

Datos científicos sobre los tejidos del cráneo:

Mecanismos de acción de las técnicas craneales.

TÉCNICAS CRANEALES: Sutherland, tensión membranosa equilibrada, funcional, articular, thrust de suturas, modelado de lesión intraósea, etc.

¿Cómo FUNCIONAN?

AT THE ORIGIN OF OSTEOPATHY

- OSTEOPATHY IS ANATOMY, MORE ANATOMY, ALWAYS MORE ANATOMY.
Andrew Taylor STILL.
- OSTEOPATHY IS PHYSIOLOGY, MORE PHYSIOLOGY, AND MORE PHYSIOLOGY.
John Martin LITTLEJOHN.

APLIQUEMOS ESTOS DOS CONCEPTOS AL CRÁNEO.

¿QUE DECIR A PARTIR DE LA ANATOMIA?

EL CUERO CABELLUDO

1ª capa: **piel y cabello.**

2ª capa: capa de **tejido conectivo, tejido graso y fibroso** (Hayman et al., 2003; Kemp et al., 2011).

3ª capa: **galea aponeurótica (aponeurosis epicraneal)** y **tejido fibroso denso** que se extiende entre los músculos frontal y occipital (Larrabee et al, 2004).

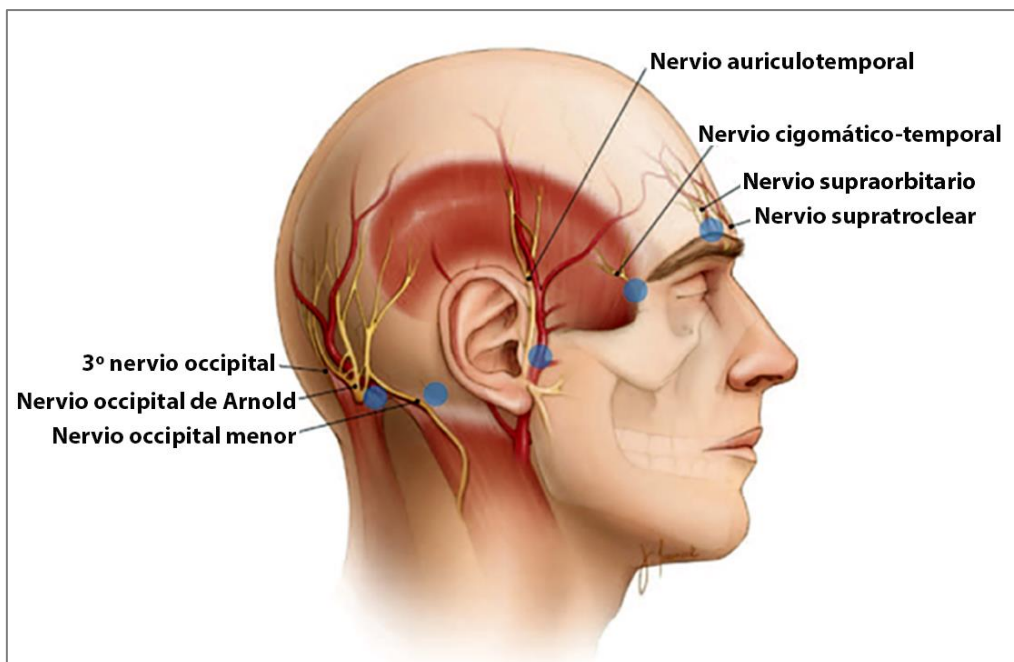
4ª capa: **tejido conjuntivo areolar laxo** con **haces de colágeno** y **vasos sanguíneos** en el cuero cabelludo (Kemp et al., 2011).

5ª capa final: **periostio del cráneo.**

INERVACIÓN DEL CUERO CABELLUDO

Un rico plexo inerva el cuero cabelludo y la duramadre (de Gray y Matta, 2005):

- Tres ramas del **nervio trigémino (V)**, ganglio de Gasser y sus ramas;
- Tres **nervios cervicales superiores**;
- **Tronco simpático cervical**;
- Ramas menores del **vago (X)** y del **hipogloso (XII)**;
- Ramas de los nervios **facial (VII)** y **glossofaríngeo (IX)**.

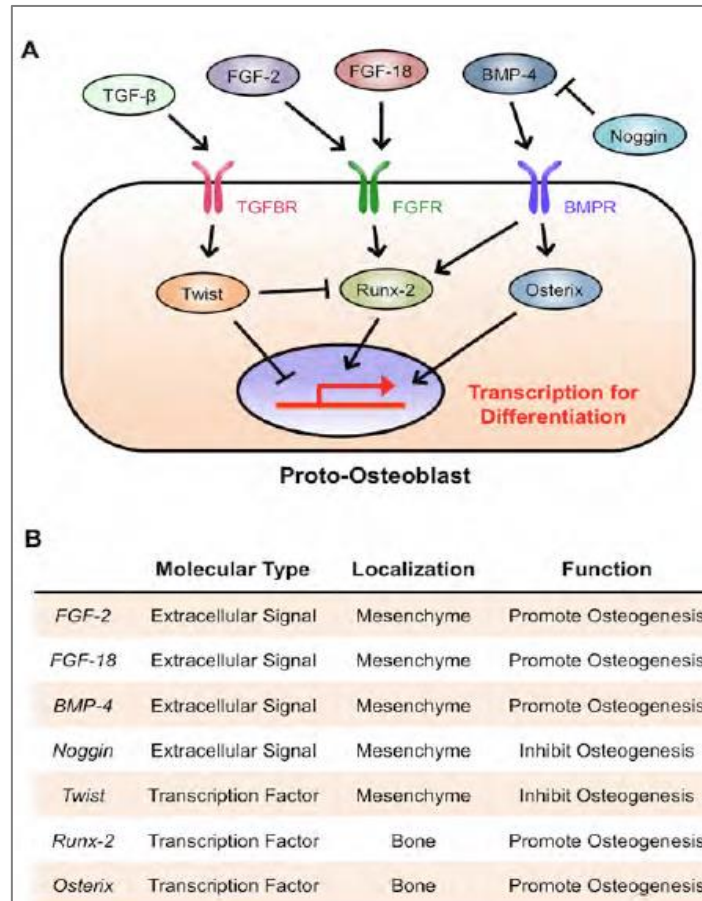


HUESOS CRANEALES

El desarrollo de los huesos de la bóveda → **crecimiento del cerebro** + interacciones diferentes tejidos dentro de las **suturas de la bóveda** (Atsawasuwana et al, 2017).

- Huesos de la **bóveda** → **osificación intramembranosa**.
- Huesos de la **base** del cráneo → **osificación endocondral** (Rice, 2008).

FACTORES DE CRECIMIENTO DE LOS HUESOS CRANEALES



Ruta y características de las **moléculas en el desarrollo del cráneo** según Yoshimura et al,2016.

(A) Interacciones moleculares y vías de señales → desarrollo del hueso craneal.

(B) Tipo molecular, localización y funciones de las moléculas para el desarrollo del hueso craneal.

TGF β = Transforming growth factor → factor de crecimiento transformador-beta

FGF 2 = fibroblast growth factor → factor de crecimiento de fibroblastos 2

BMP 4 = Bone morphogenetic Protein → Proteína morfogénica ósea

NOGGIN → proteína morfogénica ósea.

RUNX 2= Runt-related transcription factor 2 → factor de transcripción asociado con la diferenciación de los osteoblastos

Osterix = osteoblast-specific transcription factor → factor de transcripción específico de los osteoblastos

Los huesos planos de la bóveda craneal están constituidos por 3 capas:

- **Tabla externa de hueso compacto** en contacto con músculos, fascias y cuero cabelludo.
- **Diploe** o capa de hueso esponjoso.
- **Tabla interna** en contacto con las **meninges craneales**.

INERVACIÓN DE LOS HUESOS DEL CRÁNEO

Hay una **inervación consistente** y a menudo **densa del periostio** (Hill y Elde, 1991; Kini y Nandeesh (2015).

- **Fibras nerviosas simpáticas** asociadas a los elementos vasculares, en el hueso y el periostio (Sudiwala y Knox, 2019; Hill y Elde, 1991).
- Red de **fibras nerviosas meníngeas** (Schueler et al., 2014), división mandibular (V3) y maxilar (V2) del ganglio del **trigémino (V)** del **tracto trigémino-espinal** (Kenney y Ganta, 2014) .

Estas fibras caminan en las **aberturas intracraneales** de las **vénulas** emisarias y en las **suturas**.

Densidad de fibras nerviosas variable → por cada 100 fibras en periostio, 2 en médula ósea y 0,1 en el hueso compacto (Mantyh, 2019) .

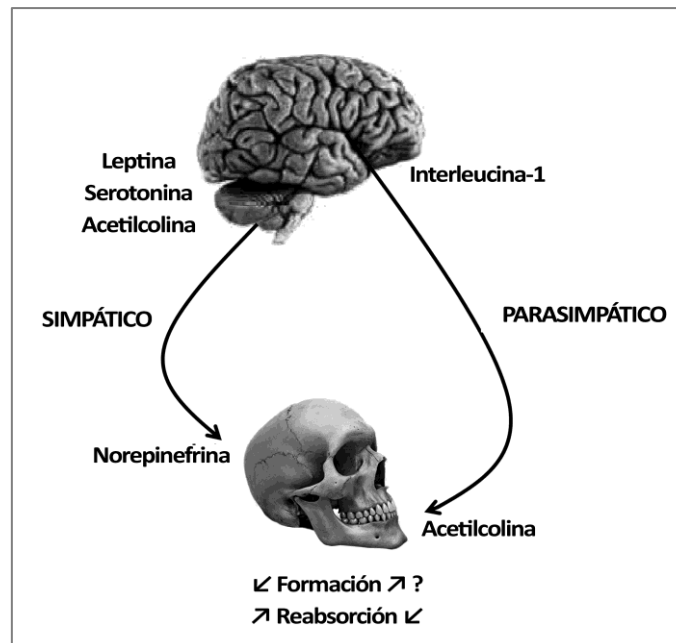
Bjurholm et al (1987) → **CGRP (péptido relacionado con el gen de la calcitonina)** y fibras nerviosas **inmunorreactivas** de la **sustancia P** → **VASODILATACIÓN** periostio, hueso compacto y médula ósea.

- **Fibras parasimpáticas colinérgicas** en el tejido óseo → **metabolismo óseo** → ↗ acumulación de masa ósea, ↘ actividad osteoclástica (Bajayo et al, 2012).

Según Artico et al (2002), la **inervación autónoma** participa directamente en la **hematopoyesis**.

→ **Influencia del ciclo circadiano** en la **remodelación ósea**:

- Durante el día → pico de **absorción ósea** → **actividad simpática** dominante.
- Durante la noche → **formación de hueso** → **actividad parasimpática** dominante.



VASCULARIZACIÓN DE LOS HUESOS DEL CRÁNEO

Existen canales vasculares que cruzan la corteza interna del cráneo y **hacen interactuar el cerebro y la médula ósea del cráneo a través de las meninges** (Herisson et al., 2018).

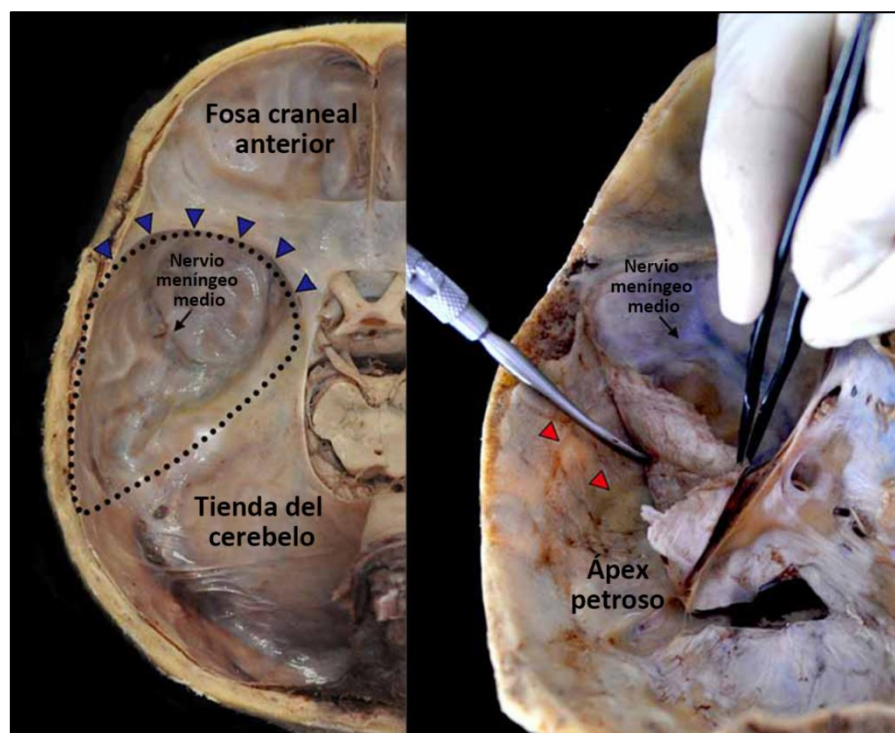
Las meninges llevan una rica **red vascular** a partir de las arterias cerebrales, carótidas externas y venas diploicas.

MENINGES

- La duramadre puede volver a **osificar** completamente la **bóveda craneal** después de la craniectomía en ratones (Drake et al, 1993; Hobar et al, 1996).
- La duramadre → posición de las suturas, a través **señalización mecánica de la fibras durales** que van de la dura madre hasta la base craneal (Ogle et al, 2004).
- La **duramadre** está compuesta de gruesas capas de **colágeno** y **componentes arteriales, venosos y linfáticos** (Coles et al., 2017).
- Los **vasos linfáticos durales** pueden transportar **células inmunes** desde el SNC hacia la periferia (Louveau et al., 2015; Aspelund et al, 2015).

INERVACIÓN DE LA DURA MADRE

Los nociceptores meníngeos intracraneales, que inervan la duramadre y la piamadre transmiten señales nociceptivas a los **núcleos del tracto trigémino-espinal** (Sudiwala y Knox, 2019), que se originan en la **piamadre** (superficie cortical), **dura madre**, **periostio craneal** y **músculos pericraneales**.

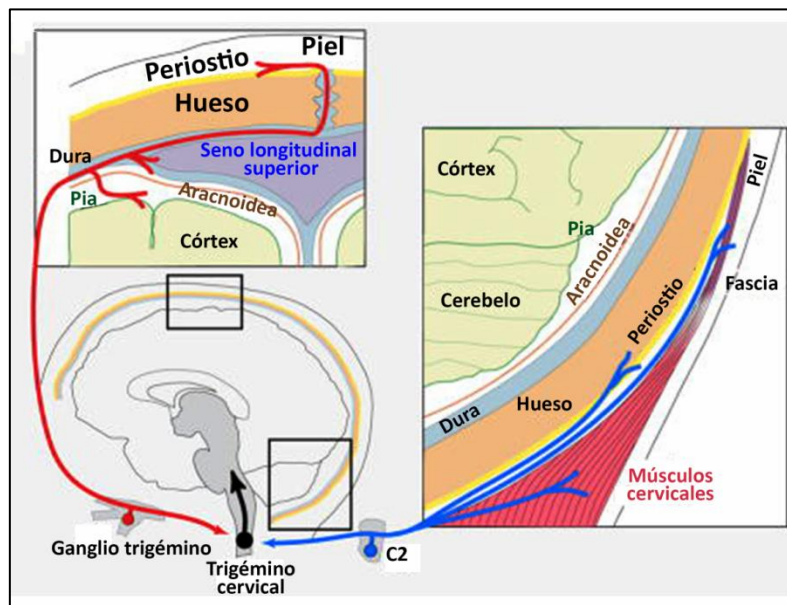


INERVACIÓN DE LA DURA MADRE (Fricke et al, 2001)

- Inervación aferente y eferente densa → **ganglios sensoriales y autónomos**.
- Incluyen los **ganglios trigémino, glosofaríngeo, vagal, segundo y tercero nervios espinales, esfenopalatino, ótico y cervical superior** (Keller et al., 1985; Mayberg et al., 1981, 1984; McNaughton, 1937; O'Connor y van der Kooy, 1986; Steiger et al., 1982; Uddman et al., 1989).
- La mayoría de las neuronas del **trigémino** pertenecen a la **división oftálmica (V1)**.

“SINCONDROSIS ESFENOBASILAR”
 DATOS CIENTÍFICOS SOBRE LOS TEJIDOS DEL CRANEO

Según de Gray y Matta (2005) y Sudiwala y Knox (2019), la **duramadre intracraneal** está inervada por **neuronas** que exhiben propiedades características de los **nociceptores**, incluyendo **quimiosensibilidad** y **sensibilización nerviosa** (mayor capacidad de respuesta a los **estímulos mecánicos** y **mecanosensibilidad intracraneal** exagerada).



Los **nociceptores meníngeos** intracraneales, que inervan la duramadre y la piamadre, emiten **ramas colaterales que cruzan las suturas de la bóveda craneal** desde adentro hacia afuera de la cabeza (Burstein et al, 2014).

Podemos encontrar en los **vasos meníngeos** y **tejido conectivo sutural**:

- **Fibras C** amielínicas.
- **Fibras Ad** mielinizadas delgadas → **segmentos vasculares** (capilares, vénulas poscapilares y paredes de los senos).
- **Axones tipo Ruffini** para las **fibras de colágeno** (Andres y von Düring, 1973) → **mecanorreceptor** para detectar fuerzas de **tracción intracraneal** (Chambers et al., 1972; Iggo y Gottschald, 1974; Malinovsky y Pac, 1982).
- **Receptores laminados** miden cambios de **volumen vascular craneal** → reflejos autonómicos → control **flujo sanguíneo intracraneal** (Loewenstein y Skalak, 1966).

- Neurotransmisores y neuropéptidos → información (Fricke et al, 2001):
 - En **duramadre**, → fibras nerviosas **CGRP** (péptido relacionado con el gen de la calcitonina) inmunorreactivas aferentes y fibras nerviosas de **sustancia P** → **arterias meníngicas** → tejido conectivo dural de vasos (von Düring et al., 1990; Messlinger et al., 1993).
 - En **senos venosos** y **dura madre encéfalica** → plexo de fibras **CGRP** y **sustancia P** (Bauersachs, 1991).
 - **Fibras nerviosas peptidérgicas** → **inflamación neurogénica** → **duramadre** como en la **migraña** (Buzzi y Moskowitz, 1990; Knyihar-Csillik et al., 1997; Markowitz et al., 1987; Messlinger y Hanesch, 1995; Moskowitz, 1992; Williamson et al., 1997; Yu et al., 1997).
 - **Mastocitos duros** y **fibras nerviosas** → **reflejo axónico** → **vasodilatación y extravasación** (Dimitriadou et al., 1991; Ottoson y Edvinsson, 1997) → **estrés** → **eje hipotalámico-hipofisario-adrenal** (Rozniecki et al., 1999; Theoharides et al., 1995).
 - Fibras nerviosas autónomas vasculares → sobre todo **fibras simpáticas**, **fibras parasimpáticas** (Edvinsson et al., 1998).
 - Las **fibras simpáticas** perivasculares → **arteria meníngica media** → plexo denso **Al seno sagital** (Cavallotti et al., 1998; Keller et al., 1989; von Düring et al., 1990).
 - Las **fibras nerviosas parasimpáticas** de los **polipéptidos intestinales vasoactivos** → pared del **seno sagital** (Bauersachs, 1991; Hara y Kobayashi, 1987; Suzuki et al., 1988).

LAS SUTURAS DEL CRÁNEO

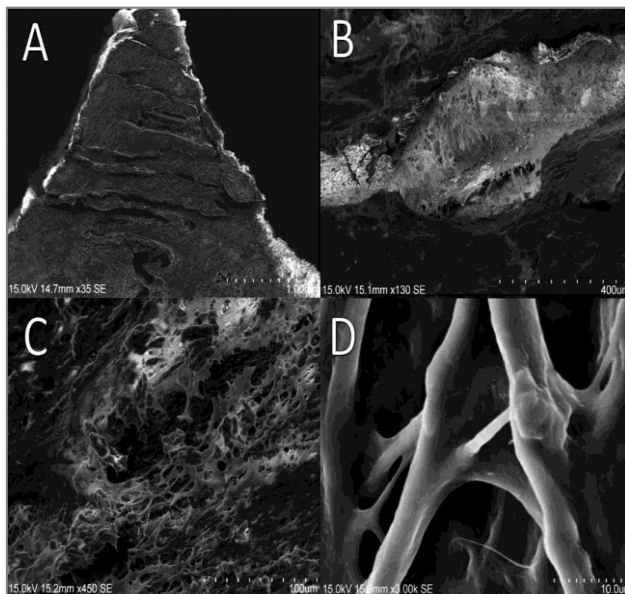
Para comprender la acción de las técnicas craneales (Sutherland, técnicas articulatorias y thrusts de suturas, etc.) es necesario conocer algunos datos científicos sobre las suturas.

Las **suturas** son **articulaciones de tejido conectivo** entre huesos del cráneo, están muy **involucradas** tanto en el **crecimiento craneofacial** normal como en las **anomalías del desarrollo** (Savoldi et al., 2019).

- La **morfología de la sutura** → interacciones de **tres tejidos diferentes**: **mesénquima sutural**, **frentes osteogénicos** y **duramadre** (Ruengdit et al, 2019).
- Los **huesos craneales** y las **suturas** reciben **presiones mecánicas** durante la **masticación** (Sun et al, 2004).
- Los **estrógenos** → **desarrollo del complejo de sutura craneal** (James et al, 2009).

“SINCONDROSIS ESFENOBASILAR”
DATOS CIENTIFICOS SOBRE LOS TEJIDOS DEL CRANEO

- El **crecimiento del cerebro** es el principal determinante de la **posición de las suturas craneales** (Smith & Tondury 1978; Di Ieva et al, 2013).
- Las **suturas son sinartrosis** que conectan los huesos de la cabeza entre sí, a través de un **ligamento sutural fibroso**.
- Según Zhang y Yang (2015) en suturas → dos componentes de interdigitación: los **huesos** y una capa más delgada flexible de **fibras de colágeno** (Tanaka et al, 2000; Herring y Ochareon, 2005).
- En varias suturas se ha encontrado **cartílago** en los márgenes de los huesos o en los tejidos suturales (Pritchard et al, 1956).
- Históricamente, existen **cinco capas intermedias** y **dos capas de unión** que comprenden la estructura básica de una **sutura** (Pritchard et al, 1956; Wagemans et al, 1998).



Sutura maxilar muy interdigitada (Savoldi et al, 2018).

(A) interfaz hueso-ligamento-hueso (130 ×).

(B) ligamento sutural (450 ×)

(C) detalle de las fibras del ligamento sutural (1000 ×)

(D) fibras del ligamento sutural

Con **crecimiento de la bóveda**, el **mesénquima de la sutura** se organiza en la **matriz extracelular** tipo ligamentos → **fibras de colágeno gruesas** orientadas principalmente a lo largo del eje de la sutura.

→ Inserción del **ligamento sutural** → **fibras de Sharpey** en hueso (Ogle et al, 2004).

INERVACIÓN DE LAS SUTURAS

Presencia de **nervios adrenérgicos** (Alberius y Skagerberg, 1990; Kenney y Ganta, 2014).

Fibras del nervio trigémino (V) que inervan los **tejidos extracraneales** que **pasan a través de las suturas** (Schueler et al., 2013).

La concentración más alta de estas fibras del **dolor extracraneal** se encuentra sobre todo en las **suturas** (Kara et al., 2019).

Concentraciones de **fibras extracraneales del dolor, colaterales de fibras meníngeas**, localizadas en **las suturas**, se considera que median el dolor de cabeza por migraña (Kosaras et al., 2013, Burstein et al., 2014).

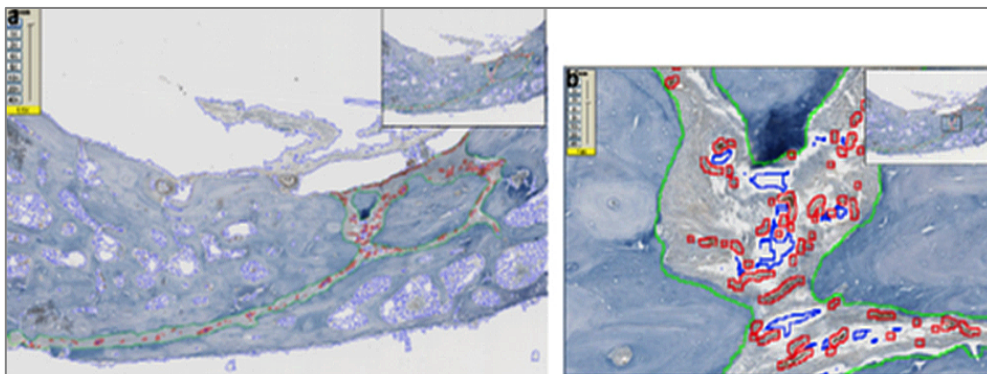
Presencia de una **red de fibras sensoriales** de axones de los **nociceptores meníngeos intracraneales** que llega a los tejidos extracraneales **a través de las suturas** (Kosaras et al., 2009; Schueler et al., 2013 y 2014; Zhang et al., 2016).

Presencia de **haces de nervios que se ramifican en las suturas desde la duramadre** (Zhao y Levy, 2014).

Del lado **perióstico** presencia de **nervios que se ramifican en las suturas** (Kosaras et al., 2009).

Inervación sensorial a partir del **cuero cabelludo**, de axones aferentes que pasan a través de la **duramadre y cráneo a través de las suturas** craneales (O'Connor y van der Kooy, 1986; Knize, 1995; Kosaras et al., 2009).

Presencia de una **estructura vascular grande**, dentro de las suturas craneales (Dorandeu et al, 2008) con su **red de fibras ortosimpáticas perivascular**.



Secciones de vasos (contorno rojo) en los límites del tejido óseo (contorno azul) y de la sutura (contorno de borde verde).

¿QUE DECIR A PARTIR DE LA FISIOLOGIA?

ELASTICIDAD ÓSEA DEL CRÁNEO

Con la construcción estructural del hueso en **capas**, las propiedades mecánicas de los huesos craneales cambian: **el módulo elástico aumenta** (Margulies y Thibault, 2000) y el **diploe** actúa para aumentar el grosor del hueso craneal adulto, aumentando así su **resistencia a la flexión**.

El diploe es una capa eficiente de **absorción de energía** y **endurece los agujeros y estructuras óseas**.

→ Tasas de **deformación** del orden del **100%/s** (Boruah et al. ,2013).

Según McElhaney et al. (1970), Peterson y Dechow, 2003), los huesos craneales parecen ser **isotrópicos*** transversalmente, y generalmente son mucho más fuertes y rígidos en la dirección transversa o tangente a la dirección del cráneo, en comparación con la dirección radial (centro hacia fuera).

El **módulo de compresión tangencial** es generalmente **2 veces mayor** que el de compresión radial.

Isotropía: Característica de algunos cuerpos cuyas propiedades físicas no dependen de la dirección en que son examinadas. Los materiales isotrópicos tienen un módulo elástico, un coeficiente de deformación de Poisson, una conductividad térmica, un coeficiente de expansión térmica, etc., idénticos en todas direcciones.

Ortotrópico: Material que tiene propiedades mecánicas diferentes en direcciones ortogonales diferentes, es decir a ángulo recto de 90º.

- Células de **matriz extracelular** mineralizada hidratada → **cualidades mecánicas** del hueso (Alford et al, 2015) :
- **Materiales orgánicos** (colágeno, proteoglicanos, glucoproteínas) → **flexibilidad** del tejido óseo.
- **Materiales inorgánicos** (calcio y fosfato) → **resistencia** del tejido óseo.

El colágeno → **propiedades tixotrópicas y piezoeléctricas** → **adaptación** continúa a las **tensiones mecánicas** impuestas en los tejidos.

El hueso está compuesto de **tejido viscoelástico** (Turner, 2006) → **deformación** durante movimientos y también durante un trauma (Gabutti y Draper-Rodi, 2014).

Para que estímulo mecánico → **señal biológica (mecanotransducción)** en tejido óseo → **tensiones** de proteínas de la membrana celular (**integrinas**) → **modificación estructura espacial** (papel fundamental **osteocitos**) según Goldring (2015).

Estrés mecánico, presión hidrostática, flujo de fluidos → estímulos para **osteocitos**.

→ Hay dos tipos de fluidos dentro del hueso (Cowin y Cardoso, 2015): sangre (venosa y arterial) y líquido intersticial.

Dinámica fluidos intersticiales del tejido óseo → papel importante en **deformación ósea**: los cambios en el **flujo intersticial** son detectados por los **osteocitos**.

PAPEL DE LAS SUTURAS CRANEALES

Las principales funciones de las suturas son actuar como (Rice, 2008):

- 1) Sitios de **crecimiento óseo**.
- 2) Articulaciones que unen los elementos del cráneo → permiten **deformación del cráneo** (durante el parto y posteriormente **movimientos menores**).
- 3) Pálpel mecánico → **absorben tensiones** → **protección tejido osteogénico sutural** (Persson, 1995).

El crecimiento óseo → osteogénesis intramembranosa de márgenes óseos de suturas. Su **crecimiento** depende del mantenimiento del **espacio entre márgenes óseos** (importancia del **tratamiento sutural** para un **crecimiento craneal equilibrado**).

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS SUTURAS

Las suturas pueden **soportar** y **transmitir cargas**, **absorber energía** y proporcionan **flexibilidad** para acomodar al crecimiento y **protección** a los estreses mecánicos (Jaslow, 1990; Jaslow y Biewener, 2009; Herring, 2008).

La **resistencia a la flexión de las suturas aumenta con la interdigitación** (Jaslow, 1990; Maloul et al., 2013).

Las suturas tienen **isotropía** transversal y son **viscoelásticas** (Rayfield, 2005; Jasinoski et al., 2010; Maloul et al., 2014).

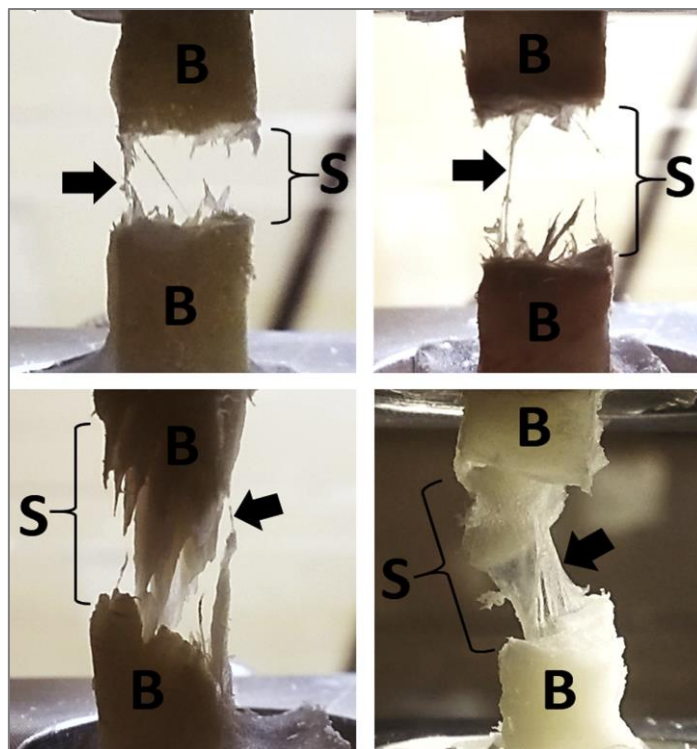
Fisiológicamente, las suturas generalmente experimentan un **impacto extrínseco de carga** como golpes repetitivos que produce **vibraciones** (Interés de la técnica del martillo).

La morfología de la sutura tiene influencias en su **dinámica**, su **módulo elástico** y la disposición de las fibras suturales también influyen en la **dinámica**.

La **distracción de la sutura produce** tres tipos principales de **separación de las dos mitades de la sutura**, es decir:

- Interna al ligamento de la sutura (S),
- Interna al hueso (B)
- Combinada (C) (Savoldi et al.,2017).

Las suturas profundamente **interdigitadas** se ven en **zonas de alta compresión**, mientras que las **no interdigitadas** se ven en **zonas de tensión** (Rafferty y Herring, 1999; Sun et al., 2004).



Sutura (S) y hueso circundante (B) durante la prueba con alargamiento considerable de algunos filamentos del ligamento sutural (flechas).

Las **fibras de colágeno** están claramente dispuestas para resistir a la **compresión** a nivel de la sutura internasal, y a la **tensión** a nivel de la sutura interfrontal (Jaslow, 1990).

Las **interdigitaciones** del hueso sirven para $\nearrow$ **superficie** para la fijación de las fibras de colágeno, y proporcionan **áreas para la fijación de fibras** resistentes a la **compresión** dispuestas oblicuamente (Rafferty y Herring, 1999).

Módulos de elasticidad dinámica y coeficientes de Poisson de deformabilidad del cráneo por una presión débil (500 g) a nivel de una **sutura armónica biselada** (Herniou, 1999):

- Deformación de la **sutura: 41,65 μm**
- Deformación del **hueso: 25 μm** .
- Deformación de la sutura: **25 μm** (fuerza aplicada sobre el bisel externo).
- Deformación del hueso: **6,49 μm** (fuerza aplicada sobre el bisel interno).

CIERRE DE LAS SUTURAS DE LA BOVEDA

Las teorías osteopáticas que promueven el movimiento del hueso craneal sugieren la noción de que las suturas craneales permanecen **sin fusionar durante toda la vida**. La realidad es la siguiente (Retzlaff et al., 1976, 1982, 1984 ; Todd y Lyon, 1924, 1925; Sukekawa, 1979 y otros):

- Suturas **sagital, coronal y lambdoidea** se cierran a los **31 años, 38 años y 47 años**, respectivamente.
- Las suturas **occipito-mastoidea y parieto-mastoidea** no se cierran hasta los **70-80 años**.
- Las suturas **esfeno-parietales y esfeno-frontales** se cierran alrededor de los **60 años**.
- El cierre completo del **esfeno-temporal** es raro.
- La sutura **fronto-cigomática** fusiona a **95 años**.

CIERRE DE LAS SUTURES Y SINCONDROSIS DE LA BASE DEL CRÁNEO

La **sutura esfenofrontal** fusiona después de **6 meses** (Captier et al, 2003).

Según Belden et al. (1997), la **sincondrosis esfenobasilar** fusiona a los 12-13 años en las niñas y 14-15 años en los niños y se osifica a los 20 años.

Las suturas de la **base del cráneo** fusionan a 6 meses de edad, el 50% a 24 meses, el 84% de la base anterior del cráneo está completamente osificada (Belden et al., 1997).

Nombre de sutura	Edad de fusión completa
Sincondrosis intraoccipital posterior	100% a 10 años
Sincondrosis intraoccipital anterior	100% a 12 años
Sincondrosis esfenobasilar	100% a 15 años
Fisura petrooccipital	97,5% permanece sin fusionar
Sutura occipitomastoidea	100% a 16.5 años
Sincondrosis interesfenoidal	100% a 3 meses
Sincondrosis intraposesfenodial	100% a 3 meses
Sutura esfenoidal interplana	100% a 5 años
Sutura esfenoescamosa	100% a 6 años
Sutura esfenoetmoidal	100% a 16 años

MECANISMOS DE LA DISFUNCIÓN INTRAÓSEA

Moldeamiento y lesión intraósea

Cuando la cabeza del feto desciende a través del canal del parto, el movimiento de las suturas y las fontanelas permiten que **los huesos del cráneo se desplacen o se superpongan** → $\swarrow$ circunferencia cabeza. La deformidad del cráneo resultante → **desplazamiento posterior y superior de los parietales y la elevación del occipucio**.

Se puede ver con TAC en recién nacido, generalmente desaparece en el día 7 (Pekçevik et al., 2013), **salvo...**

Por esta razón en la plagiocefalia es tan importante suprimir los solapamientos de las suturas para permitir un crecimiento adecuado del cráneo en las zonas planas.

MECANISMOS DE LA DISFUNCIÓN INTRAÓSEA

Disfunción intraósea → restricción de la flexibilidad con distorsión de los componentes fibrosos de la matriz del tejido óseo, o de las áreas cartilaginosas o membranosas no osificadas (Magoun, 1966; Sergueef, 2007; Bicalho, 2020).

Traumas o distensiones → restricciones en las articulaciones hialinas aún no fusionadas → tensión y asimetrías de crecimiento (Delpech) durante el desarrollo óseo (plagiocefalia craneal).

Aferencias constantes provocadas por estrés o pérdida de movilidad en tejido óseo → reflejos autónomos eferentes → alteración actividad vasomotora (Kuchera et al, 2019).

SENSIBILIZACIÓN DEL TEJIDO ÓSEO

Howell y Willard (2005) extendieron el modelo nociceptivo de Van Buskirk al hueso craneal (sensibilización central y periférica).

La hipersensibilidad palpatoria (alodinia o hiperalgesia) de un tejido disfuncional es uno de los parámetros que evidencian una disfunción somática (Fryer, 2016) → sensibilización central.

Cowin y Cardoso (2015) indican que las neuronas de la raíz dorsal pueden ser activadas y sensibilizadas por el tejido óseo.

Una población considerable de neuronas recibe informaciones convergentes de la duramadre, de los territorios cutáneos y musculares cervicales → continuo funcional entre núcleo caudal del trigémino y segmentos medulares cervicales superiores → nocicepción craneal (cefalea primaria).

Efecto facilitador mayor de estimulación del nervio occipital que estimulación dural → un mecanismo central a nivel neuronal de segundo orden.

Estimulación fibras aferentes de las fibras C del músculo → + efectos facilitadores que las fibras C cutáneas (Wall y Woolf, 1984; Michaelis et al, 2000).

Vincent et al (1992) → **estimulación nociceptiva del nervio occipital mayor** → liberación del **péptido relacionado con el gen de la calcitonina o CGRP** → **↑ sensibilidad a los estímulos sensoriales** (Collin et al., 1993; Williamson et al., 2001).

→ **Cambios en la excitabilidad** → manifestación de **hiperexcitabilidad central** (Woolf, 1996; Herrero, 2000)

Conclusión

Existe una clara evidencia del **acoplamiento funcional** entre **aferencias meníngeas nociceptivas** y **aferencias cervicales** en el **nervio occipital mayor de Arnold**.

El **complejo trigémino-cervical** puede considerarse como un continuo funcional involucrado en la **nocicepción craneal**.

El **efecto facilitador** de una estimulación del nervio occipital sobre la entrada meníngea puede producir la **derivación del dolor** que se origina en las estructuras inervadas por las **raíces cervicales superiores** a los territorios de inervación del **trigémino**.

MECANISMOS DE ACCIÓN DE LA TÉCNICAS CRANEALES

MECANISMO DEL THRUSTS DE SUTURAS Y OTRAS TECNICAS CRANEALES

Las técnicas craneales provocan un **deslizamiento** del cuero cabelludo, del tejido conjuntivo denso y otras capas de tejido: tienen acciones en la vascularización, propiocepción, continuidad con el tejido conjuntivo de las suturas.

Los thrust craneales estimulan de forma rápida los tegumentos superficiales creando un **reflejo neurológico** en la región con **↗ vascularización y reorganización del tono miofascial y ↘ sensibilización nerviosa** patógena.

Hay un efecto de **stretching del tejido conjuntivo intersutural** que estimula los **receptores nerviosos a la presión/tracción** en las suturas (Retzlaff y Upledger, 1982) y así como del periostio inervado por varios nervios craneales y cervicales.

Las **técnicas articulatorias craneales** además deben actuar sobre la **elasticidad ósea** y su **tixotropía** por **calentamiento de la matriz ósea** (más se somete el cuerpo a fuerzas de cizallamiento, más disminuye su viscosidad).

El estudio de los **módulos de elasticidad dinámica y coeficientes de deformabilidad del cráneo y de las suturas**, aplicando una **presión débil (500 g)** sobre el cráneo (Herniou, 1999), nos indica que las **técnicas craneales** tienen un efecto sobre la **elasticidad** y la **viscoelasticidad ósea** de las **suturas** y del **hueso**.

Las fuerzas utilizadas en las **técnicas craneales** (sutherland, thrust de suturas, modelación ósea, articulatorias, etc.) tendrán un impacto en el **hueso** y las **suturas**, la **duramadre** y otros tejidos modificando la **vascularización local** y una acción sobre los **orificios craneales** y sobre

la **propiocepción nerviosa**. Las técnicas podrían influir a través de la **inervación cráneo-sutural** y de la **duramadre** sobre la **sensibilización nerviosa central y periférica** (nervios craneales y cervicales altas).

1) CONCLUSIONES A PARTIR DE LA ANATOMIA

- 1) **CUERO CABELLUDO:**
- 2) **Por innervación:** nervio trigémino (V), 3 nervios cervicales superiores, tronco simpático cervical, vago (X), hipogloso (XII), facial (VII) y glossofaríngeo (IX) → **DESGLIZAMIENTO DE LAS 4 CAPAS** ↯ **IRRITACIÓN/SENSIBILIZACIÓN** DE ESTOS ELEMENTOS.
- 3) **HUESOS DEL CRÁNEO (PERIOSTIO):**
- 4) Fibras nerviosas simpáticas + fibras nerviosas meníngeas **del tracto trigémino-espinal** → ↯ **SENSIBILIZACIÓN** DE ESTOS ELEMENTOS.
- 5) **Canales vasculares** → ↗ **VASCULARIZACIÓN** CEREBRO Y MÉDULA ÓSEA.
- 6) En caso **lesión intraósea** → **modificación viscoelasticidad** de la matrice ósea → ↗ **ELASTICIDAD ÓSEA**.

• DURAMADRE

Colágeno, componentes arteriales, venosos y linfáticos → **células inmunes** desde el SNC hacia la periferia → ↗ **INMUNIDAD**.

Nociceptores meníngeos del **tracto trigémino-espinal** cruzan las suturas de adentro hacia afuera → estímulos mecánicos y mecanosensibilidad intracraneal → ↯ **SENSIBILIZACIÓN NERVIOSA** (senos venosos incluidos).

• SUTURAS

Ligamento sutural de fibras de colágeno con **mecanoreceptores** de fibras sensoriales de **nociceptores meníngeos** del nervio trigémino (V) para tejidos extracraneales que pasan a través de las suturas: fibras del dolor extracraneal sobre todo en las suturas → ↯ **DOLOR/ SENSIBILIZACIÓN NERVIOSA**.

Nervios adrenérgicos y estructura vascular grande → ↗

• VASCULARIZACIÓN

2) CONCLUSIONES A PARTIR DE LA FISIOLOGIA Y BIOMECANICA CRANEAL

• SUTURAS

Suturas → **CRECIMIENTO CRANEOFACIAL** y anomalías del desarrollo.

Papeles: soportar y transmitir cargas, absorber energía, dan flexibilidad y protección.

Características **isotrópicas y viscoelásticas**, importante **módulo elástico** dinámico y coeficientes de Poisson de **deformabilidad** → ACCIÓN EN LA ELASTICIDAD Y CAMBIO DE CONFORMACIÓN → LESIÓN INTRAÓSEA.

Suturas muy interdigitadas en zonas de alta compresión → UTILIZAR TÉCNICAS CON TRACCIÓN, no interdigitadas en zonas de tensión → UTILIZAR TÉCNICAS CON COMPRESIÓN.

MECANISMOS DE TODAS LAS TÉCNICAS CRANEALES

- Deslizamiento → STRETCHING CUERO CABELLUDO Y TEJIDO CONJUNTIVO INTERSUTURAL, DURA MADRE.
- Presión/tracción → receptores nerviosos y respuesta neurológica → ⚡ ESTÍMULO NOCICEPTIVO, REORGANIZA LAS TENSIONES O TONO MIOFASCIAL LOCAL, ↗ APOORTE VASCULAR.
- Técnicas articulatorias craneales → elasticidad ósea y tixotropía por calentamiento de la matriz ósea (↗ fuerzas de cizallamiento, → ⚡ viscosidad) → MODIFICA ELASTICIDAD ÓSEA Y SUTURAL, DESCOMPRIME ELEMENTOS NERVIOSOS, REORGANIZA LAS TENSIONES O TONO MIOFASCIAL LOCAL, ↗ APOORTE VASCULAR ARTERIOVENOSO.
- Presión débil (500 g) sobre el cráneo → ↗ **ELASTICIDAD Y VISCOELASTICIDAD ÓSEA DE LAS SUTURAS/ HUESO, ORIFICIOS CRANEALES, SENOS CRANEALES** → NERVIOS CRANEALES, VASCULARIZACIÓN Y INMUNIDAD.

Las técnicas a través de la **inervación cráneo-sutura-duramadre** → ⚡ **SENSIBILIZACIÓN NERVIOSA CENTRAL Y PERIFÉRICA** (NERVIOS CRANEALES Y CERVICALES ALTAS), ↗ **PROPIOCEPCIÓN NERVIOSA**.

PARADIGMA EN OSTEOPATÍA CRANEAL (1)

1º El MRP como descrito por Sutherland (difusión LCR) parece no existir, no tiene soporte fisiológico, ni anatómico. Pero existe una interacción compleja de diferentes ritmos fisiológicos, cardíaco, linfático, respiratorio, arterial (Norton, 1991).

2º El motor del movimiento craneal es el diafragma y la respiración costal a través de las fascias y sistema muscular (Nahmani et al, 1990), y los componentes líquidos: *sangre arterial*, *sangre capilar* que influyen en el volumen del cerebro, *sangre venosa* y LCR (Greitz et al, 1992).

**“SINCONDROSIS ESFENOBASILAR”
DATOS CIENTIFICOS SOBRE LOS TEJIDOS DEL CRANEO**

Se debe a la entrada y salida de sangre del cráneo (Moskalenko, 1961, 1972, 2008, 2011, 2012) y al ritmo cardiovascular: esto explicaría las pulsiones que se pueden palpar.

3º A nivel cráneo sacro el movimiento entre pelvis y cráneo parece ser asincrónico debido al tiempo necesario para arrastrar el sacro y el occipucio.

4º La sensación de pulsación craneal o CRI en la palpación, se debe a ritmos respiratorios y cardiovasculares combinados y su ritmo no es de 12 a 14 veces por minuto (Herniou, 1999; Terem et al, 2018; Norton, 1992).

El CRI es sincrónico con la oscilación de Traube-Hering-Mayer (Farasyn y Vanderschueren , 2001), es un reflejo fisiológico de la arritmia sinusal respiratoria, que reúne la frecuencia respiratoria con la del corazón.

5º Existe una cierta maleabilidad/elasticidad del hueso craneal (6,49 a 25 μm) y cambio de conformación sutural (25 a 41 μm) por modificación de la tixotropía de la matriz extracelular del hueso, que es un tejido viscoelástico: permite una cierta acción en caso de lesión intra-ósea craneal (Magoun, 1966; Sergueef, 2007; Bicalho, 2020).

6º Existen elementos nerviosos intrasuturales que pueden ser irritados por compresión o tracción de estas suturas (Reztlaiff 1975, 1987; Schueler et al. 1976; Bigal et al. 2008).

Una DISFUNCIÓN CRANEAL O SUTURAL provoca a nivel neurológico:

- SENSIBILIZACIÓN NERVIOSA CENTRAL: irritación de los elementos vasculonerviosos y receptores sensitivos al origen de un reflejo neurogénico patológico, (tronco cerebral, núcleos grises centrales, núcleos de los nervios craneales de su territorio de inervación sensitiva (V, IX, X, XI, médula cervical alta C2-C3).
- SENSIBILIZACIÓN PERIFÉRICA por irritación de tipo “double crush syndrome” de los nervios craneales que pasan a través de los orificios craneales (pares I a XII).
- SENSIBILIZACIÓN NEUROVEGETATIVA ortosimpática y para simpática, irritación de la red ortosimpática perivascular afectando arterias cervico-cefálicas y drenaje venoso.

7º Es necesario modificar nuestro sistema diagnóstico en osteopatía craneal utilizando:

- La anamnesis (signos clínicos en relación con la esfera craneal).
- La inspección del cráneo (forma normal o anómala)
- La palpación de los músculos craneales y de las suturas dolorosas, que indican cuales son los huesos en disfunción.
- La apreciación de la elasticidad ósea y de las suturas (tomando en cuenta los arcos botantes del cráneo más densos y los tests pasivos de movilidad/elasticidad de cada huso).

**LA PRESENCIA DE UN PUNTO TRIGGER SUTURAL TRADUCE UNA DISFUNCIÓN QUE SE
ACOMPAÑA DE UNA SENSIBILIZACIÓN NERVIOSA.**

8º Las acciones terapéuticas de la osteopatía craneal son básicamente sobre la esfera craneal:

- En pediatría plagiocefalia (solapamientos, lesiones intraóseas), otitis, cólico infantil, obstrucción del conducto nasolagrimon, trastornos ortodónticos.
- En adultos migraña y cefaleas, síndrome craneomandibular, oftalmología (glaucoma, PIO, desequilibrios musculares del ojo, nervios del ojo), cervicalgia mecánica, vértigos, sinusitis, neurología (Parkinson, ciertas parálisis cerebrales, aumenta la saturación en oxígeno del tejido cerebral)).
- En la mujer durante el parto modificaciones dinámica uterina, ciertas infertilidad.

¿Qué cambia este paradigma en la práctica de la osteopatía craneal?

- Pues con un concepto científicamente aceptable, construido en función de referencias adecuadas, lo que cambia son las explicaciones apoyadas en datos científicos.
- En realidad para el terapeuta, cambia muy poca cosa en el ejercicio profesional de la osteopatía, los resultados siguen los mismos, tal vez con planteamiento de mejores indicaciones que evitan hacer perder tiempo a nuestro paciente.

REFERENCIAS

- Sudiwala S, Knox S. The Emerging Role of Cranial Nerves in Shaping Craniofacial Development. *Genesis*. 2019 Jan;57(1):e23282. doi: 10.1002/dvg.23282.
- Herisson F, Frodermann V, Courties G, Rohde D, Sun Y, Vandoorne K, Wojtkiewicz GR, Masson GS, Vinegoni C, Kim J, Kim DE, Weissleder R, Swirski FK, Moskowitz MA, Nahrendorf M. Direct vascular channels connect skull bone marrow and the brain surface enabling myeloid cell migration. *Nat Neurosci*. 2018 Sep;21(9):1209-1217.
- Zenker W, Kubik S. Brain cooling in humans—anatomical considerations. *Anat Embryol (Berl)*. 1996 Jan;193(1):1-13.
- Adeeb N, Mortazavi MM, Tubbs RS, Cohen-Gadol AA. The cranial dura mater: a review of its history, embryology, and anatomy. *Childs Nerv Syst*. 2012 Jun;28(6):827-37.
- HersHKovitz I, Greenwald C, Rothschild BM, Latimer B, Dutour O, Jellema LM, Wish-Baratz S, Pap I, Leonetti G. The elusive diploic veins: anthropological and anatomical perspective. *Am J Phys Anthropol*. 1999 Mar;108(3):345-58.
- Coles JA, Myburgh E, Brewer JM, McMenamin PG. Where are we? The anatomy of the murine cortical meninges revisited for intravital imaging, immunology, and clearance of waste from the brain *Prog Neurobiol*. 2017 Sep; 156:107-148.
- Louveau A, Smirnov I, Keyes TJ, Eccles JD, Rouhani SJ, Peske JD, Derecki NC, Castle D, Mandell JW, Lee KS, Harris TH, Kipnis J. Structural and functional features of central nervous system lymphatic vessels. *Nature*. 2015 Jul 16;523(7560):337-41.
- Aspelund A, Antila S, Proulx ST, Karlsen TV, Karaman S, Detmar M, Wiig H, Alitalo K. A dural lymphatic vascular system that drains brain interstitial fluid and macromolecules. *J Exp Med*. 2015 Jun 29;212(7):991-9.
- Strassman A, Levy D. Response properties of dural nociceptors in relation to headache. *J Neurophysiol*. 2006 Mar;95(3):1298-306.
- de Gray LC, Matta BF. Acute and chronic pain following craniotomy: a review. *Anaesthesia*. 2005; 60(7):693–704.
- Alberius P, Skagerberg G. Adrenergic innervation of the calvarium of the neonatal rat. Its relationship to the sagittal suture and developing parietal bones. *Anat Embryol (Berl)*. 1990 ;182(5) :493-8.

“SINCONDROSIS ESFENOBASILAR”

DATOS CIENTIFICOS SOBRE LOS TEJIDOS DEL CRANEO

- Chevalier A, Armstrong 2, Norwood-Williams C, Gokal R. DC Electroacupuncture Effects on Scars and Sutures of a Patient with Postconcussion Pain. Med Acupunct. 2016 Aug 1;28(4):223-229.
- Boggio PS, Lima MC, et al. A sham-controlled, phase II trial of transcranial direct current stimulation for the treatment of central pain in traumatic spinal cord injury. Pain.2006;122(1–2):197–209.
- Ray BS, Wolff HG. Pain-sensitive structures of the head and their significance in headache. Arch Surg. 1940;41(4):813-856.
- Hill EL, Elde R. Distribution of CGRP -, VIP-, D beta H-, SP-, and NPY-immunoreactive nerves in the periosteum of the rat. Cell Tissue Res. 1991 Jun;264(3):469-80.
- Zhang X, Strassman AM, Novack V, Brin MF, Burstein R. Extracranial injections of botulinum neurotoxin type A inhibit intracranial meningeal nociceptors' responses to stimulation of TRPV1 and TRPA1 channels: Are we getting closer to solving this puzzle? Cephalalgia. 2016 Aug;36(9):875-86.
- Guilfoyle MR, Helmy A, Duane D, Hutchinson PJ. Regional scalp block for postcraniotomy analgesia: a systematic review and meta-analysis. Anesth Analg. 2013; 116(5):1093–1102.
- Kemp WJ 3rd, Tubbs RS, Cohen-Gadol AA. The innervation of the scalp: A comprehensive review including anatomy, pathology, and neurosurgical correlates. Surg Neurol Int. 2011; 2:178.
- Kenney MJ, Ganta CK. Autonomic nervous system and immune system interactions. Compr Physiol. 2014 Jul;4(3):1177-200.
- Hayman LA, Shukla V, Ly C, Taber KH. Clinical and imaging anatomy of the scalp. J Comput Assist Tomogr 2003; 27:454-9.
- Larrabee WF, Makielski KH, Henderson JL. Surgical Anatomy of the Face. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2004.
- Jeong SM, Park KJ, Kang SH, Shin HW, Kim H, Kee HK, et al. Anatomical consideration of the anterior and lateral cutaneous nerves in the scalp. J Korean Med Sci 2010; 25:517-22.
- Tubbs RS, Salter EG, Wellons JC, Blount JP, Oakes WJ. Landmarks for the identification of the cutaneous nerves of the occiput and nuchal regions. Clin Anat 2007; 20:235-8.
- Tubbs RS, Mortazavi MM, Loukas M, D’Antoni AV, Shoja MM, Chern JJ, et al. Anatomical study of the third occipital nerve and its potential role in occipital

“SINCONDROSIS ESFENOBASILAR”

DATOS CIENTIFICOS SOBRE LOS TEJIDOS DEL CRANEO

headache/neck pain following midline dissections of the craniocervical junction. J Neurosurg Spine 2011; 15:71-5.

- Kemp WJ 3rd, Tubbs RS, Cohen-Gadol AA. The innervation of the scalp: A comprehensive review including anatomy, pathology, and neurosurgical correlates. Surg Neurol Int. 2011; 2:178.
- Hayman LA, Shukla V, Ly C, Taber KH. Clinical and imaging anatomy of the scalp. J Comput Assist Tomogr 2003; 27:454-9.
- Larrabee WF, Makielski KH, Henderson JL. Surgical Anatomy of the Face. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2004.
- Jeong SM, Park KJ, Kang SH, Shin HW, Kim H, Kee HK, et al. Anatomical consideration of the anterior and lateral cutaneous nerves in the scalp. J Korean Med Sci 2010; 25:517-22.
- Tubbs RS, Salter EG, Wellons JC, Blount JP, Oakes WJ. Landmarks for the identification of the cutaneous nerves of the occiput and nuchal regions. Clin Anat 2007; 20:235-8.
- Tubbs RS, Mortazavi MM, Loukas M, D’Antoni AV, Shoja MM, Chern JJ, et al. Anatomical study of the third occipital nerve and its potential role in occipital headache/neck pain following midline dissections of the craniocervical junction. J Neurosurg Spine 2011; 15:71-5.
- O’Connor TP van der Kooy D. Pattern of intracranial and extracranial projections of trigeminal ganglion cells. The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for N
- Boruah S, Henderson K, Submit D, Salzar RS, Shender BS, Paskoff G. Response of Human Skull Bone to Dynamic Compressive Loading. IRCOB Conference 2013. IRC-13-54
- Motherway J, Doorly MC, Curtis M, Gilchrist MD. Head impact biomechanics simulations: a forensic tool for reconstructing head injury? Leg Med (Tokyo). 2009 Apr;11 Suppl 1: S220-2.
- Wagemans PA, van de Velde JP, Kuijpers-Jagtman AM. Sutures and forces: a review. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1988 Aug;94(2):129-41. doi: 10.1016/0889-5406(88)90361-7.
- Margulies SS, Thibault KL. Infant skull and suture properties: measurements and implications for mechanisms of pediatric brain injury. J Biomech Eng. 2000 Aug;122(4):364-71.

“SINCONDROSIS ESFENOBASILAR”

DATOS CIENTIFICOS SOBRE LOS TEJIDOS DEL CRANEO

- Motherway JA, Verschueren P, Van der Perre G, Vander Sloten J, Gilchrist MD. The mechanical properties of cranial bone: the effect of loading rate and cranial sampling position. *J Biomech*. 2009 Sep 18;42(13):2129-35.
- Rogers JS, Witt PL. The controversy of cranial bone motion. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1997 Aug;26(2):95-103.
- Pritchard J, Scott JH, Girgis FG. The structure and development of cranial and facial sutures. *J Anat*. 1956 Jan;90(1):73-86.
- McElhaney JH, Fogle JL, Melvin JW, Haynes RR, Roberts VL, Alem NM. Mechanical properties on cranial bone. *J Biomech*. 1970 Oct;3(5):495-511.
- Savoldi F, Tsoi JKH, Paganelli C, Matinlinna JP. Sutural Morphology in the Craniofacial Skeleton: A Descriptive Microcomputed Tomography Study in a Swine Model. *Anat Rec (Hoboken)*. 2019 Dec;302(12):2156-2163.
- Savoldi F, Tsoi JKH, Paganelli C, Matinlinna JP. Biomechanical behaviours of craniofacial sutures during distraction: An evaluation all over the entire craniofacial skeleton. *Dent Mater*. 2017 Jul;33(7): e290-e300.
- Savoldi F, Tsoi JKH, Paganelli C, Matinlinna JP. The Biomechanical Properties of Human Craniofacial Sutures and Relevant Variables in Sutural Distraction Osteogenesis: A Critical Review. *Tissue Eng Part B Rev*. 2018 Feb;24(1):25-36.
- Savoldi F, Tsoi JKH, Paganelli C, Matinlinna JP. Biomechanical behaviour of craniofacial sutures during distraction: An evaluation all over the entire craniofacial skeleton. *Dent Mater*. 2017 Jul;33(7): e290-e300.
- Dorandeu A, Plancoulaine B, Léonetti G, Herlin P. A potential contribution of virtual slides and automatic image processing to the estimation of the vascularization of cranial sutures. *Ann Pathol*. 2008 Sep;28(4):342-6.
- Rafferty KL, Herring SW. Craniofacial sutures: morphology, growth, and in vivo masticatory strains. *J Morphol* 1999;242(2):167–79.
- Sun Z, Lee E, Herring SW. Cranial sutures and bones: growth and fusion in relation to masticatory strain. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol* 2004;276(2):150–61
- Herring SW, Teng S. Strain in the braincase and its sutures during function. *Am J Phys Anthropol* 2000;112(4):575–93.
- Herring SW, Ochareon P. Bone—special problems of the craniofacial region. *Orthod Craniofac Res* 2005;8(3):174–82.

“SINCONDROSIS ESFENOBASILAR”

DATOS CIENTIFICOS SOBRE LOS TEJIDOS DEL CRANEO

- Jasinoski SC, Reddy BD, Louw KK, Chinsamy A. Mechanics of cranial sutures using the finite element method. J Biomech 2010;43(16):3104–11.
- Maloul A, Fialkov J, Wagner D, Whyne CM. Characterization of craniofacial sutures using the finite element method. J Biomech 2014;47(1):245–52.
- Jaslow CR. Mechanical properties of cranial sutures. J Biomech 1990;23(4):313–21.
- Schueler M, Messlinger K, Dux M, Neuhuber WL, De Col R. Extracranial projections of meningeal afferents and their impact on meningeal nociception and headache. Pain. 2013. 154, 1622-1631.
- Wagemans PA, van de Velde JP, Kuijpers-Jagtman AM. Sutures and forces: a review. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1988; 94:129–141.
- Oersson M. Closure of facial sutures: a preliminary report. Trans Euro Orthod Soc 52nd Congress. 1976;249–253.
- Pritchard JJ, Scott JH, Girgis FG. The structure and development of cranial and facial sutures. J Anat. 1956; 90:73–86.
- Sabini RC, Elkowitz DE. Significance of differences in patency among cranial sutures. The Journal of the American Osteopathic Association. 2006; 106(10):600–604.
- Burstein R, Zhang X, Levy D, Aoki KR, Brin MF. Selective inhibition of meningeal nociceptors by botulinum neurotoxin type A: therapeutic implications for migraine and other pains. Cephalalgia. 2014. 34, 853-69.
- Zhao J, Levy D. The sensory innervation of the cranial periosteum is nociceptive and contributes to headache-like behavior. Pain. 2014 Jul;155(7):1392-400.
- Knize DM. A study of the supraorbital nerve. Plastic and reconstructive surgery. 1995; 96(3): 564–569.
- Pritchard JJ, Scott JH, Girgis FG. The structure and development of cranial and facial sutures. J Anat. 1956; 90:73–86.
- Herniou JC. Movilidad de los huesos del cráneo. Osteopatía 1999;10.
- Zhang ZQ, Yang JL. Biomechanical Dynamics of Cranial Sutures during Simulated Impulsive Loading. Appl Bionics Biomech. 2015; 2015:596843.
- Tanaka E, Miyawaki Y, del Pozo R, Tanne K. Changes in the biomechanical properties of the rat interparietal suture incident to continuous tensile force application. Arch Oral Biol. 2000 Dec;45(12):1059-64.

**“SINCONDROSIS ESFENOBASILAR”
DATOS CIENTIFICOS SOBRE LOS TEJIDOS DEL CRANEO**

- Herring SW, Ochareon P. Bone--special problems of the craniofacial region. *Orthod Craniofac Res.* 2005 Aug;8(3):174-82.
- Jaslow CR. Mechanical properties of cranial sutures. *J Biomech.* 1990;23(4):313-21.
- Jaslow CR, Biewener AA. Strain patterns in the horncores, cranial bones and sutures of goats (*Capra hircus*) during impact loading. *Journal of Zoology.* May 2009. 235(2):193 - 210 .
- Herring SW. Mechanical influences on suture development
- and patency. *Front Oral Biol.* 2008; 12:41-56.
- Maloul A, Fialkov J, Whyne CM. Characterization of the bending strength of craniofacial sutures. *J Biomech.* 2013 Mar 15;46(5):912-7.
- Rayfield EJ. Using finite-element analysis to investigate suture morphology: a case study using large carnivorous dinosaurs. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol.* 2005 Apr;283(2):349-65.
- Jasinoski SC, Reddy BD, Louw KK, Chinsamy A. Mechanics of cranial sutures using the finite element method. *J Biomech.* 2010 Dec 1;43(16):3104-11.
- Retzlaff EW, Jones L, Mitchell F, Upledger J, Walsh J. Possible autonomic innervation of cranial sutures of primates and other mammals. *Anat Rec.* 1982; 202: 156A,
- Retzlaff EW, Micheal O, Roppel R, Mitchell F. The structure of cranial bone sutures. *J Am Osteopath Assoc.* 1976 Feb;75(6):607-8.
- Retzlaff EW, Walsh J, Mitchell F, Vredevoogd J. Histological detail of cranial sutures as seen in plastic embedded specimens. *Anat Rec.* 1984; 208:145A.
- Retzlaff EW, Upledger J, Mitchell FL, Walsh J. Aging of cranial sutures in humans. *Anat Rec.* 1979; 193:663.
- Todd TW, Lyon OW. Cranial suture closure--Its progress and age relationship, Parts 11-IV. *Am Phys Anthropol.* 1925; 8:23-45, 46-71, 149-168.
- Todd TW, Lyon OW. Endocranial suture closure. *Am J Phys Anthropol.* 1924;7:325-384.
- Kokich VG. Age changes in the human frontozygomatic suture from 20 to 95 years. *Am J Orthod.* 1976 Apr;69(4):411-30.
- Sukekawa R. Scanning electron microscopic observation on the sagittal suture of the human skull. *Shikwa Gakuho.* 1979 May;79(5):1059-64.

“SINCONDROSIS ESFENOBASILAR”

DATOS CIENTIFICOS SOBRE LOS TEJIDOS DEL CRANEO

- Markens IS, Oudhof HA. Morphological changes in the coronal suture after replantation. *Acta Anat (Basel)*. 1980;107(3):289-96.
- Moss ML. Experimental alteration of sutural area morphology *Anat Rec*. 1957 Mar;127(3):569-89.
- Nash SB, Kokich VG. Evaluation of cranial bone suture autotransplants in the growing rabbit. *Acta Anat (Basel)*. 1985;123(1):39-44.
- Hubbard RP, Melvin JW, Barodawala IT. Flexure of cranial sutures. *J Biomech*. 1971 Dec;4(6):491-6.
- Peterson J, Dechow PC. Material properties of the human cranial vault and zygoma. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol*. 2003 Sep;274(1):785-97. doi: 10.1002/ar.a.10096.
- Kini U, Nandeesh BN. Physiology of bone formation, remodeling, and metabolism. *Radionuclide and Hybrid Bone Imaging*. Vol. 29. New York: Springer; 2015.; p. 57.
- Alford A, Kozloff K, Hankenson K. Extracellular matrix networks in bone remodeling. *Int J Biochem Cell Biol*. 2015; -65:31.
- Turner C. Bone strength: current concepts. *Ann NY Acad Sci*. 2006; 1068:429–446.
- Gabutti M, Draper-Rodi J. Osteopathic decapitation: why do we consider the head differently from the rest of the body? New perspectives for an evidence-informed osteopathic approach to the head. *Int J Osteopath Med*. 2014; 17:256–262.
- Goldring SR. The osteocyte: key player in regulating bone turnover. *RMD Open*. 2015; 1:0.
- Cowin SC, Cardoso L. Blood and interstitial flow in the hierarchical pore space architecture of bone tissue. *J Biomech*. 2015; 48:842–854.
- Mantyh PW. Mechanisms that drive bone pain across the lifespan. *Br J Clin Pharmacol*. 2019;85(6):1103-1113.
- Bjurholm A, Kreicbergs A, Brodin E, Schultzberg M. Substance P-and calcitonin gene-related peptide -immunoreactive nerves in bone. *Peptides*. 1987; 9:165–171.
- Bajayo A, Bar A, Denes A, et al. Skeletal parasympathetic innervation communicates central IL-1 signals regulating bone mass accrual. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2012;109(38):15455-15460.
- Artico M, Bosco S, Cavallotti C, et al. Noradrenergic and cholinergic innervation of the bone marrow. *Int J Mol Med*. 2002; 10:80.
- Kini U, Nandeesh BN. Physiology of bone formation, remodeling, and metabolism. *Radionuclide and Hybrid Bone Imaging*. Vol. 29. New York: Springer; 2015.; p. 57.

“SINCONDROSIS ESFENOBASILAR”

DATOS CIENTIFICOS SOBRE LOS TEJIDOS DEL CRANEO

- Howell JN, Willard F. Nociception: new understandings and their possible relation to somatic dysfunction and its treatment. *Ohio Res Clin Rev.* 2005; 15:35
- Fryer G. Somatic dysfunction: an osteopathic conundrum. *Int J Osteopath Med.* 2016; 22:52–63.
- Bicalho E. The Intraosseous Dysfunction in the Osteopathic Perspective: Mechanisms Implicating the Bone Tissue. *Cureus.* 2020 Jan; 12(1): e6760.
- Sergueef N. *Cranial Osteopathy for Infants, Children and adolescents*, Livingstone. p. Amsterdam: Elsevier; 2007 p. 86.
- Willard FH, Jerome JA, Elkiss ML. *Foundations of Osteopathic Medicine*, fourth ed. New York: Wolters Kluwer; 2019. Nociception and pain; p. 763.
- Kuchera ML, Ettlinger H, Seffinger MA. *Foundations of Osteopathic Medicine*, fourth ed. New York: Wolters Kluwer; 2019. Assessing viscerosomatic reflexes and somatosomatic reflexes, Jones tender points, trigger points, and Chapman reflexes; p. 763.
- Savoldi F, Xu B, Tsoi JKH, Paganelli C, Matinlinna JP. Anatomical and mechanical properties of swine midpalatal suture in the premaxillary, maxillary, and palatine region. *Sci Rep.* 2018;8(1):7073. Published 2018 May 4. doi:10.1038/s41598-018-25402-y
- Anderson PJ, Netherway DJ, David DJ, Self P. Scanning electron microscope and micro-CT evaluation of cranial sutures in health and disease. *J Craniofac Surg.* 2006;17(5):909-919. doi: 10.1097/01.scs.0000230019.46896.b0
- Sun Z, Lee E, Herring SW. Cranial sutures, and bones: growth and fusion in relation to masticatory strain. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol.* 2004;276(2):150-161. doi:10.1002/ar.a.20002
- Dasgupta K, Jeong J. Developmental biology of the meninges. *Genesis.* 2019;57(5): e23288. doi:10.1002/dvg.23288
- Di Ieva A, Bruner E, Davidson J, et al. Cranial sutures: a multidisciplinary review. *Childs Nerv Syst.* 2013;29(6):893-905. doi:10.1007/s00381-013-2061-4
- Smith DW, Töndury G. Origin of the calvaria and its sutures. *Am J Dis Child.* 1978;132(7):662-666. doi:10.1001/archpedi.1978.02120320022004
- Opperman LA. Cranial sutures as intramembranous bone growth sites. *Dev Dyn.* 2000;219(4):472-485. doi:10.1002/1097-0177(2000)9999:9999<:AID-DVDY1073>3.0.CO;2-F

“SINCONDROSIS ESFENOBASILAR”

DATOS CIENTIFICOS SOBRE LOS TEJIDOS DEL CRANEO

- Drake DB, Persing JA, Berman DE, Ogle RC. Calvarial deformity regeneration following subtotal craniectomy for craniosynostosis: a case report and theoretical implications. J Craniofac Surg. 1993;4(2):85-90.
- Hobar PC, Masson JA, Wilson R, Zerwekh J. The importance of the dura in craniofacial surgery. Plast Reconstr Surg. 1996;98(2):217-225. doi:10.1097/00006534-199608000-00003
- Atsawasuwan P, Ouibaidin M, Dalal B, Khan H, Mohammed A. Calvarial bone development and suture closure in Dicer-deficient mice. Orthod Craniofac Res. 2017;20 Suppl 1(Suppl 1):26-31. doi:10.1111/ocr.12169
- Fricke B, Andres KH, Von Düring M. Nerve fibers innervating the cranial and spinal meninges: morphology of nerve fiber terminals and their structural integration. Microsc Res Tech. 2001;53(2):96-105. doi:10.1002/jemt.1074
- Csillik B, Csillik AE, Knyihár-Csillik E. Denervation supersensitivity: spreading receptors? Neurobiology (Bp). 1997;5(1):47-52.
- Andres KH, Von Düring M. Morphology of cutaneous receptors.
- In: Iggo A, editor. Handbook of sensory physiology Vol. II. New
- York: Springer. 1973. p 3–28.
- Bauersachs M. Immunocytochemische Darstellung über die Innervation der Dura mater encephali der Ratte. Thesis, Ruhr-University, Bochum, Germany. 1991.
- Buzzi MG, Moskowitz MA. The antimigraine drug, sumatriptan (GR43175), selectively blocks neurogenic plasma extravasation from blood vessels in dura mater. Br J Pharmacol. 1990;99(1):202-206. doi:10.1111/j.1476-5381.1990.tb14679.x
- Cavallotti D, Artico M, De Santis S, Iannetti G, Cavallotti C. Catecholaminergic innervation of the human dura mater involved in headache. Headache. 1998;38(5):352-355. doi:10.1046/j.1526-4610.1998.3805352.x
- Chambers MR, Andres KH, von Düring M, Iggo A. The structure and function of the slowly adapting type II mechanoreceptor in hairy skin. Q J Exp Physiol Cogn Med Sci. 1972;57(4):417-445. doi:10.1113/expphysiol.1972.sp002177
- Dimitriadou V, Buzzi MG, Theoharides TC, Moskowitz MA. Ultrastructural evidence for neurogenically mediated changes in blood vessels of the rat dura mater and tongue following antidromic trigeminal stimulation. Neuroscience. 1992 ;48(1) :187-203. Doi :10.1016/0306-4522(92)90348-6

“SINCONDROSIS ESFENOBASILAR”

DATOS CIENTIFICOS SOBRE LOS TEJIDOS DEL CRANEO

- Dimitriadou V, Rouleau A, Trung Tuong MD, et al. Functional relationships between sensory nerve fibers and mast cells of dura mater in normal and inflammatory conditions. *Neuroscience*. 1997;77(3):829-839. doi:10.1016/s0306-4522(96)00488-5
- von Düring M, Bauersachs M, Böhmer B, Veh RW, Andres KH. Neuropeptide Y- and substance P-like immunoreactive nerve fibers in the rat dura mater encephali. *Anat Embryol (Berl)*. 1990;182(4):363-373. doi:10.1007/BF02433496
- Edvinsson L, Gulbenkian S, Barroso CP, et al. Innervation of the human middle meningeal artery: immunohistochemistry, ultrastructure, and role of endothelium for vasomotility. *Peptides*. 1998;19(7):1213-1225. doi:10.1016/s0196-9781(98)00066-7
- Hara H, Kobayashi S. Vasoactive-intestinal-polypeptide (VIP)-like immunoreactive cells in the skull base of rats. A combined study using acetylcholinesterase histochemistry. *Histochemistry*. 1987;87(3):217-221. doi:10.1007/BF00492412
- Iggo A, Gottschald K-M. Cutaneous mechanoreceptors in simple and in complex sensory structures. In: Schwartzkopff J, editor. *Mechanoreception*. Opladen: Westdeutscher Verlag. 1974. p 153–176.
- Keller JT, Marfurt CF, Dimlich RV, Tierney BE. Sympathetic innervation of the supratentorial dura mater of the rat. *J Comp Neurol*. 1989;290(2):310-321. doi:10.1002/cne.902900210
- Loewenstein WR, Skalak R. Mechanical transmission in a Pacinian corpuscle. An analysis and a theory. *J Physiol*. 1966;182(2):346-378. doi:10.1113/jphysiol.1966.sp007827
- Malinovsky L, Pac L. Morphology of sensory corpuscles in mammals. *Acta Facultatis Medicae: Universitatis Brunensis*. 1982.
- Markowitz S, Saito K, Moskowitz MA. Neurogenically mediated leakage of plasma protein occurs from blood vessels in dura mater but not brain. *J Neurosci*. 1987;7(12):4129-4136. doi:10.1523/JNEUROSCI.07-12-04129.1987
- Messlinger K, Hanesch U. Calcitonin gene-related peptide immunoreactive Nervenfasern in der Dura mater encephali der Ratte. Experimente zur neurogenen Entzündung der Hirnhäute. *Der Schmerz*. 1995. 9:20–28.
- Messlinger K, Hanesch U, Baumgärtel M, Trost B, Schmidt RF. Innervation of the dura mater encephali of cat and rat: ultrastructure and calcitonin gene-related peptide-like and substance P-like immunoreactivity. *Anat Embryol (Berl)*. 1993;188(3):219-237. doi:10.1007/BF00188214

- Moskowitz MA. Neurogenic versus vascular mechanisms of sumatriptan and ergot alkaloids in migraine. *Trends Pharmacol Sci.* 1992;13(8):307-311. doi:10.1016/0165-6147(92)90097-p
- Ottosson A, Edvinsson L. Release of histamine from dural mast cells by substance P and calcitonin gene-related peptide. *Cephalalgia.* 1997;17(3):166-174. doi:10.1046/j.1468-2982.1997.1703166.x
- Rozniecki JJ, Dimitriadou V, Lambracht-Hall M, Pang X, Theoharides TC. Morphological and functional demonstration of rat dura mater mast cell-neuron interactions in vitro and in vivo. *Brain Res.* 1999;849(1-2):1-15. doi:10.1016/s0006-8993(99)01855-7
- Suzuki N, Hardebo JE, Owman C. Origins and pathways of cerebrovascular vasoactive intestinal polypeptide-positive nerves in rat. *J Cereb Blood Flow Metab.* 1988;8(5):697-712. doi:10.1038/jcbfm.1988.117
- Theoharides TC, Spanos C, Pang X, et al. Stress-induced intracranial mast cell degranulation: a corticotropin-releasing hormone-mediated effect. *Endocrinology.* 1995;136(12):5745-5750. doi:10.1210/endo.136.12.7588332
- Williamson DJ, Hargreaves RJ, Hill RG, Shephard SL. Sumatriptan inhibits neurogenic vasodilation of dural blood vessels in the anaesthetized rat--intravital microscope studies. *Cephalalgia.* 1997;17(4):525-531. doi:10.1046/j.1468-2982.1997.1704525.x
- Zoli M, Jansson A, Syková E, Agnati LF, Fuxe K. Volume transmission in the CNS and its relevance for neuropsychopharmacology. *Trends Pharmacol Sci.* 1999;20(4):142-150. doi:10.1016/s0165-6147(99)01343-7
- Jasinowski SC, Reddy BD. Mechanics of cranial sutures during simulated cyclic loading. *J Biomech.* 2012;45(11):2050-2054. doi: 10.1016/j.jbiomech.2012.05.007
- Herring SW. Mechanical influences on suture development and patency. *Front Oral Biol.* 2008; 12:41-56. doi:10.1159/0000115031
- Jaslow CR. Mechanical properties of cranial sutures. *J Biomech.* 1990;23(4):313-321. doi:10.1016/0021-9290(90)90059-c
- Roth S, Raul JS, Willinger R. Biofidelic child head FE model to simulate real world trauma. *Comput Methods Programs Biomed.* 2008;90(3):262-274. doi: 10.1016/j.cmpb.2008.01.007
- Herring SW. Mechanical influences on suture development and patency. *Front Oral Biol.* 2008; 12:41-56. doi:10.1159/0000115031
- Miura T, Perlyn CA, Kinboshi M, et al. Mechanism of skull suture maintenance and interdigitation. *J Anat.* 2009;215(6):642-655. doi:10.1111/j.1469-7580.2009.01148.x

- Grova M, Lo DD, Montoro D, et al. Models of cranial suture biology. *J Craniofac Surg.* 2012;23(7 Suppl 1):1954-1958. doi:10.1097/SCS.0b013e318258ba53
- Ogle RC, Tholpady SS, McGlynn KA, Ogle RA. Regulation of cranial suture morphogenesis. *Cells Tissues Organs.* 2004;176(1-3):54-66. doi:10.1159/000075027
- Opperman LA, Passarelli RW, Morgan EP, Reintjes M, Ogle RC. Cranial sutures require tissue interactions with dura mater to resist osseous obliteration in vitro. *J Bone Miner Res.* 1995;10(12):1978-1987. doi:10.1002/jbmr.5650101218
- Rice DP. Developmental anatomy of craniofacial sutures. *Front Oral Biol.* 2008; 12:1-21. doi:10.1159/000115028
- Persson M: The role of sutures in normal and abnormal craniofacial growth. *Acta Odontol Scand* 1995; 53:152–161.
- Miroue M, Rosenberg L: The Human Facial Sutures: A Morphometric and Histologic Study of Age Changes from 20 to 95 Years. Masters thesis. Seattle, University of Washington, 1975.
- Persson M, Thilander B. Palatal suture closure in man from 15 to 35 years of age. *Am J Orthod* 1977; 72:42–52.
- Ruengdit S, Troy Case D, Mahakkanukrauh P. Cranial suture closure as an age indicator: A review. *Forensic Sci Int.* 2020; 307:110111. doi: 10.1016/j.forsciint.2019.110111
- Yoshimura K, Kobayashi R, Ohmura T, Kajimoto Y, Miura T. A new mathematical model for pattern formation by cranial sutures. *J Theor Biol.* 2016; 408:66-74. doi: 10.1016/j.jtbi.2016.08.003
- Bartsch T, Goadsby PJ. Stimulation of the greater occipital nerve induces increased central excitability of dural afferent input. *Brain.* 2002;125(Pt 7):1496-1509. doi:10.1093/brain/awf166
- Thompson SW, Woolf CJ, Sivilotti LG. Small-caliber afferent inputs produce a heterosynaptic facilitation of the synaptic responses evoked by primary afferent A-fibers in the neonatal rat spinal cord in vitro. *J Neurophysiol* 1993; 69: 2116-28.
- Hu JW, Sessle BJ, Raboisson P, Dallel R, Woda A. Stimulation of craniofacial muscle afferents induces prolonged facilitatory effects in trigeminal nociceptive brainstem neurons. *Pain* 1992; 48: 53-60.
- Schaible H-G, Grubb BD. Afferent, and spinal mechanisms of joint pain. [Review]. *Pain* 1993; 55: 5-54.

“SINCONDROSIS ESFENOBASILAR”
DATOS CIENTIFICOS SOBRE LOS TEJIDOS DEL CRANEO

- Woolf CJ, Shortland P, Sivilotti LG. Sensitization of high mechanotreshold superficial dorsal horn and flexor motor neurones following chemosensitive primary afferent activation. *Pain* 1994; 58: 141-55.
- Wall PD, Woolf O. Muscle but not cutaneous C-afferent input produces prolonged increases in the excitability of the flexion reflex in the rat. *J Physiol (Lond)* 1984; 356: 443-58.
- Michaelis M, Liu X, Janig W. Axotomized and intact muscle afferents but no skin afferents develop ongoing discharges of dorsal root ganglion origin after peripheral nerve lesion. *J Neurosci* 2000; 20: 2742-8.
- O'Brien C, Woolf CJ, Fitzgerald M, Lindsay RM, Molander C. Differences in the chemical expression of rat primary afferent neurons which innervate skin, muscle or joint. *Neuroscience* 1989; 32: 493-502.
- Mense S. Nociception from skeletal muscle in relation to clinical muscle pain. [Review]. *Pain* 1993; 54: 241-89.
- Abrahams VC, Richmond FJ. Specialization of sensorimotor organization in the neck muscle system. [Review]. *Prog Brain Res* 1988; 76: 125-35.
- Richmond FJ, Anstee GC, Sherwin EA, Abrahams VC. Motor and sensory fibres of neck muscle nerves in the cat. *Can J Physiol Pharmacol* 1976; 54: 294-304.
- Cook AJ, Woolf O., Wall PD, McMahon SB. Dynamic receptive field plasticity in rat spinal cord dorsal horn following C-primary afferent input. *Nature* 1987; 325: 151-3.
- Collin E, Frechilla D, Pohl M, Bourgoin S, Le Bars D, Hamon M, et al. Opioid control of the release of calcitonin gene-related peptide-like material from the rat spinal cord in vivo. *Brain Res* 1993; 609: 211-22.
- Williamson DJ, Shephard SL, Cook DA, Hargreaves RJ, Hill RG, Cumberbatch MJ. Role of opioid receptors in neurogenic dural vasodilation and sensitization of trigeminal neurones in anaesthetized rats. *Br J Pharmacol* 2001; 133: 807-14.
- Vincent MB, Ekman R, Edvinsson L, Sand T, Sjaastad O. Reduction of calcitonin gene-related peptide in the jugular blood Interaction of dural and cervical afferents following electrical stimulation of rat greater occipital nerve. *Cephalalgia* 1992; 12: 275-9.
- Woolf CI Windup and central sensitization are not equivalent. [Review]. *Pain* 1996; 66: 105-8.

“SINCONDROSIS ESFENOBASILAR”
DATOS CIENTIFICOS SOBRE LOS TEJIDOS DEL CRANEO

- Herrero JF, Laird JM, Lopez-Garcia JA. Wind-up of spinal cord neurons and pain sensation: much ado about something? [Review]. Prog Neurobiol 2000; 61: 169-203.
- Schueler M, Neuhuber WL, De Col R, Messlinger K. Innervation of rat and human dura mater and pericranial tissues in the parieto-temporal region by meningeal afferents. Headache. 2014;54(6):996-1009. doi:10.1111/head.12371