

**CREACIÓN DE MODELO TRIDIMENSIONAL ESCALA 1 A 1 PARA
EL ESTUDIO DE LA ANATOMÍA QUIRÚRGICA DEL PLEXO
BRAQUIAL**

Autor:

Alexander Casallas Sánchez

Cirugía Plástica Reconstructiva y Estética
Maestría en Microcirugía y Cirugía reconstructiva
Fellow de Cirugía de Mano

UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE MEDICINA
POSGRADO EN CIRUGIA DE LA MANO
FEBRERO DE 2016

CREACIÓN DE MODELO TRIDIMENSIONAL ESCALA 1 A 1 PARA EL ESTUDIO DE LA ANATOMÍA QUIRÚRGICA DEL PLEXO BRAQUIAL

Autor:

Alexander Casallas Sánchez

Cirugía Plástica Reconstructiva y Estética

Maestría en Cirugía Reconstructiva y Microcirugía

Fellow de Cirugía de la Mano

Asesor Temático:

Dr. Camilo Romero

Microcirujano

Cirujano de la mano

Asesor Metodológico:

Dra. Ángela María López Cortes

Facultad de Medicina

División de Postgrados

Especialización en Cirugía de Mano

PAGINA DE APROBACIÓN

Firma de Director de Post Grados

Firma de Director del Programa

Firma de la Directora de Investigaciones

NOTA DE SALVEDAD DE RESPONSABILIDAD

“ La universidad el Bosque no se hace Responsable por los conceptos emitidos por los investigadores en el Trabajo, solo velara por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y de la justicia”.

“Los autores se reservan el derecho intelectual de la presente investigación, para determinar su publicación y difusión. La institución educativa será mencionada en las afiliaciones del autor principal”.

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN	11
2 MARCO TEÓRICO	12
2.1 Perspectiva Histórica.....	13
2.2 Anatomía quirúrgica del plexo braquial.....	14
2.2.1 Aspectos generales en la constitución del plexo braquial.....	15
2.2.2 Raíces espinales.....	15
2.2.3 Troncos nerviosos y divisiones	16
2.2.4 Cordones.....	18
2.2.5 Ramas Terminales del plexo braquial.	18
2.2.6 Ramas Colaterales del plexo braquial.....	19
2.3 Relaciones del plexo Braquial en el cuello	20
2.3.1 Relaciones Proximales del Plexo braquial.....	21
2.3.2 Relaciones distales del plexo braquial	22
2.4 Variantes anatómicas del plexo braquial.....	23
2.5 Importancia de la anatomía para el diagnóstico de las lesiones del plexo braquial	26
2.6 Modelos tridimensionales en el estudio de la anatomía.....	28
3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	31
4 JUSTIFICACIÓN	33
5 OBJETIVOS.....	34
a. Objetivos Generales.....	34
b. Objetivos Específicos	34

6	ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	40
7	MATERIALES Y MÉTODOS	41
7.1	Materiales	41
7.2	Métodos.....	42
8	ASPECTOS ÉTICOS	42
9	ORGANIGRAMA.....	43
10	PRESUPUESTO.....	44
11	RESULTADOS.....	45
12	DISCUSIÓN	47
13	CONCLUSIONES.....	48
14	BIBLIOGRAFÍA.....	49

LISTA DE TABLAS Y GRAFICAS

FIGURA 1: Representación esquemática del plexo braquial..	15
FIGURA 2: Triángulos del cuello.	20
FIGURA 3: Representación esquemática del plexo prefijado y postfijado.	24
FIGURA 4: Tipos de plexo braquial	26
FIGURA 5: Como dibujar un plexo braquial en 15 segundos	27
FIGURA 6: Replica de esqueleto humano en tamaño uno a uno y fijación de las articulaciones.....	36
FIGURA 7: Moldeamiento de los músculos del hombro y de la escápula	37
FIGURA 8: Modelamiento del plexo braquial	39
FIGURA 9: Moldeamiento de los extensores y unión de las estructuras al plexo braquial.....	45
FIGURA 10: Modelo terminado	50

Resumen

Introducción: El entendimiento de la anatomía quirúrgica del plexo braquial, representa un reto para estudiantes y profesionales de la salud, dada su complejidad y difícil orientación espacial. El conocimiento del mismo es un pilar fundamental en la educación médica. La ausencia de modelos anatómicos en nuestro país para el estudio del plexo braquial, representa una limitación en el campo académico. El objetivo del presente trabajo fue la creación de un modelo anatómico a escala (real) 1 a 1 del plexo braquial humano, con rigor técnico-científico, con el fin de favorecer el entendimiento y la promoción de la enseñanza de la anatomía quirúrgica de esta estructura.

Metodología: Se realizó una revisión de la literatura disponible de la anatomía quirúrgica del plexo braquial, así como de las principales variantes anatómicas del mismo, con el fin de crear un modelo exacto de esta estructura. Se construyó posteriormente, un modelo anatómico en escala (real) 1 a 1 del plexo braquial mediante el uso de un esqueleto de plástico como base y porcelanicon.

Resultados: Fue generado un modelo complejo en escala real del plexo braquial, dando énfasis a las relaciones anátomo-espaciales del mismo con todas las estructuras del miembro superior incluyendo arterias, venas y nervios. Se realizó especial énfasis en las principales variantes anatómicas del plexo (prefijado derecho y posfijado izquierdo) y la distribución más frecuente de sus recorridos.

Conclusión: El modelo anatómico generado, reposa en el laboratorio de anatomía de la Universidad el Bosque, y constituye una herramienta valiosa, práctica e innovadora, que busca promover los procesos de enseñanza y aprendizaje dinámicos e innovadores.

Palabras clave: Plexo braquial, modelo anatómico, anatomía, prefijado, posfijado.

Abstract

Introduction: Understanding the surgical anatomy of the brachial plexus is a challenge for students and health professionals, given its complexity and difficult spatial orientation. Knowing it's a anatomy is a mainstay in medical education. The absence of anatomical models in our country for the study of the brachial plexus, presents as a major constraint in the academic field. The aim of this work was the creation of a full-scale anatomical model 1-1 human brachial plexus, with technical-scientific rigor, in order to favour understanding and promote teaching of surgical anatomy of this structure.

Methods: A review was made in the literature of the surgical anatomy of the brachial plexus and its main anatomical variants in order to create an accurate model of this structure. An anatomical model in real scale 1: 1 of the brachial plexus is then elaborated by using a plastic skeleton as base and cold porcelain.

Results: A complex full-scale model of the brachial plexus was elaborated, emphasizing the anatomical and spatial relationships of the plexus with all the structures of the upper limb including arteries, veins and nerves. Special emphasis was made on the main anatomical variants (right prefixated and and left posfixated) and the most frequent distribution of their variants.

Conclusion: The anatomical model generated lies in the anatomy laboratory at Bosque University, and is a valuable, practical and innovative tool to improve the teaching and learning inovate

Keywords: Braquial plexus and Models

Introducción

La disección en cadáveres suele ser utilizada como una herramienta tradicional en la enseñanza de la anatomía. Sin embargo, existen limitantes en este tipo de aprendizaje dado el número creciente de estudiantes de medicina, la disminución de los cadáveres disponibles para la enseñanza, la calidad en las técnicas de preservación de tejidos, entre otros.

El estudio del plexo braquial es un desafío para los estudiantes, docentes y profesionales de la salud debido a su compleja anatomía, además, la falta de herramientas novedosas y de técnicas alternativas de educación que faciliten el aprendizaje de esta estructura, que constituyen una limitante para la motivación de estudiantes a todo nivel formativo.

Por lo anterior, se ha promovido el desarrollo de modelos digitales en tercera dimensión que aunque favorecen el aprendizaje de esta estructura, resultan limitados en cuanto a la percepción del tamaño real. Los modelos anatómicos internacionales existentes de plexo braquial, son costosos y de difícil acceso para su importación, por lo cual, ninguna institución universitaria en el país cuenta con ellos. El desarrollo del presente modelo anatómico a escala real del plexo braquial, constituye un aporte valioso al sistema de aprendizaje y educación en salud para la comunidad científica y universitaria en campos como la ortopedia, cirugía plástica, neurocirugía, anestesiología, cirugía de mano y fisiatría. Dado el rigor científico del modelo, su escala real y la posibilidad de masificación a futuro de la producción del mismo, favorecerá positivamente la aplicabilidad de los conocimientos adquiridos por estudiantes y docentes, de manera más exacta y sencilla.

1 Marco teórico

1.1 Generalidades del plexo braquial.

El plexo braquial es una estructura nerviosa especializada encargada de proveer la inervación motora y sensitiva del miembro superior¹. Las lesiones del plexo braquial son un desafío para el cirujano de mano, su alta complejidad anatómica y estructural hacen necesaria la creación de herramientas para el entendimiento de esta estructura tan importante.

El plexo braquial es una intrincada y compleja estructura que conecta los nervios espinales a sus ramas terminales en la extremidad superior. Hay múltiples descripciones a través de las cuales puede ser estudiado: la anatomía esquemática, la anatomía quirúrgica y sus relaciones con tejidos circundantes como las descripciones de sus variaciones anatómicas. Cada una de estas tres descripciones tiene ventajas y deficiencias. La anatomía quirúrgica es útil puesto que describe las relaciones con las estructuras cercanas, además puede servir como una guía para acercarse al plexo braquial, pero esta descripción no trata la anatomía intraplexo directamente y puede pasar por alto importantes variaciones internas. La anatomía esquemática proporciona un marco en el cual la función y las lesiones del plexo braquial puede ser identificadas. Sin embargo, puede inducir a error especialmente cuando hay variaciones anatómicas. Por último el gran índice de variantes anatómicas aumenta la dificultad del estudio de la anatomía quirúrgica¹.

1.2 Perspectiva Histórica

Desde la Guerra del Peloponeso (siglo V A.C) y la Ilíada de Homero (siglo VIII A.C) se describen lesiones del plexo braquial secundarios a traumas en el hombro². En el siglo I A.C en Roma, el primer informe del diagnóstico y tratamiento de una lesión del plexo braquial fue realizada por Galeno, e involucró a un paciente que mejoró con el tratamiento conservador. Desde los tiempos de Galeno se realizaba tracción del hombro como tratamiento de las luxaciones de este, pero no fue hasta el siglo XVIII que Smellie reconoció las luxaciones como una causa de la lesión del plexo braquial y el tratamiento quirúrgico en ese momento no era realizado. En 1861 Duchenne¹ fue el primero en describir la lesión obstétrica del plexo braquial y Erb en 1985¹ describió la lesión del tronco superior en este tipo de lesiones.

Al final del siglo XIX el estudio del plexo braquial se basó en grandes tratados que describen disecciones anatómicas. Se realizaron innumerables disecciones por parte de estudiantes de medicina lo cual pone en tela de juicio la precisión, especialmente de las variaciones anatómicas. Las primeras descripciones no han resistido la prueba del tiempo. Durante el mismo período, una serie de obras aparecieron que describían la anatomía del plexo braquial. Kerr³ describe una serie de disecciones donde sugirieron menos variaciones anatómicas de las que se creía, la convergencia de estas descripciones de plexo braquial han permitido una representación más esquemática.

El estudio del plexo braquial tomo auge hacia principios del siglo XX, por los trabajos de Barnes , Brooks , Bonney, y Seddon Leffert y más tarde Narakas⁴ . el trabajo de estos

autores se limitaba a la exploración con el fin de determinar el pronóstico e intervenciones más complejas que se asociaban a pobres resultados⁴.

Hacia el final del siglo XX, los avances en las técnicas de microcirugía y procedimientos de transferencia de nervios han mejorado el resultado funcional de estas lesiones, sin embargo hasta el día de hoy sigue siendo materia de investigación por múltiples equipos interdisciplinarios⁴.

1.3 Anatomía quirúrgica del plexo braquial.

1.3.1 Generalidades del plexo braquial

El plexo braquial contiene alrededor de 120.000 fibras nerviosas que se distribuyen alrededor del todo el miembro superior, las fibras motoras representan casi 1/3 de éstas y 2/3 corresponden a fibras sensitivas ¹

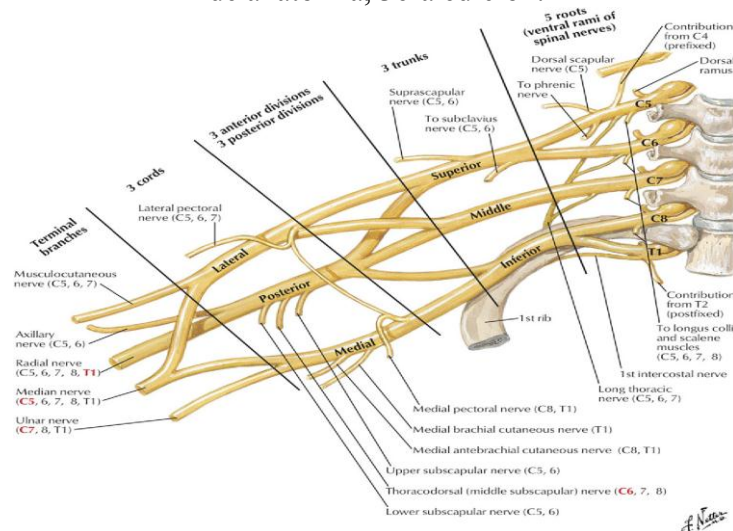
Clásicamente el plexo braquial está constituido, por las ramas ventrales de los últimos cuatro nervios cervicales (C5-C6-C7-C8) y el primero torácico (T1). Las ramas de los nervios C5 a C7 emergen por encima de los cuerpos vertebrales del mismo número, mientras que las de C8 y T1 salen por debajo de los cuerpos vertebrales de C7 y T1 respectivamente⁵.

1.3.2 Aspectos generales en la constitución del plexo braquial.

El diagrama estándar para la descripción del plexo braquial utiliza 5 zonas¹⁵. (figura 1)

- Zona I: Raíces espinales y nervio raquídeo
- Zona II: Troncos
- Zona III: Divisiones
- Zona IV: Cordones
- Zona V: Ramas Terminales

Figura 1. Representación esquemática del plexo braquial. Tomado de Netter F. Atlas de anatomía, 3era edición.



1.3.3 Raíces espinales

Los nervios raquídeos o espinales nacen de la médula espinal, salen de la columna vertebral por los orificios de conjunción y se distribuyen por los territorios sensitivos y motores del hombro y del miembro superior.

Estas estructuras comunican los nervios con la médula espinal, la raíz posterior (dorsal y sensitiva) nace de las astas posterolaterales de la médula espinal y se dirige hacia un ganglio ovoideo, el ganglio se localiza en la zona media infraforaminal y contiene los

cuerpos celulares de las neuronas sensitivas. La raíz anterior (ventral y motora) nace de las astas antero laterales de la médula espinal¹.

Las raíces de C5 a T1 normalmente contribuyen a la formación del plexo braquial. Las raíces espinales de C5 y C6 se unen para formar el tronco superior, la raíz espinal de C7 forma el tronco medio, y las raíces espinales de C8 y T1 se unen para formar el tronco inferior¹.

Diferentes ramas terminales emergen del plexo braquial a nivel de las raíces, el conocimiento de estas ramificaciones y su función facilita la localización de una lesión potencial. El nervio escapular emerge de una posición proximal casi donde termina la raíz de C5 e inerva los músculos Romboides y elevador de la escápula⁵.

En el intraoperatorio es importante tener en cuenta que las raíces de C7 y C8 son las de mayor tamaño, las ramas de C5 y T1 las de menor tamaño y la de C6 es de tamaño intermedio. C7 es la raíz que más lleva contingente motor⁶.

1.3.4 Troncos nerviosos y divisiones

Según la descripción clásica el tronco superior puede ser constituido por las ramas anteriores de C5 y C6; el tronco medio está constituido por la rama anterior de C7 y el tronco inferior por la unión de las ramas anteriores de C8 y T1⁶. Cada uno de estos troncos, superior, medio e inferior se divide a nivel de la clavícula en una división anterior y posterior⁷. Esta división tiene un significado funcional importante ya que representa la

separación de las fibras destinadas a innervar los músculos flexores (ventrales) y extensores (dorsales)⁵.

La dirección de los nervios raquídeos de C5 y C6 es descendente, formando el tronco superior justo en el borde externo del hiato interescalénico, también llamado punto de Erb; está ubicado tres centímetros por encima de la clavícula. La dirección del tronco medio es horizontal localizándose justo medial al escaleno anterior. Las raíces de C8 y T1 tienen un trayecto ascendente y forman el tronco inferior antes de salir del espacio interescalénico⁶.

De los troncos, el medio es que tiene menor calibre ya que solo está formado por C7; el tronco inferior presenta principalmente fibras que van hacia la división anterior, que llevarán la innervación extrínseca de la mano, siendo muy escaso su aporte a la división posterior⁶.

Los troncos se localizan en el triángulo omoclavicular están cubiertos por la fascia media del cuello. La vena yugular externa discurre oblicuamente desde el esternocleidomastoideo para desembocar en el ángulo inferior entre este músculo y la clavícula donde se forma un refuerzo fibroso denominado pliegue falciforme. La arteria y vena cervical transversa cruzan sobre los troncos superior y medio distribuyéndose por la zona externa del trapecio, donde la arteria presenta relaciones con el nervio espinal.⁶

Los tres troncos descienden para converger en el denominado espacio costo-clavicular, donde presentaran sus divisiones. Las divisiones son consideradas el ecuador del plexo braquial⁵. Debajo de la clavícula las 3 divisiones posteriores se unen para formar el cordón posterior, Las divisiones anteriores del tronco superior y el tronco medio forman el cordón

lateral, y la división anterior del tronco inferior forma en cordón medial. El cordón posterior nace de las ramificaciones posteriores de los troncos, se ramifica dando los nervios axilar y radial. El cordón lateral y cordón medial se unen para formar el nervio mediano por delante de la arteria axilar. Además de su contribución al nervio mediano, el cordón lateral termina en el nervio musculo-cutáneo y el cordón medial termina en el nervio cubital⁷.

1.3.5 Cordones

Los cordones se denominan por su relación con la arteria axilar y están ubicados detrás del fascículo del pectoral menor. también El cordón lateral o tronco secundario antero externo está formado por la unión de las divisiones anteriores del tronco superior y medio; el cordón medial o tronco secundario antero interno está formado por la división anterior del tronco inferior; El cordón posterior o tronco secundario posterior está formado por las tres divisiones posteriores de los tronco primarios^{5 1}.

Más distalmente el cordón lateral da lugar al nervio pectoral lateral y el cordón posterior da lugar al nervio subescapular superior, toracodorsal y el nervio subescapular inferior; el cordón medial da lugar al nervio pectoral medial y al nervio antebraquial cutáneo interno.

1.3.6 Ramas Terminales del plexo braquial.

De los cordones o troncos secundarios emergen las ramas terminales del plexo braquial

- Cordón lateral (tronco secundario antero externo): Musculo-cutáneo y raíz externa del nervio mediano.
- Cordón medial (tronco secundario antero interno): Raíz interna del nervio mediano, nervio cubital, cutáneo medial del brazo y ante braquial cutáneo interno.
- Cordón posterior (tronco secundario posterior): Nervio radial y nervio axilar o circunflejo.

1.3.7 *Ramas Colaterales del plexo braquial*

Dentro de la variabilidad estructural del plexo braquial, se formaran de manera constante las mismas más colaterales y terminales. Las ramas terminales están destinadas a inervar la parte libre de la extremidad superior, mientras que las ramas colaterales estarán destinadas a inervar los músculos de la cintura escapular y del hombro ¹.

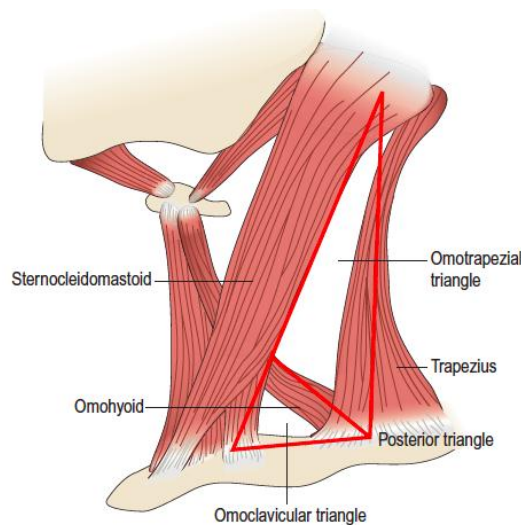
El nervio axilar puede ser considerado un ramo colateral puesto que inerva los músculos del hombro. Las ramas colaterales del plexo braquial se pueden dividir en ventrales y dorsales⁶:

- Ramas colaterales ventrales: Nervio subclavio, nervio supra escapular, nervio frénico
- Ramas colaterales dorsales: Nervio dorsal escapular y nervio torácico largo

1.4 Relaciones del plexo Braquial en el cuello

El plexo braquial surge en el triángulo posterior del cuello el cual está formado por los bordes de los músculos esternocleidomastoideo y trapecio, la clavícula y el occipital. El cuello es comúnmente dividido en un conjunto de triángulos delimitados por diferentes estructuras. El músculo esternocleidomastoideo divide el cuello en un triángulo anterior y otro posterior, a su vez el músculo homohiideo separa el triángulo posterior en un triángulo superior o triángulo homotrapecial y un triángulo inferior o Triángulo omoclavicular. La parte superior y media del plexo braquial se puede ubicar en el triángulo homotrapecial, mientras que el tronco inferior se encuentra ubicado en el triángulo omoclavicular.

Figura 2. *Triángulos del Cuello*. Tomado del Manual para el manejo de la parálisis del plexo braquial pediátrico y del adulto Chung, Kevin. Página 14



El nervio espinal accesorio emerge posterior al músculo esternocleidomastoideo, aproximadamente a los 2/3 desde su inserción desde el esternón hasta la mastoides y viaja relativamente superficial hacia el trapecio⁶. Figura 2

Los troncos del plexo braquial emergen en el triángulo posterior dentro de otro triángulo llamado interescalénico, este está formado por el escaleno anterior, el escaleno medio y la clavícula. La arteria subclavia también viaja a través del triángulo interescalénico, mientras que la vena subclavia viaja por delante del escaleno anterior. El escaleno anterior se inserta a nivel del tubérculo anterior del apófisis transversa de las vértebras cervicales C4 a C6; el escaleno medio se inserta en el tubérculo posterior de las apófisis transversas. El tubérculo anterior de C6 es bultoso y es conocido como el tubérculo de “Chassaignac” el cual puede ser utilizado como punto de referencia intraoperatoria⁶.

1.4.1 Relaciones Proximales del Plexo braquial

La raíz dorsal (sensitiva) y la raíz ventral (motora) convergen a nivel del foramen oval de la vertebras para formar una raíz nerviosa espinal. Los cuerpos neuronales de los axones de la raíz sensitiva residen en la raíz del ganglio dorsal (fuera de la médula espinal), mientras que los cuerpos neuronales de las raíces ventrales se hallan ubicados en asta anterior de la medula espinal. La raíz nerviosa está envuelta por epineuro que a su vez se continua con la duramadre¹.

Los nervios espinales que emergen de los forámenes de las vértebras, reciben ramas de los ganglios simpáticos. Típicamente las raíces de C5 y C6 reciben anastomosis del ganglio cervical medio, por el contrario las raíces nerviosas de C7 y C8 reciben contribuciones desde el ganglio cervical inferior. El nervio torácico recibe una contribución de su ganglio asociado. Estas contribuciones se producen distal al ganglio de la raíz dorsal. La comprensión de esta relación del plexo braquial con la ganglios simpáticos permite

dilucidar la presencia de una lesión proximal de una lesión de C8 y T1 en presencia de signo de Horner (ptosis, la miosis , y anhidrosis)⁶.

Las raíces de C8 y T1 son retro claviculares. La primera y segunda costilla discurren inferiores a estas raíces; C8 atraviesa superiormente a la primera costilla mientras que T1 pasa inferior a esta . Las raíces nerviosas de C8 y T1 se unen para formar el tronco inferior en la superficie superior de la primera costilla, que a su vez hace su aparición en el cuello entre el escaleno anterior y medio⁸. Los vasos subclavios están muy cerca con las raíces inferiores y del tronco inferior . En la región infra clavicular los cordones están alrededor de la arteria axilar en el brazo.

1.4.2 Relaciones distales del plexo braquial

Los troncos superior, medio e inferior se ramifican en sus respectivas divisiones posteriores en la clavícula, estas divisiones forman cordones alrededor de la arteria axilar. Cada cordón recibe su nombre de acuerdo a su relación con el arteria; el espacio alrededor del plexo en esta zona tiene forma de una pirámide la cual tiene la siguiente distribución: la pared posterior está formada por los músculos subescapular, redondo mayor, y el dorsal ancho; la pared anterior es formada por el pectoral mayor y el pectoral menor, la pared medial está conformada por las costillas superiores y el músculo serrato. Las paredes anterior y posterior convergen en la cara medial del humero ¹.

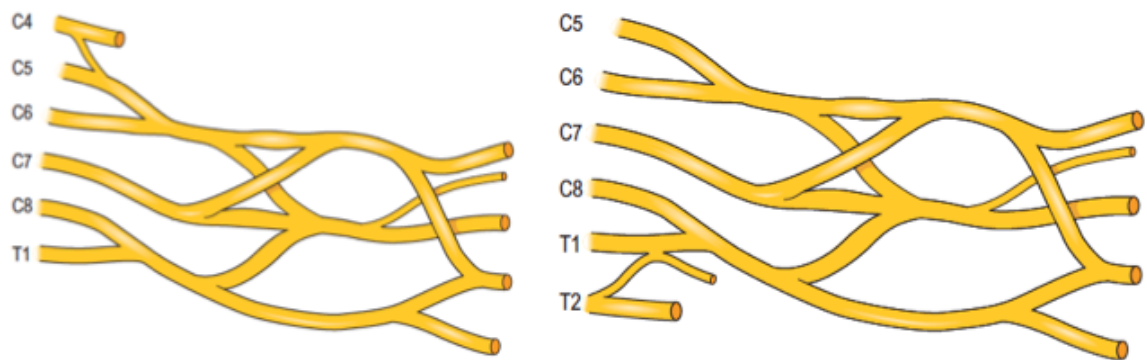
1.5 Variantes anatómicas del plexo braquial.

Waish¹ fue el primero que describió pequeñas variaciones del plexo braquial. La mayor variación anatómica del plexo se produce con respecto a las raíces espinales que contribuyen al plexo braquial. Básicamente, la anatomía describe al plexo braquial como originario de C5 a T1 ; sin embargo, el plexo braquial puede recibir contribuciones de C4 o T2 .

Algunos autores han definido el término “prefijado” al plexo que recibe una contribución sustancial del C4 y “posfijado” al que recibe una mayor contribución de T2⁹. Se calcula según estudios cadavéricos que la prevalencia del plexo prefijado es de 30.77% siendo aún menor la del posfijado. En otros estudios se calcula que la prevalencia de la contribución de C4 a C5 es del 62%¹. Leung⁷ describe que esta variación es de 28% a 62% para el plexo prefijado y de 16 al 73% para el posfijado, siendo esta relación muy amplia.

¹ Postijado: Plexo braquial que recibe una contribución más allá de la raíz de la primera vertebra dorsal.

Figura 3. Representación esquemática del plexo prefijado y posfijado. Tomado del Manual para el manejo de la parálisis del plexo braquial pediátrico y del adulto Chung, Kevin. Página 11.



Pellerin y et al⁹, demostraron que cuando el plexo es prefijado la colaboración de T1 es nula o poca, al contrario de los que pasa cuando el plexo es posfijado, donde se tiene una contribución o no de la raíz de C5. Es decir la raíces nerviosas pueden estar en ocasiones ausentes al lado opuesto de la fijación. (figura 3)

Una de las variaciones más estudiadas es la del nervio supra escapular, algunos autores encontraron que en el 56% de los casos este nervio provenía directamente del tronco superior aproximadamente 8 mm proximal a las divisiones en la clavícula, el 38 % emergía a 2mm de este reparo y un porcentaje escaso a 0 mm, lo que se considera una verdadera trifurcación del tronco superior.

En cuanto a los cordones, se estimó en disecciones cadavéricas que el 3,07% de los cordones laterales tenían un único origen desde la división anterior del tronco superior¹⁰.

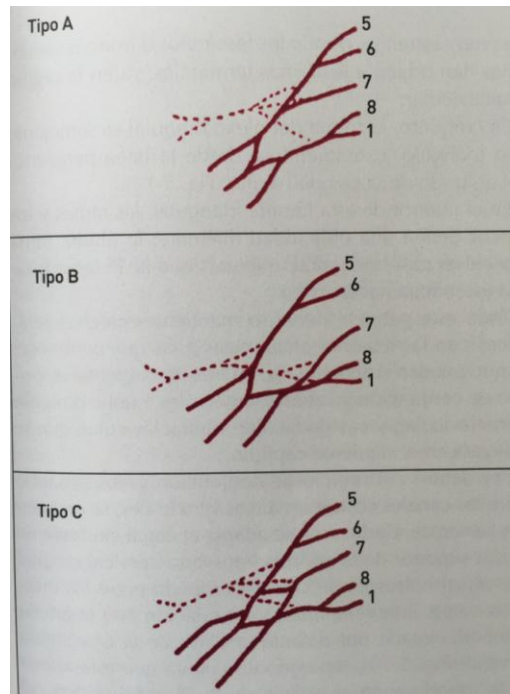
El Doctor Ahmet y et al¹⁰ que la formación del cordón medial es dada en un 94.58% por la continuación de la división anterior del tronco superior y en muy pocas ocasiones reciben una contribución de la raíz de C7³. En raras ocasiones el cordón medial recibe pequeñas ramas de la división posterior del tronco medio en 1.54%¹⁰.

Típicamente el nervio mediano está formado por ramas de los cordones laterales y medial, pero en ocasiones se forma de manera tripartita, es decir dos ramas correspondientes al cordón lateral y medio, y otra rama de la división anterior del tronco medio.

Mientras la disposición del plano posterior del plexo braquial es constante, el plano anterior es variable debido a una raíz transicional del C7; de acuerdo a Seddon (1962), Narakas (1984 y 1999) y Alieu (1982) se distinguen tres tipos de plexo⁶. Figura 4

- Tipo A (clásico) 66%: El total de C7 es destinado para el cordón lateral
- Tipo B 24%: C7 es destinado para formar el cordón medial.
- Tipo C 10%: Donde C7 aporta Tanto para el fascículo cordón lateral y medial.

Figura 4. *Tipo de plexo braquial*. Tomado de Anatomía quirúrgica del plexo braquial. Página 14



1.6 *Importancia de la anatomía del plexo braquial en la práctica médica*

El estudio de la anatomía del plexo braquial es un verdadero reto para los estudiantes de medicina como para los residentes debido a su compleja estructura. El entendimiento de la anatomía quirúrgica del plexo braquial y sus variantes anatómicas hacen parte fundamental para el entendimiento de la anatomo-patología de esta importante estructura⁸.

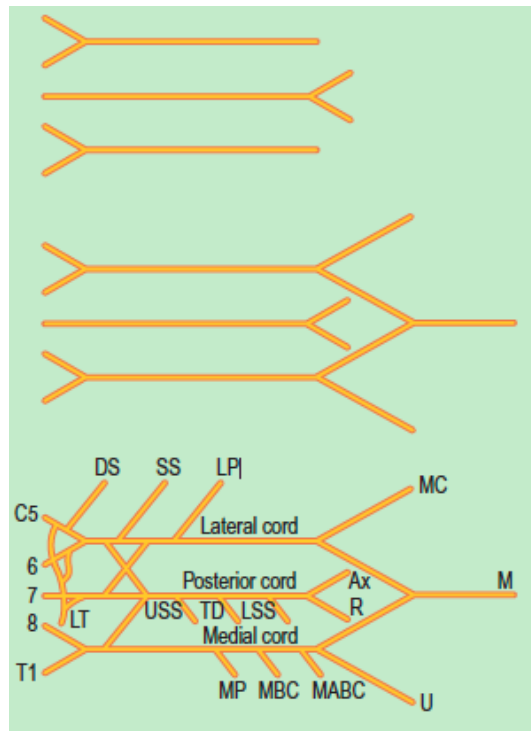
El Conocimiento de la anatomía en las lesiones del plexo braquial y un adecuado diagnóstico, resulta clave para un buen tratamiento. La compleja anatomía hace un poco difícil el examinar casi los 59 músculos que este inerva¹. Se deben tener tres parámetros

principales para un buen diagnóstico: El conocimiento de la anatomía, buen examen clínico y la esquematización como descripción de todos los hallazgos encontrados.

La anatomía del plexo braquial representa un reto no solo para el académico sino también para el profesional en salud. Eduards¹ describió una forma fácil, practica y simple para realizar un dibujo del plexo braquial en 15 segundos que nos puede ayudar en la orientación temporo-espacial de las diferentes ramificaciones. Figura 5.

Figura 5. *Como dibujar un plexo braquial en 15 segundos descrito Por Eduards*. Tomada del Manual para el manejo de la parálisis del plexo braquial pediátrico y del adulto Chung,

Kevin. Página 174.



1.7 Modelos tridimensionales en el estudio de la anatomía y la enseñanza del plexo braquial.

1.7.1 Enseñanza de la anatomía en modelos y su interrelación en las teorías de aprendizaje.

Por definición, los modelos anatómicos son estructuras construidas de forma tridimensional que representan de forma real o no las estructuras anatómicas en los seres vivos.¹¹

Carrilo¹² formula que “Actualmente en la educación médica es común observar un aumento significativo del uso de modelos para la enseñanza y el aprendizaje en los procesos de formación de médicos, odontólogos, enfermeras, fisioterapeutas y paramédicos”. Esto se debe a que otras disciplinas como pilotos , militares y astronautas orientan su entrenamiento en la utilización de modelos y simuladores, ayudando a la formación de habilidades y destrezas.

Según Rueda¹³ “la anatomía ha recorrido un largo camino bajo la imagen de un territorio éticamente neutral, basado esto en la forma en que se conservan y presentan los restos humanos” . El autor hace referencia a la utilización de cadáveres y al uso del formaldehído como método de preservación, este proceso ha sido cuestionado a través del tiempo y ha sido materia de discusiones éticas¹³. Los modelos cadavéricos presentan también el problema que a pesar de las técnicas de preservación, son susceptibles a el proceso natural de la putrefacción¹³.

Según lo discutido anteriormente, se inició la búsqueda de nuevas y mejores técnicas de preservación en pro de la enseñanza y del estudio de la anatomía. Frente a esta problemática y con el desarrollo de nuevas tecnologías se inició una etapa “modernista” para enseñarla. Esta etapa incluye el uso de los recursos informáticos de traficación tridimensional, realidad virtual y desarrollo de modelos anatómicos cada vez más exactos. En la actualidad es de gran importancia dirigir la implementación de nuevas estrategias y metodologías en el estudio de la anatomía, esto apoyado por diferentes autores entre estos Rueda y sus aportes dados en 2012¹³.

Nuevas técnicas de Generación de modelos anatómicos se han establecido mediante el uso de varias resinas como el poliuretano y elastómeros. Por lo general , un molde negativo se realiza a partir de una muestra de cadáver, que después es transformado en modelo anatómico. Los modelos se caracterizan por su flexibilidad y resistencia al estrés, por lo tanto, pueden ser utilizados para el estudio y desarrollo en diversos procedimientos (Gailloud et al, 1999 & Von Segesser et al, 1999)¹⁴. Otra ventaja de los modelos anatómicos es que pueden ser fabricados en serie y son de fácil transporte, por lo cual pueden ser utilizados en varios recintos y en varias ocasiones ¹⁴.

Kerby, Shukur y Shalhoub, 2011; Oh, Kim y Choe, 2009; Motoike et ál, 2009¹² expresaron “Los modelos didácticos se convierten en una ayuda adicional para reforzar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la anatomía y la fisiología”. Las herramientas de enseñanza son apreciadas y valoradas por los estudiantes¹².

1.7.2 Modelos anatómicos en la enseñanza del plexo braquial

En más de 20 años de la enseñanza El Doctor McMenanin¹⁵, ha observado que muchos estudiantes luchan con la disposición anatómica y funcional de los nervios espinales, también tienen una particular dificultad con los principales plexos nerviosos como por ejemplo el plexo braquial¹⁵. El Doctor McMenanin¹⁵ desarrollo un sistema de enseñanza novedoso en el cual utilizaba alambre dulce y unas tablas para evaluar sus estudiantes en la creación del plexo braquial con estos materiales. Los resultados fueron prometedores y se pudo demostrar de manera objetiva que esta metodología ayudaba a los estudiantes al mejor entendimiento del plexo braquial .

2 Problema de investigación

El estudio de una estructura anatómica tan compleja como el plexo braquial, ocurre de manera temprana en la formación básica de los estudiantes de medicina. En muchas ocasiones, los docentes también presentan limitaciones para la enseñanza de su distribución y orientación en el miembro superior; motivo por el cual, la apropiación del conocimiento, el interés y la motivación por el aprendizaje y la enseñanza del mismo resultan condicionados.

La ausencia de técnicas de aprendizaje y enseñanza novedosas y realistas, sus costos y su baja disponibilidad, constituyen otro problema fundamental en el abordaje de la anatomía del plexo braquial. Si bien, nuestro país cuenta con promoción de educación basada en simulación y disección en cadáveres, llama la atención la ausencia de estas herramientas en el aprendizaje de la anatomía de una estructura tan importante y compleja como lo es el plexo braquial.

En el mundo existen diferentes compañías dedicadas a la realización de modelos anatómicos y son pocas las que realizan modelos del plexo braquial, los cuales son dispendiosos, en ocasiones no exactos y costosos. En Colombia no se disponen de modelos anatómicos para la enseñanza de esta zona anatómica en las instituciones tomadas por referencia por el investigador .

El bajo número de herramientas para el estudio del plexo braquial y su intrincada anatomía hacen del estudio de esta estructura un verdadero reto.^{16 17}

Es por estos motivos, que la no disposición de modelos exactos y específicos puede representar una barrera en la enseñanza y el aprendizaje dinámico del plexo braquial. La presente investigación se enfoca en el desarrollo de una herramienta que podría mejorar el abordaje interactivo del aprendizaje en la educación médica en nuestro país y más específicamente en nuestra universidad.

3 Justificación

Los modelos didácticos se convierten en una ayuda adicional para reforzar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la anatomía y la fisiología (Kerby, Shukury Shalhoub, 2011; Oh, Kim y Choe, 2009; Motoike et al, 2009).

Es necesaria la creación de una herramienta de simulación que permita a los estudiantes de medicina, docentes especialistas y subespecialistas, facilitar la comprensión de la anatomía del plexo braquial, junto a los especímenes cadavéricos y ayudas audiovisuales. Esta herramienta no pretende ser un sustituto de la enseñanza actual sino más bien un complemento valioso para apropiación de los conocimientos de la anatomía quirúrgica de esta estructura. Es fundamental mejorar los conocimientos de la anatomía del plexo braquial en los especialistas de salud, con el fin de evitar diagnósticos erróneos de sus lesiones, tratamientos inadecuados y estudios paraclínicos innecesarios.¹⁸

Se busca sentar bases para el cambio de los paradigmas de aprendizaje de la intrincada anatomía del plexo braquial, favorecer ideas para su aplicación en el estudio plexo lumbar en los miembros inferiores y posicionar a la institución universitaria en el ámbito investigativo con el desarrollo de estrategias educativas de innovación.

El modelo no solo será utilizado para el estudio del plexo braquial, sino también para el estudio de la anatomía del miembro superior, de la cabeza y el cuello. Teniendo en cuenta los pasos de construcción se podrán plantear otros modelos para el estudio de la anatomía del miembro inferior, abdomen , tórax etc.

4 Objetivos

4.1 Objetivos general

Diseñar y construir un modelo anatómico a escala real del plexo braquial humano como herramienta para fomentar e incentivar el estudio de la anatomía quirúrgica del mismo en los estudiantes, docentes y especialistas de la universidad el Bosque

4.2 Objetivos específicos

- Ilustrar de una manera tridimensional las diferentes estructuras del plexo braquial desde el cuello hasta todo el miembro superior, ejemplificando cada uno de los componentes del plexo braquial y variantes anatómicas más comunes.
- Introducir una herramienta útil, costo efectiva e innovadora para estimular el conocimiento y el aprendizaje espacial del plexo braquial.
- Generar un modelo en escala real (1:1) ubicado en el laboratorio de anatomía que permita al estudiante (pregrado o postgrado) y a los docentes visualizar las estructuras anatómicas referentes al plexo braquial.

5 Materiales y Métodos

El proceso metodológico para la consecución del objetivo general se dividió en dos fases:

Se realizó una revisión de la literatura disponible acerca de los modelos anatómicos y sus implicaciones en el aprendizaje estructurada y resumida en el marco teórico que incluyó la descripción de la anatomía quirúrgica del plexo braquial, sus relaciones espaciales en el miembro superior y sus principales variantes anatómicas.

La segunda fase consistió en la construcción de un modelo tridimensional en escala real (1:1) de un plexo braquial, en donde se materializaron los conceptos revisados e investigados por el autor, dividiendo el modelo en las dos variantes anatómicas más frecuentes de esta estructura (derecha prefijado e izquierda posfijado) mediante el uso de una estructura esquelética base de plástico, la adición y moldeamiento manual posterior de las diferentes estructuras que componen el miembro superior (músculos , tendones, arterias y venas) y el plexo braquial.

Lo anterior fue supervisado por un cirujano de mano experto, docente de la institución universitaria. El modelo anatómico fue desarrollado y moldeado por el autor principal.

A continuación se describe detalladamente la estrategia de construcción del modelo anatómico.

5.1.1 Construcción de soporte estructural:

Se realiza la consecución de un modelo de plástico esquelético, como una estructura fuerte y sólida capaz de soportar el peso del porcelanacrón, se procedió al retiro de los miembros inferiores. Se realizó el bloqueo de las articulaciones del hombro, codo y muñeca con el fin de aportar estabilidad al modelo. Este bloqueo se realizó utilizando materiales como el alambre dulce y tornillos convencionales.

Se realizaron tres bloqueos principales: el primero desde el acromion hasta el húmero, el segundo desde el acromion hasta el tubérculo del bíceps y el tercero desde el radio hasta el carpo. (Figura 6)

Figura 6. Replica de esqueleto humano en tamaño uno a uno y fijación de las articulaciones.



Se procedió al cubrimiento de las fijaciones previas de las articulaciones con porcelanacrón blanco (esto se realiza para dar mayor estabilidad y mejor resultado estético).

5.1.2 Modelamiento de estructuras

Con porcenalicron rojo se procedió al moldeamiento de los músculos de la cintura escapular teniendo en cuenta que en su parte distal se utilizó un poco de porcenalicron blanco para las inserciones tendinosas. Se moldearon los músculos supra espinoso, infra espinoso, redondo mayor, menor, y subescapular.

Se realizó el moldeamiento de los músculos sobre los alambres que sostienen las articulaciones y comunican el hombro con el antebrazo. Es importante recalcar que el tiempo de secado del porcenalicron es de 24 a 48 horas, es por eso que los músculos braquialis y coracobraquialis que son profundos se realizaron primero, y después del secado se realizó el moldeamiento de los músculos superficiales (las dos porciones del bíceps).

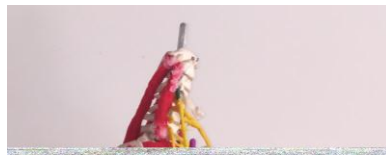
Figura 7.

Figura 7. Moldeamiento de los músculos del hombro y de la escápula.



Se procedió al esculpimiento de los músculos del antebrazo del lado derecho empezando por los extensores, teniendo en cuenta de nuevo la recomendación de que los profundos van de primero (abductor largo del pulgar, extensor corto del pulgar y extensor largo del pulgar), después se esculpieron los superficiales (extensor cubital del carpo, extensor común de los dedos, extensor propio del índice y extensor propio del dedo meñique). Figura 8

Figura 8. *Moldeamiento de los extensores en el antebrazo derecho.*



En el lado izquierdo se realizaron los músculos flexores, primero los profundos (pronador cuadrado, flexor profundo de los dedos y flexor largo del pulgar) y después del secado los superficiales (flexor superficial de los dedos, flexor cubital del carpo y flexor radial del

carpo). Después del secado de todos los músculos y sus respectivos tendones, se realizó el moldeamiento del plexo braquial, teniendo en cuenta la siguiente premisa: en el lado derecho la escultura inició con una rama más proximal, la raíz de C4 en verde para el plexo prefijado lo que lo hará diferente a las otras raíces que van en amarillo. En el lado izquierdo se realizó el modelamiento del plexo sin incluir la raíz de C4 e incluyendo la raíz de T2 para el plexo posfijado también en verde. Figura 9

Figura 9. *Modelamiento del Plexo Braquial*. Nótese las raíces de los plexos prefijado (derecha) y posfijado (izquierda) en verde.



Después de realizar las raíces nerviosas saliendo de los agujeros de conjunción, se procedió a la realización de los músculos del cuello, entre los cuales están el esternocleidomastoideo, escalenos anterior y posterior. Una vez secados los músculos escalenos y del cuello se esculpieron las raíces anteriores y posteriores alrededor de la arteria subclavia.

Las divisiones anteriores y posteriores del plexo se realizaron en amarillo alrededor la arteria axilar por debajo de la clavícula, esta etapa es una de las más difíciles del proyecto puesto que hay muy poca cantidad de espacio. Se realizaron las ramas terminales del plexo braquial entre las que encontramos: el mediano, musculo cutáneo, cubital y radial, estos nervios se esculpen de acuerdo a la revisión de los reparos anatómicos. En el lado derecho solo se pudieron esculpir los nervios mediano y cubital puesto que la rama interósea posterior correspondiente al nervio radial no es posible de visualizar claramente debido a la presencia de los músculos del dorso del antebrazo.

En el lado izquierdo se realizó el moldeamiento de la rama terminal del plexo braquial del nervio radial, la interósea posterior. Esto se debe a que al contrario del lado derecho no se realizaron los músculos extensores pero si los flexores.

Por último y ya teniendo todo el plexo braquial esculpido, se realizó en amarillo el moldeamiento de las ramas colaterales del plexo braquial, el nervio torácico largo para el serrato, las ramas de C5 para el frénico, el nervio supra escapular para la supraespinoso e infra espinoso en el hombro. Más adelante se realizó el nervio circunflejo o axilar a nivel del cuello del humero. Distalmente se realizaron las ramas para los intrínsecos de la mano y el interóseo anterior para el musculo pronador cuadrado. Figura 10

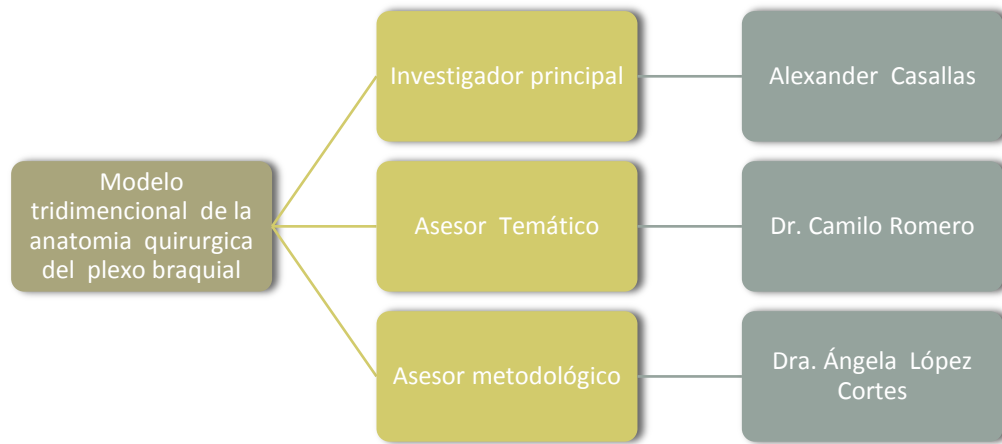
Figura 10. *Modelo de plexo braquial terminado.*



6 Aspectos éticos

El modelo esquelético será una réplica en tamaño real en plástico y porcelanica del ser humano. El presente protocolo, cumple con los criterios de no maleficencia, autonomía y justicia puesto que no se realiza un estudio en especímenes vivos ni en cadavéricos descritos en la resolución 008430 de 1993 de la Republica de Colombia y el Ministerio de la protección social. Esta resolución en su *Título 1 Artículo 4 Parágrafo a*, indica que esta investigación procede al conocimiento de los procesos biológicos y sociales de los seres humanos; También en su *Título 1, Capítulo 1, Artículo 6 Parágrafo g*, indica que esta investigación se llevara a cabo sólo con la autorización de la universidad el Bosque. *El Titulo 2, Capitulo1, artículo 11 parágrafo a*, hace referencia a un estudio sin riesgo donde se realiza una revisión documental y la creación de un modelo que no involucra ninguna intervención.¹⁹

7 Organigrama



8 Presupuesto

Tabla 1. Costos de la investigación y generación del modelo tridimensional del plexo braquial.

Elementos para la construcción del Modelo	Valor en pesos colombianos
Esqueleto humano	1.200.000
Procenalicon de Varios colores	500.000
Alambre Dulce	50.000
Tornillos convencionales	48.000
Laca transparente	100.000
Espátulas de Modelo 20.000	20.000
Horas laborales modelado por cirujano plástico subespecialista	10.000.000
TOTAL	12.000.000

9 Resultados

Se construyó un modelo anatómico tridimensional en tamaño real (1:1) de las raíces nerviosas del plexo braquial, sus troncos, divisiones, cordones y ramas terminales. Así mismo todas las ramas colaterales en su parte más proximal. El modelo conto con la representación de cada uno de los músculos que componen el hombro, brazo, antebrazo y mano así como la estrecha relación de los mismos con los ramos terminales del plexo. Se permitió la visualización en el miembro superior derecho, de la escultura de los extensores en su parte dorsal y de las ramas terminales del plexo en su parte palmar. En el miembro superior izquierdo, se ilustraron los componentes del aparato flexor en su parte palmar y de las ramas terminales del interóseo posterior en su parte dorsal.

Además, en el miembro superior izquierdo se ilustraron dos de las principales neurotizaciones del plexo braquial: espinal a supra escapular en el hombro y cubital al musculo cutáneo en el brazo izquierdo. En la región anterior del antebrazo derecho se ilustró la neurotizacion más distal para la recuperación del nervio cubital, la correspondiente al nervio interóseo anterior.

Un total de 150 horas hombre fueron utilizadas, una revisión de la anatomía quirúrgica del plexo braquial y un moldeamiento en escala uno a uno de todos los reparos anatómicos del plexo braquial fueron modelados. Como resultado se creó una nueva herramienta novedosa y didáctica que será complementaria para el proceso de formación de estudiantes, residentes y especialistas en el ámbito de la anatomía del miembro superior.

El modelo reposa actualmente en el laboratorio de anatomía de la universidad el bosque, donde será parte fundamental no solo en la enseñanza de la anatomía quirúrgica del plexo braquial, allí sentara un precedente en la importancia de la elaboración de nuevas herramientas de la anatomía del plexo braquial.

10 Discusión

Las nuevas técnicas utilizadas en el desarrollo de la enseñanza y el aprendizaje han permitido esclarecer como los modelos anatómicos y la realización de los mismos constituye una herramienta valiosa para el aprendizaje de la anatomía. La anatomía del plexo braquial es difícil de entender dadas las características del mismo descritas a lo largo de la presente investigación. La creación de un modelo tridimensional en escala uno a uno favorece a estudiantes, residentes, especialistas y supra-especialistas a visualizar de forma más comprensible esta estructura anatómica, además podría ayudar en la ubicación espacial durante cirugía a los cirujanos de miembro superior.

El modelo construido, muestra un abordaje dinámico de las principales variantes y referencias anatómicas más frecuentes del plexo braquial, facilitando la comprensión visual y táctil de una manera sencilla.

La principal limitación es la producción de un modelo altamente específico y el tiempo de elaboración invertido. Esta podría ser superada mediante la creación de vínculos estratégicos con instituciones educativas que estén interesadas en la promoción del estudio de la anatomía del plexo braquial y de otras estructuras anatómicas mediante procesos innovadores y dinámicos.

Se requiere de más investigación en la creación de modelos educativos de aprendizaje y la comparación de los mismos con estrategias tradicionales.

11 Conclusiones

El plexo braquial es una estructura anatómica de alta complejidad que requiere una gran inversión de tiempo en su estudio y que podría ser entendida más fácilmente con modelos tridimensionales a escala real. La creación de este tipo de modelos, requiere de personal experto y de altas horas de trabajo, además de una conceptualización de la anatomía quirúrgica y de unos materiales básicos para su construcción.

El modelo anatómico presentado podría promover un aprendizaje del plexo braquial más comprensible y dinámico, la disposición del mismo en el laboratorio de anatomía de la Universidad el Bosque permitirá incentivar a las nuevas generaciones de estudiantes al desarrollo de nuevos medios en el aprendizaje de la anatomía humana.

Se requiere de futuros estudios dentro de la institución, que permitan comparar las técnicas tradicionales versus las técnicas basadas en modelos anatómicos tridimensionales, y que a su vez aproximen a una idea sobre la efectividad de este tipo de modelos en el aprendizaje de estudiantes y otros profesionales de la salud relacionados con este campo de interés.

12 Bibliografía

1. Chung, K. C. *of Pediatric and Adult Brachial Plexus Palsies. Neurosurgery*
2. Terzis, J. K. & Papakonstantinou, K. C. The surgical treatment of brachial plexus injuries in adults. *Plast. Reconstr. Surg.* **106**, 1094–1097 (2000).
3. Kerr, A. T. The brachial plexus of nerves in man, the variations in its formation and branches. *Am. J. Anat.* **23**, 285–395 (1918).
4. Gregory, J., Cowey, A., Jones, M., Pickard, S. & Ford, D. The anatomy, investigations and management of adult brachial plexus injuries. *Orthop. Trauma* **23**, 420–432 (2009).
5. Limthongthang, R. & Bachoura, A. Adult Brachial Plaxus Injury Evaluation and Management. *Orthop. Clin. NA* **44**, 591–603
6. Llusá Pérez, M., Palazzi Coll, S. & Valer Tito, A. *Anatomía quirúrgica del plexo braquial y de los nervios periféricos de la extremidad superior*. (Editorial Medica panamericana, 2013).
7. Leung, S., Zlotolow, D. A., Kozin, S. H. & Abzug, J. M. Surgical Anatomy of the Supraclavicular Brachial Plexus. *J. Bone Joint Surg. Am.* **97**, 1067–73 (2015).
8. Shin, A. Y. & Spinner, R. J. Clinically relevant surgical anatomy and exposures of the brachial plexus. *Hand Clin.* **21**, 1–11 (2005).
9. Pellerin, M. *et al.* The prefixed and postfixed brachial plexus: A review with surgical implications. *Surg. Radiol. Anat.* **32**, 251–260 (2010).
10. Sarsilmaz, M. & Şendemir, E. Some variations of the brachial plexus in man. **11**, 161–165 (1993).
11. Students, U. Valoración de la Actividad de Modelos Anatómicos en el Desarrollo de

- Competencias en Alumnos Universitarios y su Relación con Estilos de Aprendizaje , Carrera y Sexo. **29**, 568–574 (2011).
12. Carrillo, D. & Arango, L. T. Modelos didácticos como estrategia para la enseñanza y el aprendizaje de los Sistemas Orgánicos Animales en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia. 44–51
 13. Rueda, J. & Hernandez, J. Anatomia humana:Ciencia, ética, desarrollo y Educacion. **20**, 6–8 (2012).
 14. Groscurth, P. *et al.* Gross anatomy in the surgical curriculum in Switzerland: Improved cadaver preservation, anatomical models, and course development. *Anat. Rec.* **265**, 254–256 (2001).
 15. McMenamin, P. G. A simple interactive teaching aid for medical undergraduates studying the brachial plexus. *Med. Teach.* **27**, 169–71 (2005).
 16. Vergara-Amador, E. Que hacer en el trauma del plexo braquial. Conceptos actuales. *Salud Uninorte* **30**, 483–497 (2014).
 17. Thatte, M. R., Babhulkar, S. & Hiremath, A. Brachial plexus injury in adults: Diagnosis and surgical treatment strategies. *Ann. Indian Acad. Neurol.* **16**, 26–33 (2013).
 18. Matsunobu, R. T. Educación médica con modelos anatómicos en cadáver. Revisión bibliográfica. **15**, 312–315 (2001).
 19. Republica de Colombia. Resolucion 8430 de 1993 - 1. *Repub. Colomb. Minist. Salud* **1993**, 1–12 (1993).