

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

FACULTAT DE MEDICINA I ODONTOLOGIA

DEPARTAMENT DE FISIOLOGIA

Programa de Doctorat en Fisiologia



**ESTUDIO NEUROFISIOLÓGICO DE LA INERVACIÓN
SENSITIVA DE LA PORCIÓN DORSOMEDIAL DE LA MANO
POR PARTE DE LA RAMA SUPERFICIAL DEL NERVIO RADIAL
COMO VARIANTE DE LA NORMALIDAD**

TESIS DOCTORAL

PRESENTADA POR:

D.^a Silvia Parra Escorihuela

DIRIGIDA POR:

Dr. D. Francisco Javier Puertas Cuesta

Valencia, 2015

El **Dr. D. Francisco Javier Puertas Cuesta**, Profesor Asociado del Departament de Fisiologia de la Universitat de València:

CERTIFICA

Que el trabajo que lleva por título **“Estudio neurofisiológico de la inervación sensitiva de la porción dorsomedial de la mano por parte de la rama superficial del nervio radial como variante de la normalidad”**, presentado por D.^a Silvia Parra Escorihuela, ha sido realizado bajo su dirección, y reúne los requisitos metodológicos y el valor científico adecuados como para ser presentado y defendido para optar al grado de doctor por la Universitat de València.

Y para que así conste a todos los efectos oportunos, firmo la presente en València, noviembre de 2015.

Dr. D. Francisco Javier Puertas Cuesta

El presente estudio ha sido realizado con el asesoramiento en metodología y análisis estadístico de D. Ángel Masoliver Forés, Unidad Docente del Hospital General Universitario de Castellón.

Agradecimientos

En primer lugar agradecer a todos los participantes, los pacientes, que tanta disposición y paciencia han demostrado al acceder al estudio. Gracias a ellos, y a su voluntad de contribuir a la ciencia, ha sido posible realizar esta tesis.

A mis compañeros de trabajo e investigadores colaboradores, Josep, Alina y Xusa, embarcados en este proyecto desde el inicio, tan motivados e ilusionados como yo, ha sido un placer trabajar juntos.

A Xusa por partida doble, compañera infatigable en esta aventura, por llevarme de la mano y levantarme en cada valle, por no dejarme abandonar a pesar del inmenso esfuerzo que ha supuesto.

Al resto de compañeros del servicio de Neurofisiología Clínica, por apoyar este proyecto desde el principio, y por soportar un único tema de conversación durante tanto tiempo.

Mi más sincero agradecimiento al Dr. Masoliver, por su inestimable ayuda tanto en el diseño y metodología de investigación, como en la parte estadística. Gracias por su paciencia ante mi ignorancia, y gracias por aportar esa visión distinta que es capaz de dar una persona ajena, que de verdad tiene interés por entender a fondo tu proyecto.

A mi director de tesis, por su disposición a pesar de las innumerables tareas pendientes.

A mis compañeros de profesión, en especial “Los Piratas”, siempre tendiendo una mano, en lo profesional y en lo personal.

A mi maestra, María José Chumillas, por enseñarme todo lo que sé de electromiografía. Y lo más importante, a sentir pasión por mi trabajo y todo lo que implica. Mi oráculo personal, siempre alumbrándome el camino correcto.

A mis padres, siempre a mi lado en cada cosa que hago, dándome apoyo, aliento y confianza. Sin ellos no hubiera podido llegar hasta aquí.

A toda mi familia y amigos, mi hermano, mis abuelos y mis iaios, dándome soporte y alimentándome durante todos mis estudios, con lo mejor de lo mejor.

A mi marido, Emilio, compañero de fatigas durante más de media vida. Gracias por poner un punto de cordura, por ocuparte de las pequeñas en mis largos ratos delante del ordenador, por respetar mi espacio.

A mis hijas, Alba y Emma,
Lo más importante de mi vida

ÍNDICE GENERAL

I. Introducción	1
1. Introducción y justificación de la tesis	3
1.1. Origen de la tesis	3
1.2. Planteamiento del problema	5
1.3. Justificación del estudio	5
2. Anatomía	6
2.1. Definición	6
2.2. Importancia	6
2.3. Recuerdo histórico	7
2.4. Inervación de la mano	11
2.4.1. Nervio radial	11
2.4.2. Nervio mediano	13
2.4.3. Nervio cubital	14
3. Fisiología	17
3.1. Bases anatomofisiológicas de la conducción nerviosa	17
3.1.1. Sistema nervioso periférico	17
3.1.2. Fibra nerviosa y nervio	17
3.1.3. Clasificación de las fibras nerviosas	19
3.2. Bases electrofisiológicas de la conducción nerviosa	19
3.2.1. Potencial de membrana	20
3.2.2. Potencial de acción nervioso	23
3.2.3. Propagación del potencial de acción	25
3.2.4. Factores determinantes de la velocidad de propagación	26
4. Estudios neurofisiológicos	28
4.1. Revisión histórica	28
4.2. Electroneurografía	29
4.2.1. Principios básicos	29
4.2.1.1. Equipo de registro	29
4.2.1.2. Tipos de electrodos	30

4.2.2. Electroneurografía motora	31
4.2.2.1. Electroodos	32
4.2.2.2. Obtención y valoración de respuestas	33
4.2.3. Electroneurografía sensitiva	36
4.2.3.1. Electroodos	36
4.2.3.2. Obtención y valoración de respuestas	37
4.2.4. Electroneurografía mixta	38
4.2.5. Variables que pueden afectar a la conducción nerviosa	39
4.2.6. Hallazgos anormales	40
5. Variaciones anatómicas en la distribución nerviosa de la mano	43
5.1. Variación anatómica: concepto e importancia	43
5.2. Comunicaciones mediano-cubitales	43
5.2.1. Anastomosis de Martin-Gruber	44
5.2.2. Comunicación de Marinacci	49
5.2.3. Anastomosis de Riche-Cannieu	50
5.2.4. Anastomosis de Berretini	52
5.3. Otras variaciones menos frecuentes en la inervación motora de la mano	54
5.4. Otras variaciones menos frecuentes en la inervación sensitiva de la mano	57
6. Rama dorsal del nervio cubital	61
6.1. Anatomía	61
6.2. Lesión de la rama dorsal del nervio cubital	63
6.3. Variaciones anatómicas que la implican	64
6.3.1. Variaciones en el origen o curso	64
6.3.2. Inervación sensitiva de la región dorsomedial de la mano por parte del nervio radial superficial	66
6.4. Estudio de la conducción nerviosa del nervio cubital dorsal	69
6.5. Importancia de su estudio	72
6.6. Importancia del conocimiento de su variación	72

II. Hipótesis de trabajo y objetivos	75
1. Hipótesis de trabajo	77
2. Objetivos	77
III. Material y método	79
1. Diseño y ámbito del estudio	81
2. Población y muestra del estudio	82
3. Selección de los pacientes	82
4. Variables medidas	83
5. Desarrollo del estudio	86
6. Descripción de las técnicas electroneurográficas	88
7. Análisis estadístico	93
8. Consideraciones éticas	94
IV. Resultados	95
V. Discusión	129
VI. Conclusiones	145
VII. Referencias bibliográficas	149
VIII. Anexos	163
Hoja informativa al paciente	165
Consentimiento informado	168

ABREVIATURAS

Amp	Amplitud
Dur	Duración del potencial
EMG	Electromiografía
ENG	Electroneurografía
FCU	Flexor carpi ulnaris
HGUCS	Hospital General Universitario de Castellón
IC95%	Intervalo de confianza al 95%
Lat	Latencia
m.	Músculo
mA	Miliamperios
mm	Milímetros
ms	Milisegundos
m/s	Metros/segundo
mV	Milivoltios
μ V	Microvoltios
MMSS	Miembros superiores
n.	Nervio
PAMC	Potencial de acción motor compuesto
PAS	Potencial de acción sensitivo
PEM	Potencial evocado motor
STC	Síndrome del Túnel Carpiano
VC	Velocidad de conducción nerviosa
VCS	Velocidad de conducción sensitiva
VCM	Velocidad de conducción motora

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Metodología y valores de normalidad en estudios de nervio cubital dorsal	70
Tabla 2. Concordancia entre tres o más observadores con dos categorías	97
Tabla 3. Concordancia entre dos observaciones con dos o más categorías	98
Tabla 4. Estadísticos descriptivos característicos de la muestra	99
Tabla 5. Estadísticos descriptivos de las características electroneurográficas en los pacientes con respuesta en la porción dorsomedial tras estimular el nervio cubital dorsal	104
Tabla 6. Estadísticos descriptivos de las características electroneurográficas en los pacientes con respuesta en porción dorsomedial tras estimular el nervio radial	105
Tabla 7. Descripción del número y proporción de pacientes con inervación variante según el patrón de inervación considerando ambas manos de forma conjunta	111
Tabla 8. Análisis descriptivo de los pacientes agrupados en inervación habitual o inervación variante por grupos de edad	112
Tabla 9. Análisis descriptivo de los pacientes agrupados en inervación habitual o con inervación variante por sexo	113
Tabla 10. Regresión lineal múltiple para variables demográficas entre inervación habitual e inervación variante	113
Tabla 11. Análisis descriptivo de los pacientes agrupados en inervación habitual o inervación variante según sospecha clínica	114
Tabla 12. Prueba chi-cuadrado para variables clínicas entre inervación habitual e inervación variante	115
Tabla 13. Análisis descriptivo del número y proporción de pacientes en los 3 tipos de inervación por grupos de edad	116
Tabla 14. Prueba chi-cuadrado para variable demográfica edad entre los 3 tipos de inervación	116
Tabla 15. Análisis descriptivo del número y proporción de pacientes en los 3 tipos de inervación por sexo	117

Tabla 16. Prueba chi-cuadrado para variable demográfica sexo entre los 3 tipos de inervación	117
Tabla 17. Análisis descriptivo del número y proporción de pacientes en los 3 tipos de inervación por sospecha clínica	118
Tabla 18. Prueba chi-cuadrado para variable clínica motivo de consulta entre los 3 tipos de inervación	119
Tabla 19. Estadísticos descriptivos de las variables electroneurográficas del nervio cubital dorsal en el grupo inervación habitual bilateral agrupados por lado	120
Tabla 20. T de Student para variables electrofisiológicas del grupo inervación habitual entre lado derecho e izquierdo	121
Tabla 21. Estadísticos descriptivos de las variables electroneurográficas del nervio cubital dorsal en el grupo inervación habitual según tramos de edad	122
Tabla 22. Regresión lineal entre variables electrofisiológicas del grupo inervación habitual y edad	122
Tabla 23. Estadísticos descriptivos de las variables electroneurográficas del nervio cubital dorsal en el grupo inervación habitual por sexo	123
Tabla 24. T de Student para variables electrofisiológicas del grupo inervación habitual entre hombres y mujeres	124
Tabla 25. Estadísticos descriptivos de las características electroneurográficas de los potenciales obtenidos en la porción dorsomedial de la mano tras estimular el nervio cubital dorsal y nervio radial en los grupos de inervación observados	125
Tabla 26. Test de Student para variables electroneurográficas latencia, amplitud, duración y velocidad de conducción de nervio cubital dorsal entre inervación habitual y variante mixta	126
Tabla 27. Test de Student para variables electroneurográficas latencia, amplitud, duración y velocidad de conducción de nervio radial entre variante mixta y variante completa	127
Tabla 28. Metodología y hallazgos obtenidos en estudios sobre inervación variante en la porción dorsomedial de la mano	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Anatomía del nervio radial	12
Figura 2. Anatomía del nervio mediano	14
Figura 3. Anatomía del nervio cubital	16
Figura 4. Diagrama de un nervio somático	18
Figura 5. Clasificación de las fibras nerviosas	19
Figura 6. Representación esquemática del origen del potencial de membrana de una fibra nerviosa	21
Figura 7. Génesis del potencial de acción	24
Figura 8. Propagación del potencial de acción	25
Figura 9. Representación esquemática de un estudio de conducción nerviosa motora	33
Figura 10. Parámetros a valorar en un potencial evocado motor	35
Figura 11. Parámetros a valorar en un potencial evocado sensitivo	38
Figura 12. Anatomosis mediano-cubital de Martin-Gruber. Representación esquemática de los hallazgos esperables en los estudios de conducción nerviosa	47
Figura 13. Anastomosis de Riche-Cannieu	51
Figura 14. Portada del atlas anatómico Tabulae Anatomicae e ilustración de la comunicación palmar entre mediano y cubital	53
Figura 15. Descripción clásica de la inervación sensitiva de la palma y el dorso de la mano	58
Figura 16. Patrón distinto de inervación sensitiva de la mano	58
Figura 17. Anatomía de la rama dorsal del nervio cubital	62
Figura 18. Variante de Kaplan y sus posibles variaciones	65
Figura 19. Detalle anatómico de un caso con inervación completa del dorso de la mano por parte del nervio radial	66
Figura 20. Detalle anatómico y tipos de comunicación radial-cubital dorsal	68

Figura 21. Colocación de los electrodos en la conducción sensitiva del nervio cubital dorsal	89
Figura 22. Colocación de los electrodos en la conducción sensitiva para estímulo en borde radial	89
Figura 23. Estímulo en borde radial y registro simultáneo en porción dorsomedial y dorsolateral de la mano	90
Figura 24. Equipo de electromiografía	93
Figura 25. Distribución de la muestra por grupos de edad	101
Figura 26. Distribución de la muestra por género	101
Figura 27. Distribución de la muestra por etnia	102
Figura 28. Distribución de la muestra por sospecha diagnóstica	102
Figura 29. Distribución de la muestra por número de estudios por investigador	103
Figura 30. Distribución de la muestra por número de estudios por consulta	103
Figura 31. Imagen de las respuestas obtenidas en paciente con patrón de inervación habitual	107
Figura 32. Imagen de las respuestas obtenidas en paciente con patrón de inervación variante mixta	107
Figura 33. Imagen de las respuestas obtenidas en paciente con patrón de inervación variante completa	108

I. INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS

1.1 Origen de la tesis.

Toda investigación surge de la necesidad de conocimiento.

En este caso, la investigación tuvo su origen en un paciente. En un paciente, y en una forma de vivir la Neurofisiología Clínica, llegar a aportar lo máximo en todos y cada uno de los pacientes que atendemos.

Este paciente, un joven de 20 años de edad, fue remitido por presentar hormigueo en la porción dorsomedial de la mano izquierda y dedos 4º y 5º, tras una caída con la bicicleta 10 meses antes. Asociaba dolor en el borde distal del radio. A la exploración física presentaba dolor al ejercer presión sobre el borde radial, con signo de Tinel positivo hacia el 4º espacio metacarpiano. Destacaba una hipoestesia al pinchazo en la zona dorsomedial de la mano y de los dedos 4º y 5º, con un balance motor y reflejos osteotendinosos normales. El estudio de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) en muñeca mostró un pequeño foco de edema óseo por contusión en el borde anteromedial del radio, resto dentro de la normalidad. Fue valorado por traumatología y se solicitó estudio neurofisiológico por sospecha de lesión del nervio cubital.

La inervación de esa porción de piel corresponde a una rama cutánea que depende del nervio cubital, el nervio cubital dorsal. Por este motivo el

planteamiento inicial, tanto por el médico especialista que lo remitió para estudio, como por nosotros mismos al enfrentarnos al problema, fue una lesión traumática de esta rama al caerse con la bicicleta. No obstante, lo primero que llamó la atención es que la zona de contusión y el signo de Tinel en el borde radial no coincidían con el trayecto teórico de este nervio. El estudio de conducciones sensitivas y motoras que realizamos habitualmente resultó normal, pero al realizar la conducción sensitiva de la rama cutánea dorsal del nervio cubital, mostró ausencia de respuesta. Antes de finalizar el diagnóstico informando lesión de esta rama, se realizó la misma conducción en el brazo asintomático, sin observar respuesta tampoco. Ante este hallazgo el planteamiento inicial tuvo que cambiar, introduciendo en ese momento la posibilidad de una variante anatómica. A pesar de no conocer la existencia de una variante concreta en este área, y basándonos en la sensación de descarga que refería el paciente al presionar el borde distal del radio, se decidió estimular en el borde radial manteniendo el registro en la porción dorsomedial de la mano, obteniéndose inesperadamente un potencial sensitivo en ambos lados, con una amplitud en el lado izquierdo más pequeña que en la mano contralateral.

En una primera revisión del tema, en los manuales de electromiografía, y comentando con los compañeros de profesión, no encontramos descripción de esta variante, en la cual una rama del nervio radial superficial inervaría la porción dorsomedial de la mano. Profundizando más exhaustivamente, hallamos escasos artículos publicados en los que describen esta participación, bien inervando el nervio radial esta zona en conjunción con el nervio cubital dorsal o bien con ausencia de este último. Uno de ellos recientemente observaba una proporción entre la población normal extremadamente alta, de casi un 20% de los pacientes (Pollak, 2013), y varios de ellos describían lesión de la misma tras cirugía (McCluskey, 1996; Leis, 2010; Kuruvilla, 2002; Pollak, 2013), aunque no encontramos ningún caso publicado como el que se atendió, con lesión traumática de esta rama.

1.2. Planteamiento del problema

La clave en este caso, y en muchos otros, depende de la inclusión de la posibilidad de una variante anatómica en el proceso diagnóstico, sobre todo cuando los datos no son congruentes. Desgraciadamente, en muchas ocasiones, ni el especialista que lo remite ni el que realiza la técnica diagnóstica se plantea esta posibilidad, lo cual puede llevar a error. Durante nuestra formación todos hemos estudiado o leído las variantes más típicas y conocidas, pero existen muchísimas descritas en la bibliografía. Probablemente por la gran diversidad de las mismas, existen multitud de ellas poco conocidas. Hasta el momento no se les ha dedicado especial atención a las variantes poco comunes en los manuales y libros de referencia en electromiografía.

1.3. Justificación del estudio

El propósito de la tesis que a continuación se presenta es estudiar en profundidad mediante electroneurografía una variante poco conocida en la que la porción dorsomedial de la mano se encuentra inervada por una rama del nervio radial superficial en lugar de estar inervada, como habitualmente lo hace, por el nervio cubital dorsal. El conocimiento de esta variante es fundamental para el correcto diagnóstico de lesiones traumáticas en el dorso del antebrazo, muñeca y mano, tal y como hemos visto en el caso anterior. Además, el curso anatómico del nervio cubital dorsal es utilizado en muchas ocasiones para el diagnóstico electrofisiológico de lesiones complejas de nervio cubital, y a la hora de plantear cirugías en el dorso de la muñeca, por lo que el conocimiento de una variante anatómica que lo implique puede ser importante también en estos casos.

2. ANATOMÍA

2.1. Definición

Si nos remitimos al significado estricto de la palabra anatomía, ésta tiene su origen en el latín *anatomía* que, a su vez, procede de un término griego. Etimológicamente se origina de las voces griegas: “ana” que significa “por medio de”, y “tomos” que significa “corte”; lo cual hace referencia a la técnica más antigua usada por los anatomistas para el reconocimiento de órganos internos, la disección.

Es una ciencia que estudia la estructura de los seres vivos, la forma, la topografía, la ubicación, la disposición y la relación entre sí de los órganos que la componen.

2.2. Importancia

Gracias a la anatomía es posible el perfecto conocimiento de nuestro propio cuerpo, necesario para alcanzar estándares adecuados en la práctica de la medicina y la cirugía, avanzar en la solución de enfermedades y en un mejor conocimiento de la capacidad física de cada uno de nosotros.

Por todo ello la anatomía es una disciplina esencial, no sólo en la formación médica, sino en todos los estudios relacionados con las ciencias de la salud.

2.3. Recuerdo histórico

La anatomía supone la curiosidad constante y la necesidad de conocimiento del ser humano. Desde que el hombre tuvo noción de sí mismo, desde los primeros hechiceros y chamanes de las cavernas, pasando por las diferentes civilizaciones hasta hoy día, la humanidad ha sentido la necesidad de saber cómo funciona su propio cuerpo para poder entenderse a sí misma. Pero para lograr el conocimiento que tenemos actualmente, han pasado muchos siglos en los que el estudio del ser humano en muchas ocasiones estuvo prohibido, considerándose herejía.

El estudio sistemático de anatomía más antiguo que se conoce se encuentra en un papiro egipcio fechado cerca del 1600 a.C. Anteriormente las enfermedades eran consideradas como producto de fuerzas metafísicas, por lo que no tenía interés qué órgano estaba afectado. La anatomía tenía forma mitológica y astrológica, como ejemplos tenemos la vértebra *Atlas* o el *Monte de Venus*. El tratado egipcio revela que poseían conocimientos sobre las grandes vísceras, aunque sabían poco respecto a sus funciones. La disección era considerada como un acto sacrílego, por el respeto reverente que entonces tenían por los muertos. El corazón era la morada del alma y el asiento de la inteligencia, sin el cual la resurrección era imposible; el cerebro no tenía ninguna importancia en el esquema de la vida. Desarrollaron el arte de embalsamar.

Alcmeón de Crotona, hacia el 500 a.C., proporciona los primeros datos de observación anatómica animal. En los escritos griegos se reflejan las creencias de la supremacía del alma sobre el cuerpo, por lo que concentraron su atención en la psicología y no tanto en los conocimientos anatómicos. Sin embargo, sí estudiaron la anatomía humana de superficie como base artística.

En el siglo V a.C., Hipócrates de Cos se adelantó a su época al considerar al cerebro como el centro del pensamiento. Fundó una ética y moral

médica ligada a una clase independiente de la sacerdotal. Es considerado el Padre de la Medicina y uno de los fundadores de la ciencia anatómica.

En el siglo IV a.C. Aristóteles aumentó los conocimientos anatómicos sobre los animales, por lo que ha sido considerado el fundador de la anatomía comparada.

Sin embargo, el primer progreso real de la ciencia de la anatomía humana se consiguió en el siglo siguiente, el periodo helenístico. Los médicos Herófilo de Calcedonia y Erasítrato diseccionaron cadáveres humanos y fueron los primeros en determinar muchas funciones, incluidas las del sistema nervioso y los músculos. Herófilo de Calcedonia fue el creador de la anatomía como ciencia independiente y considerado el primer anatomista. Fue el primero en practicar la disección de los cadáveres humanos en público, estudió la anatomía cerebral, descubrió las meninges y el cerebelo, clasificó los nervios en sensitivos y motores; y también en voluntarios e involuntarios. Dijo que la inteligencia reside en el cerebro y diferenció los nervios de los vasos sanguíneos y ligamentos. Erasítrato (304-250 a.C.) descubrió que el corazón funciona como una bomba, e hizo precisas investigaciones sobre la anatomía del sistema nervioso central.

Los antiguos romanos y los árabes consiguieron pequeños progresos. La medicina en Roma tuvo un desarrollo esencialmente religioso, por lo que no se realizaron disecciones en humanos. Claudio Galeno (129-199 a.C.), de Pérgamo, mantuvo el dominio de la ciencia anatómica hasta la época de Andrés Vesalio, durante un período de más de mil años. Los conocimientos anatómicos que Galeno adquiría los obtenía de la disección de los animales, suponiendo que el humano tenía una construcción idéntica. Fue el primero en utilizar en su método de estudio del organismo la observación, y fundó la medicina experimental, sobre todo en lo referente al sistema nervioso. Gracias a estos métodos, proporcionó un avance considerable a esta ciencia. Sus conocimientos de osteología nunca fueron superados. Reconoció la existencia de siete nervios craneales y sabía que cortando el nervio óptico producía ceguera. Opinaba que la médula espinal era una especie de cerebro menor e identificó las vías medulares. A la muerte de Galeno (199 a.C.) nació una

escuela, escolásticos, caracterizada por la veneración de la palabra escrita y de afirmaciones autorizadas. Llegaban a distintas conclusiones por medio de argumentos basados en escritos pseudohipocráticos, en textos galénicos alterados por las copias repetidas y en fragmentos inconexos de los escritos. Como consecuencia de esto, la investigación anatómica y fisiológica se interrumpió durante un periodo de 1200 años.

El mundo árabe o islámico, que surge paralelamente a Bizancio, fue el escenario fundamental de la medicina y de la ciencia durante buena parte de la Edad Media. En la primera etapa, que comprende aproximadamente desde el siglo VIII al XII, incorporó el saber médico de origen griego, combinándolo con algunos elementos de la medicina clásica de la India. La medicina árabe fue un nexo de unión entre la sabiduría del mundo clásico y la medicina del Renacimiento.

El renacimiento influyó en la ciencia de la anatomía en la segunda mitad del siglo XVI. La anatomía moderna se inicia con la publicación en 1543 del trabajo del anatomista belga Andrés Vesalio. Vesalio y otros anatomistas del renacimiento basaron sus descripciones en sus propias observaciones del cuerpo humano en lugar de la aceptación de los escritos antiguos, y establecieron por tanto el modelo para estudios anatómicos posteriores.

Unos años después, la anatomía recibe una orientación fisiológica gracias a William Harvey (1578-1657), con el descubrimiento de la circulación de la sangre, de gran impacto en el desarrollo de la fisiología científica. La importancia del descubrimiento de la circulación sanguínea es enorme, pero no sólo por el hecho en sí mismo, sino también por la metodología empleada por Harvey. Como Vesalio en la anatomía y Paré en la cirugía, Harvey se plantea un problema fisiológico y para resolverlo no sigue la tradición medieval, que era consultar los textos de autoridades como Galeno o Avicena, sino que adopta una actitud nueva y muy propia del Renacimiento: el estudio directo de la realidad.

En el siglo XIX la disección por los estudiantes de medicina cobró impulso, principalmente en Edimburgo y en Maryland. Los llamados “resurreccionistas”, que desenterraban cadáveres recientes para venderlos para la disección, abundaron en Gran Bretaña e Irlanda entre 1750 y 1832. El último de los 16 asesinatos cometidos en Edimburgo para vender el cadáver ocurrió en 1828. Un asesinato en Londres cometido tres años después, originó la aprobación de la Warburton Anatomy Act, en la cual se permitía el empleo de cadáveres sin reclamar para la disección.

Entre el siglo XIX y el XX la anatomía adquirió su total madurez gracias a anatomistas investigadores como Jean Leó Testut (1849-1925), autor de importantes publicaciones de carácter anatómico y antropológico. El científico español Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) con su Doctrina neuronal, sus Leyes de la polarización dinámica de la corriente nerviosa y del neurotropismo, y su exhaustivo estudio de la anatomía microscópica de todo el sistema nervioso, sentó las bases morfofuncionales de la neurociencia actual.

Paralelamente, se desarrollaron técnicas que abrieron campos de investigación anatómica antes inexplorados. Marcelo Malpighi (1628-1694), anatomista italiano, fue uno de los primeros que aplicó la observación microscópica a la anatomía. Wilhelm Conrad Röntgen (1842-1923) descubrió los Rayos X y posteriormente se han desarrollado la ecografía, que utiliza el uso de ultrasonidos para obtener imágenes de los tejidos blandos, y la Resonancia Magnética Nuclear con fines de diagnóstico e investigación. En la segunda mitad del siglo XX se desarrollaron técnicas especiales para la investigación anatómica, como el cultivo de células y tejidos de organismos complejos fuera del cuerpo. Estas técnicas permiten aislar las unidades vivas de modo que el investigador pueda observar de forma directa los procesos de crecimiento, multiplicación y diferenciación de las células, añadiendo una nueva dimensión a la ciencia de la anatomía.

2.4. Inervación de la mano

En el siglo XIX Testut describió:

“La mano es el segmento terminal del miembro superior. Está acentuadamente aplanada de delante atrás a la manera de una paleta. Es, por arriba, continuación del antebrazo; por bajo termina por cinco apéndices libres e independientes, que son los dedos. Por su gran desarrollo, por su extrema movilidad y también por la exquisita sensibilidad de los tegumentos que la envuelven, la mano ha llegado a ser en el hombre un maravilloso instrumento destinado sobre todo a la prensión y al ejercicio del tacto. Ningún animal la presenta perfeccionada en tal alto grado, y podemos decir, sin temor a ser tildados de exagerados, que a su mano, tanto como a su caja craneal y a su cerebro, debe el hombre, morfológicamente, su incontestable superioridad en el mundo zoológico”.

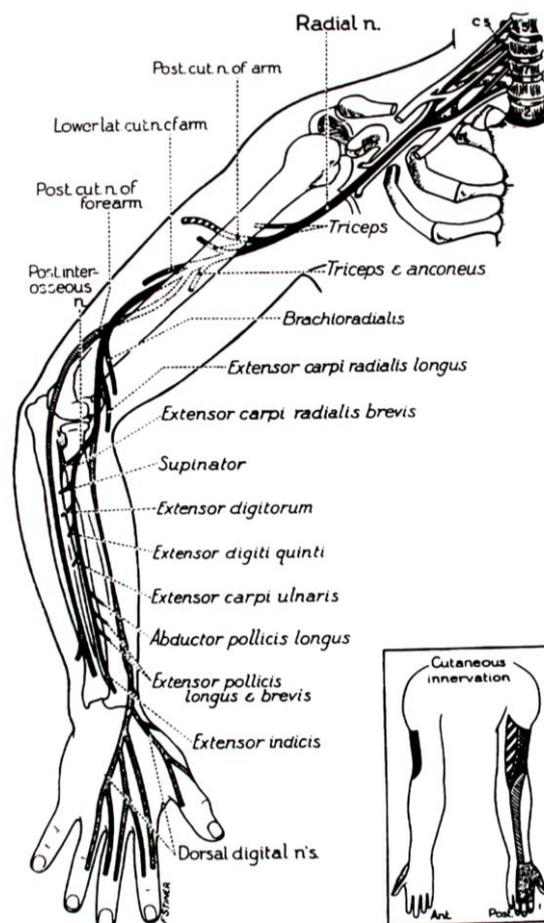
Su inervación depende fundamentalmente de 3 nervios: nervio radial, nervio mediano y nervio cubital.

2.4.1. Nervio radial

El **nervio radial** origina sus axones de fibras C5 a C8, ocasionalmente también D1, y se forma como continuación del cordón posterior del plexo braquial. Emite su inervación a las tres porciones del músculo tríceps y al músculo anconeus. Inicialmente desciende medial al húmero y posteriormente entra en el surco espiral, enroscándose alrededor del húmero por la parte posterior desde el lado medial al lateral. Una vez en el lado lateral inerva el músculo brachioradialis y músculo extensor carpi radialis longus. Localizado lateral al bíceps a nivel del epicóndilo lateral, entra en el antebrazo entre el músculo brachialis y brachioradialis. En este punto se divide en dos ramas, una rama motora, el nervio interóseo posterior que inerva los músculos supinator, abductor pollicis longus y todos los músculos extensores en el antebrazo; y una

rama sensitiva, que se hace superficial en el tercio inferior del antebrazo. El nervio interóseo posterior pasa bajo el músculo brachioradialis y entre las partes superficial y profunda del músculo supinator. El borde proximal del m. supinator forma un arco fibroso, la llamada arcada de Frohse. La rama superficial del nervio radial emerge a la altura del codo; sus fibras, que se originan de las raíces C6 y C7, inervan la piel sobre la cara lateral del dorso de la mano y la parte posterior de las falanges proximales de los primeros dos o tres dedos mediante varias ramas digitales dorsales.

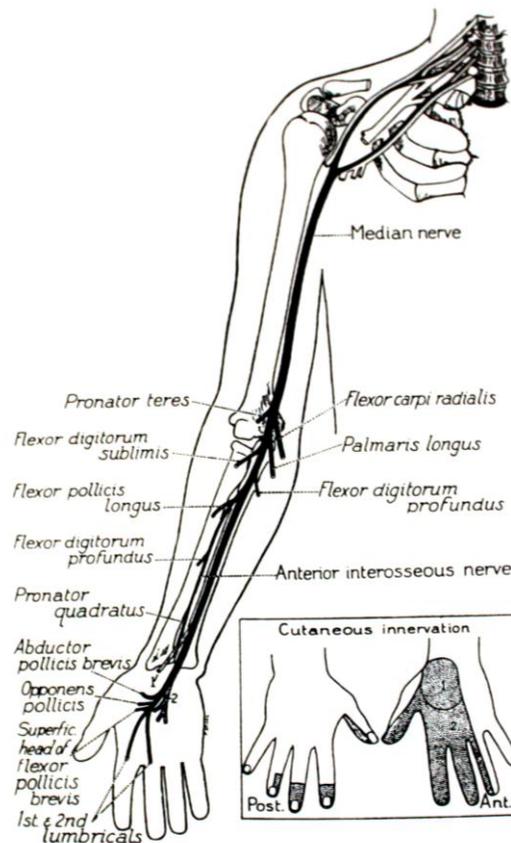
Figura 1. Anatomía del nervio radial. Dumitru, 2001



2.4.2. Nervio mediano

El **nervio mediano** nace de los cordones lateral y medial del plexo braquial como un nervio mixto que procede de las raíces C6 a T1. Inerva la mayoría de los músculos flexores del antebrazo y de la eminencia tenar. También se encarga de la sensibilidad para la piel sobre la porción lateral de la palma y las superficies dorsales de las falanges terminales, junto con las superficies volares de los dedos pulgar, índice, medio y la mitad del dedo anular. Las fibras sensitivas del dedo medio vienen de la raíz C7 a través del cordón lateral y el tronco medio, mientras que la piel de los dedos pulgar y el índice recibe fibras de la raíz C6 o C7 a través del cordón lateral y el tronco superior o medio. El nervio mediano discurre medialmente en el brazo en estrecha asociación con la arteria braquial. Cursa anterior al codo y entra en el antebrazo entre las dos cabezas del pronator teres, al cual inerva junto al flexor carpi radialis, palmaris longus y flexor digitorum superficialis. Da lugar a una rama muscular pura llamada nervio interóseo anterior, que inerva al flexor pollicis longus, pronator quadratus y flexor digitorum profundus I y II. Posteriormente da una rama cutánea palmar para la parte proximal de la eminencia tenar, mientras que la rama principal pasa a través del túnel carpiano para entrar en la mano. Inerva los lumbricales I y II emitiendo después el nervio recurrente tenar en el borde distal del ligamento carpal. Esta rama muscular para la eminencia tenar inerva el abductor pollicis brevis, la mitad lateral del flexor pollicis brevis y el opponens pollicis. Las ramas cutáneas digitales suplen la piel de la superficie palmar de los tres primeros dedos y la mitad del cuarto, y la superficie dorsal de las falanges terminales de éstos.

Figura 2. Anatomía del nervio mediano. Dumitru, 2001



2.4.3. Nervio cubital

El **nervio cubital** se forma a continuación del cordón medial del plexo braquial, y deriva sus fibras fundamentalmente de las raíces C8-T1, con una frecuente pero inconsistente contribución de C7. Suple varios músculos en el antebrazo y en la mano, y envía ramas cutáneas a la parte medial de la mano, dedo 5º y mitad del 4º. Inicialmente desciende en la axila por el aspecto medial del compartimento anterior del brazo, cercano al nervio mediano y a la arteria braquial. En esta posición el nervio cubital pasa entre el músculo bíceps y el tríceps. Atraviesa el septo medial intermuscular posteriormente, pasando a través de la arcada de Struthers aproximadamente 8 cm. proximal al epicóndilo medial. Esta arcada comprende una banda del fascículo profundo braquial que

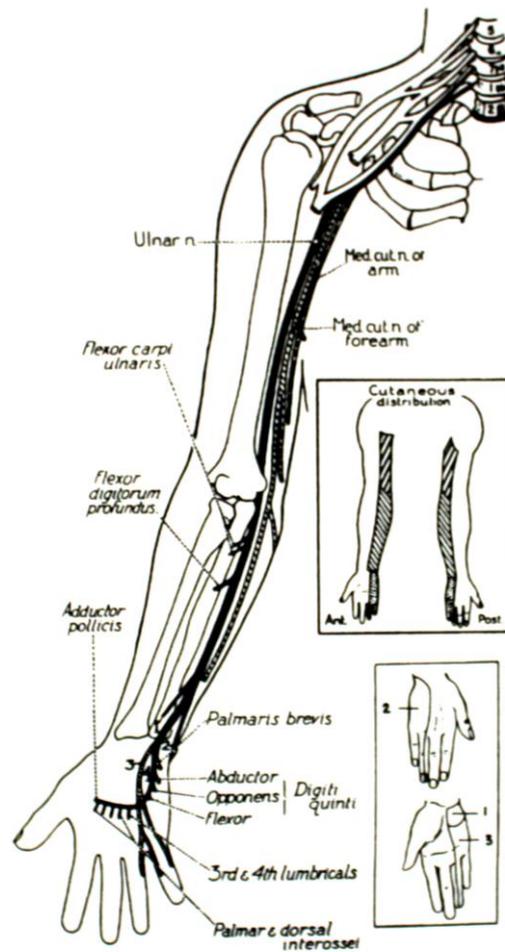
se une al septum intermuscular, tiene una abertura en forma de V y cubre el nervio cubital durante una longitud media de 5.7 cm. En el codo atraviesa el surco cubital entre el olécranon del cúbito y el epicóndilo medial del humero, donde descansa superficialmente y es fácilmente palpable. A nivel del codo suple el m. flexor carpi ulnaris inmediatamente antes o mientras atraviesa el túnel cubital, y más distalmente, inerva el m. flexor digitorum profundus III y IV. El nervio continúa a lo largo de la cara medial del antebrazo entre los tendones del m. flexor digitorum sublimis y el flexor carpi ulnaris hasta entrar en el canal de Guyon a nivel de la muñeca. En el tercio distal del antebrazo la rama cutánea dorsal del nervio cubital se separa del tronco principal y pasa medial al flexor carpi ulnaris. Entonces atraviesa la fascia del flexor carpi ulnaris para entrar en el aspecto cubital dorsal del antebrazo. Generalmente atraviesa la fascia entre 3 y 5 cm proximal a la cabeza cubital y posteriormente se divide en una rama lateral y una medial, proveyendo sensación al aspecto dorsomedial de la mano y el dorso de los dedos 4^o y 5^o.

También en el tercio distal del antebrazo, un cambio clínicamente significativo ocurre en la anatomía interna del nervio cubital. En este nivel, los fascículos principales motores empiezan a cambiar el curso desde una localización cubital y relativamente volar dentro del tronco mayor a una posición radial y dorsal, una reorientación de haces que están bien establecidos cuando el nervio alcanza la muñeca. El reconocimiento de este cambio en la anatomía topográfica es esencial para una adecuada neurografía cuando ocurre una transección cubital a este nivel.

Distalmente la rama cutánea palmar se emite en la muñeca o justo sobre ella, y suple la piel de la región más proximal de la palma medial y la eminencia hipotenar, sin atravesar el canal de Guyon. Dentro del canal, el nervio se divide en dos ramas; la rama superficial clásicamente inerva el m. palmaris brevis y continua distalmente como un nervio puramente sensitivo que inerva la piel de la eminencia hipotenar y del aspecto palmar del 5^o dedo y la mitad medial del 4^o. La rama muscular profunda primero inerva los músculos hipotenares: abductor, opponens, y flexor digiti minimi. Luego se desvía lateralmente para alcanzar la cara lateral de la mano donde llega al adductor pollicis y la mitad

medial del flexor pollicis brevis. A lo largo de su curso desde la eminencia hipotenar a la tenar también inerva los m. interóseos y lumbricales III y IV.

Figura 3. Anatomía del nervio cubital. Dumitru, 2001



3. FISIOLÓGÍA

3.1 Bases anatomofisiológicas de la conducción nerviosa.

3.1.1. Sistema nervioso periférico

El sistema nervioso periférico está formado por cuatro tipos de neuronas: 1) la neurona motora o motoneurona, ubicada en el asta anterior medular o el núcleo craneal correspondiente del tronco cerebral, su efector es el músculo; 2) la neurona vegetativa preganglionar, ubicada a nivel de la médula y del tronco cerebral; 3) la neurona vegetativa postganglionar, es el efector de la anterior y la encargada de la inervación visceral y cutánea vegetativa; y 4) la neurona sensitiva, instalada en el ganglio raquídeo espinal o en su equivalente craneal, extiende sus largas dendritas o axones hasta conectar con los receptores somáticos.

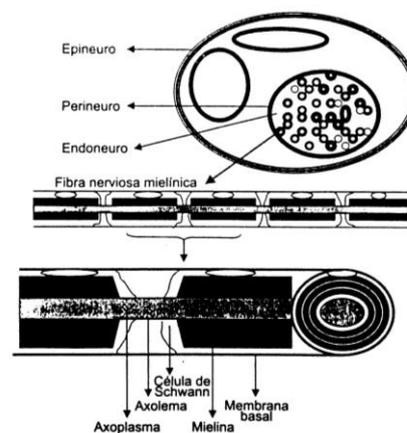
3.1.2. Fibra nerviosa y nervio

La fibra nerviosa está formada por el axón o cilindroeje (prolongación protoplasmática del cuerpo neuronal), con su membrana o axolema que lo separa del líquido intersticial, y se encuentra rodeado a tramos por la célula de Schwann. El axón contiene en el centro una sustancia en estado de gel que se denomina axoplasma. Una membrana basal encierra y aísla el axón y las células de Schwann delimitando la fibra nerviosa. Se distinguen dos tipos de fibras, mielínicas o amielínicas, según la célula de Schwann forme o no mielina en su proceso envolvente del axón. En las fibras mielínicas, entre dos células de Schwann restan mínimas porciones de axón denominadas nodo de Ranvier,

en contacto directo con la membrana basal. El intervalo que separa los dos nodos se denomina internodo. La distancia entre nodos viene dada por el tamaño y el grado de mielina. Cuanto más mielinizada y mayor diámetro tenga una fibra, mayor es la distancia internodal. Cada célula de Schwann envuelve un solo axón. En las fibras amielínicas, en cambio, cada célula de Schwann engloba, sin formar mielina, varios axones. Por tanto, axón y fibra nerviosa no son términos intercambiables.

Un nervio no es más que la agrupación de las fibras nerviosas (mielínicas y amielínicas) en forma de fascículos, y contiene axones con su mielina, tejido conjuntivo y vasos que lo irrigan. Los axones están rodeados por tres capas de tejido conjuntivo: endoneuro, perineuro y epineuro. El endoneuro rodea a cada axón dándole estructura y soporte. El perineuro rodea a cada fascículo, le da protección a las fibras nerviosas, elasticidad, y además probablemente actúa como una barrera hematonerviosa. El epineuro es propiamente la pared limitante del nervio. Esta conformación fascicular se repite en todos los nervios espinales, salvo a nivel radicular, donde no existe perineuro, ni por tanto estructura fascicular; lo que conlleva una especial susceptibilidad de las raíces espinales a toda agresión. La irrigación proviene de los vasa vasorum del epineuro, que se ramifican en arteriolas y penetran en el perineuro.

Figura 4. Diagrama de un nervio somático. Gutierrez-Rivas, 2000



3.1.3. Clasificación de las fibras nerviosas

Se pueden adoptar varios criterios a la hora de clasificar las fibras nerviosas, según si están recubiertas o no por mielina, su pertenencia a uno u otro de los sistemas nerviosos periféricos, sus funciones, el diámetro o su velocidad de conducción..., tal y como se puede observar en la figura 5.

Figura 5. Clasificación de las fibras nerviosas. Gutierrez-Rivas, 2000

TABLA 1. Clasificación de las fibras nerviosas.										
SISTEMAS	SOMÁTICO								VEGETATIVO	
Axonal Morfología	Mielínicas							Amielínicas	Mielínicas	Amielínicas
Axonal Simbología	A							C	B	C
Función	Motoras			Sensitivas					Motor preganglionar	Motor postganglionar
Función (subtipos)	α	β	γ 1,2	Ia	Ib	II	III	dr C	Colinérgico	Aminérgicos C Colinérgico
Efectores Receptores	EF	I y E F	IF	Propioceptor		Exteroceptor		Termoalgesia polimodal	Neurona postganglionar	Fibra lisa Corazón/glándulas
Diámetro de la fibra (μm)	20 9	15 9	8 5	4 2	22 9	15 5	7 1	1,5 0,2	3 1	1,5 0,2
Velocidad (m/s)	120 50	85 50	40/25 20/10	130 50	90 25	30 6	2 0,4	15 3	2 0,4	
Origen embriológico	Tubo neural SNC			Cresta neural SNP					Tubo neural SNC	Cresta neural SNP
Nervio cutáneo <i>in vitro</i>						α	δ	C		

3.2. Bases electrofisiológicas de la conducción nerviosa

La fibra nerviosa es una célula polarizada y excitable. Esto quiere decir que mantiene en reposo una diferencia de potencial entre su interior (negativo) y su exterior (positivo), que son capaces de cambiar aquella polaridad

despolarizándose ante un estímulo adecuado y, finalmente, que son aptas para propagar dicha despolarización a lo largo de toda la fibra.

3.2.1. Potencial de membrana

La membrana celular constituye el límite entre el fluido intracelular en el citoplasma y los fluidos intersticiales extracelulares. La diferencia de concentración iónica entre los dos fluidos es la causa directa de que ésta se mantenga polarizada. Está constituida por una doble capa lipídica, impermeable al agua y al flujo de iones, con moléculas proteicas insertadas en ella en forma de canales iónicos con permeabilidad selectiva para iones y aniones, dándole la característica de semipermeable. Se distinguen 3 tipos de canales iónicos:

- canales pasivos abiertos, selectivos para los distintos iones.
- canales cerrados en reposo, provistos de compuertas sensibles al voltaje, destinados unos al ion Na^+ y otros al ion K^+ .
- canales cerrados en reposo, con compuertas sensibles a transmisores químicos. Son los canales de las estructuras sinápticas.

La difusión de iones y el transporte activo a través de la membrana semipermeable son los determinantes de la concentración iónica intracelular y extracelular.

Un determinado ion tiende a difundir hacia donde su concentración es menor y la carga eléctrica de signo contrario. La permeabilidad de la membrana para cada ion es determinante: puede interponer una barrera completa a su difusión (caso de la mayoría de aniones proteicos), facilitarla grandemente (caso del K^+ y Cl^-) o dificultarla sin impedirla (caso del Na^+). Teóricamente, para cada ion existe un potencial de membrana ideal en el cual éste se encuentra en total equilibrio difusor. El potencial de equilibrio para cada ion, calculado a través de la ecuación de Nerst, es muy distinto.

Las membranas semipermeables tienen capacidad para transportar activamente determinados iones hacia dentro o hacia fuera de la célula, contribuyendo en gran manera a la génesis del potencial de reposo. En la fibra nerviosa este transporte activo actúa sobre los iones Na^+ y K^+ fundamentalmente. Para compensar la inevitable tendencia del Na^+ a penetrar en la célula, la membrana dispone de una bomba de sodio que impulsa a este ion hacia el exterior. También existe para el catión K^+ una bomba de potasio que compensa el solo ligero desequilibrio de este ion con el potencial de membrana, y en este caso lo hace impulsando K^+ hacia dentro de la célula. Mientras la difusión iónica pasiva no representa gasto de energía, la difusión activa comporta un trabajo energético que se extrae del ATP de la membrana.

Con todos estos factores, podemos tener una visión de cómo se genera el potencial de membrana:

- La membrana de la fibra nerviosa en reposo es de 50 a 100 veces más permeable al K^+ que al Na^+ , y el Cl^- difunde todavía con más facilidad que el K^+ .
- Dentro de la fibra hay aniones proteicos que prácticamente no pueden difundir a través de la membrana. Ésta les es impermeable, representando una carga negativa “prisionera” de la célula.
- Gracias al trabajo activo de la bomba de sodio y potasio, resulta una alta concentración de K^+ y una baja concentración de Na^+ en el interior de la célula y una situación inversa en el exterior de la misma.
- Dada la alta permeabilidad de la membrana para el K^+ , éste difunde a su través hacia el exterior, a favor del gradiente de concentración. Ello disminuye las cargas positivas del interior de la célula.
- El Na^+ , en cambio, dada su escasa permeabilidad pasiva y la presencia de la bomba específica que le impele hacia fuera, difunde escasamente hacia el interior de la célula, pese a su claro gradiente de concentración.

- El resultado final es una clara negatividad del interior de la célula respecto del exterior

Son, por tanto, las causas finales del potencial de membrana los aniones no difusibles y la fácil difusión del potasio hacia el exterior. Con ello se retienen cargas negativas y se extraen positivas. El ion K^+ dada su permeabilidad, es determinante de la magnitud del potencial de membrana. El anión Cl^- sin impedimentos para su difusión sólo desempeña un papel pasivo, siendo determinante para él el factor carga que lo impele fuera de la célula.

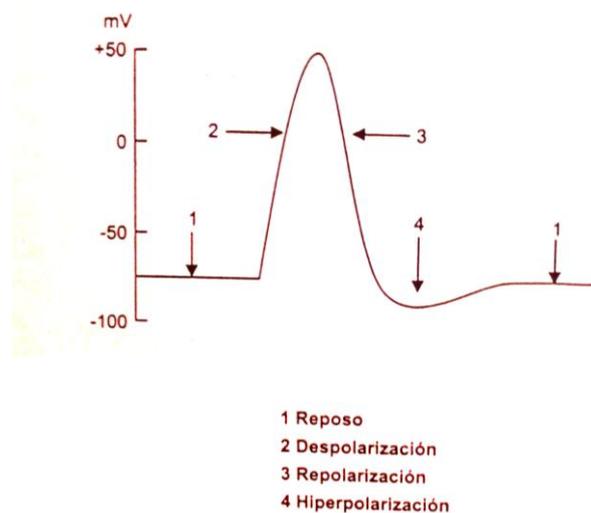
3.2.2. Potencial de acción nervioso

El factor desencadenante de la despolarización puede ser bien distinto (eléctrico, químico, mecánico, térmico), pero todos son causa del mismo efecto: el aumento de la permeabilidad de la membrana al ion Na^+ , determinante de su entrada masiva en el interior de la célula. No toda despolarización inicial desencadena un potencial de acción; para que esto ocurra, la despolarización debe alcanzar un umbral (alrededor de -45 mV). Toda disminución del potencial de reposo que no alcance el nivel umbral fracasa en la génesis de un potencial de acción. Sin embargo, si éste es alcanzado, el potencial de acción se dispara inexorablemente, es la denominada ley del todo o nada, según la cual la misma respuesta máxima ocurre a través de un complejo proceso sin tener en cuenta el tipo o magnitud del estímulo.

La entrada de Na^+ disminuye el potencial de reposo, con lo cual se abren las compuertas de los canales de Na^+ sensibles al voltaje, disminuyendo aún más el potencial de membrana que a su vez abre más canales de Na^+ , creando un círculo vicioso explosivo hasta cambiar la polaridad del interior de la célula, que se hace positiva respecto al exterior. La célula se ha despolarizado y se ha generado un potencial de acción que ha partido de un valor negativo de -85 mV para alcanzar uno positivo de unos $+45$ mV, justo el valor del potencial de

equilibrio para el ion Na^+ . En la membrana despolarizada, la permeabilidad a los iones de potasio también aumenta como resultado de un cambio molecular, pero sólo después de un retraso de aproximadamente 1 ms. Alrededor del mismo momento, la permeabilidad aumentada al sodio cae de nuevo a cerca del valor de reposo; produciendo estos dos procesos una rápida recuperación de la membrana celular. Después de la caída precipitada del potencial hacia el nivel de reposo, un aumento transitorio en la conductancia del potasio hiperpolariza la membrana, la cual entonces vuelve lentamente al valor de reposo, completando el ciclo de la repolarización. Es interesante recalcar que la génesis del potencial de acción no requiere gasto energético alguno, es un fenómeno que se autoalimenta; no precisan de las bombas de Na^+ y K^+ , que requieren gasto energético y que son imprescindibles para mantener el potencial de reposo. No deja de ser paradójico que el mantenimiento del equilibrio iónico de reposo de la fibra nerviosa y muscular sea el que precise de gasto energético. Desde luego, los cambios iónicos que generan los potenciales de acción, entrada de Na^+ y salida de K^+ tienen que ser “reparados” ya que su pérdida definitiva dejaría la célula inexcitable. Sin embargo, ese trasiego iónico es minúsculo.

Figura 7. Génesis del potencial de acción. Gutierrez-Rivas, 2000

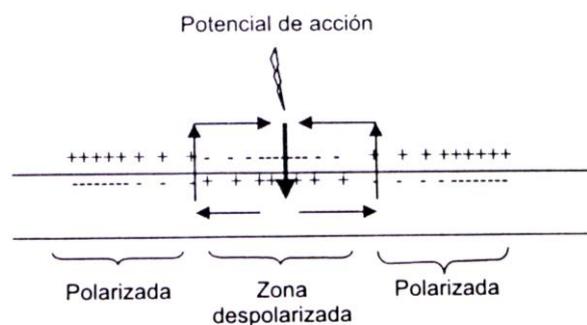


3.2.3. Propagación del potencial de acción

El destino del potencial de acción autogenerado en la fibra nerviosa es ser conducido a lo largo de ella, convirtiéndose así en el mensajero universal del sistema nervioso.

El potencial de acción generado en cualquier punto de la fibra nerviosa se comporta como un estímulo aplicado en aquel punto. La zona de membrana despolarizada (negativa fuera, positiva dentro) genera en el interior de la fibra unos flujos de corriente hacia la membrana todavía polarizada y desde ésta, por vía extracelular, hacia la membrana recién despolarizada. Este flujo de corriente despolariza la membrana vecina, generando un nuevo potencial de acción que a su vez despolariza a la membrana vecina de la misma manera que lo ha sido ella. Por tanto, la conducción no consiste en el “transporte” de un potencial sino en la génesis continuada de potenciales.

Figura 8. Propagación del potencial de acción. Gutierrez-Rivas, 2000



La propagación del potencial de acción fisiológico en la fibra nerviosa periférica siempre se desplaza en sentido ortodrómico, aferente en el caso de las fibras sensitivas y eferente en el de las motoras, debido a que la membrana donde se generó el potencial previo es refractaria para una inmediata despolarización. Sin embargo, cuando la despolarización en un punto de la

fibra excitable tiene su origen en la estimulación artificial de laboratorio (por ejemplo eléctrica) o en un proceso patológico (como una fasciculación), el potencial de acción encuentra a ambos lados una membrana igualmente polarizada dispuesta a ser despolarizada por las corrientes generadas por el potencial de acción, y la propagación tiene lugar en los dos sentidos, el fisiológico u ortodrómico, y el anómalo o antidrómico.

3.2.4. Factores determinantes de la velocidad de propagación

La velocidad de conducción de una fibra nerviosa depende de la resistencia que ofrezca el axón a la propagación interna de las corrientes de acción generadas por el potencial de acción y a la resistencia de la membrana a ser atravesada por ellas. La primera resistencia guarda una estrecha relación inversa con el diámetro axonal y la segunda con la conductancia (facilidad para el paso iónico a través de la membrana) y la capacitancia (capacidad de acumular carga de signo opuesto a ambos lados de la membrana). Todo aumento del diámetro axonal y disminución de la conductancia y capacitancia de la membrana favorecen la propagación del impulso ya que evitan la disipación de éste en su trayecto intraaxonal y a través de la membrana. En la fibra nerviosa amielínica el factor diámetro axonal es el determinante fundamental de la velocidad de propagación del potencial. En la fibra mielínica la naturaleza añade en el internodo el aislante mielínico, que disminuye grandemente el factor capacitancia al aumentar la separación del medio intracelular del extracelular. Por otra parte, la permeabilidad del Na^+ se ve grandemente disminuida en el internodo, debido a la escasez de canales de Na^+ sensibles al voltaje que están presentes en dicho segmento, contrastando con su gran densidad a nivel del nodo. De ello resulta que, en la fibra mielínica, los potenciales de acción se generan de nodo a nodo, es decir la conducción es saltatoria, lo que significa que el milímetro aproximado que separa cada nodo sólo consume tiempo para la génesis de un nuevo potencial. Así, en las fibras mielínicas, diámetro de la fibra y velocidad de conducción muestran una

relación directa: a mayor diámetro más velocidad de conducción. Por otro lado, una relación también interesante es la de la longitud internodal con el diámetro de la fibra, a mayor diámetro mayor distancia internodal.

4. ESTUDIOS NEUROFISIOLÓGICOS

4.1. Revisión histórica

El desarrollo de la electroneurografía está ligada tanto al descubrimiento de las propiedades electrofísicas del nervio y del músculo, como al avance de la tecnología, que ha ido perfeccionándose en los últimos años. La mayoría de los autores consideran a Luigi Galvani, profesor de anatomía en la Universidad de Bolonia, como el fundador de la electrofisiología clínica. A través de sus experimentos con ranas estableció la relación entre la estimulación de un nervio y la contracción muscular, e interpretó que la electricidad se generaba y canalizaba en el tejido nervioso, publicando sus hallazgos en 1791. Poco después, Volta, en 1800, descubre la primera batería. En 1833 Duchenne demostró que el músculo puede ser estimulado de forma percutánea y reconoció las posibilidades diagnósticas y terapéuticas del procedimiento. Más tarde, en Berlín, Emil du Bois-Reymond experimentó con corrientes musculares en humanos (1848-1849) y fue capaz de proveerse de una bobina suficientemente sensible para detectar el cambio en un potencial cuando un impulso pasaba por un tronco nervioso. Esto se conoció como potencial de acción de un nervio y es la base de la electroneurografía. Entre 1850 y 1870 Von Helmholtz y colaboradores determinaron la velocidad de conducción del nervio mediano motor y posteriormente la velocidad de conducción sensitiva. Sin embargo, no fue hasta 1914 cuando Adrian, con su claro razonamiento, estableció la ley del todo o nada del impulso nervioso y por lo tanto revolucionó el pensamiento sobre los mecanismos básicos de la función nerviosa. En 1948, Hodes, Larrabee y German fueron los primeros en realizar estudios de conducción motora en pacientes con enfermedades neurológicas, popularizándolo como una prueba clínica fiable. Un año más tarde, Dawson y Scott, realizaron los primeros estudios de conducción sensitiva mediante

promediación de múltiples respuestas; a partir de aquí quedó establecida la utilización de la EMG en la práctica clínica.

4.2. Electroneurografía

4.2.1. Principios básicos

El estudio de la conducción nerviosa o electroneurografía (ENG) es un método eficaz en la evaluación de la función e integridad anatómica de las estructuras nerviosas a nivel periférico. No hay que olvidar que es una extensión de la exploración neurológica y sus hallazgos deben interpretarse a la luz de una buena anamnesis y una exhaustiva exploración física.

Se realizan tres tipos de estudios en la práctica clínica: la ENG sensitiva, la ENG motora, y la ENG mixta. El principio básico es el mismo para los tres: la estimulación eléctrica en uno o varios puntos de un nervio y el registro del potencial que se evoca a cierta distancia, bien a nivel del músculo (en el caso de la ENG motora) o a nivel del mismo nervio (en la ENG sensitiva o mixta). Esto nos permite obtener un potencial de acción sobre el cual evaluaremos una serie de parámetros.

4.2.1.1. Equipo de registro

El equipo de electromiografía es un ordenador dotado con elementos específicos para el registro y el estímulo eléctrico sincronizado con el inicio de adquisición de la señal. La señal es recogida por electrodos e introducida en un sistema de amplificación. Los amplificadores utilizados son diferenciales; esta característica hace que sean necesarios tres electrodos para el registro: uno

actúa como electrodo activo, otro como referencia, y el tercero se conecta a la entrada de tierra del amplificador.

Los amplificadores diferenciales trabajan amplificando únicamente la diferencia de voltaje o sustracción de las señales recogidas por los dos electrodos de registro. De esta forma, actividades generadas lejos de los electrodos serían recogidas por ambos electrodos y quedan eliminadas al amplificarse únicamente la diferencia de voltaje entre las dos señales. Este tipo de amplificación permite eliminar actividad parásita como el artefacto de la corriente alterna de la red eléctrica, artefactos de radiofrecuencia o actividad de otros músculos lejanos.

Los aparatos existentes en el mercado vienen equipados con un sistema de filtraje. La utilidad de los filtros es eliminar las señales con frecuencias que no estén incluidas en la banda de frecuencias seleccionadas. Esta banda de filtraje es modificable y debe ser ajustada en función del tipo de señal que queramos registrar.

La señal una vez amplificada y filtrada es presentada gráficamente en un sistema de visualización, antiguamente un osciloscopio de rayos catódicos y hoy en día una pantalla de ordenador. La velocidad de barrido determina el tiempo transcurrido por centímetro horizontal de la pantalla. Al igual que la velocidad de barrido es modificable también la sensibilidad, de forma que se puede ajustar el voltaje por centímetro vertical de pantalla.

4.2.1.2. Tipos de electrodos

Existen distintos tipos de electrodos para registro de la ENG. La diferencia entre ellos radica fundamentalmente en dos hechos: la superficie o volumen de registro y la posibilidad de registrar actividad en profundidad. La superficie de registro vendrá dada por el tamaño de los electrodos y la separación entre ambos (electrodo activo y de referencia). Cuanto menor sea su tamaño y la separación entre ambos, menor será la superficie de registro.

Los electrodos que se emplean para estudiar las velocidades de conducción son habitualmente electrodos de superficie. Consisten en dos placas o discos metálicos, normalmente de un centímetro de diámetro que se adhieren sobre la piel donde se quiere registrar. Los electrodos pueden ser de oro, plata clorurada o de compuestos metálicos sintéticos desechables. También pueden tener forma de cucharilla, forma de discos planos o placas metálicas montadas sobre un soporte rígido aislante con una distancia interelectrodo fija. Igualmente, se pueden utilizar electrodos adhesivos desechables con gel sólido o líquido. Las resistencias entre la piel y el electrodo deben reducirse lo máximo posible mediante raspado o desengrasado de la zona.

Los electrodos de estimulación, a través de los cuales se va a aplicar el estímulo eléctrico al nervio, consisten habitualmente en placas metálicas o de otro material conductor montado en un soporte rígido de fácil sujeción, con una separación interelectrodo de aproximadamente 2.5 centímetros. Existen numerosos tipos con distintas formas de sujeción y tamaños.

Excepcionalmente puede utilizarse electrodos de aguja monopolares para el estímulo o registro de conducciones nerviosas. Consisten en agujas metálicas normalmente de acero inoxidable, que pueden estar aisladas en toda su superficie a excepción de la punta. Con ellas es posible registrar señales originadas en un punto más profundo pero por el contrario el área de registro es mucho más pequeña y son más molestas.

4.2.2. Electroneurografía motora

Se realiza estimulando eléctricamente el nervio en dos puntos y registrando el potencial que se evoca en un músculo de su inervación, denominado potencial de acción motor compuesto (PAMC) o potencial evocado motor (PEM)

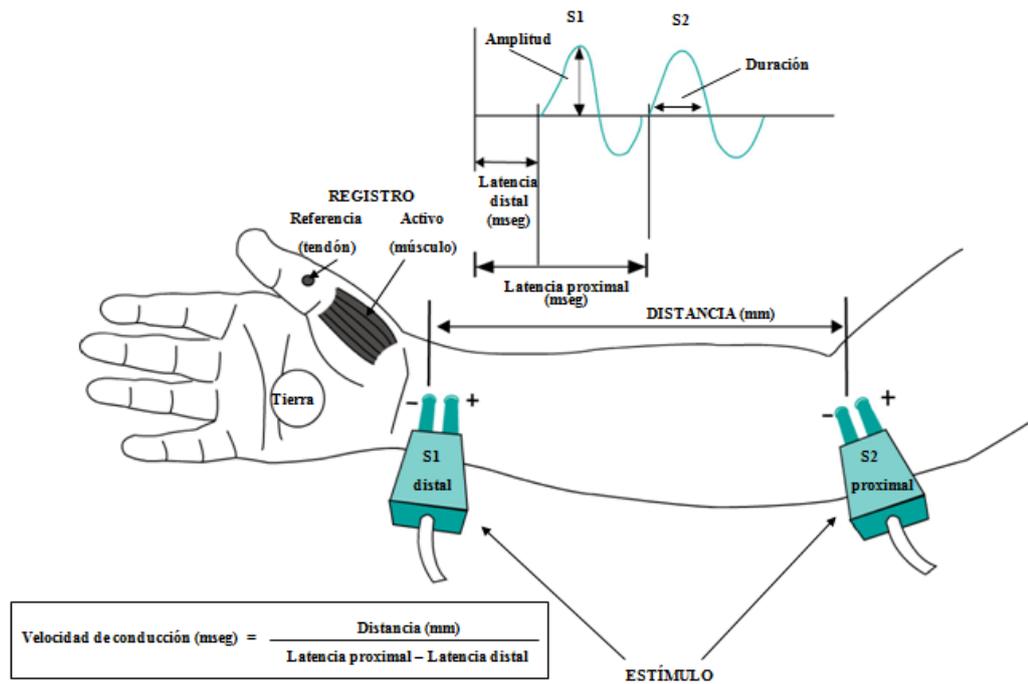
4.2.2.1. *Electrodos*

Habitualmente se realiza colocando electrodos de recepción de superficie en el músculo dependiente del nervio a explorar, con el electrodo activo o cátodo sobre el vientre muscular, y el de referencia o ánodo sobre el tendón del músculo. La respuesta obtenida debe tener un inicio negativo, si no es así hay que pensar que la colocación de los electrodos no es la adecuada, que se está estimulando otro nervio próximo o que hay una inervación anómala. En el caso de músculos profundos o muy atróficos puede ser de ayuda registrar con electrodos de aguja, si bien hay que recordar que además de ser más molestos, presentan un área mucho menor de registro, por lo que no pueden valorar conjuntamente todos los axones del nervio.

El estímulo eléctrico se realiza sobre la piel con electrodos de superficie en los lugares donde el nervio es más accesible, si bien en casos excepcionales también podría estimularse con electrodos de aguja. El cátodo del estimulador se coloca próximo al cátodo del receptor, y el ánodo distal a éste, y paralelo al nervio, aunque debe rotarse mínimamente para evitar la hiperpolarización del nervio. Hay guías anatómicas para localizar los puntos más adecuados donde estimular cada nervio.

Debe colocarse un electrodo conectado a la tierra preferentemente entre el estimulador y los electrodos de recepción con objeto de minimizar el artefacto eléctrico, así como evitar una posible electrocución, rara pero teóricamente posible si se establece una conexión transtorácica (por ejemplo si estimulamos en el brazo derecho y la tierra está colocada en el brazo izquierdo).

Figura 9. Representación esquemática de un estudio de conducción nerviosa motora.



4.2.2.2. Obtención y valoración de respuestas

En primer lugar, hay que explicar al paciente lo que se le va a hacer. De esta forma evitamos ansiedad por su parte y una mayor colaboración en una prueba que en ocasiones puede ser algo molesta. Colocamos el miembro a explorar en una posición relajada y cómoda, minimizando interferencias y artefactos.

Para disminuir la impedancia se coloca un gel conductor entre los electrodos de registro y la piel. El estímulo aplicado comienza a una intensidad muy baja y se va aumentando progresivamente hasta conseguir un potencial de amplitud máxima, el cual no aumenta a pesar de incrementar la intensidad del estímulo, indicando que todos los axones funcionantes están estimulados. A este estímulo se le denomina supramaximal. Habitualmente se emplean estímulos de 10 a 75 mA. En personas obesas, con edemas, o en puntos de difícil acceso, puede ser necesario aumentar la intensidad o la duración del estímulo. Durante la estimulación nerviosa se ha de observar la contracción de

los músculos inervados por el mismo, comprobando así que la estimulación se está realizando sobre el nervio deseado.

Una vez realizada la conducción motora se procede a valorar sobre el potencial obtenido los parámetros del mismo.

LATENCIA: Se define como el tiempo que transcurre desde la estimulación hasta el inicio de la respuesta del PAMC. Se mide en milisegundos (ms). La latencia motora es la suma de los tiempos transcurridos en la conducción del estímulo a través de las fibras más rápidas del nervio, la unión neuromuscular y la fibra muscular hasta despolarizarla y obtener el potencial. La latencia obtenida como resultado de la estimulación desde el punto del nervio más distal posible se denomina latencia distal.

AMPLITUD: Se puede medir pico-pico (desde el máximo pico negativo al máximo pico positivo) o bien base-pico (desde la línea de base hasta el máximo pico negativo). Su valor es de milivoltios (mV). Este parámetro está estrechamente relacionado con el número de unidades motoras estimuladas, y la cantidad de fibras musculares despolarizadas. Por tanto, es un buen indicador del grado de pérdida de unidades motoras en las neuropatías axonales, y en casos de degeneración muscular también se afecta su amplitud.

DURACIÓN, ÁREA Y FORMA: La duración se define como el tiempo transcurrido entre el inicio del potencial hasta el final del mismo, cuando la onda retorna finalmente a la línea de base. Refleja la variabilidad de las fibras que componen el nervio. El área es una determinación matemática más estricta del número de fibras musculares activadas. En condiciones normales la forma del PAMC para un nervio dado, con un estímulo supramaximal, es siempre la misma (habitualmente bifásica, con un componente inicial negativo). Sin embargo, si este mismo nervio lo estimulamos en puntos cada vez más proximales la duración del PAMC aumenta y su forma varía. A este fenómeno se le denomina dispersión temporal fisiológica, y es la expresión de la diferencia cada vez más evidente entre la velocidad de conducción de las fibras más rápidas y las más lentas.

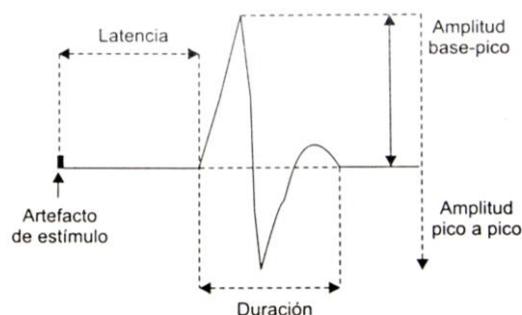
VELOCIDAD DE CONDUCCIÓN MOTORA: Para poder calcular la velocidad de conducción motora (VCM) es preciso anular el tiempo de conducción del estímulo en la placa neuromuscular así como durante la generación del potencial en la propia fibra muscular. Esto lo conseguimos al estimular en dos puntos distintos del nervio y manteniendo el registro, se mide la latencia en cada respuesta obtenida y hallamos su diferencia. Esta última corresponde al tiempo de conducción a través del nervio exclusivamente, considerando que la transmisión neuromuscular y la despolarización de las fibras musculares permanecen constantes. La VCM nos viene dada, por tanto, por la fórmula:

$$\text{VCM (m/s)} = D \text{ (mm)} / L_p - L_d \text{ (ms)}$$

Donde D es la distancia entre los dos puntos de estimulación, Lp la latencia proximal y Ld la latencia distal. La distancia debe medirse desde el cátodo del estímulo proximal al cátodo del estímulo distal, a lo largo del trayecto del nervio. Para la medición en puntos proximales, como Erb o axila, es conveniente usar un medidor obstétrico. Si estimulamos en varios puntos podemos calcular la velocidad por segmentos, de especial interés en las neuropatías por atrapamiento o bloqueos de la conducción.

Figura 10. Parámetros a valorar en un potencial evocado motor.

Gutierrez-Rivas, 2000



4.2.3. Electroneurografía sensitiva

Los estudios de conducción nerviosa sensitiva evalúan la integridad anatómica y el funcionamiento del ganglio raquídeo posterior y de sus terminaciones periféricas (nervio sensitivo). En la ENG básica que se realiza habitualmente sólo se estudian las fibras mielínicas. Existen dos métodos fundamentales de obtener el potencial de acción sensitivo (PAS): estimulando en un punto distal y registrando en otro más proximal, en el sentido fisiológico (aférente), denominado ortodrómico; o a la inversa, estimulando proximalmente y registrando en un punto distal, llamado método antidrómico.

4.2.3.1. *Electrodos*

Al igual que en la ENG motora, pueden ser de superficie o de aguja, si bien los últimos raramente se usan en la práctica clínica, únicamente pueden ser útiles si con electrodos de superficie no ha sido posible obtener un potencial o se pretende registrar un área de piel más selectiva. Sin embargo, la molestia mayor que producen, la menor reproducibilidad de los datos y la mejora de resolución en la señal de respuesta con la técnica de promediación hacen claramente aconsejable emplear electrodos de superficie. El electrodo de tierra se debe colocar entre el receptor y el estimulador.

Los electrodos y la técnica utilizada para estimular eléctricamente el nervio son superponibles a los descritos para la ENG motora. En general, la intensidad del estímulo es menor que en la ENG motora, ya que el umbral de excitación es menor. En contrapartida, con frecuencia el número de estímulos necesarios es mayor, al ser la respuesta de microvoltios y tener que realizar una promediación de estímulos para obtener una señal de buena calidad.

4.2.3.2. *Obtención y valoración de respuestas*

Se deben colocar los electrodos de recepción en los sitios pertinentes según las guías anatómicas publicadas al respecto. La distancia entre cátodo y ánodo debe ser de 3 cm. Se aplica el estímulo aumentando progresivamente la intensidad hasta conseguir el estímulo supramaximal. Si hay excesivo artefacto se debe verificar que hay un buen contacto con la piel y que no hay conexión entre cátodo y ánodo, por ejemplo por excesiva sudoración. Es necesario realizar una promediación de respuestas para obtener una señal lo más limpia posible de ruidos y artefactos eléctricos.

Una vez obtenido el potencial sensitivo se valorará sobre el mismo una serie de parámetros:

LATENCIA: A diferencia de la latencia motora, la latencia del potencial de acción sensitivo mide únicamente el tiempo de conducción a través del propio nervio. Por ello sólo se precisa un punto de estimulación para determinar la velocidad de conducción. La latencia refleja la conducción de las fibras sensitivas más rápidas. Se puede medir al inicio de la respuesta (latencia de inicio), bien al pico inicial positivo (si existe) o al pico del mayor componente negativo (latencia pico).

AMPLITUD: Al igual que el PAMC, el PAS mide el número de axones que se despolarizan con el estímulo aplicado, que al ser supramaximal representa el número total de axones funcionantes del nervio. Se mide desde el pico máximo negativo a la línea de base (pico-base) o bien desde el pico negativo al pico positivo (pico-pico). Su valor es de microvoltios. Es importante destacar que los valores normales de amplitud varían en un amplio rango entre individuos sanos e incluso entre ambos miembros del mismo individuo.

DURACIÓN Y FORMA: La duración del PAS puede medirse desde el inicio de la respuesta hasta la intersección de la línea de base con la fase descendente del potencial (duración del pico negativo), o bien hasta el retorno definitivo a la línea isoelectrica.

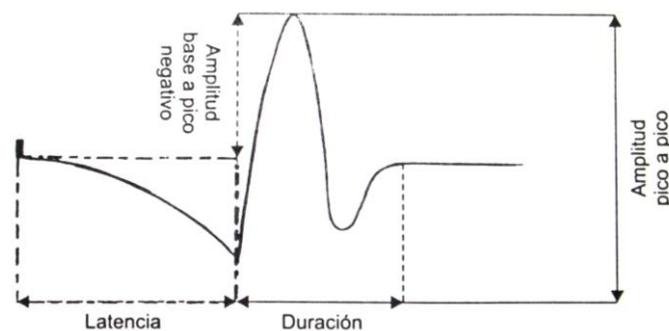
La forma varía en función de la colocación de los electrodos de recepción, el tipo de estudio (ortodrómico o antidrómico), y el empleo de electrodos de superficie o aguja. En los estudios antidrómicos de superficie, generalmente es bifásico, con la fase inicial negativa. En estudios ortodrómicos hay una fase inicial positiva (trifásicos). Los fenómenos de dispersión temporal tienen la misma significación que en los estudios de conducción motora, y son más manifiestos que en éstos.

VELOCIDAD DE CONDUCCIÓN SENSITIVA: En la velocidad de conducción sensitiva (VCS) rigen los mismos principios que para la VCM, con la diferencia ya reseñada de que sólo es preciso estimular un punto para obtener el denominador de la ecuación. La distancia debe medirse desde el cátodo del estimulador al cátodo del receptor.

$$\text{VCS} = \text{distancia (mm)} / \text{latencia distal (ms)}$$

Figura 11. Parámetros a valorar en un potencial evocado sensitivo.

Gutierrez-Rivas, 2000



4.2.4. Electroneurografía mixta

Consiste en valorar la conducción a través de un nervio mixto, es decir, compuesto por fibras motoras y sensitivas. La técnica y la valoración del

registro son idénticas a las comentadas en estudios ortodrómicos de conducción sensitiva. Su significación clínica también es similar a éstos.

4.2.5. Variables que pueden afectar a la conducción nerviosa

Las más importantes son:

EDAD: las velocidades de conducción tanto motora como sensitiva varían con la edad, especialmente en los primeros tres años de vida. El recién nacido no presenta una mielinización completa del nervio periférico. Los valores de conducción nerviosa del adulto no se alcanzan hasta la edad de 4-5 años. A partir de los 60 años las velocidades comienzan otra vez a enlentecerse y se inicia una pérdida de fibras que provoca la disminución de la amplitud de los potenciales de acción y su aumento de duración.

TEMPERATURA: con el descenso de la misma la latencia distal se prolonga, la velocidad de conducción nerviosa (VCN) disminuye y la amplitud y la duración del potencial aumentan. Se estima que por debajo de los 30-32 °C las VCN disminuyen a razón de 2-3 m/s por cada grado que desciende. Es obligatorio, por tanto, calentar el miembro a estudiar si la temperatura es inferior.

El género, la lateralidad (mano dominante) y las variaciones a lo largo del día, no se han demostrado que afecten claramente a la conducción nerviosa.

En cambio, las variables técnicas que pueden alterar la conducción nerviosa son:

AUMENTO DE RESISTENCIAS EN PIEL O TEJIDOS SUBCUTÁNEOS: la existencia de edema en las extremidades puede ser una fuente de errores al aumentar la resistencia y/o la distancia entre los electrodos y el nervio. La amplitud del potencial se reduce por aumento de la distancia entre las estructuras generadoras de las respuestas y el electrodo de registro, o bien por

la inadecuada estimulación del nervio. La piel con cremas o grasa genera altas impedancias, que facilitan los artefactos e impiden obtener un adecuado potencial.

ESTIMULACIONES DE OTROS NERVIOS POR VECINDAD: la aplicación de intensidades de estimulación excesivas que activan axones pertenecientes a troncos nerviosos cercanos a través de una conducción por volumen motivan la aparición de una deflexión positiva inicial al comienzo del potencial de acción o una morfología muy distinta entre el potencial obtenido en los dos puntos de estímulo.

COLOCACIÓN INADECUADA DE LOS ELECTRODOS O DISTANCIA ENTRE ELLOS INADECUADA: puede generar amplitudes bajas de los potenciales o cambios de la morfología.

MEDIDA DE LA DISTANCIA ERRÓNEA: es importante ser cuidados en la medida de las distancias. Las medidas deben realizarse en una posición estándar, los cambios en el grado de flexión articular pueden afectar a la distancia, y por tanto a la velocidad de conducción que se calcula finalmente.

VARIANTES EN LA INERVACIÓN DE LOS MÚSCULOS EXAMINADOS: es frecuente que algunos músculos estén inervados por otros nervios diferentes del habitual. Esto puede llevar a errores en la interpretación de los hallazgos obtenidos.

4.2.6. Hallazgos anormales

Una vez obtenidos los potenciales y valorados en ellos los parámetros a estudio, deberán ser comparados con valores normales obtenidos de individuos sanos en nuestro propio laboratorio, o bien ser basados en los recogidos de la literatura, siempre y cuando la técnica se ciña estrictamente a la descrita.

En el caso de hallazgos anormales, se podrá determinar a tenor de los parámetros obtenidos, el tipo y grado de lesión. Existen dos tipos fundamentales de lesión nerviosa:

- Lesiones axonales, que se traducirán en una disminución en la amplitud del potencial, de modo que la amplitud obtenida refleja la cantidad de axones supervivientes. El modo más fiable de valorar la pérdida axonal aguda es comparar la amplitud del potencial con un valor basal previo, con un control sano, o con el valor contralateral, si es posible. La latencia y la velocidad de conducción permanecen normales o levemente enlentecidas (por la pérdida de las fibras más rápidas).
- Lesiones desmielinizantes: se observará típicamente enlentecimiento de la velocidad de conducción y prolongación de la latencia. Es posible que la dispersión temporal y la cancelación exagerada, o bien un bloqueo de la conducción, se traduzca en una disminución de la amplitud.

Seddon, en 1940, definió para las neuropatías traumáticas tres grados de daño nervioso:

- Neuroapraxia: pérdida de la conducción sin cambio estructural del axón. De buen pronóstico, con recuperación en días o semanas después de la eliminación de la causa, mediante remielinización.
- Axonotmesis: pérdida de continuidad de los axones, con la consecuente degeneración walleriana a lo largo del segmento distal, con preservación del tejido conectivo. La recuperación depende de la regeneración de fibras nerviosas, un proceso que tiene lugar a una velocidad de aproximadamente 1 mm/día.
- Neurotmesis: la lesión separa a las fibras nerviosas por completo, incluyendo al tejido conectivo de soporte. El pronóstico es malo.

Sunderland, en 1950, propuso 3 subdivisiones añadidas a las descritas por Seddon.

- Tipo III: lesión del axón y del tejido conectivo circundante pero preservación del perineuro y epineuro. La regeneración tiene lugar pero mal dirigida.
- Tipo IV: afecta también al perineuro. Puede ocurrir alguna regeneración pobremente orientada, requiriendo frecuentemente intervención quirúrgica para repararla.
- Tipo V: separación completa del nervio con pérdida de la continuidad.

El estudio ENG permite diagnosticar y tipificar los tipos de lesión nerviosa, si bien hay que tener en cuenta que la degeneración walleriana que sigue a la lesión axonal puede tardar hasta 3 semanas en estructurarse, por lo que se recomienda demorar el estudio al menos 21 días desde el inicio de la sintomatología neurológica para evitar errores en el diagnóstico.

5.- VARIACIONES ANATÓMICAS EN LA DISTRIBUCIÓN NERVIOSA DE LA MANO

5.1. Variación anatómica: concepto e importancia

El cuerpo humano en su conjunto, o cada una de sus partes individualmente, muestra un cierto grado de flexibilidad en tamaño, forma, estructura, posición, etc. La fluctuación morfológica de una parte, órgano o estructura del cuerpo humano que no implique una desventaja funcional para el individuo portador de la misma se define como “variación anatómica”.

Por el contrario, todas aquellas fluctuaciones morfológicas que van más allá de los mencionados límites de la normalidad se definen como malformaciones, e implican siempre una desventaja funcional para el individuo que las padece. A diferencia de éstas, una variación anatómica no es sinónimo de patología.

Cada vez más, es necesario el conocimiento con el mayor detalle posible de nuestro ser. Con los nuevos procedimientos clínicos y quirúrgicos (cirugía mínimamente invasiva, laparoscopia, artroscopia, transplantes de órganos, etc.) cada vez es mayor y más profundo el conocimiento anatómico exigido. Por eso, tan importante como conocer la disposición habitual de los diferentes órganos y tejidos, es conocer las posibles variaciones que se pueden producir.

5.2. Comunicaciones mediano-cubitales

Las comunicaciones entre los nervios que inervan la mano han sido descritas en numerosas ocasiones, tanto es así que algunas de ellas deberían considerarse más como parte de la normalidad que como una variación.

Aunque se han descrito numerosas variaciones, las más habituales y estudiadas son aquellas que comunican los nervios mediano y cubital. En la parte proximal del antebrazo, las ramas comunicantes que surgen del nervio mediano hacia el nervio cubital son conocidas como anastomosis de Martin-Gruber, mientras que la comunicación del nervio cubital al mediano se conoce como anastomosis de Martin-Gruber reversa o de Marinacci. La comunicación que ocurre en la palma de la mano, entre la rama profunda del nervio cubital y la rama recurrente del mediano se denomina anastomosis de Richie-Cannieu, y la que ocurre en la superficie palmar de la mano, entre los nervios digitales comunes, ramas del nervio cubital y del mediano, es conocida como anastomosis de Berretini.

Las ramas comunicantes entre el nervio cubital y el mediano se describieron por primera vez en 1741 por Berretini. Posteriormente fueron descritas en sus estudios por Martin (1763), Gruber (1870), Gehwolf (1921), Hirasawa (1931), Sunderland (1978) y Meals (1983), entre otros. Mannerfelt, en 1966, fue el primero en utilizar estudios electrofisiológicos para detectar las anastomosis entre dos nervios.

5.2.1. Anastomosis de Martin-Gruber

Es la anomalía más conocida y estudiada en las extremidades superiores, y ocurre en aproximadamente un 15-30% de los individuos (Burakgazi, 2014). Corresponde a una conexión neural entre el nervio mediano y el nervio cubital en el antebrazo.

Fue descrita por primera vez por el anatomista sueco Martin en 1763, el siguiente en mencionar estos hallazgos fue Gruber en 1870. Desde entonces han proliferado numerosos estudios, anatómicos y electrofisiológicos,

profundizando tanto en sus características demográficas, anatómicas y fisiológicas, como en su importancia clínica y diagnóstica.

Su frecuencia de aparición oscila dependiendo de la técnica de estudio, entre un 11-24% en diversos estudios anatómicos (Nakashima ,1993; Taams, 1997; Shu 1999; Rodriguez-Niedenführ, 2002a, 2002b; Prates, 2003; Burakgaci, 2014) y un 5-39% en descripciones de estudios de conducciones nerviosas (Mannerfelt, 1966; Wilbourn, 1976; Crutchfield 1980; Sun 1983; Streib, 1983; Uchida, 1992; Kimura, 1976; Rey, 1984; Amoiridis 1992; Leivobic, 1992; Budak, 1999; Lee 2005). No se ha descrito una diferencia significativa entre los sexos ni entre las razas (Taams, 1997; Prates, 2003; Kazakos, 2005; Lee, 2005) y generalmente es bilateral (Kimura, 1976; Budak, 1999). No se ha observado hasta el momento relación con ninguna patología nerviosa periférica (Uchida 1992); sin embargo, sí se ha sugerido una posible herencia familiar autosómica dominante basada fundamentalmente en los estudios de Crutchfield (1980) y Srinivasan (1981).

La alta incidencia de comunicaciones similares en monos y otros mamíferos indica que la anastomosis podría tener un significado filogenético, reminiscencia de un tronco nervioso común ventral que inervaba músculos flexores en la extremidad superior, la cual se observa en estadíos tempranos de la evolución (Iyer, 1976; Prates, 2003; Taams, 1997).

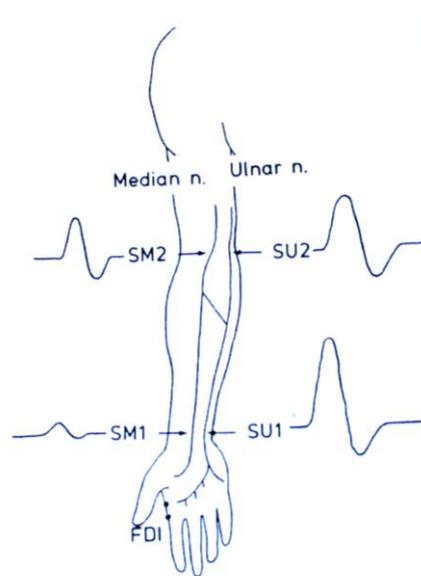
Con respecto a las fibras que contiene, con las primeras descripciones se pensó que algunas fibras de nervio mediano pasaban al nervio cubital para inervar distintos músculos de la mano. Sin embargo, con el estudio detallado por parte de muchos autores, se ha llegado a determinar que son más bien las fibras motoras C8/D1 destinadas a inervar músculos cubitales de la mano, las que viajan con el nervio mediano en el brazo antes de cruzar hacia el nervio cubital en el antebrazo. Tras unirse con el nervio cubital, inervan músculos intrínsecos de la mano típicamente cubitales (interóseo dorsal más comúnmente, adductor pollicis, abductor digiti minimi o flexor pollicis brevis), no inervan m. abductor pollicis brevis ni el m.opponens (Wilbourn, 1976; Amoiridis, 1992; Uchida, 1992; Shu, 1999; Cho, 2013). El hecho de registrar en los

estudios electrofisiológicos esta variación en m. abductor pollicis brevis se debe al registro del potencial volumen conducido desde los músculos adyacentes a la región tenar (Rubin, 2010; Dumitru, 2001). El número de axones que toman el curso anómalo varía extensamente, pero se ha sugerido un agrupamiento de las fibras nerviosas que forman la anastomosis en un fascículo separado, más que una dispersión aleatoria (Dumitru, 2001).

No existe un consenso en la literatura acerca de la correcta clasificación de las anastomosis entre dos nervios. Se han propuesto numerosas clasificaciones basándose en disecciones anatómicas, electrofisiológicas o histológicas (Leibovic, 1992; Nakashima, 1993; Shu, 1999; Rodriguez-Niedenführ, 2002b; Kazakos, 2005; Lee 2005). En lo que sí parece haber bastante concordancia es en que los axones que provienen del tronco mediano son exclusivamente motores (Uchida, 1992), siendo la participación de axones sensitivos muy inusual (Santoro, 1983). Estos axones motores emergen más habitualmente del n.interóseo anterior o de la rama que inerva los músculos flexores del antebrazo, y menos frecuentemente desde el propio tronco de nervio mediano (Srinivasan, 1981; Shu, 1999; Nakashima, 1993; Rodriguez-Niedenführ, 2002; Prates, 2003; Lee, 2005; Burakgazi, 2014). La mayoría de los casos presentan este cruce en el antebrazo, si bien se ha descrito también algún caso más proximal que tiene una dificultad añadida en su reconocimiento (Lee, 2005; Burakgazi, 2014).

Electrofisiológicamente existen varias formas de detectarla. Su presencia se sospecha a menudo durante los estudios de conducción nerviosa rutinaria. La respuesta evocada con la estimulación del nervio mediano en la muñeca puede ser significativamente menor que la de la estimulación en el codo; por el contrario, el estímulo distal en el nervio cubital genera un potencial con una amplitud mayor que el obtenido con el estímulo proximal.

Figura 12. Anatomosis mediano-cubital de Martin-Gruber. Representación esquemática de los hallazgos esperables en los estudios de conducción nerviosa. Uchida, 1992



En algunos casos la forma de detectarla puede ser la aparición de una onda positiva en el comienzo del potencial motor de nervio mediano, la existencia de dos potenciales motores, o incluso una simple variación de la morfología, todo ello únicamente tras el estímulo proximal (Gutmann, 1977; Rubin, 2010). Otra manera de valorar este tipo de anastomosis es mediante las técnicas de colisión descritas por Kimura (1976), y los casos dudosos pueden requerir el registro selectivo de los potenciales de acción desde el m. 1º interóseo dorsal, adductor pollicis o músculos hipotenares. No obstante, existen algunas situaciones no evidenciables mediante estudio de conducciones nerviosas: aquellas con ramas anastomóticas muy finas (menos de un 5-10% de la inervación total de los músculos de la mano), las que inervan el m. flexor digitorum profundus, y las que la rama comunicante sale proximal al codo (Lee, 2005). Es importante recalcar que antes de asumir la presencia de esta anomalía hay que excluir factores técnicos como estímulo insuficiente en la muñeca o excesiva corriente en el codo que difunda a otros nervios.

La importancia de reconocer esta anomalía es múltiple, y ha sido puesta en valor por parte de numerosos autores (Amoiridis, 1992; Nakashima, 1993;

Shu, 1999; Rodriguez-Niedenführ, 2002b; Unver Dogan, 2009). Por un lado, dificultan el reconocimiento clínico de lesiones nerviosas periféricas, ya que pacientes con lesiones completas de uno de estos nervios pueden fallar en exhibir los déficits motores esperados o presentar una alteración más extendida de la esperable. Una sección completa del nervio mediano en el brazo resulta en paresia y denervación en un número de músculos inervados por el nervio cubital, por lo que puede ser fácilmente confundida con una afectación C8. Si el nervio cubital está completamente seccionado en el codo o proximal al cruce, observaremos una relativa preservación de los músculos intrínsecos de la mano inervados por el cubital, por lo que podría dar lugar a pensar en una lesión parcial cuando en realidad es completa. Spinner (1970) postuló que podría ser clínicamente relevante en pacientes con atrapamiento de nervio interóseo anterior, siendo la afectación de los músculos cubitales inervados por las fibras cruzadas también posibles fuente de error.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que estas fibras cruzadas son susceptibles de sufrir daño. Se han descrito casos en los que éstas transcurren intramusculares (Rodriguez-Niedenführ, 2002a), por lo que puede ser un sitio de compresión potencial. Además, en muchos casos el punto de entrada de estas fibras desde mediano a cubital está cerca del epicóndilo humeral medial (de 3 a 10 cm), por lo que existe un riesgo significativo de lesión en cirugías como la transposición de nervio cubital (Uchida, 1992).

Por último, uno de los aspectos más importantes son los errores diagnósticos que se pueden derivar de la falta de su reconocimiento al realizar un estudio electrodiagnóstico por otra patología. Las respuestas en músculos hipotenares tras estimulación de nervio cubital en el codo pueden simular un bloqueo de conducción (Cho, 2013). Tanto es así, que algunos autores (Lee, 2005; Burakgazi, 2014) recomiendan sospecharla siempre que un bloqueo de conducción no se asocie a lentificación, y si existe discrepancia entre hallazgos clínicos y electrofisiológicos. También puede llevar a error en el síndrome del túnel carpiano (Gutmann, 1977), en el que la presencia de esta anastomosis puede derivar en un cálculo erróneo de la velocidad de conducción en el antebrazo, resultando excesivamente elevada (Iyer, 1976).

5.2.2. Comunicación de Marinacci

Se denomina así el cruce de fibras cubitales hacia el nervio mediano en el antebrazo. También se denomina anastomosis de Martin-Gruber reversa.

Fue mencionada por Marinacci en 1964. Describió un paciente que tras un daño traumático en el antebrazo resultó en denervación de los músculos flexores del antebrazo generalmente inervados por el nervio mediano manteniéndose la mano intacta, clínica y electromiográficamente. Las fibras motoras a los músculos tenares fueron excitables en el nervio mediano en la muñeca y en el nervio cubital en el codo. La “casi normal” sensación en la mano sugirió que las fibras sensitivas también viajaban con la anastomosis. Concluyó que las fibras originadas en el cubital cruzaron en el antebrazo bajo el sitio de lesión para encontrar al nervio mediano. Le llamó “mano toda mediana”.

Desde entonces se ha descrito esta anomalía puntualmente en pacientes con hallazgos clínicos o neurofisiológicos atípicos. Komar (1978) describió un paciente con sección completa del nervio mediano sobre el codo y sólo parálisis parcial de musculatura dependiente de nervio mediano, aunque la sensación afectada seguía la distribución nerviosa de mediano normal. Streib (1979) describió el hallazgo casual de este tipo de cruce durante el estudio rutinario electromiográfico de un paciente: el PAMC de musculatura tenar fue mayor tras estimulación en el nervio cubital en el codo que en la muñeca, mientras que el nervio mediano reflejó los resultados contrarios. No se observó cruce de axones sensitivos. Hopf (1990) describió una comunicación de Marinacci que afectaba sólo a fibras sensitivas que desde mediano distalmente se unían al cubital proximalmente, los potenciales de acción evocados tras estimular la mitad cubital del 3º dedo y la mitad lateral del 4º se propagaron con el nervio mediano hasta la muñeca y con el cubital hasta el codo.

Sin embargo, esta anastomosis se ha observado muy infrecuentemente en series largas de pacientes estudiados electrofisiológicamente, en contraste con la elevada frecuencia observada de la comunicación mediano-cubital de

Martin-Gruber. Kimura en 1983 observó dos casos en 150 pacientes y Meenakshi-Sundaram (2003) objetivó tan sólo 4 en 100 pacientes. No han logrado ser demostradas desde el punto de vista anatómico en ninguno de los casos. (Gruber, 1870; Wilbourn, 1976; Salazar, 2012).

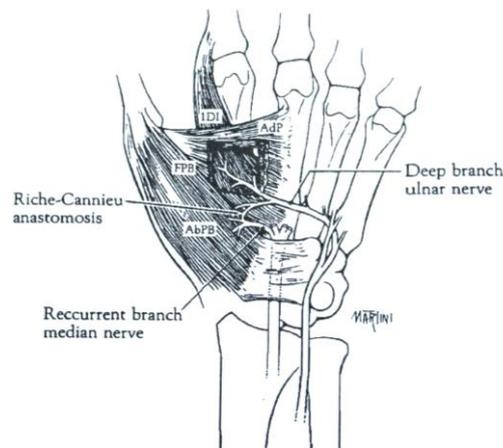
Por este motivo, previo a concluir que existe una anomalía de cubital a mediano, deben ser consideradas otras razones fisiológicas, patológicas o técnicas. Se debe tener especial cuidado con el estímulo de nervio mediano en la muñeca, ya que una intensidad excesiva puede estimular tanto el nervio mediano como el cubital. Del mismo modo, es posible estimular por difusión el mediano al realizar estimulación supramaximal del cubital en el codo.

5.2.3. Anastomosis de Riche-Cannieu

Es la anastomosis entre la rama profunda del nervio cubital y la rama recurrente del nervio mediano en la palma de la mano. Fue descrita por primera vez en 1897 por Riche y Cannieu de forma independiente.

Aunque es considerada rara y de largo ignorada en comparación con la de Martin-Gruber, está presente en aproximadamente el 77% de las manos según un estudio anatómico detallado realizado por Harness en 1971. Posteriormente Kimura et al en 1983 encontraron en un estudio electrofisiológico de 150 manos una incidencia del 83.3%. Por esta razón, recomiendan considerarla más como una conexión anatómica normal que como una variante usual. Se ha descrito un patrón de herencia autosómica dominante (Boland, 2007) y en la población negra americana esta comunicación se observó con menor frecuencia que en otras poblaciones. (Kimura, 1983)

Figura 13. Anastomosis de Riche-Cannieu. Refaeian, 2001



A través de esta anastomosis, el nervio cubital suple en parte o casi totalmente los músculos tenares normalmente inervados por el nervio mediano (m. abductor pollicis brevis y m. opponens pollicis). Las presentaciones clínicas pueden variar, resultando en una mano completamente inervada por el nervio cubital, con participación de fibras sensitivas (Kim, 2004); en una inervación motora de la mano casi exclusivamente cubital pero con inervación sensitiva habitual, (Dumitru, 1988; Ganes, 1992; Sachs, 1995), o en una inervación motora cubital sólo parcial de los músculos típicamente inervados por mediano (Gutmann, 1993; Refaeian, 2001). Aunque éstas son las presentaciones habitualmente descritas, todavía no está totalmente clara la funcionalidad de esta comunicación, por lo que en teoría también sería posible que algunas fibras de mediano cruzaran el puente hacia algunos de los músculos intrínsecos cubitales (Dumitru, 2001).

Esta variante es probablemente la justificación a la mayor parte de los casos de las llamadas “manos cubitales” (Sachs, 1995), ya que no se ha descrito anatómicamente una inervación directa de la rama cubital profunda a los músculos “medianos”. Sachs postula que las “manos cubitales” pueden ser el reflejo de un enrutamiento de los axones motores proximalmente en la cuerda medial del plexo braquial y distalmente a través de anastomosis de Riche-Cannieu.

La posibilidad de que algunas fibras de mediano cruzaran el puente mediano-cubital palmar hacia músculos intrínsecos cubitales podría justificar una “mano mediana”, sin embargo la causa más probable de una mano pseudomediana por su frecuencia es una anastomosis de Martin-Gruber.

Desde el punto de vista neurofisiológico, se debe sospechar cuando al estimular el nervio cubital en la muñeca y en el codo se genera un potencial de acción muscular en la eminencia tenar. Clínicamente, cuando en las lesiones de nervio mediano, independientemente de su localización, se observe una preservación de la abducción y oposición del pulgar, ya que están inervados por lo menos en parte por las fibras del cubital que atraviesa el puente mencionado.

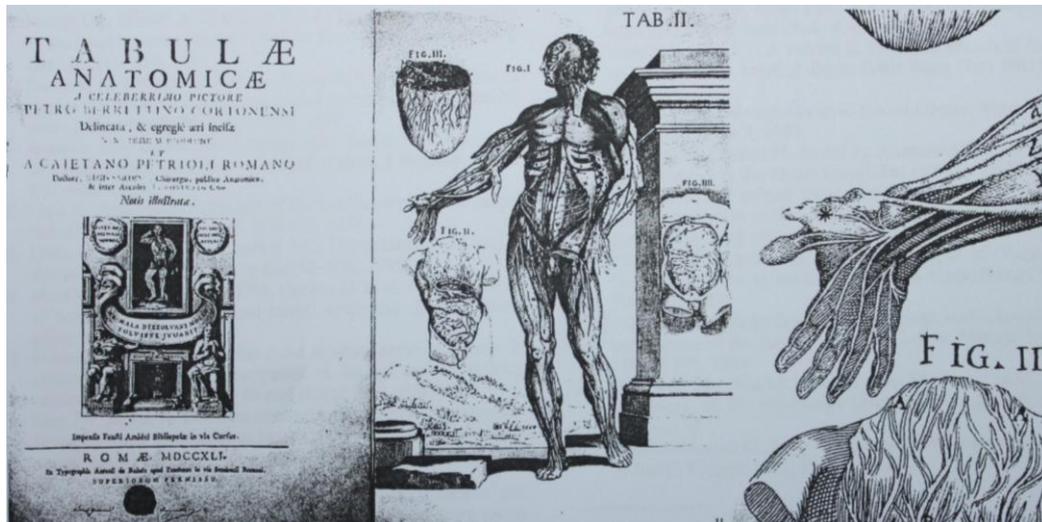
La importancia de reconocer esta variante en un paciente estudiado por lesión nerviosa periférica es importante. En pacientes que presenten lesiones completas del nervio mediano, mostrarán respetadas algunas de las funciones de éste (Refaeian, 2001), pudiendo llevar a la interpretación errónea de una lesión parcial en lugar de completa. Por el contrario, en casos de lesión de nervio cubital, la afectación de musculatura tenar podría llevar a sospechar equivocadamente una radiculopatía C8-T1 o una plexopatía braquial (Dumitru, 1988). Incluso se ha descrito un paciente con una neuropatía de la rama profunda del nervio cubital, en el que la presencia de esta variante llevó al diagnóstico inicial de enfermedad de neurona motora (Saperstein, 2000)

5.2.4. Anastomosis de Berretini.

Es la comunicación que ocurre en la superficie palmar de la mano entre los nervios digitales comunes, ramas del nervio cubital y mediano, a nivel de la tercera comisura, conocido como *ramus communicans cum nervi ulnari*.

Observado por Berretini, un famoso pintor de Santa Cecilia, en 1741, sus dibujos anatómicos en el atlas anatómico *Tabulae Anatomicae*, son las ilustraciones más tempranas de una rama comunicante entre dos nervios.

Figura 14. Portada del atlas anatómico Tabulae Anatomicae e ilustración de la comunicación palmar entre mediano y cubital. Tomado de Stancić, 1999



Es una comunicación muy frecuente, aunque la incidencia descrita es muy variable, desde un 4% hasta un 94% (Ferrari, 1991; Stancić, 1999; Dumitru, 2001; Loukas, 2007; Unver Dogan, 2009; Salazar, 2012). Como la mayoría de los investigadores encuentran una incidencia alrededor del 80%, también recomiendan que sea considerada una estructura normal en lugar de una variación anatómica (Don Griot, 2000).

Se han propuesto diversas clasificaciones. Dumitru (2001) realiza una clasificación en 4 tipos: el tipo I corresponde a la comunicación que se origina en el nervio cubital proximalmente y se dirige distalmente a encontrarse con el nervio mediano; el tipo II se origina proximalmente en el mediano y se extiende distalmente hacia el cubital; el tipo III corresponde a una comunicación transversa entre ambos, y por lo tanto no es posible determinar de donde proviene el punto de origen; y, finalmente, el tipo IV se refiere a ramas comunicantes múltiples. En diversos estudios anatómicos, todas o la gran mayoría de comunicaciones se originaron en el nervio cubital, siendo el más frecuente el tipo I (76.9-95%) (Ferrari, 1991; Dumitru, 2001). No se han descrito diferencias significativas con respecto a la edad, raza o sexo (Loukas, 2007).

Tampoco se han observado diferencias significativas entre ambos lados (Stancić, 1999).

La importancia de su conocimiento radica en el riesgo de lesión iatrogénica en el abordaje del túnel carpiano, especialmente en procedimientos endoscópicos con visión indirecta, los cuales pueden causar pérdida sensorial en el área comprendida entre los dedos medio y anular (Dumitru, 2001; Stancić, 1999; Salazar, 2012). Por este motivo, diversos autores (Ferrari, 1991; Don Griot, 2000; Loukas, 2007) han intentado determinar zonas peligrosas a la hora de plantear un acto quirúrgico y así evitar su lesión. Valls-Sole (1991) describió hallazgos electrofisiológicos de comunicaciones anómalas entre cubital y mediano en la palma, indicando que los tests electrofisiológicos pueden ayudar a detectar esta rama antes de la cirugía.

5.3. Otras variaciones menos frecuentes en la inervación motora de la mano

Estudios anatómicos demuestran que los músculos intrínsecos de la mano son 19, 14 de los cuales son inervados por el nervio cubital y cinco por el nervio mediano, tres en la región tenar (flexor pollicis brevis, abductor pollicis brevis y opponens pollicis) y los lumbricales laterales (Diazgranados, 2004).

Tal y como hemos visto en el capítulo anterior, sobre este patrón pueden existir variaciones en la inervación motora de cualquiera ellos. Típicamente el músculo flexor pollicis brevis puede recibir inervación del mediano, cubital o de ambos, podemos observar “manos cubitales” y “manos medianas”, incluso se han descrito casos de anomalías de la extremidad superior, como la ausencia congénita de los músculos tenares (Kimura, 2001).

Sin embargo, además de estas variaciones bien conocidas, se han descrito prácticamente todas las combinaciones posibles entre los nervios implicados en la función motora de la mano: nervio mediano que inerva músculos cubitales, nervio cubital que inerva músculos medianos, nervio musculocutáneo que inerva músculos habitualmente dependientes de mediano, nervio mediano que inerva músculos típicamente inervados por musculocutáneo, nervio musculocutáneo que inerva músculos radiales, nervio radial que inerva musculatura cubital e incluso nervio cubital que inerva músculos radiales.

Una de las variaciones poco conocidas a tener en cuenta es la inervación de músculos intrínsecos de la mano por parte del nervio radial. El nervio Froment-Rauber es un nervio anómalo raramente descrito en el que el nervio radial superficial o el nervio interóseo posterior lleva algunas fibras motoras que proveen inervación a los músculos intrínsecos de la mano, típicamente el m. primer interóseo dorsal, aunque cualquier otro puede recibir inervación de esta rama (Kamerath, 2013; Missankov, 2000). Fue descrita por primera vez en disección cadavérica por Bichat en 1801, Froment en 1846 y Rauber en 1865. La incidencia no está clara; un estudio anatómico en Sudáfrica lo observó en el 3'4% de las disecciones (Missankov, 2000). En estos casos un paciente con lesión traumática de nervio radial presentará además atrofia del primer interóseo dorsal, con la confusión que esto puede conllevar (Kamerath, 2013).

La situación inversa, una comunicación desde el nervio cubital hacia el nervio radial, también se ha descrito pero de una forma muy excepcional, en un caso con fractura de tercio superior de húmero y afectación motora y sensorial tanto de cubital como de radial, en la cual se evidenció esta comunicación durante la cirugía (Lombardo, 2015).

Otra de las anomalías a tener presente por su frecuencia implica al nervio musculocutáneo, que se encarga habitualmente de la inervación motora

del m. bíceps braquial y coracobraquialis. La ausencia de nervio musculocutáneo e inervación de esos músculos por el nervio mediano se describió en un estudio anatómico en un 13.3% de 30 miembros superiores estudiados, de predominio unilateral. Incluso se ha descrito un caso en el que el nervio mediano inerva el m. brachialis, con lo que la lesión del mediano proximal a esa rama daría debilidad además en la flexión del codo (Paraskevas, 2014).

La situación contraria también ha sido descrita, pero en raras ocasiones, de forma que el nervio musculocutáneo puede llegar a inervar los músculos flexores del antebrazo e incluso parte del grupo muscular tenar (Marinacci 1964).

Se ha descrito también (Yogesh, 2011) cómo el nervio musculocutáneo inervaba músculos braquiorradialis, extensor carpi radialis y todos los músculos suplidos por el nervio interóseo posterior por ausencia del mismo.

El conocimiento de estas pequeñas variaciones en la inervación motora de los músculos que proveen función a la mano puede ser crucial en determinadas circunstancias, pudiendo su desconocimiento llevar a errores importantes en el diagnóstico clínico y electrofisiológico de lesiones nerviosas periféricas.

Por otro lado, es interesante también tener estas variaciones en cuenta a la hora de un mejor conocimiento de nosotros mismos. Las comunicaciones aberrantes del plexo braquial son relativamente comunes, y se cree que ocurren por la fusión de nervios y fallo de la segregación nerviosa durante el desarrollo (Lombardo, 2015). Algunos autores se han basado en estos hechos y variaciones, como la ausencia de nervio musculocutáneo, para postular una explicación embriológica: entre los días 38 y 40 de vida del embrión se visualizan ya las ramas mayores del plexo braquial; el nervio musculocutáneo sale como una rama del nervio mediano, en ausencia de este nervio la misma

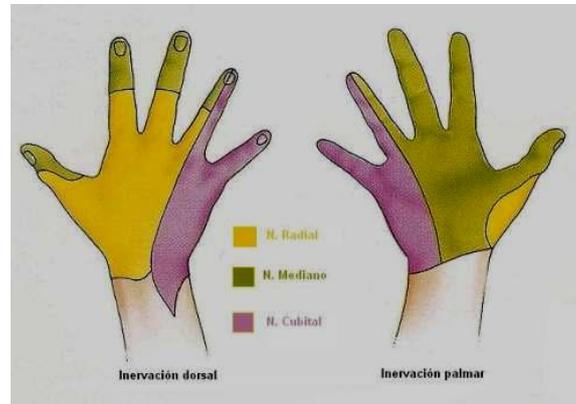
raíz viajaría a través de la cuerda lateral distribuyéndose el nervio mediano en los músculos del brazo (Paraskevas, 2014; Kaur, 2014).

5.4. Otras variaciones menos frecuentes en la inervación sensitiva de la mano.

Mientras que las variaciones anatómicas más comunes en nervios motores están bien documentadas en la literatura y en los libros de electromiografía, las variaciones en los nervios sensitivos son menos reseñadas, a pesar de ser relativamente frecuentes en la población.

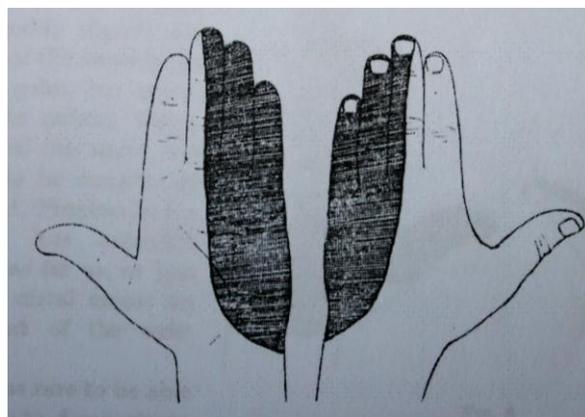
La descripción clásica de la inervación sensitiva de la palma de la mano se realiza habitualmente trazando una línea divisoria por la mitad del 4º dedo, correspondiendo los 3 primeros dedos y la mitad lateral del 4º al nervio mediano, el 5º dedo y la mitad medial del 4º al nervio cubital, y la porción lateral del pulgar al nervio radial. En el dorso de la mano se realiza fundamentalmente en base a tres nervios: la porción dorsal medial, que incluye la mitad medial del dedo 4º y todo el 5º dedo, está inervada por la rama dorsal del nervio cubital; la porción dorsal lateral, la mitad proximal de los tres primeros dedos y mitad lateral del 4º dedo, que corresponde a la rama superficial del nervio radial; mientras que el nervio mediano inerva una pequeña porción del dorso de la mano correspondiente a la mitad distal de los dedos 2º y 3º, junto a la porción distal medial del primero y lateral del 4º dedo.

Figura 15. Descripción clásica de la inervación sensitiva de la palma y el dorso de la mano



Esta es la descripción clásica, sin embargo es bien conocido que existen numerosas variantes. Tanto es así, que ni siquiera existe un consenso sobre los territorios inervados por cada nervio entre los grandes tratados de anatomía ni los estudios anatómicos extensos (Stopford, 1918). Esto es especialmente llamativo en el dorso de la mano, variando la línea divisoria entre el nervio cubital y radial a nivel de la porción media del 3º dedo o del 4º, según el texto consultado. No obstante, la mayoría de estudios recientes parecen estar más a favor de colocar la línea divisoria en la mitad de la mano cruzando el dedo medio (Linell, 1921; Mok, 2006; Vergara-amador, 2010; Sulaiman, 2015).

Figura 16. Patrón distinto de inervación sensitiva de la mano. Stopford, 1918



Las variaciones a este patrón, y el solapamiento de territorios entre unos nervios y otros, descritas en numerosas ocasiones, no tienen mayor implicación clínica; sin embargo, en determinadas ocasiones estas pequeñas variaciones pueden tener consecuencias importantes.

Aparte de las comunicaciones mediano-cubitales en la palma de la mano ya comentadas anteriormente, cuyo riesgo quirúrgico en cirugías de túnel carpiano está bien establecido (Hoogbergen, 1992), tienen particular interés aquellas que afectan a dígitos que comparten inervación dual. Por ejemplo, el cuarto dedo puede estar enteramente inervado por el nervio mediano o cubital. Esto es de gran importancia al realizar estudios de conducción ya que existen técnicas que utilizan los potenciales obtenidos al estimular ambos nervios del mismo dedo, con el propósito de registrar dos picos sensitivos o ver las diferencias entre ambos para detectar patología. Si existiera inervación anómala sólo se detectaría un pico sensitivo y el estudio concluiría erróneamente que no hay evidencia de compresión de nervio mediano a pesar de su afectación (Dumitru, 2001.)

De forma similar, el 1º dedo puede estar completa o significativamente inervado por el nervio radial o por el cutáneo antebraquial lateral con una pequeña contribución del mediano. Numerosos trabajos señalan que los ramos terminales del nervio radial superficial y cutáneo antebraquial lateral establecen conexiones a nivel del borde radial del tercio distal del antebrazo (Davidovich, 2014; Huanmanop, 2007), y sus territorios se solapan en un alto porcentaje, entre el 10-43% (Sulaiman, 2015), habiéndose descrito hasta en el 75% de los casos (Mackinnon, 1985; Inzunza, 2011). En caso de ausencia de nervio radial superficial es el nervio musculocutáneo, a través de su porción sensitiva, el que inerva ese territorio, y el nervio cubital dorsal con ramificaciones mayores de las usuales completarían la inervación del dorso restante de la mano (Davidovich, 2013).

En la porción dorsomedial de la mano ocurren fenómenos similares. Es bien conocida tanto la variación entre regiones inervadas por el nervio cubital y

el radial, como el solapamiento entre territorios vecinos, siendo su expresión máxima la sustitución de uno por el otro, tal y como ocurre en la variante objeto de la presente tesis, y que más tarde describiremos con detalle.

Además de estas variaciones encontradas con más o menos frecuencia en series largas de pacientes, se han descrito innumerables casos puntuales extremadamente raros. Todas ellas pueden ser origen de datos clínicos o electrofisiológicos confusos, que pueden llevar a errores diagnósticos y terapias inadecuadas, o ser susceptibles también de riesgo durante la cirugía en la mano y el antebrazo.

De forma similar a las teorías postuladas en las variaciones de la inervación motora, y tomando todos estos datos en consideración, hay autores que defienden que, en lo que atañe a la inervación cutánea, es más precisa y estable la disposición de los dermatomas que la situación de los nervios que se distribuyen por una región determinada. Es decir, en el caso de la inervación del pulgar, tanto en su aspecto dorsal como palmar, es tomada por C6, ya sea por medio del nervio radial superficial, cutáneo antebraquial lateral, o incluso a través del nervio mediano; en consecuencia, el dermatoma es el que manda (Inzunza, 2011).

6. RAMA DORSAL DEL NERVIO CUBITAL

Como hemos comentado anteriormente, la presencia de una variante de la normalidad no conlleva ninguna desventaja para el portador de la misma. No obstante, en el caso de la variante que nos ocupa, en la que el nervio radial se encargaría de inervar la porción dorsomedial de la mano, el cruce de una rama nerviosa por el dorso de la muñeca, donde no debería haber ninguna, la hace susceptible a ser dañada involuntariamente durante una cirugía en la zona. Por otra parte, la ausencia de nervio cubital dorsal puede ser interpretada en un estudio neurofisiológico como una lesión de éste, llevando a conclusiones erróneas. A continuación describiremos el curso de este nervio, sus posibles variaciones, el estudio de su conducción y su utilidad, para poder comprender las consecuencias que se pueden derivar del error en su estudio.

6.1. Anatomía

La rama dorsal del nervio cubital, o nervio cubital dorsal, es una de las ramas terminales del nervio cubital, y suple habitualmente al menos la sensibilidad del aspecto dorsomedial de la mano, el dorso del 5º dedo y la mitad medial del 4º.

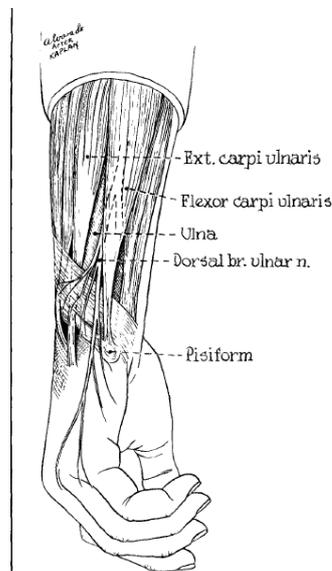
Diversos estudios anatómicos se han realizado con motivo de describir su curso y así proveer información, tanto para sentar las bases de los estudios de conducción, como para delimitar áreas seguras en la cirugía de muñeca o administrar anestésicos locales.

La rama dorsal del nervio cubital abandona el tronco común del nervio cubital entre el tercio medio y distal del antebrazo. Como el nervio cubital principal, se posiciona entre el cúbito y el músculo flexor carpi ulnaris, bajo la

cubierta de este último. A nivel de este tendón, se sitúa dorsal y medialmente. Abandona el nervio cubital, perforando la fascia antebraquial entre 4'8 y 10 cm. sobre la estiloides cubital, con una distancia media de 8'3 cm desde el borde proximal del hueso pisiforme, tomando una dirección posterior. En este momento rodea medial y dorsalmente la estiloides cubital, y a nivel de la 5ª articulación carpometacarpiana da tres ramas principales; o bien dos ramas, lateral y medial, con una segunda división de la rama lateral. En el momento en el que cruza entre el tendón del m. flexor carpi ulnaris y el cúbito es muy superficial por lo que resulta fácilmente accesible.

La topografía intraneural de las fibras dentro del propio nervio cubital ha sido estudiada por Sunderland y posteriormente por Chow (1986), objetivando una relativa precisa localización de las fibras de esta rama en el tronco cubital, enfatizando en el curso independiente intraneural hasta salir como un ramo terminal. Jabaley (1980) observó los mismos resultados, concluyendo que la rama dorsal del nervio cubital y el propio nervio cubital son dos nervios separados viajando dentro de un conducto epineural común. Este hecho es importante a la hora de realizar técnicas quirúrgicas de reparación de fascículos y de nerve-grafting.

Figura 17. Anatomía de la rama dorsal del nervio cubital. Jabre, 1980



6.2. Lesión de la rama dorsal del nervio cubital.

La lesión propia de la rama dorsal del nervio cubital ha sido descrita en diferentes ocasiones (Garibaldi, 2000). Al ser un nervio superficial es vulnerable a laceración, trauma afilado o daño iatrogénico. Sin embargo, su lesión es mucho menor en frecuencia comparado con la del nervio radial, porque anatómicamente se encuentra más protegido.

La primera descripción de una neuropatía del nervio cubital dorsal fue publicada por Stopford en 1922, producida por la compresión de un reloj de pulsera en dos pacientes. Desde entonces, han sido varios los casos descritos de lesión propia de esta rama.

El mecanismo lesivo en las lesiones agudas es probablemente una presión directa contra el hueso adyacente, el cúbito distal, o bien contra la porción tendinosa del m. flexor carpi ulnaris. En este sentido se han descrito varios casos que podrían compartir este mecanismo lesivo, como en un paciente tras llevar esposas (Sheean, 1993), o en un joven aprendiz de karate, presumiblemente por los golpes recibidos en el aspecto medial de la mano contra las superficies duras características de este deporte (Chiu, 1993).

También han sido descritas compresiones de carácter más crónico, cuyo mecanismo lesivo podría ser superponible. Wertsch (1985) describe una neuropatía ocupacional (parálisis del cajero) por combinación de posición de flexión de la muñeca y pronación rápida repetitiva del antebrazo, por lo que se daña la rama dorsal del nervio cubital contra el hueso del cúbito distal; o bien en personas zurdas al escribir con la muñeca en flexión y apoyar el dorso cubital de la mano contra la superficie dura. De forma similar se han descrito casos en los que subyace una disminución patológica de su espacio, como en la sinovitis cística proliferativa en el borde cubital de la muñeca o en la articulación radiocubital distal (Lucas, 1984).

Por otro lado, han sido publicados casos de afectación de esta rama como consecuencia de la formación de neuromas. Grossman (1998) describió

5 casos de esta etiología: tras tratamiento múltiple de un absceso, después de haber sido suturado al cabo distal de un tendón extensor lesionado, tras un traumatismo en la mano, después de una herida punzante, y tras fractura osteotendinosa múltiple después de sufrir un corte importante con una sierra. En este último caso desarrolló los síntomas 4 meses después de la lesión, durante la rehabilitación, mejorando tras tendolisis.

Por último, De Wulf and Razemon (1968) llamaron la atención sobre el posible daño que se puede producir tras resección del borde distal del cúbito.

6.3. Variaciones anatómicas que la implican.

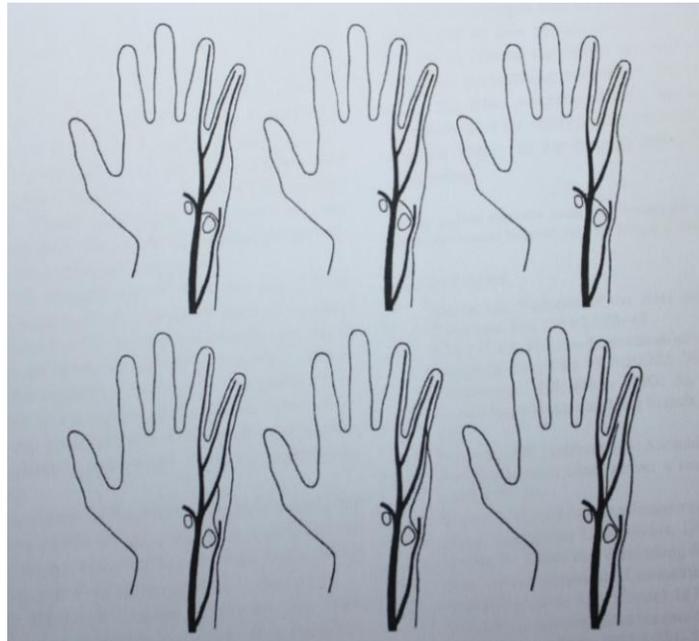
6.3.1.- Variaciones en el origen o curso del nervio cubital dorsal

Aunque gran parte de los estudios anatómicos coinciden en el origen de la rama dorsal del nervio cubital a nivel del tercio distal del antebrazo en la mayoría de los casos, se ha descrito de forma excepcional un origen alto, a nivel del codo, entre las dos cabezas del m. flexor carpi ulnaris (Polly, 2009, Grossman, 1998). Al Talalwah (2015) también describe esta posibilidad; en un estudio anatómico en 76 miembros superiores, la frecuencia de salida de la rama en el tercio proximal, medio y distal del antebrazo fue de 3.9, 17.2 y 78.9% respectivamente.

Otra de las variaciones conocidas en el curso de esta rama es la que Kaplan describió en 1963: un patrón peculiar de ramificación en la que una rama anómala de la rama dorsal del nervio cubital que emerge proximal a la estiloides cubital, cruza desde la cara dorsal hacia la volar, cursando por el aspecto cubital del hueso pisiforme para alcanzar la rama sensitiva del nervio

cubital. Desde su descripción, otras variaciones de esta misma variante han sido descritas (McCarthy, 1980; Garibaldi, 2000; Hankins, 2005; Ghabriel, 2011; Ózdemir, 2011), difiriendo en su punto distal de conexión, pudiendo finalizar en la rama sensitiva del nervio cubital, la rama motora del nervio cubital (raro), el nervio digital a nivel medio de la eminencia hipotenar, la articulación interfalagica proximal del dedo pequeño, o como una rama independiente hacia el aspecto volar del 5º dedo.

Figura 18. Variante de Kaplan y sus posibles variaciones. Hankins, 2005



Aunque es considerada como una variante anatomica rara, se ha mostrado en 2 estudios anatómicos que ocurre con una frecuencia del 2 al 4% (Hankins, 2005). Como el hueso pisiforme y la inserción tendinosa del m. flexor carpi ulnaris (FCU) están muy cerca de esta anastomosis, puede ser dañada tras fracturas de este hueso o procedimientos quirúrgicos en el área. Hay que tenerla en mente cuando se realiza cirugía en la región de la estoides cubital y hueso pisiforme, cuando se hace inserción del FCU, en fasciectomia del

aspecto cubital del dedo pequeño, en fracturas de pisiforme, o en casos de parestesias en zona cubital posttraumática o postquirúrgica. Incluso es posible su afectación crónica si cruza a través de la inserción del tendón del FCU, como en un caso descrito por Hankins (2005) que cursó con parestesias intermitentes en 4º-5º dedos y debilidad en el m. adductor pollicis demostrándose durante la cirugía esta etiología aunque la sospecha inicial había sido erróneamente una lesión incompleta en el canal de Guyon.

6.3.2.- Inervación sensitiva de la región dorsomedial de la mano por parte del nervio radial superficial.

La ausencia de nervio cubital dorsal, siendo suplida su área sensitiva por una rama del nervio radial, y haciéndose por tanto cargo este último de la inervación sensitiva de la práctica totalidad del dorso de la mano, fue ya descrita en 1887 por Hepburn. Desde entonces diversos estudios anatómicos (Kosinski, 1927; Botte, 1990; Mok, 2006; Tiznado, 2012; Sulaiman, 2015), y electrofisiológicos (Peterson, 1992; Stappaerts, 1996; Leis, 2008; Pollak, 2013) de un número considerable de pacientes, han observado esta variación.

Figura 19. Detalle anatómico de un caso con inervación completa del dorso de la mano por parte del nervio radial. Sulaiman, 2015



Asimismo, diversas publicaciones se han hecho eco de casos aislados que corroboran dichos hallazgos (McCluskey, 1996; Kuruvilla, 2002; Leis, 2010; Pardal-Fernández, 2012; Pollak, 2013), bien por lesión de la rama variante durante una cirugía en el dorso de la muñeca, o por el hallazgo casual durante una exploración neurofisiológica por otro motivo. Incluso se ha postulado su herencia autosómica dominante en base a un caso con adormecimiento de la porción dorsomedial de la mano tras artroplastia de muñeca, en el que se observó la presencia de la misma variante en uno de sus dos hijos (Kuruvilla, 2002).

Sin embargo, todavía hoy existe controversia con respecto a su frecuencia de aparición, e incluso a su existencia, puesto que existen estudios anatómicos que no la observan (Grossman, 1998; Loukas, 2006; Huanmanop, 2007; Chen, 2010; Root 2013) y otros que la observan con una frecuencia considerable: Mok (2006) en el 3.3%, Botte (1990) en 4.2%, Tiznado (2012) en 5.6%, y Sulaiman (2015) en el 6.6% de los casos. De forma similar los estudios neurofisiológicos que la tratan no coinciden en sus hallazgos; se han observado estudios en los que la presencia de esta variante es de una frecuencia a considerar, 4.5% de los pacientes según Peterson (1992), 6% (Pollak, 2013), 7.2% (Dutra de oliveira, 2000), 11 % (Leis, 2008) y 12.9% según Stappaerts (1996); mientras otros no la observan (Spindler, 1986).

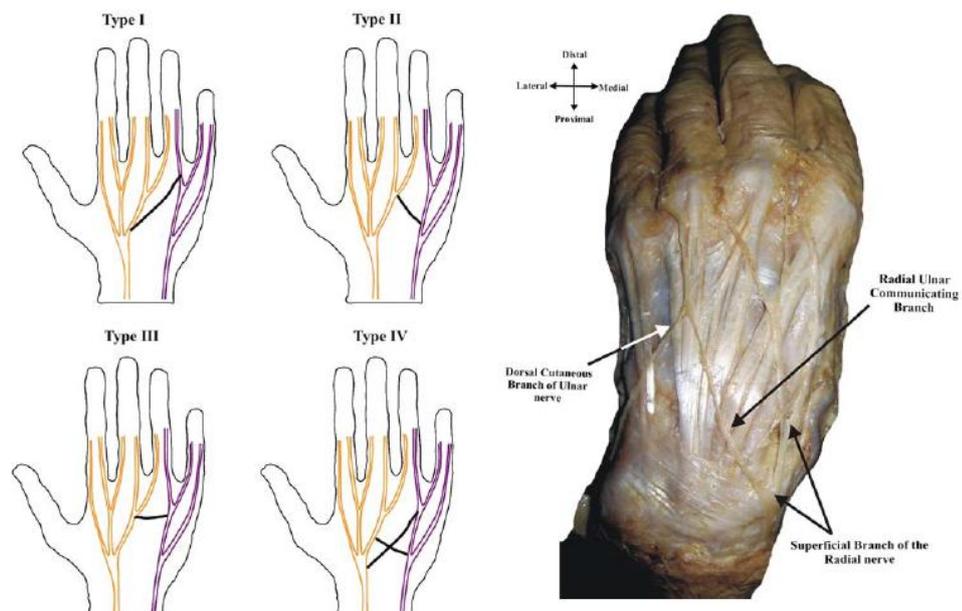
Además de la sustitución de un nervio por otro que acabamos de comentar, también ha sido descrita la inervación mixta de esta porción de piel por parte de los dos nervios, bien a través de comunicaciones radial-cubital, o por inervación dual.

En relación a la comunicación entre el nervio radial superficial y el cubital dorsal, los textos clásicos dan por hecho la existencia de esta comunicación, y estudios anatómicos recientes con un número elevado de pacientes comparten esta observación. Loukas (2008) y Tiznado (2012) evidenciaron esta comunicación en un porcentaje elevado de manos, entre un 58-60% de ellas. Loukas y colaboradores en 2008 estudiaron específicamente la conexión entre

estos dos nervios en 200 manos y clasificaron esta comunicación según sus características morfológicas en 4 tipos: el tipo I, observado en el 59.1% de los casos, el más prevalente, se originaba desde el nervio radial y se dirigía distalmente al cubital. El tipo II, con un 19.1%, originado en el nervio cubital se dirigía distalmente hasta el radial. El tipo III, con un 3.3%, consistía en un ramo perpendicular entre los dos, siendo por tanto imposible determinar el punto de origen; y el tipo IV, observado en el 18.3% de los casos, estaba compuesto por múltiples ramos comunicantes.

Figura 20. Detalle anatómico y tipos de comunicación radial-cubital dorsal.

Loukas, 2008



Sin embargo, esta misma conclusión tampoco se ve reflejada en todos los estudios anatómicos. Por ejemplo, Botte (1990) describió una prevalencia de sólo un 4.2%, Auerbach (1994) de 15%, Sulaiman (2015) de 27.3%, mientras que Vergara-Amador (2010) y Grossmann (1998) no encontraron ningún tipo de conexión. Varios autores como Bianchi en 2002, Huanmanop en 2007 y Robson en 2008, ni siquiera hicieron referencia a la existencia de esta comunicación en sus estudios. Mok (2006) observa un 33.3% de inervación

dual pero no describe ramas comunicantes. Se desconoce la existencia de estas diferencias tan notables, ya sea por tamaño de la muestra, variación individual de los cadáveres o método de detección.

Electrofisiológicamente también se han observado estas discrepancias, Spindler (1986) no observa participación radial en el 4^o espacio metacarpiano en ninguno de los pacientes estudiados, mientras que Pollak (2013) y Peterson (1992) observan una inervación mixta radial-cubital en un 13 y 9.1% de los pacientes, respectivamente.

6.4. Estudio de la conducción nerviosa del nervio cubital dorsal

Jabre en 1980 fue el primero en describir una técnica para estudiar la conducción nerviosa de la rama dorsal del nervio cubital. Propuso colocar el registro con el electrodo activo entre el 4^o y 5^o metacarpiano y la referencia sobre la base del 5^o dedo; el estímulo 8 cm. proximal al electrodo activo, entre el cúbito y el tendón del flexor carpi ulnaris, con el paciente colocado en decúbito supino y la mano pronada. Estudió 50 miembros en 30 voluntarios (10-66 años de edad), objetivando 11% de respuestas asimétricas al menos un 50 % entre ambos lados, las cuales no incluyó en sus datos de normalidad, atribuyendo esta asimetría a una mayor afectación subclínica de lo esperado. Este método lo describió como sencillo y útil para diferenciar una lesión proximal o distal del nervio cubital.

En los años siguientes, distintos autores (Kim, 1981; Spindler y Felsenthal, 1986) han descrito pequeñas variaciones a esta técnica, bien en la colocación de los electrodos de registro, en la distancia a la que recomiendan estimular, o incluso en la posición en la que se debe colocar al paciente; publicando sus valores de normalidad y haciendo hincapié la mayoría de ellos en su utilidad a la hora de localizar lesiones de nervio cubital. En la siguiente

tabla se resume las técnicas utilizadas por los diferentes autores y los parámetros de los potenciales obtenidos.

Tabla 1. *Metodología y valores de normalidad en estudios de nervio cubital dorsal*

Autor	Registro	Estímulo (distancia proximal a registro) (cm)	Posición del paciente	N	Edad (años)	LAT (inicio) (ms)	AMP (base- pico) (μ V)	VCS (m/s)
Jabre (1980)	Entre 4 ^o -5 ^o metacarpiano	8 cm	Paciente en supino y mano pronada	50	10-66	2 \pm 0.3	20 \pm 6	60 \pm 4
Kim (1981)	Sobre 5 ^o hueso metacarpiano Temperatura ambiental controlada de 22'8°C.	11-12 cm	Paciente sentado y brazo apoyado y pronado	66	21-71	2.1 \pm 0.3	24.2 \pm 10.8	47.8 \pm 3.8
Spindler (1986)	En 4 ^o espacio metacarpiano	10 cm		60	13-64		5-40	56 \pm 4
Hoffman (1988)	Entre 4 ^o -5 ^o metacarpiano T ^o 31-36°C	14 cm	Antebrazo supinado	55	22-69	2.2 \pm 0.3	24 \pm 17	63.6
Dutra de Oliveira (2000)	4 ^o espacio metacarpiano con agujas reposicionando hasta obtener el tiempo de elevación más corto. T ^o 32 °C	Donde se obtuviera mayor amplitud sin artefacto motor (4.6- 14.6 cm).	Brazo pronado	194	10-84		32 (pico- pico)	58.6 \pm 6.7
Young (2000)	Entre 4 ^o -5 ^o metacarpiano T ^a 32-34.5°C	8-10 cm	Decúbito supino y antebrazo pronado	54	22-71	1.84 \pm 0.2 a 8cm 2.09 \pm 0.2 a 10 cm	26.5 \pm 9.7 a 8 cm 23.5 \pm 8.8 a 10 cm	

Garibaldi (2002)	Entre 4°-5° metacarpiano T ^a 32-33'5°C	11-13 cm.	Brazo externa- mente rotado y abducido 45°	132	20-80	1.9±0.2 en hombres 2.05±0.1 en mujeres	19.5± 10.7 en hombres 24.6±5.8 en mujeres	63.7±3.3 en hombres y 57.7±3.3 en mujeres
Leis (2008)	Registro en 4°-5° metacarpiano T ^o >32°C	con estímulo 8 cm. proximal, si no se obtuvo movió 1-2 cm estímulo arriba o abajo.	Paciente tumbado en decúbito supino, los brazos relajados y pronados a los lados	200		1.3±0.3	32.2± 12.8	59.8±4.6
Pollak (2013)	Entre 4° y 5° metacarpiano	10 cm		200	21-53	lado D 1.9±0.2 lado I 1.9±0.1	lado D 19.1±7.2 lado I 19.1±2.1	

Debido a su curso anatómico, emergiendo del tronco cubital principal habitualmente en el 1/3 distal del antebrazo, varios autores han defendido la utilidad de su estudio a la hora de localizar las lesiones de nervio cubital (Jabre, 1980; Kim, 1981; Hoffman, 1988; Botte, 1990; Peterson, 1992). Es un método sencillo y útil para diferenciar una lesión proximal o distal, especialmente aquellas en las que las conducciones segmentarias motoras no muestran una clara lentificación focal en el codo, las lesiones predominantemente axonales, o cuando el estudio ENG es equívoco. La conducción de la rama dorsal del nervio cubital debe ser anormal o ausente en lesiones en o sobre el codo, y debe estar respetada en lesiones distales, como por ejemplo en la muñeca.

Sin embargo, su estudio tampoco está exento de controversia, ya que hay autores que han criticado duramente la utilidad de su valoración basándose en la variabilidad anatómica de su curso y su indemnidad en lesiones demostradas de nervio cubital en codo (Venkatesh, 1995; Dutra de Oliveira, 2000).

6.5. Importancia de su estudio

El conocimiento anatómico de este nervio es necesario para traumatólogos, neurocirujanos y anestesistas, tanto para evitar lesiones iatrogénicas como para su localización a la hora de actuar sobre él, incluso en alguna ocasión se ha propuesto esta rama para biopsia de nervio por ser superficial y accesible (Garibaldi, 2000).

En la práctica clínica habitual, el estudio rutinario de ENG en la mayoría de laboratorios no suele incluir la conducción nerviosa de la rama dorsal del nervio cubital. Sin embargo, es un método sencillo que se puede utilizar en los casos en los que se requiera diagnosticar lesiones de nervio cubital de difícil localización, y puede proporcionar información complementaria muy valiosa en casos de mononeuropatía múltiple. Además es imprescindible cuando se sospecha lesión propia de esta rama.

La importancia por tanto, del estudio neurofisiológico de la conducción sensitiva del nervio cubital dorsal, radica en dos puntos fundamentales: diagnosticar su propia lesión, o aportar información útil en el diagnóstico de las lesiones de nervio cubital.

6.6.- Importancia del conocimiento de su variación

Su conocimiento es importante por dos motivos fundamentales: el primero, que esta rama anómala se puede lesionar de forma iatrogénica. También existe la posibilidad de lesión traumática, tal y como se describe en el caso que originó el tema de la presente tesis, sin embargo no hemos encontrado ninguno publicado con esta etiología, probablemente en parte por el desconocimiento de la misma. El segundo motivo es que la ausencia de nervio cubital dorsal en un estudio electrofisiológico puede ser interpretada

como una afectación de éste, llevando a error. Como acabamos de describir, el estudio de la conducción de este nervio es utilizado para localizar las lesiones de nervio cubital en casos dudosos, por lo que el desconocimiento de esta variante en el caso de existir, podría llevar a localizar erróneamente una lesión de cubital en el codo cuando realmente es en la muñeca, lo cual podría derivar en tratamientos infructuosos, e incluso actos quirúrgicos mal indicados.

II. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

II. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS

1. HIPÓTESIS DE TRABAJO

Se plantea la hipótesis de que, a pesar de la escasa bibliografía publicada y la controversia en su frecuencia de aparición o su presencia, la participación del nervio radial en la inervación sensitiva de la porción dorsomedial de la mano como variante de la normalidad es frecuente en la población estudiada mediante EMG en el servicio de Neurofisiología Clínica del Hospital General Universitario de Castellón

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo principal

Estudiar la presencia de una variante anatómica concreta en la inervación sensitiva de la porción dorsomedial de la mano.

2.2.- Objetivos secundarios

1. Determinar qué porcentaje de pacientes presenta una variación en la inervación de la porción dorsomedial de una o ambas

manos, en la que existe respuesta en esta zona tras estimular el nervio radial.

2. Calcular la proporción de pacientes que muestran en esta zona inervación exclusiva por parte del nervio radial superficial con ausencia de nervio cubital dorsal.

3. Estudiar el porcentaje de pacientes que presentan inervación mixta de la porción dorsomedial de la mano por parte del nervio radial superficial y del nervio cubital dorsal.

4. Valorar si la presencia de esta variante es más frecuente que ocurra únicamente en una de las manos o en las dos manos de un mismo paciente.

5. Valorar si la presencia de esta variante se relaciona con la edad, sexo, raza, o patología por la que han sido remitidos estos pacientes.

6. Determinar los valores obtenidos en la conducción del nervio cubital dorsal y valorar si existen diferencias entre los pacientes que presentan respuesta al estimular el nervio radial y los que no.

7. Calcular los parámetros del potencial obtenido en la región dorsomedial de la mano al estimular el nervio radial y valorar si existen diferencias entre los que demuestran presencia de nervio cubital dorsal y los que no.

III. MATERIAL Y MÉTODO

III. MATERIAL Y MÉTODO

1. DISEÑO Y ÁMBITO DEL ESTUDIO

El diseño de la presente tesis doctoral se ha realizado siguiendo la metodología de los estudios observacionales. Es un estudio prospectivo, transversal.

El ámbito del estudio ha sido el Servicio de Neurofisiología Clínica del Hospital General Universitario de Castellón (HGUCS). El HGUCS da cobertura sanitaria al área incluida en el departamento de salud 2 de la Comunitat Valenciana, que cuenta con 194.711 habitantes*. El Servicio de Neurofisiología Clínica es un servicio central de referencia que atiende habitualmente al área que depende del HGUCS, y también a la del Hospital Comarcal de Vinaroz (313.262 habitantes*) que no dispone de servicio de neurofisiología como tal. También se encarga de realizar las exploraciones solicitadas por parte de unidades específicas, como la unidad de mano o la unidad de raquis, derivados para su valoración o como segunda opinión desde el resto de centros sanitarios de la provincia. Está compuesto por 6 facultativos especialistas en Neurofisiología Clínica, cada uno de los cuales se dedica a dos de las principales áreas de la Neurofisiología (Electroencefalografía, Electromiografía, Potenciales Evocados, Monitorización Quirúrgica y Sueño), de forma que 4 de los facultativos se encargan habitualmente de realizar Electromiografía (EMG) en las 2 consultas contiguas habilitadas para tal efecto que están disponibles en el servicio.

*Fuente de datos SIP a fecha 1/1/2010

2. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO

La población a estudio está constituida por todos los pacientes remitidos para estudio EMG de miembros superiores en el Servicio de Neurofisiología Clínica del Hospital General Universitario de Castellón. De ésta se seleccionaron 361 pacientes mayores de edad de forma consecutiva, atendidos en cualquiera de las dos consultas de EMG, desde diciembre de 2014.

El tamaño muestral (n) se calculó considerando que la proporción esperada de esta variante es desconocida dada la escasa bibliografía al respecto, considerando que ésta fuera de un 50%, sobre un tamaño poblacional de 1381 EMG realizados en miembros superiores en el HGUCS en un año, desde el 1/11/2013 hasta el 31/10/2014; con un nivel de confianza de un 95%, un efecto de diseño esperado de 1.2 y una precisión del 5%.

El estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica del HGUCS.

3. SELECCIÓN DE LOS PACIENTES

Todos los pacientes seleccionados para el estudio cumplían los siguientes criterios de inclusión: ser sometidos a un estudio EMG de miembros superiores, ser mayor de edad, y tras haber sido informados, dar su consentimiento por escrito para participar (Ver anexo).

Fueron excluidos del mismo todos aquellos que presentaran sospecha o antecedente de afectación de alguno de los dos nervios implicados en la variante anatómica a estudio (nervio cubital o radial), o posible alteración nerviosa generalizada (polineuropatía, diabetes, alcoholismo, o haber recibido tratamientos neurotóxicos).

A todos ellos se les realizó EMG que incluyó el estudio de las conducciones sensitivas con registro en la porción dorsomedial de ambas manos tras estímulo en nervio cubital dorsal y en nervio radial, con motivo de valorar la presencia de la variante a estudio. Además se realizó en todos ellos conducciones sensitivas de nervio mediano, cubital y radial bilateral, y conducciones motoras de nervio mediano y cubital bilateral, para demostrar la ausencia de alteración subclínica focal o generalizada.

Fueron eliminados 3 pacientes, dos por hallar lentificación focal de la conducción motora de nervio cubital en el codo, a pesar de no referir antecedentes ni clínica de afectación de dicho tronco, y en un caso por no ser posible realizar el estudio en uno de los dos lados al llevar una vía periférica en el dorso de la mano.

La asignación a cada una de las dos consultas fue arbitraria por orden de llegada. Los facultativos fueron distribuidos en las dos consultas según las necesidades del servicio.

4. VARIABLES MEDIDAS

La variable principal del estudio fue la presencia o ausencia de una variante de la normalidad demostrada por el hallazgo de un potencial sensitivo en la porción dorsomedial de la mano tras estimular el nervio radial, junto a la presencia o ausencia de respuesta en esta misma zona tras estimular el nervio cubital dorsal. También se recogieron los siguientes parámetros, con el fin de tipificar adecuadamente las características demográficas, clínicas y neurofisiológicas de todos los pacientes:

DEMOGRÁFICAS:

- Edad, expresada en años cumplidos
- Género
- Etnia

CLÍNICAS:

- Patología principal por la que es solicitado el estudio (síndrome del túnel carpiano (STC), radiculopatía cervical, otras).

ELECTROFISIOLÓGICAS:

- Nervio cubital dorsal:
 - latencia de inicio, definida como el intervalo comprendido entre el inicio del estímulo y el inicio de la deflexión negativa. Fue medida en ms.
 - amplitud pico-pico, definida como la máxima diferencia de voltaje obtenida entre el pico negativo y el pico positivo de la respuesta. Fue medida en μV .
 - duración, considerada como el intervalo comprendido entre el inicio de la deflexión negativa y su retorno a la línea de base. Medida en ms.
 - velocidad de conducción, calculada automáticamente mediante la fórmula: Distancia entre el electrodo activo de registro y el

electrodo de estimulación (en mm) / latencia (ms). Fue medida en m/s.

- Potencial sensitivo obtenido tras estímulo en borde radial y registro en porción dorsomedial de la mano:

- presencia: si/no. Únicamente fueron contabilizadas aquellas repuestas reproducibles que presentaran una amplitud mayor o igual a 1 μV , una vez descartada la posibilidad de volumen conducción como error técnico.

- latencia de inicio, definida como el intervalo comprendido entre el inicio del estímulo y el inicio de la deflexión negativa. Fue medida en ms.

- amplitud pico-pico, definida como la máxima diferencia de voltaje obtenida entre el pico negativo y el pico positivo de la respuesta. Fue medida en μV .

- duración, considerada como el intervalo comprendido entre el inicio de la deflexión negativa y su retorno a la línea de base. Medida en ms.

- velocidad de conducción, calculada automáticamente mediante la fórmula: Distancia entre el electrodo activo de registro y el electrodo de estimulación (en mm) / latencia (ms). Fue medida en m/s.

- Una vez finalizado el estudio EMG se clasificó a los pacientes en 3 grupos en función del tipo de inervación observado, teniendo en cuenta la obtención o no de una respuesta en la porción dorsomedial de la mano tras el estímulo en nervio cubital dorsal, en nervio radial, o en ambos, de la siguiente forma:

- Inervación habitual: aquellos pacientes que presentaron respuesta tras estimular el nervio cubital dorsal y ausencia de la misma tras estimular el nervio radial.
- Variante mixta: aquellos pacientes que presentaron respuesta tras estimular cualquiera de los dos nervios estudiados.
- Variante completa: aquellos pacientes que presentaron respuesta únicamente tras estimular el nervio radial, no objetivándose ninguna respuesta tras estimular el nervio cubital dorsal.

5. DESARROLLO DEL ESTUDIO

5.1. Entrenamiento de los investigadores y recogida de datos

Como estudio preliminar se realizó un entrenamiento en la obtención del potencial sensitivo del nervio cubital dorsal y del potencial sensitivo de nervio radial con registro en la porción dorsomedial de la mano por parte de los 4 investigadores durante un periodo de 4 meses.

Una vez iniciada la recogida de datos, el estudio de los pacientes incluidos en el mismo fue realizado por los 4 facultativos especialistas de neurofisiología clínica adscritos a nuestro servicio, dedicados a la realización de EMG, en las dos consultas simultáneas de electromiografía. La metodología seguida fue exactamente la misma para todos ellos. La asignación de cada paciente a cada una de las consultas fue arbitraria por orden de llegada. La

distribución de los facultativos en cada una de las consultas se realizó según las necesidades del servicio.

5.2. Estudio de concordancia interobservador

En una muestra de 10 pacientes, ambas manos en cada paciente, se realizó un estudio de concordancia interinvestigador. A cada uno de los 10 pacientes se le realizó la conducción nerviosa con registro en la porción dorsomedial de la mano y estímulo en nervio cubital y nervio radial en ambas manos, de forma sucesiva por los 4 investigadores, sin conocer cada uno de ellos el resultado obtenido por los otros 3. Cada uno de los 10 pacientes fue seleccionado oportunísticamente en base a la disponibilidad de los equipos de electromiografía, de los 4 investigadores para poder realizar el estudio en un mismo momento, y del paciente, al cual se le explicó el motivo de incrementar significativamente el tiempo de duración de la exploración.

Cada uno de los 4 investigadores utilizó los datos obtenidos para clasificar cada una de las 20 manos exploradas en uno de los 3 grupos ya mencionados: inervación habitual, variante mixta o variante completa.

5.3. Estudio de concordancia intraobservador

En estos mismos pacientes, ambas manos por paciente, se realizó posteriormente un estudio de concordancia intrainvestigador. Se realizaron dos medidas de los parámetros ya obtenidos de la conducción nerviosa registrando en la porción dorsomedial de la mano tras estímulo en nervio cubital y en nervio radial, separadas una semana entre sí, por un mismo investigador (investigador principal). Los datos de las dos medidas se utilizaron para clasificar cada una

de las 20 manos en uno de los 3 grupos ya mencionados anteriormente en ambos momentos.

6. DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS ELECTRONEUROGRÁFICAS

6.1. Electrodo

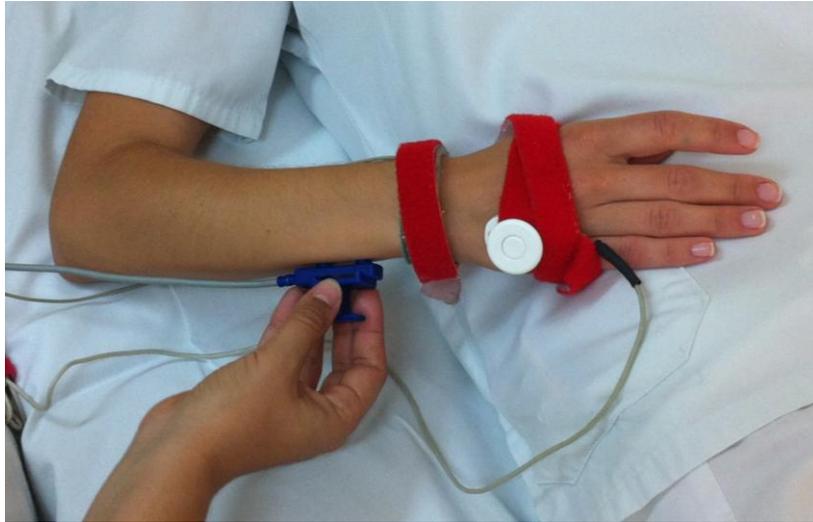
6.1.1. Colocación de los electrodos

La técnica utilizada para la valoración de la conducción sensitiva del nervio cubital dorsal fue el estudio de la conducción del propio nervio mediante estimulación percutánea, siguiendo la metodología descrita por Jabre en 1980:

- Registro: electrodo colocado en el dorso de la mano a nivel del 4º espacio metacarpiano.
- Estímulo en el borde medial cubital, 8 cm. proximal al registro, permitiendo el desplazamiento del electrodo de estímulo un centímetro proximal o distal hasta obtener el potencial sensitivo de mayor amplitud.
- Electrodo de tierra situado próximo al estímulo.

El paciente se colocó tumbado, con el antebrazo pronado y la mano apoyada en la zona abdominal.

Figura 21. Colocación de los electrodos en la conducción sensitiva del nervio cubital dorsal



Para valorar la presencia de la variante se mantuvo el registro de la conducción sensitiva de nervio cubital dorsal (dorso de la mano a nivel del 4º espacio metacarpiano), estimulando en el borde radial paralelo y a la misma altura que el estímulo del nervio cubital dorsal, tal y como describe Pollak en el año 2013.

Figura 22. Colocación de los electrodos en la conducción sensitiva para estímulo en borde radial



En el caso de obtener respuesta tras estímulo en nervio radial y registro en la porción dorsomedial de la mano, se realizaron las siguientes maniobras para descartar posible error técnico:

- Desplazamiento del estimulador hacia el borde cubital y comprobar que desaparece la respuesta, valorando que no es volumen conducción de nervio cubital dorsal.
- Estimulo en borde radial y registro simultáneo en porción dorsolateral (radial) y dorsomedial (cubital) de la mano. Se comprobó que con la intensidad necesaria para obtener un potencial inframaximal en porción dorsolateral, ya se obtiene potencial en porción dorsomedial, orientando hacia una respuesta real y no un volumen conducido del potencial registrado de nervio radial en primer dedo.

Figura 23. Estímulo en borde radial y registro simultáneo en porción dorsomedial y dorsolateral de la mano



Además, como ya hemos comentado anteriormente, se realizaron conducciones sensitivas ortodrómicas de nervio mediano, cubital, y antidrómicas de nervio radial, junto a conducciones motoras de nervio mediano y cubital, para descartar afectaciones subclínicas. Se utilizó la metodología aplicada habitualmente en nuestro servicio (Laboratory Reference for Clinical Neurophysiology. Liveson Jay A, Dong M. Ma. Oxford University Press 1992).

6.1.2. Tipos de electrodos utilizados

- para el estímulo tanto del potencial sensitivo como del potencial motor: estimulador de plástico bipolar para adultos con dos electrodos de fieltro empapado en suero fisiológico, de 6 mm de diámetro, con el cátodo como activo. Conexión T/P.
- para el registro del potencial sensitivo: estimulador de plástico bipolar para adultos, con dos electrodos de fieltro empapado en suero fisiológico, de 6 mm de diámetro, separados una distancia interelectrodo de 23 mm
- para el registro del potencial motor: electrodo de superficie autoadhesivo de gel sólido con sensor de cloruro de plata de 1 cm x 0.5 cm.
- electrodo de tierra con cinta de velcro 20 mm ancho y 55 cm longitud conexión T/P

6.2. Parámetros de estímulo y registro

- para el potencial sensitivo:
 - estímulo supramaximal de 0'1 ms de duración, frecuencia de repetición 2 pulsaciones por segundo, polaridad positiva.

- registro: ámbito del amplificador 2.5 mV, filtros comprendidos entre 20 Hz y 2 kHz, con un tiempo de análisis de 20 ms y una sensibilidad de 20 μ V.

- para el potencial motor:

- estímulo supramaximal de 0.2 ms de duración, frecuencia de repetición 1 pulsación por segundo, polaridad positiva.

- registro: ámbito del amplificador 100 mV, filtros comprendidos entre 3 Hz y 10 kHz, tiempo de análisis de 50 ms y sensibilidad de 5 mV.

6.3. Condiciones ambientales

La temperatura de la piel no fue inferior a 31°C medida mediante electrodo de superficie cutáneo. En caso necesario se calentó la extremidad mediante inmersión en agua caliente.

6.4. Equipo

El equipo utilizado en ambas consultas fue un equipo de Electromiografía, Medelec Synergy de 5 canales (Oxford Instruments).

Figura 24. Equipo de electromiografía



7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se han utilizado los programas Microsoft Excel 2007, Epidat 3.1 y SPSS Statistics.

Se realizó un análisis univariante para valorar la magnitud de cada una de las principales variables estudiadas. Se utilizó una estadística descriptiva, con el uso de frecuencias absolutas y porcentajes, para las variables

categorías; y mediante su media y desviación típica para las variables cuantitativas. El grado de incertidumbre del parámetro se ha estimado mediante el intervalo de confianza correspondiente al 95% (IC95%), entendiendo como tal el rango de valores en el cual se encuentra el verdadero valor del parámetro, con una probabilidad determinada.

Para valorar la concordancia intra e interobservador se utilizó el índice kappa. Se realizó un análisis bivalente para comparar dos variables del estudio en relación a la variable principal, utilizando una prueba chi-cuadrado en caso de ser 2 variables cualitativas, una prueba t-Student en el caso de una variable cuantitativa y una variable cualitativa dicotómica, y una regresión lineal en caso de 2 variables cuantitativas. Para conocer la influencia del conjunto de las variables demográficas en la presencia o ausencia de la variante se realizó un análisis multivalente mediante una regresión lineal múltiple. El valor de significación utilizado ha sido siempre $p < 0.05$

8. CONSIDERACIONES ÉTICAS

La exploración realizada no modificó esencialmente la que se realizaría por la patología que motivó la solicitud del estudio EMG, ni se sometió al paciente a mayor número de visitas médicas de lo recomendado por su patología. Se solicitó a todos ellos consentimiento específico del estudio (ver anexo), en el que consta que su participación es voluntaria, que los datos extraídos de las mediciones electrofisiológicas serán utilizados para fines de investigación y que serán tratados de manera confidencial, disociando su nombre y NHC/SIP a la hora de analizar la información. El tratamiento, la comunicación y la cesión de los datos de carácter personal y de todos los sujetos participantes se ajustó a lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/99 de 13 de diciembre de protección de datos de carácter personal.

El estudio ha sido aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital General Universitario de Castellón.

IV. RESULTADOS

IV. RESULTADOS

1. ESTUDIO DE CONCORDANCIA

1.1. Concordancia interobservador

El índice kappa relaciona el acuerdo que exhiben los observadores, más allá del debido al azar, con el acuerdo potencial también más allá del azar. Según el dato obtenido en las 20 manos estudiadas por los 4 investigadores, mayor de 0.75, tal y como se observa en la tabla 2, se deduce una excelente concordancia interobservador (Landis y Koch, 1977) a la hora de clasificar las extremidades en los 3 tipos de inervación: habitual, variante mixta y variante completa.

Tabla 2. Concordancia entre tres o más observadores con dos categorías.

	Número de sujetos:	20	
	Nivel de confianza:	95,0%	
	Kappa	IC (95,0%)	
	0,9310	0,7785	1,0000 (Jackknife)
Prueba de significación	Estadístico Z	Valor p	
	10,1983	0,0000	

1.2. Concordancia intraobservador

Al aplicar el índice kappa al tipo de inervación catalogado según las medidas obtenidas en dos ocasiones en las 20 manos estudiadas por el investigador principal, con una semana de separación entre ambas, se obtiene un valor de 1, tal y como se observa en la tabla 3. De ello se deduce una excelente concordancia intraobservador a la hora de clasificar las extremidades en los 3 tipos de inervación: habitual, variante mixta y variante completa.

Tabla 3. Concordancia entre dos observaciones con dos o más categorías.

Acuerdo observado:	1,0000	
Acuerdo esperado:	0,6250	
Kappa	EE	IC (95,0%)
-----	-----	-----
1,0000	0,0000	1,0000 1,0000
Kappa mínimo:	0,0000	
Kappa máximo:	1,0000	
Prueba de significación		
Estadístico Z	Valor p	
-----	-----	
4,4721	0,0000	

2. TIPO DE POBLACIÓN Y SUS CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS Y CLÍNICAS

2.1. Análisis descriptivo de la muestra de sujetos

La muestra de sujetos está compuesta por 358 individuos, 264 mujeres y 94 varones, ambas manos cada uno de ellos, resultando un total de 716 manos estudiadas. De éstos la gran mayoría, 353 pacientes, eran de raza blanca, 2 de raza negra y 3 de raza asiática. El 73.7% de los pacientes eran mujeres.

La edad media de los pacientes incluidos en el estudio fue de 50.76 años, con un rango de edad entre 18 y 84 años.

Tabla 4. Estadísticos descriptivos característicos de la muestra.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv tip
Edad (años)	358	18	84	50.76	13.05

El motivo de consulta más frecuente por el cual se solicitó un estudio EMG en los pacientes estudiados fue la sospecha de síndrome del túnel carpiano (235 pacientes). El siguiente en frecuencia fue la sospecha de radiculopatía cervical (90 pacientes). En los 30 pacientes restantes las sospechas fueron variadas: 10 de ellos acudieron para estudio de afectación de un nervio periférico en MMSS (axilar, espinal, digital y mediano proximal), 5 por sospecha de miopatía, 4 por clínica de afectación de motoneurona, 1 por debilidad fluctuante compatible con parálisis periódica, y el resto (10 pacientes)

fueron remitidos para estudio EMG si bien no presentaban síntomas ni signos en la exploración física que sugirieran afectación del sistema nervioso periférico.

Los estudios fueron realizados por 4 investigadores: 161 pacientes por el investigador 1 (investigador principal), 54 pacientes por el investigador 2, 120 pacientes por el investigador 3 y 23 pacientes por el investigador 4. El 62% de los estudios se realizaron en la consulta número 2 y el resto en la consulta número 1.

Figura 25. Distribución de la muestra por grupos de edad (n:358)

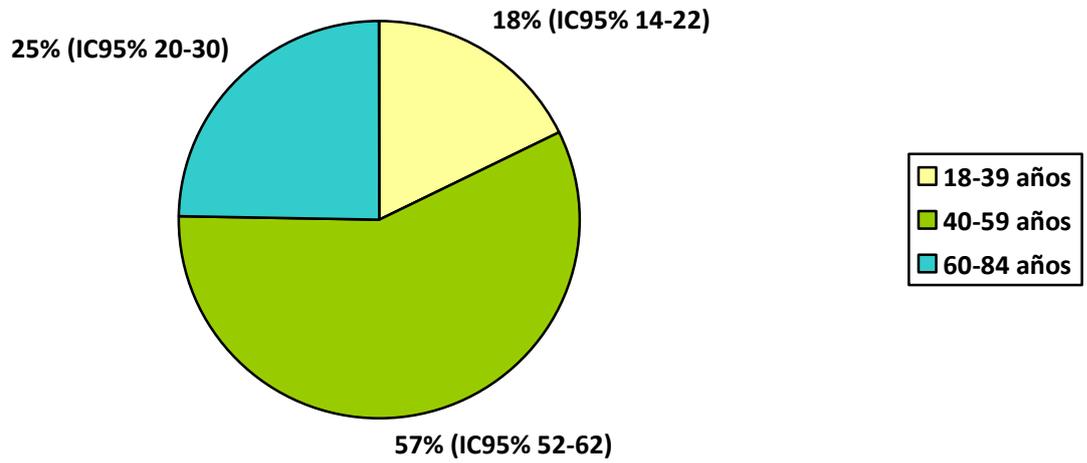


Figura 26. Distribución de la muestra por género (n:358)

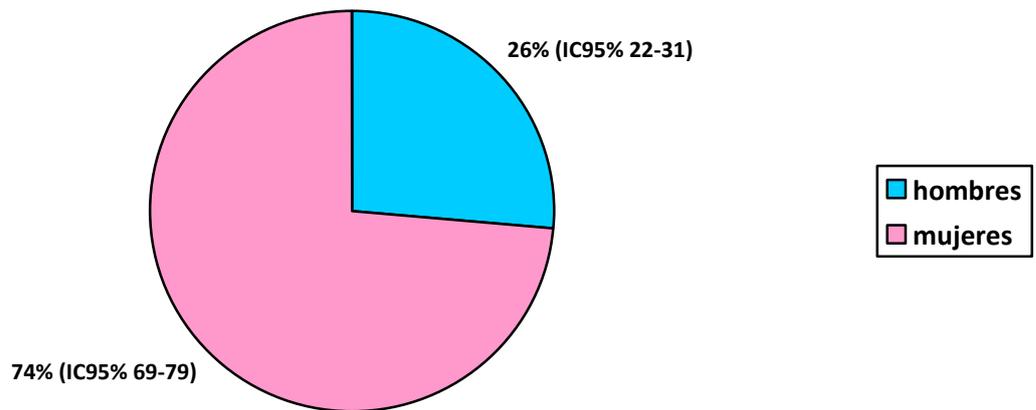


Figura 27. Distribución de la muestra por etnia (n:358)

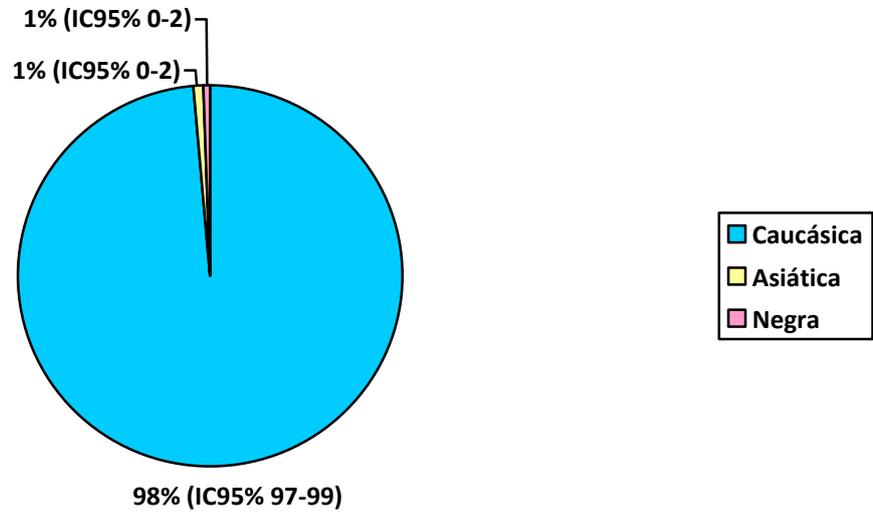


Figura 28. Distribución de la muestra por sospecha diagnóstica (n:358)

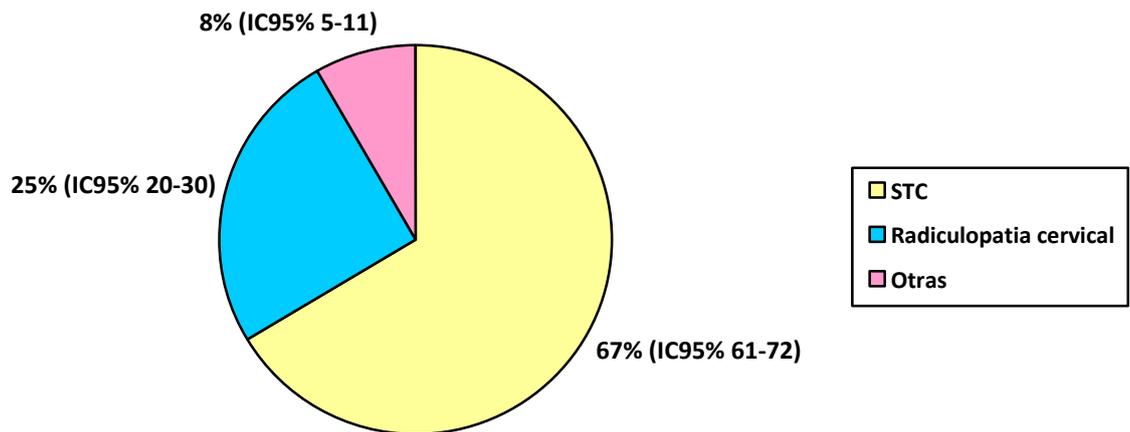


Figura 29. Distribución de la muestra por número de estudios por investigador (n:358)

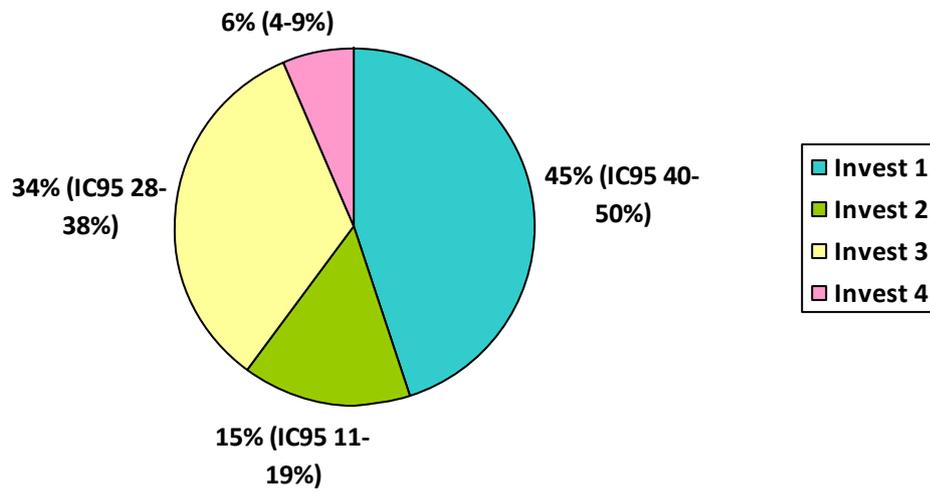
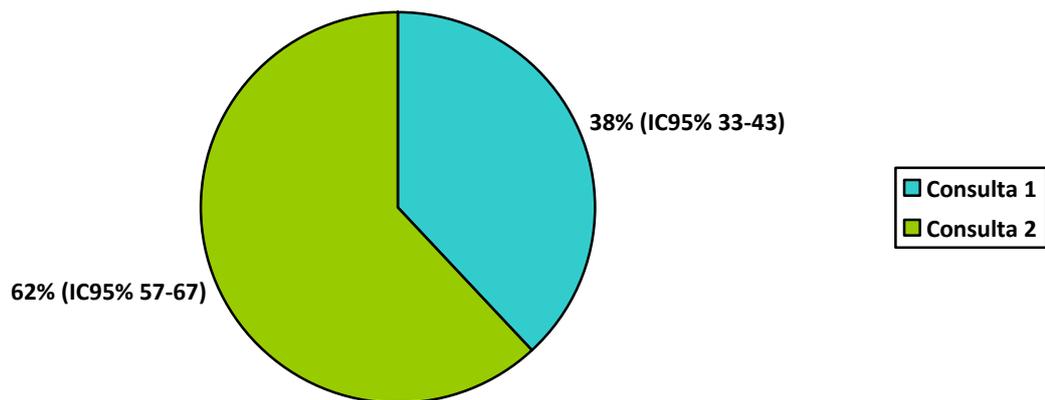


Figura 30. Distribución de la muestra por número de estudios por consulta (n:358)



3. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS VARIABLES ELECTROFISIOLÓGICAS

3.1. Análisis descriptivo de los parámetros obtenidos en la porción dorsomedial de la mano tras estimular el nervio cubital dorsal.

De las 716 manos estudiadas, se obtuvo conducción de nervio cubital dorsal en 666 manos (93% del total). Según se refleja en la tabla 5, la latencia, duración, y velocidad de conducción, son unos valores de escasa variabilidad, mientras que la amplitud muestra una variabilidad moderada.

Tabla 5. Estadísticos descriptivos de las características electroneurográficas en los pacientes con respuesta en la porción dorsomedial tras estimular el nervio cubital dorsal.

NERVIO CUBITAL DORSAL			
(n: 666 manos)			
	MEDIA	DESVIACIÓN TÍPICA	IC95%
LATENCIA (ms)	1.47	0.19	1.46-1.48
AMPLITUD (μ V)	24.93	10.86	24.10- 25.76
DURACIÓN (ms)	1.08	0.16	1.07-1.09
VELOCIDAD DE CONDUCCIÓN (m/s)	56.32	6.08	55.8-56.8

3.2. Análisis descriptivo de los parámetros obtenidos en la porción dorsomedial de la mano tras estimular el nervio radial

Del total de manos estudiadas, 151 (21.1%) mostraron respuesta en la porción dorsomedial de la mano al estimular el nervio radial. De forma similar al nervio cubital dorsal, se observa una variabilidad escasa en los valores de latencia, duración y velocidad de conducción, mientras que los valores de amplitud muestran una variabilidad marcada.

Tabla 6. Estadísticos descriptivos de las características electroneurográficas en los pacientes con respuesta en porción dorsomedial tras estimular el nervio radial.

	RESPUESTA EN PORCIÓN DORSOMEDIAL TRAS ESTÍMULO RADIAL (n: 151 manos)		
	MEDIA	DESVIACIÓN TÍPICA	IC (95%)
LATENCIA (ms)	1.79	0.26	1.75-1.83
AMPLITUD (μ V)	3.97	3.71	3.37-4.57
DURACIÓN (ms)	1.17	0.22	1.13-1.21
VELOCIDAD DE CONDUCCIÓN (m/s)	54.76	6.23	53.76- 55.76

4. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL PATRÓN DE INERVACIÓN OBSERVADO

4.1. Número y proporción de pacientes según el tipo de inervación observado

De los 358 pacientes estudiados, 241 respondieron únicamente al estímulo en nervio cubital dorsal en ambas manos, por lo que fueron clasificados en el grupo de inervación habitual. La proporción observada de pacientes con inervación habitual bilateral con respecto al total de pacientes estudiados fue de 67.3%, con un intervalo de confianza al 95% de 62.3 a 73.3%. En el resto, 117 pacientes, se observó algún tipo de variación en la inervación de la porción dorsomedial de una o ambas manos, siendo la proporción con respecto al total de 32.7% (IC95% 27.7-37.7).

80 pacientes (22.3% del total, IC95% 17.9-26.8) mostraron respuesta tanto al estimular el nervio cubital dorsal como tras estimular el nervio radial en al menos una de las manos, por lo que fueron considerados como inervación variante mixta.

En 44 pacientes se objetivó ausencia de respuesta al estimular el nervio cubital dorsal en una o ambas manos; en 43 de ellos (12% del total de pacientes, IC95% 8.5-15.5) se observó respuesta al estimular el nervio radial, siendo considerados como inervación variante completa.

Tan sólo en una paciente de los 358 estudiados, únicamente en una de las manos, no se observó respuesta ni tras estímulo de nervio cubital dorsal ni de nervio radial.

Figura 31. Imagen de las respuestas obtenidas en paciente con patrón de inervación habitual

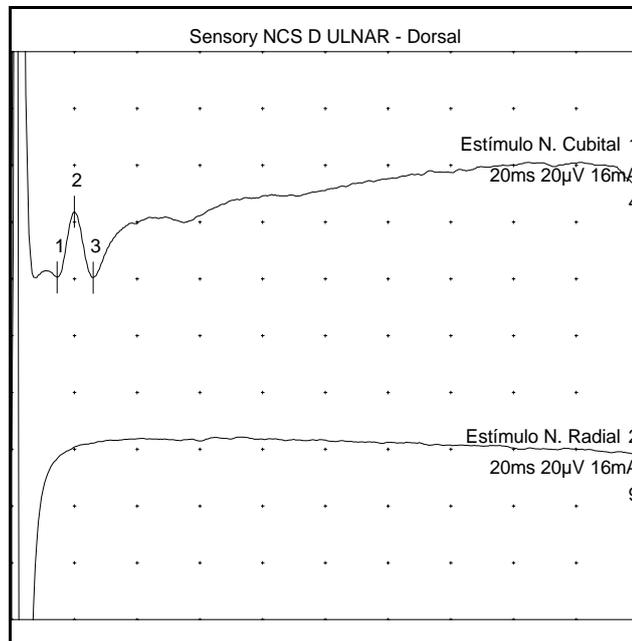


Figura 32. Imagen de las respuestas obtenidas en paciente con patrón de inervación variante mixta

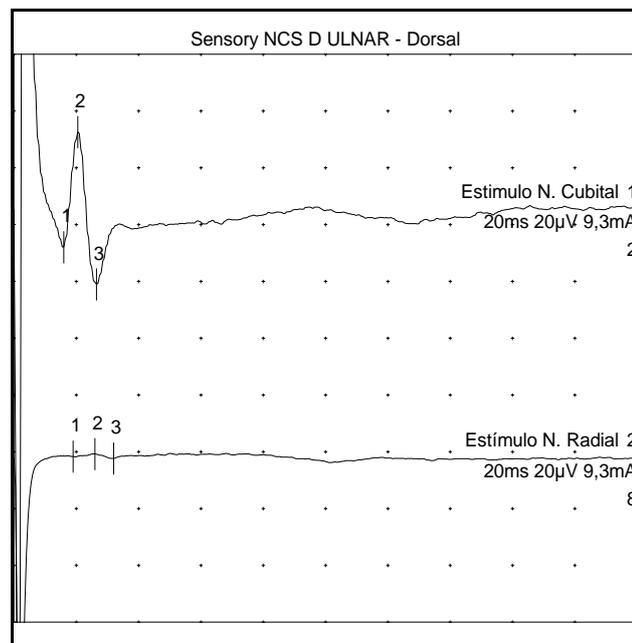
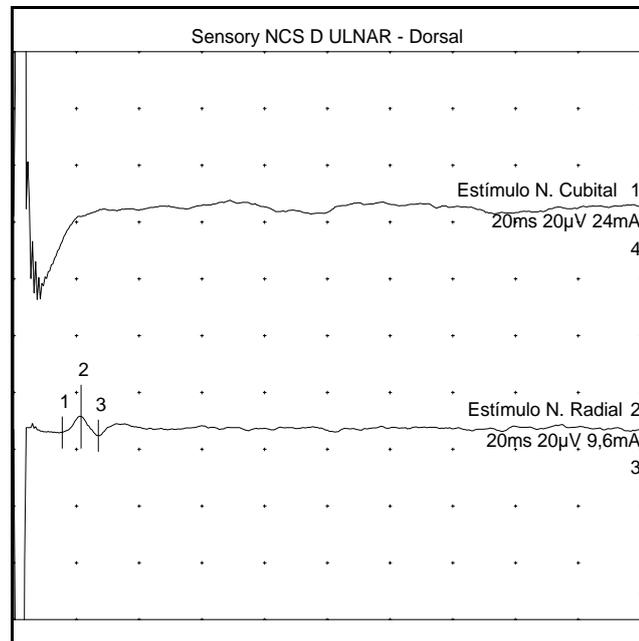


Figura 33. Imagen de las respuestas obtenidas en paciente con patrón de inervación variante completa



4.2. Número y proporción de manos según el tipo de inervación.

De las 716 manos estudiadas, 564, el 78.8% (IC95% 75.7-81.8) presentaron un patrón de inervación habitual. Por el contrario, 151, el 21.1% (IC95% 18-24.1) mostraron participación del nervio radial en la inervación de la porción dorsomedial de la mano.

Se observó una inervación variante mixta en 102 manos, un 14.2% del total de manos valoradas (IC95% 11.6-16.9).

Se identificó una inervación variante completa en 49 manos, un 6.8% del total (IC95% 4.9-8.8).

4.3. Simetría del patrón de inervación.

De los 80 pacientes en los que se observó una inervación variante mixta, 22 de ellos, un 27.5% (IC95% 17-37.9) la mostraron en ambas manos mientras que 58, un 72.5% (IC95% 62.1-82.9) únicamente en una de las dos.

De los 43 pacientes con inervación variante completa, 6 de éstos, un 14% (IC95% 2.4-25.5) mostraron este patrón de inervación en ambas manos y 37, un 86% (IC95% 74.5-97.6) tan sólo en una de ellas.

4.4. Lateralidad del patrón de inervación

De las 102 manos con inervación variante mixta, 39 de ellas, un 38.2% (IC95% 28.3-48.1) mostraron este hallazgo en la mano derecha y 63, un 61.8% de éstas (IC95% 51.8-71.7), en la mano izquierda.

De las 49 manos con inervación variante completa, 22, el 44.9% de las mismas (IC95% 29.9-59.9) mostraron este hallazgo en la mano derecha y 27, el 55.1% (IC95% 40.2-70), en la mano izquierda.

4.5. Tipo de inervación observada en pacientes con variante completa o mixta unilateral en la mano contralateral.

Tal y como hemos comentado anteriormente, de los 80 pacientes con variante mixta y los 43 pacientes con variante completa, únicamente en 22 y 6

pacientes, respectivamente, se observó este tipo de inervación en ambas manos.

De los 58 pacientes con inervación variante mixta en un solo lado, 51 de ellos, un 87.9% (IC95% 78.7-97.2) presentó una inervación habitual en la mano contralateral, en los 7 pacientes restantes se observó una inervación variante completa.

De los 37 pacientes con inervación variante completa en un solo lado, 30 de ellos, el 81.1% (IC95% 67.1-95.1) presentaron una inervación habitual en la mano contralateral, si bien en 7 de ellos se observó una inervación variante mixta en la otra mano.

En la tabla que se muestra a continuación se expone el número y porcentaje de pacientes con inervación variante agrupados por el tipo de inervación observado en ambas extremidades conjuntamente y las combinaciones resultantes.

Tabla 7. Descripción del número y proporción de pacientes con inervación variante según el patrón de inervación considerando ambas manos de forma conjunta.

	PACIENTES Frecuencia	PACIENTES Proporción (%)	IC (95%)
INERVACIÓN HABITUAL	241	67.3	62.3-72.3
SIN INERVACIÓN CUBITAL NI RADIAL	1	0.3	0-1.5
VARIANTE			
TOTAL	116	32.4	27.4-37.4
COMPLETA DERECHA	14	3,9	1.8-6.1
COMPLETA DERECHA Y MIXTA IZQDA	2	0,6	0.1-2
COMPLETA BILATERAL	6	1,7	0.2-3.1
COMPLETA IZQDA	16	4,5	2.2-6.7
COMPLETA IZQDA Y MIXTA DERECHA	5	1,4	0.4-3.2
MIXTA BILATERAL	22	6,1	3.5-8.8
MIXTA DERECHA	12	3,4	1.3-5.4
MIXTA IZQUIERDA	39	10,9	7.5-14.3

5. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS VARIABLES DEMOGRÁFICAS Y CLÍNICAS EN LOS TIPOS DE INERVACIÓN OBSERVADOS

5.1. Análisis comparativo de las variables demográficas entre inervación habitual y variante.

Como podemos observar en las tablas 8 y 9, al agrupar los pacientes por tramos de edad, la distribución de pacientes con inervación habitual y con algún tipo de variación es similar en todos los tramos. De igual forma observamos que la proporción de pacientes con inervación habitual y variante es similar en hombres y en mujeres.

Tabla 8. Análisis descriptivo de los pacientes agrupados en inervación habitual o inervación variante por grupos de edad.

	18-39 (n: 64)		40-59 (n:205)		60-84 (n: 88)	
	Proporción %	IC (95,0%)	Proporción %	IC (95,0%)	Proporción (%)	IC (95,0%)
Inervación habitual (n: 241)	60.9	48.2- 73.7	68.3	61.7- 74.9	70.4	60.4- 80.6
Variante (n: 117)	39.1	26.3- 51.8	31.7	25.1- 38.3	30.7	20.5- 40.9
TOTAL	100		100		100	

Tabla 9. Análisis descriptivo de los pacientes agrupados en inervación habitual o con inervación variante por sexo.

	HOMBRES (n:94)		MUJERES (n: 264)	
	Proporción (%)	IC (95,0%)	Proporción %	IC (95,0%)
Inervación habitual (n: 241)	66.0	55.8-76.1	67.8	62.0-73.6
Variante (n: 117)	34.0	23.9-44.1	32.2	26.4-38.0
TOTAL	100		100	

Se realizó un análisis multivariante mediante regresión lineal múltiple, que no mostró una diferencia estadísticamente significativa en la edad y el sexo entre el grupo de pacientes con inervación habitual e inervación variante, siendo el valor de $p > 0.05$

Tabla 10. Regresión lineal múltiple para variables demográficas entre inervación habitual e inervación variante.

	Sig.
SEXO	,635
EDAD	,156
Constante	,967

5.2. Análisis comparativo de las variables clínicas entre inervación habitual y variante.

Al agrupar los pacientes por la sospecha clínica que motivó la consulta EMG se observa un porcentaje similar de pacientes con inervación habitual e inervación variante entre las distintas patologías.

Tabla 11. Análisis descriptivo de los pacientes agrupados en inervación habitual o inervación variante según sospecha clínica.

	STC (n:238)		RAD CERVICAL (n:90)		OTRAS (n: 30)	
	Proporción %	IC (95,0%)	Proporción %	IC (95,0%)	Proporción (%)	IC (95,0%)
Inervación habitual (n: 241)	68.1	61.9-74.2	70	60.0-80.0	53.3	33.8-72.8
Variante (n: 117)	31.9	25.8-38.1	30	20-40	46.7	27.1-66.2
TOTAL	100		100		100	

Se aplicó una prueba chi-cuadrado para valorar la variable cualitativa motivo de sospecha clínica entre el grupo de pacientes con inervación habitual e inervación variante. No se observó una diferencia estadísticamente significativa entre estos, como podemos observar en la tabla 12, con un valor de $p > 0.05$

Tabla 12. Prueba chi-cuadrado para variables clínicas entre inervación habitual e inervación variante.

	Sig.asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	,387

5.3. Análisis comparativo de las variables demográficas entre los 3 tipos de inervación observados.

Para comparar los distintos grupos de pacientes según el tipo de inervación observado entre sí, y dado que la variante completa es la principal a tener en cuenta entre éstos, los 7 pacientes que presentan inervación completa en una mano y parcial en la mano contralateral, fueron considerados en el grupo de variante completa.

Como podemos observar, en los pacientes con inervación variante mixta hay una proporción mayor de pacientes jóvenes, y en los pacientes con variante completa una proporción mayor de pacientes mayores de 60 años. La proporción de pacientes con inervación habitual es mayor es pacientes de edad avanzada.

Tabla 13. Análisis descriptivo del número y proporción de pacientes en los 3 tipos de inervación por grupos de edad.

	18-39 (n: 64)		40-59 (n:205)		60-84 (n: 88)	
	Proporción %	IC (95,0%)	Proporción %	IC (95,0%)	Proporción (%)	IC (95,0%)
Inervación habitual (n:241)	60.9	48.2- 73.7	68.3	61.7- 74.9	70.4	60.4- 80.6
Variante mixta (n: 73)	34.4	21.9- 46.8	19.0	13.4- 24.7	13.6	5.9-21.4
Variante completa (n: 43)	4.7	1-13.1	12.7	7.9-17.5	15.9	7.7-24.1
TOTAL	100		100		100	

Tal y como podemos ver en la tabla 14, la edad presentó diferencias estadísticamente significativas entre los 3 tipos de inervación, con una $p < 0.05$

Tabla 14. Prueba chi-cuadrado para variable demográfica edad entre los 3 tipos de inervación.

	Valor p
Chi-cuadrado de Pearson	0.0120

Con respecto al género, observamos en la tabla 15 como en los pacientes con inervación variante completa la proporción de hombres fue mayor que la de mujeres, por el contrario en los pacientes con inervación mixta la proporción de mujeres fue ligeramente superior. El porcentaje de hombres y de mujeres con inervación habitual fue similar

Tabla 15. Análisis descriptivo del número y proporción de pacientes en los 3 tipos de inervación por sexo

	HOMBRES (n:94)		MUJERES (n: 264)	
	Proporción (%)	IC (95,0%)	Proporción %	IC (95,0%)
Inervación habitual (n: 241)	66.0	55.8-76.1	67.8	62.0-73.6
Variante mixta (n: 73)	14.9	7.2-22.6	22.3	17.1-27.6
Variante completa (n: 43)	19.1	10.7-27.6	9.5	5.7-13.2
TOTAL	100		100	

El sexo presentó diferencias estadísticamente significativas entre los 3 tipos de inervación, con una $p < 0.05$

Tabla 16 Prueba chi-cuadrado para variable demográfica sexo entre los 3 tipos de inervación

	Valor p
Chi-cuadrado de Pearson	0.0258

5.4. Análisis comparativo de las variables clínicas entre los 3 grupos de inervación observados.

En cuanto a la sospecha clínica que motivó el estudio EMG, se observó un porcentaje menor de pacientes con inervación variante completa entre los que acudieron con sospecha de STC. El porcentaje de pacientes con variante mixta fue menor entre los pacientes que acudieron por radiculopatía cervical.

Tabla 17 Análisis descriptivo del número y proporción de pacientes en los 3 tipos de inervación por sospecha clínica.

	STC (n:238)		RAD CERVICAL (n:90)		OTRAS (n: 30)	
	Proporción %	IC (95,0%)	Proporción %	IC (95,0%)	Proporción (%)	IC (95,0%)
Inervación habitual (n: 241)	68.1	61.9-74.2	70	60.0-80.0	53.3	33.8-72.8
Variante mixta (n:73)	22.7	17.2-28.2	12.2	4.9-19.5	26.7	9.2-44.2
Variante completa (n: 43)	9.2	5.4-13.1	17.8	9.3-26.2	16.7	5.6-34.7
TOTAL	100		100		100	

Tal y como podemos ver en la tabla 18, el motivo de consulta mostró diferencias estadísticamente significativas entre los 3 tipos de inervación, con una $p < 0.05$

Tabla 18. Prueba chi-cuadrado para variable clínica motivo de consulta entre los 3 tipos de inervación.

	Valor p
Chi-cuadrado de Pearson	0.0460

6. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS VARIABLES ELECTROFISIOLÓGICAS EN EL GRUPO DE INERVACIÓN HABITUAL

Con motivo de analizar las características de los potenciales sensitivos de nervio cubital dorsal obtenidos en la población que mostró una inervación habitual en ambas manos (241 pacientes), se estudiaron las variables electrofisiológicas obtenidas en cada uno de ellos, sumando un total de 482 manos.

6.1. Análisis descriptivo de las variables electrofisiológicas en el grupo de inervación habitual agrupadas por lado.

En primer lugar se valoró la diferencia en las variables electrofisiológicas registradas (latencia, amplitud, duración y velocidad de conducción) entre ambos lados (derecho e izquierdo). A continuación se muestran los datos en la tabla 19, donde podemos observar como la latencia muestra un valor medio discretamente inferior y la velocidad de conducción discretamente superior en el lado derecho con respecto al izquierdo, siendo las amplitudes y las duraciones de los potenciales estudiados similares en ambos lados.

Tabla 19. Estadísticos descriptivos de las variables electroneurográficas del nervio cubital dorsal en el grupo inervación habitual bilateral agrupados por lado.

	CUBITAL DORSAL DCHO			CUBITAL DORSAL IZQDO		
	(n: 241)			(n: 241)		
	MEDIA	DESV TIP	IC 95%	MEDIA	DESV TIP	IC 95%
LAT (ms)	1,46	0,19	1.44-1.48	1,50	0,20	1.47-1.52
AMP (μV)	24,89	9,91	23.63- 26.15	24,59	10,18	23.3- 25.88
DUR (ms)	1,08	0,16	1.06-1.1	1,10	0,17	1.08-1.12
VC (m/s)	56,78	6,10	56.01- 57.55	55,68	6,03	54.91- 56.44

Se aplicó una Prueba T de Student que mostró una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en las latencias y las velocidades de conducción entre ambos lados.

Tabla 20. T de Student para variables electrofisiológicas del grupo inervación habitual entre lado derecho e izquierdo.

	N	Media	DT	ET	t	Sig
LAT NCD Lado Derecho	241	1.46	0.19	.012	-2.16	.031
Lado Izquierdo	241	1.50	0.20	.013		
AMP NCD Lado Derecho	241	24.89	9.91	.64	.324	.746
Lado Izquierdo	241	24.59	10.18	.65		
DUR NCD Lado Derecho	241	1.08	0.16	.010	-1.43	.153
Lado Izquierdo	241	1.1	0.17	.011		
VC NCD Lado Derecho	241	56.78	6.10	.39	1.99	.047
Lado Izquierdo	241	55.68	6.03	.39		

6.2. Análisis descriptivo de las variables electrofisiológicas en el grupo de inervación habitual agrupadas por edad.

Al comparar las variables obtenidas entre los distintos grupos de edad, observamos claramente como la amplitud y la duración del potencial sensitivo del nervio cubital dorsal va disminuyendo conforme aumenta la edad, manteniéndose estables el resto de parámetros.

Tabla 21. Estadísticos descriptivos de las variables electroneurográficas del nervio cubital dorsal en el grupo inervación habitual según tramos de edad.

	18-39 AÑOS (n:78)			40-59 AÑOS (n:280)			60-84 AÑOS (n:124)		
	MEDIA	DESV TIP	IC 95%	MEDIA	DESV TIP	IC 95%	MEDIA	DESV TIP	IC 95%
LAT (ms)	1.50	0.21	1.45- 1.55	1.46	0.19	1.44- 1.48	1.50	0.20	1.46- 1.54
AMP (μV)	30.50	11.08	28-33	25.32	9.51	24.20- 26.44	19.8	8.24	18.33- 21.26
DUR (ms)	1.12	0.18	1.08- 1.16	1.08	0.16	1.06-1.1	1.09	0.16	1.06- 1.12
VC (m/s)	55.76	7.20	54.14- 57.38	56.57	5.66	55.9- 57.24	55.77	6.32	54.65- 56.89

Se realizó una regresión lineal entre los valores obtenidos en los potenciales de nervio cubital dorsal y la edad, observándose una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en los valores de amplitud y de duración, siendo esta relación inversa, a mayor edad, menor amplitud y duración del potencial de nervio cubital dorsal.

Tabla 22. Regresión lineal entre variables electrofisiológicas del grupo inervación habitual y edad.

	Sig
Constante	.000
Latencia NCD	.974
Amplitud NCD	.000
Duración NCD	.002
VC NCD	.518

6.3. Análisis descriptivo de las variables electrofisiológicas en el grupo de inervación habitual agrupadas por sexo.

Al comparar los valores entre los dos sexos se observan unas velocidades de conducción y amplitudes mayores en las mujeres que en los hombres; sin embargo, las latencias y duraciones de los potenciales son discretamente inferiores en éstas.

Tabla 23. Estadísticos descriptivos de las variables electroneurográficas del nervio cubital dorsal en el grupo inervación habitual por sexo.

	HOMBRES (n:124)			MUJERES (n:358)		
	MEDIA	DESV TIP	IC 95%	MEDIA	DESV TIP	IC 95%
LAT (ms)	1.53	0.17	1.5-1.56	1.46	0.20	1.44-1.48
AMP (µV)	20.27	7.76	18.89-21.65	26.29	10.28	25.22-27.36
DUR (ms)	1.12	0.16	1.09-1.15	1.08	0.16	1.06-1.1
VC (m/s)	55.10	5.58	54.11-56.09	56.62	6.22	55.97-57.27

Se aplicó una Prueba T de Student para muestras independientes que mostró una diferencia estadísticamente significativa en todos los parámetros estudiados de nervio cubital dorsal entre el grupo de hombres y mujeres con inervación habitual, tal y como se observa en la tabla 24, siendo la $p < 0.05$.

Tabla 24. T de Student para variables electrofisiológicas del grupo inervación habitual entre hombres y mujeres.

	N	Media	DT	ET	t	Sig
LAT NCD Hombre	124	1.53	.17	.016	3.45	.001
Mujer	358	1.46	.20	.011		
AMP NCD Hombre	124	20.27	7.81	.70	-6.78	.000
Mujer	358	16.28	10.27	.54		
DUR NCD Hombre	124	1.12	.16	.01	2.19	.029
Mujer	358	1.08	.16	.01		
VC NCD Hombre	124	55.10	5.56	.50	-2.42	.016
Mujer	358	56.62	6.21	.32		

7. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS ELECTROFISIOLÓGICOS OBTENIDOS ENTRE LOS 3 TIPOS DE INERVACIÓN

Los pacientes con variante completa por definición no respondieron al estímulo del nervio cubital dorsal. Los parámetros obtenidos de nervio cubital dorsal en pacientes con inervación habitual y variante mixta muestran valores similares entre los dos grupos, tal y como podemos observar en la tabla 25.

Los pacientes con inervación habitual por definición no respondieron al estímulo en nervio radial. Los parámetros obtenidos al estimular el nervio radial muestran una amplitud claramente superior en los pacientes con inervación variante completa que en aquellos con variante mixta. También podemos observar una latencia ligeramente mayor y una velocidad de conducción menor en inervación variante completa que en variante mixta.

Tabla 25. Estadísticos descriptivos de las características electroneurográficas de los potenciales obtenidos en la porción dorsomedial de la mano tras estimular el nervio cubital dorsal y nervio radial en los grupos de inervación observados.

	INERVACIÓN HABITUAL (n 564 manos)			INERVACIÓN VARIANTE MIXTA (n 102 manos)			INERVACIÓN VARIANTE COMPLETA (n= 49 manos)		
	MEDIA	DESV TIP	IC 95%	MEDIA	DESV TIP	IC 95%	MEDIA	DESV TIP	IC 95%
CUBITAL DORSAL									
LAT (ms)	1.47	0.19	1.45-1.49	1.46	0.20	1.42-1.5			
AMP (microV)	24.68	10.17	23.84-25.52	26.36	14.06	23.6-29.12			
DUR (ms)	1.09	0.17	1.08-1.1	1.05	0.14	1.02-1.08			
VEL CON (m/s)	56.28	6.01	55.78-56.78	56.42	6.37	55.17-57.67			
ESTIMULO RADIAL									
LAT (ms)				1.74	0.25	1.69-1.79	1.91	0.25	1.84-1.98
AMP (microV)				2.65	1.27	2.40-2.90	6.72	5.33	5.19-8.25
DUR (ms)				1.15	0.24	1.10-1.20	1.21	0.17	1.16-1.26
VEL CON (m/s)				56.02	5.93	54.86-57.18	52.13	6.07	50.39-53.87

Tal y como muestra la tabla 26 no existen diferencias estadísticamente significativas en los parámetros obtenidos en la conducción del nervio cubital dorsal entre los pacientes con inervación habitual y los pacientes con inervación variante mixta.

Tabla 26. Test de Student para variables electroneurográficas latencia, amplitud, duración y velocidad de conducción de nervio cubital dorsal entre inervación habitual y variante mixta.

	N	Media	DT	ET	t	Sig
LAT NCD Inerv habitual	564	1.47	.19	.01	.48	.630
Variación mixta	102	1.46	.19	.02		
AMP NCD Inerv habitual	564	24.67	10.16	.43	-1.16	.247
Variación mixta	102	26.36	14.09	1.39		
DUR NCD Inerv habitual	564	1.09	.17	.01	1.84	.066
Variación mixta	102	1.05	.14	.01		
VC NCD Inerv habitual	564	56.30	6.03	.25	-.18	.860
Variación mixta	102	56.42	6.36	.63		

El estudio comparativo entre los potenciales obtenidos en la porción dorsomedial de la mano tras estimular el nervio radial entre los pacientes con variante mixta y variante completa muestra, al aplicar la Prueba T de Student para muestras independientes, una diferencia estadísticamente significativa en la latencia, amplitud y velocidad de conducción. No se objetivaron diferencias estadísticamente significativas en la duración entre los dos grupos.

Tabla 27. Test de Student para variables electroneurográficas latencia, amplitud, duración y velocidad de conducción de nervio radial entre variante mixta y variante completa.

	N	Media	DT	ET	t	Sig
LAT NCD Variación mixta	102	1.74	.25	.02	-4.01	.000
Variación completa	49	1.91	.24	.03		
AMP NCD Variación mixta	102	2.65	1.26	.12	-5.30	.000
Variación completa	49	6.72	5.30	.76		
DUR NCD Variación mixta	102	1.15	.24	.02	-1.68	.095
Variación completa	49	1.21	.17	.02		
VC NCD Variación mixta	102	56.02	5.90	.58	3.74	.000
Variación completa	49	52.13	6.12	.87		

V. DISCUSIÓN

V. DISCUSIÓN

En primer lugar discutiremos la fiabilidad de los datos obtenidos, posteriormente comentaremos los rasgos que caracterizan nuestra población de estudio, tanto demográficos como clínicos, y se discutirán los aspectos relacionados con las variables electrofisiológicas obtenidas. Por último valoraremos los patrones de inervación observados, así como las correlaciones que presentan dichos patrones con las variables demográficas, clínicas y electrofisiológicas.

1. CONSIDERACIONES DE LA CONCORDANCIA INTEROBSERVADOR E INTRAOBSERVADOR

Como hemos podido observar en los resultados obtenidos, se ha encontrado una alta concordancia interobservador e intraobservador a la hora de clasificar los pacientes en los 3 tipos de inervación considerados. Estos datos concuerdan con lo observado por otros autores desde los comienzos de la electromiografía, donde si bien lo más recomendable es que cada unidad disponga de sus propios valores de referencia, se puede minimizar la variabilidad entre un estudio y otro siempre y cuando se aplique exactamente la misma técnica descrita por el grupo al que vamos a referenciar (Gutierrez-Rivas, 2000).

2. TIPO DE POBLACIÓN Y SUS CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS Y CLÍNICAS

El tamaño muestral obtenido para la realización de nuestro estudio se considera apropiado. Se estimó necesario tener en cuenta que la proporción esperada de esta variante era desconocida, a pesar de que aumentaba considerablemente la muestra a estudiar, dado que la bibliografía publicada es escasa y las frecuencias halladas de este tipo de variación en la población son discordantes.

Como se ha podido observar en la descripción de los pacientes estudiados, es un grupo predominantemente femenino. Es bien sabido que el síndrome del túnel carpiano es la neuropatía por atrapamiento más frecuente que existe, y una de las sospechas clínicas que con más asiduidad motiva un estudio electromiográfico en miembros superiores. El STC es una patología con un ratio elevado de 3:1 o incluso 10:1, siempre a favor de la mujer (Pardal-Fernández, 2004), lo cual explica esta distribución en nuestra muestra.

Este hecho puede explicar también la distribución que observamos con respecto a la edad. Las poblaciones más afectadas de STC incluyen mujeres entre la cuarta y la sexta década de la vida, al igual que ocurre con los pacientes incluidos en nuestro estudio.

Con respecto a la sospecha clínica que motivó la realización de EMG de miembros superiores, la más frecuente fue el STC, tal y como acabamos de comentar. Tras ésta, la segunda en frecuencia fue la radiculopatía cervical. La afectación de las raíces nerviosas, cervicales y lumbares, son de una prevalencia elevadísima, pero la sensibilidad de los estudios neurofisiológicos para valorar afectación radicular son bajos (Ramírez, 2010). La utilidad de su estudio se basa fundamentalmente en descartar otras patologías nerviosas periféricas que la puedan simular, cuando la exploración física no sea valorable, la clínica no se correlacione con los hallazgos de imagen, o si es necesaria una documentación objetiva por razones médico-legales (Parra,

2008). No obstante, a pesar de todo, hoy en día las solicitudes para valorar patología cervical y lumbar mediante EMG aumentan rápidamente, tanto en nuestro servicio como en otros hospitales de nuestro entorno, hasta encontrarnos actualmente con un porcentaje de éstas muy elevado con respecto al total.

Es importante destacar que no se encuentran representadas en nuestra muestra neuropatías frecuentes de miembros superiores, como las de nervio cubital y nervio radial, debido a que estos pacientes fueron excluidos con motivo de no sesgar los patrones de inervación a estudio.

No ha sido posible valorar la influencia del grupo étnico en la presencia de esta variación debido a que la gran mayoría de los pacientes incluidos fueron de raza caucásica. De los 358 estudiados tan sólo 2 fueron de raza negra y 3 asiática.

3. CONSIDERACIONES SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS ELECTROFISIOLÓGICAS DE LA POBLACIÓN ESTUDIADA

El primer aspecto sobre el que merece la pena llamar la atención es que la conducción nerviosa del nervio cubital dorsal es una técnica sencilla de realizar, rápida, y poco dolorosa, ya que suele requerir estímulos de intensidad bajos. Entre los distintos métodos descritos para obtener la conducción sensitiva de este nervio elegimos el de Jabre (1980) por ser muy fácil de reproducir, si bien se decidió permitir el desplazamiento del electrodo estimulador hasta un centímetro proximal o distal sobre el punto teórico del mismo con motivo de conseguir la mejor respuesta posible. En nuestra experiencia la postura que nos ha parecido más cómoda para obtener este

potencial ha sido con el paciente tumbado, el antebrazo pronado y la mano apoyada en la zona abdominal.

Los potenciales obtenidos tras estimular el nervio cubital dorsal en los pacientes incluidos en nuestro estudio, considerados todos ellos normales para este nervio por presentar una sensibilidad normal en la zona, muestran una escasa variabilidad en la latencia, duración y velocidad de conducción, y una variabilidad moderada en la amplitud, similares a los publicados con técnica semejante. Los pacientes que mostraron respuestas en la misma zona tras estimular el nervio radial mostraron una variabilidad marcada en la amplitud de dicho potencial. Este hecho es fácil de entender si tenemos en cuenta que se encuentran presentes distintos patrones de inervación, como detallaremos a continuación.

4. CONSIDERACIONES SOBRE EL PATRÓN DE INERVAÇÃO OBSERVADO

Tal y como hemos podido observar en los resultados, existe un porcentaje elevado, un 32.7% de los pacientes estudiados (IC95% 27.7-37.7) y un 21.1% de las manos valoradas (IC95% 18-24.1), que muestran una variante de la normalidad en la que el nervio radial participa en la inervación de la porción dorsomedial de la mano, bien inervando esta zona de forma conjunta con el nervio cubital dorsal, o bien sustituyendo a este último.

De las 716 manos estudiadas, únicamente en un caso no fue posible obtener respuesta en la porción dorsomedial de la mano tras estimular el nervio cubital dorsal ni el nervio radial. Se trató de una paciente de 80 años de edad, había trabajado de peluquera, carnicera, y actualmente desempeñaba labores en el campo. Es posible que en este caso existiera una afectación subclínica

del mismo, o bien podría ser debido a otra variante de la normalidad, ya que puntualmente se ha descrito la inervación de parte del dorso de la mano por el nervio cutáneo braquial interno (Kosinski, 1927). En todas las demás extremidades exploradas, la ausencia del potencial sensitivo de nervio cubital dorsal se relacionó con la presencia de esta variante.

Hemos observado que en el 12% de nuestros pacientes (IC95% 8.5-15.5), en un 6.8% de todas las manos estudiadas (IC95% 4.9-8.8), el nervio radial inerva de forma exclusiva la porción dorsomedial de la mano, con ausencia del nervio cubital dorsal. En un 22.3% de pacientes (IC95% 17.9-26.8), en el 14.2% de las manos valoradas (IC95% 11.6-16.9), el nervio radial inerva esta zona de forma conjunta con el nervio cubital dorsal.

Como hemos comentado en la introducción, esta variación fue ya descrita hace muchos años por Hepburn en 1887, y ha sido bien documentada en estudios anatómicos extensos (Kosinski, 1927), si bien la bibliografía al respecto es escasa y no está exenta de controversia. Un estudio anatómico reciente en 150 manos (Sulaiman, 2015) objetiva una inervación exclusiva de la porción dorsomedial de la mano por parte del nervio radial en el 6.6% de los casos, un porcentaje muy similar al encontrado en nuestro estudio. Otros estudios anatómicos han observado frecuencias variables de inervación, entre 3.3% y 5.6% (Botte, 1990; Mok, 2006; Tiznado, 2012), incluso hay autores que no la objetivan (Grossman, 1998; Chen, 2010; Root, 2013). No obstante, hay que tener en cuenta que las muestras en la mayoría de estos estudios anatómicos son menores, entre 10 y 36 extremidades, por lo que éste podría ser uno de los motivos de las discrepancias.

La inervación conjunta del área dorsomedial de la mano por parte del nervio cubital y el nervio radial también ha sido claramente demostrada en estudios anatómicos. Sulaiman (2015) observa un 27.3% de extremidades con este patrón mixto de inervación entre 150 manos diseccionadas, la mayoría por una comunicación entre ambos nervios y sólo el 2.7% mediante una inervación

dual sin comunicaciones. Sin embargo, otras publicaciones varían mucho en los hallazgos observados, Loukas (2008) y Tiznado (2012) observaron una comunicación entre estos dos nervios en un porcentaje muy elevado (58-65%), y otros autores describieron una prevalencia mucho menor, Botte (1990) sólo un 4.2% y Auerbach (1994) 15%, mientras que Vergara-Amador (2010) y Grossmann (1998) no encontraron ningún tipo de conexión. Mok (2006) observa 33.3% de inervación dual pero no describe ramas comunicantes. Se desconoce la existencia de estas diferencias tan notables, ya sea por tamaño de la muestra, variación individual de los cadáveres o método de detección.

Con respecto a los estudios electrofisiológicos, hasta donde hemos podido encontrar en los artículos publicados, no hemos hallado ninguna serie con un número de pacientes tan elevado como el que presentamos. Son pocos los que estudian en profundidad estos hallazgos, diferenciando entre inervación mixta por parte de cubital y radial o exclusivamente radial, y ninguno de ellos valora su relación con la edad y el sexo, ni analiza la relación entre los valores electrofisiológicos obtenidos y el tipo de inervación.

A continuación, en la tabla 28, se muestran los principales estudios que valoran la presencia de esta variante, con la metodología empleada y los hallazgos observados. La frecuencia obtenida de pacientes que presentan una variante completa en nuestro estudio está en concordancia con los datos observados en las dos únicas series largas de pacientes encontradas. La discordancia en el porcentaje encontrado con otros estudios puede estar influida por una muestra pequeña de estos últimos. Con respecto a la variante mixta, otros estudios observan resultados en la misma línea que los hallados en el nuestro, Pollak (2013) y Peterson (1992) hallan una proporción del 13 y 9% de manos, respectivamente. Es posible que la gran diferencia encontrada con respecto a estudios anatómicos extensos sea debida en parte a que los estudios neurofisiológicos deben ser menos sensibles para detectarlas. Ramas

comunicantes pequeñas con escaso número de fibras pueden generar potenciales sensitivos de tan baja amplitud que resulten indetectables.

Al igual que en el resto de estudios publicados, llama la atención la marcada asimetría en el patrón de inervación variante encontrado en la mayoría de nuestros pacientes. Stappaerts, en 1996, ya describió la alta incidencia de asimetrías en los patrones de inervación sensitiva, tanto de la palma como del dorso. Es importante recalcar este hecho ya que habitualmente se utiliza la comparativa con el lado contralateral a la hora de interpretar estudios electrodiagnósticos dudosos.

Tabla 28. Metodología y hallazgos obtenidos en estudios sobre inervación variante en la porción dorsomedial de la mano.

	n	edad	metodología	Variante	Variante mixta	Variante completa
Datos propios 2015	358 pac remitidos	18-84 años	Registro 4º espacio metacarpiano y estímulo 8 cm. proximal, permitiendo el desplazamiento del estímulo hasta un cm.	32.7% pacientes 21.1% manos 69.8% unilateral	22.3% pacientes 14.2% manos 72.5% unilateral	12% pacientes 6.8% manos 86% unilateral
Pollak 2013	100 pac remitidos por STC	37±16 años	Registro 4º espacio metacarpiano y estímulo 10 cm. proximal	19% pacientes 13% manos 63.2% unilateral	13% pacientes 8% manos 69.2% unilateral	6% pacientes 5% manos 66.7% unilateral
Leis 2008	100 pac remitidos	No especificada	Registro 4º espacio metacarpiano y estímulo 8cm. proximal, estímulo radial sólo si cubital dorsal alterado o ausente	No valorado por est en radial sólo si cubital alterado o ausente	No valorado por estímulo en radial sólo si cubital alterado o ausente	11% pacientes 6.5% manos 81.8% unilateral
Dutra de Oliveira 2000	97 voluntarios sanos	10-84 años	Registro 4º espacio metacarpiano con agujas y estímulo sin determinar	11.3% pacientes 6.7% manos 81.8% unilateral	% pacientes no claramente especificado 2.6% manos	6.2-7.2% pacientes 4.1% manos 71.4% unilat
Stappaerts 1996	31 mujeres	19-25 años	Registro con electrodos de anillo en dedos. Estimulo radial 4 cm. proximal a la muñeca y cubital dorsal justo medial a la estiloides cubital	Sólo valorada conducción de radial hasta 3º dedo	Sólo valorada conducción de radial hasta 3º dedo	12.9% pacientes 6.4% manos 100% unilateral
Peterson 1992	44 pacientes	20-81 años	Registro 4º espacio metacarpiano y estímulo 8-10 cm. proximal	11.4% pacientes 6.8% manos 80% unilateral	9.1% pacientes 4.5% manos 100% unilateral	4.5% pacientes 2.3% manos 100% unilateral
Spindler 1986	30 pacientes	13-64 años	Registro 4º espacio metacarpiano y estímulo 10 cm. proximal	0%	0%	0%

5. CONSIDERACIONES CON RESPECTO A LA RELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES DEMOGRÁFICAS Y CLÍNICAS Y EL TIPO DE INERVACIÓN

Al comparar el grupo de pacientes con inervación habitual y con inervación variante no se observaron diferencias significativas en la edad, sexo o sospecha clínica.

Al fraccionar la muestra en los 3 patrones de inervación hallados (habitual, variante mixta y variante completa) podemos ver que existe un porcentaje mayor de jóvenes en los pacientes con variante mixta, y de mayores de 60 años en el grupo de variante completa e inervación habitual. De igual forma se observa como la variante mixta es más frecuente en el grupo de mujeres, y la variante completa en el de los hombres.

En un principio, la explicación que se ha postulado en estos pacientes es una variación congénita del trayecto de las fibras nerviosas, en muchos casos de origen embriológico, incluso se ha sugerido una herencia autosómica dominante (Kuruvilla, 2002). Lo esperable por tanto sería que no influyera la edad en la presencia o ausencia de esta variación, tal y como ocurre al comparar los pacientes con inervación habitual y cualquier tipo de variante. Llama la atención que al agrupar los pacientes según el tipo de variación sí se detecta una diferencia significativa. Es posible que los pacientes jóvenes y las mujeres, que presentan generalmente amplitudes mayores de los potenciales sensitivos, sean más susceptibles a poder ser detectados en ellos potenciales de amplitud baja provenientes de fibras de nervio radial. Por el contrario, en pacientes hombres o con edades avanzadas podría ser más difícil obtener un potencial sensitivo de pequeña amplitud desde nervio radial o desde nervio cubital. Hay que tener en cuenta que ha podido influir además la distribución de nuestra muestra, predominantemente femenina y de edad media, dado que son el tipo de pacientes que acude con más frecuencia a realizarse un estudio EMG de miembros superiores.

El predominio observado de pacientes con STC entre los pacientes con variante mixta, y de radiculopatía cervical u otras entre los pacientes con variante completa, puede encontrarse influido también por la distribución de los pacientes en nuestra muestra. Ninguna de las patologías referidas debería influir en principio, teniendo en cuenta que previamente fueron excluidos todos los pacientes con sospecha clínica de afectación de cualquiera de los dos nervios implicados en la variante.

6. CONSIDERACIONES SOBRE LAS VARIABLES ELECTROFISIOLÓGICAS OBTENIDAS EN EL GRUPO DE INERVACIÓN HABITUAL.

Al analizar los potenciales sensitivos obtenidos tras estimular el nervio cubital dorsal en los pacientes que demostraron una inervación habitual en las dos manos, observamos valores similares a los obtenidos por otros autores con técnica semejante descritos en la tabla 1 (Jabre, 1980; Young, 2000; Leis, 2008; Pollak, 2013).

Los potenciales de nervio cubital dorsal de pacientes con inervación habitual mostraron diferencias estadísticamente significativas en la amplitud y la duración con respecto a la edad de forma inversamente proporcional. Este hecho se ha objetivado en numerosas ocasiones (Rivner, 2001; Tong, 2004; Esper, 2005) postulando que estos hallazgos son debidos a una reducción en el número y densidad de fibras nerviosas mielinizadas que se encuentra con el incremento de la edad. En nuestro estudio no observamos diferencias en el resto de parámetros. Con respecto al sexo, se observaron mayores amplitudes y velocidades de conducción, junto a menores latencias y duraciones del potencial, en las mujeres que en los hombres. Estas observaciones también han sido comentadas por algunos autores que han encontrado amplitudes

mayores en mujeres, sugiriendo que éstas tienen mejores propiedades de conductancia debido a su tejido subcutáneo (Garibaldi, 2002).

Los potenciales obtenidos en el nervio cubital dorsal han resultado similares en amplitud entre ambos lados. Se ha observado un discreto aumento de la latencia, y por lo tanto una discreta disminución en la velocidad de conducción, de los potenciales obtenidos en lado derecho con respecto al izquierdo. Es posible que pudiera estar influyendo en este caso la mano dominante, que si bien no se ha demostrado claramente que influya al respecto, en ocasiones está más ejercitada o es de mayor tamaño. Estas variables no han sido registradas en nuestro estudio, podría ser de interés tenerlas en cuenta para estudios futuros. Hay que añadir a esto que las diferencias obtenidas, aunque significativas, son de escasa entidad entre ambos lados (1 m/s en la velocidad de conducción media, y 0.04 ms en la latencia de inicio media).

7. CONSIDERACIONES SOBRE LAS DIFERENCIAS EN LAS VARIABLES ELECTROFISIOLÓGICAS ENTRE LOS 3 GRUPOS DE INERVACIÓN.

Las respuestas obtenidas tras estimular el nervio cubital dorsal en los pacientes con inervación habitual y con inervación variante mixta no mostraron diferencias significativas. No es posible comparar dichos hallazgos con estudios previos ya que no hemos encontrado hasta el momento ninguna publicación que valore esta relación. No obstante, es razonable pensar que dados los hallazgos en estudios anatómicos que observan una inervación dual de la zona o una comunicación entre ambos nervios, esto no tendría porqué suponer una merma en el número de fibras del nervio cubital dorsal.

Por el contrario, las respuestas obtenidas en la porción dorsomedial de la mano tras estimular el nervio radial en los pacientes con inervación variante

mixta y completa mostraron una diferencia significativa en amplitud, latencia y velocidad de conducción entre los dos grupos. Los pacientes con variante completa presentaron una latencia y amplitud mayor, con una velocidad de conducción menor, del potencial obtenido tras estimular el nervio radial. Este hecho tampoco se ha analizado previamente en ningún estudio, pero parece razonable pensar que ante la ausencia de nervio cubital dorsal, el nervio radial debe suplir con un mayor número de fibras esa zona para poder cubrir funcionalmente su inervación sensitiva, lo cual se vería reflejado en una mayor amplitud del potencial. La diferencia en los valores obtenidos en la velocidad de conducción y la latencia son más difíciles de explicar. Es importante tener en cuenta que a la hora de valorar la latencia y calcular la velocidad de conducción se ha presupuesto que las fibras en todos ellos discurrían de forma recta y directa desde el borde radial hasta el 4º espacio metacarpiano, cuando realmente desconocemos en cada caso la disposición anatómica. En éstos no sabemos si las fibras finalizan en el 3º espacio y son registradas a distancia por volumen conducción, si discurren dibujando una línea curva o si terminan comunicando con el nervio cubital. Todo ello puede estar influyendo en estos valores.

8. UTILIDAD DE LOS HALLAZGOS.

Nuestros datos apoyan la idea, tal y como postuló Peterson en 1992 y Leis en el año 2008, que la explicación más probable a la ausencia de nervio cubital dorsal en pacientes asintomáticos es la presencia de esta variante de la normalidad. Se han publicado artículos que discuten la utilidad del estudio del nervio cubital dorsal por su variabilidad (Dutra de Oliveira, 2000). No obstante, a la vista de los resultados de nuestro estudio, se puede considerar de utilidad siempre y cuando ante una respuesta ausente de nervio cubital dorsal se realice un estudio completo del dorso de la mano. Un sencillo estímulo en el borde radial manteniendo el registro en la porción dorsomedial de la mano es capaz de confirmar o descartar la presencia de esta variante, evitando así

errores diagnósticos y como consecuencia tratamientos inadecuados. Dado que el estudio de este nervio es utilizado para diagnosticar su propia lesión o para aportar información útil a la hora de localizar lesiones de nervio cubital, el conocimiento de este tipo de variación podría evitar también actos quirúrgicos mal indicados sobre estos nervios.

Por otra parte, un porcentaje considerable de pacientes presentan una desventaja en el caso de ser sometidos a cirugía de muñeca. Esta rama puede ser lesionada inesperadamente al cruzar por el sitio habitual de incisión, y conllevar posteriormente secuelas de carácter sensitivo, doloroso, o incluso formación de neuromas. Por este motivo, podría ser de utilidad realizar un estudio previo a cirugías en el dorso de la muñeca para valorar la presencia de esta variante. Un estudio mínimo que incluyera la conducción nerviosa del nervio cubital dorsal y el estímulo en borde radial, de 5-10 minutos de duración, podría evitar secuelas inesperadas e incluso formación de neuromas.

Es importante también tener en cuenta la presencia de este tipo de variación, al igual que otras similares, a la hora de aplicar un anestésico local. El fallo en conseguir el efecto esperado debido a la presencia de una variante de la normalidad puede llevar a desistir en la aplicación de anestesia local y concluir con anestesia general en este tipo de pacientes.

El conocimiento de esta variación en concreto nos ayuda a comprobar de primera mano la enorme variabilidad del ser humano, valorando las implicaciones en la práctica diaria de estos conocimientos anatómicos, desterrando de nuestras mentes el arquetipo irreal y ficticio que presentan los modelos anatómicos. Es por ésto que es importante tener presente la posibilidad de una variación anatómica siempre y cuando sean evaluados pacientes con lesiones de nervio periférico, particularmente cuando los hallazgos clínicos y electrofisiológicos son discrepantes.

VI. CONCLUSIONES

VI. CONCLUSIONES

1. El estudio neurofisiológico de la inervación sensitiva de la porción dorsomedial de la mano mediante estímulo en nervio cubital y nervio radial para valorar la presencia de una variante de la normalidad presenta una alta concordancia inter e intraobservador.
2. El 32.7% de los pacientes remitidos para estudio EMG de miembros superiores presentan una variante de la normalidad en la que el nervio radial participa en la inervación de la porción dorsomedial de una o ambas manos.
3. La conducción sensitiva del nervio cubital dorsal es una técnica sencilla y su ausencia en pacientes asintomáticos se relaciona en la mayoría de los casos estudiados con la presencia de esta variante.
4. La presencia de esta inervación variante es más frecuente que sea observada únicamente en una de las dos manos de un mismo paciente.
5. El 14.2% de las manos valoradas presenta una inervación conjunta de la porción dorsomedial de la mano por parte del nervio cubital dorsal y el nervio radial.
6. Existe un 6.8% de las manos estudiadas en las que el nervio radial inerva de forma exclusiva la porción dorsomedial de la mano con ausencia de nervio cubital dorsal.
7. No se han observado diferencias significativas en la edad, sexo y sospecha clínica entre los pacientes con inervación habitual y los pacientes con inervación variante.
8. Los valores del potencial sensitivo de nervio cubital dorsal en los pacientes con inervación habitual en ambas manos no muestran

asimetría en amplitud entre ambos lados, si bien presentan una amplitud menor en pacientes con mayor edad y en hombres, y una mayor velocidad de conducción en mujeres y en el lado derecho.

9. Los parámetros de la conducción sensitiva del nervio cubital dorsal son similares en los pacientes con inervación habitual y los pacientes con una inervación variante mixta.
10. Los pacientes con inervación variante completa muestran un potencial en la porción dorsomedial de la mano tras estimular el nervio radial de amplitud mayor y menor velocidad de conducción que los pacientes con inervación variante mixta.
11. Es aconsejable valorar la presencia de esta variante, mediante la conducción nerviosa de nervio cubital dorsal y tras estímulo en borde radial, antes de interpretar una ausencia de este potencial sensitivo como lesión del mismo, y previo a realizar una cirugía en el dorso de la muñeca.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AL TALALWAH, W. The variable origin of dorsal branch of the ulnar nerve and its clinical significance. *International Journal of Anatomy and Physiology*, 2015 Jan; 4(1):60-64.
2. ALVAREZ FIALLO, R; SANTOS ANZORANDIA, C y MEDINA HERRERA, E. Desarrollo histórico y fundamentos teóricos de la electromiografía como medio diagnóstico. *Rev Cub Med Mil* [online]. 2006, vol.35, n.4, pp. 0-0. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572006000400008&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1561-3046.
3. AMINOFF, M.J. *Electromyography in clinical practice*. 3ª ed. Philadelphia: Churchill Livingstone, 1998. 630 p. ISBN 0-443-07681-2.
4. AMINOFF, M.J. *Electrodiagnosis in Clinical Neurology*. 5ª ed. Philadelphia: Churchill Livingstone, 2005. 859 p. ISBN 0-443-06647-7.
5. AMOIRIDIS G. Median–ulnar nerve communications and anomalous innervation of the intrinsic hand muscles: an electrophysiological study. *Muscle Nerve*, 1992;15:576–579
6. ARACHCHI, A; LOO, ZY; MAUNG, H; VASUDEVAN, A. A rare anatomical variation between the radial and ulnar nerves in the arm. *Int J Anat Var (IJAV)*. 2013;6:131-132.
7. AUERBACH, DM; COLLINS, ED; KUNKLE, KL; MONSANTO, EH. The radial sensory nerve, an anatomic study. *Clinical orthopaedics and related research*, 1994;308:241-249
8. BIANCHI, HF. Ramificación del ramo superficial del nervio radial. *Rev Chil Anat*. 2002; 20(3):247-250
9. BOLAND, RA; KRISHNAN, AV; KIERNAN, MC. Riche-Cannieu anastomosis as an inherited trait. *Clin Neurophysiol*. 2007 Apr;118(4):770-5.
10. BOTTE, MJ; COHEN, MS; LAVERNIA, CJ; VON SCHROEDER, HP; GELLMAN, H; ZINBERG, EM. The dorsal branch of the ulnar nerve: an anatomic study. *J Hand Surg Am*. 1990 Jul;15(4):603-7.
11. BOZKURT MC. Re: Puna R, Poon P. The anatomy of the dorsal cutaneous branch of the ulnar nerve. *J Hand Surg Eur*. 2010;35:583-5. *J Hand Surg Eur*, 2011 Mar; 36(3): 253-4.

12. BRADLEY, W.G. *Neurology in clinical practice: the neurological disorders*. Michigan: Butterworth-Heinemann, 2000. 2413 p. ISBN 0750672129, 9780750672122
13. BRANDSMA, JW; BIRKE, JA; SIMS, DS JR. The Martin-Gruber innervated hand. *J Hand Surg Am*. 1986 Jul;11(4):536-9.
14. BROWN, W.F.; BOLTON, C.F. *Clinical electromyography*. Stoneham: Butterworth Publishers, 1987. 542 p. ISBN 0-409-95163-3.
15. BUDAK, F; GÖNENÇ, Z. Innervation anomalies in upper and lower extremities (an electrophysiological study). *Electromyogr Clin Neurophysiol*. 1999 Jun;39(4):231-4.
16. BURAKGAZI, A.Z.; RUSSO, M.; BAYAT, E. AND RICHARDSON, P.K. Underrecognized anomaly: proximal Martin-Gruber anastomosis at the elbow. *Journal of clinical neurophysiology*, 2014, 31 (1): 31-34
17. CANNIEU, A. Note sur une anastomose entre le branche profonde du cubital et le médian. *Bull. Soc. Anat. Physiol. Horm. Path. Bordeaux*, 1897;17:339-342.
18. CHEN, Y; ZHENG, X; WANG, J; ZHU, Y; ZHAN, C. Reliable techniques to avoid damaging the superficial radial nerve due to percutaneous Kirschner wirefixation of the distal radius fracture through the radial styloid process. *Surg Radiol Anat*. 2010 Oct;32(8):711-7.
19. CHIU, DT."Karate kid" finger. *Plast Reconstr Surg*. 1993 Feb;91(2):362-4.
20. CHO, NS; KIM, DH; KIM, MY; PARK, BK. Electrophysiological and ultrasonographic findings in ulnar neuropathy with Martin-Gruber anastomosis *Muscle Nerve*. 2013 Apr;47(4):604-7.
21. CHOW, JA; VAN BEEK, AL; BILOS, ZJ; MEYER, DL; JOHNSON, MC . Anatomical basis for repair of ulnar and median nerves in the distal part of the forearm by group fascicular suture and nerve-grafting. *J Bone Joint Surg Am*, 1986 Feb; 68(2):273 -280
22. CRUTCHFIELD, CA; GUTMANN, L. Hereditary aspects of median-ulnar nerve communications. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*,1980;43:53-55.
23. DAVIDOVICH, ER; CAETANO, MR; NASCIMENTO, OJ. Total lesion of the radial nerve in the arm with preservation of the superficial radial nerve sensory action potential. *Arq Neuropsiquiatr*. 2013 Jan;71(1):67-8
24. DAVIDOVICH, ER; NASCIMENTO, OJ. Superficial radial nerve-lateral antebrachial cutaneous nerve anatomic variation. *Brain Behav*. 2014 Jan;4(1):70-4.

25. DE WULF, A; RAZEMON, JP. Sequelae of fractures of the lower end of the radius. Their causes and treatments. *Acta Orthop Belg.* 1968 Jan-Feb;34(1):5.
26. DIAZGRANADOS, JA; COSTA, JL; VALLEJO, R; LEÓN, J. Lesión total del nervio mediano y función preservada motora de la mano. *Acta Neurol Colomb* 2004 sept; 20(3):127-133.
27. DON GRIOT, JP; ZUIDAM, JM; VAN KOOTEN, EO; PROSÉ, LP; HAGE, JJ. Anatomic study of the ramus communicans between the ulnar and median nerves. *J Hand Surg Am.* 2000 Sep;25(5):948-54.
28. DUMITRU, D; WALSH, NE; WEBER, CF. Electrophysiologic study of the Riche-Cannieu anomaly. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 1988 Jan;28(1):27-31.
29. DUMITRU, D; AMATO, AA; ZWARTS, MJ. *Electrodiagnostic medicine.* 2nd ed. Philadelphia: Hanley and Belfus Inc, 2001, 1524 p. ISBN 1-56053-433-8.
30. DUTRA DE OLIVEIRA, AL; BARREIRA, AA; MARQUES, W JR. Limitations on the clinical utility of the ulnar dorsal cutaneous sensory nerve action potential. *Clin Neurophysiol.* 2000 Jul;111(7):1208-10.
31. ESPER, GJ; NARDIN, RA; BENATAR, M; SAX, TW; ACOSTA, JA; RAYNOR, M. Sural and radial sensory responses in healthy adults: diagnostic implications for polyneuropathy. *Muscle Nerve.* 2005 May;31(5):628-32.
32. ESTRIDGE, MN AND SMITH, RA. Compression neuropathy of the ulnar nerve. *California Medicine.* 1962;97(2):71-74
33. FERRARI, GP; GILBERT, A. The superficial anastomosis on the palm of the hand between the ulnar and median nerves. *J Hand Surg Br.* 1991 Dec;16(5):511-4.
34. FORBES, A. Colloquium on the history of neurophysiology: foreword. *Journal of Neurophysiology,* 1957;20(2):211.
35. GANES, T. Complete ulnar innervation of the thenar muscles combined with normal sensory fibres in a subject with no peripheral nerve lesion. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 1992 Oct-Nov;32(10-11):559-63.
36. GARDNER, E; GRAY, DJ; O'RAHILLY, R. *Anatomía. Estudio por regiones del cuerpo humano.* 2ª ed. Barcelona: Salvat Editores, S.A., 1974. ISBN 84-345-1048-0
37. GARIBALDI, SG; NUCCI, A. Dorsal cutaneous branch of ulnar nerve: an appraisal on the anatomy, injuries and application of conduction velocity studies in diagnosis. *Arq Neuropsiquiatr.* 2000 Sep;58(3A):637-41.

38. GARIBALDI, SG; NUCCI, A. Dorsal ulnar cutaneous nerve conduction: reference values. *Arq Neuropsiquiatr.* 2002 Jun;60(2-B):349-52.
39. GHABRIEL, MN; MAKAR, PH. Anatomical variations in the ulnar nerve and hypothenar muscles. *International Journal of Anatomical Variations*, 2011;4:131-133.
40. GROSSMAN, JA; YEN, L; RAPAPORT, D. The dorsal cutaneous branch of the ulnar nerve. An anatomic clarification with six case reports. *Chir Main.* 1998;17(2):154-8.
41. GRUBER, W. Über die Verbindung des Nervus medianus mit dem Nervus ulnaris am Unterarme des Menschen und der Säugethiere. *Arch Anat Physiol*, 1870;37:501-22.
42. GUTMANN, L. AAEM minimonograph #2: important anomalous innervations of the extremities. *Muscle Nerve.* 1993 Apr;16(4):339-47.
43. GUTIÉRREZ-RIVAS, E; JIMÉNEZ, MD; PARDO, J; ROMER, J. *Manual de electromiografía clínica.* Barcelona: Prous Science, 2000. 381 p. ISBN 9788481241839.
44. GUTMANN, L. Median-ulnar nerve communications and carpal tunnel syndrome. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1977 Oct;40(10):982-6.
45. GUYTON, AC; HALL, JE. *Compendio de fisiología médica.* 12ª ed. S.A. Elsevier España. 2012. ISBN 9788480869027
46. HANKINS, CL; FLEMMING, S. A variant of Kaplan's accessory branch of the dorsal cutaneous branch of the ulnar nerve: a case report and review of the literature. *J Hand Surg Am.* 2005 Nov;30(6):1231-5.
47. HARNESS, D; SEKELES, E. The double anastomotic innervation of thenar muscles. *J Anat.* 1971 Sep;109(Pt 3):461-6.
48. HEPBURN, D. Some Variations in the Arrangements of the Nerves of the Human Body. *J Anat Physiol.* Apr 1887;21(Pt 3):511-513.
49. HOFFMAN, MD; MITZ, M; LUISI, M; MELVILLE, BR. Paired study of the dorsal cutaneous ulnar and superficial radial sensory nerves. *Arch Phys Med Rehabil.* 1988 Aug;69(8):591-4.
50. HOOGBERGEN, MM AND KAUER JMG. An unusual ulnar nerve-median nerve communicating branch. *J.Anat*, 1992;181:513-516.
51. HOPF, HC. Forearm ulnar-to-median nerve anastomosis of sensory axons. *Muscle Nerve.* 1990 Jul;13(7):654-6.

52. HUANMANOP, T; AGTHONG, S; LUENGCHAWAPONG, K; SASIWONGPAKDEE, T; BURAPASOMBOON, P; CHENTANEZ, V. Anatomic characteristics and surgical implications of the superficial radial nerve. *J Med Assoc Thai.* 2007 Jul;90(7):1423-9.
53. HUTTON, WK. Remarks on the innervation of the dorsum manus, with special reference to certain rare abnormalities. *J Anat Physiol.* 1906 Jul;40(Pt 4):326-31.
54. INZUNZA, AM; SALGADO, AG; CONZÁLEZ, SA; DE LA CUADRA, FJC e INZUNZA, HO. Comunicación masiva del ramo superficial del nervio radial con el nervio cutáneo antebraquial lateral, implicancias anatómo-clínicas. Reporte de un caso. *Int. J. Morphol.* 2011;29(3):681-685.
55. IRIARTE, J; ARTIEDA, J. *Manual de Neurofisiología Clínica.* Madrid: Ed. Panamericana, 2013, 396 p. ISBN: 978-84-9835-438-6.
56. IYER, V; FENICHEL, GM. Normal median nerve proximal latency in carpal tunnel syndrome: a clue to coexisting Martin-Gruber anastomosis. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and psychiatry.* 1976;39:449-452.
57. JABALEY, ME; WALLACE, WH; HECKLER, FR. Internal topography of major nerves of the forearm and hand: a current view. *J Hand Surg Am.* 1980 Jan;5(1):1-18.
58. JABRE, JF. Ulnar nerve lesions at the wrist: new technique for recording from the sensory dorsal branch of the ulnar nerve. *Neurology.* 1980 Aug;30(8):873-6.
59. KAMERATH, JH; EPSTEIN, DK; FITZPATRICK, KF. The Froment-Rauber nerve: a case report and review. *Muscle Nerve.* 2013 May;47(5):768-71.
60. KAPLAN, EB. Variation of the ulnar nerve at the wrist. *Bull Hosp Joint Dis,* 1963;24:85-88.
61. KAUR, P; KUMAR, R; JAIN, A. Variations in innervation of muscles in anterior compartment of arm - a cadaveric study. *J Clin Diagn Res.* 2014 May;8(5):AC01-3.
62. KAZAKOS, KJ; SMYRNIS, A; XARCHAS, KC; DIMITRAKOPOULOU, A; VERETTAS, DA. Anastomosis between the median and ulnar nerve in the forearm: An anatomic study and literature review. *Acta Orthop. Belg.* 2005;71:29-35
63. KILIÇ, A; KALE, A; USTA, A; BILGILI, F; KABUKÇUOĞLU, Y; SÖKÜCÜ, S. Anatomic course of the superficial branch of the radial nerve in the wrist and its location in relation to wrist arthroscopy portals: a cadaveric study. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery,* 2009;25(11):1261-1264

64. KIM, BJ; DATE, ES; LEE, SH; LAU, EW; PARK, MK. Unilateral all ulnar hand including sensory without forearm communication. *Am J Phys Med Rehabil*, 2004 Jul;83(7):569-73.
65. KIM, DJ; KALANTRI, A; GUHA, S; WAINAPEL, SF. Dorsal cutaneous ulnar nerve conduction. Diagnostic aid in ulnar neuropathy. *Arch Neurol*. 1981 May;38(5):321-2.
66. KIMURA, J; MURPHY, MJ; VARDA, DJ. Electrophysiological study of anomalous innervation of intrinsic hand muscles. *Arch Neurol*, 1976 Dec;33(12):842-4.
67. KIMURA, I; AYYAR, DR; LIPPMANN, SM. Electrophysiological verification of the ulnar to median nerve communications in the hand and forearm. *Tohoku J Exp Med*, 1983 Nov;141(3):269-74.
68. KIMURA, J. *Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle: Principles and Practice*. Ed 3. New York: Oxford University Press, 2001, ISBN 0-19-512977-6
69. KOMAR, J; SZEGVARI, M; GLOVICZKY, Z AND SZANTAO, A. Traumatischer Durchschnitt des N. medianus ohne komplette motorische Parese: Martin-Grubersche Anastomose. *Nervenarzt* 1978;49:697-699
70. KOO, YS; CHO, CS; KIM, BJ. Pitfalls in using electrophysiological studies to diagnose neuromuscular disorders. *J Clin Neurol*. 2012 Mar;8(1):1-14.
71. KOSINSKI, C. L'innervation cutanée de la face dorsale de la main, basée sur l'examen de 300 pièces anatomiques, avec quelques notions d'anatomie comparée. *Assoc. Anatomistes Comptes Rendus*. 1927 22:121-133.
72. KURUVILLA, A; LAAKSONEN, S; FALCK, B. Anomalous superficial radial nerve: a patient with probable autosomal dominant inheritance of the anomaly. *Muscle and nerve*. 2002;26(5):716-719.
73. LAMA, P; POTU, BK AND BHAT, KMR. High origin of dorsal branch of the ulnar nerve and variations in its branching pattern and distribution: a case report. *Cases Journal*, 2009;2:9130
74. LANDIS, J; KOCH, G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977; 33:159-74
75. LAROY, V; SPAANS, F; REULEN, J. The sensory innervation pattern of the fingers. *J Neurol*. 1998 May;245(5):294-8.
76. LEE, KS; OH, CS; CHUNG, IH; SUNWOO, IN. An anatomic study of the Martin-Gruber anastomosis: electrodiagnostic implications. *Muscle Nerve* 2005;31:95-97.

77. LEIBOVIC, SJ AND HASTINGS, H 2nd. Martin-Gruber revisited. *J Hand Surg Am.* 1992 Jan;17(1):47-53.
78. LEIS, AA; WELLS, KJ. Radial nerve cutaneous innervation to the ulnar dorsum of the hand. *Clinical Neurophysiology* 2008;119(3):662-666
79. LEIS, AA; STETKAROVA, I; WELLS, KJ. Martin-Gruber anastomosis with anomalous superficial radial innervation to ulnar dorsum of hand: a pitfall when common variants coexist. *Muscle and nerve.* 2010;41(3):313-317.
80. LINELL, EA. The distribution of nerves in the upper limb, with reference to variabilities and their clinical significance. *J Anat.* 1921 Jan;55(Pt 2-3):79-112.
81. LIVESON, JA; MA, D.M. *Laboratory reference for clinical neurophysiology.* Philadelphia: Davis Company, 1992. 513 p. ISBN 0-8036-5651-3.
82. LOMBARDO, DJ; BUZAS, D; SIEGEL, G; AFSARI, A. Aberrant radial-ulnar nerve communication in the upper arm presenting as an unusual radial nerve palsy: a case report. *Surg Radiol Anat.* 2015 May;37(4):411-3.
83. LOUKAS, M; LOUIS, RG JR; WARTMANN, CT. The cutaneous innervation of the dorsal hand: detailed anatomy with clinical implications. *The Journal of Hand Surgery.* 2006;31(10):1699-1700
84. LOUKAS, M; LOUIS, RG JR; STEWART, L; HALLNER, B; DELUCA, T; MORGAN, W; SHAH, R; MLEJNEK, J. The surgical anatomy of ulnar and median nerve communications in the palmar surface of the hand. *J Neurosurg.* 2007 May;106(5):887-93.
85. LOUKAS, M; LOUIS, RG JR; WARTMANN, CT; TUBBS, RS; TURAN-OZDEMIR, S; KRAMER, J. The clinical anatomy of the communications between the radial and ulnar nerves on the dorsal surface of the hand. *Surg Radiol Anat.* 2008 Mar;30(2):85-90.
86. LUCAS, GL. Irritative neuritis of the dorsal sensory branch of the ulnar nerve from underlying ganglion. *Clin Orthop Relat Res.* 1984 Jun;186:216-9.
87. MACKINNON, SE; DELLON, AL. The overlap pattern of the lateral antebrachial cutaneous nerve and the superficial branch of the radial nerve. *J Hand Surg Am.* 1985 Jul;10(4):522-6.
88. MANNERFELT, L. Studies on the hand in ulnar nerve paralysis. A clinical-experimental investigation in normal and anomalous innervation. *Acta Orthop Scand* 1966;87 (suppl):11-55.

89. MARINACCI, AA. The problem of unusual anomalous innervation of hand muscles. The value of electrodiagnosis in its evaluation. *Bull Los Angel Neuro Soc.* 1964 Sep;29:133-42.
90. MARTIN, R. (1763) *Tal om Nervus allmanna Egenskaper I Manniskans Kropp*, Lars Salvius, Stockholm.
91. MCCARTHY, RE; NALEBUFF, EA. Anomalous volar branch of the dorsal cutaneous ulnar nerve: a case report. *J Hand Surg Am.* 1980 Jan;5(1):19-20.
92. MCCLUSKEY, LF. Anomalous superficial radial sensory innervation of the ulnar dorsum of the hand: a cause of "paradoxical" preservation of ulnar sensory function. *Muscle Nerve.* 1996 Jul;19(7):923-5.
93. MEENAKSHI-SUNDARAM, S; SUNDAR, B; ARUNKUMAR, MJ. Marinacci communication: an electrophysiological study. *Clin Neurophysiol.* 2003 Dec;114(12):2334-7.
94. MISSANKOV, AA; SEHGAL, AK; MENNEN, U. Variations of the posterior interosseous nerve. *J Hand Surg Br.* 2000 Jun;25(3):281-2.
95. MOK, D; NIKOLIS, A; HARRIS, PG. The cutaneous innervation of the dorsal hand: detailed anatomy with clinical implications. *The Journal of Hand Surgery*, 2006;31A(4): 565-574
96. MURASHIMA, H; SONOO, M; TSUKAMOTO, H; KAWAKAMI, S; KAWAMURA, Y; HOKKOKU, K; HATANAKA, Y; SHIMIZU, T. Spread to the dorsal ulnar cutaneous branch: a pitfall during the routine antidromic sensory nerve conduction study of the ulnar nerve. *Clin Neurophysiol*, 2012 May;123(5):973-8
97. NAKASHIMA, T. An anatomic study on the Martin-Gruber anastomosis. *Surg Radiol Anat* 1993;15:193-195.
98. OMAR, F; RODRÍGUEZ, C; SOLIZ, R. Historia y cultura médica. Herófilo y Erasístrato, Padres de la Anatomía. *Cuadernos del Hospital de Clínicas*, 2009;54(2):137-140.
99. ÖZDEMİR, MB; ÖZCAN, RH; BAĞDATLI, D; AKYER, SP; YONGUÇ, GN. An unusual anatomic variation of dorsal sensory branches of the ulnar nerve: a case report. *Kafkas J Med Sci*, 2011;1(2):77-80.
100. PARASKEVAS, G; ANASTASOPOULOS, N; NITSA, Z; KITSOULIS, P; SPYRIDAKIS. Accessory branch of median nerve supplying the brachialis muscle: a case report and clinical significance. *J Clin Diagn Res.* 2014 Dec;8(12):AD01-2.

101. PARASKEVAS, G; GEKAS, CH; TZAVEAS, A; SPYRIDAKIS, L; STOLTIDOU A AND TSITSOPOULOS, P. Kaplan anastomosis of the ulnar nerve: a case report. *Journal of Medical Case Reports* 2008, 2:107
102. PARDAL-FERNÁNDEZ, JM; MARTÍN-GARRIDO, MJ; GARCÍA-REBOIROC, G; GODES-MEDRANO, B; JEREZ-GARCÍA, P Y MARCO-GINER, J. Diagnóstico del síndrome del túnel carpiano. Evaluación clínica y neurofisiológica. *Rehabilitación (Madr)* 2004;38(3):137-47
103. PARDAL-FERNÁNDEZ, JM; GUERRERO-SOLANO, JL; GODES-MEDRANO, B; SÁNCHEZ-HONRUBIA, RM. Inervación anómala múltiple de la mano en una paciente. Diagnóstico electrofisiológico. *Rev Neurol.* 2012;54(6):343-348.
104. PARRA, S; MILLET, E. La Columna Cervical: Evaluación Clínica y Aproximaciones Terapéuticas. En: Evaluación electrodiagnóstica en radiculopatías cervicales. Madrid: Editorial Médica Panamericana S.A., 2008, p. 289-300.
105. PETERSON, AR; GIULIANI, MJ; MCHUGH, M; SHIPE, CC. Variations in dorsomedial hand innervation. *Arch Neurol.* 1992;49(8):870-873.
106. POLATSCH, DB; MELONE, CHP; BELDNER, S; INCORVAIA, A. Ulnar nerve anatomy. *Hand Clin* 2007;23:283-289
107. POLLAK, L; RABEY, JM; KUSHNIR, M. Clinical and neurophysiological aspects of anatomical variants in dorsomedial hand innervation. *Clinical Neurophysiology* 2013;43:105-108
108. PRATES, LC; CLÓRIS DE CARVALHO, V; PRATES, JC; LONGONE, F; MARRETTO ESQUISATTO, MA. The Martin-Gruber anastomosis in brazilians: an anatomical study. *Braz. J. morphol. Sci.* 2003;20(3):177-180
109. RAMÍREZ, M Y MONTES, A. Hernia de disco cervical. *Rev esp cir ortop traumatol.* 2010;54(5):314–320
110. RAMÓN Y CAJAL JUNQUERA, S. Contribución de S. Ramón y Cajal a la patología. *Rev esp patol*, 2002;35(1):77-88.
111. REFAEIAN, M; KING, JC; DUMITRU, D; CUETTER, AC. Carpal tunnel syndrome and the Riche-Cannieu anastomosis: electrophysiologic findings. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 2001 Sep;41(6):377-82.
112. REY, RC; SANZ, OP; SICA, REP. Estudio electrofisiológico de las variaciones en la inervación de los músculos de la mano. *Arq Neuro-psiquiatria (Sao Paulo)* 1984; 42(1):14-19.
113. RICHE, P. Le nerf cubital et les muscles de l'éminence thénar. *Bull. Mém. Soc. anat. Paris*, 1897:251-252.

114. RIVNER, MH; SWIFT, TR; MALIK, K. Influence of age and height on nerve conduction. *Muscle Nerve*. 2001 Sep;24(9):1134-41.
115. ROBSON, AJ; SEE, MS AND ELLIS, H. Applied anatomy of the superficial branch of the radial nerve. *Clinical Anatomy*, 2008;21:38-45.
116. RODRIGUEZ-NIEDENFÜHR, M; VAZQUEZ, T; FERREIRA, B; PARKIN, I; NEARN, L; SAÑUDO, JR. Intramuscular Martin-Gruber anastomosis. *Clin Anat*. 2002 Mar;15(2):135-8.
117. RODRIGUEZ-NIEDENFÜHR, M; VAZQUEZ, T; PARKIN, I. Martin-Gruber anastomosis revisited. *Clin Anat*, 2002;15:129–134.
118. ROOT, CG; LONDON, DA; STRAUSS, NL; CALFEE, RP. Anatomic relationships and branching patterns of the dorsal cutaneous branch of the ulnar nerve. *J Hand Surg Am*. 2013 June;38(6):1131-1136
119. RUBIN, DI; DIMBERG, EL. Martin-Gruber anastomosis and carpal tunnel syndrome: morphologic clues to identification. *Muscle Nerve*. 2010 Sep;42(3):457-8.
120. SACHS, GM; RAYNOR, EM; SHEFNER, JM. The all ulnar motor hand without forearm anastomosis. *Muscle Nerve*. 1995 Mar;18(3):309-13.
121. SALAZAR, R. Inervación anómala del antebrazo y mano: anastomosis entre el nervio mediano y cubital. *Revista médica de Costa Rica y Centroamérica*, 2012;LXIX (600):31-35
122. SANTORO, L; ROSATO, R AND CARUSO, G. Median-ulnar nerve communications: electrophysiological demonstration of motor and sensory fiber cross-over. *J Neurol*, 1983;229:227-235.
123. SAPERSTEIN, DS; KING, RB. Motor neuron presentation of an ulnar neuropathy and Riche-Cannieu anastomosis. *Electromyogr Clin Neurophysiol*. 2000 Mar;40(2):119-22.
124. SHEEAN, G; MORRIS, JG. Handcuff neuropathy involving the dorsal ulnar cutaneous nerve. *Muscle Nerve*. 1993 Mar;16(3):325.
125. SHU, HS; CHANTELOT, C; OBERLIN, C; ALNOT, JY; SHAO, H. Martin-Gruber communicating branch: anatomical and histological study. *Surg Radiol Anat*. 1999;21(2):115-8.
126. SILLAU GILONE, JA. Historia de la anatomía. Primera parte. *Revista de la sociedad peruana de neumología*, 2005, Enero-Marzo;49(1):75-84.
127. SILLAU GILONE, JA. Historia de la anatomía. Segunda parte. *Revista de la sociedad peruana de neumología*, 2005, Abril-Setiembre;49(2):139-143.

128. SILLAU GILONE, JA. Historia de la anatomía. Tercera parte. *Revista de la sociedad peruana de neumología*, 2005, Octubre-Diciembre;49(3):203-206.
129. SPALTEHOLZ, W. *Atlas de anatomía humana. Tomo tercero: vísceras, encéfalo, nervios, órganos de los sentidos y vasos y ganglios linfáticos. Versión española de la 14ª ed. alemana.* Barcelona: Editorial Labor, S.A, 1975. ISBN 84-335-6116-2
130. SPINDLER, HA and FELSENTHAL, G. Radial sensory conduction in the hand. *Arch Phys Med Rehabil*, 1986;67:821-823.
131. SPINNER, M. The anterior interosseous-nerve syndrome, with special attention to its variations. *J Bone Joint Surg Am.* 1970 Jan;52(1):84-94.
132. SRAJ, SA; MOUSSALLEM, CD; STAFFORD, JB. Cubital tunnel syndrome presenting with carpal tunnel symptoms: clinical evidence for sensory ulnar-to-median nerve communication. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*, 2009 Jun;38(6):E104-6.
133. SRINIVASAN, R; RHODES, J.The median-ulnar anastomosis (Martin-Gruber) in normal and congenitally abnormal fetuses. *Arch Neurol.* 1981 Jul;38(7):418-9.
134. STANCIĆ, MF; MIĆOVIĆ, V; POTOČNJAK, M. The anatomy of the Berrettini branch: implications for carpal tunnel release. *J Neurosurg.* 1999 Dec;91(6):1027-30.
135. STAPPAERTS, KH; VAN HEES, J AND VAN DEN BROECK, EA. Peripheral cutaneous nerve distribution to the fingers. *Physiotherapy Research International*, 1996;1(1):41-49.
136. STOPFORD, JS. The Variation in Distribution of the Cutaneous Nerves of the Hand and Digits. *J Anat.* 1918 Oct;53(Pt 1):14-25
137. STOPFORD, JS: Neuritis produced by a wristlet watch. *Lancet*, 1922:i:993-994.
138. STREIB, EW. Ulnar-to-median nerve anastomosis in the forearm: electromyographic studies. *Neurology.* 1979;29:1534-1537.
139. STREIB, EW; SUN, SF. Martin-Gruber anastomosis: electromyographic studies. Part I. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 1983 May-Jun;23(4):261-70.
140. SULAIMAN, S; SOAMES, R; LAMB, C. The sensory distribution in the dorsum of the hand: anatomical study with clinical implications. *Surg Radiol Anat.* 2015 Sep;37(7):779-85.
141. SUN, SF; STREIB, EW. Martin-Gruber anastomosis: electromyographic studies. Part II. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 1983 May-Jun;23(4):271-85.
142. TAAMS, KO.Martin-Gruber connections in South Africa. An anatomical study. *J Hand Surg Br.* 1997 Jun;22(3):328-30.

143. TESTUT, L; JACOB, O. *Tratado de Anatomía Topográfica con aplicaciones medicoquirúrgicas*. 8ª ed. Barcelona: Salvat Editores, S.A., 1967.
144. TIZNADO, G; SOUSA-RODRIGUES, C; OLAVE, E. Ramo superficial del nervio radial: amplia distribución en el dorso de la mano. *Int J Morphol*, 2012;30(2):374-378.
145. TIZNADO, G; OLAVE, E; SOUSA-RODRIGUES, C. Padrones de distribución del ramo superficial del nervio radial en el dorso de la mano humana. *Int H Morphol*, 2013;31(3):857-863.
146. TIZADO, G; OLAVE, E; DEL SOL, M; SOUSA-RODRIGUES, C. Ramo dorsal del nervio ulnar: un aporte significativo a la inervación sensitiva del dorso de la mano. *Int J Morphol*. 2013. 31 (4): 1162-1167
147. TONG, HC; WERNER, RA; FRANZBLAU, A. Effect of aging on sensory nerve conduction study parameters. *Muscle Nerve*. 2004 May;29(5):716-20.
148. UCHIDA, Y; SUGIOKA, Y. Electrodiagnosis of Martin-Gruber connection and its clinical importance in peripheral nerve surgery. *J Hand Surg Am*. 1992 Jan;17(1):54-9.
149. UNVER DOGAN, N; UYSAL, II; SEKER, M. The communications between the ulnar and median nerves in upper limb. *Neuroanatomy*, 2009;8:15-19.
150. VALLS-SOLE, J. Martin-Gruber anastomosis and unusual sensory innervation of the fingers: report of a case. *Muscle Nerve*. 1991 Nov;14(11):1099-102.
151. VAN DIJK, JG; BOUMA, PA. Recognition of the Martin-Gruber anastomosis. *Muscle Nerve*. 1997 Jul;20(7):887-9.
152. VENKATESH, S; KOTHARI, MJ; PRESTON, DC. The limitations of the dorsal ulnar cutaneous sensory response in patients with ulnar neuropathy at the elbow. *Muscle Nerve*. 1995 Mar;18(3):345-7.
153. VERGARA-AMADOR, E; NIETO, JL. Estudio anatómico de la rama superficial del nervio radial. Implicaciones quirúrgicas. *Rev Fac Med*, 2010;58:214-220.
154. WERTSCH, JJ. Pincer palsy. *N Engl J Med*, 1985 Jun 20;312(25):1645.
155. WILBOURN, AJ; LAMBERT, E. The forearm median-to-ulnar nerve communication; electrodiagnostic aspects. *Neurology (Minneapolis)*, 1976;26:368.
156. YOGESH, A; MARATHE, R; PANDIT, S. Musculocutaneous nerve substituting for the distal part of radial nerve: a case report and its embryological basis. *J Neurosci Rural Pract*, 2011 Jan;2(1):74-6.
157. YOUNG, SH; KALANTRI, A. Dorsal ulnar cutaneous nerve conduction studies in an asymptomatic population. *Arch Phys Med Rehabil*, 2000 Sep;81(9):1171-2.

VIII. ANEXOS

HOJA INFORMATIVA AL PACIENTE

TÍTULO DEL ESTUDIO: Estudio de la inervación de la porción dorsomedial de la mano por parte de la rama superficial del nervio radial como variante de la normalidad.

INVESTIGADOR PRINCIPAL: Silvia Parra Escorihuela

LUGAR: Servicio de Neurofisiología Clínica del Hospital General Universitario de Castellón

TELÉFONOS DE CONTACTO: 964726606

CORREO DE CONTACTO: parra_sil@yahoo.es

Usted ha sido invitado a participar en un estudio de investigación, el cual ha sido aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica de este hospital. Antes de que decida participar en el mismo, por favor lea esta Hoja de Información al Paciente. Haga todas las preguntas que tenga para asegurarse de que entienda los procedimientos del estudio.

OBJETIVO PRINCIPAL DEL ESTUDIO: estudiar la presencia de una variante anatómica en la inervación sensitiva de la porción dorsomedial de la mano.

DISEÑO DEL ESTUDIO: Estudio transversal. Unicéntrico

BENEFICIOS ESPERABLES PARA LA SOCIEDAD: El estudio que estamos llevando a cabo, trata sobre la presencia de una variante de la normalidad en la que el dorso de los dedos 4º y 5º de la mano está inervado por una rama del nervio radial superficial cuando en la gran mayoría de personas esta porción de piel está inervada por otro nervio, la rama cutánea dorsal del nervio cubital.

El motivo de nuestro estudio es conocer el porcentaje de población que presenta esta variante, ya que algunos autores han observado una proporción elevada

de ésta en otros países. El conocimiento de esta variación en un paciente es importante porque, aunque no supone ningún problema de salud, el desconocerla puede provocar errores a la hora de diagnosticar patologías fundamentalmente de nervio cubital. Para conocer la presencia de esta inervación anómala sólo es necesario estudiar la respuesta obtenida en el dorso medial de la mano al estimular tanto el nervio cubital como el nervio radial.

PARTICIPANTES: Los pacientes remitidos a nuestro servicio para realización de electromiografía en miembros superiores que accedan voluntariamente a formar parte del estudio.

Serán motivo de exclusión tener sospecha o antecedentes de afectación de nervio cubital, radial, polineuropatía o patología que pudiera haber producido una afectación nerviosa generalizada subclínica (diabetes mellitus, tratamientos previos neurotóxicos).

PROCEDIMIENTOS: Su médico le ha solicitado una electromiografía como parte del estudio de la patología que presenta para descartar o confirmar una afectación de los nervios o los músculos que llevan la fuerza y la sensibilidad de los brazos. La participación en dicho estudio no modifica esencialmente la que se realizaría por la patología que ha motivado la solicitud, ni se someterá a mayor número de visitas médicas de lo recomendado por su patología. Consiste en la realización de conducciones nerviosas mediante unas pequeñas corrientes eléctricas con unos electrodos adhesivos; un estudio mínimo requiere la valoración de al menos dos o tres nervios en uno o ambos brazos. Los datos obtenidos de estas conducciones serán los utilizados en nuestra investigación.

RIESGOS O INCOMODIDADES: Las estimulaciones necesarias para realizar las conducciones nerviosas pueden ser algo molestas, pero en ningún caso conllevan ningún peligro adicional para su salud. No se ha contraindicado este estudio durante el embarazo ni la lactancia materna.

BENEFICIOS: usted no recibirá ningún beneficio económico por participar en este

estudio. Su participación es una contribución para el desarrollo de la ciencia.

PRIVACIDAD Y CONFIDENCIALIDAD: el tratamiento, la comunicación y la cesión de los datos de carácter personal de todos los participantes se ajustará a lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/99 de 13 de diciembre de protección de datos de carácter personal.

De acuerdo a lo que establece la legislación mencionada, usted puede ejercer los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación de datos, para lo cual se deberá dirigir al investigador principal del estudio.

La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación. Sus resultados serán codificados usando un número de identificación y por lo tanto, serán anónimos.

DERECHO A RETIRARSE DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN: la participación en el estudio es voluntaria y usted puede retirarse del estudio en cualquier momento.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación en él.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Hoja para el paciente

TÍTULO DEL ESTUDIO: Estudio de la inervación de la porción dorsomedial de la mano por parte de la rama superficial del nervio radial como variante de la normalidad.

INVESTIGADOR PRINCIPAL: Silvia Parra Escorihuela

LUGAR: Servicio de Neurofisiología Clínica del Hospital General Universitario de Castellón

Yo,.....,

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:.....

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- Cuando quiera.
- Sin tener que dar explicaciones.

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

Fecha:

Firma del participante: Firma del investigador.....

Nº colegiado

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Hoja para el investigador

TÍTULO DEL ESTUDIO: Estudio de la inervación de la porción dorsomedial de la mano por parte de la rama superficial del nervio radial como variante de la normalidad.

INVESTIGADOR PRINCIPAL: Silvia Parra Escorihuela

LUGAR: Servicio de Neurofisiología Clínica del Hospital General Universitario de Castellón

Yo,.....,

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:.....

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- Cuando quiera.
- Sin tener que dar explicaciones.

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

Fecha:

Firma del participante: Firma del investigador.....

Nº colegiado

