

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALENCIA
“SAN VICENTE MÁRTIR”**



**MORFOMETRÍA CRANEAL: ÍNDICES DE NORMALIDAD
EN LACTANTES MEDIANTE FOTOGRAFÍA 3D**

**TRABAJO FIN DE GRADO PARA OPTAR
AL TÍTULO DE
“GRADO EN MEDICINA”**

Presentado por:

María Idoia Serrano Sáez de Argandoña

Tutora: Dra. Eva Carvajal Roca

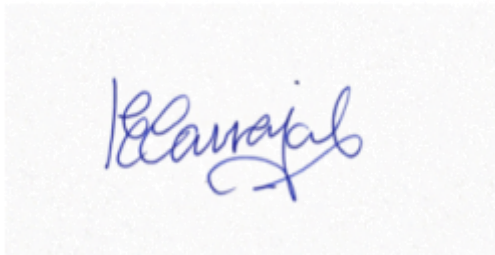
En Valencia, a 9 de mayo de 2022

D/D^a Eva Carvajal Roca

Certifica :

Que el Trabajo Fin de Grado titulado “Morfometría craneal: índices de normalidad en lactantes mediante fotogrametría 3D” ha sido realizado bajo mi dirección por el alumno/a D/D^a María Idoia Serrano Sáez de Argandoña

Valencia, 9 de Mayo del 2022



Fdo.: Dra. Eva Carvajal Roca

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a la Dr. Eva Carvajal por guiarme en la realización de todo el proceso y por su apoyo.

A Luis Robledo por orientarme en el análisis estadístico.

Al Hospital Casa de Salud, en concreto a todo el personal de consultas externas de pediatría, por permitirme la recogida de datos para realizar mi trabajo, por su ayuda y amabilidad durante todo el proceso.

A los pacientes que participaron en el estudio y a sus familias, por su gran implicación.

A la Universidad Católica de Valencia, por formarme como médico.

A mis padres, y a mis dos hermanos por hacer posible que consiga mi sueño, por impulsarme y apoyarme desde el primer momento que decidí estudiar la profesión más bonita.

A mi gente de Valencia, por formar esta familia desde hace 6 años, por el apoyo incondicional y por compartir esta experiencia.

A mi novio, por aguantar a una estudiante de medicina, y estar al pie de cañón en todo momento.

Por último, a lo más importante para mí, a las dos estrellas que brillan y me guían desde lo más alto, porque sé que desde alguna parte estaréis viéndome cumplir lo que os prometí, gracias abuelos por guiarme en este camino.

RESUMEN

Hipótesis y objetivos. La detección de malformaciones craneales que pasan desapercibidas en la exploración clínica pueden valorarse de forma más precisa y precoz mediante el estudio de la morfología craneal con métodos no invasivos. El objetivo es obtener los valores de referencia de los índices craneales según la edad y el sexo, determinando a su vez la correlación clínico-morfológica.

Material y método. Estudio transversal realizado a los niños sanos entre 2 y 16 meses del Hospital Casa de Salud de Valencia. Se analizaron las variables mediante la media y la desviación estándar y mediante la mediana y el rango intercuartílico dependiendo de la normalidad. Para la comparación entre grupos se empleó la prueba T de comparación de medias para muestras independientes y la U de Mann-Whitney.

Resultados. Los valores antropométricos y las distancias medias craneales analizadas presentan un aumento con la edad, siendo mayores en los hombres. Se establece un rango normal para cada índice y se obtienen diferencias significativas entre sexos en el VC, PC, DPP, Eurion, DMLC, DMLA, DMLAA, DMLBA, IA, IAP, IDO, P30, IT, HD-HI. Así como diferencias estadísticamente significativas respecto a estudios de referencia.

Conclusiones. El empleo de fotogrametría 3D para el estudio de la morfología craneal resulta un método sencillo y no invasivo, por ello surge la importancia de establecer parámetros de normalidad de los índices craneales en pacientes sanos, para así poder realizar un seguimiento exhaustivo a los que difieran de los rangos de normalidad y poder establecer un diagnóstico y tratamiento lo más precoz posible.

Palabras clave. Craneosinostosis, plagiocefalia, índices craneales, fotogrametría 3D, morfología craneal, valores de referencia

ABSTRACT

Hypothesis and objectives. The detection of cranial malformations that go unnoticed in the clinical examination can be assessed more accurately and earlier by studying cranial morphology using non-invasive methods. The aim is to obtain reference values of cranial indices according to age and sex and to determine the clinical-morphological correlation.

Material and methods. Cross-sectional study of healthy children aged 2 to 16 months attending the “Hospital Casa de Salud” in Valencia. Variables were analysed using the mean and standard deviation for those with normal distribution and the median and interquartile range for the rest. Comparison between groups was made using the T-test for comparison of means for independent samples for variables with normal distribution and the Mann-Whitney U test for the rest.

Results. The anthropometric values and mean cranial distances analysed show an increase with age, being greater in males. A normal range was established for each index and significant differences were obtained between sexes in VC, PC, DPP, Eurion, DMLC, DMLA, DMLAA, DMLBA, IA, IAP, IDO, P30, IT, HD-HI. As well as statistically significant differences with respect to reference studies.

Conclusions. The use of 3D photogrammetry for the study of cranial morphology is a simple and non-invasive method, which is why it is important to establish parameters of normality of cranial indices in healthy patients, in order to be able to carry out an exhaustive follow-up of those who differ from the normal ranges and to be able to establish a diagnosis and treatment as early as possible.

Keywords. Craniosynostoses plagiocephaly, cranial indexes, 3D photogrammetry, cranial morphology, reference values

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Puntos de referencia anatómicos del cráneo	3
Tabla 2. Síndromes asociados a craneosinostosis	16
Tabla 3. Medidas antropométricas del cráneo.....	17
Tabla 4. Índices craneales antropométricos	19
Tabla 5. Distribución según edad.....	38
Tabla 6. Distribución según edad y sexo.....	39
Tabla 7. Valores antropométricos según sexo y edad.....	40
Tabla 8. Valores antropométricos según sexo y edad.....	41
Tabla 9. Nuevas medidas según grupos de edad y sexo	44
Tabla 10. Nuevas medidas según grupos de edad y sexo	45
Tabla 11. Nuevos índices según grupos de edad y sexo	46
Tabla 12. Nuevos índices según grupos de edad y sexo	47
Tabla 13. Diferencias de los parámetros según el sexo.....	62
Tabla 14. Nuestros valores según sexo	63
Tabla 15. Nuestros valores según grupos de edad	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Suturas craneales normales.....	1
Figura 2. Plagiocefalia anterior por sinostosis de la sutura coronal anterior izquierda.....	5
Figura 3. Plagiocefalia posterior por sinostosis lambdoidea izquierda	7
Figura 4. Plagiocefalia posicional derecha	8
Figura 5. Deformidad craneal posicional en relación con craneosinostosis	8
Figura 6. Escafocefalia. Sinostosis sagital	9
Figura 7. Cresta metópica sin trigonocefalia	10
Figura 8. Trigonocefalia. Frente en quilla	10
Figura 9. Gen FGFR típico codificando un receptor tirosín quinasa.....	13
Figura 10. Gorro de PhotoMeDAS	30
Figura 11. Pegatinas de PhotoMeDAS.....	30
Figuras 12 y 13. Ajuste adecuado del gorro y códigos adicionales	31
Figuras 14 y 15. Proceso de medición, recogida de datos y procesamiento....	32
Figura 16. Proceso de medición, recogida de datos y procesamiento	32
Figura 17. Modelo 3D con distancias al elipsoide	33
Figura 18. Modelo final de la cabeza en 3D	33
Figura 19. Visión trasera en rangos dentro de la normalidad	35
Figura 20. Visión trasera con menor distancia a la esperada.....	35
Figura 21. Distribución de la población por sexo.....	38
Figura 22. Gráfica de la tendencia del volumen craneal en hombres.....	48
Figura 23. Gráfica de la tendencia del volumen craneal en mujeres.....	48
Figura 24. Gráfica de la tendencia del perímetro craneal en hombres	48
Figura 25. Gráfica de la tendencia del perímetro craneal en mujeres	48
Figura 26. Gráfica de la tendencia de la DPP en hombres	49

Figura 27. Gráfica de la tendencia de la DPP en mujeres.....	49
Figura 28. Gráfica de la tendencia del Eurion en hombres	49
Figura 29. Gráfica de la tendencia del Eurion en mujeres.....	49
Figura 30. Gráfico de la tendencia de la DMLC en hombres.....	49
Figura 31. Gráfico de la tendencia de la DMLC en mujeres	49
Figura 32. Gráfico de la tendencia de la DMLA en hombres	50
Figura 33. Gráfico de la tendencia de la DMLA en mujeres	50
Figura 34. Gráfico de la tendencia de la DMLB en hombres.....	50
Figura 35. Gráfico de la tendencia de la DMLB en mujeres	50
Figura 36. Gráfico de la tendencia de la DMLAA en hombres.....	50
Figura 37. Gráfico de la tendencia de la DMLAA en mujeres.....	50
Figura 38. Gráfico de la tendencia de la DMLAP en hombres.....	51
Figura 39. Gráfico de la tendencia de la DMLAP en mujeres.....	51
Figura 40. Gráfico de la tendencia de la DMLBP en hombres.....	51
Figura 41. Gráfico de la tendencia de la DMLAP en mujeres.....	51
Figura 42. Gráfico de la tendencia de la DMLBA en hombres.....	51
Figura 43. Gráfico de la tendencia de la DMLBA en mujeres.....	51
Figura 44. Gráfico de la tendencia del IA en hombres	52
Figura 45. Gráfico de la tendencia del IA en mujeres.....	52
Figura 46. Gráfico de la tendencia del IAA en hombres	52
Figura 47. Gráfico de la tendencia del IAA en mujeres	52
Figura 48. Gráfico de la tendencia del IAP en hombres	52
Figura 49. Gráfico de la tendencia del IAP en mujeres	52
Figura 50. Gráfico de la tendencia del IDO en hombres	53
Figura 51. Gráfico de la tendencia del IDO en mujeres.....	53
Figura 52. Gráfico de la tendencia del P30 en hombres	53

Figura 53. Gráfico de la tendencia del P30 en mujeres.....	53
Figura 54. Gráfico de la tendencia del IC en hombres	53
Figura 55. Gráfico de la tendencia del IC en mujeres	53
Figura 56. Gráfico de la tendencia del IT en hombres.....	54
Figura 57. Gráfico de la tendencia del IT en mujeres.....	54
Figura 58. Gráfico de la tendencia del IM en hombres.....	54
Figura 59. Gráfico de la tendencia del IM en mujeres	54
Figura 60. Gráfico de la tendencia del AF en hombres	54
Figura 61. Gráfico de la tendencia del AF en mujeres	54
Figura 62. Gráfico de la tendencia del HD-HI en hombres.....	55
Figura 63. Gráfico de la tendencia del HD-HI en mujeres	55
Figura 64. Comparación IC (%) vs IDO (%)	56
Figura 65. Comparación IC (%) vs IM (%).....	57
Figura 66. Comparación IDO (%) vs IM (%).....	57
Figura 67. Comparación IC (%) vs IT (%).....	58
Figura 68. Comparación IDO (%) vs IT (%).....	58
Figura 69. Comparación IDO (%) vs P30 (mm).....	59
Figura 70. Comparación IDO (%) vs HD-HI (mm)	59
Figura 71. Comparación IDO (%) vs IA (mm).....	60
Figura 72. Comparación IDO (%) vs IAA (mm)	60
Figura 73. Comparación IDO (%) vs IAP (mm)	61

ÍNDICE DE ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

- ✓ ADN: Ácido desoxirribonucleico
- ✓ AF : Ángulo Frontal
- ✓ APP: Aplicación
- ✓ Cm: Centímetro
- ✓ DE: Desviación Estándar
- ✓ DMLA: Distancia Máxima Longitudinal A
- ✓ DMLB: Distancia Máxima Longitudinal B
- ✓ DMLC: Distancia Máxima Longitudinal C
- ✓ DMLAA: Distancia Máxima Longitudinal A Anterior
- ✓ DMLAP: Distancia Máxima Longitudinal A Posterior
- ✓ DMLBA: Distancia Máxima Longitudinal B Anterior
- ✓ DMLBP: Distancia Máxima Longitudinal B Posterior
- ✓ DPP: Distancia entre Puntos Preauriculares
- ✓ EFNB1: Efrina B1
- ✓ EG: Edad Gestacional
- ✓ FGFR: Receptor del Factor de Crecimiento Fibroblástico
- ✓ GIFLE: Grupo de Investigación Fotogrametría y Escáner Láser
- ✓ HD-HI: Hemisferio Derecho – Hemisferio Izquierdo
- ✓ IA: Índice de Asimetría
- ✓ IAA: Índice de Asimetría Anterior
- ✓ IAP: Índice de Asimetría Posterior
- ✓ IC: Índice Cefálico
- ✓ IDO: Índice Diametral Oblicuo
- ✓ IM: Índice Metópico
- ✓ IT: Índice de Turricefalia
- ✓ Kg: Kilogramo
- ✓ Mm: Milímetro
- ✓ MFZ: mediofrontocigomático
- ✓ MW: Mann-Whitney
- ✓ OMS: Organización Mundial de la Salud
- ✓ P30: Perímetro 30

- ✓ PA: Peso Actual
- ✓ PC: Perímetro Craneal
- ✓ PCA: Perímetro Cefálico Actual
- ✓ PCN: Perímetro Cefálico al Nacimiento
- ✓ PhotoMeDAS: Photogrammetric Medical Deformation Assessment Solutions
- ✓ PIC: Presión Intracraneal
- ✓ PN: Peso al Nacimiento
- ✓ RMN: Resonancia Magnética Nuclear
- ✓ SW: Shapiro-Wilk
- ✓ TA: Talla Actual
- ✓ TAC: Tomografía Axial Computarizada
- ✓ TN: Talla al Nacimiento
- ✓ UPV: Universidad Politécnica de Valencia
- ✓ VC: Volumen Craneal
- ✓ 2D: 2 Dimensiones
- ✓ 3D: 3 Dimensiones
- ✓ %: por ciento
- ✓ \bar{x} : media muestral

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANATOMÍA DEL CRÁNEO	1
1.2. LA DEFORMIDAD CRANEAL.....	3
1.3. TIPOS DE PLAGIOCEFALIA	5
1.3.1. La plagiocefalia anterior.....	5
1.3.2. La plagiocefalia posterior.....	7
1.3.3. La plagiocefalia posicional.....	7
1.3.4. Escafocefalia.....	9
1.3.5. Trigonocefalia.....	9
1.3.6. Craneosinostosis múltiples.....	11
1.4. FACTORES DE RIESGO.....	11
1.5. SÍNDROMES ASOCIADOS	12
1.5.1. Síndrome de Crouzon.....	13
1.5.2. Síndrome de Apert.....	14
1.5.3. Síndrome Pfeiffer.....	15
1.5.4. Síndrome de Muenke.....	15
1.5.5. Síndrome Saethre-Chotzen.....	16
1.6. ÍNDICES CRANEALES.....	17
1.7. DIAGNÓSTICO	19
1.7.1. Diagnóstico prenatal.....	19
1.7.2. Diagnóstico convencional.....	20
1.7.3. Diagnóstico por imágenes.....	21
1.7.4. Diagnósticos diferenciales.....	22
1.7.5. Diagnóstico sindrómico.....	23
1.8. MANEJO CLÍNICO Y TRATAMIENTO.....	23

2. HIPÓTESIS DE TRABAJO	26
3. OBJETIVOS	26
3.1. OBJETIVOS PRIMARIOS	26
3.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS	26
4. MATERIAL Y MÉTODO	27
4.1. TIPO DE ESTUDIO	27
4.2. CÁLCULO DEL TAMAÑO MUESTRAL.....	27
4.3. MÉTODO DE TRABAJO	27
4.4. VARIABLES DE ESTUDIO	28
4.5. ESTUDIO ESTADÍSTICO	36
4.6. NORMAS ÉTICAS DE LA INVESTIGACIÓN	37
5. RESULTADOS	38
5.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA POBLACIÓN A ESTUDIO	38
5.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA FOTOGRAMETRÍA	43
5.2.1. Valores obtenidos con los nuevos métodos de medición.....	43
5.2.2. Gráficos de los diferentes índices según edad y sexo.....	48
5.2.3. Interpretación de los índices craneales y su correlación patológica.....	55
5.3. DIFERENCIAS DE LOS PARÁMETROS SEGÚN EL SEXO	61
5.4. COMPARACIÓN DE LOS HALLAZGOS OBTENIDOS POR FOTOGRAMETRÍA 3D FRENTE A TAC HELICOIDAL	63
6. DISCUSIÓN	65
7. CONCLUSIONES	72
8. BIBLIOGRAFÍA	73
9. ANEXOS.....	78
9.1. ANEXO 1. Consentimiento informado	78

9.2. ANEXO 2. Hoja de información al paciente.....	79
9.3. ANEXO 3. Ejemplo hoja de informe con resultados entregada a padres.....	82
9.4. ANEXO 4. Ejemplo de hoja de informe extendido.....	84
9.5. ANEXO 5. Curvas OMS para niños y niñas según longitud (cm) y perímetro craneal (cm).....	88
9.6. ANEXO 6. Curvas de “The WHO Growth Standard at 50 weeks” para niños y niñas.....	90
9.7. ANEXO 7. Autorización del comité de ética de la investigación del departamento de salud del Hospital Universitario y Politécnico la Fe.....	92

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANATOMÍA DEL CRÁNEO

El cráneo está compuesto por 22 huesos (excluyendo el hioides y tres pares de huesecillos), siendo los principales, los huesos frontales, parietales, temporales, occipital, etmoides y esfenoides; estando la mayoría de estos originados por un proceso de osificación intramembranosa y un porcentaje menor por un proceso de osificación endocraneal ⁽¹⁾.

En el momento del nacimiento, estos huesos que conforman el cráneo se encuentra articulados entre sí por tejido conectivo denso, constituyendo las suturas. Se pueden diferenciar cuatro principales (figura 1): la sutura metópica, encargada de unir ambos huesos frontales, presenta un recorrido desde la parte más superior de la cabeza hasta la nariz, pasando por la parte central de la frente; la sutura coronal se extiende entre ambas orejas y se encarga de unir el hueso frontal y el parietal entre sí; la sutura sagital recorre la longitud total de la cabeza por su parte central y superior, uniendo ambos huesos parietales entre sí; la sutura lambdoidea se encuentra situada en la parte posterior del cráneo uniendo ambos huesos parietales con el hueso occipital ⁽²⁾. Por otro lado, y con menor relevancia a estas cuatro suturas, se describen tres suturas menores, siendo estas la frontonasal, la temporoescamosa y la frontoesfenoidal ⁽³⁾.

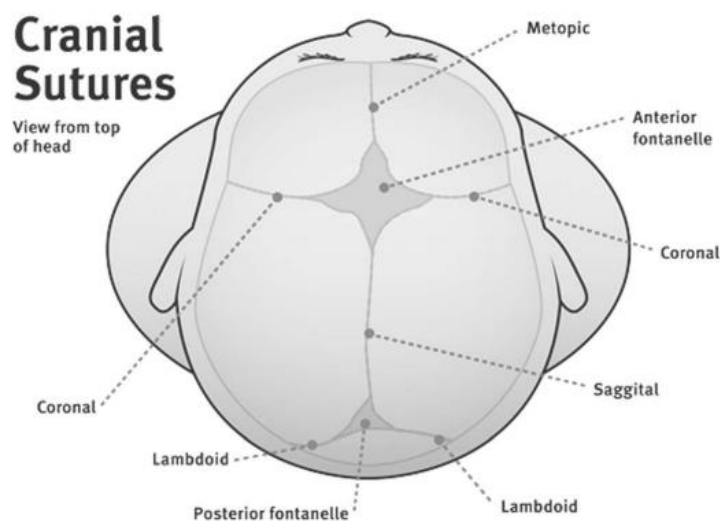


Figura 1. Suturas craneales normales ⁽⁴⁾.

La morfología de dichas suturas viene derivada de la interacción de tres tipos de tejidos diferentes: la duramadre, el tejido mesenquimal y el osteogénico ⁽¹⁾. La fusión de estas suturas podría darse en torno al año de edad, no siendo de forma completa hasta finales del segundo año de vida, a excepción de la sutura metópica, que tiende a fusionarse de forma más precoz, a partir de los 3 meses de edad ⁽⁴⁾.

Gracias a la presencia de las suturas, el cráneo se va moldeando a la hora de pasar por el canal de parto, e igualmente, tras este y durante el proceso del crecimiento del recién nacido las suturas se comportan como una “gran articulación” que se va agrandando y adquiriendo una morfología simétrica ⁽⁵⁾.

A su vez, existen puntos de confluencia entre dos o más suturas, recibiendo el nombre de fontanelas (anterior y posterior). La fontanela anterior o bregmática, siendo de mayor superficie que la posterior, presenta una morfología romboidal y se sitúa en la confluencia entre las suturas coronal, sagital y metópica ⁽²⁾, uniendo los dos huesos frontales y ambos parietales ⁽⁵⁾. Por lo general, el primer día de vida presenta unos 21 mm de media y tiende a cerrarse en torno a los 13-14 meses. En contraposición a esta fontanela, la posterior presenta una morfología triangular y se sitúa en la confluencia entre las suturas sagital y lambdoidea ⁽²⁾, en la unión de ambos huesos parietales con el occipital ⁽⁵⁾. El primer día de vida presenta una medida de 6 mm de media y suele cerrarse de manera más precoz a la anterior, en torno a los 2-3 meses de vida ⁽²⁾.

A nivel anatómico, se ha visto en algunos estudios la importancia de definir puntos de referencia para posteriormente establecer los valores normales de la morfología craneal. Dentro de estos puntos se han definido como relevantes la glabella, el opistocráneo, el eurion, la hendidura frontotemporal y un nuevo receso denominado MFZ ⁽⁶⁾ (tabla 1).

Anatomical Landmark	Description
Glabella*	Anterior extreme in midsagittal plane at lower margin of the frontal bone, above frontonasal suture, & between superciliary arches
Opisthocranium*	Posterior extreme in midsagittal plane on superior squamous of occipital bone; may or may not coincide with external occipital protuberance
Eurion*	Lateral extreme of the skull on either parietal bone or upper temporal bone (avoiding any lower temporal protrusion or bulge)
Frontotemporal*	Most medial indentation of the inferolateral frontal bone, superolateral to the brow ridge, immediately posterior to the zygomatic process of the frontal bone, & anterior to the pterion
MFZ recess†	Midpoint along the recess above the brow ridge between the anteroinferolateral frontal bone & frontal bone zygomatic process

* Conventional landmark.

† Newly defined anatomical landmark.

Tabla 1. Puntos de referencia anatómicos del cráneo ⁽⁶⁾.

1.2. LA DEFORMIDAD CRANEAL

La deformidad craneal es un problema de elevada prevalencia en los lactantes que puede ser debido principalmente a dos situaciones, bien a las posiciones adoptadas por estos durante los primeros meses de vida o a las anomalías por el cierre prematuro de las suturas craneales (metópica, coronal, sagital y lambdoidea), lo cual recibe el nombre de craneosinostosis ⁽⁷⁾.

Se debe conocer que, durante el proceso del parto, para que el cráneo pueda descender, se produce cierta deformidad craneal de forma fisiológica, debido a que las suturas craneales no llegan a estar fusionadas, permitiendo así a los huesos del cráneo amoldarse y superponerse uno sobre otro. Tras este proceso y durante los primeros meses de vida, el cráneo adquiere una morfología que resulta fácil de moldear y es por eso, que al aplicarse fuerzas o presiones externas se puede provocar cierta deformidad craneal, como ocurre en la plagiocefalia posicional ⁽⁸⁾.

La craneosinostosis es considerada una entidad relativamente común, cursando con una prevalencia de 1 de cada 2100-2500 niños nacidos. Se estima que los niños con craneosinostosis aislada son los de mayor frecuencia, estando

en torno a un 84%, seguido de un 9% de niños que presentan una craneosinostosis sindrómica y finalmente un 7% que presentan ciertas asociaciones clínicas sobreañadidas ^{(4),(9)}. Esta fusión prematura de las suturas que ocurre en la craneosinostosis, desencadena de forma compensatoria una expansión de las suturas no fusionadas, dando lugar a mayores deformidades de la morfología craneal ⁽⁴⁾. En términos de frecuencia, la sutura sagital es la que mayor porcentaje de implicación presenta, estando afectada en un 40-58% de los casos. A esta le siguen la sutura coronal unilateral, la metópica y finalmente la lambdaoidea, con unos porcentajes del 20-30%, 5-15% y 2-4% respectivamente ⁽³⁾.

Estas malformaciones a nivel craneal, pueden llegar a causar desde problemas estéticos hasta grandes deformidades faciales, retrasos en el desarrollo, problemas endocrinos, déficits visuales e incrementos patológicos en la presión craneal, desembocando en la necesidad de pasar a manos de especialistas como fisioterapeutas o en casos más graves a neurocirujanos pediátricos para someterse a técnicas más agresivas, para lo cual será necesario previamente conocer y clasificar de manera minuciosa las diferentes formas que adopta dicha patología y contar con la colaboración de un equipo multidisciplinar por la complejidad de los cuadros que pudieran presentarse ⁽¹⁰⁾.

Es posible encontrar dos formas de presentación en cuanto a la fusión prematura de las suturas, como consecuencia de un defecto esporádico aislado o bien por un proceso sindrómico derivado de una causa genética subyacente con carácter autosómico dominante, resultando de una alteración de la vía del receptor del factor de crecimiento fibroblástico (FGFR) ⁽¹⁰⁾ y del factor de crecimiento transformante beta ⁽⁴⁾. Este gen ha sido identificado como causante de alguno de los síndromes genéticos que cursan con malformaciones craneales como son el síndrome de Crouzon, Apert y Pfeiffer ^{(10),(11)}.

En contraposición al proceso sindrómico, los casos que se presentan de forma aislada pueden deberse a múltiples etiologías, siendo las más destacables y reconocidas las que se manifiestan por una rotura prematura del amnios, dando lugar a oligohidramnios o anhidramnios, una compresión de la zona del cráneo del feto, una concentración extremadamente baja de fosfato sérico, un tipo de displasia

esquelética caracterizada por una alteración en el crecimiento y el desarrollo del hueso y del cartílago denominada osteocondrodisplasia o la exposición teratogénica al valproato ⁽⁴⁾.

1.3. TIPOS DE PLAGIOCEFALIA

La plagiocefalia puede ser clasificada en dos grandes grupos, dependiendo de si son consecuencia de alteraciones posicionales o si existen defectos por el cierre temprano de una o varias suturas craneales, lo cual recibe el nombre de craneosinostosis. En concreto, y de acuerdo a la Clasificación Internacional de Enfermedades, se definen diferentes tipos de plagiocefalia en función de la sutura afectada y la consecuente forma que adopta la cabeza:

1.3.1. La plagiocefalia anterior

Surge como consecuencia del cierre prematuro unilateral o bilateral de la sutura coronal. Esto desemboca en una afectación clínica compleja debido al subdesarrollo unilateral de la fosa craneal anterior (figura 2), lo que da lugar a la denominada “órbita en arlequín” debido a la alteración del desarrollo del hueso de la órbita ⁽¹²⁾, con un posible grado de estrabismo con la mirada hacia arriba y dando alteraciones en los huesos craneales y faciales adyacentes ⁽¹²⁾, siendo este tipo de plagiocefalia la que sufre una mayor prevalencia de alteración a nivel oculomotor ⁽¹³⁾.



Figura 2. Plagiocefalia anterior por sinostosis de la sutura coronal anterior izquierda ⁽¹⁴⁾.

Dadas estas alteraciones se produce el crecimiento compensatorio de la frente y del hueso temporal contralateral ⁽¹²⁾ debido a que en el lado afecto se produce un aplanamiento. Así mismo, a nivel nasal, la raíz sufre una desviación hacia el lado de la sutura afecta, al contrario de lo que ocurre con la punta, la cual se desvía hacia el lado sano ⁽¹⁴⁾. Los niños que presentan este tipo de plagiocefalia se encuentran expuestos a un mayor riesgo de desarrollar astigmatismo o ambliopía por las afectaciones alrededor de la órbita ⁽¹²⁾.

La incidencia de este tipo de plagiocefalia se encuentra en tercer lugar, tras la escafocefalia y la trigonocefalia, con un porcentaje del 13-16% ⁽¹²⁾, afectando a 1 de cada 3000 recién nacidos ⁽¹⁴⁾. A la hora de comparar la frecuencia de lateralidad, la craneosinostosis coronal unilateral ocurre entre cuatro y siete veces más que la bilateral, estando a su vez el lado derecho afectado dos veces más que el izquierdo. En cuanto a la proporción por sexo, la relación hombre/mujer se encuentra en torno a 1:2. En relación a los casos esporádicos o asociados a procesos sindrómicos, existe una afectación alrededor de un 61% y 49% respectivamente ⁽¹²⁾.

Uno de los síndromes en los que puede existir este tipo de plagiocefalia por la fusión prematura de la sutura coronal unilateral es el síndrome de Muenke, con una incidencia del 5% de todas las craneosinostosis, estando presente tanto en las formas esporádicas como en las familiares, siendo en este último caso debido a la mutación en el FGFR de tipo 3 ^{(12),(15)}.

En 1988 se realizó una clasificación para la división de este tipo de plagiocefalia en diferentes subtipos. El subtipo I se caracteriza por un aplanamiento unilateral del hueso frontal asociado a una elevación del reborde orbitario superior sin desviación de la pirámide nasal. El subtipo II añade a lo anterior, la desviación de la pirámide nasal hacia el lado contralateral. El subtipo III, además de las anomalías descritas en los anteriores, presenta una desviación grave del hueso esfenobasilar y una asimetría en la unión del cráneo con la columna vertebral de forma secundaria ⁽¹²⁾.

1.3.2. La plagiocefalia posterior

Viene definida por la fusión prematura de la sutura lambdoidea ⁽¹⁴⁾, siendo en condiciones normales la que más tardíamente se cierra, llegando incluso a suceder en torno a los cuatro o cinco años de vida ⁽³⁾. Este proceso normalmente va asociado a la afectación conjunta con otras suturas y a procesos sindrómicos, por lo que es importante descartar la presencia de alguno de estos procesos ⁽¹⁶⁾ y rara vez se desarrolla de manera aislada, ocurriendo esto con una frecuencia menor al 1%. Además, este tipo de alteración es importante diferenciarlo de la plagiocefalia posicional ⁽¹⁷⁾, pudiendo visualizarse a simple vista en la mayoría de ocasiones ⁽¹⁴⁾.

El aplanamiento occipital por defectos en la fusión prematura de las suturas, como es la plagiocefalia posterior, lleva asociado un abombamiento en la región parietal contralateral al lado afecto (figura 3). En una visión superior, podría simular una morfología trapezoide y en una visión posterior, se visualizaría el desplazamiento hacia zonas inferiores del lado ipsilateral de la sutura afecta, así como un abombamiento occipitomastoideo ipsilateral de forma compensatoria ⁽¹⁴⁾.



Figura 3. *Plagiocefalia posterior por sinostosis lambdoidea izquierda* ⁽¹⁴⁾.

1.3.3. La plagiocefalia posicional

Se conoce como la forma más frecuente de plagiocefalia, afectando aproximadamente a un 40% de los lactantes y provocando un aplanamiento unilateral de la cabeza junto a cierta asimetría de la misma por un apoyo de forma reiterada sobre la misma zona (figura 4). Su prevalencia se vio incrementada en los años 90 cuando la Asociación Americana de Pediatría recomendó colocar a los

lactantes boca arriba mientras dormían para evitar el síndrome de la muerte súbita del lactante ⁽¹⁴⁾ (figura 5).

Para poder diferenciar esta deformidad craneal de las que se producen durante el desarrollo intrauterino o durante el parto, esta terminología ha de emplearse a partir de la 6ª semana de nacimiento, donde las primeras alteraciones habrán llegado a su resolución de forma espontánea ⁽⁸⁾.

En cuanto a la morfología craneal externa, se observan dos abombamientos compensadores, uno en la región occipital contralateral y otro en el hueso frontal ipsilateral al aplanamiento. En una visión superior, a diferencia de la plagiocefalia posterior, se observa una morfología con aspecto similar a un paralelogramo y sin embargo, en una visión posterior se aprecia una simetría completa ⁽¹⁴⁾.



Figura 4. *Plagiocefalia posicional derecha* ⁽¹⁴⁾.

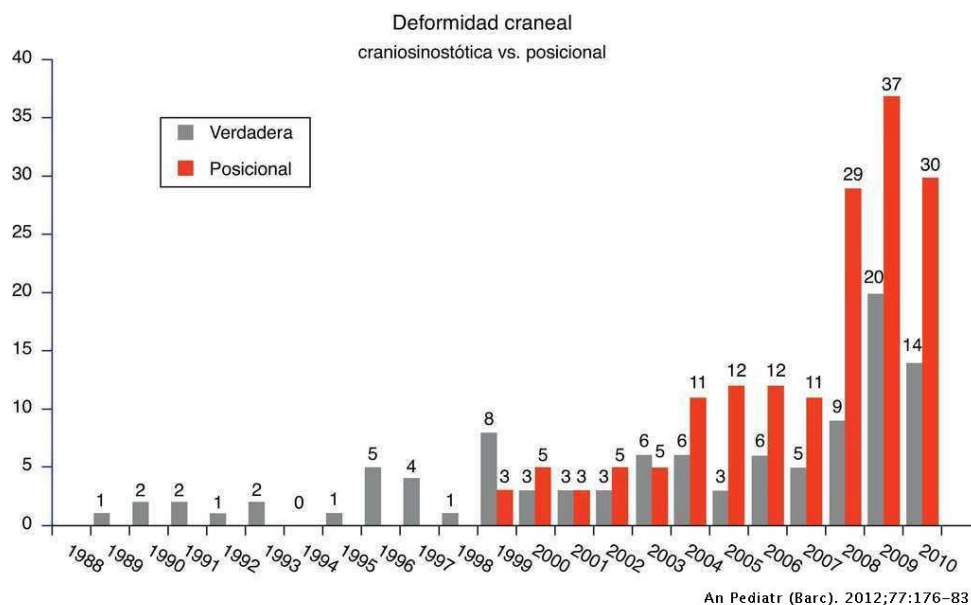


Figura 5. *Deformidad craneal posicional en relación con craneosinostosis* ⁽¹⁸⁾.

1.3.4. Escafocefalia

Tal y como se ha destacado anteriormente, este tipo de craneosinostosis es la forma más frecuente de presentación dentro de las malformaciones por cierre prematuro de las suturas, con una prevalencia aproximada de 1 de cada 5000, representando entre un 55 y un 60% ⁽¹⁹⁾. Dentro de esta prevalencia, los hombres presentan una proporción aumentada con un valor de 4:1 sobre las mujeres ^{(16),(19)}. Tiene lugar como consecuencia del cierre prematuro de la sutura sagital que suele ser visible en los lactantes recién nacidos o en los primeros días de vida, pudiendo ser diagnosticado en etapas precoces de la vida ⁽¹⁹⁾.

La morfología característica que desarrollan es una cabeza discordante, con una largura mayor a la normal (figura 6) , siendo posible la palpación de una cresta ósea en el recorrido de la sutura que ha sido fusionada; además de la posible asociación con déficits cognitivos o del lenguaje ⁽¹⁹⁾. Sin embargo, no es habitual encontrarse con una asimetría facial, exceptuando los casos extremos de asimetrías. El perímetro craneal de los niños que desarrollan escafocefalia suele ser con una circunferencia superior al percentil 90 ⁽²⁰⁾.



Figura 6. Escafocefalia. Sinostosis sagital ⁽²⁰⁾.

1.3.5. Trigonocefalia

Tras la escafocefalia, es el segundo tipo de craneosinostosis más frecuente, con una prevalencia en torno a 1 de cada 5000 nacidos vivos ⁽²¹⁾, afectando de forma predominante a los hombres ⁽²²⁾. Se denomina como tal al cierre precoz de la

sutura metópica, siendo de manera más temprana al resto, en torno al segundo año de vida, pudiendo darse a los 10 meses de edad en algunos lactantes aún sin tener ningún tipo de patología ⁽¹⁴⁾. De hecho, algunos autores han demostrado que para la edad de 9 meses, todos los sujetos que fueron sometidos a estudio presentaban la sutura metópica cerrada ⁽⁶⁾.

A nivel de la morfología craneal, desarrollan una frente con una presentación característica en quilla, dada a la retrusión fronto-orbitaria, a un aplanamiento de los dos huesos frontales y a nivel temporal ⁽¹⁴⁾ e hipoplasia etmoidal ⁽²³⁾ (figura 7). Así mismo, asocian una menor distancia entre ambas órbitas, lo cual se conoce como hipotelorismo ⁽¹⁴⁾, pudiendo dar una impresión de estrabismo convergente ⁽¹³⁾.

En ciertos casos, en lugar de desarrollarse esta fusión prematura de la sutura, el defecto queda en una cresta a nivel de la misma, denominada cresta metópica, siendo esta visible y/o palpable sobre la región medial del hueso frontal (figura 8). Se dice que es una variante de la normalidad que puede derivarse de un antecedente familiar, sobre todo materno. En este caso los lactantes suelen presentar de forma característica un perímetro cefálico menor en comparación a los percentiles de la curva de crecimiento del mismo ⁽¹⁴⁾.



Figura 7. Cresta metópica sin trigonocefalia ⁽¹⁴⁾.



Figura 8. Trigonocefalia. Frente en quilla ⁽¹⁴⁾.

En cuanto a la afectación en el desarrollo neurológico, este se ve alterado con mayor frecuencia en los casos que se asocian a procesos sindrómicos, siendo estos a consecuencia de anomalías citogenéticas en las que se incluyen la delección

de los cromosomas 11q24 y 7p. En cambio, si se presenta trigonocefalia aislada, existe un mejor desarrollo a nivel neurológico ⁽²¹⁾.

1.3.6. Craneosinostosis múltiples

Existen dos tipos de craneosinostosis que presentan cierre de varias suturas de manera simultánea: la braquicefalia y la oxicefalia. La braquicefalia se caracteriza por la afectación del cierre de la sutura coronal de forma bilateral ⁽²⁴⁾, cursando con un índice cefálico del 93% o superior ⁽²⁰⁾ y la oxicefalia, en su caso, afecta a las suturas sagital y coronal ⁽²⁴⁾, adquiriendo una morfología peculiar que se conoce con el nombre de “cabeza puntiaguda” ⁽²⁵⁾.

La morfología característica de la braquicefalia puede ser explicada por la ley de Virchow, debido a que el crecimiento craneal en posición anterior y posterior está comprometido, provocando una morfología con acortamiento anteroposterior del cráneo junto a un aplanamiento a nivel occipital de forma simétrica. Como resultado de esto y de forma compensatoria, se produce un ensanchamiento a nivel transversal y una prominencia elevada a nivel de la frente ⁽²⁶⁾.

1.4. FACTORES DE RIESGO

Dentro de los posibles factores de riesgo para el desarrollo de plagiocefalia posicional o sinostosis patológica se encuentra el factor de exposición dosis dependiente al ácido valproico durante el primer trimestre del embarazo, siendo varios estudios los que defienden su asociación con el desarrollo de trigonocefalia, produciendo el llamado síndrome fetal del valproato. Además, estos fetos que se encuentran expuestos al ácido valproico pueden asociar un riesgo más elevado de retraso del desarrollo ⁽²¹⁾.

Aspectos maternos como una edad superior a los 35 años pueden suponer riesgo asociado ⁽³⁾. En algunos estudios hay autores que apoyan una asociación de mayor riesgo en casos de enfermedad tiroidea por parte materna. Siguiendo con los factores maternos, el factor ambiental de la exposición fetal al tabaco debido al consumo del mismo por la madre, tiene elevada relación con la incidencia de craneosinostosis. Como desencadenante al consumo de nicotina y al monóxido de

carbono, se produce una hipoxemia en el feto que desemboca en la afectación de las suturas craneales provocando una fusión prematura de las mismas. Resulta de gran significación el hecho de presentar historia familiar de craneosinostosis, siendo esto un factor positivo para aumentar el riesgo ⁽²⁷⁾. Finalizando con los posibles factores de riesgo por parte materna, la diabetes gestacional puede jugar un papel importante ⁽²⁸⁾.

En algunos estudios se ha descrito y apoyado la relación de las técnicas de reproducción asistida, en relación con la edad avanzada de los progenitores, con un mayor riesgo de desarrollo de craneosinostosis ⁽²⁹⁾.

En cuanto a los factores relacionados con el feto, se destacan diversos desencadenantes posibles como son la presentación fetal, la restricción del crecimiento intrauterino ⁽³⁾ ya sea por gestación múltiple o por oligohidramnios ⁽²⁸⁾, el peso al nacimiento superior a 4000g, el sexo masculino, el parto prematuro ⁽³⁾, la edad gestacional, el empleo de técnicas instrumentales para la ayuda durante el parto y la presión externa producida contra el cráneo del feto durante el embarazo ⁽²¹⁾.

1.5. SÍNDROMES ASOCIADOS

Cuando la craneosinostosis surge en el seno de un niño con un síndrome por afectación genética, suele ser más frecuente la afectación múltiple de suturas. Estos procesos sindrómicos surgen como se ha destacado previamente como consecuencia de la alteración de las variantes del gen FGFR de tipo 2. Como variantes se entiende a que también pueden estar incluidas las afectaciones del FGFR tipo 3, TWIST1 y EFNB1 denominada efrina-B1. Surge en un 10-20% de los casos, siendo la mayoría de ellos afectados con una penetrancia incompleta por un patrón de herencia autosómico dominante de expresión variable ^{(3),(11)}.

Se cree que el FGFR tipo 2 está implicado en estos procesos debido a una diferenciación temprana del mismo, que lleva a la fusión prematura de las suturas debido a que este factor se encuentra expresado en la zona cartilaginosa de la base del cráneo y mediante las vías descendentes y la regulación de diferentes genes

se encarga de mediar los procesos de proliferación, diferenciación y los osteoprogenitores (figura 9) ^{(3),(11)}.

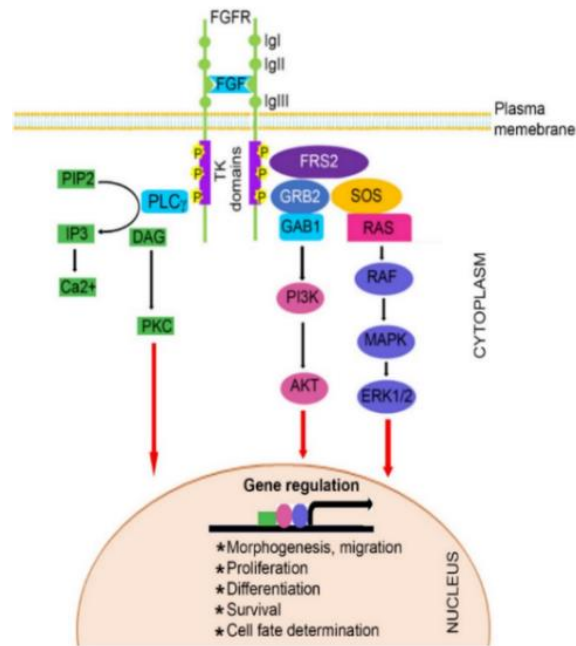


Figura 9. Gen FGFR típico codificando un receptor tirosín quinasas ⁽³⁾.

1.5.1. Síndrome de Crouzon

Se caracteriza por ser una enfermedad autosómica dominante provocada por la alteración en una variante del gen FGFR tipo 2 ⁽⁴⁾. Sobre su prevalencia, se conoce que afecta a 1 de cada 25000 niños en todo el mundo, en términos aproximados ⁽³⁰⁾. Suele ser el más leve de todos, cursando con un cierre de las suturas coronal y sagital, lo que hace que la morfología craneal adquiera una frente aplanada junto a proptosis e hipertelorismo con nariz en forma picuda y con el tercio medio de la cara con aspecto hipoplásico ⁽³⁾ y prognatismo mandibular ^{(4), (30)}. Puede considerarse una tríada característica de este síndrome la presencia de malformaciones a nivel craneal, facial y la presencia de exoftalmos ⁽³⁰⁾ (tabla 2).

En comparación con las demás craneosinostosis sindrómicas, este no suele presentar afectación en la morfología de las manos ^{(4),(30)}. En cuanto al desarrollo neurológico, pueden desarrollarse alteraciones en el aprendizaje por retrasos en el

habla y pérdidas en la audición, a pesar de tener un desarrollo intelectual adecuado (4).

Una de las expresiones de gravedad que surge y desemboca en la importancia de un adecuado seguimiento y la planificación de procedimientos quirúrgicos es la posibilidad de presentar mayor riesgo de presión intracraneal (PIC) elevada en comparación a las demás craneosinostosis. Esto, a su vez, lleva a una limitación en el espacio craneal que puede causar una herniación a través del agujero magnum por parte del cerebelo, lo que recibe el nombre de síndrome de Budd-Chiari tipo 1 (4).

1.5.2. Síndrome de Apert

Se debe al desarrollo de diferentes variables de la expresión del FGFR de tipo 2, tal y como ocurre en el síndrome de Crouzon, desarrollándose en la mayoría de ellas mutaciones de novo en relación a una edad paterna avanzada (4). Su prevalencia se sitúa en torno a 1 de cada 65000 nacimientos (31).

La morfología craneal que se presenta es una braquicefalia debido a la sinostosis bicoronal que, dependiendo de la gravedad de su desarrollo es posible que mediante un diagnóstico prenatal por ecografía rutinaria no se hagan evidentes estas alteraciones hasta el tercer trimestre. A nivel de la morfología facial externa, al producirse la fusión de ambas suturas coronales, se puede producir un acortamiento en la parte anterior de la fosa craneal junto a la formación de crestas en las suturas afectadas (4). Al igual que en el síndrome de Crouzon, se podrá observar un aspecto hipoplásico del tercio medio de la cara (31). La agenesia del cuerpo calloso, el aumento del tamaño normal de los ventrículos y el hipertolerismo con órbitas poco profundas son otros aspectos posibles de visualizar (tabla 2) (4).

En la ecografía rutinaria realizada en el primer trimestre, como ya están desarrollados de forma completa tanto el oído medio como el interno se podrá apreciar anomalías a estos niveles de forma más precoz que las que representan a la morfología externa de la cara. Lo más destacable a este nivel son la malformación a nivel osicular y coclear, así como una opacificación en las celdillas aéreas mastoideas (4).

En el neurodesarrollo se pueden presentar alteraciones en el aprendizaje, siendo común la deficiencia mental ⁽³¹⁾. Si cabe destacar otras características son la presencia de paladar hendido en un 44% de las ocasiones e irregularidades cardíacas en un 10% ⁽⁴⁾.

1.5.3. Síndrome Pfeiffer

Caracterizado por presentar una herencia autosómica dominante, afectando a 1 de cada 100000 personas aproximadamente. Suele presentarse tras una mutación en los genes del FGFR tipo 1 o 2, tal y como ocurre en el resto de síndromes ⁽³²⁾.

En su afectación predominan la combinación de la craneosinostosis, debido a la fusión prematura de las suturas coronal y lambdoidea, con sindactilia en manos y pies y desviación de los pulgares, así como ensanchamiento de los mismos ⁽³²⁾. En función de su gravedad, podrían destacarse 3 subtipos: ⁽⁴⁾ 1: sinostosis bicoronal, 2: calavera en morfología de trébol y proptosis extrema; 3: sinostosis bicoronal sin morfología de calavera de trébol (tabla 2) ⁽³⁾.

1.5.4. Síndrome de Muenke

Como consecuencia de la afectación a nivel del FGFR tipo 3 se desarrollan displasias causando mayor afectación a nivel óseo ⁽⁴⁾. Presenta una herencia autosómica dominante, afectando a un 10% de las pacientes con craneosinostosis uni o bilateral tras la fusión de ambas suturas coronales⁽³³⁾, pudiendo reflejarse esto a nivel de una ecografía prenatal como una cresta frontal ⁽⁴⁾.

Es característica la presencia de elevada variabilidad fenotípica, que se observa en función del sexo, afectando a un 88% de las mujeres y a un 76% de los hombres, con individuos asintomáticos o con gran afectación a nivel morfológico ⁽⁴⁾. Debido a esta variabilidad y a su penetrancia incompleta, podría sospecharse este síndrome ante la presencia de craneosinostosis coronal uni o bilateral y por lo tanto plantear un diagnóstico diferencial ⁽³³⁾.

En la ecografía que se realiza en el tercer trimestre, se puede observar una alteración característica denominada “falanges en forma de dedal” que afectan a la falange media ⁽³³⁾.

Otras alteraciones destacables son el desarrollo de epilepsia junto a cierto retraso intelectual y estrabismo. Como aspecto característico a destacar, es probable que a lo largo del crecimiento de estos niños se necesite la valoración por un especialista debido a pérdidas en la audición en los sonidos de baja frecuencia, lo que lleva a la necesidad de utilizar audífonos en un 20% de los casos ⁽⁴⁾.

1.5.5. Síndrome Saethre-Chatzen

Como en el resto de síndromes, presenta una herencia autosómica dominante y las anomalías descritas resultan como consecuencia de la delección en el gen TWIST. Como consecuencia de ello se producen malformaciones como en los otros síndromes, desde asimetría facial, alteraciones a nivel nasal, hipertelerismo ocular, ptosis de los párpados, afectación de las orejas por su prominencia y la malformación a nivel craneal debido al cierre prematuro de suturas a nivel heterogéneo, pudiendo ser uni o bicoronal, sagital o metópico. Es posible la asociación de sindactilia ⁽³⁴⁾ (tabla 2). El número de casos estimado del mismo suele rondar en torno a 1 de cada 25000-50000 de los niños nacidos vivos ⁽³⁴⁾.

Syndrome	Inheritance	Mutations	Craniosynostosis Findings	Extracranial Phenotypes	Ref.
Crouzon Syndrome	Autosomal dominant	Cys278Phe, Trp289Gly, Tyr290Gly, Ser267Pro, Tyr328Cys, Gly338Arg, Tyr340His, Cys342Tyr, Cys342Arg, Cys342Phe, Cys342Ser, Cys342Trp, Ala344Gly, Asn549Thr, Ser347Cys, Ser354Cys	Bicoronal synostosis, pansynostosis late	Crouzonoid face (flattened forehead, proptosis, hypertelorism, beaked nose, midface hypoplasia), normal hands	[35, 51,54-56,61]
Pfeiffer Syndrome	Autosomal dominant	Ala314Ser, Asp321Ala, Thr342Pro, Cys278Phe, Cys342Tyr, Trp290Cys, Tyr340Cys, Cys342Tyr, Cys342Arg, Cys342Ser, Cys342Trp, Ser351Arg, Val359Phe	Type I: Bicoronal synostosis Type II: Kleeblattschädel (cloverleaf skull) and extreme proptosis Type III: Bicoronal synostosis, No cloverleaf skull	Nasal abnormalities, proptosis, hypertelorism, frontal bossing, broad thumbs and great toes, hydrocephalus with type II	[35,52, 55-57,61, 104]
Apert Syndrome	Autosomal dominant	Ser252Trp, Pro253Arg, Ser252Phe	Bicoronal synostosis	Midface hypoplasia, macrocephaly, downslated palpebral fissures, radial deviation of thumb, severe syndactyly of hands and feet	[3, 63-65]
Antley-Bixler Syndrome	Autosomal recessive/ dominant forms	Ser351Cys Tyr290Cys	Multisuture synostosis	Midface hypoplasia, radiohumeral synostosis, joint contractures and arachnodactyly	[77-82]
Beare-Stevenson cutis gyrate syndrome	Autosomal dominant	Tyr375Cys, Ser372Cys	Kleeblattschädel deformity	Cutis gyrate (furrowed skin), ear defects, anogenital deformities	[83-94]
Jackson-Weiss Syndrome	Autosomal dominant	Ala344Gly, Glu289Pro, Ser347Cys, Cys342Arg, Cys342Ser	Variable	Facial dysmorphism and foot malformations (hands typically normal)	[10, 35, 95-99]
Bent Bone Dysplasia syndrome	Autosomal dominant	Tyr381Asp, Met391Arg	Bicoronal synostosis	Dysmorphic oral maxillofacial features as well as hypoplastic pubis, clavicles, osteopenia, and bent long bones	[40, 99,100]
Seathre-Chatzen-like syndrome	Autosomal dominant	Gln289Pro VV269-70del	Heterogeneous patterns of craniosynostosis: uni- or bicoronal, sagittal, or metopic synostosis	Syndactyly of hands and feet, ptosis, hearing loss, hypertelorism, and spine abnormalities	[35,101-103]

Tabla 2. Síndromes asociados a craneosinostosis ⁽³⁾

1.6. ÍNDICES CRANEALES

Cabe resaltar la importancia de obtener unos rangos de referencia normales en cuando a las medidas craneales para obtener un diagnóstico lo más objetivo y fiable posible en cuando a las deformidades craneales. Así mismo, estos valores de referencia de los índices antropométricos a nivel craneal pueden ser objetivos y resultar de utilidad para tomar decisiones en el ámbito preoperatorio, intraoperatorio y posteriormente para un seguimiento postoperatorio o la necesidad de colocar métodos de corrección y fijación como son los cascos ⁽⁶⁾.

Basándose en diferentes estudios sobre antropometría craneal, se han establecido unos parámetros de referencia que informan de medidas específicas del cráneo, para poder definir posteriormente con mayor detalle los índices craneales^{(6),(35),(36)} (tabla 3).

Cranial Measurement	Term	Description
Glabella-opisthocranion diameter	GOPD	Maximum cranial AP length
Glabella-opisthocranion perimeter	GOPP	Maximum cranial AP perimeter
Eurion-eurion diameter	EuD	Maximum cranial width (breadth)
Frontotemporal diameter	FTD	Minimal frontotemporal width
Midfrontozygomatic diameter	MFZD	Minimal frontozygomatic width

AP = anteroposterior.

Tabla 3. Medidas antropométricas del cráneo ⁽⁶⁾

El índice cefálico (IC) es una medida bidimensional de la forma del cráneo ampliamente utilizada, que se calcula como la relación entra la anchura craneal máxima dividida entre la longitud máxima ^{(6), (37)} (tabla 4).

El IC con valores reducidos asociado a un diámetro biparietal también situado por debajo de los parámetros normales, son datos diferenciadores de los lactantes que sufren escafocefalia ⁽⁴⁾. En cuanto a la comparación en diversos estudios de pacientes con braquicefalia posicional respecto a pacientes sin

alteraciones a este nivel, se ha demostrado que el índice cefálico de los primeros presenta un percentil superior al 90 en más del 99% de los casos ⁽⁶⁾.

El índice metópico (IM) es de gran importancia debido a que dentro de las craneosinostosis, la sinostosis de la sutura metópica es el segundo tipo más frecuente. Puede presentar de forma aislada, junto a la fusión prematura de otras suturas, o formar parte de un proceso sindrómico, dentro de los síndromes de Crouzon o Saethre-Chatzen ⁽³⁸⁾. Este índice surge de la anchura mínima frontocigomática dividido entre la anchura craneal máxima (tabla 4) ⁽⁶⁾.

De forma fisiológica, la sutura metópica es la primera en fusionarse, pero si se produce su cierre prematuro, conlleva a una limitación en el crecimiento de los huesos frontales y a una deformación prominente con morfología de cresta frontal, provocando una frente triangular, un estrechamiento bitemporal y un ensanchamiento occipitoparietal, denominándose esta anomalía como trigonocefalia ⁽³⁸⁾. En estos casos, se ha contrastado en diversos estudios la afectación del índice frontoparietal con una reducción anormal del mismo ^{(6),(38)}.

El índice de turricefalia (IT) o braquicefalia se emplea para hablar de la fusión de la sutura coronal uni o bilateral respectivamente. Se emplea para definir una forma característica de la cabeza que a menudo se observa en lactantes con formas sindrómicas de craneosinostosis, como los que padecen el síndrome de Apert ⁽³⁹⁾. Este índice mide la distancia neta mediante un arco longitudinal entre la glabella y el punto más alejado de esta que se encuentra en la parte más posterior a la cabeza, en la unión de esta junto a las vértebras, denominándose a este punto el opistocráneo. No obstante, puede existir cierta variabilidad a la hora de realizar esta medición en el ámbito clínico habitual, por lo que otra opción válida definida como alternativa puede ser la medición por la parte superior de la bóveda craneal, del perímetro máximo entre cada tragus de la oreja dividido por la circunferencia occipitofrontal (tabla 4) ⁽⁶⁾.

Cranial Index	Ratio	Proposed Applicability
Cephalic index*	EuD/ GOPD	Sagittal synostosis, dolichocephaly, brachycephaly
Frontoparietal index*	FTD/EuD	Metopic synostosis, trigonocephaly
Metopic index†	MFZD/EuD	Metopic synostosis, trigonocephaly
Towering index†	GOPD/ GOPP	Bilateral coronal synostosis, turriccephaly

FTD = frontotemporal diameter.

* Based on standard conventions.

† Newly defined anthropometric cranial index.

Tabla 4. Índices craneales antropométricos ⁽⁶⁾.

1.7. DIAGNÓSTICO

Lo importante del diagnóstico es conseguir la detección precoz de estas alteraciones, ya que de ello va a depender el pronóstico sobre todo al evitar la afectación neurológica que se podría ocasionar a consecuencia del cuadro de hipertensión intracraneal secundario ⁽⁹⁾.

1.7.1. Diagnóstico prenatal

En primer lugar, aunque no sea la forma más frecuente, existe la posibilidad de realizar un diagnóstico prenatal, lo cual permite la detección de la craneosinostosis con anterioridad al nacimiento y facilita a los familiares la toma de decisiones y la posibilidad de planificación para futuros cuidados postnatales. Este aspecto puede resultar relevante en los casos en los que una intervención quirúrgica precoz evite un mayor desarrollo de problemas neurológicos, como puede ser en el caso de la escafocefalia. La gran mayoría de estos casos que se diagnostican de forma prenatal están asociados a procesos sindrómicos ⁽⁴⁾.

No obstante, este proceso de diagnóstico prenatal es de difícil realización debido a que la formación de las suturas surge en torno a la semana 16 de gestación. Por consiguiente, para la visualización de una sinostosis precoz, será necesario encontrar al menos un hallazgo entre los siguientes: pérdida de la

ecolucencia en las zonas óseas, bordes internos de las suturas engrosados de forma irregular o pérdida de la forma en bisel de los márgenes ⁽⁴⁾.

1.7.2. Diagnóstico convencional

Como primer escalón, es importante diferenciar mediante una adecuada historia clínica ⁽⁴⁾ y exploración física inicial los defectos faciales que se aprecien y que permitan orientar hacia una patología u otra ⁽¹²⁾.

A la hora de realizar la historia clínica, es necesario indagar en antecedentes personales para detectar la posible exposición durante el embarazo a teratógenos o circunstancias de compresión del cráneo a nivel intraútero por patologías como el oligohidramnios o por una gestación múltiple, reduciéndose el espacio fetal. Los antecedentes familiares podrían servir como guía para el estudio, debiendo destacar si existieron morfologías anómalas al nacimiento o en la infancia, así como cirugías faciales a edades precoces ⁽⁴⁾.

Posteriormente, se pasará a la exploración física, que incluye visualizar a simple vista y mediante palpación el tamaño y la forma de todas las fontanelas y suturas, así como las posibles prominencias óseas o vasos sanguíneos existentes. Dentro de esta exploración, se realizará la determinación de los diferentes índices craneales, el perímetro cefálico total y el índice cefálico. En paralelo, y del mismo modo que se realiza en la exploración de todos los lactantes, habrá que realizar una exploración completa del mismo, pensando en la posible asociación con aspectos sindrómicos, donde tendría que llamar la atención ciertos rasgos faciales dismórficos o extremidades anómalas ⁽⁴⁾.

Aquí es donde entra el diagnóstico de la plagiocefalia posicional, donde en la mayoría de los casos se llega al diagnóstico mediante la exploración física y métodos clínicos, pudiendo evitarse el empleo de técnicas radiológicas de imagen ⁽¹⁴⁾.

Por tanto, llegar a un diagnóstico precoz, a su consiguiente tratamiento en los casos necesarios y a un seguimiento adecuado para minimizar riesgos como el deterioro a nivel neurológico, respiratorio y sensorial, entre otros, se considera de elevada importancia ⁽⁴⁾.

1.7.3. Diagnóstico por imágenes

Como se ha demostrado, en la importancia del proceso de diagnóstico y tratamiento precoz de las deformidades a nivel craneal para disminuir sus riesgos, no solo se considera relevante una exploración adecuada, si no que el apoyo con mediciones basadas en imágenes dará unos resultados más objetivos y precisos ⁽³⁾.

Las imágenes con las se obtienen grados de precisión elevados y las cuales se encuentran hoy en día al alcance de los profesionales son la resonancia magnética nuclear (RMN) junta a la tomografía axial computarizada (TAC). Estas permiten obtener la información de la estructura craneal y muestran imágenes con mayor detalle, para que ciertas malformaciones craneales que no hayan podido ser diagnosticadas mediante la exploración física no pasen desapercibidas. En concreto, la RMN puede detectar anomalías presentes en el sistema nervioso central ⁽³⁾.

No obstante, el empleo de estas técnicas tiene ciertas limitaciones. En primer lugar, utilizan la radiación para poder obtener las imágenes, lo cual supone un riesgo aumentado para cualquier paciente. Además, para la realización de estas pruebas es necesario que no exista movimiento alguno, siendo esto más dificultoso para pacientes con menor rango de edad. Para que las imágenes diagnósticas no se vean afectadas por estos movimientos normales, en muchas ocasiones es necesaria la ayuda de la sedación. Como circunstancia añadida, la realización de estas pruebas implica que los pacientes estén en posición de decúbito supino, impidiendo obtener resultados con claridad de la morfología posterior del cráneo ⁽⁷⁾.

Otras técnicas de imagen como la ecografía transvaginal en 2 dimensiones (2D) y la ecografía en 3 dimensiones (3D) son empleadas para el diagnóstico prenatal, existiendo elevada variabilidad dependiendo de la persona que la esté realizando y de la posición del feto ⁽⁴⁾.

La ecografía en 3D ha demostrado presentar varias ventajas para los lactantes de mayor riesgo, debido a que permite detectar en algunas ocasiones la sutura sagital, siendo la fusión prematura de esta la causa de la craneosinostosis

aislada más frecuente ⁽⁴⁾. Además, ha demostrado ser capaz de llegar a la detección temprana de síndromes como el de Apert debido a que detecta la sutura metópica más ensanchada y la ausencia de suturas coronales ⁽⁴⁾.

En cuanto a la utilización del TAC a nivel craneal se han encontrado beneficios en algunos casos de plagiocefalia posterior en los que es necesario el diagnóstico mediante técnicas de imagen y donde el uso de la radiografía simple resulta difícil para diferenciar si dicha plagiocefalia es debido a sinostosis patológicas o a determinadas posturas, por lo que se emplea el TAC con posterior reconstrucción tridimensional ⁽¹⁴⁾.

1.7.4. Diagnósticos diferenciales

Ante una deformidad craneal es fundamental realizar un diagnóstico diferencial sobre todo, entre 2 grupos, las deformidades debidas a las posturas adoptadas durante las edades precoces de la vida y a las debidas a la craneosinostosis. Esto es tan relevante debido a que en estos últimos casos, se requiere una derivación precoz a un especialista para valorar su abordaje y seguimiento ⁽¹⁴⁾.

Hay una serie de parámetros empleados que permiten llegar al diagnóstico clínico diferencial entre la plagiocefalia sinostótica anterior y la asimetría frontal típica de la plagiocefalia deformante, por ser signos claros de la primera de ellas. Dentro de estos se encuentran la desviación contralateral de la punta nasal y el mentón, una órbita más grande que la contralateral y la oreja ipsilateral en una posición anterosuperior. El desplazamiento anterior del cigoma que se produce en la craneosinostosis, y el aspecto aplanado que se adquiere en la craneosinostosis deformante son dos rasgos que permiten diferenciar ambas morfologías ⁽²³⁾.

Los niños que presentan plagiocefalia anterior, desarrollan con mayor frecuencia, aunque ligeramente, agudeza visual anormal y campos visuales asimétricos en comparación con aquellos que sufren trigonocefalia o escafocefalia ⁽¹²⁾. Por otra parte, es fundamental reconocer el principal criterio diagnóstico de la trigonocefalia, lo que requiere la presencia de un aumento del diámetro parietal asociado a una prominencia sobre la sutura metópica, que es la que se encuentra

afectada, todo ello dando una conformación triangular, similar a la delantera de un barco ⁽²³⁾.

1.7.5. Diagnóstico sindrómico

El enfoque multidisciplinar realizado para la correcta valoración y asesoramiento por parte de cirujanos plásticos, neurocirujanos, pediatras y personal de genética es relevante en cualquier plagiocefalia, pero más aún en los casos que asocian procesos sindrómicos por la fusión de múltiples suturas y la asociación de mayores riesgos para los que las presentan ⁽³⁾.

Se puede optar por el empleo de técnicas de imagen como la ecografía prenatal que busca anomalías extracraneales asociadas a nivel de las extremidades u otras asociaciones dismórficas que hagan sospechar de la presencia de un caso sindrómico ⁽³⁾.

No obstante en estos casos, lo que mayor peso tiene es el asesoramiento genético debido a la presencia de mutaciones relacionadas con la vía del FGFR2 que son las principales causantes de la craneosinostosis sindrómica. Previamente a evaluar dichas mutaciones genéticas hay que distinguir si el embarazo es de alto riesgo por presentar antecedentes familiares destacables de craneosinostosis o no. En estos casos es posible la valoración durante el primer trimestre de embarazo del ácido desoxirribonucleico (ADN) del feto que se encuentra de forma libre en sangre materna. En cambio, si no se tiene el factor de alarma de embarazo de riesgo elevado, será suficiente con la realización rutinaria de la ecografía fetal ⁽³⁾.

1.8. MANEJO CLÍNICO Y TRATAMIENTO

Lo más importante a tener en cuenta es la realización del enfoque multidisciplinar. A la hora del parto, la presentación de nalgas o una posición cefálica inadecuada debido a la limitación para encajar en la parte baja de la pelvis por dificultades en la flexión de la cabeza fetal asocian un riesgo aumentado de parto vaginal traumático o la necesidad de realizar una cesárea no planificada. Tras el parto, al realizar el test de Apgar, las puntuaciones suelen resultar menores al valor normal de 10 tanto al minuto como a los 5 minutos, así como los valores

obtenidos del análisis de gases del cordón umbilical en los recién nacidos que presentan malformaciones craneales ⁽⁴⁾.

En cuanto al enfoque a seguir en pacientes que desarrollan alteraciones a nivel craneal durante el primer año de vida, se pueden describir dos enfoques diferentes, el conservador o el tratamiento más agresivo mediante el uso de técnicas quirúrgicas. El tratamiento conservador se basa en el seguimiento del paciente en los casos como la plagiocefalia posicional, debido a que esta se puede ir corrigiendo durante el desarrollo normal del niño ⁽⁴⁾. Este seguimiento se puede realizar a través de tres estrategias diferentes: cambios posturales por parte de los padres, fisioterapia y/o el empleo de cascos correctores en casos indicados por los especialistas debido a presentar mayor dificultad para conseguir una adecuada morfología con las primeras técnicas ⁽⁴⁰⁾. No obstante, la vigilancia de estos pacientes ha de ser estrecha, teniendo que realizarse en ocasiones un seguimiento mediante técnicas de imagen para descartar una progresión de la patología ⁽⁴⁾.

En el otro extremo al tratamiento conservador se encuentran los diferentes tipos de cirugía que pueden ser empleados. Dependiendo de la gravedad y de la patología presente se optará por realizar el procedimiento de forma más precoz, o retrasarlo hasta edades algo más avanzadas si no existe la asociación de riesgos elevados. La edad de referencia que suele utilizarse son los 6 meses debido a que hasta esta edad los huesos son de consistencia más blandas y moldeables por lo que pueden emplearse técnicas endoscópicas que cursan con menores repercusiones a nivel de pérdidas sanguíneas y con períodos de recuperación más reducidos ⁽⁴⁾. En cambio, se tiende a emplear la cirugía abierta a partir de los 6 meses debido a que la estructura ósea comienza a adquirir mayor rigidez y en los casos asociados a procesos sindrómicos por presentar mayores dificultades ⁽¹⁹⁾. El objetivo que presentan los abordajes quirúrgicos es evitar la futura aparición de deformidades mayores y reducir el riesgo de un mayor aumento de la PIC ⁽³⁾.

No obstante, tras estas intervenciones más agresivas surgen ciertas complicaciones postoperatorias y a su vez, estas suelen ser de mayor gravedad. Entre ellas se incluyen las hemorragias intraoperatorias, la formación de

hematomas, la hipertermia postquirúrgica o la rotura de la duramadre con la consecuente fuga del líquido cefalorraquídeo de su cavidad ⁽¹⁹⁾.

En los pacientes que presenten el diagnóstico de escafocefalia, el tratamiento mediante una intervención quirúrgica estará indicado en aquellos casos en los que se eleve de manera notable la PIC ⁽¹⁹⁾. En la trigonocefalia puede verse elevado riesgo de aumento de la PIC, siendo en estos momentos cuando han de someterse los pacientes a intervenciones quirúrgicas para realizar un remodelado craneal y a nivel orbitario y así evitar a edades más avanzadas posibles deterioros a nivel neurológico ⁽¹⁴⁾. En estos casos se puede llegar a obtener resultados más favorables si se realiza de manera preventiva una derivación del líquido cefalorraquídeo para evitar el desarrollo de hidrocefalia secundaria ⁽²³⁾. Sin embargo, en los niños en los que se aprecia la cresta metópica, no será necesario someterlos a procedimientos quirúrgicos a no ser que por motivos estéticos se desee corregir la imperfección ocasionada por la cresta metópica, debido a que no provocará alteraciones en el desarrollo ⁽¹⁴⁾.

En cuanto a los lactantes que presentan plagiocefalia posterior como consecuencia de las posturas adoptadas, en la mayoría de ellos se llegará a una adecuada corrección mediante la reeducación postural, optando únicamente por la colocación de cascos en aquellos casos en los que la deformidad sea más grave ⁽¹⁴⁾.

El pilar fundamental a la hora de pensar en el tratamiento, es dirigir el mismo hacia la posibilidad de proporcionar un crecimiento adecuado a nivel cerebral, para el desarrollo adecuado de las estructuras anatómicas internas y su desarrollo, así como lograr la máxima normalidad posible en el aspecto externo del cráneo ⁽⁴⁾.

2. HIPÓTESIS DE TRABAJO

Las deformidades craneales son entidades que se presentan de forma frecuente en la infancia siendo en la mayoría de los casos benignas y posicionales. Su diagnóstico supone un reto para el pediatra ya que es muy importante diferenciarlas de las verdaderas craneosinostosis porque el tratamiento y las posibles secuelas son muy diferentes en uno u otro caso.

Es importante el diagnóstico precoz, dado que el tratamiento lo más pronto posible es crucial para reducir complicaciones, pero aún hoy en día, ante la sospecha clínica, la única técnica disponible para llegar al diagnóstico es el TAC helicoidal en tres dimensiones que conlleva irradiación y dificultades técnicas en la las primeras edades de la vida, por lo que sería de gran utilidad contar con alguna técnica no invasiva que facilitara el diagnóstico.

Por todo ellos la hipótesis del trabajo es:

El estudio de la morfología craneal mediante métodos no invasivos y precisos de medición resultan útiles para detectar malformaciones craneales que pueden pasar desapercibidas en la exploración clínica habitual y que el diagnóstico precoz es fundamental para realizar un adecuado tratamiento y seguimiento.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVOS PRIMARIOS

1. Valorar la morfología craneal normal de los niños sanos de 2-16 meses que acuden a las consultas de pediatría.

3.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS

1. Obtener valores de referencia de los distintos índices craneales según la edad y sexo.
2. Valorar si existe correlación entre el diagnóstico clínico y morfológico.
3. Valorar la utilidad clínica de la técnica.

4. MATERIAL Y MÉTODO

4.1. TIPO DE ESTUDIO

Se trata de un estudio transversal donde se realizó el estudio de la morfología craneal mediante la técnica no invasiva a los niños que acuden a Consultas Externas de pediatría del Hospital “Casa de Salud” (Valencia) para la revisión de salud y que tras ser informados, aceptaron y firmaron el consentimiento para ser incluidos en el estudio. La selección de los paciente fue aleatoria entre los niños de edades comprendidas entre 2-16 meses ambos inclusive.

4.2. CÁLCULO DEL TAMAÑO MUESTRAL

Para el cálculo del tamaño muestral, utilizamos la expresión para el cálculo de la muestra para poblaciones conocidas con un intervalo de confianza del 95% ($Z= 1,96$) y un error máximo esperado del 9% para proporciones con una varianza poblacional p y q de 50%. En el caso de este estudio, la población conocida hace referencia a la población total atendida durante el período del 29 de marzo de 2021 al 15 de febrero de 2022 que cumplió criterios de inclusión ($N=190$), estableciéndose un tamaño de la muestra $n \geq 125$. Se utilizó el método aleatorio simple para la selección de los participantes, siendo estos los niños de entre 2 y 16 meses atendidos en las consultas externas de pediatría del Hospital Casa de Salud.

4.3. MÉTODO DE TRABAJO

La muestra del estudio se obtuvo de forma aleatoria de los niños sanos que acudieron a las consultas externas de pediatría del Hospital Casa de Salud de Valencia, tanto para sus revisiones periódicas como para el proceso de vacunación, entre el 29 de marzo de 2021 y 15 de febrero de 2022.

Todos los participantes previamente fueron debidamente informados, aceptaron libremente la participación en el estudio y firmaron el consentimiento informado.

El número total de participantes en el trabajo fué de 190 siendo la muestra final de 125 ya que 65 mediciones fueron excluida por diferentes errores (aplicación, luz, movimiento de los niños, tiempo de medición....).

A continuación, se exponen los **criterios de inclusión**:

- Tener entre 2 y 16 meses.

Entre los **criterios de exclusión** del estudio se encuentran:

- Recién nacidos prematuros.
- Menores de 2 meses para evitar las interferencias que pueden ocasionar los remodelamientos craneales durante el embarazo, o como consecuencia del mecanismo del parto y que pudieran alterar la morfología craneal.

4.4.VARIABLES DE ESTUDIO

En lo que se refiere a la manera empleada para proceder a la obtención de los datos, un único investigador, la estudiante que realiza el TFG, fue la encargada de facilitar a los padres o acompañantes legales de los pacientes, tanto el consentimiento Informado [ANEXO 1] como una hoja de información [ANEXO 2].

Para iniciar la prueba se debía firmar el consentimiento, indicando que se trata de una participación totalmente voluntaria y que puede revocarse dicho consentimiento en cualquier momento de la prueba. En la hoja de información se exponen con palabras sencillas la explicación del procedimiento a realizar, la finalidad del estudio, cierta información sobre la patología de la plagiocefalia, los beneficios y riesgos que presenta PhotoMeDAS (Photogrammetric Medical Deformation Assessment Solutions), siendo esta la aplicación informática (app) diseñada por el Grupo de Investigación de Fotogrametría y Escaneo Láser (GIFLE) del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) y empleada para la recogida de datos. En caso de aceptar la participación, se procedía a la inclusión en el estudio y al inicio de la toma de mediciones.

Una vez incluido en el estudio se procedía a la cumplimentación de una hoja en la que se recogen los datos antropométricos necesarios sobre el paciente que se exponen a continuación:

- Nombre y apellidos
- Fecha de nacimiento
- Edad gestacional (EG)
- Peso al nacer (PN) expresado en kilogramos (kg)
- Talla al nacer (TN), expresada en centímetros (cm)
- Perímetro cefálico al nacer (PCN), expresado en cm
- Fecha de la prueba
- Peso actual (PA), expresado en kg
- Talla actual (TA), expresada en kg
- Perímetro cefálico actual (PCA), expresado en cm
- Edad, expresada en meses
- Procedencia madre
- Procedencia padre
- Otros datos de interés (parto instrumentado, cesárea...)

Para llevar a cabo el proceso de medición, era necesario el empleo del siguiente material: un smartphone, para la utilización de una app diseñada por la UPV, denominada PhotoMeDAS, un gorro de tela con una composición de 92% de poliamida y 8% de elastano, lo cual permite por su elasticidad el ajuste a la morfología craneal de los lactantes. Este gorro diseñado por la marca Maricclair (figura 10) para este procedimiento lleva incorporado un total de 131 códigos codificados de material no elástico para evitar deformaciones, debido a que son utilizados para escalar el modelo que va a ser generado con posterioridad, y finalmente 3 sensores adicionales a modo de pegatinas (figura 11), colocados de forma externa al gorro y en puntos anatómicos concretos, utilizados de referencia para poder obtener las medidas precisas ⁽⁴¹⁾.



Figura 10. Gorro de PhotoMeDAS ⁽⁴²⁾

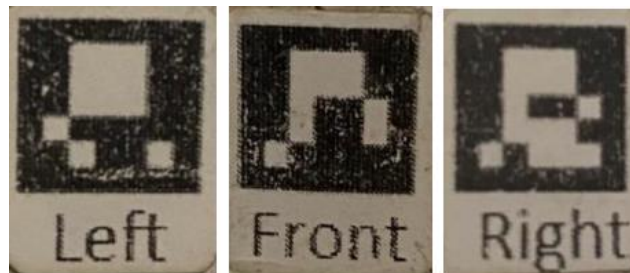


Figura 11. Pegatinas de PhotoMeDAS ⁽⁴²⁾

Antes de iniciar el registro de la prueba, se procedía en primer lugar a la introducción de unos datos del paciente en la app correspondiente; siendo estos las 2 primeras letras del nombre y apellidos del mismo, para mantener su privacidad, la fecha de nacimiento y el género. Seguidamente, se llevaba a cabo la colocación del gorro de tela sobre la cabeza del paciente, con su adecuado ajuste mediante dos cuerdas, realizándose una lazada en la parte inferior de la cabeza del paciente, y finalmente se colocaban los 3 sensores adicionales, uno de ellos en el punto medio entre ambos ojos y los otros dos en la zona preauricular tanto en el lado derecho como en el izquierdo del paciente (figuras 12 y 13).



Figuras 12 y 13. Ajuste adecuado del gorro y códigos adicionales

Cabe realzar esta importancia de la correcta colocación y ajuste tanto de los 3 sensores adicionales como del gorro, para alejarse lo máximo posible de errores o imperfecciones en el procesamiento de los datos y en la reconstrucción 3D, tal y como se muestra en las imágenes (figuras 12 y 13) que fueron realizadas a pacientes reales con su previo consentimiento.

Para la correcta obtención de la medición era necesario asegurarse de unas condiciones lumínicas adecuadas de la sala, así como la buena colocación del paciente, intentando lograr su máxima comodidad para poder realizar el procedimiento con la mayor brevedad y grado de satisfacción posibles. En el caso de los pacientes de menor edad, especialmente aquellos que no presentaban capacidad para mantenerse en posición de sedestación, se podía realizar sin ningún inconveniente en decúbito supino sobre los brazos de los padres o acompañantes legales.

Mediante el uso de un smartphone, en concreto con un Samsung Galaxy s10+, se procedió en la identificación de los códigos mediante la app. Durante el proceso, se tenía en cuenta la evolución de la recogida de los datos mediante una barra de progresión medida en porcentaje y con la conversión de un esquema de colores de naranja a verde cuando la zona correspondiente había sido detectada satisfactoriamente. Para ello, era necesario realizar en primer lugar la detección de

los marcadores externos al gorro que eran colocados sobre el paciente, los cuales cogían los puntos de referencia y posteriormente, realizando de forma preferible movimientos circulares, se procedía a la lectura de todos los marcadores del gorro, haciendo varios pases con movimientos dinámicos rotatorios alrededor de la cabeza del paciente (figuras 14, 15 y 16).



Figuras 14 y 15. Proceso de medición, recogida de datos y procesamiento



Figura 16. Proceso de medición, recogida de datos y procesamiento

Así como se destaca que los movimientos normales de los lactantes no impiden la correcta recogida de los datos, tampoco resulta un inconveniente los posibles movimientos externos que puedan existir en un segundo plano, debido a que la app mide exclusivamente los marcadores situados sobre el gorro.

Siguiendo este procedimiento de medición, se realiza una adecuada recogida del modelo de forma completa, cubriendo la cabeza en su totalidad, siendo necesario para ello la recogida total de un mínimo de 200 imágenes, mediante la lectura de dichos códigos, debido a que en ningún momento se toman imágenes ni vídeos del paciente. De esta forma, los datos recogidos son enviados a un servidor y mediante un software de procesamiento se logra obtener tanto un documento con los resultados y un informe extendido, ambos en inglés y en español, un modelo 3D de la cabeza del paciente con colores que representan distancias a un elipsoide ideal (.PLY) (figura 17) y un modelo final de la cabeza en 3D (.STL) (figura 18), todos ellos podrán estar en manos tanto del alumno realizador del TFG como de un profesional médico en unos minutos ⁽⁴¹⁾.

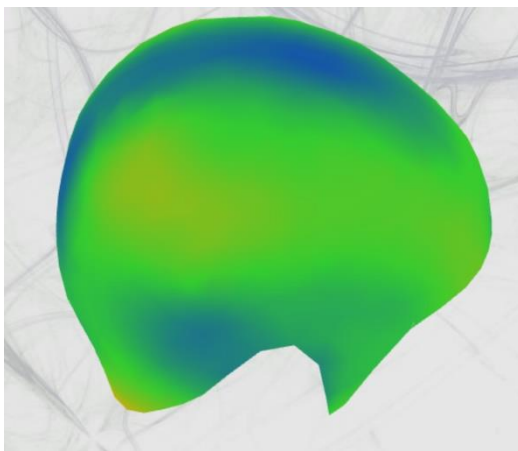


Figura 17. Modelo 3D con distancias al elipsoide

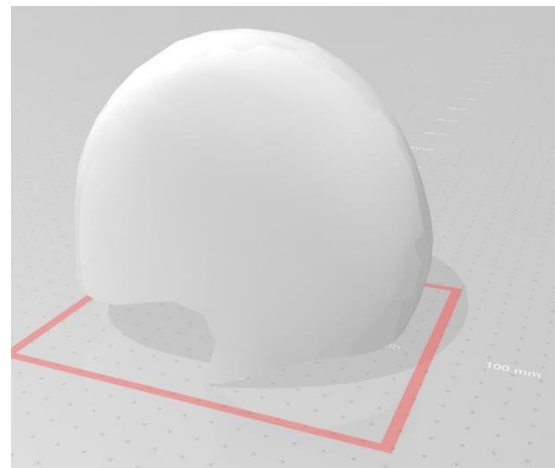


Figura 18. Modelo final de la cabeza en 3D

Al final de la prueba, se obtuvo por cada paciente dicho informe de resultados, en el cual consta una información reducida [ANEXO 3] del posterior informe extendido donde se recogen los siguientes datos: [ANEXO 4]

- Un modelo tridimensional de la cabeza de cada uno de ellos con vistas ortogonales superior, lateral y frontal.

- Las medidas de cada paciente en relación al:
 - Volumen craneal (VC)
 - Perímetro craneal (PC)
 - Distancia entre puntos preauriculares (DPP)
 - Eurion (d): distancia máxima transversal
 - Distancia máxima longitudinal (DML), subdividiéndose esta última en C (DMLC), A (DMLA), B (DMLB), A anterior (AA), A posterior (AP), B anterior (BA) y B posterior (BP).
- A partir de los anteriores, se realizaba el cálculo de los diferentes índices:
 - Asimetría (IA) (a-b): desde una vista superior, se calcula en diagonal la longitud transversal del contorno de la cabeza, y se obtiene la relación de la longitud craneal oblicua.
 - Asimetría anterior (IAA) (aa-ba): referente al índice de asimetría de la parte anterior exclusivamente.
 - Asimetría posterior (IAP) (ap-bp): referente al índice de asimetría de la parte posterior exclusivamente.
 - Diametral oblicuo (IDO) $((a/b)*100)$: división entre ambas medidas diagonales * 100 para referenciarlo como porcentaje
 - Perímetro 30 (P30) (arco A – arco B): diferencias entre la semicircunferencia que abarca ambos vértices de la distancia máxima longitudinal a y la semicircunferencia de la distancia máxima longitudinal b
 - Cefálico (IC) $((d/c)*100)$: distancia máxima transversal entre la longitud máxima * 100 para referenciarlo como porcentaje.
 - De turricéfalia (IT) $((e/f)*100)$: distancia recta entre la glabella y la zona occipital dividido entre el arco superior entre la glabella y la zona occipital * 100 para referenciarlo como porcentaje.
 - Metópico (IM) $((g/d)*100)$: distancia entre puntos extremos de la frente dividido entre la distancia máxima transversal.
 - Ángulo frontal (AF): se obtiene teniendo en cuenta dos puntos, el frontal más prominente y la pegatina frontal colocada en el paciente, y estableciéndose una relación entre ambos.

- Global (HD-HI): diferencia entre hemisferio derecho e izquierdo.
- A su vez, se obtienen las figuras representativas mostradas [ANEXO 4] del índice cefálico, índice de asimetría, índice de turricefalia, índice metópico y del ángulo frontal, así como del perímetro, volumen cefálico y global.
- Visión tridimensional de las diferentes distancias al elipsoide ideal en cada uno de los planos (superior, derecha, izquierda, frontal y trasera). En cuanto a este, se puede observar cada figura tridimensional del cráneo con diferentes colores según su morfología, quedando definida la escala de colores de la siguiente manera:
 - Verde: valores dentro de la normalidad (ejemplo: figura 19)
 - Tendencia a azul/morado: distancia menor a la esperada en mm (ejemplo: figura 20)
 - Tendencia a amarillo/rojo: distancia mayor a la esperada en mm
- Gráficas percentiladas sobre el perímetro craneal y el índice de asimetría, ambos en mm, y del índice de asimetría, cefálico, de turricefalia y metópico, todos ellos en %. Además, si se le realiza un seguimiento con la aplicación al usuario, en estas gráficas se podría ver reflejada su evolución.

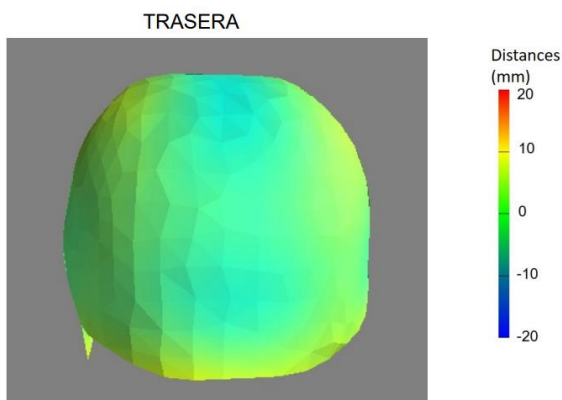


Figura 19. Visión trasera en rangos dentro de la normalidad

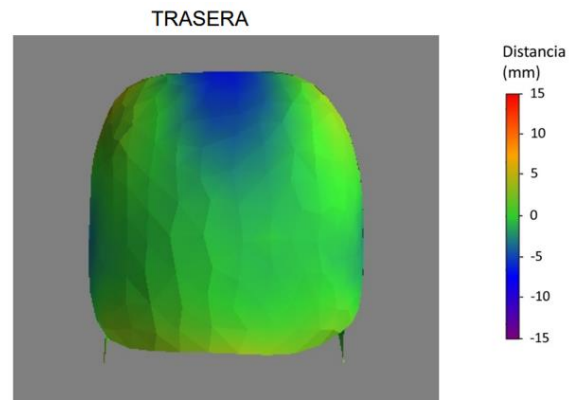


Figura 20. Visión trasera con menor distancia a la esperada

Todo el procedimiento se llevó a cabo en una consulta estándar durante un tiempo aproximado de 5 o 10 minutos. Así mismo, este método está diseñado para poder llevar a cabo la recogida de los datos con los movimientos normales de los lactantes y su falta de cooperación, además de ser un método no invasivo y que no requiere sedación ni cualquier otro procedimiento o maniobra que cause daño o riesgo alguno en el paciente ⁽⁴¹⁾.

4.5. ESTUDIO ESTADÍSTICO

Tanto la recogida de datos como la elaboración de las tablas generales y de los gráficos se realizó mediante el programa IBM SPSS versión 25.0.

Las variables cuantitativas se describieron a través de la media y la desviación estándar para aquellas con una distribución normal, y de la mediana y el rango intercuartílico para aquellas con una distribución distinta a la normal. Para determinar la normalidad de la distribución se utilizó la Prueba Shapiro-Wilk (SW). Las variables cualitativas se describieron mediante distribución de frecuencias absolutas y relativas.

Para la comparación por grupos se usó la prueba T de comparación de medias para muestras independientes para variables con distribución normal y la U en la de Mann-Whitney (MW) para el resto. Para el análisis de los valores observados y los de referencia se empleó la prueba de Wilcoxon de los rangos con signo para muestras relacionadas. Los contrastes de hipótesis fueron bilaterales, se estableció un nivel de confianza de 95% y la hipótesis nula o de igualdad de proporciones (H_0) se rechazó con valor $p < 0,05$.

Finalmente se procedió a la confección final de las tablas y gráficos a través del programa de Microsoft Office Excel 2020 versión 16.35.

4.6. NORMAS ÉTICAS DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio fue aprobado por el comité de ética e investigación de la Universidad politécnica de Valencia y se realizó según las normas éticas de actuación formuladas en la declaración de Helsinki de 1964 (modificadas el 5 de mayo de 2015).

A todos los participantes se les facilitaba una hoja de información [ANEXO 2] para valorar si querían participar en el estudio de forma voluntaria, y tras su aceptación se procedió a firmar la hoja de consentimiento informado [ANEXO 1] con el fin de hacer constar que participaban en el estudio libremente, habiendo sido informados, comprendido lo expuesto en la hoja de información y sabiendo del anonimato de los datos recogidos en el informe [ANEXO 3] y [ANEXO 4].

Los investigadores se comprometieron a guardar secreto profesional y la máxima confidencialidad sobre la información y datos de carácter personal a los que se ha tenido acceso en virtud del art. 10 de la Ley Orgánica 3/2018 del 5 de diciembre, de protección de datos de carácter personal, del art. 16 de la Ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica y del art. 23 de la Ley 1/2003, de 28 de enero, de derechos e información al paciente de la Comunidad Valenciana.

5. RESULTADOS

5.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA POBLACIÓN A ESTUDIO

Los resultados referidos a las características generales de la población a estudio se detallan a continuación:

La distribución por sexo se presenta de forma heterogénea, con un predominio del sexo femenino, quedando reflejado en la figura 21:



Figura 21.
Distribución de la población por sexo

La distribución muestral de los participantes según su edad, se ve reflejada en la tabla 5, siendo esta distribución heterogénea. El grupo de edad predominante resulta ser el de 5 meses con una frecuencia del 12%, seguido del grupo de 8 meses con un 10,4% de frecuencia. El los grupos de edad con menor número de niños son el de 10, 12, 14 y 15 meses, todos ellos con un 4% de frecuencia.

Tabla 5. Distribución según edad	
Edad (meses)	Frecuencia
2	8 (6,4%)
3	8 (6,4 %)
4	10 (8%)
5	15 (12%)
6	9 (7,2%)
7	10 (8%)
8	13 (10,4%)
9	9 (7,2%)
10	5 (4%)
11	11 (8,8%)
12	5 (4%)
13	6 (4,8%)
14	5 (4%)
15	5 (4%)
16	6 (4,8%)
TOTAL	125

Una vez analizada la muestra de los participantes según la edad, la tabla 6 hace referencia a la distribución muestral teniendo en cuenta la edad y sexo, diferenciando esta última según hombres o mujeres. Los grupos de edades predominantes fueron el de 11 meses en los hombres y el de 5 y 8 meses en las mujeres, con una frecuencia del 11,9% y 13,6% respectivamente. En contraposición, el grupo menos numeroso en las mujeres es el de 15 y 16 meses, ambos con un 1,5% de frecuencia y en los hombres el grupo de 14 meses, con una frecuencia del 1,7%.

Tabla 6. Distribución según edad y sexo		
Sexo	Hombres	Mujeres
Edad (meses)	Frecuencia	Frecuencia
2	2 (3,4%)	6 (9,1%)
3	5 (8,5%)	3 (4,5%)
4	4 (6,8%)	6 (9,1%)
5	6 (10,2%)	9 (13,6%)
6	6 (10,2%)	3 (4,5%)
7	4 (6,8%)	6 (9,1%)
8	4 (6,8%)	9 (13,6%)
9	5 (8,5%)	4 (6,1%)
10	2 (3,4%)	3 (4,5%)
11	7 (11,9%)	4 (6,1%)
12	2 (3,4%)	3 (4,5%)
13	2 (3,4%)	4 (6,1%)
14	1 (1,7%)	4 (6,1%)
15	4 (6,8%)	1 (1,5%)
16	5 (8,5%)	1 (1,5%)
Total	59	66

Los datos antropométricos según la edad y el sexo, para hombres y mujeres quedan reflejados en las tablas 7 y 8 respectivamente. Para ello, se empleó el cálculo de la media y la desviación estándar para cada grupo de edad y variable.

La edad gestacional tuvo lugar en torno a la semana 38-40 de gestación en la mayoría de niños. Analizando las variables en el momento del nacimiento, tanto el peso, la talla y el PC, siguen una distribución homogénea para todas las edades. Los valores antropométricos actuales correspondientes a cada mes de vida, presentan una tendencia creciente tanto para el peso como para la talla y el PC según aumenta la edad, datos por otro lado obvios.

Tabla 7. Valores antropométricos según sexo y edad

Tabla 7. Valores antropométricos según sexo y edad							
Sexo	Hombres						
Variables ($\bar{x} \pm DE$)	EG* (semanas)	PN* (kg)	TN* (cm)	PCN* (cm)	PA* (kg)	TA* (cm)	PCA* (cm)
Edad (meses)							
2	40,1 ± 0,2	3,6 ± 0,1	51 ± 0	35,5 ± 0	5,2 ± 0,2	59,9 ± 2,8	38,2 ± 1,1
3	38,6 ± 1,4	2,9 ± 0,5	49 ± 2,4	33,9 ± 1,4	5,6 ± 0,9	61,6 ± 3,4	39,9 ± 1,4
4	38,4 ± 1,3	3,2 ± 0,6	48,1 ± 2,8	36,9 ± 3,1	6,6 ± 0,5	63 ± 2,7	42,4 ± 1,8
5	39,7 ± 0,6	3,2 ± 0,5	49,6 ± 2,2	34,9 ± 0,8	6,9 ± 0,8	65,7 ± 2,1	42,6 ± 1,1
6	39,1 ± 1,7	3,1 ± 0,5	49,9 ± 2,5	34,4 ± 1,4	6,7 ± 0,9	66,4 ± 6,9	42,1 ± 1,3
7	39,1 ± 1,4	3,5 ± 0,3	50,3 ± 1,7	35,2 ± 1,3	8,4 ± 0,8	68,9 ± 3,1	44 ± 1,4
8	38,2 ± 2	3,1 ± 0,6	48,9 ± 2,2	35,2 ± 1	8,4 ± 1	70,4 ± 3,5	45,1 ± 1,5
9	37,7 ± 2,9	2,6 ± 0,7	48,1 ± 2,8	33,8 ± 1,6	8,4 ± 0,5	71,3 ± 3,1	45,1 ± 0,8
10	39,9 ± 0,9	4,1 ± 0,3	51,3 ± 0,4	37 ± 0	8,9 ± 1,2	75,5 ± 2,1	46,5 ± 0,7
11	39,4 ± 0,7	3,3 ± 0,2	50,6 ± 1,2	34,9 ± 1,1	9,4 ± 0,9	75,9 ± 1,9	46,7 ± 0,9
12	39,4 ± 0,6	2,7 ± 0,9	47,8 ± 4,2	32,4 ± 2,1	10,6 ± 0,3	76,9 ± 4,2	48,1 ± 1,3
13-14	38,9 ± 1,5	3,5 ± 0,1	50 ± 0	35,5 ± 0,5	11,1 ± 1,9	78,3 ± 4,8	47,3 ± 1,8
15	38,9 ± 0,8	3,2 ± 0,6	49,4 ± 2	34,6 ± 0,9	10,6 ± 1,4	83,7 ± 3,2	48,1 ± 1,3
16	38,9 ± 0,9	3,6 ± 0,6	51,2 ± 3,4	35,9 ± 2,1	10,8 ± 1,4	81,2 ± 4	47,8 ± 2

*EG: edad gestacional / PN: peso al nacer / TN: talla al nacer / PCN: perímetro cefálico al nacer / PA: peso actual / TA: talla actual / PCA: perímetro cefálico actual

Tabla 8. Valores antropométricos según sexo y edad

Sexo	Mujeres						
Variables ($\bar{x} \pm DE$)	EG* (semanas)	PN* (kg)	TN* (cm)	PCN* (cm)	PA* (kg)	TA* (cm)	PCA* (cm)
Edad (meses)							
2	39,2 ± 1,2	3,1 ± 0,5	49 ± 2,1	34,4 ± 1,1	4,4 ± 0,7	57,4 ± 2,6	38,1 ± 1,2
3	40,1 ± 1,1	3,5 ± 0,5	49,1 ± 4,3	35,9 ± 0,8	5,8 ± 0,5	63,3 ± 1,5	40,9 ± 1
4	39 ± 1,7	3,2 ± 0,4	50,2 ± 1,5	34,5 ± 1,2	6 ± 0,8	62,9 ± 3,7	40,6 ± 1
5	38,9 ± 1,2	3,1 ± 0,4	49,8 ± 1,9	33,8 ± 1,5	6,5 ± 0,8	63,7 ± 2,9	40,9 ± 0,9
6	39,5 ± 1	3,4 ± 0,2	50,5 ± 1,3	33,9 ± 0,5	7,1 ± 0,9	67,6 ± 2,1	42,3 ± 1,5
7	39,9 ± 0,7	3,3 ± 0,2	49,4 ± 1,4	34,4 ± 0,6	7,1 ± 1,2	67,6 ± 2,8	43,2 ± 1,3
8	38,5 ± 1,6	2,9 ± 0,5	48,8 ± 2,2	33,8 ± 0,9	7,3 ± 0,9	69,1 ± 2,8	43,7 ± 0,7
9	38,5 ± 1,9	2,9 ± 0,3	48,9 ± 0,9	33,5 ± 0,4	7,7 ± 0,5	69,1 ± 2,1	43,6 ± 0,8
10	38,6 ± 0,3	3,1 ± 0,5	47,8 ± 2,4	33,8 ± 0,8	8,7 ± 0,2	71,9 ± 1,3	44,5 ± 0,9
11	39,2 ± 1,9	3 ± 0,3	50,4 ± 1,1	33,1 ± 1,1	9,1 ± 1,1	75,1 ± 0,9	44,8 ± 1
12	40,1 ± 0,9	2,9 ± 0,1	50,3 ± 1,5	33,3 ± 0,6	9,1 ± 0,6	76,3 ± 0,6	46,3 ± 1
13	39,7 ± 0,5	3,5 ± 0,4	50,4 ± 3	35,3 ± 1,5	8,8 ± 1	74,3 ± 2,2	46,8 ± 1,8
14	39,3 ± 0,8	3,3 ± 0,1	49,4 ± 0,3	34,3 ± 1,1	9,3 ± 0,8	75,1 ± 1,4	46,7 ± 0,9
15 - 16	40 ± 1,5	3,6 ± 0,1	49,5 ± 2,1	34,5 ± 0	9,8 ± 0,8	78,3 ± 4,9	45,7 ± 0,4

*EG: edad gestacional / PN: peso al nacer / TN: talla al nacer / PCN: perímetro cefálico al nacer / PA: peso actual / TA: talla actual / PCA: perímetro cefálico actual

En cuanto a la forma de parto, ya sea por cesárea o por vía vaginal, se evidenció que la forma de finalizar el embarazo era vía vaginal en el 46% de los hombres y el 74% de las mujeres, frente al 54% y 26 % de cesáreas respectivamente.

Se valoró en el trabajo la nacionalidad, por si eran objetivas las diferencias raciales, obteniendo que el 91% de los padres de los niños estudiados eran españoles, siendo los padres en el 5% en hombres y en el 9% en mujeres procedentes de otra nacionalidad (mexicana, polaca, búlgara, serbia, turca, venezolana, rumana, albanesa, alemana, ecuatoriana, italiana).

En este estudio se ha realizado la exclusión de los lactantes menores de 2 meses de vida, como consecuencia de las posibles afectaciones tras el parto y la necesidad de un remodelamiento posterior, lo que conlleva a la corrección de las posibles anomalías a nivel de la morfología craneal que se pudieran presentar.

Para valorar esta justificación, se utilizaron los valores de longitud y perímetro cefálico (PC) al nacimiento y se percentilaron según la edad gestacional utilizando las tablas de referencia "The WHO Growth Standard at 50 weeks" ⁽⁴³⁾ [ANEXO 6], a estos percentiles se les denominaron percentiles reales. Posteriormente se calculó el percentil teórico de PC que fue definido como el valor de PC que tendría que tener para su percentil real de longitud según dichas tablas. Para valorar los parámetros antropométricos actuales se utilizó las tablas de referencia de la Organización Mundial de la Salud (OMS) ⁽⁴⁴⁾ [ANEXO 5], realizando el mismo procedimiento. Inicialmente se calcularon los percentiles que tenían los valores talla y PC obtenidos en la revisión clínica y a partir del percentil de talla se calculó el PC teórico que le correspondería.

Para estudiar si había diferencias se utilizó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas, obteniendo que para ambos sexos no existen diferencias estadísticamente significativas entre el PC real y teórico al nacimiento debido a que el valor de p obtenido es de 0,732 en hombres y de 0,349 en mujeres. Así mismo, el valor de la p del PC actual es de 0,173 para hombres y de 0,849 para mujeres, estableciéndose de igual manera que no existen diferencias estadísticamente significativas. De tal forma, que de cara a futuros estudios, sería

recomendable contemplar la posibilidad de incluir en el estudio a pacientes de estas edades.

5.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA FOTOGRAMETRÍA

5.2.1. Valores obtenidos con los nuevos métodos de medición

Los datos obtenidos por morfometría craneal de las medidas e índices craneales según edad y sexo quedan expuestos en las tablas 9 y 11 para los hombres y 10 y 12 para las mujeres.

Con el aumento de la edad en ambos sexos se produce de forma progresiva una tendencia ascendente en los valores de las longitudes y medidas craneales, dato que es posible observar en las tablas 9 y 10. En las variables del volumen y del perímetro craneal el incremento con los meses de edad es de forma más notable, mientras que para el resto de variables el crecimiento es más paulatino. En concreto en la variable que mide la distancia media longitudinal B posterior, se observa como desde los 2 meses hasta los 16 sí que presenta un incremento en sus valores; no obstante a edades intermedias cursan con oscilaciones que no son claramente crecientes. El crecimiento de los valores de estas variables se explica por sentido común, puesto que conforme aumenta la edad en meses de los hombres y las mujeres, el tamaño de la cabeza aumenta, provocando por tanto que todas las distancias máximas longitudinales medidas del cráneo aumenten.

En cuanto a las medidas craneales y los índices de las mujeres (tablas 11 y 12) en el grupo de 16 meses únicamente aparece el dato de la media de cada variable y no se establece el valor de la desviación estándar debido a que la muestra de estas es solo de una paciente, dato a tener en cuenta a la hora de realizar posteriores estudios, en los que sería conveniente ampliar dicho tamaño muestral.

Tabla 9. Nuevas medidas según grupos de edad y sexo

Sexo	Hombres					
Edad (meses)	2-3 meses	4-6 meses	7-9 meses	10-12 meses	13-15 meses	16 meses
Variables ($\bar{x} \pm DE$)						
VC* (ml)	563 \pm 115,2	718,8 \pm 90,6	828,7 \pm 48,1	924,9 \pm 64,2	1031 \pm 117	1048 \pm 43,7
PC* (mm)	417,3 \pm 20,8	445,4 \pm 10,6	468,4 \pm 11,7	485,9 \pm 12,3	495 \pm 14,8	504,4 \pm 13,8
DPP* (mm)	102,9 \pm 7,1	111,3 \pm 1,5	118,6 \pm 3,2	117,7 \pm 6	119,3 \pm 6,8	118,3 \pm 4,4
EURION (mm)	114,4 \pm 8,5	125,7 \pm 4,9	133,6 \pm 1,5	136,1 \pm 3,7	143,2 \pm 1,9	140,6 \pm 4,4
DMLC* (mm)	146,3 \pm 3,7	150,9 \pm 7,5	157,8 \pm 10,6	166,3 \pm 5,4	168,9 \pm 6,7	174,8 \pm 7,1
DMLA* (mm)	171,3 \pm 6,2	177,6 \pm 7,2	182,9 \pm 7,6	193,3 \pm 7,5	194,6 \pm 4,6	201,2 \pm 10,1
DMLB* (mm)	168,7 \pm 8,3	175,9 \pm 6	180,5 \pm 7	189,7 \pm 6,7	193,2 \pm 2,2	198,7 \pm 9,4
DMLAA* (mm)	73,1 \pm 4	76,5 \pm 3,4	81,4 \pm 4,9	83,9 \pm 3,3	88,1 \pm 8,3	89,5 \pm 4,2
DMLAP* (mm)	98,2 \pm 6,1	101,1 \pm 6,2	101,5 \pm 6,7	109,4 \pm 5,2	106,9 \pm 4,9	111,7 \pm 8,5
DMLBA* (mm)	72,6 \pm 4,6	75,5 \pm 4,2	81,2 \pm 5,8	82,9 \pm 3,4	87,6 \pm 6,1	90,4 \pm 5,5
DMLBP* (mm)	96,2 \pm 7,6	100,5 \pm 5,1	99,3 \pm 6,3	106,7 \pm 4,9	105,6 \pm 4,9	108,3 \pm 5,9
Nº	7	16	13	11	7	5

* VC: volumen craneal / PC: perímetro craneal / DPP: distancia entre puntos preauriculares / DMLC: distancia máxima longitudinal C / DMLA: distancia máxima longitudinal A / DMLB: distancia máxima longitudinal B / DMLAA: distancia máxima longitudinal A anterior / DMLAP: distancia máxima longitudinal A posterior / DMLBA: distancia máxima longitudinal B anterior / DMLBP: distancia máxima longitudinal B posterior

Tabla 10. Nuevas medidas según grupos de edad y sexo						
Sexo	Mujeres					
Edad (meses)	2-3 meses	4-6 meses	7-9 meses	10-12 meses	13-15 meses	16 meses
Variables ($\bar{X} \pm DE$)						
VC* (ml)	544,9 \pm 77,2	648 \pm 74,8	749,6 \pm 62	812 \pm 79,4	930 \pm 80,9	911
PC* (mm)	409 \pm 19,3	432,8 \pm 10	453 \pm 8,9	466,4 \pm 12	483 \pm 9,6	481
DPP* (mm)	102,3 \pm 6,6	107,9 \pm 5,7	110,7 \pm 4,5	114,9 \pm 2,9	113,2 \pm 5	110,7
EURION (mm)	102,3 \pm 34,8	122,1 \pm 4,9	127 \pm 5,6	130,9 \pm 3,9	144 \pm 4,3	129,5
DMLC* (mm)	142,4 \pm 4,3	147,6 \pm 4,6	149,6 \pm 33	160,9 \pm 4,7	169,4 \pm 4,3	164,7
DMLA* (mm)	159,1 \pm 13,6	174,1 \pm 6,5	180,6 \pm 4,5	182,4 \pm 5,6	191,2 \pm 7	199
DMLB* (mm)	158,2 \pm 11,9	174,9 \pm 6,1	180,7 \pm 5,4	183,1 \pm 5,2	191 \pm 7,6	198
DMLAA* (mm)	66 \pm 4,7	73,7 \pm 3,9	77,9 \pm 4,4	78,8 \pm 4,5	84,1 \pm 4,6	84,4
DMLAP* (mm)	93,1 \pm 9,9	100,4 \pm 4,8	102,7 \pm 3,9	103,7 \pm 2,9	107 \pm 5,5	114,6
DMLBA* (mm)	66,2 \pm 5,2	73,6 \pm 4,2	77,7 \pm 4,7	77 \pm 4,2	83,9 \pm 5,3	83,2
DMLBP* (mm)	92 \pm 8	101,3 \pm 4,5	102,9 \pm 2,9	106 \pm 4,5	107 \pm 5,9	114,7
Nº	9	18	19	10	9	1

* VC: volumen craneal / PC: perímetro craneal / DPP: distancia entre puntos preauriculares / DMLC: distancia máxima longitudinal C / DMLA: distancia máxima longitudinal A / DMLB: distancia máxima longitudinal B / DMLAA: distancia máxima longitudinal A anterior / DMLAP: distancia máxima longitudinal A posterior / DMLBA: distancia máxima longitudinal B anterior / DMLBP: distancia máxima longitudinal B posterior

En cuanto al rango de normalidad de cada índice estudiado que se presenta en las tablas 11 y 12 según el sexo (hombre y mujer respectivamente), a diferencia de las medidas antropométricas presentadas en las tablas anteriores, no se espera que exista un crecimiento progresivo conforme aumenta la edad, debido a que estos índices muestran la existencia o no de diferencias a nivel de la morfología craneal, y con ello el tipo de malformación que pueda presentarse a nivel craneal en cada paciente.

Tabla 11. Nuevos índices según grupos de edad y sexo						
Sexo	Hombres					
Edad (meses)	2-3 meses	4-6 meses	7-9 meses	10-12 meses	13-15 meses	16 meses
Variables ($\bar{x} \pm DE$)						
IA * (mm)	2,9 ± 3,8	1,5 ± 4,6	2,4 ± 3,9	3,6 ± 6,2	1,9 ± 4,7	2,4 ± 5,4
IAA* (mm)	0,6 ± 3,2	0,9 ± 1,9	0,3 ± 2,7	1 ± 3	0,6 ± 3,1	-0,8 ± 2,2
IAP* (mm)	2 ± 3,8	0,6 ± 4,1	2,2 ± 3,9	2,6 ± 5,3	1,1 ± 2,3	3,6 ± 4,8
IDO * (%)	101,6 ± 2,4	100,9 ± 2,7	101,5 ± 2,3	102 ± 3,4	101 ± 2,4	101,4 ± 2,9
P30* (mm)	-1,7 ± 9,1	1,13 ± 6,7	-2,6 ± 8,3	-1,7 ± 7,5	-1,3 ± 4,6	-4,8 ± 6,9
IC * (%)	78,3 ± 5,4	83,4 ± 5,3	84,5 ± 6,4	81,8 ± 3,3	85 ± 3,8	80,6 ± 4,8
IT * (%)	71,1 ± 2,3	69,2 ± 2,1	68,7 ± 3,3	68,9 ± 1,8	67,6 ± 1,5	68,8 ± 1,3
IM* (%)	64 ± 3,4	62,8 ± 3,4	62,9 ± 3,4	63,1 ± 2,9	63,4 ± 4	66,2 ± 2,2
AF * (°)	112,4 ± 7	113,8 ± 10,4	114,4 ± 6	112,6 ± 2,6	111,5 ± 2,9	113,9 ± 3,2
HD-HI * (mm)	-0,8 ± 4,9	0,7 ± 4,1	-1,5 ± 4,5	-0,8 ± 4,8	-0,5 ± 2,6	-2,8 ± 4,4
Nº	7	16	13	11	7	5

Tal y como se presentaba en la tabla de los valores antropométricos de las mujeres, el grupo de 16 meses no se ha establecido el valor de la desviación estándar debido a que la muestra de estas es solo de 1 paciente, dato a tener en cuenta a la hora de realizar posteriores estudios.

Tabla 12. Nuevos índices según grupos de edad y sexo						
Sexo	Mujeres					
Edad (meses)	2-3 meses	4-6 meses	7-9 meses	10-12 meses	13-15 meses	16 meses
Variables ($\bar{x} \pm DE$)						
IA* (mm)	0,8 ± 6,1	-0,9 ± 4	0 ± 3,3	-0,7 ± 3,2	0,2 ± 3,2	1
IAA* (mm)	0 ± 1,87	0,1 ± 2,4	0,1 ± 1,8	1,7 ± 1,9	0 ± 1,7	1
IAP* (mm)	1,1 ± 5,7	-1 ± 3,7	-0,3 ± 3,3	-2,4 ± 3,1	0 ± 3,4	0
IDO* (%)	100,7 ± 3,7	99,5 ± 2,2	99,4 ± 3,8	99,6 ± 1,9	100,3 ± 1,7	101
P30* (mm)	-2,2 ± 8,3	1,9 ± 7,9	0,8 ± 5,6	5,1 ± 6,2	0,8 ± 6,8	0
IC* (%)	79,7 ± 3,5	82,8 ± 3,9	81,5 ± 6,4	81,4 ± 2,9	78,7 ± 3,3	79
IT* (%)	70,2 ± 1,6	69,7 ± 1,9	69,6 ± 1,5	69,6 ± 1,2	69,3 ± 2,1	70
IM* (%)	60,6 ± 2,6	62,9 ± 3,3	63,6 ± 3,9	61,7 ± 4,1	65,3 ± 3,4	68
AF* (°)	112,1 ± 4,3	113,4 ± 4,4	112,3 ± 3,2	110,9 ± 3,2	111,8 ± 2,9	119,2
HD-HI* (mm)	-1,3 ± 4,1	1,3 ± 4,1	0,8 ± 3,3	3,2 ± 3,8	0,7 ± 3,9	0,5
Nº	9	18	19	10	9	1

* IA: índice de asimetría / IAA: índice de asimetría anterior / IAP: índice de asimetría posterior / IDO: índice diametral oblicuo / P30: perímetro 30 / IC: índice cefálico / IT: índice de turricefalia / IM: índice metópico / AF: ángulo frontal / HD-HI: hemisferio derecho – hemisferio izquierdo (global)

5.2.2. Gráficos de los diferentes índices según edad y sexo

Tras obtener los valores medios de cada variable y su rango de normalidad para cada edad y sexo, se procedió a su representación gráfica. Para dicho proceso, se establecieron el valor máximo, el mínimo y su promedio para cada variable, tanto para hombres como para mujeres respectivamente. Para el cálculo del máximo y mínimo se realizó una tabla de frecuencias de estadísticos descriptivos mediante el SPSS y el cálculo del promedio se realizó a través de la fórmula predeterminada por Excel. Con estos datos, se configuraron las tablas con dichos valores para cada variable según el sexo. Finalmente, con dichas tablas, se procedió a la confección de gráficos de área 2D, resaltando un área delimitada por el valor máximo y el mínimo, siendo estos el borde superior e inferior respectivamente, y mediante una línea de mayor grosor el valor promedio de cada variable. Con ello, se muestran en las diferentes figuras todos los parámetros valorados a lo largo del trabajo tanto para hombres como para mujeres, viéndose reflejada en cada uno de ellos la tendencia del rango de normalidad de nuestra población a estudio.

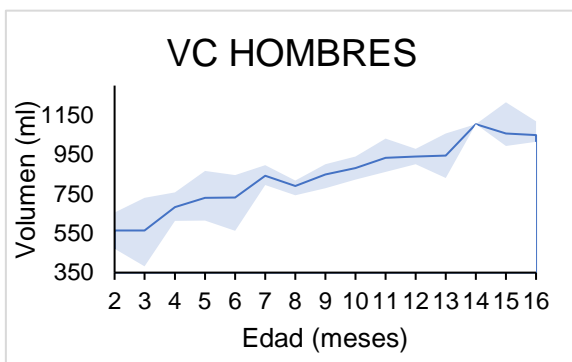


Figura 22. Gráfica de la tendencia del volumen craneal en hombres

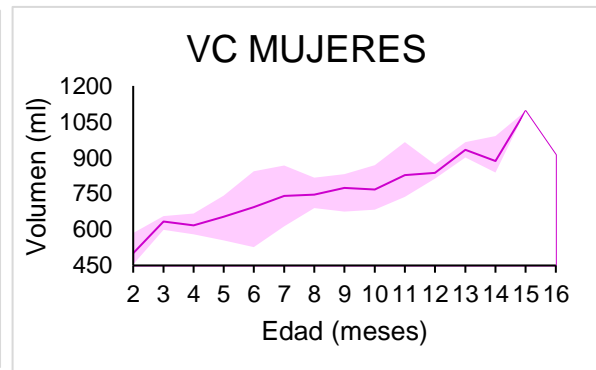


Figura 23. Gráfica de la tendencia del volumen craneal en mujeres

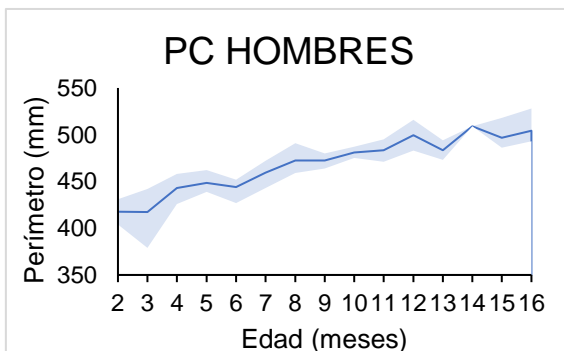


Figura 24. Gráfica de la tendencia del perímetro craneal en hombres

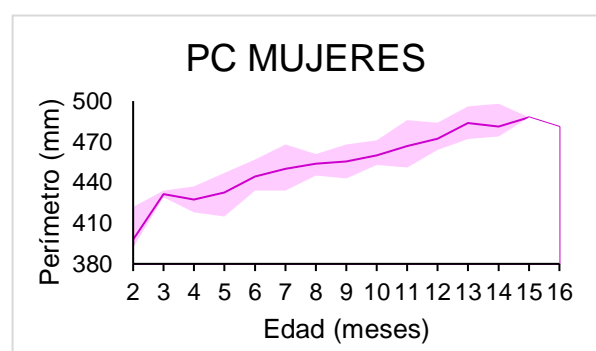


Figura 25. Gráfica de la tendencia del perímetro craneal en mujeres

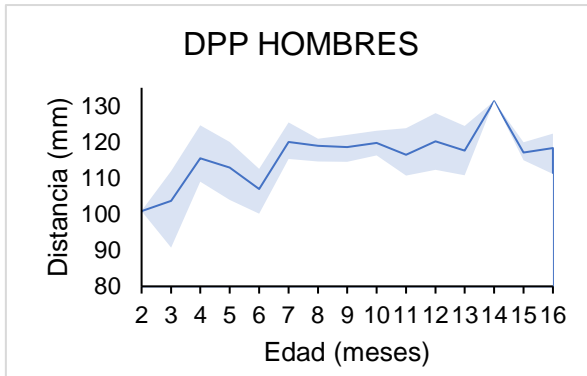


Figura 26. Gráfica de la tendencia de la DPP en hombres

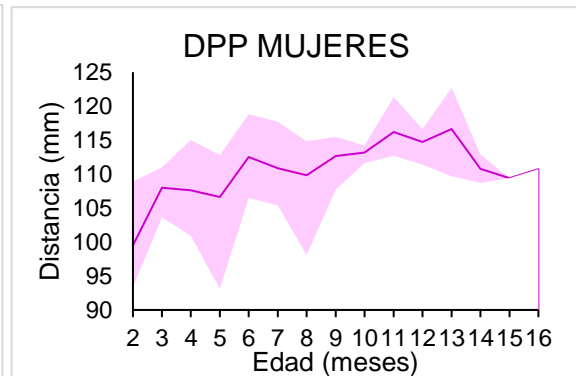


Figura 27. Gráfica de la tendencia de la DPP en mujeres

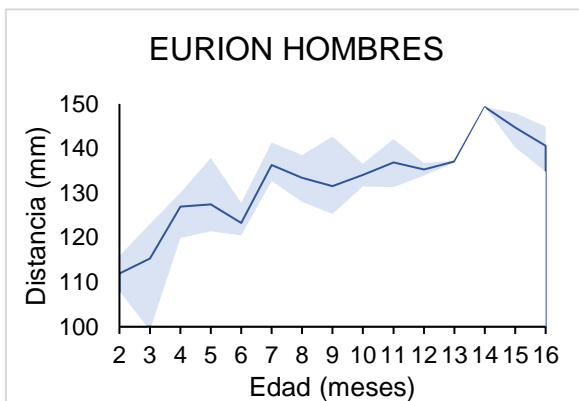


Figura 28. Gráfica de la tendencia del Eurion en hombres

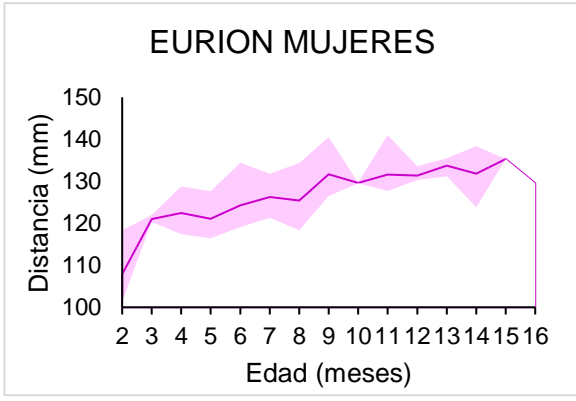


Figura 29. Gráfica de la tendencia del Eurion en mujeres

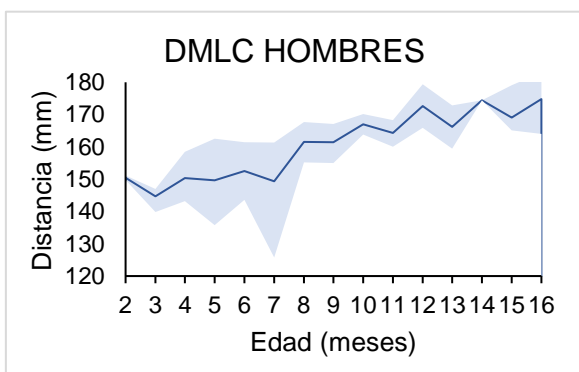


Figura 30. Gráfico de la tendencia de la DMLC en hombres

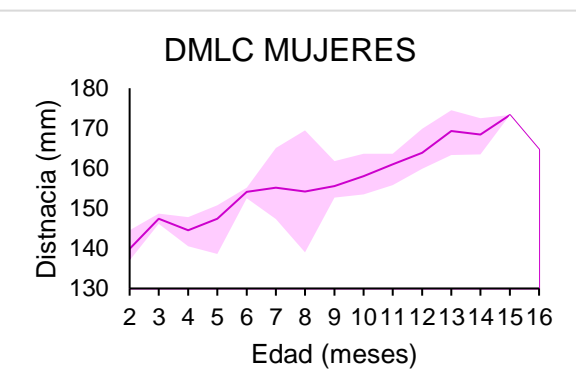


Figura 31. Gráfico de la tendencia de la DMLC en mujeres

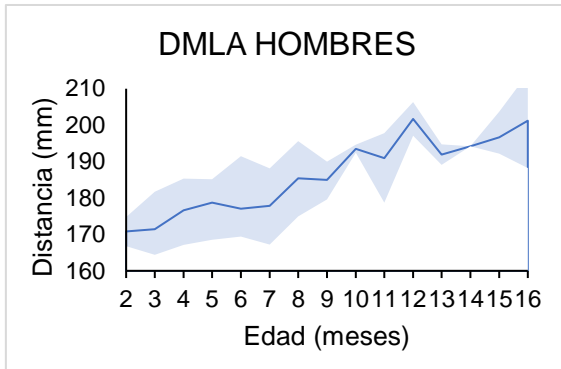


Figura 32. Gráfico de la tendencia de la DMLA en hombres

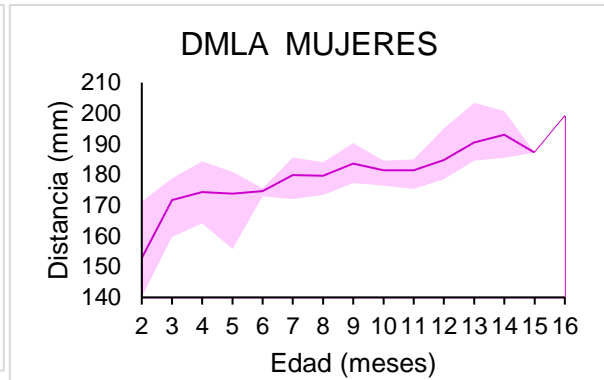


Figura 33. Gráfico de la tendencia de la DMLA en mujeres

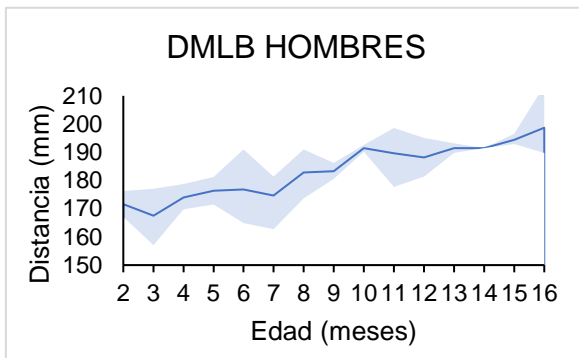


Figura 34. Gráfico de la tendencia de la DMLB en hombres

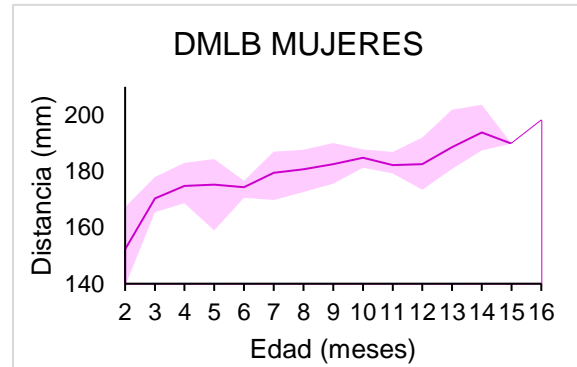


Figura 35. Gráfico de la tendencia de la DMLB en mujeres

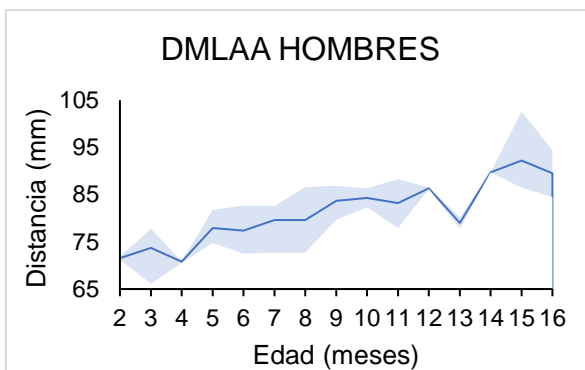


Figura 36. Gráfico de la tendencia de la DMLAA en hombres

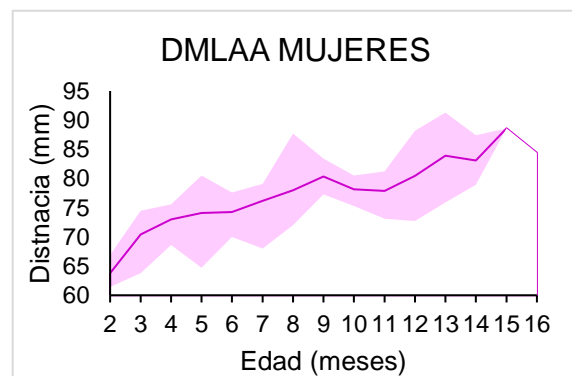


Figura 37. Gráfico de la tendencia de la DMLAA en mujeres

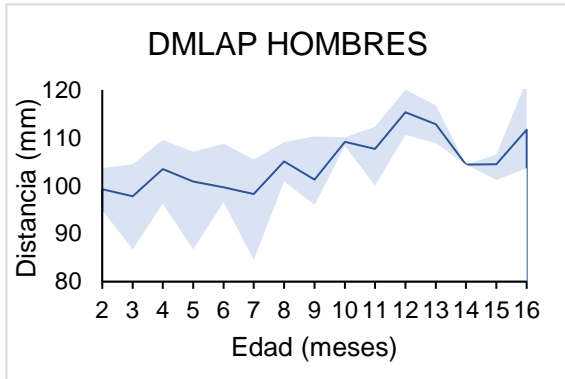


Figura 38. Gráfico de la tendencia de la DMLAP en hombres

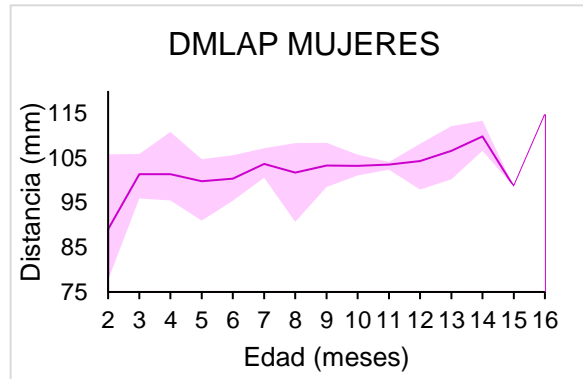


Figura 39. Gráfico de la tendencia de la DMLAP en mujeres

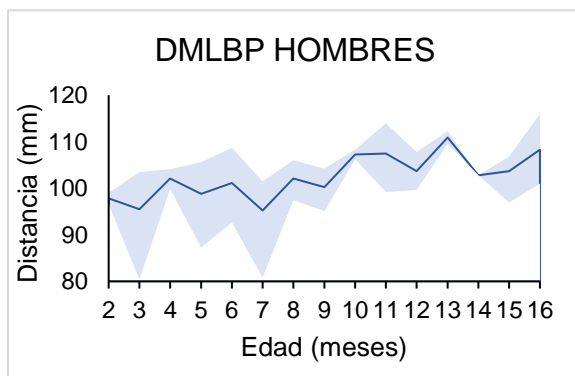


Figura 40. Gráfico de la tendencia de la DMLBP en hombres

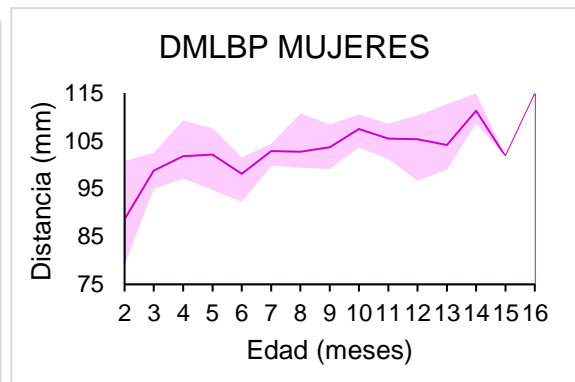


Figura 41. Gráfico de la tendencia de la DMLBP en mujeres

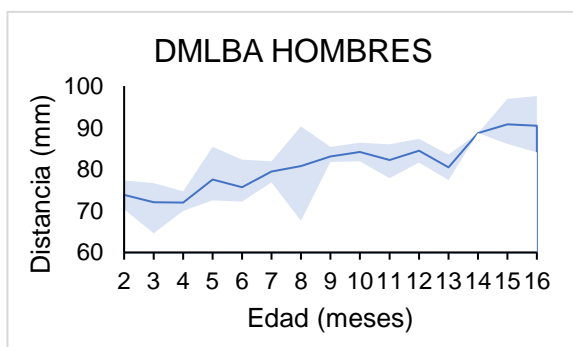


Figura 42. Gráfico de la tendencia de la DMLBA en hombres

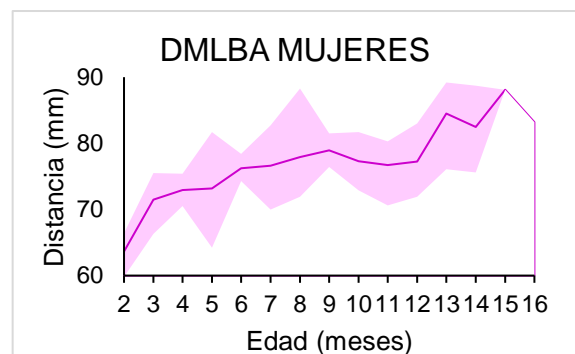


Figura 43. Gráfico de la tendencia de la DMLBA en mujeres

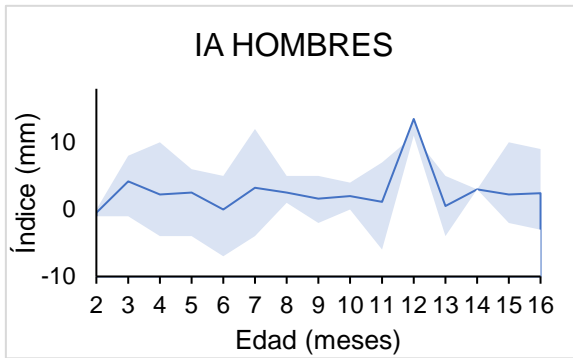


Figura 44. Gráfico de la tendencia del IA en hombres

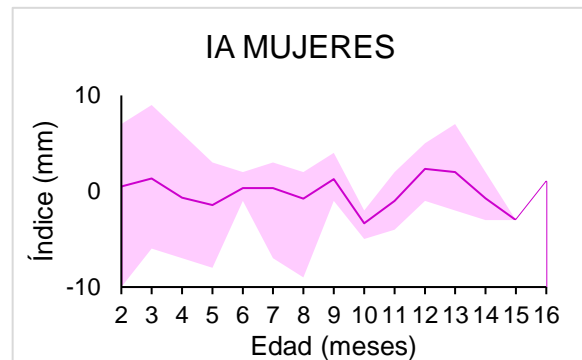


Figura 45. Gráfico de la tendencia del IA en mujeres

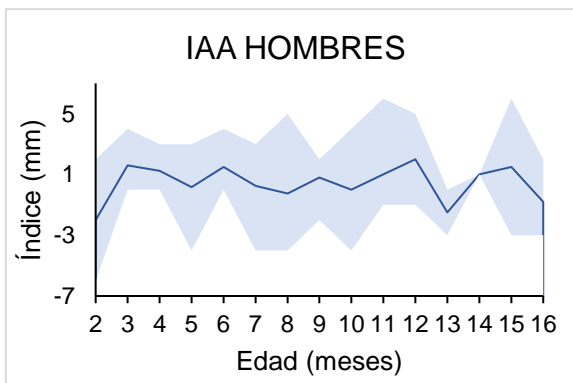


Figura 46. Gráfico de la tendencia del IAA en hombres

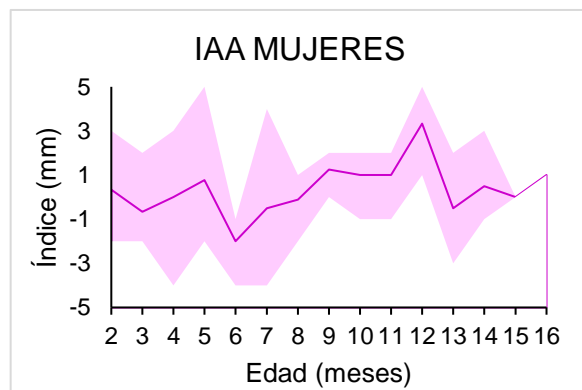


Figura 47. Gráfico de la tendencia del IAA en mujeres

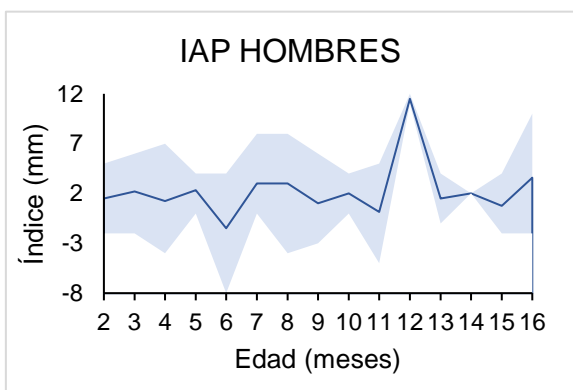


Figura 48. Gráfico de la tendencia del IAP en hombres

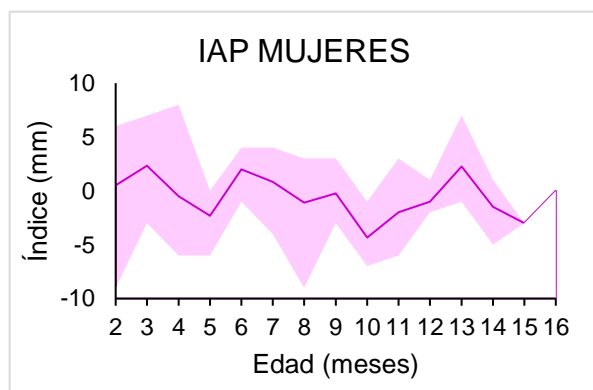


Figura 49. Gráfico de la tendencia del IAP en mujeres

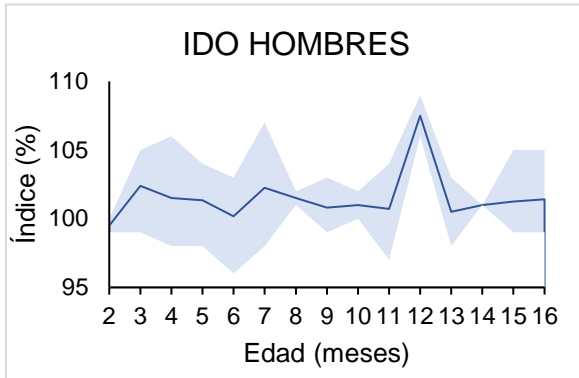


Figura 50. Gráfico de la tendencia del IDO en hombres

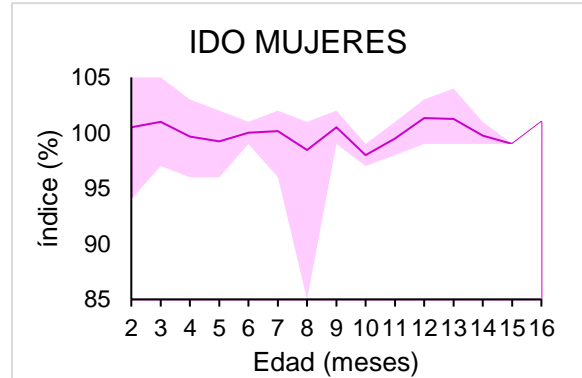


Figura 51. Gráfico de la tendencia del IDO en mujeres

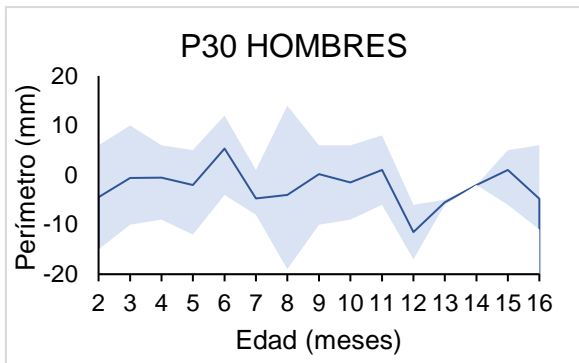


Figura 52. Gráfico de la tendencia del P30 en hombres

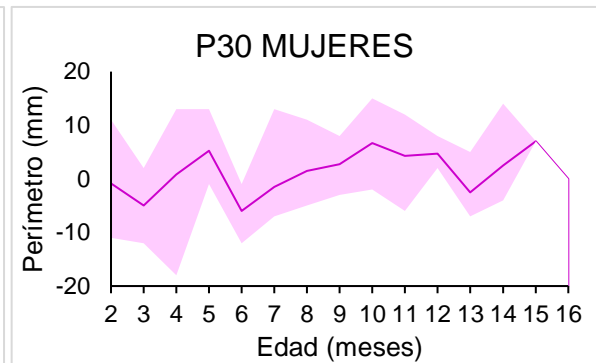


Figura 53. Gráfico de la tendencia del P30 en mujeres

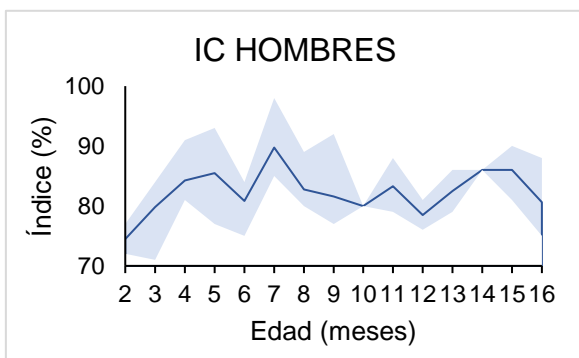


Figura 54. Gráfico de la tendencia del IC en hombres

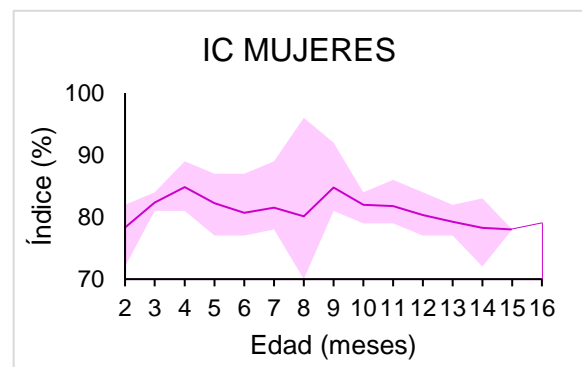


Figura 55. Gráfico de la tendencia del IC en mujeres

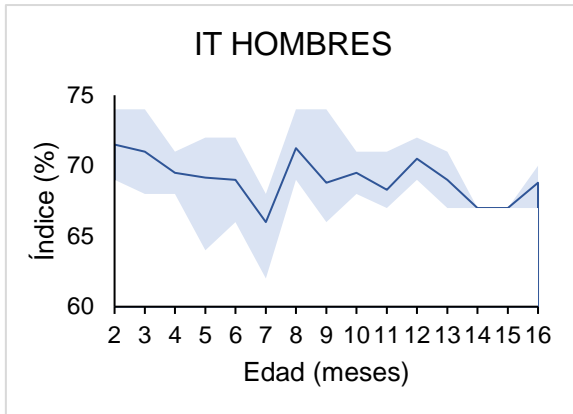


Figura 56. Gráfico de la tendencia del IT en hombres

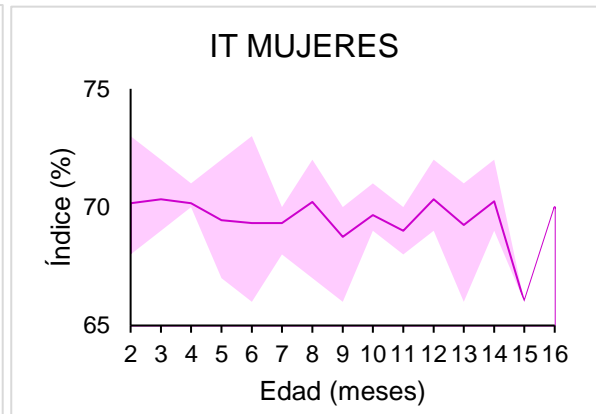


Figura 57. Gráfico de la tendencia del IT en mujeres

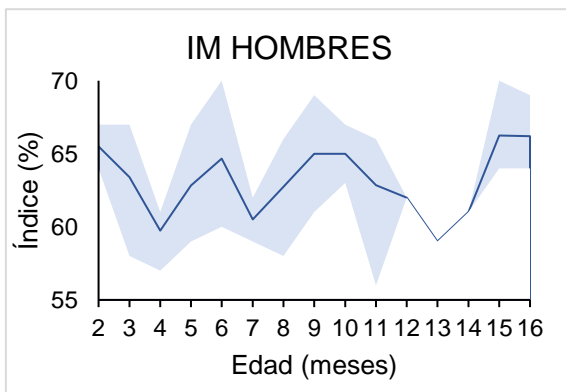


Figura 58. Gráfico de la tendencia del IM en hombres

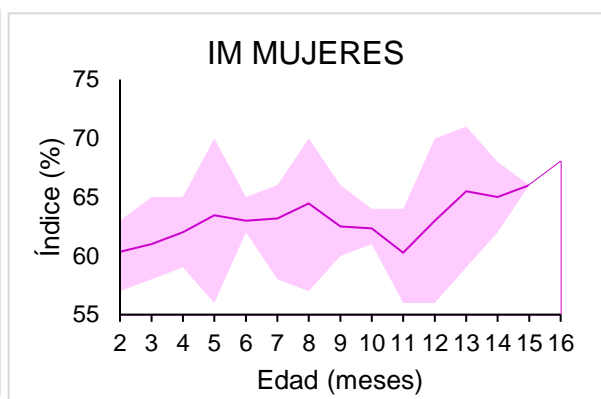


Figura 59. Gráfico de la tendencia del IM en mujeres

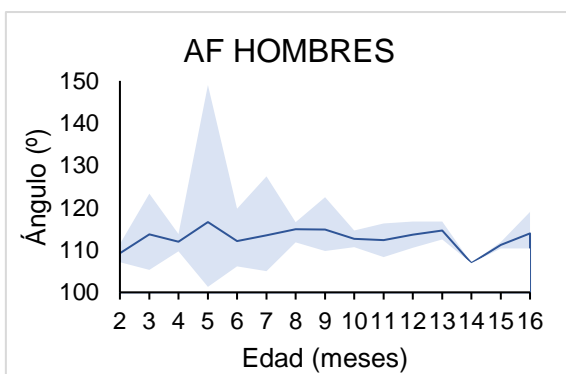


Figura 60. Gráfico de la tendencia del AF en hombres

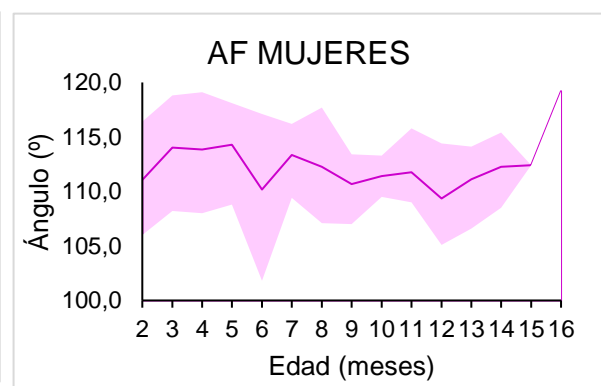


Figura 61. Gráfico de la tendencia del AF en mujeres

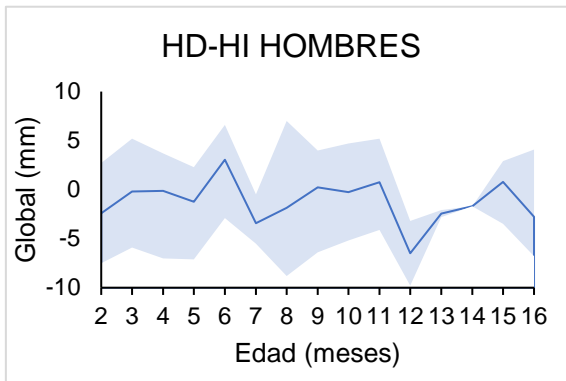


Figura 62. Gráfico de la tendencia del HD-HI en hombres

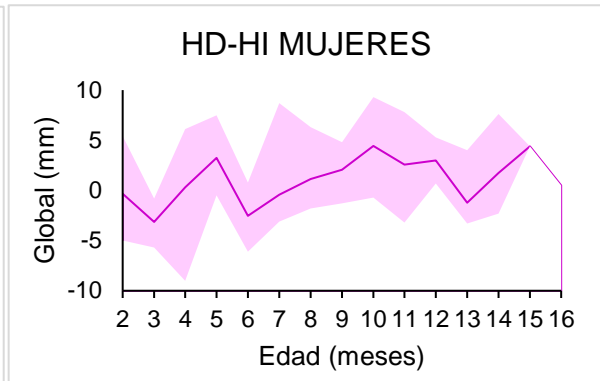


Figura 63. Gráfico de la tendencia del HD-HI en mujeres

Como se ha comentado en las tablas del apartado anterior, la tendencia creciente de las medidas antropométricas también se ve expresada en estas figuras y para ambos géneros conforme aumenta la edad. En cuanto a los índices, cada uno presenta un rango de normalidad, dentro del cual se encuentra la gran parte de los pacientes que han sido sometidos al estudio, no obstante en estos índices no se espera una tendencia creciente, si no que se mantienen en el rango de normalidad de forma independiente a la edad, reflejando de esta forma el tipo de malformación que pueda presentarse a nivel craneal en cada uno.

5.2.3. Interpretación de los índices craneales y su correlación patológica

Se presentan los siguientes gráficos donde se muestra la complementariedad entre los índices craneales, hecho que resulta útil para resaltar el rango normal establecido mediante este método de medición y para ayudar al posible diagnóstico de la patología craneal en aquellos lactantes que difieran de la normalidad.

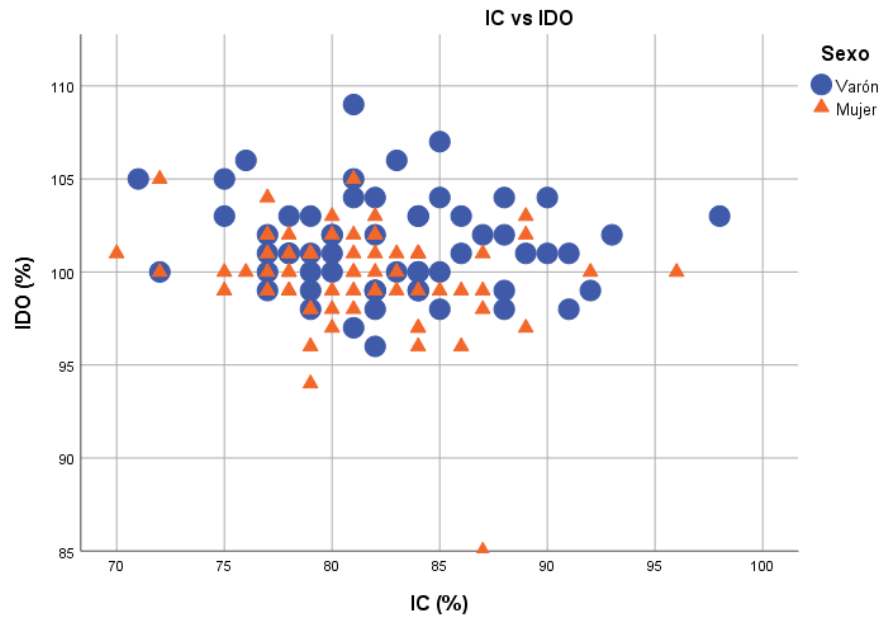


Figura 64. Comparación IC (%) vs IDO (%)

La comparación del IC con respecto al IDO se muestra en la figura 64, estableciéndose el rango de normalidad en un 95-105% del IDO y un valor de IC de 75-95%.

Un valor <75% para el IC representaría, dependiendo de la extremidad del mismo, la presencia y la gravedad de la escafocefalia, por el cierre prematuro de la sutura sagital que ocasiona una disminución de la anchura de la cabeza con respecto a su largura. Esto suele presentarse de forma más frecuente en prematuros. Como hecho contrario a este, los casos con IC aumentado (>95%), reflejan un aumento de la anchura de la cabeza con respecto a su largura, dato que se vería reflejado en pacientes que desarrollan braquicefalia.

El IM se compara frente al IC y al IDO en las figuras 65 y 66 respectivamente, donde se muestra un rango de normalidad para IM de 55-70%. En la comparación de los dos primeros, debería de reflejarse una correlación, debido a que cuando el IM se encuentra desviado en relación al IC, se puede presentar una alteración en las medidas craneales. Para justificar estos casos, hay que fijarse en la relación entre el IM vs IDO donde aquellos que se dispersen de dicha correlación podrían reflejar un cierre precoz del IM, dando la patología conocida como trigonocefalia.

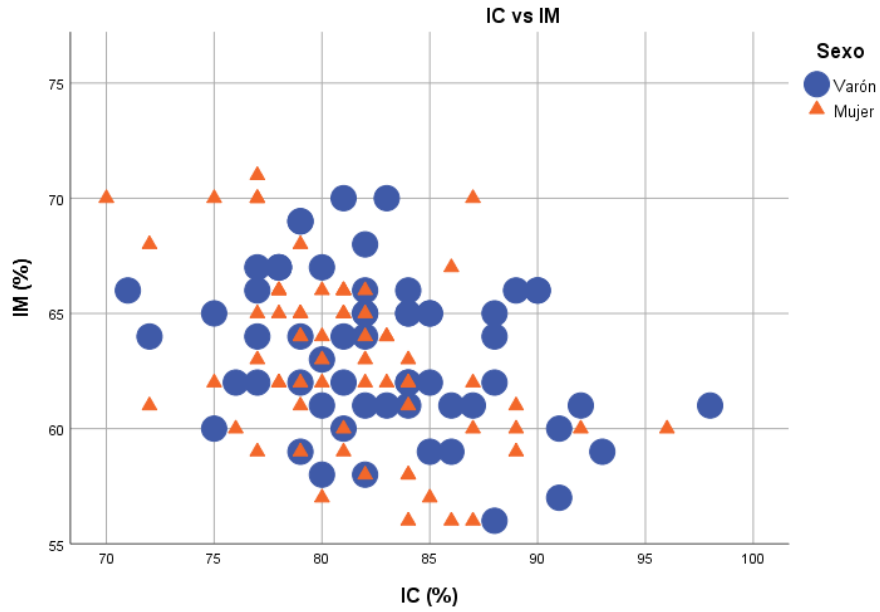


Figura 65. Comparación IC (%) vs IM (%)

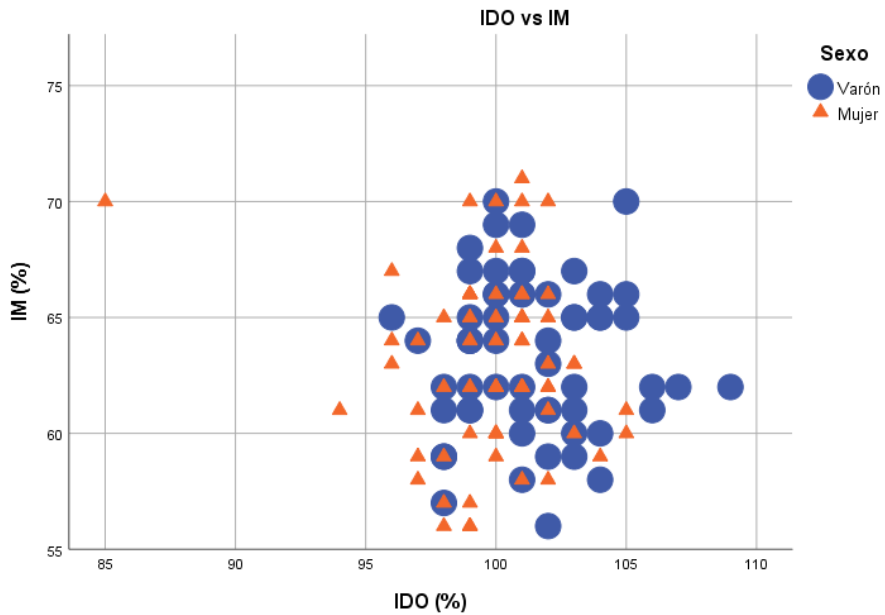


Figura 66. . Comparación IDO (%) vs IM (%)

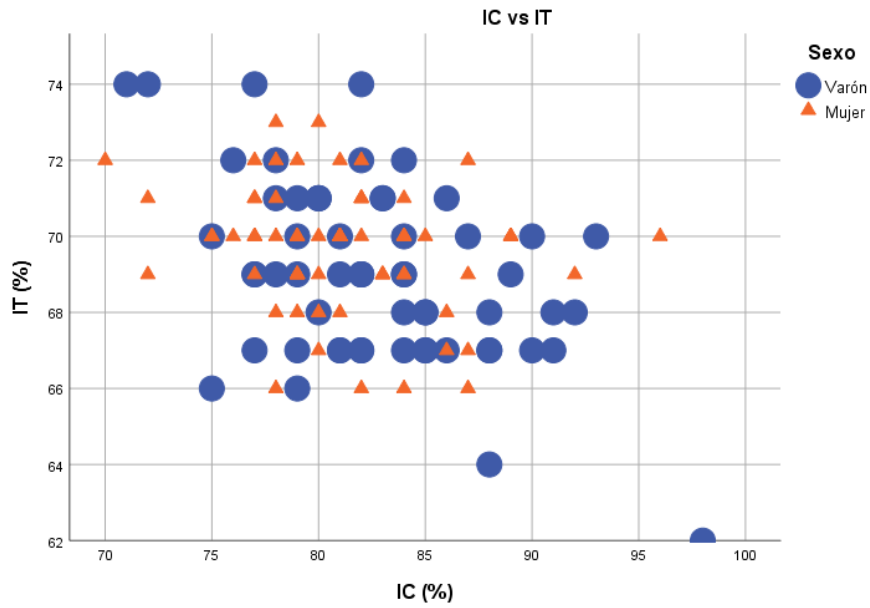


Figura 67. Comparación IC (%) vs IT (%)

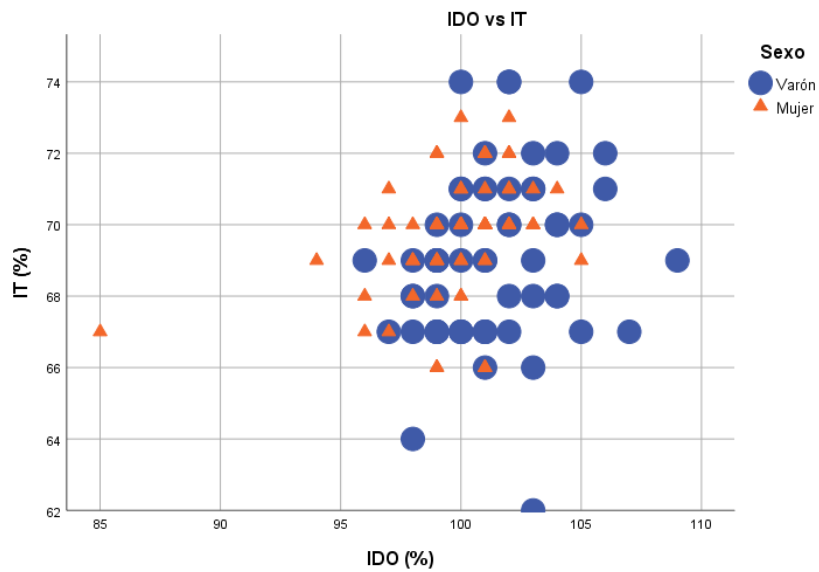


Figura 68. Comparación IDO (%) vs IT (%)

El IT se compara frente al IC y al IDO en las figuras 67 y 68 respectivamente, donde se muestra un rango de normalidad para IT de 65-75%. En la comparación de los dos primeros, debería de existir una correlación, debido a que si los puntos del gráfico difieren, representan alteraciones entre ambos índices, marcando macrocefalia o microcefalia.

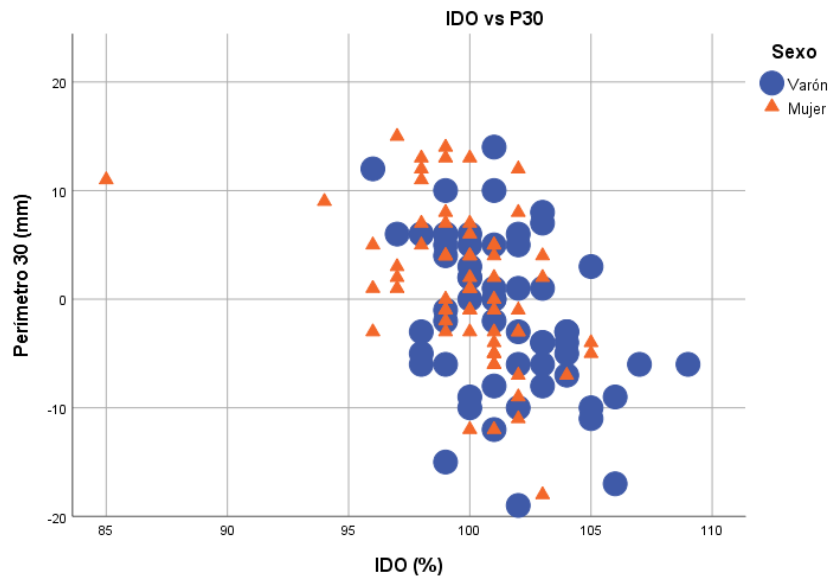


Figura 69. Comparación IDO (%) vs P30 (mm)

Analizando la comparación de P30 vs IDO mostrada en la figura 69, debe existir correlación entre ambos índices, detectando en caso contrario plagiocefalia. En cuanto a los valores de referencia establecidos para el P30, se encuentran entre -20 y 20 mm.

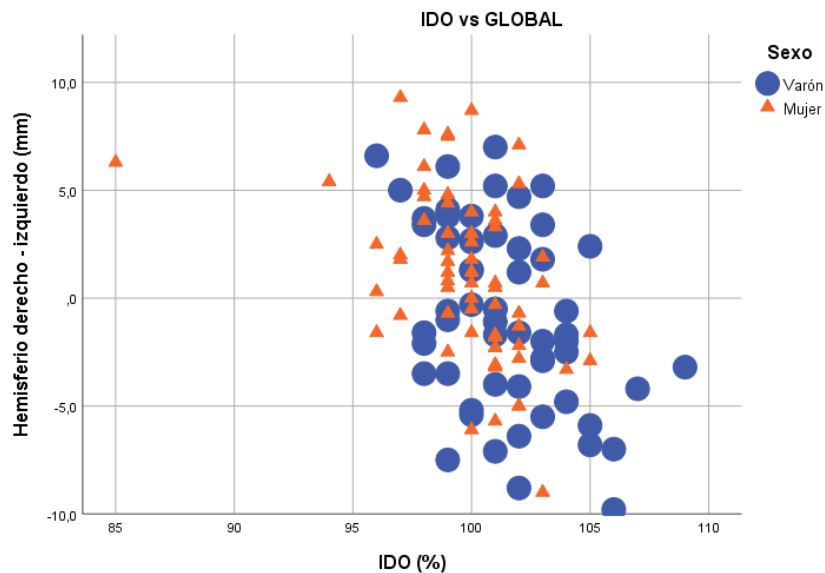


Figura 70. Comparación IDO (%) vs HD-HI (mm)

La comparación HD-HI vs IDO reflejada en la figura 70, muestra la correlación entre ambos índices. Los valores de referencia para HD-HI se han

establecido de -10 a 10 mm, mostrando un crecimiento mayor o menor de uno de los hemisferios con respecto a su contralateral en caso de situarse un valor fuera de este rango.

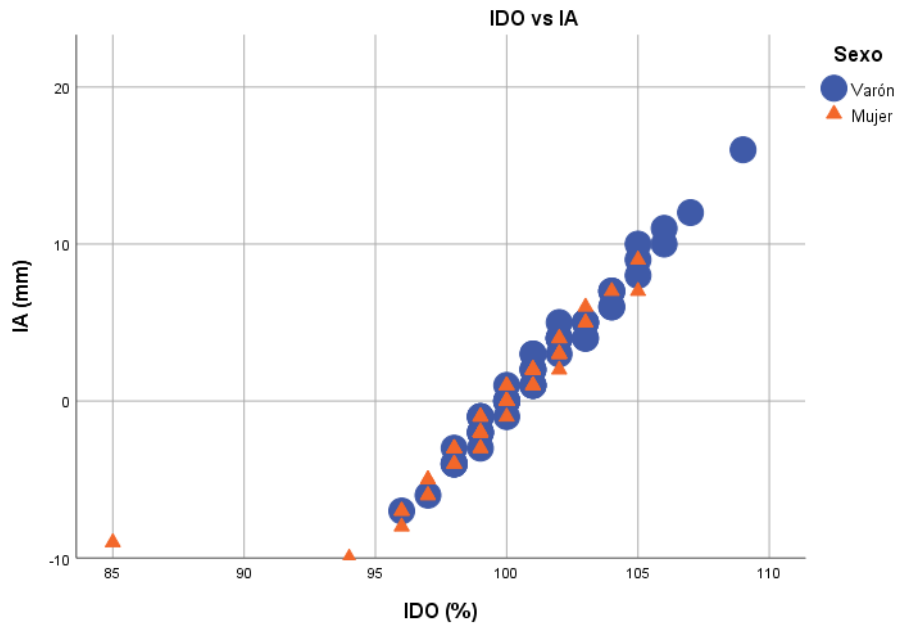


Figura 71. Comparación IDO (%) vs IA (mm)

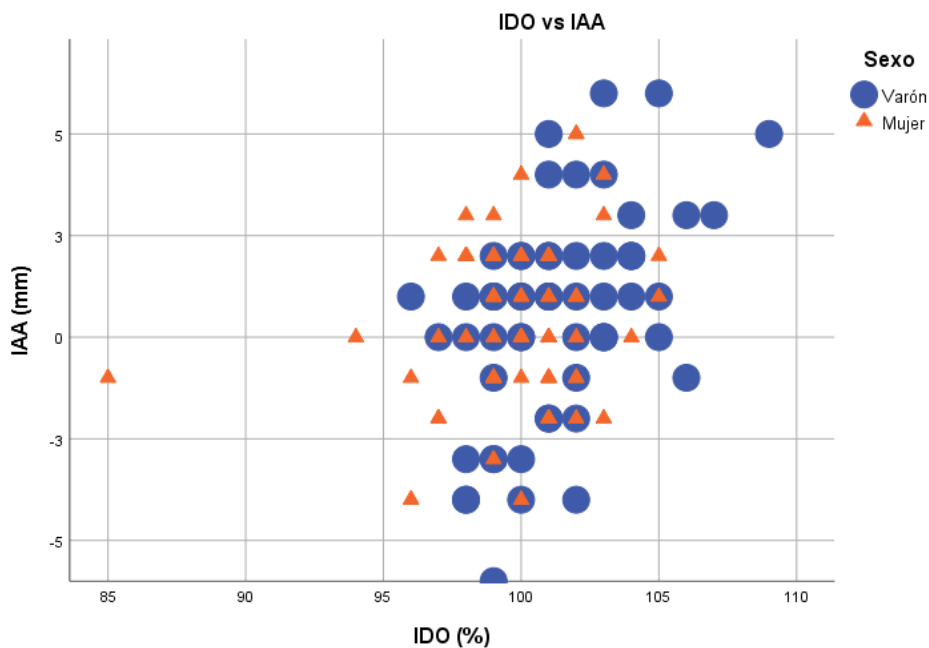


Figura 72. Comparación IDO (%) vs IAA (mm)

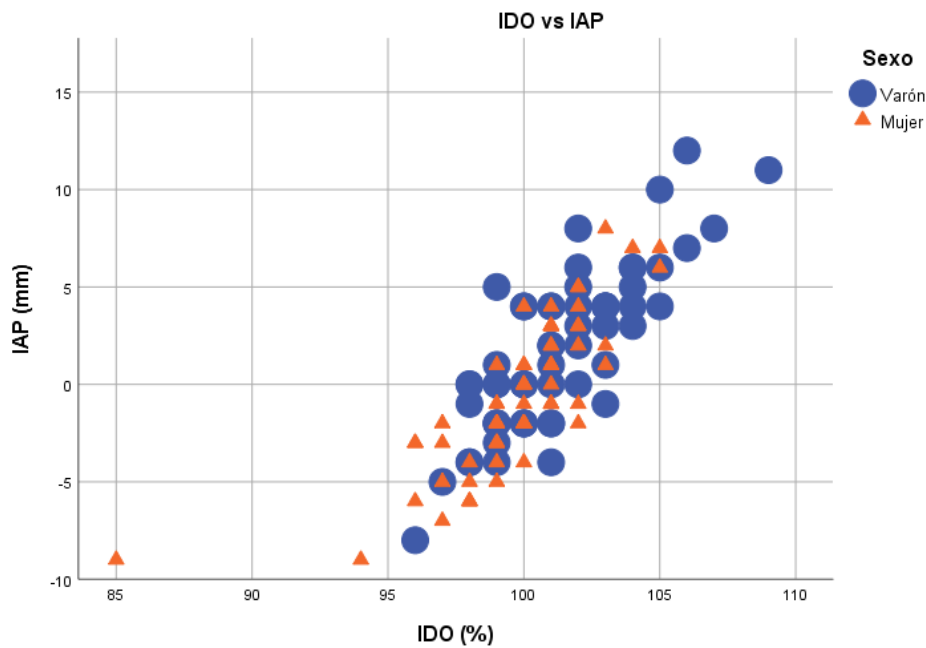


Figura 73. Comparación IDO (%) vs IAP (mm)

La comparación de IDO vs IA, IDO vs IAA e IDO vs IAP se muestra en las figuras 71, 72 y 73. En cada gráfico, los índices craneales representados deben estar correlacionados entre sí, esto se basa en que cuando IDO es 100, el IA debería ser 0. Conforme aumenta IDO, aumenta IA y viceversa. En casos de que no exista correlación frente al IAA o IAP, se reflejaría una desproporción de la cabeza con tendencia anterior o posterior respectivamente, mostrando asimetrías de la cabeza hacia esa posición, y por tanto reflejando casos de plagiocefalia anterior o posterior respectivamente.

5.3. DIFERENCIAS DE LOS PARÁMETROS SEGÚN EL SEXO

Al analizar los datos se consideró necesario dividir la muestra por edad y sexo para valorar si había diferencias según el mismo. Se observó, tal y como queda recogido en la tabla 13, que los hombres presentan parámetros más altos que las mujeres en la mayoría de las variables.

Para contrastar si los datos se ajustan o no a una distribución normal se utilizó la prueba de SW (tabla 13) y en el caso de que siguieran dicha distribución ($p > 0,05$) se aplicó la prueba T de comparación de medias para muestras independientes. Para el resto se empleó la prueba de MW.

Tal y como se observa en la tabla 13, existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en las variables VC, PC, DPP, Eurion, DMLC, DMLA, DMLAA, DMLBA, IA, IAP, IDO, P30, IT y HD-HI.

Tabla 13. Diferencias de los parámetros según el sexo				
Variables	\bar{x} (DE) ó (rango)		Prueba SW	Prueba T o MW
Sexo	Hombres	Mujeres	p value	p value
VC (ml)	827,9 (170)	730,6 (136,9)	0,979	*0,001
PC (mm)	465,5 (29,5)	448,1 (25,4)	0,662	*0,001
DPP (mm)	114,7 (7,6)	109,8 (6,2)	0,149	*0,000
Eurion (mm)	131,4 (10)	125 (8,3)	0,067	*0,000
DMLC (mm)	158,9 (11,6)	154,6 (10)	0,067	*0,027
DMLA (mm)	185 (49,8)	179,2 (63,3)	0,042	*0,004
DMLB (mm)	181,3 (56,5)	179,8 (64,4)	0,024	0,061
DMLAA (mm)	81 (6,8)	76,2 (6,7)	0,493	*0,000
DMLAP (mm)	104,4 (37,5)	102,4 (36,9)	0,004	0,119
DMLBA (mm)	80,5 (7,2)	75,9 (6,7)	0,819	*0,000
DMLBP (mm)	102,2 (35,6)	102,5 (35,9)	0,000	0,849
IA (mm)	2,4 (4,7)	-0,2 (3,9)	0,271	*0,001
IAA (mm)	1 (12)	0 (9)	0,015	0,324
IAP (mm)	1,8 (4,1)	-0,6 (3,8)	0,322	*0,001
IDO (%)	101 (13)	100 (20)	0,000	*0,005
P30 (mm)	-1,4 (7,3)	1,3 (7)	0,373	*0,038
IC (%)	82 (27)	81 (26)	0,044	0,091
IT (%)	69 (12)	70 (7)	0,002	*0,046
IM (%)	64 (14)	63 (15)	0,037	0,528
AF (°)	112,4 (47,7)	113,1 (17,4)	0,000	0,861
HD-HI (mm)	-0,7 (4,3)	1 (3,9)	0,664	*0,019

5.4. COMPARACIÓN DE LOS HALLAZGOS OBTENIDOS POR FOTOGAMETRÍA 3D FRENTE A TAC HELICOIDAL

Hasta el momento, solo existen estudios que establecen valores de la normalidad de los índices antropométricos craneales mediante imágenes reconstruidas en 3D con TAC helicoidal, siendo uno de ellos, el más amplio, el que se ha utilizado de referencia para la creación del PhotoMeDas. En dicho estudio, los autores evaluaron a un total de 312 pacientes distribuidos de forma prácticamente equitativa entre sexos, con un 52,2% de hombres y un 47,8% de mujeres, siendo esto similar a nuestro estudio ⁽⁶⁾. En ambos estudios, la diferenciación de los pacientes por sexo mostró que los índices antropométricos craneales medios teniendo en cuenta todas las edades, resultaron similares para ambos sexos (tabla 14). En cuanto a la comparación entre ambos estudios, la prueba utilizada ha sido la de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas. Con ella se ha observado mediante el valor de p que los índices muestran diferencias estadísticamente significativas tanto en hombres como en mujeres entre ambos estudios ($p < 0,05$); a excepción del valor del IC en los hombres, el cual las diferencias mostradas no son estadísticamente significativas ($p > 0,05$) (tabla 14).

Tabla 14. Nuestros valores según sexo						
Sexo	Índice cefálico	p value	Índice metópico	p value	Índice de turricefalia	p value
Hombres	0.82 (0.05)	0,427	0.63 (0.03)	*0,000	0.69 (0.02)	*0,000
Mujeres	0.81 (0.04)	*0,001	0.63 (0.04)	*0,000	0.69 (0.02)	*0,000

Estadístico empleado: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

Por otro lado, según la estratificación de la muestra del estudio realizada por grupos de edad, se ha podido realizar la comparación de los índices craneales medios según dichos grupos de edad. Para ello, los grupos se han obtenido acorde a la estratificación realizada en el estudio de referencia con TAC helicoidal (tabla 15). De tal forma que mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas y teniendo en cuenta el valor de p, se ha observado que el IT en todos los grupos de edad presenta diferencias estadísticamente significativas

($p < 0,05$), del mismo modo que el IM, todo ello referente a la comparación entre ambos estudios. En cuanto al IC, de forma contraria a lo que ocurre con el metópico; únicamente presenta diferencias estadísticamente significativas el grupo de edad de 2-3 meses ($p < 0,05$), mientras que en el resto de grupos de edad las diferencias encontradas no son estadísticamente significativas ($p > 0,05$) (tabla 15).

Tabla 15. Nuestros valores según grupos de edad						
Edad (meses)	Índice cefálico	p value	Índice metópico	p value	Índice turricefalia	p value
2-3 meses	0.79 (0.75-0.83)	*0,000	0.62 (0.59-0.65)	*0,005	0.71 (0.69-0.73)	*0,000
4-6 meses	0.83 (0.79-0.88)	0,307	0.63 (0.59-0.66)	*0,000	0.69 (0.67-0.71)	*0,000
7-12 meses	0.82 (0.77-0.87)	0,116	0.63 (0.59-0.66)	*0,000	0.69 (0.67-0.71)	*0,000
13-16 meses	0.81 (0.76-0.85)	0,432	0.65 (0.61-0.68)	*0,000	0.68 (0.67-0.70)	*0,000

Estadístico empleado: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

6. DISCUSIÓN

Como médicos hemos evidenciado problemas para valorar las deformidades craneales por simple inspección, por lo que es importante intentar encontrar un método menos objetivo y más preciso, ya que algunas de ellas podrían pasar desapercibidas y es bien sabido que si se detectan de forma precoz se puede evitar la progresión de las mismas, con la posible evitación de complicaciones tanto neurológicas como a nivel del desarrollo de los niños.

Tal y como se ha mencionado a lo largo del trabajo, la presencia de craneosinostosis implica la fusión prematura de suturas, bien de forma aislada o presentando fusión de múltiples suturas de forma conjunta. En algunos casos, la craneosinostosis puede estar presente en determinados síndromes como el síndrome de Crouzon o de Alpert, relacionándose en estas situaciones con la presencia de múltiples suturas fusionadas. Junto a ello, se pueden desarrollar anomalías estéticas a nivel facial e incluso llegar a niveles más extremos y producir una elevación de la PIC, ocasionando problemas a nivel del desarrollo neurológico de los niños ⁽⁶⁾. Esta entidad muestra alteraciones en los volúmenes e índices medidos mediante técnicas más invasivas como es el TAC pero no se pueden determinar solo con la medición del PC.

Así, en algunos estudios han demostrado que el VC se encuentra elevado en un porcentaje de casos de escafocefalia diagnosticadas por TAC, dato que se contempla y se cuantifica con el método de medida no invasivo PhotoMeDas, ayudando además a poder hacer un seguimiento para evitar las posibles complicaciones asociadas, descritas como aumento de la PIC, lo que conlleva a la necesidad de un tratamiento quirúrgico ⁽¹⁹⁾.

Con los años ha habido avances en las técnicas diagnósticas y quirúrgicas bien conocidos, pero en cambio, con respecto a las malformaciones craneales, solo la cirugía reparadora de deformidades graves ha innovado, ya que en los métodos de diagnóstico y evaluación no se han visto grandes avances, recurriendo en la

mayoría de ocasiones a la evaluación de forma subjetiva por parte de los equipos de neurocirugía pediátrica.

En algunos estudios se ha destacado la importancia de métodos objetivos de valoración basados en medidas craneales, lo cual ofrece resultados más fiables, además de poder ser de utilidad para encaminar el tratamiento pre y postoperatorio de la craneosinostosis y valorar la necesidad posterior de colocación de cascos específicos para cada patología ⁽⁶⁾.

La mayoría de trabajos publicados sobre esta materia han demostrado la necesidad de establecer valores objetivos de normalidad para la valoración, el tratamiento de la craneosinostosis y para deformidades más leves como la plagiocefalia posicional y/o la braquicefalia. De hecho, muchos autores presentan conformidad con que realizar de forma objetiva las mediciones craneales representa un factor primordial para la valoración y el tratamiento de las deformidades craneales ^{(35),(45),(46),(47),(48)}. No obstante, tras la revisión de la bibliografía no se encontró ningún trabajo que estudie tantas variables como el presente e incluso en los que se han publicado hasta ahora, los métodos objetivos que emplean son basados en técnicas invasivas, como el TAC helicoidal. Además, no existen valores de referencia, de ahí su importancia, por ser pionero y el primero en estudiar y establecer los valores normales de las medidas craneales y de los diferentes índices a nivel craneal, de tal forma que con nuestra muestra de pacientes iniciamos la posibilidad de establecer unos parámetros de normalidad mediante esta nueva metodología de fotogrametría 3D que hasta ahora no se ha empleado en la práctica clínica.

En cuanto a la valoración que se realiza en la práctica clínica habitual, en las consultas rutinarias, es esencial para el seguimiento de los pacientes, no obstante, el único método de valoración que poseen los pediatras en estas consultas son la cinta métrica y en ocasiones un craneómetro, permitiendo valorar de forma exclusiva el PC, excluyendo así la medición de otras variables e índices craneales que resultan importantes para la detección de patología que puede pasar

desapercibida por el ojo clínico y que han sido reflejados a lo largo del presente estudio.

Autores como Christofides y Steinmann se basaron en el diámetro de la glabella, el diámetro del eurion (siendo este la anchura máxima del cráneo) y la longitud de la oreja en niños y adultos para describir la forma de la cabeza ⁽³⁵⁾. El estudio de Farkas et al. también establece valores para los índices cefálicos, no obstante, los valores que se muestran tanto en su estudio como en el de Cristofides y Steinmann parecen ligeramente más bajos (0,73-0,79) que los del presente estudio (0,83-0,85) para las edades de 6 a 16 meses ^{(35),(45)}.

En estudios similares, Wilbrand et al. realizaron la evaluación mediante medidas antropométricas obtenidas manualmente del índice cefálico en lactantes normales y con deformidad craneal de 0 a 12 meses para establecer estándares objetivos para el diagnóstico de la plagiocefalia posicional y la braquicefalia, obteniendo para el percentil 50 unos índices cefálicos de 0,79-0,84 en niños normales, lo cual se aproxima a los valores obtenidos en nuestro estudio ⁽⁴⁹⁾. En estudios anteriores, hay autores que han notificado rangos similares para el índice cefálico de 0,75-0,85 ⁽⁵⁰⁾, datos muy concordantes con los encontrados en nuestro estudio.

En el estudio de Wilbrand et al. demostraron que al comparar lactantes con braquicefalia posicional con lactantes sanos, el IC se encontraba elevado con respecto al percentil 90 en más del 99% de los lactantes afectados ⁽⁴⁹⁾.

Hasta el momento, los estudios realizados que se muestran en la bibliografía han sido capaces de establecer los parámetros normales de ciertos índices como el IC, el cual, a partir del grupo de más de 3 meses de edad del presente estudio las diferencias encontradas no son estadísticamente significativas en cuanto a la utilización de un método u otro, por lo tanto, los valores de referencia que han sido establecidos por este método pueden ser muy útiles para el screening y seguimiento de niños con sospecha clínica.

El estudio en el que principalmente se ha basado PhotoMeDas, el cual realizó su procedimiento mediante métodos invasivos como el TAC helicoidal,

propuso la introducción de dos nuevos índices, el metópico y el de turricefalia, los que resultan potencialmente aplicables para el estudio y seguimiento de la sinostosis metópica y bicoronal ⁽⁶⁾. Para estos índices, se establecieron valores normales para rangos de edades predefinidos, abarcando desde los 0 hasta los 24 meses de edad.

Teniendo en cuenta estos grupos de edad, en el presente estudio el IC presentó el valor más disminuido a la edad de 2-3 meses con un valor de 0,79; presentando a su vez el máximo valor de 0,83 a la edad de 4-6 meses y disminuyendo posteriormente hasta los 16 meses. De tal forma que en el estudio realizado por Pindrik et al. ⁽⁶⁾ se muestran unos valores muy similares, a excepción del grupo de 0-3 meses. En cambio, en el IM se produjo un ascenso de 0,62 a la edad de 2-3 meses hasta 0,65 a la edad de 13-16 meses, lo cual se presenta de forma contraria al estudio de referencia que se sirve del empleo del TAC helicoidal, en el que este índice sufre una disminución de 0,59 a la edad de 0-3 meses a 0,55 a la edad de 13-24 meses ⁽⁶⁾. En cuanto al IT en el presente estudio pasa de un valor de 0,71 a la edad de 2-3 meses a 0,68 a la edad de 13-16 meses, lo cual también ocurre de forma distinta al estudio de referencia, debido a que en este último los valores se mantienen uniformemente entre 0,64 y 0,65 ⁽⁶⁾.

Esto se explica porque en el presente estudio se emplean puntos de referencia geométricos, alejados de referencias anatómicas, que son las empleadas por las técnicas invasivas como el TAC helicoidal, de ahí que nuestros valores de cada variable presenten cifras o datos mayores, al estar la referencias tomadas más alejadas de los puntos anatómicos.

Por otro lado, lo que ocurre con el índice metópico y de turricefalia, los cuales fueron introducidos por el estudio de referencia tal y como se ha indicado anteriormente para el diagnóstico de ciertas patologías, justifican el hecho de establecer unos parámetros normales en base a esta nueva técnica de medición que presentamos, debido a que no se correlacionan con los valores obtenidos por TAC helicoidal, ya que ambos métodos utilizan diferentes puntos de referencia a la hora de la medición de las variables. Por tanto, no podemos comparar los valores del presente estudio con otros anteriormente obtenidos por ser el primer estudio

que emplea esta técnica de imagen y apoya la importancia de realizar estudios poblacionales como el que hemos realizado en este trabajo, pionero y único en el momento actual.

En cuanto al empleo del valor del IDO para el estudio de asimetrías faciales, en el presente estudio se ha establecido un punto de corte mayor al 105% a partir del cual se puede sospechar el diagnóstico de asimetrías craneales. Teniendo en cuenta este dato, existe un estudio en concreto basado en la comparación de asimetría craneofacial con imágenes estereofotogramétricas en 3D realizado a un total de 75 pacientes, en el que se establece que los pacientes con una longitud craneal oblicua mayor o igual al 104% podrán ser identificados con asimetrías craneales, determinando una plagiocefalia deformativa ⁽⁵¹⁾.

Para la selección de los pacientes a estudio, dentro de la muestra global, se pretendió escoger a un mayor número de pacientes dentro de los 6 primeros meses de vida ya que es importante detectar las malformaciones craneales antes de esta edad, período a partir del cual los lactantes comienzan a adoptar posturas de sedestación y la tendencia tanto de las malformaciones benignas como de las craneosinostosis es a permanecer en la forma previamente adoptada, siendo difícil revertir las alteraciones estéticas establecidas. Siguiendo con la selección de la muestra, para poder valorar de forma correcta las diferencias entre edades y a su vez entre sexo, una vez obtenidos todos los datos y ser clasificados los índices y valores antropométricos, se observó que a edades próximas no se mostraban diferencias significativas, motivo por el cual, para ciertos aspectos del análisis estadístico se procedió a la agrupación de los mismo por grupos de edad. Para ello se establecieron 6 grupos diferentes de edad: grupo 1: 2-3 meses, grupo 2: 4, 5 y 6 meses, grupo 3: 7, 8 y 9 meses, grupo 4: 10, 11 y 12 meses, grupo 5: 13, 14 y 15 meses y el grupo 6 para los de 16 meses.

A la hora de interpretar los resultados, es importante valorar las limitaciones y fortalezas de este trabajo. En cuanto a las fortalezas, este estudio es el primero que valora los índices normales de la morfometría craneal mediante fotogrametría 3D, con el empleo de este gorro pionero por su diseño ya que carece de carácter invasivo y puede emplearse en una consulta de rutina con la obtención de los

valores de cada paciente en apenas 5 o 10 minutos, así como suponer una reducción en los costes económicos. Además, la ventaja del empleo de estos modelos 3D es que permiten servir de información tanto para la determinación de la normalidad de los diferentes parámetros estudiados, como para el estudio de posibles deformidades craneales, su diagnóstico y su procedimiento terapéutico, tanto quirúrgico como ortopédico ⁽⁴¹⁾.

En cuanto a las limitaciones que han podido surgir a lo largo del estudio, lo más relevante a destacar han sido los problemas técnicos en cuanto a la luz disponible en algunas consultas los primeros días de realización de las mediciones. Esto es debido a que para la recogida óptima de los datos se precisa colocarse en una posición de contraluz, para evitar posible reflejos a la hora de la lectura de los diferentes códigos.

Debido a que se trata de un estudio piloto, en cuanto a los gorros se disponía de tres tallas diferentes, que eran empleadas de acuerdo a la edad de cada niño; no obstante, para los de menor edad, en concreto para los de 2 o 3 meses en los que todavía la cabeza se va amoldando tras el parto, resultaba más difícil un adecuado acople de los gorros, quedando en algunos casos diferentes pliegues, por lo que estas medidas eran desechadas, para no interferir en los parámetros normales del resto de la población.

A la hora de analizar los resultados, en las variables establecidas para las mujeres de 16 meses, al ser un grupo con una única paciente, no se ha podido establecer la media y su desviación para cada uno de los resultados, por lo que para próximos estudios, se apoya el hecho de agrupar a los pacientes por rangos de edad. Hecho parecido ha ocurrido a la hora de la representación gráfica con los hombres de 12 meses, debido a que únicamente se contaba con 2 pacientes, y entre estos, uno de ellos presenta valores fuera de rango, lo que hace que la tendencia no sea la misma que en el resto del grupo. Dato a tener en cuenta para futuros estudios, en los que sería conveniente aumentar el tamaño de la muestra.

Como otra limitación, tal y como se ha recogido en otros estudios ⁽³⁶⁾, hay que destacar el artefacto que puede suponer el cabello de los niño mayores, debido a que puede darse un inadecuado ajuste del gorro y con ello errores en las

mediciones necesarias de descartar.

Como se ha mencionado anteriormente, no se pueden realizar comparaciones precisas con otros estudios debido a que los hasta ahora presentes emplean valores de referencia anatómicos por realizarse mediante métodos invasivos y en este estudio se tienen en cuenta puntos geométricos, siendo estos los puntos más alejados del perímetro máximo, por tanto, los puntos de partida de comparación no son exactamente los mismos, demostrándose con este hecho la necesidad de encontrar los valores de normalidad para esta técnica de medición.

7. CONCLUSIONES

1. La técnica de estudio de la morfología craneal mediante fotogrametría 3D es un método sencillo, no invasivo y carente de irradiación que se puede realizar con facilidad en los niños a cualquier edad.
2. La edad del niño no supone una limitación para el estudio, aunque excluimos a los pacientes menores de 2 meses para evitar el factor de confusión asociado a remodelamiento craneal producido durante el embarazo o parto, por lo que creemos que puede ser interesante realizar estudios que incluyan este rango poblacional.
3. Los valores de referencia de los índices craneales en la población general necesitan percentilarse por edad y sexo, puesto que hay diferencias que podrían conducir a errores diagnósticos.
4. Los índices por fotogrametría 3D y los de TAC helicoidal difieren al emplear referencias geométricas en lugar de anatómicas.
5. Al obtener una imagen tridimensional de la morfología de la cabeza se puede evidenciar de forma objetiva las alteraciones cefálicas posicionales, pudiéndose instaurar antes un tratamiento adecuado que evite la necesidad de utilizar tratamientos ortopédicos más agresivos.
6. No hemos podido encontrar diferencias raciales entre las medidas craneales, posiblemente por el tamaño muestral de otras nacionalidades.
7. La fotogrametría 3D es útil para valorar la presencia de escafocefalia y braquicefalia, viéndose reflejada mediante una disminución o un aumento del IC respectivamente, dato de gran importancia porque ayuda a identificar pacientes de riesgo que puedan necesitar completar el estudio y/o tratamiento.
8. Con el estudio de la morfología craneal mediante fotogrametría 3D se podrá identificar niños con plagiocefalia anterior y posterior cuando están los índices de asimetría en correlación con el IDO alterados.
9. Para poder realizar adecuadas mediciones mediante la fotogrametría 3D debemos contar con condiciones lumínicas adecuadas, múltiples tamaños de los gorros y el tiempo suficiente, siendo estos datos limitantes para el estudio.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Ruengdit S, Troy Case D, Mahakkanukrauh P. Cranial suture closure as an age indicator: A review. *Forensic Sci Int.* 2020;307:110111.
2. Bustamante JL, Miquelini LA, Fontana AM, D'Agustini M. Anatomía aplicada a las fontanelas. *Neurocirugía (Astur).* 2010;21(3):253-259.
3. Azoury SC, Reddy S, Shukla V, Deng C-X. Fibroblast growth factor receptor 2 (FGFR2) mutation related syndromic craniosynostosis. *Int J Biol Sci.* 2017;13(12):1479-1488.
4. Brah TK, Thind R, Abel DE. Craniosynostosis: Clinical Presentation, genetics, and prenatal diagnosis. *Obstet Gynecol Surv.* 2020;75(10):636-644.
5. Stanford children's health. Anatomía del cráneo del recién nacido. [Internet]. 2021. Disponible en: <https://www.stanfordchildrens.org/es/topic/default?id=anatomyofthenewbornskull-90-P04943>.
6. Pindrik J, Molenda J, Uribe-Cardenas R, Dorafshar AH, Ahn ES. Normative ranges of anthropometric cranial índices and metopic suture closure during infancy. *J Neurosurg Pediatr.* 2016;25(6):667-673.
7. Barbero-García I, Lera JL, Miranda P, Marqués-Mateu Á. Smartphone-based photogrammetric 3D modelling assessment by comparison with radiological medical imaging for cranial deformation análisis. *Measurement (Lond).* 2019;131:372-9.
8. Linz C, Kunz F, Böhm H, Schewitzer T. Positional skull deformities. *Dtsch Arztebl Int.* 2017;114(31-32):535-542.
9. Dempsey RF, Monson LA, Maricevich RS, Truong TA, Olarunnipa S, Lam SK, Dauser RC, Hollier LH Jr, Buchanan EP. Non-syndromic Craniosynostosis. *Clin Plast Surg.* 2019;46(2):123-139.
10. Di Ieva A, Bruner E, Davidson J, Pisano P, Haider T, Stone SS, Cusimano MD, Tschabitscher M, Grizzi F. Cranial sutures: a multidisciplinary review. *Childs Nerv Syst.* 2013;29(6):893-905.
11. Sawh-Martinez R, Steinbacher DM. Syndromic craniosynostosis. *Clin Plast Surg.* 2019;46(2):141-155.

12. Di Rocco C, Paternoster G, Caldarelli M, Massimi L, Tamburrini G. Anterior plagiocephaly: epidemiology, clinical findings, diagnosis, and classification. A review. *Childs Nerv Syst.* 2012;28(9):1413-22.
13. Dalmas F, Pech-Gourg G, Gallucci A, Denis D, Scavarda D. Craniosynostosis and oculomotor disorders. *Neurochirurgie.* 2020;66(2):91-96.
14. Hinojosa Mena-Bernal J., Pascual B. Trastornos del tamaño y la forma del cráneo. *Pediatr Integral* 2015; XIX(9):591-599.
15. Ortiz Movilla R, Ros Pérez P, Muro Brussi M, Miralles Molina M. Síndrome de Muenke. *An Pediatr (Barc).* 2017;87:59-60.
16. Calandrelli R, Pilato F, Massimi L, Panfili M, Colosimo C. Asystematic quantitative morpho-volumetric análisis in infants with sagittal craniosynostosis and relationship with the severity of scaphocephalic deformity. *Radiol Med.* 2020;125(6):585-594.
17. Abboud H, Rifi L, Melhaoui A, Arkha Y, El ouahabi A. Diagnosis, management, and outcome in 9 children with unilateral posterior synostotic plagiocephaly. *World Neurosurg.* 2020;140:169-74.
18. Martínez-Lage JF, Arráez Manrique C, Ruiz-Espejo AM, López-Guerrero AL, Almagro MJ, Galarza M. Deformaciones craneales posicionales: estudio clínico-epidemiológico. *An Pediatr (Barc).* 2012;77(3):176-183.
19. Mantilla-Rivas E, Tu L, Goldrich A, Manrique M, Porrás AR, Keating RF, Oh AK, Linguraru MG, Rogers GF. Occult Scaphocephaly: A Forme Fruste Phenotype of Sagittal Craniosynostosis. *J Craniofac Surg.* 2020;31(5):1270-1273.
20. Rogers GF. Deformational plagiocephaly, brachycephaly, and scaphocephaly. Part I: terminology, diagnosis, and etiopathogenesis. *J Craniofac Surg.* 2011;22(1):9-16.
21. Mocquard C, Aillet S, Riffaud L. Recent advances in trigonocephaly. *Neurochirurgie.* 2019;65(5):246-251.
22. Collmann H, Sörensen N, Krauss J. Consensus: trigonocephaly. *Childs Nerv Syst.* 1996;12(11):664-668.

23. Zanini SA, Paglioli Neto E, Viterbo F, da Costa AR, Tershakowec M. Trigonocephaly. *J Craniofac Surg.* 1992;3:85-9.
24. González G, Estevan M, Negroto A, Costa G, Hoffmann M, Ruiz ML, et al. Alteraciones de la forma del cráneo. 2010; 81(1): 30-33.
25. Vinchon M, Pellerin P, Baroncini M, Wolber A, Dhellemmes P. Non-syndromic oxycephaly and brachycephaly: a review. *Childs Nerv Syst.* 2012;28(9):1439-46.
26. Kronig ODM, Kronig SAJ, Van Adriche LNA. Quantification of bilateral coronal synostosis: Anterior brachycephaly. *Cleft Palate Craniofacial J.* 2021;58(10):1274-1280.
27. Ardalan M, Rafati A, Nejat F, Farazmand B, Majed M, El Khashab M. Risk factors associated with craniosynostosis: a case control study. *Pediatr Neurosurg.* 2012;48(3):152-156.
28. Sergesketter AR, Elsamadicy AA, Lubkin DT, Krucoff KB, Krucoff MO, Muh CR. Characterization of perinatal risk factors and complications associated with nonsyndromic craniosynostosis. *J Craniofac Surg.* 2019;30(2):334-338.
29. Schraw JM, Woodhouse JP, Langlois PH, Canfield MA, Scheuerle AE, Agopian AJ, et al. Risk factors and time trends for isolated craniosynostosis. *Birth Defects Res.* 2021;113(1):43-54.
30. Bowling EL, Burstein FD. Crouzon syndrome. *Optometry.* 2006;77(5):217-222.
31. Tan AP, Mankad K. Apert síndrome: magnetic resonance imaging (MRI) of associated intracranial anomalies. *Childs Nerv Syst.* 2018;34(2):205-216.
32. Vogels A, Fryns JP. Pfeiffer syndrome. *Orphanet J Rare Dis.* 2006;1:19.
33. Sabatino G, Di Rocco F, Zampino G, Tamburrini G, Caldarelli M, Di Rocco C. Muenke syndrome. *Childs Nerv Syst.* 2004;20(5):297-301.
34. Pelc A, Mikulewicz M. Saethre-Chatzen syndrome: Case report and literature review. *Dent Med Probl.* 2018;55(2):217-225.
35. Christofides EA, Steinmann ME: A novel anthropometric chart for craniofacial surgery. *J Craniofac Surg.* 2010;21(2):352-357.

36. Collett BR, Leroux BG, Wallace ER, Gallagher E, Shao J, Speltz ML. Head shape at age 36 months among children with and without a history of positional skull deformation. *J Neurosurg Pediatr.* 2018;21(3):204-213.
37. Al-Shaqsi SZ, Rai A, Forrest C, Phillips J. Standardization of Cranial Index Measurement in Sagittal Craniosynostosis. *J Craniofac Surg.* 2019;30(2):366-369.
38. Wang JY, Dorafshar AH, Liu A, Groves ML, Ahn ES. The metopic index: an anthropometric index for the quantitative assessment of trigonocephaly from metopic synostosis. *J Neurosurg Pediatr.* 2016;18(3):275–80.
39. O'Hara J, Way B, Borghi A, Knoops PGM, Chua D, Hayward RD. The turricephaly index: A validated method for recording turricephaly and its natural history in Apert syndrome. *J Craniomaxillofac Surg.* 2019;47(3):414-419.
40. Di Chiara A, La Rosa E, Ramieri V, Vellone V, Cascone P. Treatment of deformational plagiocephaly with physiotherapy. *J Craniofac Surg.* 2019;30(7):2008-2013.
41. Barbero-García I, Lerma JL, Mora-Navarro G. Fully automatic smartphone-based photogrammetric 3D modelling of infant's heads for cranial deformation análisis. *ISPRS J Photogramm Remote Sens* 2020;166:268-77.
42. Bande Escuder A. Comparativa de modelos 3D obtenidos a partir de fotogrametría y TAC para la detección de malformaciones en cráneos de bebés. *Universitat Politècnica de València*; 2021.
43. Curves equal the WHO Growth Standard at 50 weeks. University of Calgary. [Internet]. 2006. The World Health Organization Growth Standard. Disponible en: <https://live-ucalgary.ucalgary.ca/resource/preterm-growth-chart/preterm-growth-chart>.
44. Programa de salud infantil. Curvas OMS [Internet]. 2019. Patrones de crecimiento infantil de la OMS. Asociación Española de Pediatría de Atención Primaria. Disponible en: https://www.aepap.org/sites/default/files/curvas_oms.pdf.
45. Farkas LG, Posnick JC, Hreczko TM: Anthropometric growth study of the head. *Cleft Palate Craniofac J.* 1992;29(4):303– 308.

46. Asha KR, Lakshmiprabha S, Nanjaiah CM, Prashanth SN: Craniofacial anthropometric analysis in Down syndrome. *Indian J Pediatr.* 2011;78(9):1091–1095
47. Schaaf H, Wilbrand JF, Boedeker RH, Howaldt HP: Accuracy of photographic assessment compared with standard anthropometric measurements in nonsynostotic cranial deformities. *Cleft Palate Craniofac J.* 2010;47(5):447–453
48. Wilbrand JF, Wilbrand M, Pons-Kuehnemann J, Blecher JC, Christophis P, Howaldt HP, et al. Value and reliability of anthropometric measurements of cranial deformity in early childhood. *J Craniomaxillofac Surg.* 2011;39(1):24–29.
49. Wilbrand JF, Schmidtberg K, Bierther U, Streckbein P, Pons Kuehnemann J, Christophis P, et al. Clinical classification of infant nonsynostotic cranial deformity. *J Pediatr.* 2012;161(6):1120– 1125.
50. Loveday BP, de Chalain TB: Active counterpositioning or orthotic device to treat positional plagiocephaly? *J Craniofac Surg.* 2001;12(4):308–313
51. Launonen AM, Vuollo V, Aarnivala H, et al. Craniofacial Asymmetry from One to Three Years of Age: A Prospective Cohort Study with 3D Imaging. *J Clin Med.* 2019;9(1):70.

9. ANEXOS

9.1. ANEXO 1. Consentimiento informado

Título del estudio: Análisis de los índices de normalidad de la morfometría craneal en lactantes mediante fotogrametría 3D.

Yo, en calidad de padre/madre/tutor,

- He leído la hoja de información que se me ha entregado.
- He podido hacer preguntas sobre el estudio.
- He recibido suficiente información sobre el estudio.

He hablado con, pediatra del Hospital Casa de Salud.

Comprendo que la participación de mi hijo/a es voluntaria.

Comprendo que puede retirarse del estudio:

- Cuando quiera
- Sin dar explicaciones
- Sin que repercuta en la atención y cuidados recibidos.

Presto libremente mi confirmación para la participación de mi hijo en el estudio.

Firma del padre/madre/tutor

Firma del investigador,

Fecha:

Fecha:

Nombre:

Nombre:

9.2. ANEXO 2. Hoja de información al paciente

Implementación de informe antropométricos craneales mediante la solución fotogramétrica 3D PhotoMeDAS <https://photomedas.eu>, desarrollada por el Grupo de Investigación en Fotogrametría y Láser Escáner (GIFLE) del departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría de la Universitat Politècnica de València.

1. INTRODUCCIÓN

Nos dirigimos a usted para informarle sobre la solución métrica PhotoMeDAS ('Photogrammetric Medical Deformation Assessment Solutions'), diseñada por la UPV que permite obtener la morfología craneal en 3D en la consulta y facilita al pediatra, rehabilitador o neurocirujano pediátrico mediciones muy precisas a la cabecera del paciente. Consultas externas de pediatría del Hospital Casa de Salud quiere implementar esta tecnología para mejorar el seguimiento de pacientes con deformación craneal y por ello se le ofrece participar. El estudio ha sido aprobado por el Comité de Ética de investigación de la UPV:

Nuestra intención es que usted reciba la información correcta y suficiente para que pueda evaluar y juzgar si quiere o no utilizar la solución PhotoMeDAS. Para ello lea esta hoja informativa con atención y nosotros le aclararemos las dudas que le puedan surgir después de la explicación.

2. PARTICIPACIÓN VOLUNTARIA

Su participación es voluntaria y puede decidir no participar y retirar el consentimiento en cualquier momento, sin que por ello se altere la relación con su médico ni se produzca perjuicio alguno en su tratamiento.

3. ANTECEDENTES

La plagiocefalia posicional del lactante es muy prevalente en la actualidad. Se trata de una alteración benigna y habitualmente es fruto de un mal hábito a la hora de colocar al bebé en una posición; en ocasiones puede asociar una alteración

de los músculos. Su médico especialista puede informarle de otras causas menos frecuentes.

La alteración de la forma de la cabeza puede generar una gran preocupación en los familiares y en los médicos especialistas que atienden a los niños, sobre todo si el grado de deformidad es muy llamativo. También hay que descartar otras enfermedades más graves, como la craneosinostosis, que requiere de un tratamiento con cirugía.

La deformidad habitualmente se estima con diferentes soluciones analógicas que miden sobre la cabeza del bebé a partir de una cinta métrica o un cefalómetro. Sin embargo, estas mediciones están sujetas a cierto grado de error. Con el fin de determinar de forma precisa, fiable y automatizada la deformidad del cráneo de los bebés, la Universitat Politècnica de Valencia ha desarrollado la solución PhotoMeDAS, que mide de manera rápida, inocua y automática en la misma consulta y ayuda al pediatra a determinar una decisión al respecto. Además, permitirá hacer el seguimiento y determinar cuantitativamente las variaciones de los índices y medidas con el crecimiento del niño.

4. OPERATIVA CON PHOTOMEDAS

Para obtener las mediciones, colocamos al paciente un gorro de media o capelina codificado con unos códigos y un smartphone que a través de una app identifica y mide dichos códigos. Los datos son anonimizados, encriptados y en ningún momento se captura imágenes ni videos del paciente. Se obtienen únicamente múltiples medidas que permiten el cálculo y la obtención de una representación tridimensional en unos minutos y se implementan en un informe métrico. Este informe se obtiene de manera automática. Tiempo estimado del procedimiento es de 5 minutos.

No será preciso sedar al bebé, inmovilizarle o someterle a cualquier maniobra que le suponga riesgo o dolor. El niño se puede mover durante el procedimiento, por lo que consideramos que no existe un riesgo elevado o un inconveniente asociado con el uso de PhotoMeDAS. De la misma forma, el

tratamiento que se vaya a establecer o el seguimiento posterior que necesite el paciente será el que se requiera independientemente de que utilice PhotoMeDAS.

5. BENEFICIOS Y RIESGOS DE PHOTOMEDAS

PhotoMeDAS es una solución tecnológica novedosa que persigue facilitar mediciones más precisas que ayuden al médico pediatra, rehabilitador o neurocirujano a interpretar y realizar un diagnóstico y seguimiento más adecuado en pacientes con deformidad craneal.

Entre los beneficios encontramos la obtención automatizada e inocua de información antropométrica de la cabeza del paciente a partir de mediciones tridimensionales. La alternativa pasa por utilizar procedimientos analógicos manuales con cinta métrica (de papel, plástico...) y cefalómetro, o con soluciones muchísimo más exclusivas a partir de múltiples escáneres láser y/o cámaras sincronizadas, y, en los casos más graves, TAC o RMN.

Es un cambio tecnológico que puede aportar gran valor a los pediatras en el manejo, monitorización o seguimiento de los pacientes. Su implantación genera tranquilidad y al ser inocuo puede repetirse tantas veces como sea requerido.

La composición de la capelina es 92% poliamida y 8% de elastano, y sigue las directrices y normativas requeridas para su uso en centros de salud.

6. CONCLUSIÓN

La adopción de la solución PhotoMeDAS desde el servicio de pediatría persigue el facilitar a los médicos especialistas el abordaje precoz de pacientes con deformidad craneal, cuantificados a partir de mediciones tridimensionales rigurosas y objetivas en la propia consulta. En este sentido, se estima que PhotoMeDAS tendrá un papel fundamental en la prevención, seguimiento y tratamiento de los pacientes objeto de estudio.

9.3. ANEXO 3. Ejemplo hoja de informe con resultados entregada a padres



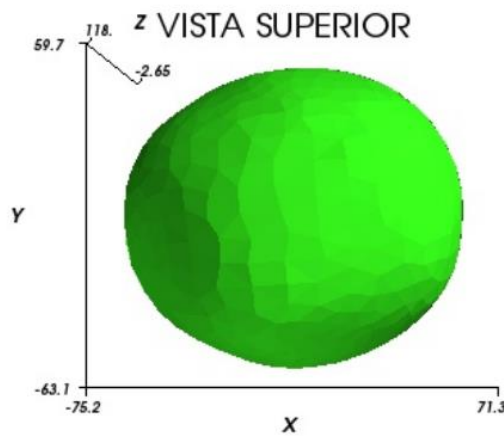
RESULTADOS DE MORFOMETRÍA CRANEAL

Los resultados están basados en mediciones fotogramétricas. Por favor, consulte a un especialista para su correcta interpretación y diagnóstico.

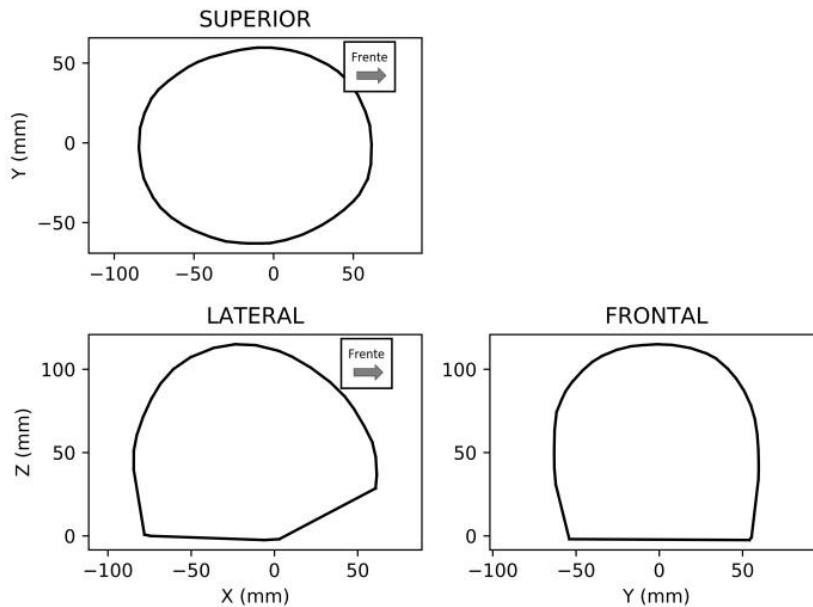
Paciente: eralcr20210819, Informe: 1, ID de informe: 2112

Fecha: 2021-11-30 Hora: 16:39

Modelo 3D:



Vistas ortogonales:



1

Desarrollado por el Grupo de Investigación en Fotogrametría y Láser Escáner (GIFLE), Universitat Politècnica de València. Email: photomedas@upv.es

Paciente: eralcr20210819, Informe: 1, ID de informe: 2112, Fecha: 2021-11-30, Hora: 16:39



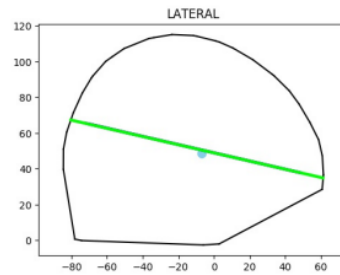
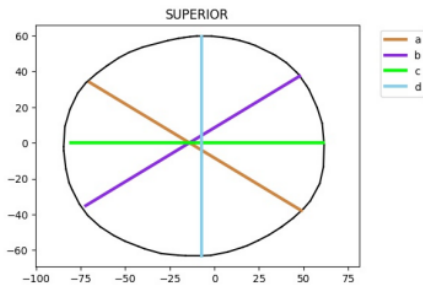
Medidas del paciente:

Perímetro craneal: 429 mm
 Distancia entre puntos preauriculares: 109.4 mm
 Eurion (d): 122.6 mm
 Distancia máxima longitudinal (c): 146.8 mm
 a: 173.6 mm
 b: 175 mm
 a anterior (a_a): 72.4 mm a posterior (a_p): 101.3 mm
 b anterior (b_a): 71.5 mm b posterior (b_p): 103.5 mm

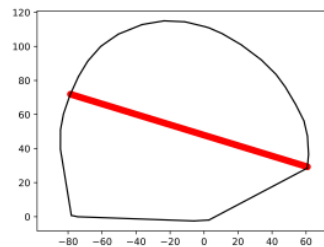
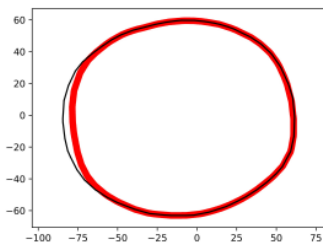
Índices:

Índice cefálico (d/c): 84%
 Índice de asimetría (a-b): -1 mm
 Índice diametral oblicuo ((a/b)*100): 99%
 Índice de asimetría anterior (a_a-b_a): 1 mm
 Índice de asimetría posterior (a_p-b_p): -2 mm

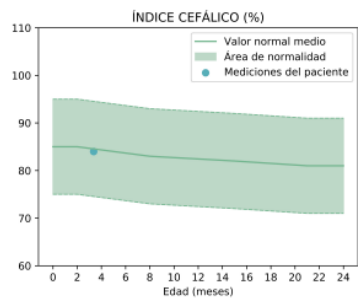
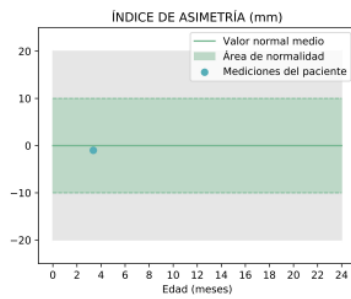
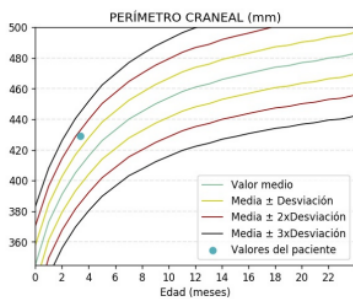
índice cefálico y asimetría:



Perímetro:




Evolución:




Fuentes:

Los valores medios de normalidad de índice cefálico están basados en:
 J. Pindrik, J. Molenda, R. Uribe-Cardenas, A. H. Dorafshar, and E. S. Ahn. Normative Ranges of Anthropometric Cranial Indices and Metopic Suture Closure during Infancy. *J. Neurosurg. Pediatr.*, vol. 18, pp. 667-673, 2016.
 Los valores medios de perímetro craneal están basados en datos proporcionados por la Organización Mundial de la Salud.

9.4. ANEXO 4. Ejemplo de hoja de informe extendido



PhotoMeDAS

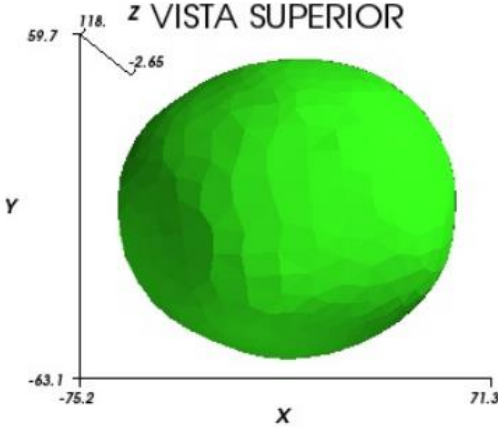


RESULTADOS DE MORFOMETRÍA CRANEAL

Los resultados están basados en mediciones fotogramétricas. Por favor, consulte a un especialista para su correcta interpretación y diagnóstico.

Paciente: eralcr20210819, Informe: 1, ID de informe: 2112 Fecha: 2021-11-30 Hora: 16:39

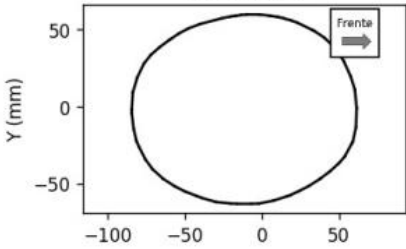
Modelo 3D:



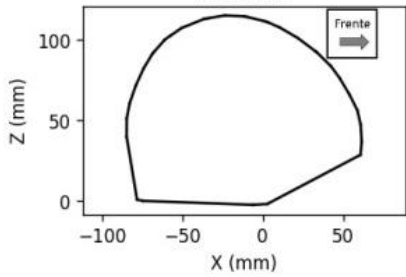
Z VISTA SUPERIOR

Vistas ortogonales:

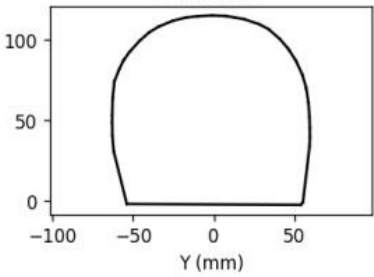
SUPERIOR



LATERAL



FRONTAL



1

Desarrollado por el Grupo de Investigación en Fotogrametría y Láser Escáner (GIFLE), Universitat Politècnica de València. Email: photomedas@upv.es

Paciente: eralcr20210819, Informe: 1, ID de informe: 2112, Fecha: 2021-11-30, Hora: 16:39



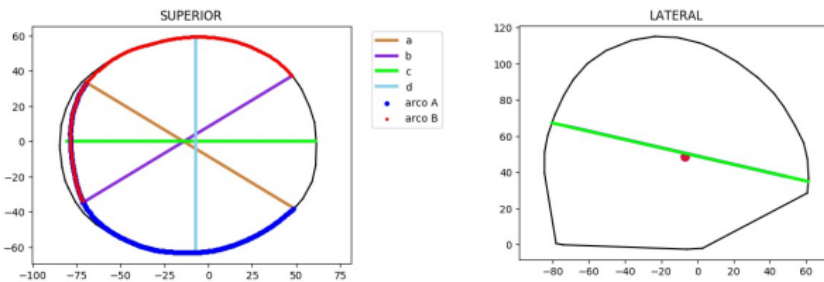
Medidas del paciente:

Volumen craneal: 599 ml
 Perímetro craneal: 429 mm
 Distancia entre puntos preauriculares: 109.4 mm
 Eurion (d): 122.6 mm
 Distancia máxima longitudinal (c): 146.8 mm
 a: 173.6 mm
 b: 175 mm
 a anterior (a_a): 72.4 mm a posterior (a_p): 101.3 mm
 b anterior (b_a): 71.5 mm b posterior (b_p): 103.5 mm

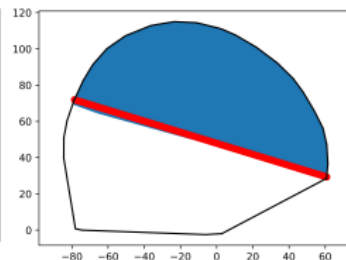
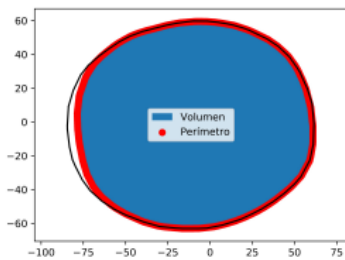
Índices:

Índice de asimetría (a-b): -1 mm
 Índice de asimetría anterior (a_a-b_a): 1 mm
 Índice de asimetría posterior (a_p-b_p): -2 mm
 Índice diametral oblicuo ((a/b)*100): 99%
 Perímetro30 (arco A - arco B): 5 mm
 Índice cefálico ((d/c)*100): 84%
 Índice de turricefalia ((e/f)*100): 70%
 Índice metópico ((g/d)*100): 61%
 Ángulo frontal: 107.4°
 Global (hemisferio der. menos izq.): 3.8 mm

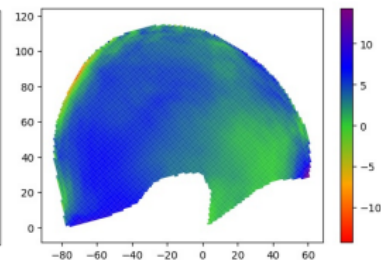
Índice cefálico y asimetría:



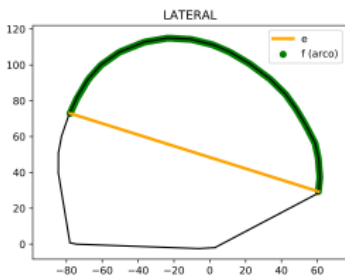
Perímetro y volumen:



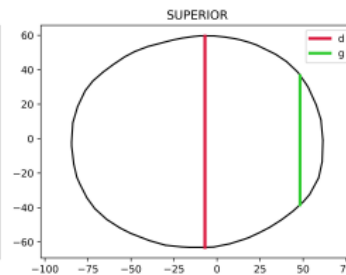
Global:



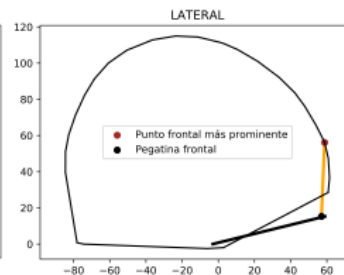
Índice de turricefalia:



Índice metópico:



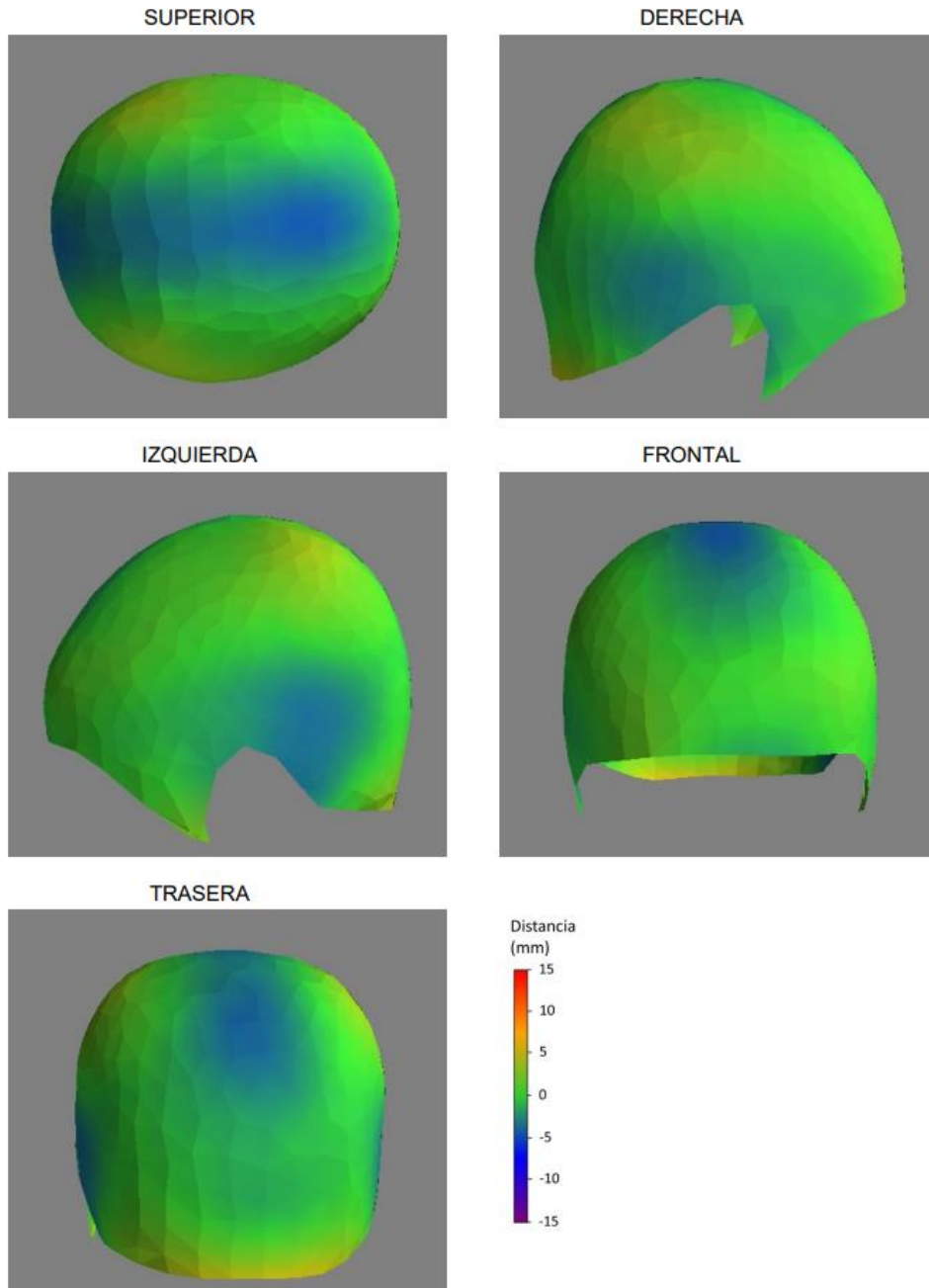
Ángulo frontal:



Paciente: eralcr20210819, Informe: 1, ID de informe: 2112, Fecha: 2021-11-30, Hora: 16:39



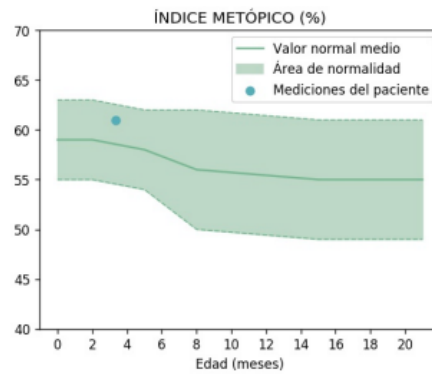
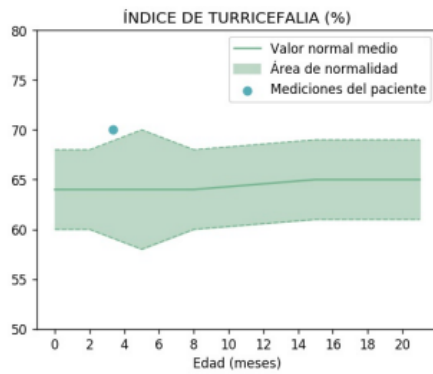
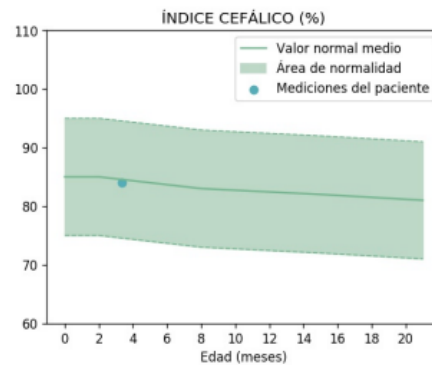
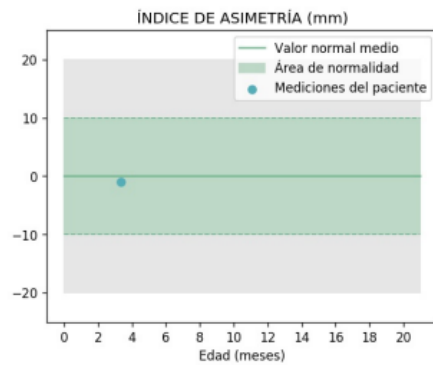
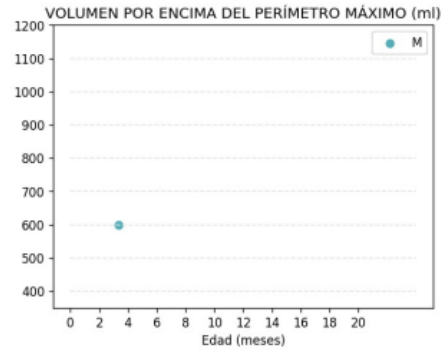
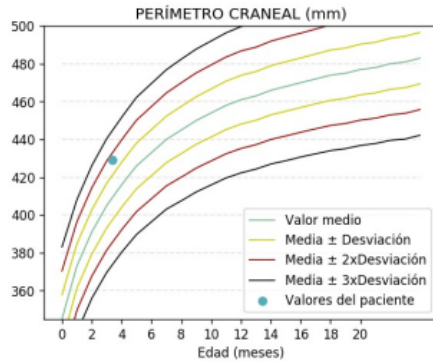
Distancias al elipsoide ideal:



Paciente eralcr20210819, Informe: 1, ID de informe: 2112, Fecha: 2021-11-30, Hora: 16:39



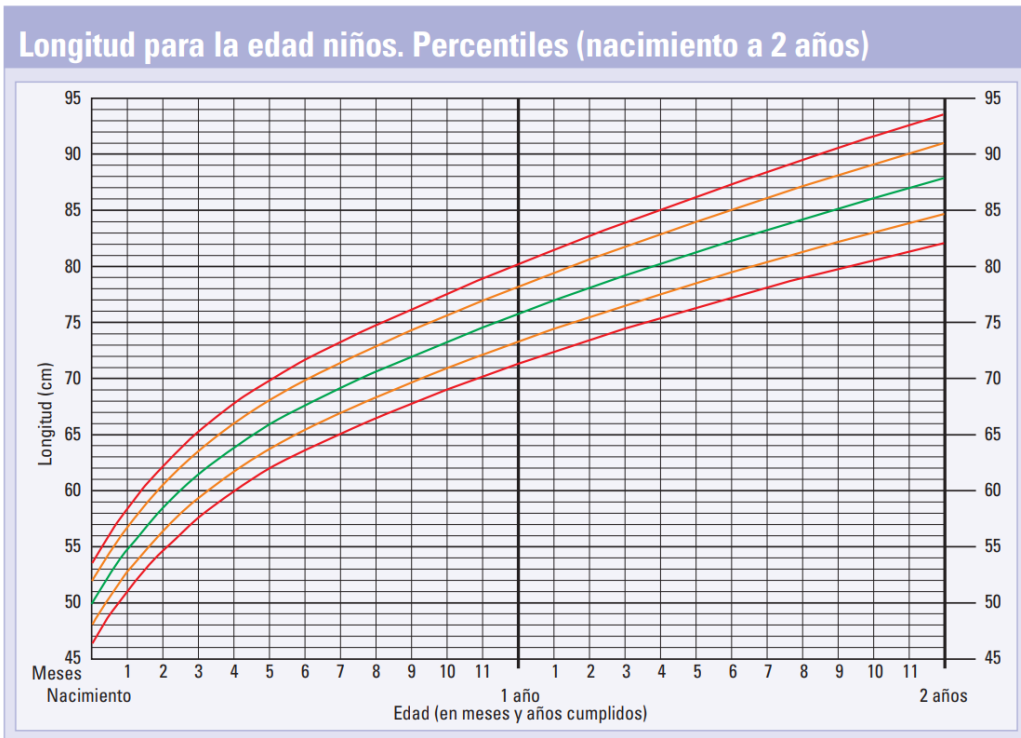
Evolución:



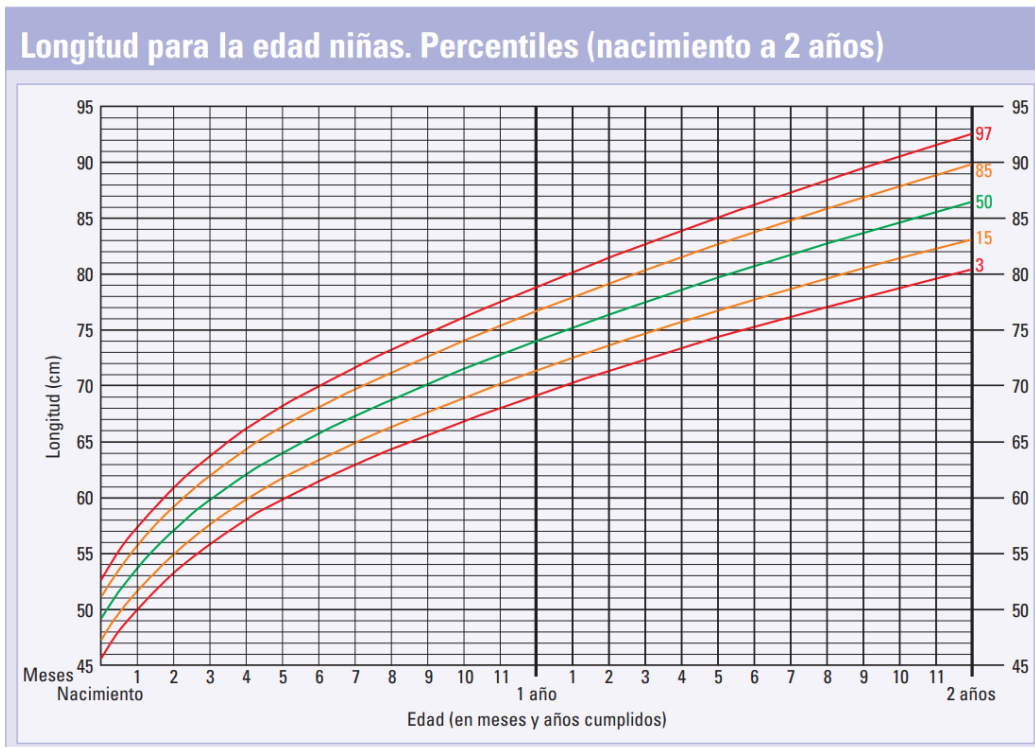
Fuentes:

Los valores medios de normalidad de índice cefálico, índice metópico e índice de turricefalia están basados en:
 J. Pindrik, J. Molenda, R. Uribe-Cardenas, A. H. Dorafshar, and E. S. Ahn. Normative Ranges of Anthropometric Cranial Indices and Metopic Suture Closure during Infancy. *J. Neurosurg. Pediatr.*, vol. 18, pp. 667-673, 2016.
 Los valores medios de perímetro craneal están basados en datos proporcionados por la Organización Mundial de la Salud.

9.5. ANEXO 5. Curvas OMS para niños y niñas según longitud (cm) y perímetro craneal (cm)

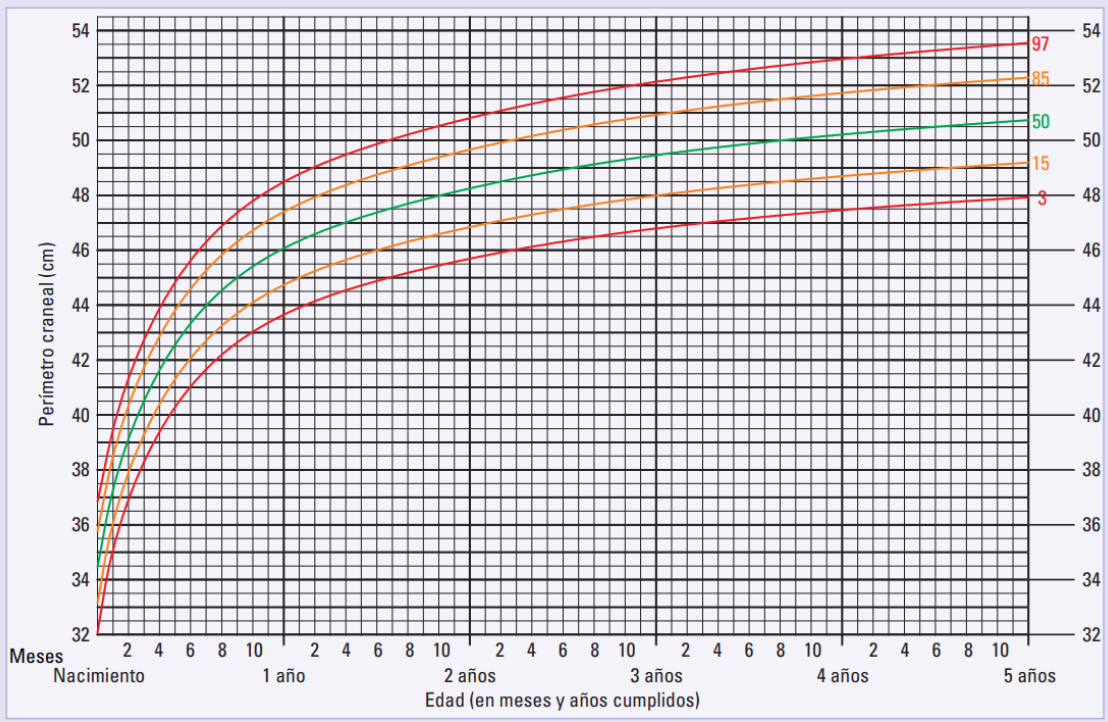


Patrones de crecimiento infantil de la OMS.



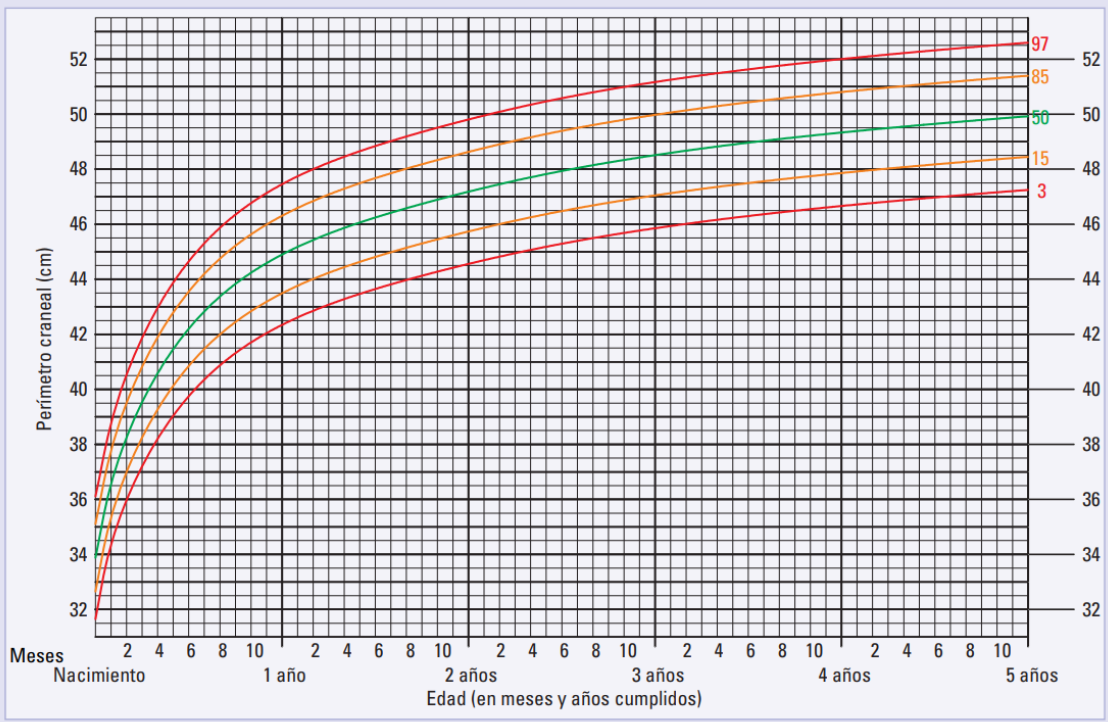
Patrones de crecimiento infantil de la OMS.

Perímetro craneal para la edad niños. Percentiles (nacimiento a 5 años)



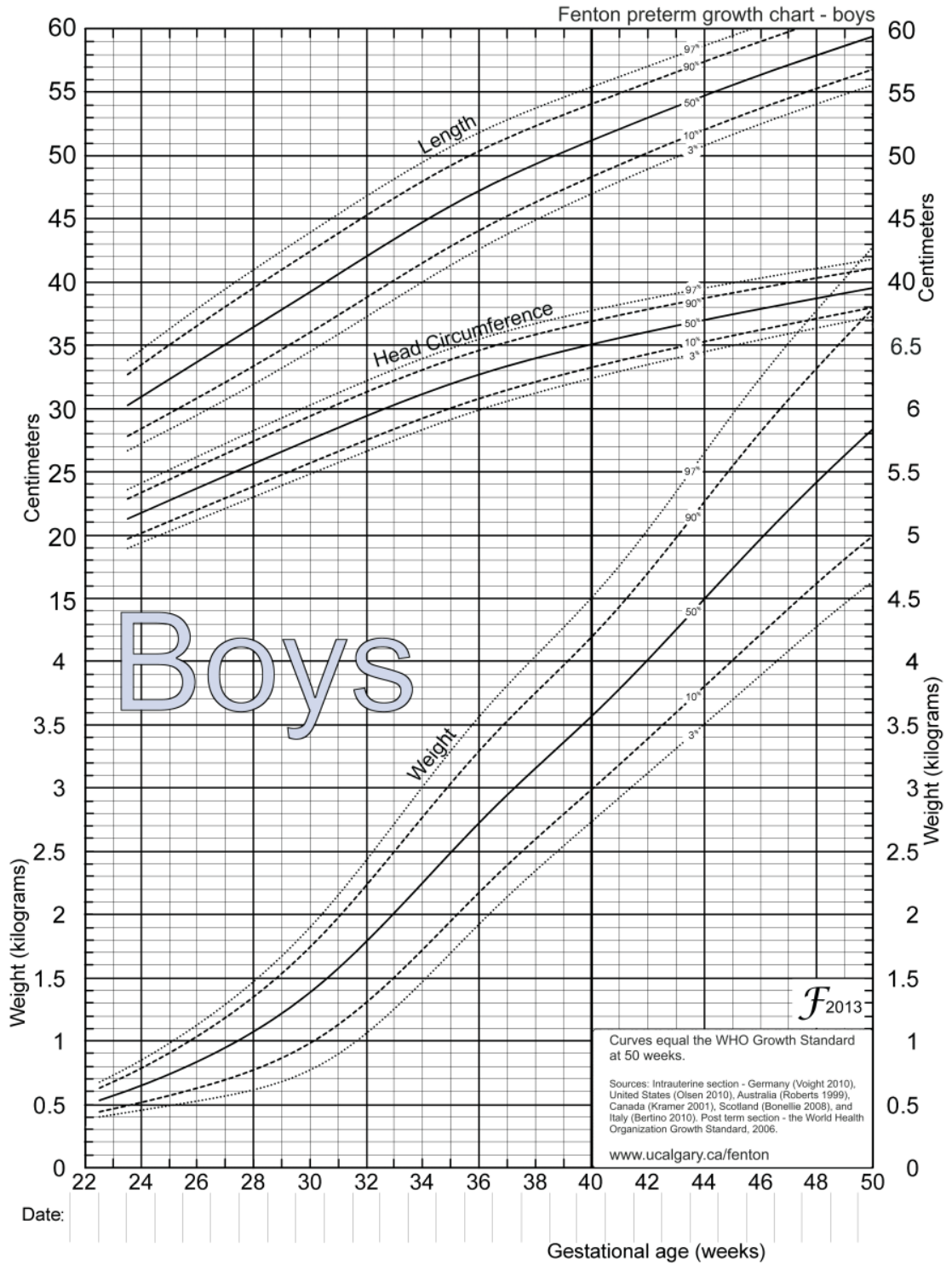
Patrones de crecimiento infantil de la OMS.

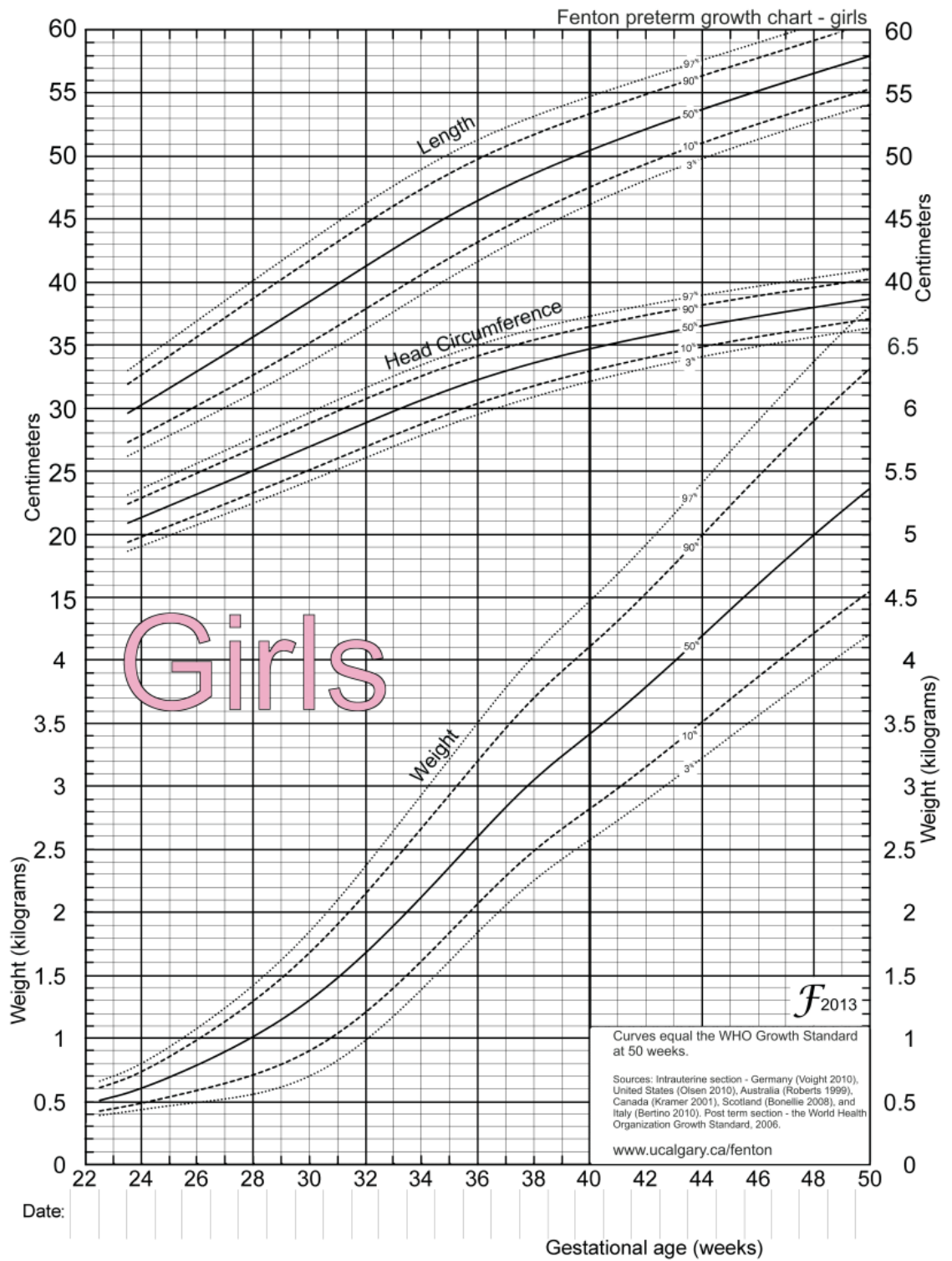
Perímetro craneal para la edad niñas. Percentiles (nacimiento a 5 años)



Patrones de crecimiento infantil de la OMS.

9.6.ANEXO 6. Curvas de “The WHO Growth Standard at 50 weeks” para niños y niñas





9.7. ANEXO 7. Autorización del comité de ética de la investigación del departamento de salud del Hospital Universitario y Politécnico la Fe



FPNT-CEIB-04 (B)

DICTAMEN DEL COMITÉ DE ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN CON MEDICAMENTOS

Dña. María Tordera Baviera, titular de la Secretaría Técnica del Comité de Ética de la Investigación con medicamentos del **Hospital Universitario y Politécnico La Fe**,

CERTIFICA

Que este Comité ha evaluado en su sesión de fecha **22 de mayo de 2019**, el Proyecto de Investigación:

Título: **“FOTOGRAMETRÍA EN TELÉFONO MÓVIL PARA MONITORIZAR LA DEFORMIDAD CRANEAL.”**

Nº de registro: **2019/0217**

Versión/fecha de la memoria del proyecto: **24 de marzo de 2019**

Versión/fecha de la Hoja de Información al Paciente y Consentimiento Informado: **1/ 21 de julio de 2018**

Que dicho proyecto se ajusta a las normativas éticas sobre investigación biomédica con sujetos humanos y es viable en cuanto al planteamiento científico, objetivos, material y métodos, etc, descritos en la solicitud, así como la Hoja de Información al Paciente y el Consentimiento Informado.

En consecuencia, este Comité acuerda emitir **INFORME FAVORABLE** de dicho Proyecto de Investigación que será realizado en el Hospital Universitario y Politécnico La Fe por el/la **Dr. / Dra. Pablo Miranda Lloret** del servicio/unidad/grupo de investigación de **NEUROCIRUGÍA** como Investigador Principal.

Que el CEIm del Hospital Universitario y Politécnico La Fe, tanto en su composición como en sus procedimientos, cumple con las normas de BPC (CPMP/ICH/135/95) y con la legislación vigente que regula su funcionamiento, y que la composición del CEIm del Hospital Universitario y Politécnico La Fe es la indicada en el anexo I, teniendo en cuenta que, en el caso de que algún miembro participe en el estudio o declare algún conflicto de interés, no habrá participado en la evaluación ni en el dictamen de la solicitud de autorización del estudio clínico.

Lo que firmo en Valencia, a 22 de mayo de 2019



Fdo.: **Dra. María Tordera Baviera**
Secretaría Técnica del Comité de Ética de la Investigación con medicamentos



FPNT-CEIB-04 (B)

ANEXO I COMPOSICIÓN CEIm

Presidente:

Dra. Adela Cañete Nieto (Oncología Pediátrica)

Vicepresidente:

Dr. Salvador Aliño Pellicer (Catedrático Farmacólogo Clínico)

Secretaría Técnica:

Dra. María Tordera Baviera (Farmacéutica del Hospital)

Miembros:

Dr. Bonaventura Casanova Estruch (Neurología)

Dra. M^a Isabel Izquierdo Macián (Neonatología)

Dr. Luis Vicente Martínez Dolz (Cardiología)

Dra. Paula Ramírez Gallego (Medicina Intensiva - Miembro de la Comisión de Investigación)

Dra. Sara Brugger Frigols (Radiodiagnóstico)

D. Serafín Rodríguez Capellán (Licenciado en derecho - Ajeno a las profesiones sanitarias)

Dña. María Victoria Paricio Gómez (Enfermería)

Dr. José María Canelles Gamir (Farmacéutico de Atención Primaria)

Dr. Matteo Frasson (Cirugía General y Aparato Digestivo)

Dr. José Vicente Solanas Prats (Atención Primaria)

Dr. Javier Lluna González (Cirugía Pediátrica - Miembro del Comité de Ética Asistencial - Formación acreditada en Bioética)

D. Miguel Ángel Cano Torres (Secretario de ASLEUVAL - Miembro Lego - Ajeno a las profesiones sanitarias)

D. Vicente Inglada Alcaide (Secretario Unión de Consumidores de Valencia - Miembro ajeno a las profesiones sanitarias)

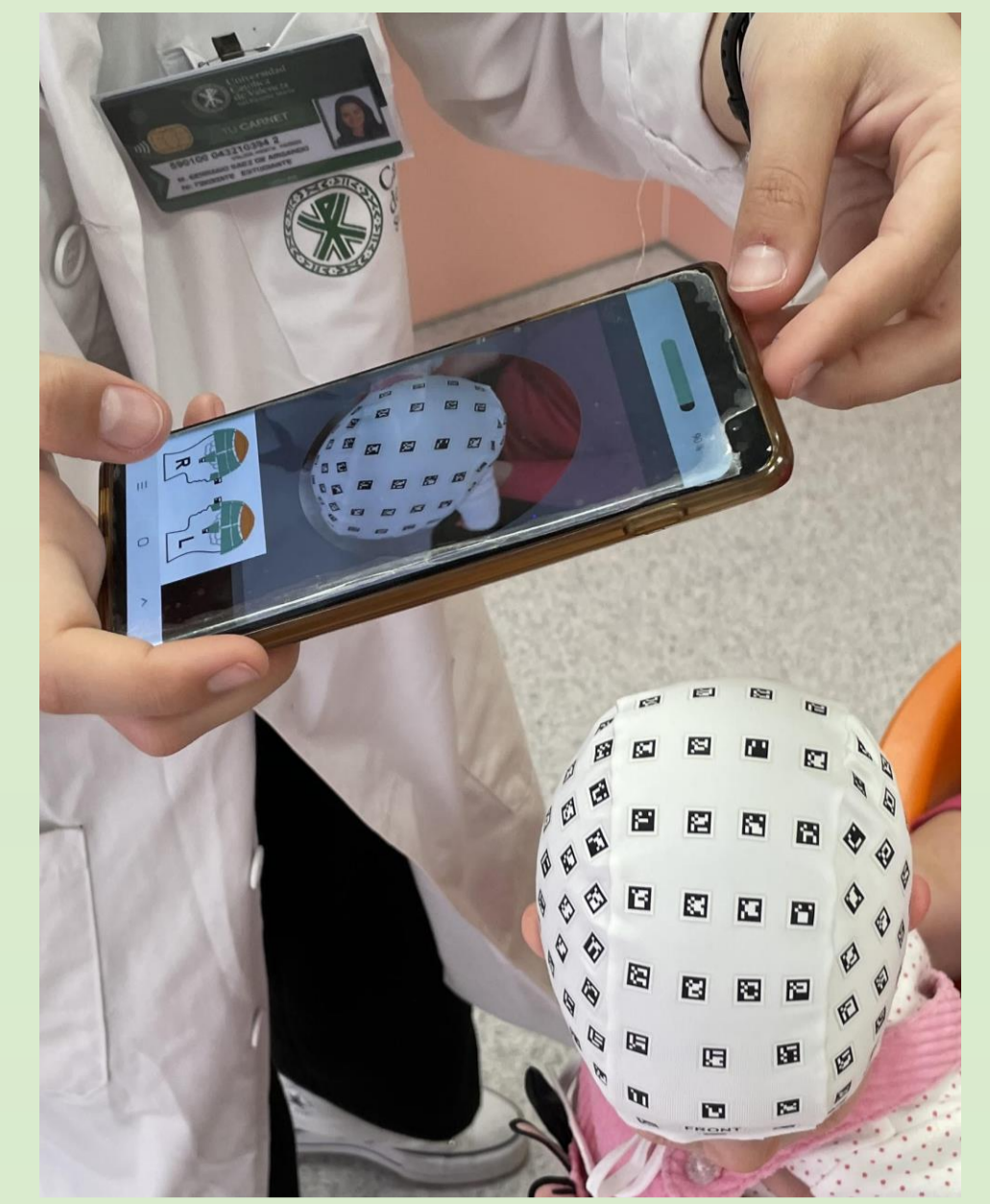
D. Antonio Juan Orduña Galán (Experto en Protección de Datos)

MORFOMETRÍA CRANEAL: ÍNDICES DE NORMALIDAD EN LACTANTES MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA 3D

Serrano MI¹; Dra. Carvajal E^{1,2}

Facultad de Medicina. Universidad Católica de Valencia "San Vicente Mártir"¹

Servicio de Pediatría. Hospital Universitario Casa de Salud (Valencia)²



Introducción

La deformidad craneal es un problema de elevada prevalencia en los lactantes, que puede ser debido fundamentalmente a dos situaciones: a las posiciones adoptadas durante los primeros meses de vida o a las anomalías por el cierre prematuro de las suturas craneales, denominándose craneosinostosis.



Universidad Católica de Valencia
San Vicente Mártir



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Hipótesis

La detección de malformaciones craneales que pasan desapercibidas en la exploración clínica habitual pueden valorarse de forma más precisa y precoz mediante el estudio de la morfología craneal con métodos no invasivos.

Objetivos

1. Valorar la morfología craneal normal de los niños sanos entre 2 y 16 meses.
2. Obtener valores de referencia de los índices craneales según edad y sexo.
3. Hallar la correlación clínico-morfológica.

Metodología

Se realizó un estudio transversal a un total de 125 niños sanos entre 2 y 16 meses del Hospital Casa de Salud de Valencia, escogidos de forma aleatoria y siguiendo las normas éticas del comité del Hospital Universitario y Politécnico de la Fe.

Resultados

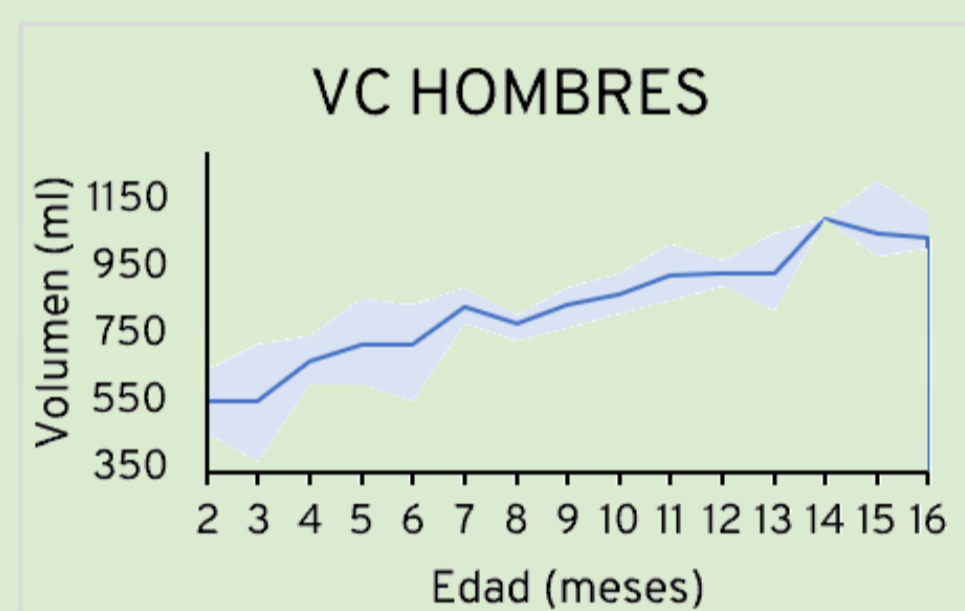


Figura 22. Gráfica de la tendencia del volumen craneal en hombres

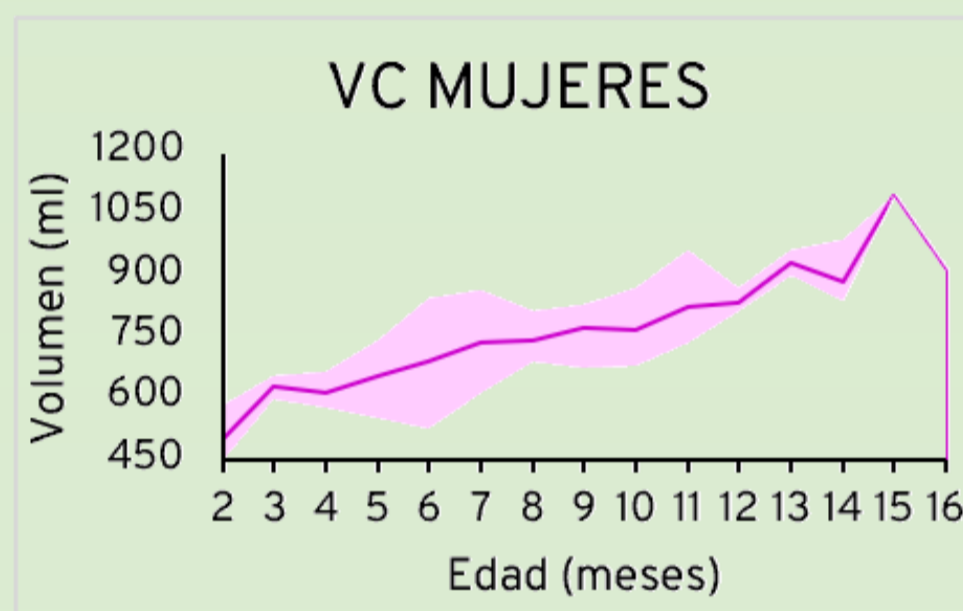


Figura 23. Gráfica de la tendencia del volumen craneal en mujeres

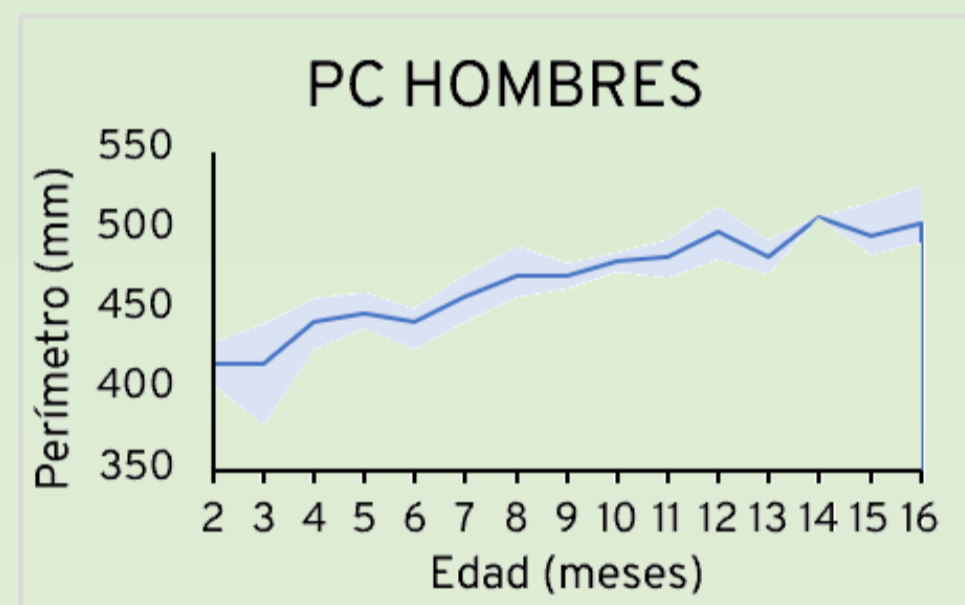


Figura 24. Gráfica de la tendencia del perímetro craneal en hombres

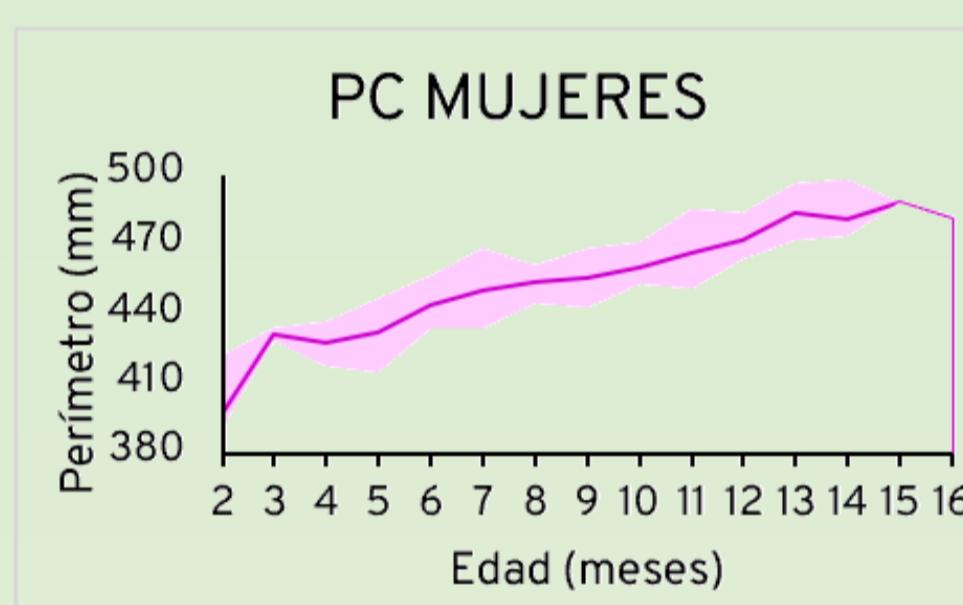


Figura 25. Gráfica de la tendencia del perímetro craneal en mujeres

Índices según grupos de edad y sexo								
Grupos de edad	Sexo	Variables ($\bar{x} \pm DE$)						
		IA (mm)	IAA (mm)	IAP (mm)	IDO (%)	IC (%)	IT (%)	IM (%)
2-3 meses	H	2,9 ± 3,8	0,6 ± 3,2	2 ± 3,8	101,6 ± 2,4	78,3 ± 5,4	71,1 ± 2,3	64 ± 3,4
	M	0,8 ± 6,1	0 ± 1,87	1,1 ± 5,7	100,7 ± 3,7	79,7 ± 3,5	70,2 ± 1,6	60,6 ± 2,6
4-6 meses	H	1,5 ± 4,6	0,9 ± 1,9	0,6 ± 4,1	100,9 ± 2,7	83,4 ± 5,3	69,2 ± 2,1	62,8 ± 3,4
	M	-0,9 ± 4	0,1 ± 2,4	-1 ± 3,7	99,5 ± 2,2	82,8 ± 3,9	69,7 ± 1,9	62,9 ± 3,3
7-9 meses	H	2,4 ± 3,9	0,3 ± 2,7	2,2 ± 3,9	101,5 ± 2,3	84,5 ± 6,4	68,7 ± 3,3	62,9 ± 3,4
	M	0 ± 3,3	0,1 ± 1,8	-0,3 ± 3,3	99,4 ± 3,8	81,5 ± 6,4	69,6 ± 1,5	63,6 ± 3,9
10-12 meses	H	3,6 ± 6,2	1 ± 3	2,6 ± 5,3	102 ± 3,4	81,8 ± 3,3	68,9 ± 1,8	63,1 ± 2,9
	M	-0,7 ± 3,2	1,7 ± 1,9	-2,4 ± 3,1	99,6 ± 1,9	81,4 ± 2,9	69,6 ± 1,2	61,7 ± 4,1
13-15 meses	H	1,9 ± 4,7	0,6 ± 3,1	1,1 ± 2,3	101 ± 2,4	85 ± 3,8	67,6 ± 1,5	63,4 ± 4
	M	0,2 ± 3,2	0 ± 1,7	0 ± 3,4	100,3 ± 1,7	78,7 ± 3,3	69,3 ± 2,1	65,3 ± 3,4
16 meses	H	2,4 ± 5,4	-0,8 ± 2,2	3,6 ± 4,8	101,4 ± 2,9	80,6 ± 4,8	68,6 ± 1,3	66,2 ± 2,2
	M	1	1	0	101	79	70	68

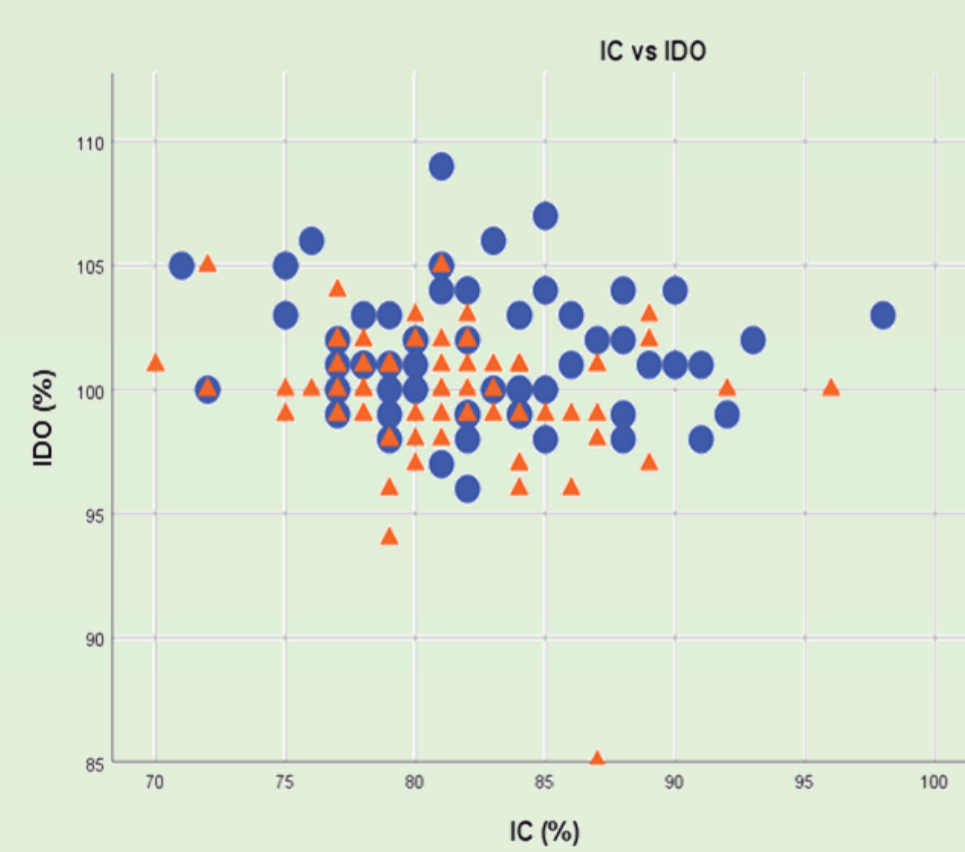


Figura 64. Comparación IC (%) vs IDO (%)

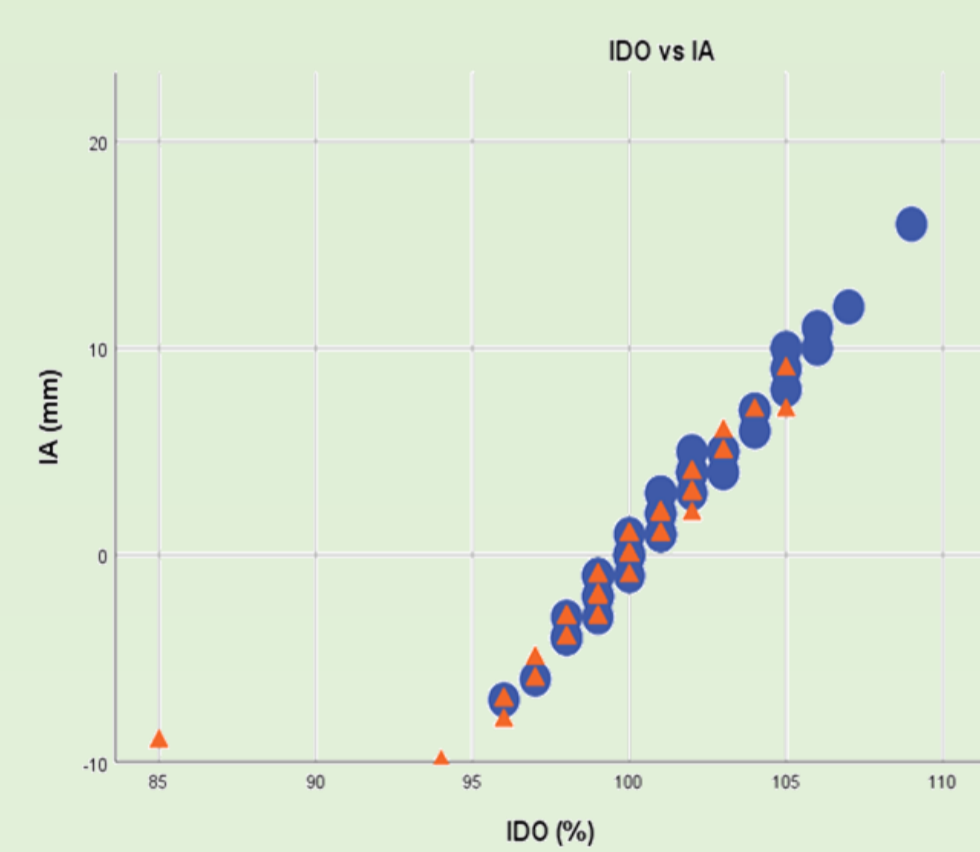


Figura 71. Comparación IDO (%) vs IA (mm)

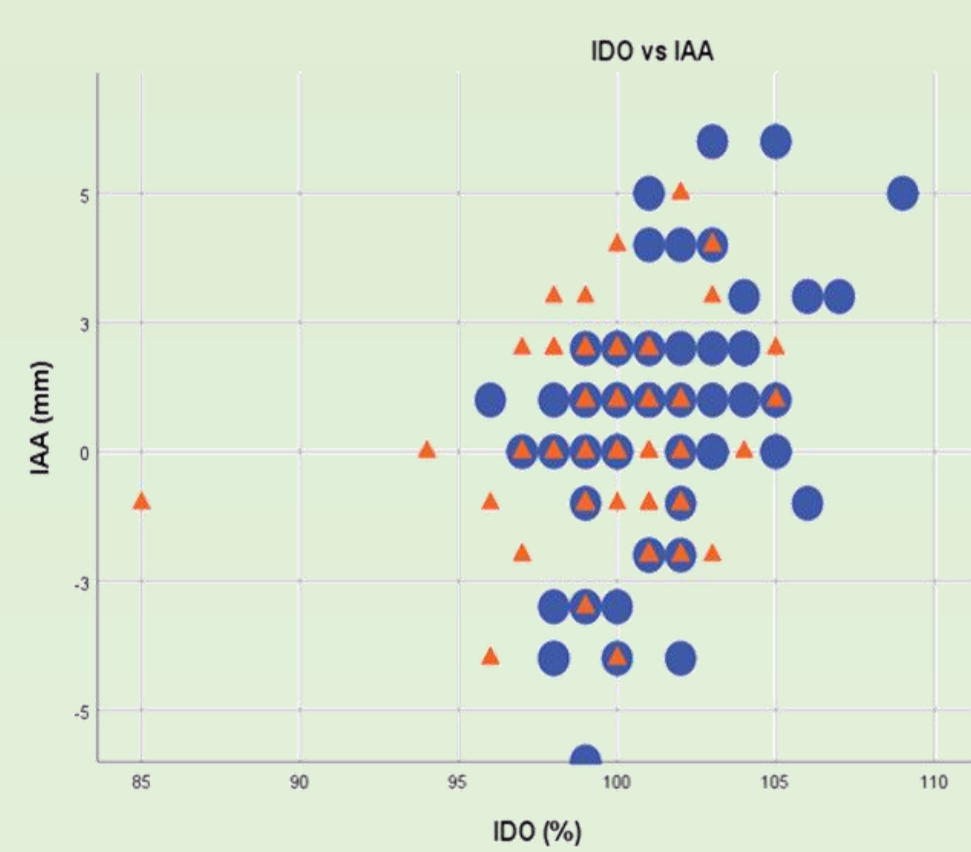


Figura 72. Comparación IDO (%) vs IAA (mm)

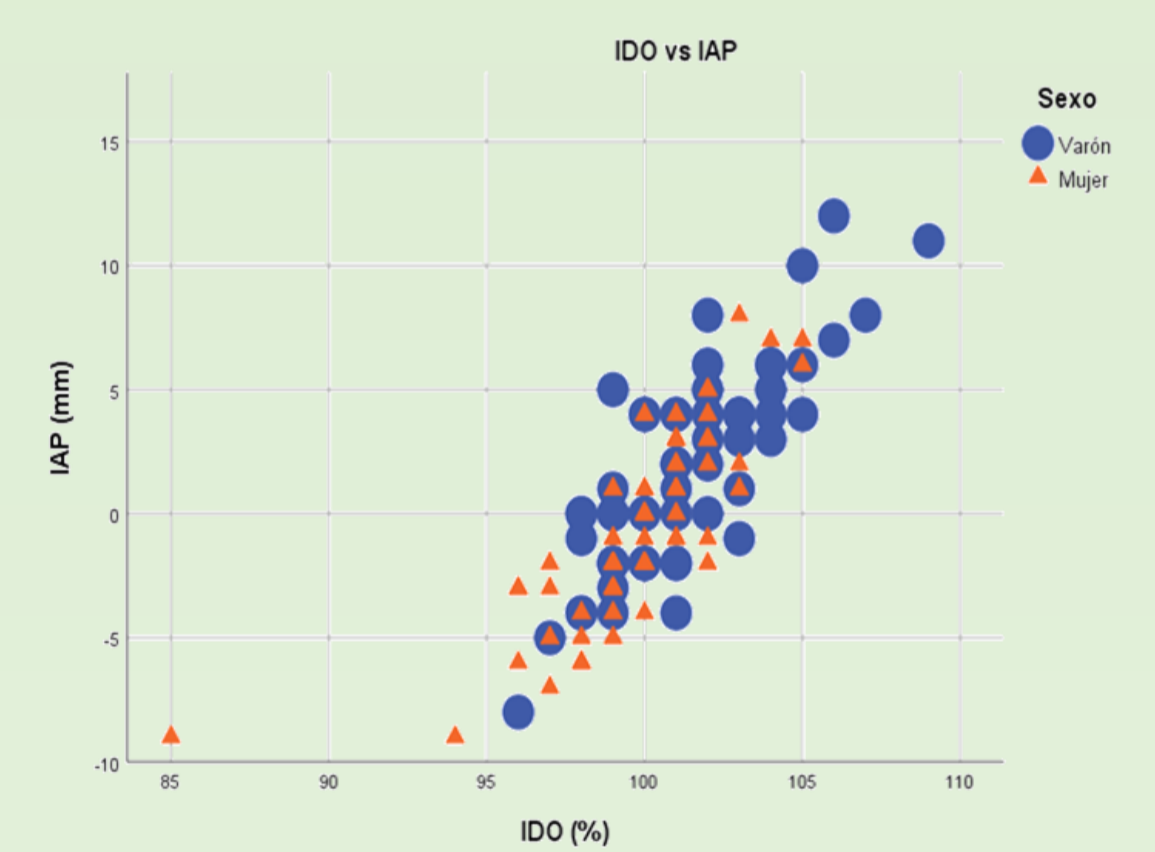


Figura 73. Comparación IDO (%) vs IAP (mm)

Conclusiones

- ✓ Los valores de referencia de los índices craneales en la población general se deben percentilar por edad y sexo.
- ✓ Los índices por fotogrametría 3D y los de TAC helicoidal difieren al emplear puntos de referencia geométricos en lugar de anatómicos.
- ✓ Al obtener una imagen tridimensional se pueden diagnosticar las plagiocefalias y tratar antes, evitando tratamientos más agresivos.
- ✓ La fotogrametría 3D es útil para valorar la escafocefalia, braquicefalia y plagiocefalias anterior y posterior, encontrándose alterados el índice cefálico y la relación entre el IDO y el índice de asimetría respectivamente.
- ✓ Realizar mediciones adecuadas mediante fotogrametría 3D conlleva condiciones lumínicas, tamaño del gorro y tiempo apropiados.

Bibliografía

- ✓ Brah TK, Thind R, Abel DE. Craniosynostosis: Clinical Presentation, genetics, and prenatal diagnosis. *Obstet Gynecol Surv.* 2020;75(10):636-644.
- ✓ Pindrik J, Molenda J, Uribe-Cardenas R, Dorafshar AH, Ahn ES. Normative ranges of anthropometric cranial indices and metopic suture closure during infancy. *J Neurosurg Pediatr.* 2016;25(6):667-673.
- ✓ Barbero-García I, Lerma JL, Mora-Navarro G. Fully automatic smartphone-based photogrammetric 3D modelling of infant's heads for cranial deformation analysis. *ISPRS J Photogramm Remote Sens* 2020;166:268-77.
- ✓ Wilbrand JF, Schmidtberg K, Bierther U, Streckbein P, Pons Kuehnemann J, Christophis P, et al: Clinical classification of infant nonsynostotic cranial deformity. *J Pediatr.* 2012;161(6):1120-1125.
- ✓ Launonen AM, Vuollo V, Aarnivala H, et al. Craniofacial Asymmetry from One to Three Years of Age: A Prospective Cohort Study with 3D Imaging. *J Clin Med.* 2019;9(1):70.