,14	941,88	2.691,53	5.675,55	75,34	0,133
Mandíbula n.15	1.514,77	1.314,79	2.822,80	5.652,35	75,18	0,133
Mandíbula n.16	2.348,37	2.830,24	2.756,25	7.934,86	89,08	0,112
Mandíbula n.17	780,08	2.634,77	2.956,10	6.370,95	79,82	0,125
Mandíbula n.18	1.446,28	3.318,91	2.756,25	7.521,44	86,73	0,115
Mandíbula n.19	1.972,25	2.466,12	1.968,70	6.407,06	80,04	0,125
Mandíbula n.20	1.477,63	2.035,81	2.957,18	6.470,63	80,44	0,124
Mandíbula n.21	1.847,28	2.709,20	2.756,25	7.312,73	85,51	0,117
Mandíbula n.22	1.950,99	2.372,66	2.316,50	6.640,15	81,49	0,123
Mandíbula n.23	2.634,77	3.202,43	1.453,13	7.290,33	85,38	0,117
Mandíbula n.24	2.634,77	2.145,54	2.315,53	7.095,85	84,24	0,119
Mandíbula n.25	1.299,60	2.058,44	2.563,40	5.921,44	76,95	0,130
Mandíbula n.26	1.437,17	3.121,46	1.751,42	6.310,05	79,44	0,126
Mandíbula n.27	847,97	2.349,34	2.256,25	5.453,57	73,85	0,135
Mandíbula n.28	1.215,22	4.827,47	1.453,13	7.495,82	86,58	0,116
Mandíbula n.29	1.299,60	2.911,68	1.911,44	6.122,72	78,25	0,128
Mandíbula n.30	1.745,57	2.659,46	2.138,14	6.543,17	80,89	0,124
	Valor medio					0,122

TABLA 4B. CÁLCULO DE AMBAS LONGITUDES DE LAS MANDÍBULAS (SEGUNDO PASO)

MD ² = LONGITUD	$(d_1 - m_1)^2$	$(d_2 - m_2)^2$	$(d_3 - m_3)^2$	MD ²	LONGITUD $\sqrt{MD^2}$	$\sigma_d = 10 /$
Mandíbula n.1	2.043,94	1.332,98	4.607,69	7.984,62	89,36	0,112
Mandíbula n.2	1.789,29	5.434,64	25,00	7.248,93	85,14	0,117
Mandíbula n.3	1.729,73	1.709,82	3.235,33	6.674,89	81,70	0,122
Mandíbula n.4	1.710,65	2.166,90	3.751,56	7.629,11	87,34	0,114
Mandíbula n.5	2.628,61	1.277,35	3.306,25	7.212,21	84,92	0,118
Mandíbula n.6	1.747,24	1.640,25	2.256,25	5.643,74	75,12	0,133
Mandíbula n.7	1.781,68	323,64	4.065,34	6.170,66	78,55	0,127
Mandíbula n.8	1.950,99	1.198,54	3.752,79	6.902,32	83,08	0,120
Mandíbula n.9	2.224,07	791,86	4.064,06	7.079,99	84,14	0,119
Mandíbula n.10	1.570,54	1.549,21	2.500,00	5.619,75	74,96	0,133
Mandíbula n.11	2.395,12	1.198,54	3.164,06	6.757,73	82,21	0,122
Mandíbula n.12	1.234,82	1.341,76	3.379,10	5.955,67	77,17	0,130
Mandíbula n.13	1.993,62	1.847,28	2.756,25	6.597,15	81,22	0,123
Mandíbula n.14	1.009,33	1.124,93	2.563,40	4.697,66	68,54	0,146
Mandíbula n.15	1.387,56	1.402,50	2.822,80	5.612,86	74,92	0,133
Mandíbula n.16	1.787,60	2.706,08	2.562,38	7.056,06	84,00	0,119
Mandíbula n.17	2.634,77	1.847,28	3.093,58	7.575,63	87,04	0,115
Mandíbula n.18	2.384,37	3.015,11	2.500,00	7.899,48	88,88	0,113
Mandíbula n.19	1.387,56	3.365,16	2.082,10	6.834,82	82,67	0,121
Mandíbula n.20	2.189,30	1.972,25	2.957,18	7.118,74	84,37	0,119
Mandíbula n.21	2.303,04	2.860,11	2.756,25	7.919,40	88,99	0,112
Mandíbula n.22	1.405,50	2.166,90	2.500,00	6.072,40	77,93	0,128
Mandíbula n.23	1.133,67	3.562,90	2.081,18	6.777,75	82,33	0,121
Mandíbula n.24	1.054,95	2.734,24	2.376,56	6.165,76	78,52	0,127
Mandíbula n.25	1.826,71	1.909,69	2.563,40	6.299,79	79,37	0,126
Mandíbula n.26	2.211,82	2.466,12	1.857,61	6.535,55	80,84	0,124
Mandíbula n.27	2.885,84	1.765,68	2.316,50	6.968,02	83,47	0,120
Mandíbula n.28	2.514,02	4.501,07	1.600,00	8.615,09	92,82	0,108
Mandíbula n.29	1.628,12	2.937,64	1.914,06	6.479,83	80,50	0,124
Mandíbula n.30	1.887,90	3.121,46	2.138,14	7.147,50	84,54	0,118
				Valor medio		0,122

TABLA 5A. NORMALIZACIÓN DE LAS MANDÍBULAS (TERCER PASO)

Extremo Izqdo. nuevas coordenadas	OTRO I'			OTRO I''			OTRO I'''					
	$\sigma_{i_1}^{*1}$	$\sigma_{i_2}^{*1}$	$\sigma_{i_3}^{*1}$	$\sigma_{i_1}^{*1}$	$\sigma_{i_2}^{*1}$	$\sigma_{i_3}^{*1}$	$\sigma_{i_1}^{*2}$	$\sigma_{i_2}^{*2}$	$\sigma_{i_3}^{*2}$	$\sigma_{i_1}^{*3}$	$\sigma_{i_2}^{*3}$	$\sigma_{i_3}^{*3}$
Mandíbula n.1	-4,396	4,905	-7,524	-4,029	6,920	-9,187	-3,261	4,613	-12,581	-2,227	1,830	-13,135
Mandíbula n.2	-5,815	8,118	0,532	-5,038	7,716	4,492	-4,030	4,778	1,979	-2,476	1,583	0,456
Mandíbula n.3	-5,262	5,427	6,547	-4,608	7,226	3,311	-3,584	4,523	0,752	-2,730	1,649	0,000
Mandíbula n.4	-5,223	5,477	6,536	-4,509	7,262	3,504	-3,490	4,484	0,336	-2,598	1,757	0,404
Mandíbula n.5	-3,982	5,153	7,589	-4,246	7,495	6,969	-3,396	4,743	3,097	-2,489	1,873	1,084
Mandíbula n.6	-5,371	5,546	6,356	-5,244	7,786	4,683	-4,068	4,846	0,250	-2,956	2,193	-0,167
Mandíbula n.7	5,473	2,915	7,845	4,892	6,243	6,035	3,535	4,143	2,112	2,663	1,277	0,981
Mandíbula n.8	-5,280	4,287	7,331	-5,193	6,884	5,575	-3,793	4,434	1,222	-2,975	1,720	0,688
Mandíbula n.9	-3,982	2,249	8,893	-3,110	4,263	3,597	-2,696	2,550	1,249	-1,818	1,030	0,550
Mandíbula n.10	-5,276	5,276	6,657	-5,347	7,380	4,243	-4,029	4,456	0,415	-3,102	2,033	0,083
Mandíbula n.11	-3,870	5,224	7,598	-3,935	6,804	7,515	-3,466	4,347	2,684	-3,476	4,535	3,124
Mandíbula n.12	5,766	3,564	7,352	5,824	6,535	7,042	4,177	3,917	1,704	3,119	1,418	1,007
Mandíbula n.13	-5,102	5,696	6,445	-4,657	7,683	5,124	-3,555	5,041	1,475	-2,547	2,254	0,698
Mandíbula n.14	5,998	4,074	6,886	6,156	6,659	6,058	4,548	4,642	1,826	2,846	1,457	1,163
Mandíbula n.15	-5,177	4,823	7,067	-4,731	7,014	4,904	-3,811	4,569	1,746	-2,921	1,774	1,081
Mandíbula n.16	5,440	5,972	5,894	4,853	7,626	3,579	3,546	4,667	0,842	2,427	1,627	0,561
Mandíbula n.17	-3,499	6,431	6,812	-3,380	9,274	5,715	-3,260	5,594	1,253	-2,602	2,214	0,861
Mandíbula n.18	-4,385	6,643	6,054	-4,308	8,460	2,954	-3,555	5,397	0,360	-2,646	1,972	0,432
Mandíbula n.19	-5,548	6,204	5,543	-5,518	7,546	3,514	-4,205	4,594	0,703	-2,833	1,462	0,858
Mandíbula n.20	-4,779	5,609	6,760	-4,986	8,013	5,983	-4,007	5,313	1,788	-2,791	1,750	0,778
Mandíbula n.21	-5,026	6,087	6,139	-4,803	7,874	4,605	-3,769	4,718	1,242	-2,541	1,648	0,805
Mandíbula n.22	-5,420	5,978	5,906	-5,157	7,325	2,991	-3,809	4,483	0,307	-2,432	8,423	0,000
Mandíbula n.23	-6,012	6,628	4,465	-5,424	7,326	1,683	-3,998	4,641	-0,293	-2,376	1,678	0,145
Mandíbula n.24	-6,094	5,499	5,712	-5,867	6,915	3,338	-4,194	4,337	0,445	-2,664	1,616	0,445
Mandíbula n.25	-4,685	5,896	6,580	-4,499	7,633	4,793	-3,598	4,747	1,706	-2,513	1,520	0,814
Mandíbula n.26	-4,772	7,033	5,268	-4,568	9,078	4,010	-3,667	5,471	0,942	-2,495	1,744	0,783
Mandíbula n.27	-3,943	6,563	6,432	-3,777	8,083	5,247	-2,748	5,109	2,117	-2,328	2,069	1,101
Mandíbula n.28	-4,026	8,025	4,403	-3,834	9,514	2,670	-3,557	5,654	-0,146	-2,316	2,013	0,143
Mandíbula n.29	-4,607	6,896	5,587	-4,791	8,055	2,955	-3,967	5,157	0,160	-2,654	1,891	0,319
Mandíbula n.30	-5,165	6,375	5,716	-5,195	7,467	4,171	-4,399	4,486	0,771	-2,538	1,508	0,386

TABLA 6. ROTACIÓN DE CADA MANDÍBULA EN EL PLANO HORIZONTAL (X,Y) (CUARTO PASO)

	Vector i=a			Vector d=b			Vector n			Vector d'		
	i ₁	i ₂	i ₃	d ₁	d ₂	d ₃	n ₁	n ₂	n ₃	d' ₁	d' ₂	d' ₃
Mandíbula n.1	-4,396	4,905	-7,524	5,059	4,086	-7,597	-6,517	-71,465	-42,779	747,551	139,025	-346,140
Mandíbula n.2	-5,815	8,118	0,532	4,968	8,659	0,587	0,157	6,060	-90,683	739,382	527,257	36,519
Mandíbula n.3	-5,262	5,427	6,547	5,091	5,061	6,962	4,649	69,961	-54,259	752,471	255,077	393,373
Mandíbula n.4	-5,223	5,477	6,536	4,735	5,329	7,012	3,575	67,575	-53,771	736,202	257,471	372,519
Mandíbula n.5	-3,982	5,153	7,589	6,037	4,208	6,771	2,952	72,776	-47,867	798,942	168,210	305,014
Mandíbula n.6	-5,371	5,546	6,356	5,564	5,391	6,323	0,804	69,322	-59,814	772,322	316,142	376,777
Mandíbula n.7	5,473	2,915	7,845	-5,373	2,290	8,117	5,692	-86,582	28,197	-761,428	109,683	490,491
Mandíbula n.8	-5,280	4,287	7,331	5,317	4,167	7,374	1,065	77,905	-44,795	763,180	228,689	415,872
Mandíbula n.9	-3,982	2,249	8,893	5,605	3,344	7,576	-12,698	80,010	-25,924	769,849	216,148	290,011
Mandíbula n.10	-5,276	5,276	6,657	5,286	5,250	6,670	0,240	70,386	-55,598	761,929	291,763	372,653
Mandíbula n.11	-3,870	5,224	7,598	5,953	4,211	6,843	3,743	71,718	-47,397	792,526	154,987	297,111
Mandíbula n.12	5,766	3,564	7,352	-4,553	4,746	7,532	-8,046	-76,907	43,598	-720,810	310,532	414,751
Mandíbula n.13	-5,102	5,696	6,445	5,497	5,292	6,464	2,711	68,403	-58,305	772,921	279,979	364,409
Mandíbula n.14	5,998	4,074	6,886	-4,635	4,894	7,387	-3,606	-76,231	48,236	-721,465	314,180	442,576
Mandíbula n.15	-5,177	4,823	7,067	4,972	4,999	7,092	-1,122	71,848	-49,857	748,200	266,031	366,528
Mandíbula n.16	5,440	5,972	5,894	-5,033	6,193	6,026	-0,509	-62,448	63,751	-748,791	349,813	336,693
Mandíbula n.17	-3,499	6,431	6,812	5,897	4,938	6,390	7,458	62,533	-55,205	780,969	142,368	266,778
Mandíbula n.18	-4,385	6,643	6,054	5,494	6,178	5,626	-0,030	57,927	-63,586	773,049	279,009	253,816
Mandíbula n.19	-5,548	6,204	5,543	4,506	7,017	5,519	-4,653	55,598	-66,884	723,148	396,880	279,602
Mandíbula n.20	-4,779	5,609	6,760	5,546	5,264	6,445	0,569	68,290	-56,259	777,226	265,000	329,528
Mandíbula n.21	-5,026	6,087	6,139	5,393	6,010	5,899	-0,987	62,758	-63,028	768,925	322,839	309,422
Mandíbula n.22	-5,420	5,978	5,906	4,811	5,974	6,416	3,072	63,196	-61,138	738,727	313,258	360,914
Mandíbula n.23	-6,012	6,628	4,465	4,090	7,250	5,541	4,357	51,572	-70,693	698,781	405,534	338,910
Mandíbula n.24	-6,094	5,499	5,712	4,136	6,659	6,208	-3,902	61,460	-63,324	699,292	408,154	353,054
Mandíbula n.25	-4,685	5,896	6,580	5,385	5,506	6,379	1,384	65,313	-57,542	768,998	260,466	314,143
Mandíbula n.26	-4,772	7,033	5,268	5,817	6,143	5,331	5,134	56,092	-70,232	789,484	308,126	303,807
Mandíbula n.27	-3,943	6,563	6,432	6,435	5,034	5,766	5,465	64,130	-62,089	820,006	209,676	288,749
Mandíbula n.28	-4,026	8,025	4,403	5,402	7,228	4,310	2,759	41,137	-72,455	762,581	279,585	187,776
Mandíbula n.29	-4,607	6,896	5,587	5,013	6,733	5,435	-0,141	53,047	-65,588	748,688	302,960	243,424
Mandíbula n.30	-5,165	6,375	5,716	5,139	6,608	5,469	-2,907	57,629	-66,899	755,930	362,154	279,119

TABLA 7. NORMALIZACIÓN PARA QUE LOS VECTORES TENGAN IGUAL LONGITUD (QUINTO PASO)

	Vector i=a			Vector n			Vector d'		
	i_1	i_2	i_3	n_1	n_2	n_3	d'_1	d'_2	d'_3
Mandíbula n.1	-4,396	4,905	-7,524	-0,780	-8,554	-5,120	8,948	1,664	-4,143
Mandíbula n.2	-5,815	8,118	0,532	0,017	0,667	-9,978	8,135	5,801	0,402
Mandíbula n.3	-5,262	5,427	6,547	0,524	7,891	-6,120	8,487	2,877	4,437
Mandíbula n.4	-5,223	5,477	6,536	0,414	7,818	-6,221	8,518	2,979	4,310
Mandíbula n.5	-3,982	5,153	7,589	0,339	8,350	-5,492	9,167	1,930	3,500
Mandíbula n.6	-5,371	5,546	6,356	0,088	7,571	-6,532	8,435	3,453	4,115
Mandíbula n.7	5,473	2,915	7,845	0,624	-9,490	3,091	-8,346	1,202	5,376
Mandíbula n.8	-5,280	4,287	7,331	0,118	8,668	-4,984	8,492	2,545	4,627
Mandíbula n.9	-3,982	2,249	8,893	-1,493	9,407	-3,048	9,051	2,541	3,410
Mandíbula n.10	-5,276	5,276	7,598	0,027	7,847	-6,198	8,495	3,253	4,155
Mandíbula n.11	-3,870	5,224	6,657	0,435	8,335	-5,508	9,210	1,801	3,453
Mandíbula n.12	5,766	3,564	7,352	-0,906	-8,664	4,911	-8,120	3,498	4,672
Mandíbula n.13	-5,102	5,696	6,445	0,301	7,607	-6,484	8,596	3,114	4,053
Mandíbula n.14	5,998	4,074	6,886	-0,399	-8,444	5,343	-7,991	3,480	4,902
Mandíbula n.15	-5,177	4,823	7,067	-0,128	8,215	-5,701	8,555	3,042	4,191
Mandíbula n.16	5,440	5,972	5,894	-0,057	-6,998	7,144	-8,391	3,920	3,773
Mandíbula n.17	-3,499	6,431	6,812	0,891	7,467	-6,592	9,325	1,700	3,186
Mandíbula n.18	-4,385	6,643	6,054	-0,003	6,734	-7,392	8,987	3,244	2,951
Mandíbula n.19	-5,548	6,204	5,543	-0,534	6,383	-7,679	8,303	4,557	3,210
Mandíbula n.20	-4,779	5,609	6,760	0,064	7,718	-6,358	8,784	2,995	3,724
Mandíbula n.21	-5,026	6,087	6,139	-0,111	7,055	-7,086	8,644	3,629	3,479
Mandíbula n.22	-5,420	5,978	5,906	0,349	7,183	-6,949	8,396	3,560	4,102
Mandíbula n.23	-6,012	6,628	4,465	0,497	5,886	-8,069	7,976	4,629	3,868
Mandíbula n.24	-6,094	5,499	5,712	-0,442	6,958	-7,169	7,917	4,621	3,997
Mandíbula n.25	-4,685	5,896	6,580	0,159	7,502	-6,610	8,833	2,992	3,608
Mandíbula n.26	-4,772	7,033	5,268	0,570	6,230	-7,801	8,769	3,423	3,375
Mandíbula n.27	-3,943	6,563	6,432	0,611	7,171	-6,943	9,169	2,345	3,229
Mandíbula n.28	-4,026	8,025	4,403	0,331	4,935	-8,691	9,148	3,354	2,252
Mandíbula n.29	-4,607	6,896	5,587	-0,017	6,289	-7,775	8,875	3,591	2,886
Mandíbula n.30	-5,165	6,375	5,716	-0,329	6,523	-7,572	8,557	4,099	3,159

TABLA 8A. CÁLCULO DE LA MATRIZ R-1 (SEXTO PASO)

	ORIGEN M			PUNTO I			I ¹			I ²			I ³		
	m ₁	m ₂	m ₃	i ₁	i ₂	i ₃	i ₁ ¹	i ₂ ¹	i ₃ ¹	i ₁ ²	i ₂ ²	i ₃ ²	i ₁ ³	i ₂ ³	i ₃ ³
Mandíbula n.1	0	0	0	10	0	0	12,078	1,353	-0,901	13,163	3,062	2,750	11,760	3,754	5,334
Mandíbula n.2	0	0	0	10	0	0	9,432	0,558	-3,976	6,328	-0,427	-1,663	2,749	-1,078	-0,353
Mandíbula n.3	0	0	0	10	0	0	8,514	-0,364	3,434	4,833	-1,407	2,921	2,332	-1,843	1,158
Mandíbula n.4	0	0	0	10	0	0	8,623	-0,167	3,311	4,499	-1,492	3,152	2,584	-1,516	1,015
Mandíbula n.5	0	0	0	10	0	0	10,842	-0,007	2,287	6,147	-1,114	2,144	2,779	-1,541	0,885
Mandíbula n.6	0	0	0	10	0	0	10,111	0,192	2,789	5,032	-1,655	3,470	2,697	-1,805	1,744
Mandíbula n.7	0	0	0	10	0	0	9,232	-0,088	-3,755	4,800	-1,317	-3,059	2,599	-1,541	-0,742
Mandíbula n.8	0	0	0	10	0	0	9,780	-0,078	3,127	4,799	-1,527	3,190	2,813	-1,770	1,113
Mandíbula n.9	0	0	0	10	0	0	5,396	-0,505	3,378	2,758	-1,367	2,421	1,445	-1,196	1,073
Mandíbula n.10	0	0	0	10	0	0	9,540	-0,379	3,147	4,754	-1,800	3,229	2,765	-1,940	1,536
Mandíbula n.11	0	0	0	10	0	0	10,787	0,196	1,361	5,652	-1,483	1,994	6,088	-1,306	1,907
Mandíbula n.12	0	0	0	10	0	0	10,865	0,847	-2,731	5,057	-1,226	-2,936	3,044	-1,566	-1,016
Mandíbula n.13	0	0	0	10	0	0	10,054	0,466	2,382	5,635	-0,888	2,771	3,033	-1,205	1,185
Mandíbula n.14	0	0	0	10	0	0	10,578	0,368	-2,632	5,877	-1,123	-3,125	3,102	-1,197	-0,723
Mandíbula n.15	0	0	0	10	0	0	9,298	0,141	3,027	5,410	-1,138	2,807	3,132	-1,506	0,879
Mandíbula n.16	0	0	0	10	0	0	9,304	0,267	-2,807	5,213	-0,829	-2,684	2,623	-1,187	-0,751
Mandíbula n.17	0	0	0	10	0	0	11,040	0,245	2,856	5,592	-1,690	3,061	2,920	-1,776	0,854
Mandíbula n.18	0	0	0	10	0	0	9,297	-0,256	3,515	5,362	-1,338	3,370	2,732	-1,611	1,009
Mandíbula n.19	0	0	0	10	0	0	9,691	-0,015	2,413	5,573	-1,172	2,617	2,955	-1,411	0,425
Mandíbula n.20	0	0	0	10	0	0	10,923	0,248	2,348	6,103	-1,262	2,938	2,842	-1,637	0,838
Mandíbula n.21	0	0	0	10	0	0	10,033	0,308	2,345	5,529	-1,113	2,491	2,774	-1,319	0,621
Mandíbula n.22	0	0	0	10	0	0	8,940	-0,495	3,003	4,926	-1,476	2,874	6,354	0,957	5,965
Mandíbula n.23	0	0	0	10	0	0	8,867	-0,284	2,684	5,349	-1,154	2,769	2,606	-1,062	0,753
Mandíbula n.24	0	0	0	10	0	0	9,284	-0,115	2,677	5,195	-1,139	2,883	2,766	-1,184	0,923
Mandíbula n.25	0	0	0	10	0	0	9,762	0,039	2,488	5,607	-1,143	2,376	2,609	-1,472	0,563
Mandíbula n.26	0	0	0	10	0	0	10,677	0,454	2,267	6,094	-1,026	2,465	2,830	-1,327	0,333
Mandíbula n.27	0	0	0	10	0	0	10,169	0,126	1,922	5,798	-0,638	2,026	2,984	-1,294	0,577
Mandíbula n.28	0	0	0	10	0	0	10,354	0,286	2,247	5,906	-1,391	2,799	2,611	-1,411	0,792
Mandíbula n.29	0	0	0	10	0	0	9,413	-0,507	2,776	5,473	-1,623	3,125	2,706	-1,584	0,945
Mandíbula n.30	0	0	0	10	0	0	9,828	-0,066	1,883	5,573	-1,681	2,487	2,493	-1,432	0,775

TABLA 8B. CÁLCULO DE LA MATRIZ R-1 (SEXTO PASO)

	PUNTO D			D ¹			D ²			D ³		
	d ₁	d ₂	d ₃	d ₁ ¹	d ₂ ¹	d ₃ ¹	d ₁ ²	d ₂ ²	d ₃ ²	d ₁ ³	d ₂ ³	d ₃ ³
Mandíbula n.1	5,496	8,354	0	7,749	9,665	-1,093	10,020	9,577	3,290	9,477	7,979	5,516
Mandíbula n.2	4,171	9,089	0	3,908	8,261	-4,167	2,086	5,623	-1,060	0,094	2,696	-0,475
Mandíbula n.3	4,626	8,866	0	3,720	7,546	3,450	1,444	5,259	2,734	-0,505	2,733	1,441
Mandíbula n.4	5,029	8,643	0	4,829	7,905	2,843	1,671	5,151	2,680	-0,327	2,876	1,418
Mandíbula n.5	4,903	8,716	0	4,518	8,299	3,491	1,964	5,131	2,767	0,167	3,309	1,132
Mandíbula n.6	4,020	9,156	0	4,016	8,785	3,073	0,572	5,199	3,703	-0,633	2,990	1,648
Mandíbula n.7	4,094	9,124	0	3,485	8,570	-3,670	0,793	4,894	-3,059	-0,273	3,023	-1,217
Mandíbula n.8	4,385	8,987	0	4,127	8,782	3,204	0,603	4,968	3,084	-0,488	3,033	1,041
Mandíbula n.9	5,258	8,506	0	3,643	7,685	3,629	0,693	4,718	2,667	-0,145	2,559	0,731
Mandíbula n.10	4,421	8,970	0	4,074	8,743	3,241	0,619	4,955	3,583	-0,491	2,970	1,464
Mandíbula n.11	5,095	8,605	0	5,183	8,381	2,189	1,670	5,100	2,464	2,141	5,673	2,506
Mandíbula n.12	4,604	8,877	0	4,989	9,613	-2,101	0,988	5,309	-2,572	0,293	3,670	-0,465
Mandíbula n.13	4,375	8,992	0	4,837	8,836	2,500	1,529	5,585	2,757	0,084	3,433	1,044
Mandíbula n.14	4,300	9,028	0	4,641	9,801	-2,513	0,723	5,326	-3,088	-0,620	3,087	-1,007
Mandíbula n.15	4,849	8,746	0	4,628	8,361	3,104	1,485	5,448	2,919	-0,019	3,281	0,925
Mandíbula n.16	4,512	8,924	0	4,820	9,105	-2,222	1,613	5,375	-2,400	0,116	3,214	-0,646
Mandíbula n.17	5,465	8,375	0	5,953	8,310	3,524	1,887	4,982	3,596	0,096	2,893	1,501
Mandíbula n.18	5,100	8,602	0	4,575	8,234	3,515	1,574	5,418	3,357	0,250	3,166	0,898
Mandíbula n.19	4,913	8,710	0	4,747	8,275	2,554	1,467	5,408	2,631	0,191	3,221	0,500
Mandíbula n.20	4,659	8,848	0	5,009	9,050	2,820	1,349	5,447	2,992	0,025	3,261	0,770
Mandíbula n.21	4,569	8,895	0	4,648	8,322	2,660	1,693	5,178	2,721	0,138	2,881	0,643
Mandíbula n.22	4,753	8,798	0	4,403	8,627	3,065	1,463	5,450	3,076	-0,087	2,848	1,262
Mandíbula n.23	4,821	8,761	0	4,152	8,247	2,488	1,479	5,397	2,467	0,115	2,963	0,545
Mandíbula n.24	4,688	8,833	0	4,583	9,109	2,958	1,511	5,673	3,035	0,162	3,289	0,964
Mandíbula n.25	4,921	8,706	0	5,332	8,882	2,292	1,752	5,586	2,411	0,128	3,018	0,701
Mandíbula n.26	4,353	9,003	0	4,766	9,060	2,584	1,609	5,915	2,757	0,135	3,168	0,573
Mandíbula n.27	4,475	8,943	0	4,551	8,445	1,889	1,251	5,032	2,314	-0,183	2,763	0,900
Mandíbula n.28	5,523	8,336	0	5,325	7,758	2,695	1,908	5,029	3,123	0,227	2,789	1,071
Mandíbula n.29	5,371	8,435	0	4,412	7,743	3,049	1,354	5,087	3,061	0,221	2,956	0,758
Mandíbula n.30	4,685	8,835	0	4,274	8,320	2,501	1,095	5,266	3,024	-0,079	2,770	1,194

TABLA 9A. NORMALIZACIÓN DEL ÁNGULO DE APERTURA DE LAS MANDÍBULAS (SÉPTIMO PASO)

	ORIGEN M			PUNTO I			I ¹			I ²			I ³		
	m ₁	m ₂	m ₃	i ₁	i ₂	i ₃	i ₁	i ₂	i ₃	i ₁	i ₂	i ₃	i ₁	i ₂	i ₃
Mandíbula n.1	0	0	0	10	0	0	12,078	1,353	-0,901	13,163	3,062	2,750	11,760	3,754	5,334
Mandíbula n.2	0	0	0	10	0	0	9,432	0,558	-3,976	6,328	-0,427	-1,663	2,749	-1,078	-0,353
Mandíbula n.3	0	0	0	10	0	0	8,514	-0,364	3,434	4,833	-1,407	2,921	2,332	-1,843	1,158
Mandíbula n.4	0	0	0	10	0	0	8,623	-0,167	3,311	4,499	-1,492	3,152	2,584	-1,516	1,015
Mandíbula n.5	0	0	0	10	0	0	10,842	-0,007	2,287	6,147	-1,114	2,144	2,779	-1,541	0,885
Mandíbula n.6	0	0	0	10	0	0	10,111	0,192	2,789	5,032	-1,655	3,470	2,697	-1,805	1,744
Mandíbula n.7	0	0	0	10	0	0	9,232	-0,088	-3,755	4,800	-1,317	-3,059	2,599	-1,541	-0,742
Mandíbula n.8	0	0	0	10	0	0	9,780	-0,078	3,127	4,799	-1,527	3,190	2,813	-1,770	1,113
Mandíbula n.9	0	0	0	10	0	0	5,396	-0,505	3,378	2,758	-1,367	2,421	1,445	-1,196	1,073
Mandíbula n.10	0	0	0	10	0	0	9,540	-0,379	3,147	4,754	-1,800	3,229	2,765	-1,940	1,536
Mandíbula n.11	0	0	0	10	0	0	10,787	0,196	1,361	5,652	-1,483	1,994	6,088	-1,306	1,907
Mandíbula n.12	0	0	0	10	0	0	10,865	0,847	-2,731	5,057	-1,226	-2,936	3,044	-1,566	-1,016
Mandíbula n.13	0	0	0	10	0	0	10,054	0,466	2,382	5,635	-0,888	2,771	3,033	-1,205	1,185
Mandíbula n.14	0	0	0	10	0	0	10,578	0,368	-2,632	5,877	-1,123	-3,125	3,102	-1,197	-0,723
Mandíbula n.15	0	0	0	10	0	0	9,298	0,141	3,027	5,410	-1,138	2,807	3,132	-1,506	0,879
Mandíbula n.16	0	0	0	10	0	0	9,304	0,267	-2,807	5,213	-0,829	-2,684	2,623	-1,187	-0,751
Mandíbula n.17	0	0	0	10	0	0	11,040	0,245	2,856	5,592	-1,690	3,061	2,920	-1,776	0,854
Mandíbula n.18	0	0	0	10	0	0	9,297	-0,256	3,515	5,362	-1,338	3,370	2,732	-1,611	1,009
Mandíbula n.19	0	0	0	10	0	0	9,691	-0,015	2,413	5,573	-1,172	2,617	2,955	-1,411	0,425
Mandíbula n.20	0	0	0	10	0	0	10,923	0,248	2,348	6,103	-1,262	2,938	2,842	-1,637	0,838
Mandíbula n.21	0	0	0	10	0	0	10,033	0,308	2,345	5,529	-1,113	2,491	2,774	-1,319	0,621
Mandíbula n.22	0	0	0	10	0	0	8,940	-0,495	3,003	4,926	-1,476	2,874	6,354	0,957	5,965
Mandíbula n.23	0	0	0	10	0	0	8,867	-0,284	2,684	5,349	-1,154	2,769	2,606	-1,062	0,753
Mandíbula n.24	0	0	0	10	0	0	9,284	-0,115	2,677	5,195	-1,139	2,883	2,766	-1,184	0,923
Mandíbula n.25	0	0	0	10	0	0	9,762	0,039	2,488	5,607	-1,143	2,376	2,609	-1,472	0,563
Mandíbula n.26	0	0	0	10	0	0	10,677	0,454	2,267	6,094	-1,026	2,465	2,830	-1,327	0,333
Mandíbula n.27	0	0	0	10	0	0	10,169	0,126	1,922	5,798	-0,638	2,026	2,984	-1,294	0,577
Mandíbula n.28	0	0	0	10	0	0	10,354	0,286	2,247	5,906	-1,391	2,799	2,611	-1,411	0,792
Mandíbula n.29	0	0	0	10	0	0	9,413	-0,507	2,776	5,473	-1,623	3,125	2,706	-1,584	0,945
Mandíbula n.30	0	0	0	10	0	0	9,828	-0,066	1,883	5,573	-1,681	2,487	2,493	-1,432	0,775

TABLA 9B. NORMALIZACIÓN DEL ÁNGULO DE APERTURA DE LAS MANDÍBULAS (SÉPTIMO PASO)

PUNTO	PUNTO D ³ (girado)			PUNTO D ² (girado)			PUNTO D ¹ (girado)			PUNTO D ⁰ (girado)		
	d ₁	d ₂	d ₃	d ₁ ¹	d ₂ ¹	d ₃ ¹	d ₁ ²	d ₂ ²	d ₃ ²	d ₁ ³	d ₂ ³	d ₃ ³
Mandíbula n.1	5,496	8,354	0	7,749	9,665	-1,093	10,020	9,577	3,290	9,477	7,979	5,516
Mandíbula n.2	4,171	9,089	0	3,908	8,261	-4,167	2,086	5,623	-1,060	0,094	2,696	-0,475
Mandíbula n.3	4,626	8,866	0	3,720	7,546	3,450	1,444	5,259	2,734	-0,505	2,733	1,441
Mandíbula n.4	5,029	8,643	0	4,829	7,905	2,843	1,671	5,151	2,680	-0,327	2,876	1,418
Mandíbula n.5	4,903	8,716	0	4,518	8,299	3,491	1,964	5,131	2,767	0,167	3,309	1,132
Mandíbula n.6	4,020	9,156	0	4,016	8,785	3,073	0,572	5,199	3,703	-0,633	2,990	1,648
Mandíbula n.7	4,094	9,124	0	3,485	8,570	-3,670	0,793	4,894	-3,059	-0,273	3,023	-1,217
Mandíbula n.8	4,385	8,987	0	4,127	8,782	3,204	0,603	4,968	3,084	-0,488	3,033	1,041
Mandíbula n.9	5,258	8,506	0	3,643	7,685	3,629	0,693	4,718	2,667	-0,145	2,559	0,731
Mandíbula n.10	4,421	8,970	0	4,074	8,743	3,241	0,619	4,955	3,583	-0,491	2,970	1,464
Mandíbula n.11	5,095	8,605	0	5,183	8,381	2,189	1,670	5,100	2,464	2,141	5,673	2,506
Mandíbula n.12	4,604	8,877	0	4,989	9,613	-2,101	0,988	5,309	-2,572	0,293	3,670	-0,465
Mandíbula n.13	4,375	8,992	0	4,837	8,836	2,500	1,529	5,585	2,757	0,084	3,433	1,044
Mandíbula n.14	4,300	9,028	0	4,641	9,801	-2,513	0,723	5,326	-3,088	-0,620	3,087	-1,007
Mandíbula n.15	4,849	8,746	0	4,628	8,361	3,104	1,485	5,448	2,919	-0,019	3,281	0,925
Mandíbula n.16	4,512	8,924	0	4,820	9,105	-2,222	1,613	5,375	-2,400	0,116	3,214	-0,646
Mandíbula n.17	5,465	8,375	0	5,953	8,310	3,524	1,887	4,982	3,596	0,096	2,893	1,501
Mandíbula n.18	5,100	8,602	0	4,575	8,234	3,515	1,574	5,418	3,357	0,250	3,166	0,898
Mandíbula n.19	4,913	8,710	0	4,747	8,275	2,554	1,467	5,408	2,631	0,191	3,221	0,500
Mandíbula n.20	4,659	8,848	0	5,009	9,050	2,820	1,349	5,447	2,992	0,025	3,261	0,770
Mandíbula n.21	4,569	8,895	0	4,648	8,322	2,660	1,693	5,178	2,721	0,138	2,881	0,643
Mandíbula n.22	4,753	8,798	0	4,403	8,627	3,065	1,463	5,450	3,076	-0,087	2,848	1,262
Mandíbula n.23	4,821	8,761	0	4,152	8,247	2,488	1,479	5,397	2,467	0,115	2,963	0,545
Mandíbula n.24	4,688	8,833	0	4,583	9,109	2,958	1,511	5,673	3,035	0,162	3,289	0,964
Mandíbula n.25	4,921	8,706	0	5,332	8,882	2,292	1,752	5,586	2,411	0,128	3,018	0,701
Mandíbula n.26	4,353	9,003	0	4,766	9,060	2,584	1,609	5,915	2,757	0,135	3,168	0,573
Mandíbula n.27	4,475	8,943	0	4,551	8,445	1,889	1,251	5,032	2,314	-0,183	2,763	0,900
Mandíbula n.28	5,523	8,336	0	5,325	7,758	2,695	1,908	5,029	3,123	0,227	2,789	1,071
Mandíbula n.29	5,371	8,435	0	4,412	7,743	3,049	1,354	5,087	3,061	0,221	2,956	0,758
Mandíbula n.30	4,685	8,835	0	4,274	8,320	2,501	1,095	5,266	3,024	-0,079	2,770	1,194

