

TESE DE DOUTORAMENTO
ANATOMÍA SENSITIVA DE LA
RODILLA. ANATOMÍA E
IMPLICACIONES CLÍNICAS.

Jorge Manuel Orduña Valls

ESCOLA DE DOUTORAMENTO INTERNACIONAL
PROGRAMA DE DOUTORAMENTO EN INVESTIGACIÓN CLÍNICA
EN MEDICINA.

SANTIAGO DE COMPOSTELA
ANO 2018



DECLARACIÓN DEL AUTOR DE LA TESIS

[ANATOMÍA SENSITIVA DE LA RODILLA. ANATOMÍA E
IMPLICACIONES CLÍNICAS.]

D. Jorge Orduña Valls

*Presento mi tesis, siguiendo el procedimiento adecuado al
Reglamento, y declaro que:*

- 1) La tesis abarca los resultados de la elaboración de mi trabajo.*
- 2) En su caso, en la tesis se hace referencia a las colaboraciones que tuvo este trabajo.*
- 3) La tesis es la versión definitiva presentada para su defensa y coincide con la versión enviada en formato electrónico.*
- 4) Confirmando que la tesis no incurre en ningún tipo de plagio de otros autores ni de trabajos presentados por mí para la obtención de otros títulos.*

En Valencia, 6 Junio de 2018

Fdo

Jorge Orduña Valls



AUTORIZACIÓN DO DIRECTOR / TITOR DA TESE

ANATOMÍA SENSITIVA DE LA RODILLA. ANATOMÍA E
IMPLICACIONES CLÍNICAS.

D. Julian Alvarez Escudero.

D Maximino Quintans Rodriguez.

INFORMA/N:

*Que a presente tese, correspóndese co traballo realizado por D **Jorge Manuel Orduña Valls**, baixo a miña dirección, e autorizo a súa presentación, considerando que reúne os requisitos esixidos no Regulamento de Estudos de Doutoramento da USC, e que como director desta non incorre nas causas de abstención establecidas na Lei 40/2015.*

En Santiago de Compostela....., ... de de 20..

Asdo.....

Asdo.....



RESUMEN

El dolor crónico de rodilla es una condición extremadamente frecuente en personas de avanzada edad. Su tratamiento en ocasiones presenta severos condicionantes. La sustitución de la articulación de la rodilla por una prótesis es la mejor opción de tratamiento de diversas patologías sin embargo en determinadas ocasiones persiste el dolor tras la cirugía. Descripciones previas han considerado a los nervios geniculares como los responsables de vehiculizar ese dolor.

La inervación es compleja y sujeta a importante variabilidad entre individuos siendo necesaria una precisa descripción del recorrido de los nervios con el fin de mejorar los resultados.

El objetivo de este estudio es aumentar el conocimiento acerca de estas ramas sensitivas y proveer de patrones ecográficos para su localización. En un estudio en tres fases se pretende describir patrones ecográficos que permitan la localización sistemática de los nervios encargados de inervar la rodilla.

En una primera fase se realizaron disecciones anatómicas con el objetivo de verificar los patrones anatómicos de distribución existentes. En una segunda fase se realizaron descripciones ecoguiadas de los patrones de inervación observados en las disecciones.

En una tercera fase se depositó bajo guía ecográfica colorante perineural para posteriormente bajo disección anatómica verificar la veracidad de los patrones descritos.

La anatomía sensitiva de la rodilla es compleja y variable, la región medial de la rodilla está inervada por ramas sensitivas del nervio safeno, nervio para el músculo vasto medial y rama anterior del nervio obturador. La región lateral por su parte está inervada por ramas sensitivas de los nervios para el músculo vasto intermedio, vasto lateral y ramas sensitivas del nervio peroneo.

La guía ecográfica proporciona la capacidad para su localización precisa.

PALABRAS CLAVE

Rodilla, dolor, safeno, vasto medial, vasto intermedio, vasto lateral ,
peroneo.



ABSTRACT

Chronic knee pain is an extremely common condition in the elderly. Its treatment sometimes presents severe conditions. The knee joint replacement is the best option for some pathologies, however in some cases (20%) patients have pain after surgery. Previous descriptions have considered the genicular nerves responsible for conveying that pain.

Innervation is complex and variable between patients. For better goals will be precise exactly description of the nerves in order to improve treatment's goals.

The objective of this study is to increase the knowledge about these sensitive branches and to provide ultrasound patterns for their location. The study has been divided to provide ultrasound patterns that allow the systematic localization of the nerves for knee pain management.

In the first phase, anatomical dissections were carried out in order to verify the existing anatomical distribution patterns.

In a second phase, ultrasound descriptions of the innervation patterns were made.

In a third and final phase, an special dye was placed under ultrasound guidance in perineural position. Anatomical dissection were done to verify the veracity of the described patterns.

The sensitive anatomy of the knee is complex and variable, the medial region of the knee is innervated by sensitive branches of the saphenous nerve, nerve for the vastus medialis muscle and anterior branch of the obturator nerve. The lateral region on the other hand is innervated by sensory branches of the nerves for the vastus intermedius, vastus lateralis and sensory branches of the peroneal nerve.

The ultrasound guidance provides the capacity for its precise location.

KEYWORDS

Knee, pain, saphenous nerve, vastus medialis nerve, vastus intermediate nerve, vastus lateral nerve, peroneal nerve.

RESUMO

A dor crónica de xeonllos é unha condición moi común nos anciáns. O seu tratamento ás veces presenta severas condicións. A reposición da articulación do xeonllo por unha prótese é a mellor opción para o tratamento de diversas patoloxías, pero nalgúns casos a dor persiste despois da cirurxía. Descricións previas consideraron os nervios xenéticos responsables de transmitir esa dor.

A innervación é complexa e suxeita a unha variabilidade significativa entre individuos, que require unha descrición precisa do camiño dos nervios para mellorar os resultados.

O obxectivo deste estudo é aumentar o coñecemento sobre estas ramas sensibles e proporcionar patróns ecográficos para a súa localización.

Nun estudo en tres fases, preténdese describir os patróns de ultrasóns que permiten a localización sistemática dos nervios encargados de inervar o xeonllo.

Na primeira fase, realizáronse diseccións anatómicas para verificar os patróns de distribución anatómica existentes.

Nunha segunda fase, fixéronse descrituras ecossicidas dos patróns de inervación observadas nas disección.

Nunha terceira fase, un tinte perineural foi colocado baixo guía de ultrasóns e, a continuación, baixo a disección anatómica, para verificar a veracidade dos patróns descritos.

A anatomía sensible do xeonllo é complexa e variable, a rexión medial do xeonllo está inervada por ramas sensibles do nervio sapeno, nervio para o músculo vasto medial e rama anterior do nervio obturador. A rexión lateral, por outra banda, está inervada por ramas sensoriais dos nervios para os vastos intermedius, vastus lateralis e ramas sensoriais do nervio peroneo.

A guía de ultrasóns proporciona a capacidade para o seu lugar preciso.

PALABRAS CLAVE

Xeon, dor, sapeno, amplo medial, amplo intermedio, vasto lateral, peroneo.

ÍNDICE





1. INTRODUCCIÓN	19
INTRODUCCIÓN	21
1.1. Epidemiología del dolor de rodilla	21
1.2. abordaje terapéutico del dolor de rodilla	22
1.3 controversias sobre la anatomía sensitiva de la articulación de la rodilla.	26
1.4. Anatomía sensitiva de la rodilla	27
1.4.1 Plexo lumbar.....	27
1.4.2 Plexo sacro.....	32
1.5 Tipos de tratamientos no quirúrgicos	40
1.6. Método de guía para el abordaje terapéutico del dolor de rodilla	43
2. HIPÓTESIS	45
HIPÓTESIS	47
3. OBJETIVOS	49
OBJETIVOS	51
4. MATERIAL Y MÉTODO	53
MATERIAL Y MÉTODO	55
5. RESULTADOS	57
RESULTADOS	59
5.1. Primera fase:	59
Disección cadavérica. Reconocimiento anatómico	59
5.1.1. Anatomía sensitiva de la región medial de la rodilla.....	59
5.1.2. Inervación sensitiva de la cara lateral de la rodilla.....	71
5.2. Segunda fase. Elaboración de patrones ecográficos de localización	78
5.2.1. Nervio femoral (NF).....	78
.....	103
5.2.2. Nervio Obturador (NO).	104
5.1.3. Nervio Retinacular lateral.....	111
5.1.3. Nervio peroneo recurrente.	117
5.3. Tercera fase Disección cadavérica. Verificación de estructuras:	120
5.3.1. Disecciones de la región medial de la rodilla	120
5.3.2. Disecciones de la región lateral de la rodilla	125

6. DISCUSIÓN	129
DISCUSIÓN	131
6.1. Distribución anatómica. patrones de inervación	131
6.2. ABORDAJE TERAPÉUTICO.....	133
6.3. Método de localización.....	135
6.4. NIVEL DE TRATAMIENTO.	137
7. CONCLUSIONES.....	141
CONCLUSIONES.....	143
8-BIBLIOGRAFÍA	145
BIBLIOGRAFÍA.....	147
ANEXO.....	157



ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS





ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

- 1-AINES: Antinflamatorios no esteroideos.**
- 2- AL: Anestésicos locales.**
- 3- NFL: Nervio cutáneo femoral lateral.**
- 4- NO: Nervio obturador.**
- 5- NF: Nervio femoral.**
- 6-NCAL: Nervio cutáneo anterior lateral.**
- 7-NCAM: Nervio cutáneo anterior medial.**
- 8-NRF: Nervio del músculo recto femoral.**
- 9-NVL: Nervio del músculo vasto lateral.**
- 10-NVM: Nervio del músculo vasto medial.**
- 11-NVI: Nervio del músculo vasto intermedio.**
- 12-NS: Nervio safeno.**
- 13-NMOI: Nervio del músculo obturador interno.**
- 14- NC: Nervio ciático.**
- 15-NPC: Nervio peroneo común.**

16-NPS: Nervio peroneo superficial.

17- NPP: Nervio peroneo profundo.

18-NT: Nervio tibial.

19-NPM: Nervio plantar medial.

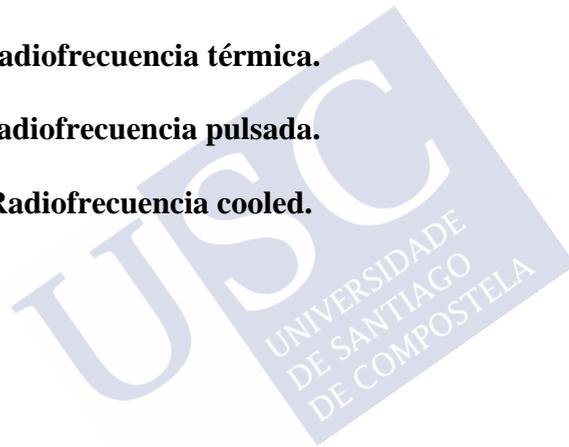
20-NPL: Nervio plantar lateral.

21-RF: Radiofrecuencia.

22-RFT: Radiofrecuencia térmica.

23-RFP: Radiofrecuencia pulsada.

24- RFC: Radiofrecuencia cooled.



1. INTRODUCCIÓN





INTRODUCCIÓN.

1.1. EPIDEMIOLOGÍA DEL DOLOR DE RODILLA

Las enfermedades osteoarticulares representan más del 10% de las consultas en España¹. Diferentes estudios señalan que entre el 10 y el 40% de la población española presentaran algún tipo de trastorno osteoarticular a lo largo de su vida. Dentro de las enfermedades osteoarticulares más prevalentes en España destacan la lumbalgia, la artrosis y la fibromialgia²⁻⁴.

La artrosis es de entre ellas la más frecuente. Su prevalencia en la población española oscila entre el 6 y el 20% de los sujetos mayores de 20 años. Las localizaciones más frecuentes son el axis cervical, la región lumbo-sacra y las articulaciones interfalángicas distales⁵. Su prevalencia en la articulación de la rodilla se estima en hasta un 10,2%.⁶

Relacionada estrechamente con la edad, la artrosis en la articulación de la rodilla se presenta con mayor frecuencia en pacientes mayores de 50 años y más frecuentemente en el sexo femenino. Su desarrollo supone una condición patológica con severo impacto sobre la calidad de vida de los pacientes de manera que la enfermedad osteoarticular supone un impacto importante sobre el estado de salud y la utilización de servicios de los sistemas sanitarios^{7,8}.

Diversos estudios estiman que hasta el 30% de las personas que consultan al médico lo hacen por problemas derivados de alguna enfermedad reumática⁹.

En su conjunto las enfermedades reumáticas constituyen la primera causa de bajas laborales permanentes en España. Son la causa de incapacidad más frecuente en la población de USA por encima de los 65 años. Siendo el dolor crónico de origen lumbar la causa más frecuente de incapacidad en los pacientes menores de 45 años.

Se estima que hasta un tercio de la población presentará síntomas de dolor y limitación en la articulación^{10,11}.

La clínica presente en los pacientes afectados por osteoartrosis de rodilla variará en función del compartimento que se encuentre afectado, siendo el dolor de entre los síntomas el más frecuente.

El dolor localizado en la articulación es el síntoma que se presenta con más frecuencia en este tipo de pacientes. El dolor referido por los pacientes es un dolor de características mecánicas, el cual empeora con la actividad física y mejora con el reposo.

La rigidez matinal es otro de los síntomas que con mucha frecuencia refieren los pacientes afectados por artrosis de la articulación de la rodilla. Esta rigidez al igual que el dolor mejora con el paso de las horas.

La artrosis en la articulación de la rodilla es además de causa de dolor y de rigidez causa de inestabilidad de manera que en conjunto constituye una de las causas principales de incapacidad en la población general¹².

La evolución progresiva de la artrosis en esta articulación puede desencadenar la aparición de derrames de repetición y alteraciones en la alineación de las extremidades inferiores (siendo el genu varo la más frecuente) que condicionan una potenciación del dolor y los demás síntomas de la artrosis.

Debido a sus características anatómicas, la articulación de la rodilla está expuesta a diversas circunstancias y condicionantes que son fuente frecuente de dolor. Así condiciones y circunstancias como traumatismos sobrepeso, lesiones deportivas y accidentes de tráfico son frecuentes en esta articulación y causa frecuente de dolor de difícil manejo.

1.2. ABORDAJE TERAPÉUTICO DEL DOLOR DE RODILLA

El abordaje terapéutico del dolor de la articulación de la rodilla abarca un proceso multidisciplinar en el que múltiples especialistas se ven implicados (medico de atención primaria, anestesiólogo, rehabilitador, reumatólogo, traumatología, geriatra...). El abanico de tratamientos no quirúrgicos disponibles para el control del dolor severo

de rodilla es extenso e incluye variantes diversas (infiltración intraarticular con corticoide, infiltración intraarticular con ácido hialurónico, aplicación de radiofrecuencia a ramas nerviosas sensitivas encargadas de la inervación de la rodilla...). La capacidad de estas variantes para el alivio sostenido del dolor ha sido limitado haciendo que la única opción de muchos pacientes con grados de artrosis de moderado a severo sea la cirugía de remplazo articular.

El tratamiento multimodal ha demostrado disminuir el desarrollo de complicaciones a largo plazo de manera que es el estándar actual en sustitución de las terapias unimodales con AINES y opioides debido a las importantes complicaciones que estas conllevan¹³.

La terapia farmacológica con AINES además de generar efectos secundarios importantes (gástricos y renales, en su mayor parte) ha presentado importantes limitaciones en la eficacia analgésica a largo plazo^{14,15}.

Actualmente el estándar intervencionista de tratamiento del dolor de rodilla está constituido por la infiltración intra-articular de anestésicos locales (AL) y corticoides. Su efecto en términos de alivio del dolor a medio-largo plazo se ha demostrado como variable (con evidencia especialmente limitada a largo plazo)¹⁴⁻²¹. Sin embargo efectos secundarios como la degeneración del cartílago se han demostrado como consistentes y presentes en los pacientes tratados con este tipo de terapias de manera que este tipo de técnica intervencionista cada vez este más en desuso.

El uso de terapias de viscosuplementación intra articular como el la infiltración con ácido hialurónico es una de las alternativas que cuenta con más partidarios clínicos. Sin embargo, y a pesar de su uso frecuente en la práctica clínica habitual no se disponen de evidencias suficientes que permitan estandarizarla como tratamiento de elección sobre otras opciones para este tipo de patología²²⁻³⁰.

Debido a las limitaciones que presenta el tratamiento no quirúrgico del dolor de esta articulación, muchos pacientes se ven abocados a la colocación de material de sustitución protésico para el control del dolor generado por la artrosis. Sin embargo, este procedimiento no esta exento de condicionantes diversos que en muchos casos desaconsejan la cirugía dejando sin opciones a los pacientes.

Diversas condiciones suponen una contraindicación para la implantación de material protésico, así edades demasiado precoces, discrepancias entre el estadio evolutivo de la artrosis y el nivel de dolor del paciente y pacientes con patología concomitante severa hacen que casos específicos no sean candidatos a someterse a cirugía de remplazo articular.

Además, es importante resaltar la existencia de un importante porcentaje de pacientes que presentan cuadros de dolor crónico postquirúrgico tras cirugías diversas que implican a la articulación de la rodilla^{26,27}. Así de acuerdo al estudio de Wylde et al¹⁴ hasta un 44% de los pacientes que se someten a cirugía de remplazo de rodilla desarrollarán cuadros de dolor crónico postquirúrgico. De ellos un 15% presentará dolor en niveles de intensidad severo y el 6% presentaran estados de dolor extremadamente severo. No están claros los factores que determinan el desarrollo de estos estados de dolor crónico, sin embargo condicionantes como determinados factores clínicos previos, una susceptibilidad aumentada al dolor y complicaciones postquirúrgicas concretas juegan un papel muy importante en el desencadenamiento de ese tipo de cuadros de dolor crónico. Otras condiciones específicas como complicaciones mecánicas o sépticas deberán ser tenidas en consideración²⁸⁻³⁰.

La causa concreta responsable del desarrollo de estos cuadros de dolor crónico postquirúrgico no esta esclarecida y posiblemente no sea persistente. Sin embargo lesiones específicas que envuelven a ramas nerviosas son frecuentes en determinadas cirugías que se desarrollan en esta articulación , así Coppel y Thompson²⁶ demostraron como la causa de diversos cuadros de dolor crónico neuropático en pacientes operados de rodilla estaba en la lesión de la rama infra-rotuliana del nervio safeno. La innovación tecnológica aplicada a la cirugía en las últimas décadas ha permitido el desarrollo de técnicas quirúrgicas mínimamente invasivas como la artroscopia que han permitido reducir drásticamente el porcentaje de lesiones de esta rama nerviosa. Sin embargo y a pesar de los avances técnicos estas complicaciones persisten tal y como Kim³¹ Sherman³² y Mochida³³ demuestran en sus estudios.

La existencia de limitaciones diversas para que determinados pacientes sean candidatos a la cirugía de remplazo protésico unido al elevado número de pacientes que presentan dolor crónico postquirúrgico hacen que sea necesario desarrollar vías alternativas a la cirugía para tratar este grupo de pacientes.

Ante esta situación clínica, los procedimientos invasivos para el tratamiento del dolor crónico de rodilla, se han hecho cada vez más frecuentes, potenciándose la investigación de métodos de abordaje para el control percutáneo del dolor, con resultados esperanzadores.

Así Choi³⁴, en 2011 desarrollo una vía para el abordaje mínimamente invasivo del dolor de rodilla. En ella Choi³⁴ proponía la aplicación de la variante térmica de la radiofrecuencia sobre ramas nerviosas específicamente encargadas de inervar la articulación. De esta forma Choi³⁴ proponía aplicar a la articulación de la rodilla esta técnica de denervación percutánea que tan óptimos resultados ha mostrado en el tratamiento no quirúrgico de la artrosis facetaria a nivel del raquis. Para la denervación de la articulación propuso la colocación de tres agujas de radiofrecuencia (guiadas por rayos X) sobre ramas nerviosas específicas responsables de la misma (los denominados nervios geniculados).

En su descripción asumió un patrón de inervación de la rodilla basado en la existencia de cuatro ramas sensitivas que denominó nervios geniculados; geniculado supero-medial, geniculado ínfero-medial, geniculado supero-lateral y geniculado ínfero-lateral.

En base a dicho patrón la localización de esas tres ramas se conseguía mediante el emplazamiento guiado por rayos X de agujas en la intersección entre metáfisis y diafisis del fémur tanto a nivel medial como lateral. Mediante este abordaje y sin más guías conseguía interrumpir la transmisión sensitiva de la rodilla. En vista a los buenos resultados presentados por el equipo de Choi³⁴ diversos grupos de trabajo reprodujeron el protocolo propuesto con resultados variables.

1.3 CONTROVERSIAS SOBRE LA ANATOMÍA SENSITIVA DE LA ARTICULACIÓN DE LA RODILLA.

Ante la situación clínica generada por el nuevo abordaje propuesto por el Dr. Choi, los procedimientos invasivos para el tratamiento del dolor de rodilla, se han hecho cada vez más frecuentes, con resultados esperanzadores. La inervación sensitiva de esta articulación ha adquirido una importancia decisiva no exenta de controversias. Tras una extensa revisión bibliográfica³⁰⁻³⁹ diferentes grupos de trabajo consideramos que el termino resulta cuanto menos inexacto e incompleto.

Algunos autores, entre los que nos encontramos, consideramos que es necesario profundizar en los estudios anatómicos sobre la inervación sensitiva de la rodilla procedente desde ramas del plexo lumbar (NF y NO) y del plexo lumbo-sacro (NC).

De las conclusiones extraídas de la bibliografía podemos asegurar que la inervación de la articulación de la rodilla es compleja. Proviene de diferentes orígenes y es extremadamente variable entre individuos. Para analizar los resultados de la bibliografía se ha dividido tradicionalmente la inervación sensitiva de la articulación en dos porciones (medial y lateral). La inervación de la porción medial de la articulación en base a los trabajos de Gardner y Dellon es dependiente de ramas del nervio femoral, de ramas del nervio obturador y de ramas sensitivas del NT (cuya presencia se ha demostrado como variable³⁵). El NF contribuye a la inervación de la cara medial de la rodilla a través de ramas sensitivas del NVM²⁵ y de la rama infrapatelar procedente del NS. El NO por su parte contribuye a la inervación de esta cara de la articulación por medio de la porción sensitiva de la rama anterior. La contribución de ramas sensitivas procedentes del nervio tibial ha sido descrita por autores como Gardner³⁵.

La inervación de la cara lateral de la articulación es tributaria de ramas del NF y del NPC. El NF contribuye a la inervación de esta cara de la articulación por medio de ramas distales. A través de los NVL, y para el NVI contribuye junto con ramas sensitivas del NPC a la

inervación de la cara lateral de la articulación.

La innervación de esta cara de la articulación presenta especial variabilidad entre individuos^{35,36}. La presencia de las ramas del NVL^{35,36}, ramas del NVI y de las ramas sensitivas procedentes del NPC no son siempre constantes en su desarrollo e incluso presencia. La innervación de la región inferior de esta porción es recogida por el denominado nervio peroneo recurrente³⁵ (rama del nervio peroneo), nervio de vital importancia en la innervación de la región anterior de la tibia.

En la bibliografía reciente han aparecido citas enfocadas a enfatizar la extensa y variable innervación sensitiva de la rodilla³⁵⁻⁴⁶.

Sin embargo, en estos estudios la descripción se centra en las ramas nerviosas previamente denominadas por el estudio de Choi³⁴ como nervios geniculares. Las descripciones anatómicas realizadas por Hirasawa et al resaltan la importancia de ramas sensitivas derivadas de los NO y NPC no tenidas en cuenta en el estudio de Choi. En su descripción Franco et al⁴⁵ mencionan la importancia que las ramas sensitivas provenientes del NPC tienen en la innervación de la cara inferolateral de la articulación de la rodilla. Sin embargo, enfatizan la dificultad que entraña su proximidad al NPC para el tratamiento con terapias ablativas, descartando la actuación terapéutica por medio de estas terapias sobre ellas.

1.4. ANATOMÍA SENSITIVA DE LA RODILLA.

La innervación de la articulación de la rodilla proviene de ramas nerviosas sensitivas distales provenientes de los plexos lumbar y lombo-sacro.

1.4.1 Plexo lumbar.

El plexo lumbar está formado por las anastomosis de las ramas anteriores de las raíces de L1, L2 y L3 y una porción de la raíz de L4.

Es fuente de origen de parte de los nervios encargados de la inervación de la rodilla entre los que se incluyen el nervio femoral y el nervio obturador

1.4.1.1 Plexo lumbar. Ramas nerviosas del plexo lumbar contribuyentes a la inervación de la articulación de la rodilla.

El plexo lumbar tras su nacimiento se dividirá en ramos nerviosos colaterales y ramos nerviosos terminales. Son los ramos nerviosos terminales aquellos que constituirán las ramas nerviosas encargadas de proveer sensibilidad a nivel distal a la articulación de la rodilla por medio de los nervios femoral, femoro-cutáneo lateral y obturador

1.4.1.1.1 Nervio femoro-cutáneo lateral .

El nervio femoro-cutáneo, cutáneo lateral femoral o nervio cutáneo lateral desciende desde su origen en el plexo lumbar para distribuirse a lo largo de la piel de la parte lateral desde la nalga, el glúteo y el muslo. Contribuye por medio de ramas distales a la inervación de la piel de la región lateral del extremo distal del muslo.

1.4.1.1.2 Nervio obturador (NO).

El NO es una rama nerviosa que tiene origen en el plexo lumbar. Se forma gracias a la unión de las ramas anteriores de las raíces de L2 a L4 constituyendo un nervio de carácter mixto que proporciona inervación motora (músculos aductores), inervación sensitiva (para la cara interna del tercio inferior del muslo), y fibras articulares para las articulaciones de la rodilla y cadera. Todo esto lo llevará a cabo a través de dos ramos terminales distales:

a) Ramo anterior. Desciende dproveindo de inervación a los músculos aductor largo, aductor corto y grácil respectivamente. Tras esta función motora esta rama dará lugar a diversos ramos cutáneos (encargados de inervar la región medial de la articulación) y un filete

articular que se encarga de contribuir a la inervación de la porción medial de la articulación de la rodilla.

b) Ramo posterior. Desciende proporcionando inervación motora al músculo obturador externo y a la articulación de la cadera.

1.4.1.1.3 Nervio femoral (NF).

Nace de las ramas L2, L3 y L4, tras su nacimiento entre los músculos psoas e ilíaco para posteriormente dividirse en sus cuatro ramos terminales principales: el nervio cutáneo anterior medial, el nervio cutáneo anterior lateral, los nervios para cada uno de los vientres del músculo cuádriceps femoral y el nervio safeno a nivel más distal (figura 1).

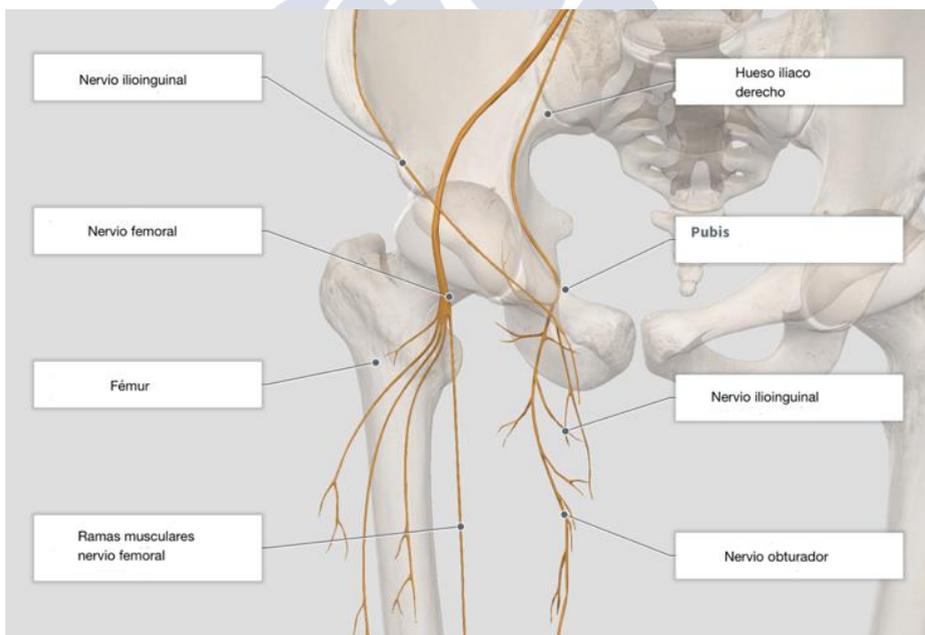


Figura 1 - Autor Jorge Orduña

De estas cuatro ramas terminales derivadas del nervio femoral son las dos últimas (nervios para los vientres del cuádriceps y el nervio safeno) las que tienen una importancia capital en la inervación de la articulación de la rodilla.

-Nervio para los vientres del músculo cuádriceps.

Este nervio tras su nacimiento a nivel proximal desde el nervio femoral da origen a cuatro ramos independientes de carácter mixto que acompañarán a cada uno de los cuatro vientres del cuádriceps:

-Nervio para el músculo vasto lateral (NVL): Esta rama de carácter mixto tras su nacimiento se dirige inferior y lateralmente a lo largo del muslo en íntima relación al músculo que le da nombre. Proporciona inervación motora para el músculo además de ramas sensitivas a nivel distal que contribuirán a la inervación de la región superolateral de la articulación.

-Nervio para el músculo recto anterior (NRA) : Esta rama nerviosa mixta tras su nacimiento penetra en el espesor del músculo para iniciar su división conforme desarrolla su trayecto descendente en íntima relación al músculo.

-Nervio del músculo vasto intermedio (NVI): El NVI penetra en el músculo muy superiormente y desarrolla un trayecto descendente por su cara anterior. Emitiendo ramas motoras.

-Nervio para el músculo vasto medial (NVM): El NVM en su trayecto proximal desarrolla un recorrido en íntima relación al nervio safeno. Se separa de esta rama sensitiva en las porciones proximales del muslo, a nivel del triángulo femoral. Conforme el nervio desarrolla su carácter descendente a lo largo del muslo emite ramas de carácter motor para proveer de inervación al músculo que le da nombre. A nivel distal esta rama emite ramos sensitivos encargados de dar sensibilidad a la cara medial de la articulación.

-Nervio safeno (NS): Rama sensitiva distal proveniente del nervio femoral. Desarrolla un trayecto descendente a lo largo del muslo en íntima relación al nervio para el músculo vasto medial. Tras separarse de esta rama del vasto medial el nervio safeno penetra en la vaina de los vasos femorales hasta alcanzar las proximidades del conducto aductor. Descendiendo a través del canal aductor el nervio se relaciona con el músculo sartorio para finalmente perforar su fascia y dividirse en dos ramas terminales: rama infrarotuliana y rama tibial (figura 2).

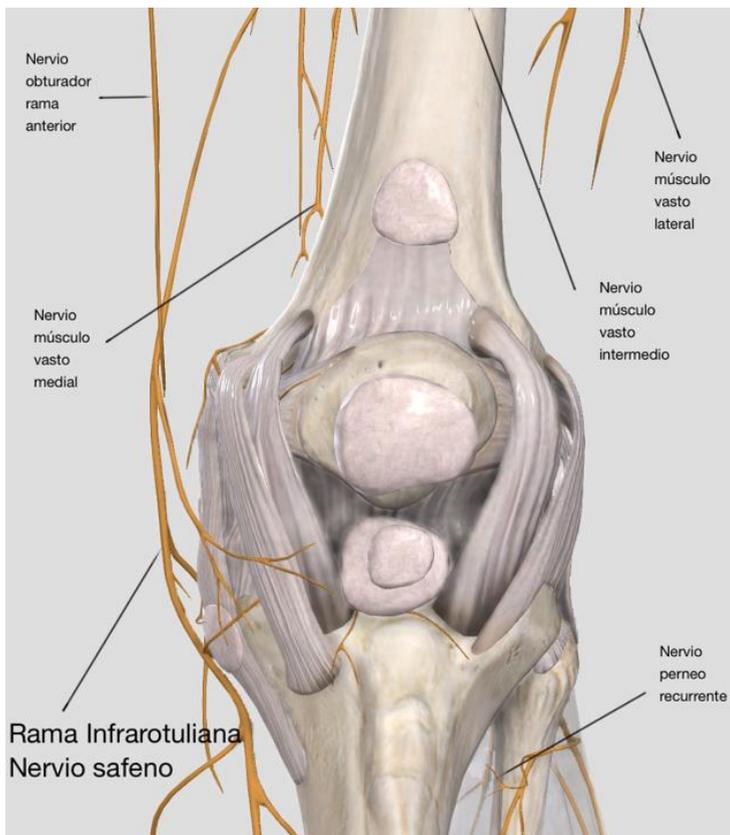


Figura 2 Autor Jorge Orduña

1.4.2 Plexo sacro.

1.4.2.1 Plexo sacro. Anatomía del plexo sacro

El plexo sacro está constituido por el tronco lumbosacro resultante de la unión del ramo anterior del la rama de L5 con el ramo comunicante del ramo anterior de L4 y por los ramos anteriores de los tres primeros nervios sacros (S1, S2 y S3).

1.4.2.2.Plexo sacro. Nervios contribuyentes a la inervación de la rodilla.

El plexo sacro a través del nervio ciático contribuye a la inervación de la articulación de la rodilla

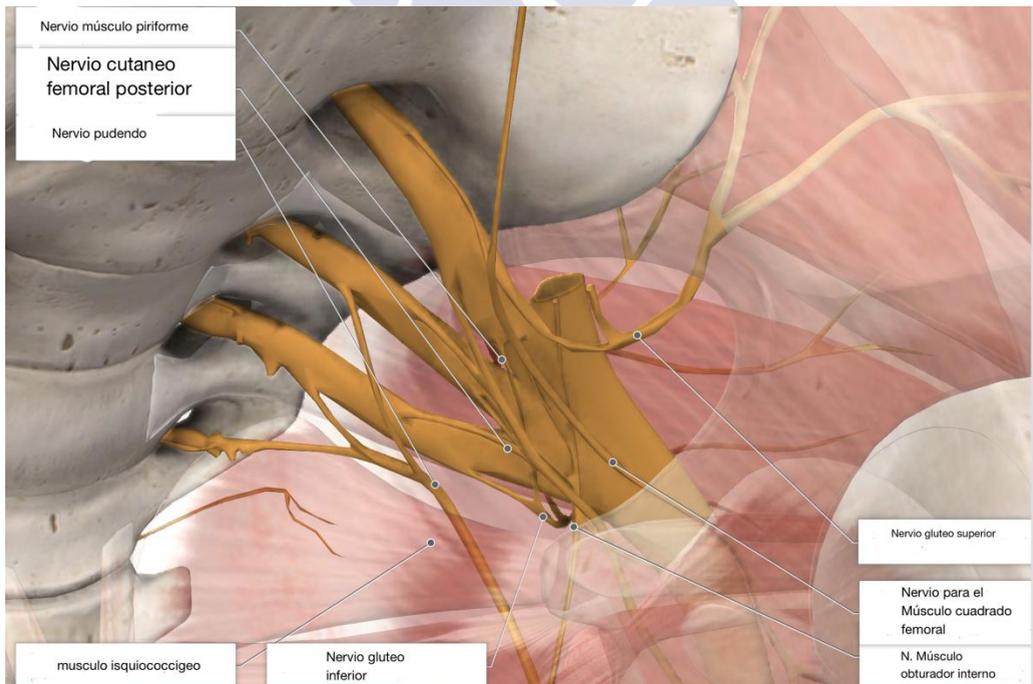


Figura 3 Autor Jorge Orduña

1.4.2.2.1 Nervio ciático (NC). Ramo terminal.

Rama distal del plexo sacro. Es un nervio de características mixtas que desde su nacimiento en la región glútea desciende por el surco entre el isquion y el trocánter mayor. El NC emerge de la pelvis a través de la escotadura ciática mayor, descendiendo hacia la región glútea y después hacia la región posterior del muslo. (Figura 3) A nivel de la fosa poplítea (aunque con importante variabilidad) se divide en sus dos ramos terminales, los nervios peroneo común y tibial de los que surgirán ramas encargadas de proveer sensibilidad a la articulación de la rodilla³⁵

-Ramos colaterales : El NC emite 7 ramos destinados a proveer de inervación a diversos músculos de la región posterior del muslo y a la articulación de la rodilla. Estos ramos son el nervio superior del músculo semitendinoso, el nervio de la cabeza larga del músculo bíceps femoral, el nervio inferior del músculo semitendinoso, el nervio del músculo semimembranoso, el nervio del músculo aductor mayor, el nervio de la cabeza corta del músculo bíceps femoral y el ramo articular de la rodilla.

-Ramos terminales: En la mayor parte de los casos, el NC se divide en sus dos ramos terminales, los nervios peroneo común y tibial, en el ángulo superior de la fosa poplítea. Sin embargo esta división está sujeta a importante variabilidad interindividual siendo posible que la división se produzca en porciones más proximales en la región posterior del muslo, en la región glútea o incluso en la pelvis, en el origen mismo del nervio. En este último caso, el nervio peroneo común suele atravesar el músculo piriforme, mientras que el nervio tibial pasaría inferiormente a éste.

-**Nervio peroneo común (NPC)** El NPC es el ramo de bifurcación lateral del NC. Inerva los músculos y los tegumentos de la región anterolateral de la pierna y de la región dorsal del pie (Figura 4). Desde su origen en el hueco poplíteo esta rama terminal se dirige inferior y lateralmente siguiendo el borde medial del músculo bíceps femoral hasta su inserción peronea para cruzar el extremo superior de la cabeza lateral del músculo gastrocnemio antes de alcanzar la cabeza

del hueso peroné. Tras sobrepasar posteriormente la cabeza del hueso peroné pasa por un orificio delimitado por el tabique intermuscular posterior de la pierna y el borde posterior del peroné. Desde ese punto hasta su final el nervio se halla aplicado sobre el cuello del peroné. El NPC se divide distalmente en dos ramas terminales: los nervios peroneos superficial y profundo. –

-Ramas colaterales: Estos ramos son cuatro, de superior a inferior: el ramo articular de la rodilla, el ramo comunicante peroneo, el nervio cutáneo sural lateral y los nervios superiores del músculo tibial anterior.

1- Ramo retinacular lateral de la rodilla. Ramo sensitiva de la rodilla, proveniente del nervio peroneo común. Nace en la fosa poplítea y se ramifica en la porción lateral de la articulación de la rodilla.

2- Ramo comunicante peroneo o peroneo recurrente. Tiene su origen en el borde superior del cóndilo latera desde donde se dirige profundo a la fascia y después superficial para de forma variable unirse mas inferiormente al nervio cutáneo sural medial.

3-Nervio cutáneo sural lateral. El nervio cutáneo sural lateral nace del nervio peroneo común, directamente o por medio de un tronco común con el ramo comunicante peroneo. Este ramo atraviesa la fascia y se distribuye en los tegumentos de la cara lateral de la rodilla y de la pierna.

4- Nervios superiores del músculo tibial anterior. Nacen del nervio peroneo común inmediatamente superiores a su bifurcación. Se dirigen entre las inserciones peroneas del músculo extensor largo de los dedos para perderse en los fascículos más superiores del músculo tibial anterior. Uno de sus ramas suministra un filete nervioso a la articulación tibioperonea.

-Ramas terminales

1- Nervio peroneo superficial o nervio fibular superficial (NPS). Se dirige inferior entre las inserciones del músculo peroneo largo para descender entre los músculos peroneos y el tabique intermuscular anterior de la pierna alcanzando así el tercio inferior de ésta o bien atravesar el tabique intermuscular anterior de la pierna y descender sobre el lado medial del tabique hasta el tobillo, donde atraviesa la fascia y se hace superficial.

Los ramos terminales son los nervios cutáneo dorsal medial y cutáneo dorsal intermedio

2-Nervio peroneo profundo o nervio fibular profundo (NPP). Desciende discurriendo sobre la cara lateral del peroné, entre las inserciones del músculo peroneo largo, sobre la cabeza y el cuello del hueso peroné a través de las inserciones peroneas del músculo extensor largo de los dedos. Tras esto esta rama terminal se adosa, a la arteria tibial anterior, con la que se relaciona hasta el fondo del intersticio comprendido entre el músculo tibial anterior y los músculos extensor largo de los dedos y extensor largo del dedo gordo.

En el tobillo, el nervio discurre profundo a los retináculos de los músculos extensores y se divide en dos ramos terminales.

1. El ramo lateral, llamado nervio de los músculos extensor corto de los dedos y extensor corto del dedo gordo. Se dirige en posición lateral para introducirse junto con la arteria tarsiana lateral profundamente a los músculos extensores cortos. El ramo lateral da origen a algunos ramos articulares y a un filete nervioso que penetra en el espacio interóseo del metatarso.

2. El ramo medial continúa el trayecto del nervio peroneo profundo hasta alcanzar el extremo posterior del primer espacio interóseo del metatarso.

-Nervio tibial (NT).El NT forma la rama de bifurcación medial del NC; es una rama sustancialmente más voluminosa que el NPC y esta destinado a proveer inervación a los músculos de la pierna y de la planta del pie, así como a los tegumentos de la región plantar (figura 4).

El NT continúa la dirección del nervio ciático y desciende verticalmente la fosa poplítea, pasa anteriormente al músculo gastrocnemio y profundo al arco tendinoso del músculo sóleo. A partir de dicho punto emite un trayecto casi vertical y ligeramente oblicuo en sentido inferior y medial hasta el canal cálcaneo, donde se divide en dos ramos terminales: los nervios plantares medial y lateral.

En la fosa poplítea, la posición del NT se encuentra profunda a la fascia y posterior y en posición un poco lateral a la vena poplítea (la cual a su vez es posterior y lateral a la arteria poplítea). Distal al hueco poplíteo el NT desciende en una primera porción posterior a los vasos tibiales posteriores para más inferiormente, posicionarse sobre el músculo tibial posterior y el músculo flexor largo de los dedos. En este recorrido el NT se halla recubierto por el músculo tríceps sural y el tabique intermuscular transverso de la pierna..

En el tobillo, el nervio tibial se introduce profundamente al retináculo de los músculos flexores y discurre posterior a los vasos.

-Ramas colaterales en la fosa poplítea. En la fosa poplítea, el nervio tibial da origen a cinco ramas musculares, a las ramas articulares posteriores de la rodilla y a una rama sensitiva, el nervio cutáneo sural medial. Estos diferentes ramos nacen bien aisladamente, bien por medio de varios troncos comunes (figura 4).

- a) Ramas musculares. Ramas que proveen de inervación a los músculos gastrocnemio, sóleo, plantar y poplíteo.
- b) Rama articular posterior de la rodilla. Rama que penetra en la articulación por su cara posterior.
- c) Nervio cutáneo sural medial. Nace en la mitad de la fosa poplíteica para desde ahí dirigirse profundo a la fascia en posición lateral al extremo terminal de la vena safena menor a porciones distales. En la mitad superior de la pierna, el nervio cutáneo sural medial discurre por un surco longitudinal que separa las dos cabezas del músculo gastrocnemio. Atraviesa la fascia por el mismo orificio que la vena, un poco inferior a la porción muscular de las cabezas del músculo gastrocnemio. En estas porciones de su trayecto (aunque con cierta variabilidad), el nervio cutáneo sural medial emite una comunicación con el ramo comunicante peroneo para formar el nervio sural. Este nervio se dirige inferior y lateralmente a lo largo del tendón calcáneo y proporciona ramas nerviosas destinadas a proveer inervación a los tegumentos de la pierna, a la región maleolar lateral y a la porción lateral del talón. Además es el encargado de suministrar inervación a la articulación talocrural.

Llegado al tobillo, el nervio sural rodea el maléolo lateral y se extiende a lo largo del borde lateral del pie hasta el 5 dedo. En algunos individuos, el nervio termina formando el nervio digital dorsal lateral del dedo pequeño; en otros, da origen a los tres últimos nervios digitales dorsales.
Ramos colaterales.

Tras atravesar el arco tendinoso del músculo sóleo, el NT da origen a ramas colaterales encargadas de proveer inervación a los músculos profundos de la región posterior de la pierna, a la articulación talocrural, a la piel del talón y a la planta del pie.

Ramos terminales.

Los ramos terminales del NT son dos. Se denominan nervio plantar medial y nervio plantar lateral. Proceden de la bifurcación del nervio tibial posteriormente al maléolo medial o, más inferiormente, en el canal calcáneo.

-Nervio plantar medial (NPM). Se dirige a posiciones distales desarrollando un trayecto que cruza el ángulo agudo la cara profunda de los vasos tibiales posteriores. Cubierto por el músculo abductor del dedo gordo y acompañado por la arteria plantar medial se situará primero sobre el borde medial y después en el lado lateral de este vaso.

El NPM se divide, a la altura del hueso navicular, en dos ramos terminales, uno medial y otro lateral.

-Nervio plantar lateral (NPL). Cruza la arteria plantar lateral discurriendo anterior y lateralmente (entre los músculos flexor corto de los dedos y cuadrado plantar) para alcanzar el extremo del quinto hueso metatarsiano, punto en el que el NPL se divide en sus dos ramos terminales: ramo superficial y profundo.

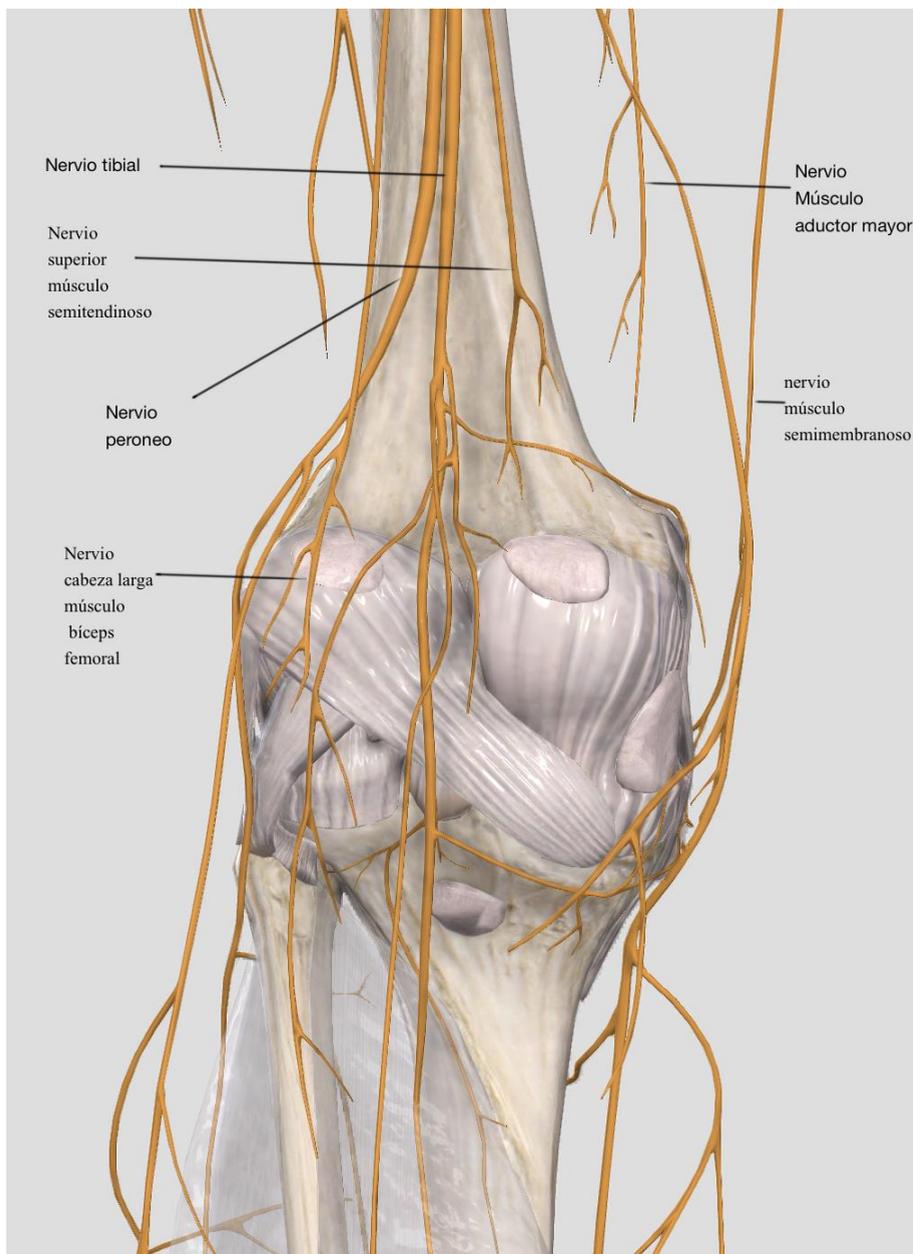


Figura 4 Autor Jorge Orduña

1.5 TIPOS DE TRATAMIENTOS NO QUIRÚRGICOS

En la bibliografía actual hay consenso a la hora de desaconsejar la infiltración sistemática y repetida de corticoides y anestésicos locales intraarticulares por su efecto deletéreo sobre el cartílago articular¹⁸⁻²¹. Las terapias de viscosuplementación intraarticular a pesar de sus prometedores resultados aún no gozan de consenso para recomendarlos como estándar de tratamiento del dolor de esta articulación²²⁻²⁴.

La radiofrecuencia es una forma de tratamiento del dolor crónico que, por medio de la utilización de corrientes eléctricas, es capaz de generar cambios en estructuras nerviosas. En función de las características con la que la radiofrecuencia se aplique sobre el tejido diana (voltaje, forma de aplicación—continua o en forma de pulsos--) la temperatura alcanzada producirá cambios ablativos o neuromoduladores. Actualmente se asume que 42°C es la temperatura límite en el cual los cambios generados pasan de ser neuromodulativos (por debajo de 42 °C – radiofrecuencia pulsada) a ablativos (por encima de 42°C—radiofrecuencia térmica).

La aplicación de radiofrecuencia como parte del abordaje del tratamiento del dolor crónico fue inicialmente descrito por Mullan⁴⁷ y modificada por Rosomoff⁴⁸ para lesionar un área donde una lesión circunscrita producía lesiones predecibles y aplicables con fines de alivio del dolor en cordotomias.

En la década de los 50 Sweet y Mark⁴⁹ extendieron su uso al tratamiento de la neuralgia del trigémino mediante su aplicación sobre el ganglio de Gasser.

En 1975 Shealty⁵⁰ describió su aplicación como parte del abordaje terapéutico del dolor lumbar con origen en las articulaciones zigapofisarias. La aplicación de radiofrecuencia térmica sobre el ramo medio de la raíz dorsal del nervio raquídeo (estructura sensitiva encargada de la inervación de esta articulación) permite aliviar durante prolongados periodos de tiempo el dolor con origen en esta estructura

habiéndose convertido su aplicación en este emplazamiento en un estándar en el protocolo de tratamiento no quirúrgico del dolor lumbar.

Gracias a los magníficos resultados obtenidos en el tratamiento del dolor de origen facetario el uso de la radiofrecuencia en su variante convencional se ha extendido a diferentes estructuras siendo estándar de tratamiento no quirúrgico del dolor de varios orígenes: dolor de cadera, dolor sacroiliaco, dolor discogénico, neuralgias faciales.

En aquellas estructuras que por sus características no interese aplicar un tratamiento ablativo se puede aplicar la variante pulsada de la radiofrecuencia. Esta variante permite contener la temperatura alcanzada en la aguja de manera que no se generen cambios ablativos en el tejido tratado. Las condiciones producidas en el tejido son diversas 51-53

Diversos estudios han demostrado como la variante pulsada de la radiofrecuencia tiene efectos sobre:

-Las fibras nerviosas⁵⁴. De manera que la aplicación de la radiofrecuencia pulsada ejerce un efecto biológico no relacionado con el daño termal, producido sobre las fibras de pequeño diámetro (fibras nociceptivas C y A-delta).

-Genes reguladores. Vallejo et al⁵⁵ demostraron como la radiofrecuencia pulsada (RFP) podría influenciar en la expresión de genes reguladores a lo largo de las vías dolorosas nociceptivas. De acuerdo a este estudio se demostró como mediante la aplicación de esta variante podrían revertirse los efectos de hipersensibilidad desarrollados tras un daño sobre una estructura nerviosa.

A nivel clínico la aplicación de la radiofrecuencia pulsada está respaldada en determinadas entidades patológicas por estudios clínicos. Así Magistri et al⁵⁶ demostraron como la aplicación de la variante pulsada sobre estructuras como el plexo braquial era exitosa en emplazamientos anatómicos donde las terapias ablativas no son posibles.

En la actualidad el uso de la variante pulsada de la radiofrecuencia es una práctica no exenta de controversia. Mientras que en Europa es una variante terapéutica de uso frecuente para diferentes condiciones de dolor crónico: aplicación sobre el ganglio de la raíz dorsal en el dolor radicular lumbar, aplicación sobre el ganglio de Gasser en la neuralgia del trigémino, aplicación sobre nervios periféricos en condiciones dolorosas como la meralgia parestésica, dolor post toracotomía etc. Solo su aplicación sobre el nervio supraescapular en el tratamiento del hombro doloroso (por patología del manguito rotador) está respaldada por evidencia científica^{57, 58}

La radiofrecuencia enfriada o cooled es una variante de la radiofrecuencia en la que la temperatura del electrodo es descendida gracias a un mecanismo de irrigación interna. Esta irrigación interna permite alcanzar energías mayores y áreas de lesión más grandes que las producidas por la radiofrecuencia convencional o térmica. La eficacia clínica de la variante cooled de la radiofrecuencia está demostrada mediante ensayos clínicos en la articulación sacroiliaca y la rodilla⁵⁹⁻⁶³. En estos estudios se concluye que el área de tratamiento producida por la utilización de radiofrecuencia enfriada, permite alcanzar con mayor eficacia las ramas sensitivas encargadas de inervar la estructura dolorosa.

En base a estas posibilidades y en base a los resultados aportados por el estudio del Dr. Choi³⁴ se ha generado un debate en torno a cuál es el método de tratamiento más adecuado para abordar las estructuras sensitivas encargadas de la articulación de la rodilla. Así en la actualidad existen dos vertientes de tratamiento:

1- La aplicación de la radiofrecuencia en su variante convencional radioguiada sobre las estructuras sensitivas encargadas de proveer sensibilidad a la rodilla.

2- La aplicación de la variante enfriada de la radiofrecuencia radioguiada sobre las estructuras sensitivas encargadas de proveer sensibilidad a la rodilla.

Los pobres resultados de la aplicación de la variante convencional radioguiada han llevado a reformular el paradigma sobre el que se basa la aplicación de la misma generándose dos vertientes parcialmente confluyentes y orientados a mejorar los resultados clínicos: 1) aumentar el área de lesión mediante el uso de la variante enfriada/cooled de la radiofrecuencia. 2) aumentar la especificidad del tratamiento (aumentando la proximidad a la zona a lesionar mediante el uso de la guía ecográfica).

1.6. MÉTODO DE GUÍA PARA EL ABORDAJE TERAPÉUTICO DEL DOLOR DE RODILLA

En la descripción inicial del abordaje del dolor crónico de rodilla mediante el uso de radiofrecuencia el doctor Choi³⁴ propuso un abordaje radioguiado, en el que las estructuras nerviosas descritas en su manuscrito como nervios geniculados serán localizados y tratados exclusivamente mediante agujas emplazadas por guía radiológica. El emplazamiento de las agujas de radiofrecuencia en dicho protocolo fue realizado en base a criterios anatómicos probabilísticos. Las localizaciones anatómicas propuestas fueron desarrolladas en base a estudios anatómicos en los que la “n” estudiada no paso de 30 especímenes anatómicos.

Choi³⁴ en su estudio propuso la colocación guiada por rayos X de las agujas de radiofrecuencia en posición adyacente a la intersección entre metafisis y diáfisis del fémur. En dicha localización asumen la localización persistente de las ramas nerviosas encargadas de recoger la sensibilidad de la rodilla. Los resultados obtenidos con la reproducción del protocolo han demostrado como este abordaje simplificó el recorrido de las estructuras nerviosas, además de incapacitar la detección de posiciones variantes anatómicas. Su incapacidad para visualizar de forma directa otra estructura que no fuese ósea incapacita al clínico el abordaje de situaciones de variación por otra parte frecuentes.

En base a estos limitados resultados Franco et al⁴⁵ desarrollaron un primer estudio en la universidad de Northwestern de Illinois (USA) en el que se propone una aproximación eco-guiada a estas estructuras responsables de la inervación de la articulación. En consonancia al mismo creemos que la ecografía debe ser el método de elección para este tipo de abordajes terapéuticos. Su capacidad para detectar todo tipo de estructuras como músculos, fascias, nervios, bifurcaciones nerviosas, estructuras óseas y vasculares permiten no solo la localización de los mejores puntos para el aplicar la radiofrecuencia sino que permiten disminuir las probabilidades de complicaciones tipo punciones /lesiones vasculares....



2. HIPÓTESIS





HIPÓTESIS

La compleja red nerviosa encargada de proveer inervación a la articulación de la rodilla hace que el abordaje no quirúrgico del dolor crónico de rodilla con radiofrecuencia sea complejo y sus resultados no satisfactorios.

La anatomía sensitiva propuesta en estudios previos como base para el tratamiento de este tipo de dolor con radiofrecuencia es incompleta y está repleta de variantes anatómicas (como demuestran estudios anatómicos previos). La simplificación de la anatomía sensitiva que diversos grupos han asumido para el desarrollo de protocolos de abordaje clínico ha hecho que los resultados obtenidos no sean los deseables.

Por medio de este estudio esperamos proveer una descripción precisa de las ramas sensitivas encargadas de proveer inervación a la articulación de la rodilla. Por medio de patrones ecográficos específicos proveeremos de una guía que permita la localización precisa y sistemática de las ramas nerviosas encargadas de proveer inervación sensitiva a la rodilla.



3. OBJETIVOS





OBJETIVOS

Elaborar patrones definitivos de localización ecográficos que permita la localización precisa de las ramas sensitivas y facilite su utilización en la clínica.





4. MATERIAL Y MÉTODO





MATERIAL Y MÉTODO

Para el desarrollo de los protocolos de localización ecográfica de las ramas nerviosas sensitivas a nivel distal diseñamos un estudio dividido en tres fases desarrollado sobre 25 muestras cadavéricas procedentes del Departamento de Anatomía de la Facultad de Medicina de la Universidad de Santiago de Compostela.

Fase 1: Mapeo sensitivo de la articulación de la rodilla.

En base a los patrones de distribución anatómica obtenidos de la revisión bibliográfica realizada se desarrollaron un total de dieciseis disecciones anatómicas sobre muestras cadavéricas del departamento de Anatomía de la Facultad de Medicina de la Universidad de Santiago de Compostela. En ellos exploramos los patrones de distribución de nervios encargados de recoger la sensibilidad de la articulación de la rodilla recopilándose información en forma de fotografías .

Fase 2: Elaboración de patrones ecográficos.

Para la obtención de los patrones de exploración ecográfica se usó un ecógrafo Sonosite Edge II con una sonda lineal de 13 MHz. En 5 muestras cadavéricas procedentes del departamento de Anatomía de la Facultad de Medicina de la Universidad de Santiago de Compostela realizamos la descripción de patrones de localización ecográfica de las ramas nerviosas sensitivas previamente descritas durante la fase 1 del estudio. Por medio de guía ecográfica procedimos a la localización de las ramas sensitivas distales a partir de los nervios de origen: nervio femoral, nervio obturador y nervio ciático.

Se recopilaron fotografías de los patrones de distribución descritos para cada una de las ramas nerviosas: 1) Nervio safeno. 2) Nervio para el músculo vasto medial. 3) Nervio para el músculo vasto lateral. 4) Nervio para el músculo vasto intermedio. 5) Nervio obturador (rama anterior). 6) Ramas sensitivas del nervio peroneo.

Fase 3: Verificación de los patrones ecográficos.

Por medio de guía ecográfica y utilizando los patrones descritos durante las fases I y II del estudio procedimos a la inyección ecoguiada de 2 ml tinta china en posición perineural en 9 muestras cadavéricas procedentes del departamento de Anatomía de la Facultad de Medicina de la Universidad de Santiago de Compostela.

Una vez depositada la tinta china en posición perineural por medio de guía ecográfica procedimos a la disección por planos de las muestras. Una vez localizados los nervios previamente inyectados se tomaron fotografías de las muestras cadavéricas con el fin de demostrar la exactitud de los patrones de localización ecográficos propuestos durante la fase 2.

ASPECTOS ÉTICO-LEGALES:

Aprobación del comité de ética:

El depósito de cadáveres del departamento de anatomía y embriología humana de la Universidad de Santiago de Compostela tiene la aprobación para el manejo de material humano de tal manera que no es necesaria la aprobación del comité de ética para el desarrollo de este estudio.

Conflicto de intereses.

El autor de la tesis declara que no existe conflicto de intereses.

5. RESULTADOS





RESULTADOS

5.1. PRIMERA FASE:

DISECCIÓN CADAVÉRICA. RECONOCIMIENTO ANATÓMICO

En base a los patrones de inervación previamente propuestos procedimos a la disección anatómica por planos en dieciséis de las 25 muestras estudiadas. Los resultados obtenidos en esta fase fueron agrupados elaborando patrones de inervación que con fines didácticos agrupamos en dos regiones: región medial y región lateral.

5.1.1. Anatomía sensitiva de la región medial de la rodilla

La inervación de la cara medial de la articulación proviene de ramas sensitivas distales de los nervios femoral y de la rama anterior del nervio obturador (provenientes del plexo lumbar). y de ramas sensitivas distales del nervio tibial (provenientes del plexo lumbosacro).

5.1.1.1. Nervio Femoral (NF).

Durante su recorrido descendente a través de la región anterior del miembro inferior emite ramas nerviosas en un plano superficial (ramas cutáneas anteriores) y ramas en un plano profundo (destinadas a la inervación sensitiva y motora de los vientres del cuádriceps, del fémur y de la articulación de la rodilla). A nivel proximal, adyacente a los vasos femorales el nervio dará lugar a los nervios para los vientres del músculo cuádriceps que se encargarán de proveer sensibilidad a cada uno de los vientres del músculo (recto anterior, músculo vasto medial, músculo vasto intermedio músculo vasto lateral) (figuras 5 y 6). Una vez emitidas estas ramas de carácter mixto el nervio femoral da lugar al Nervio Safeno (nervio de exclusivo carácter sensitivo).



Figura 5

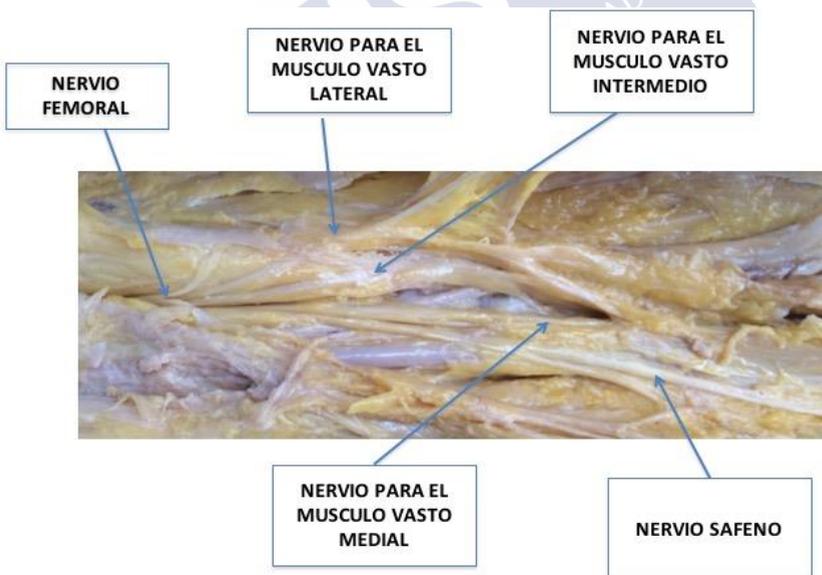


Figura 6

5.1.1.1.1. Nervio para el músculo vasto medial (NVM)

De todas las ramas para los vientres del cuádriceps es el NVM el que a través de variables e inconstantes ramas distales contribuyó a la sensibilidad de la cara medial de la articulación.

En las 16 muestras estudiadas el NVM desarrollo un trayecto descendente paralelo al nervio safeno, en íntima relación al músculo que le da nombre (Figura 7). A lo largo de este trayecto descendente se constató como el NVM contribuyo por medio de ramos motores a la inervación del músculo que le da nombre (Figura 8). En 5 de las 16 muestras estudiadas se aislaron ramas motoras específicas para zonas circunscritas del músculo (Figura 8).



Figura 7

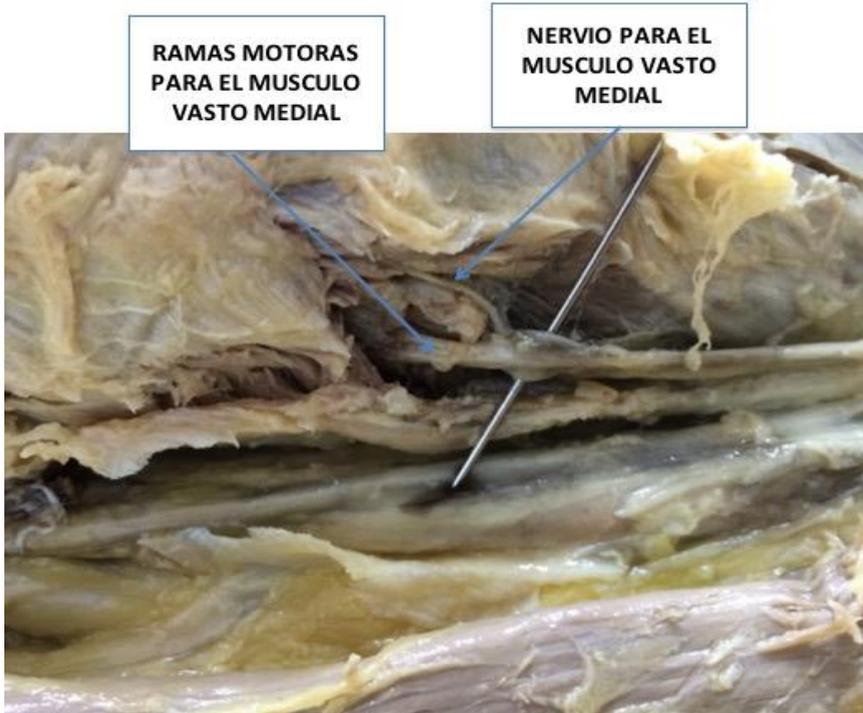


Figura 8

A nivel distal, tras atravesar el canal aductor o canal de Hunter es cuando el NVM en las muestras estudiadas emitió ramificaciones sensitivas encargadas de recoger la sensibilidad de esta región medial de la articulación. Estas ramificaciones fueron variables entre las muestras estudiadas (variando entre 2 y 4). De las 16 muestras estudiadas, en todas ellas se aisló una rama del NVM que finalizaba en el retinaculo medial. (figura 9 y figura 10).

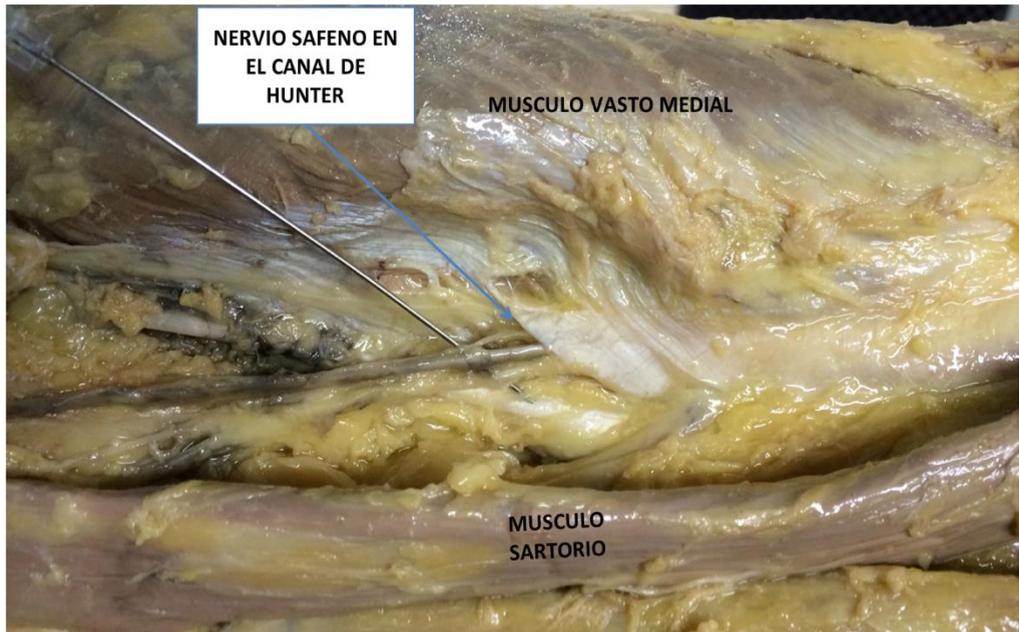


Figura 9

A nivel distal se observó como el NVM formó parte de la anastomosis que se establece entre la rama infrapatelar del NS, la rama anterior del obturador a nivel prerrotuliano y él mismo (figura 6).

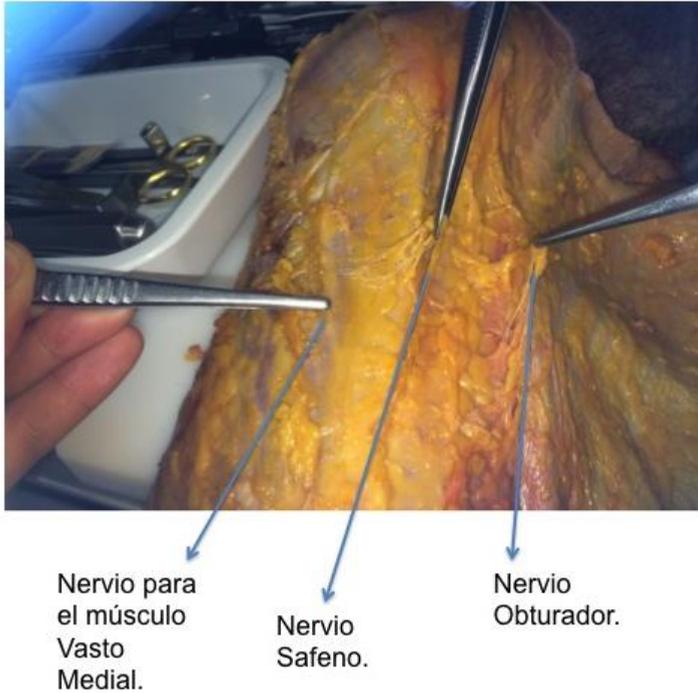


Figura 10

5.1.1.1.2. Nervio Safeno (NS)

Es la rama profunda sensitiva del NF. Tras su nacimiento en el tercio proximal del fémur observamos como en consonancia con lo descrito en la bibliografía previa este nervio desarrollaba un trayecto en posición externa a la vaina de los vasos femorales. Tras atravesar el canal aductor o canal de Hunter observamos en todas las muestras estudiadas como emitió sus ramificaciones distales encargadas de contribuir a la inervación sensitiva de la cara medial de la rodilla (Figuras 11 y 12):

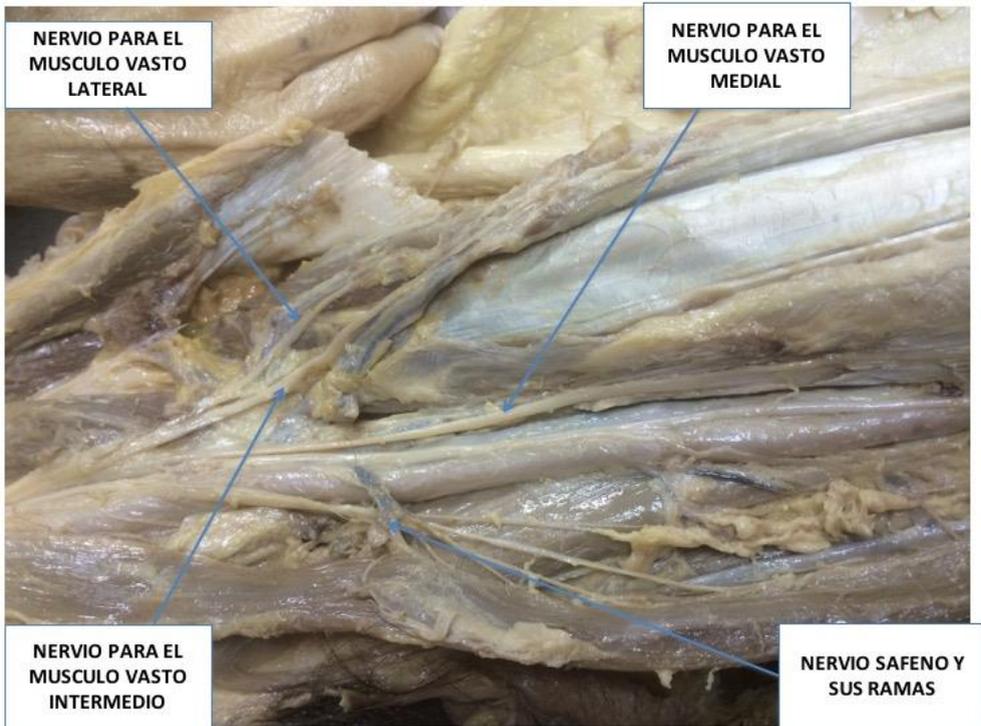


Figura 11

- *Rama Infrapatelar*: Tras su nacimiento observamos como atravesó el músculo sartorio para alcanzar la porción ínfero medial de la articulación. En las muestras estudiadas observamos como esta rama formaba parte del plexo prerotuliano junto a las ramas cutáneas anteriores del nervio obturador y al NVM (Figura 10 y 12)

- *Ramo tibial*: Se constató su existencia en todas las muestras estudiadas, no desarrollándose la disección de su trayecto hasta porciones distales del miembro inferior (por no ser el objetivo del estudio).

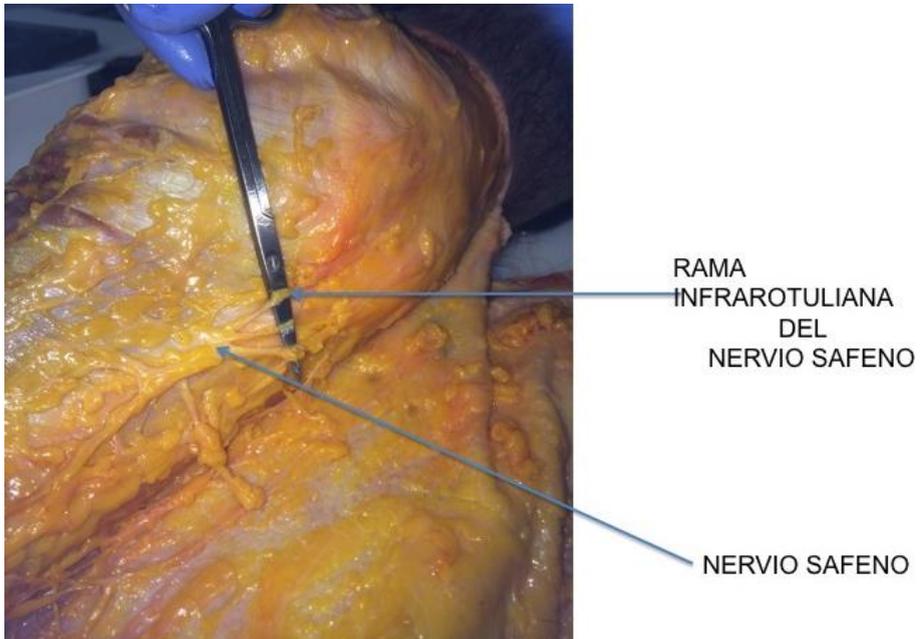
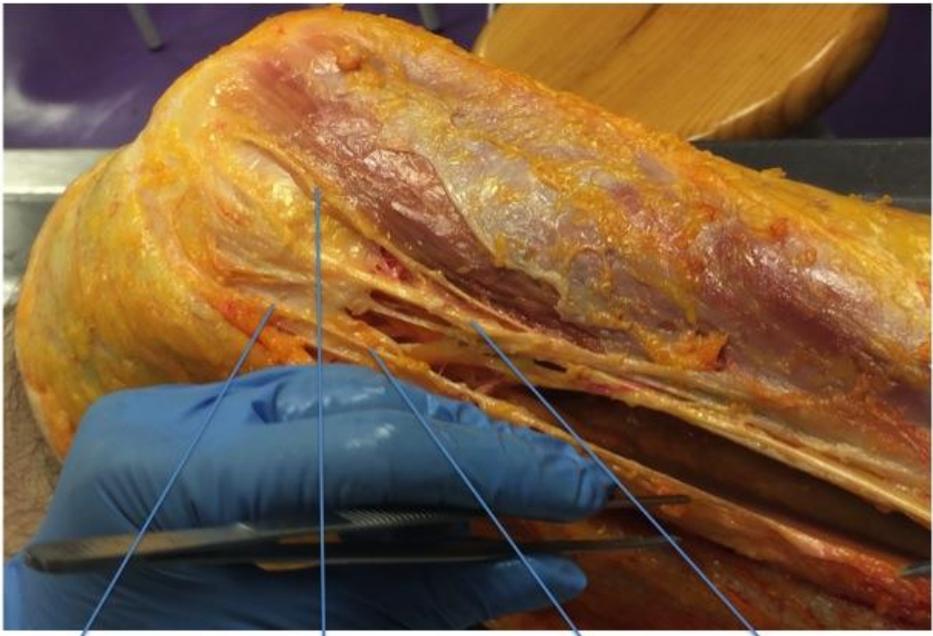


Figura 12

UNIVERSIDAD
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA



Rama
Sartorius

Rama
Infrarotuliana

N. Obturador

N. Safeno

Figura 13

5.1.1.1.3. Nervio Obturador (NO).

Se constato su presencia en 8 de las 16 muestras estudiadas. Se localizó en regiones proximales del muslo; (a nivel de los músculos aductores) para a partir de ese punto seguir su recorrido hasta regiones distales. Se constató su presencia en porciones distales en forma de rama superficial, cutánea con contribución la inervación de la región medial de la rodilla. (Figura 14, 15, 16 y 17).



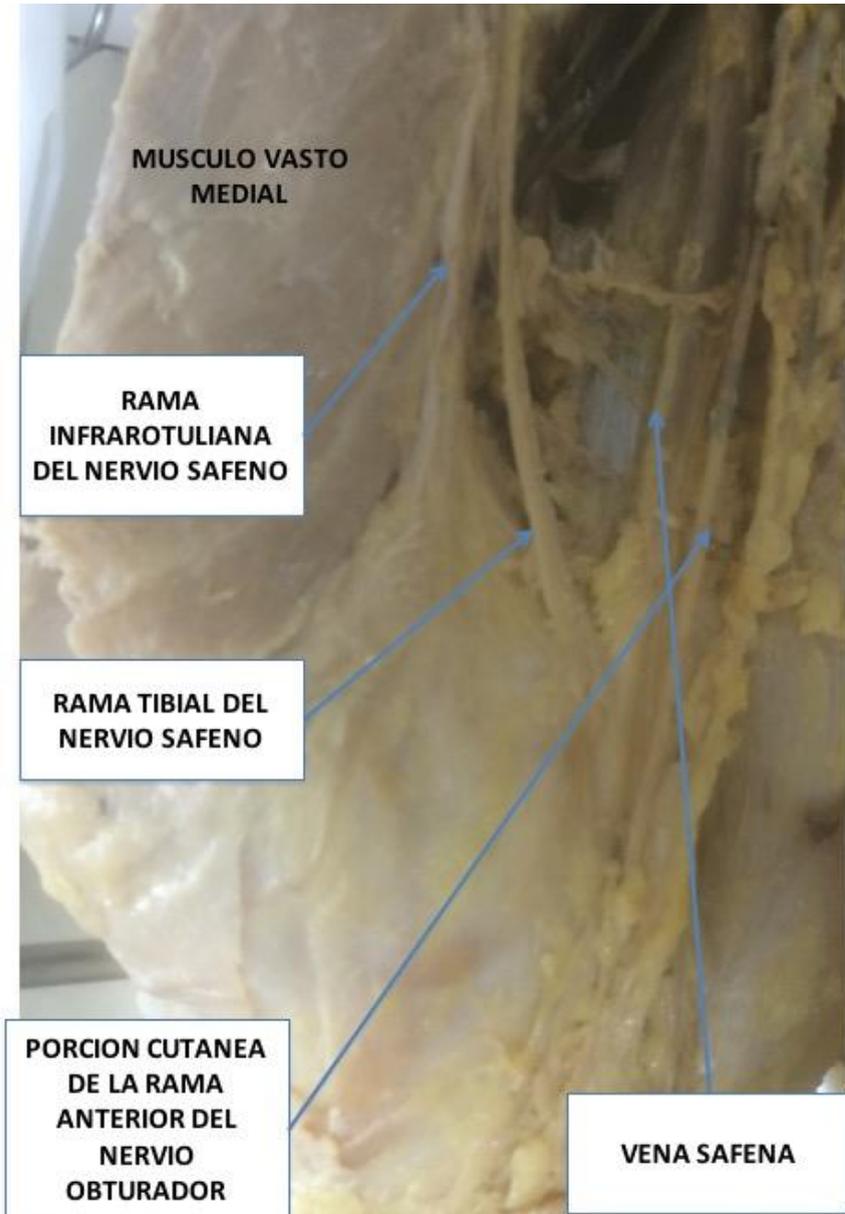


Figura 14

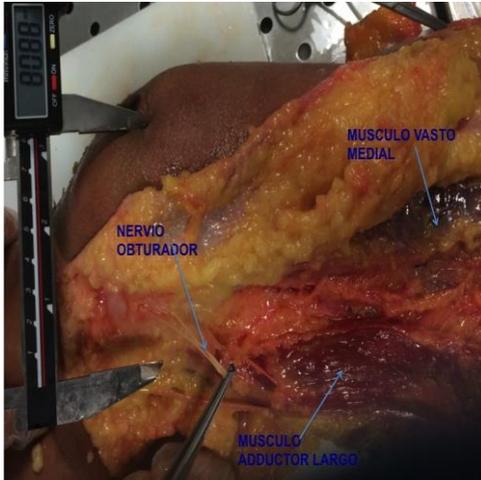


Figura 15



Figura 16

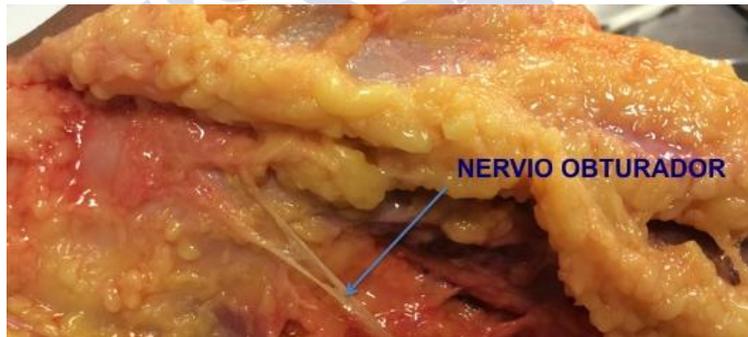


Figura 17

5.1.1.1.4. Nervio Tibial (NT).

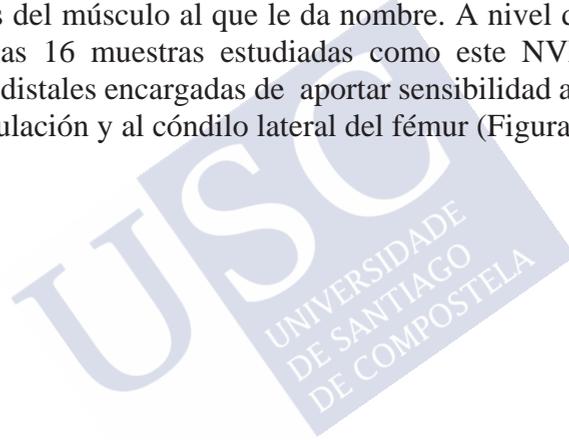
Rama del nervio Ciático. Constatada en la bibliografía previa como una de las fuentes de inervación de la cara medial de la articulación. Sin embargo en las disecciones realizadas no fue posible la localización precisa de las ramas provenientes de este nervio.

5.1.2. Inervación sensitiva de la cara lateral de la rodilla

La inervación de la cara lateral de la articulación proviene de ramas del nervio femoral (nervio para el músculo vasto lateral y vasto intermedio) y de ramas procedentes del nervio ciático.

5.1.2.1.. Nervio para el músculo vasto lateral (NVL)

Rama más distal de las ramificaciones nerviosas encargadas de inervar el cuádriceps, es un nervio de carácter mixto que en su recorrido descendente emitió ramificaciones motoras para los diferentes segmentos del músculo al que le da nombre. A nivel distal se aislaron en 4 de las 16 muestras estudiadas como este NVL poseía ramas sensitivas distales encargadas de aportar sensibilidad a la parte externa de la articulación y al cóndilo lateral del fémur (Figuras 18-21).



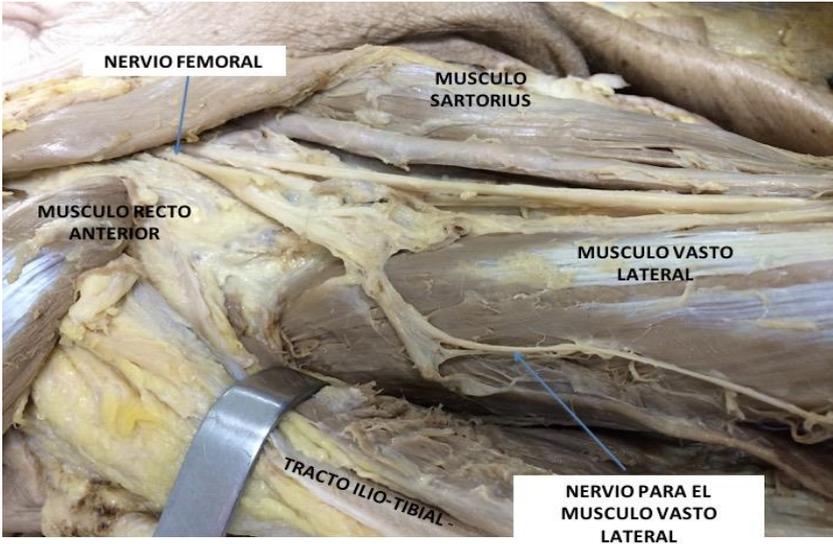


Figura 18

CARA LATERAL DE LA RODILLA NERVIO VASTO LATERAL



Figura 19

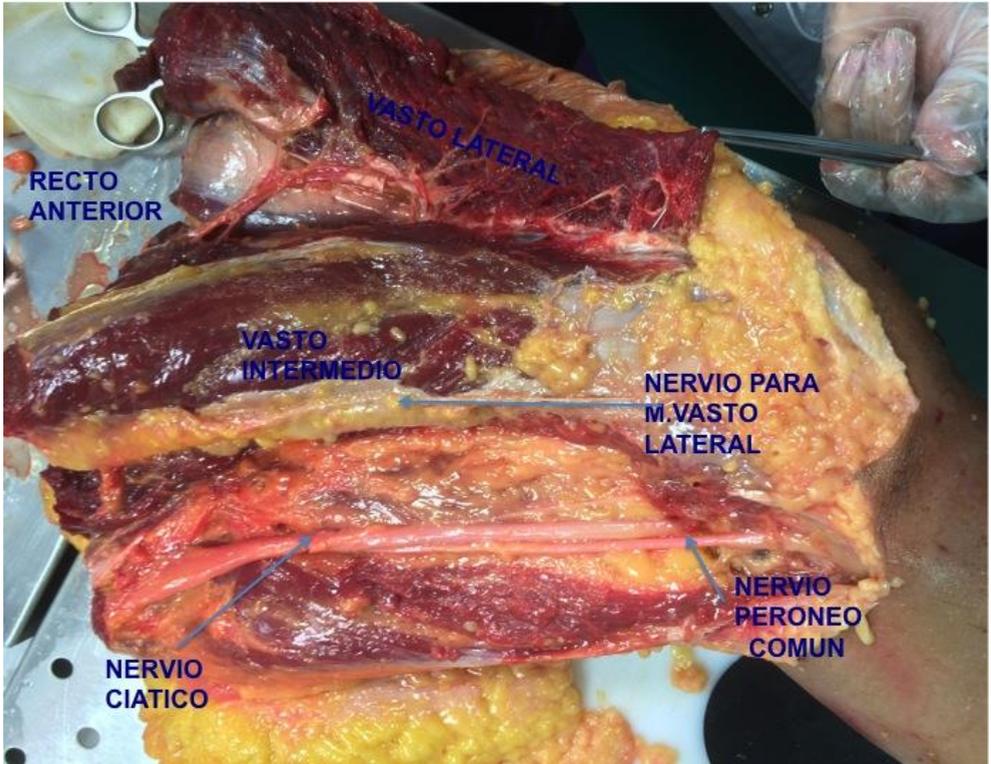


Figura 20

INERVACIÓN CARA LATERAL DE LA RODILLA.



Nervio para músculo vasto intermedio

Ramas motoras del nervio para el músculo Vasto Lateral.

Nervio para el músculo Vasto Lateral.

Nervio Retinacular Lateral.

Nervio Peroneo.

Figura 21

5.1.2.2.. Nervio para el músculo vasto Intermedio (NVI)

Rama de carácter mixto que nace a partir del nervio femoral a nivel del tercio proximal del fémur (Figuras 2-4). En 10 de las muestras cadavéricas estudiadas se constataron como este nervio alcanzaba porciones distales del muslo en íntima relación con el músculo que le da nombre en relación con las fascias de separación del musculo vasto intermedio con vasto medial y lateral. Durante su trayecto descendente se constató la emisión de ramas motoras en 5 de los 16 especímenes estudiados (figura 22).

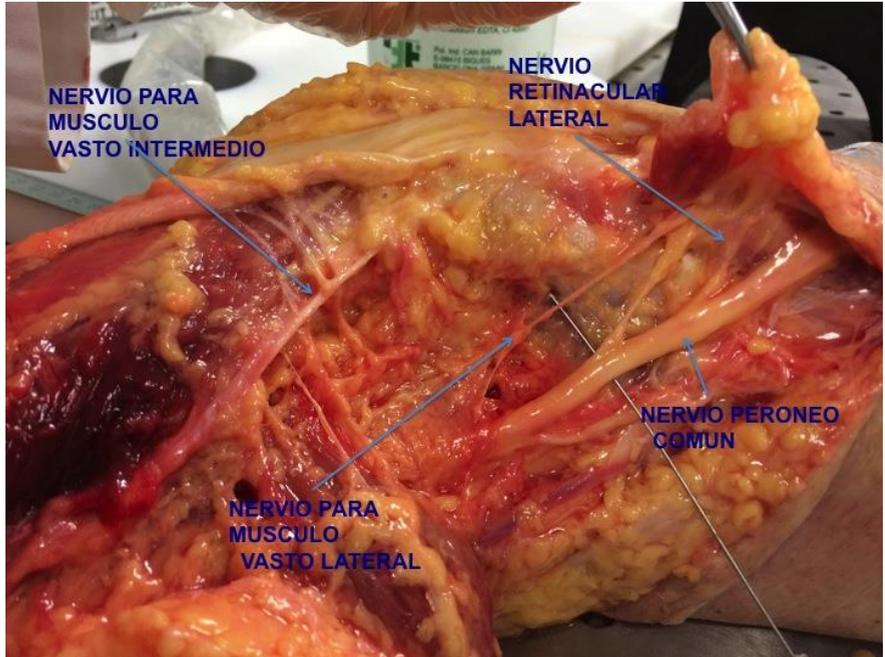


Figura 22

5.1.2.3. Ramas sensitivas provenientes del nervio peroneo común)

Las ramas sensitivas provenientes del nervio ciático encargadas de contribuir a la inervación de la cara lateral de la rodilla provienen del nervio peroneo común. Estas ramas proveniente del nervio ciático (Figura 16) fueron aisladas en las 16 muestras estudiadas. En solo dos de las 16 muestras estudiadas la bifurcación del nervio ciático se produjo proximal al hueco poplíteo (hecho congruente con la variabilidad descrita en la bibliografía previa)

En todas ellas se constato la existencia de pequeñas ramificaciones sensitivas provenientes del nervio peroneo común y que contribuyen a la inervación de la región lateral de la rodilla.

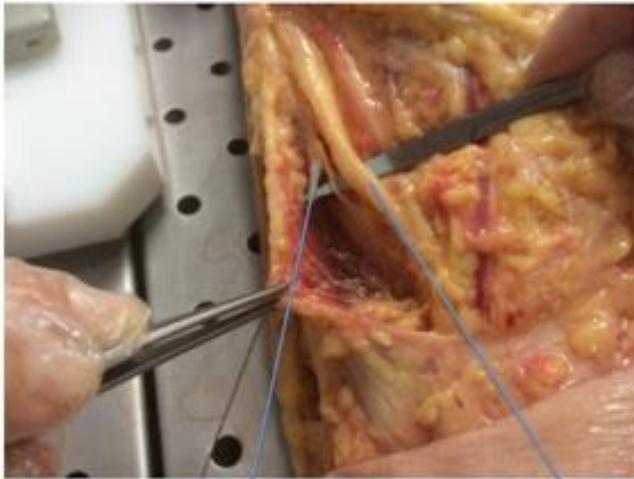
- Nervio retinacular lateral:

Rama sensitiva del nervio peroneo común. En las muestras estudiadas se constató su nacimiento en íntima relación con el músculo bíceps femoral y el gastronemios. Esta rama por su distribución y de forma congruente con la bibliografía previa se constató como una de las encargadas de proveer inervación a la cara supero medial de la articulación. En 6 de las 16 muestras estudiadas se constató su presencia. Su nacimiento se produjo a nivel de la fosa poplítea a partir del nervio peroneo común, desde allí se dirigió lateral y anterior emergiendo profundo al tendón del bíceps femoral hasta entrar en el espacio del retináculo lateral (Figuras 22 y 21).

- Nervio Peroneo Recurrente:

Rama sensitiva del nervio peroneo. Su presencia se constató en 4 de las 16 muestras estudiadas, Su nacimiento se produjo en las inmediaciones del paso del nervio peroneo vecino a la cabeza del hueso peroné. En congruencia con la bibliografía previa existente se constató como a través de su distribución se encarga de la inervación del periostio de la región antero lateral de la Tibia (Figura 23).

VISIÓN POSTERO-LATERAL DEL NACIMIENTO DEL NERVIO RETINA LATERAL .



Nervio peroneo recurrente

Nervio Peroneo.

Figura 23

5.2. SEGUNDA FASE. ELABORACIÓN DE PATRONES ECOGRÁFICOS DE LOCALIZACIÓN

Una vez verificada la distribución de la inervación sensitiva de la articulación y gracias a las conclusiones extraídas en la primera fase procedimos a la elaboración de patrones de exploración ecográfica por medio de la obtención de imágenes con un ecógrafo sonosite Edge II en 5 de las 25 muestras estudiadas.

5.2.1. Nervio femoral (NF)

Gracias a la identificación ecográfica del NF a nivel inguinal (en íntima relación y externo a la arteria femoral) pudimos localizar con precisión las ramas nerviosas que emite para cada uno de los vientres del cuádriceps, así como el nervio safeno.

5.2.1.1. Nervio para el músculo vasto medial (NVM)

Para su localización ecográfica, procedimos a la exploración de la región interna del miembro inferior. Con el miembro del espécimen cadavérico situado en posición de decúbito supino, con la cadera en rotación externa, con la rodilla en ligera flexión procedimos a la localización del nacimiento del nervio a partir del nervio femoral. El primer paso consistió en la localización en el eje corto de los vasos femorales a nivel inguinal superficial. Allí en posición inmediatamente externa a los vasos situamos al nervio femoral (Figura 24).

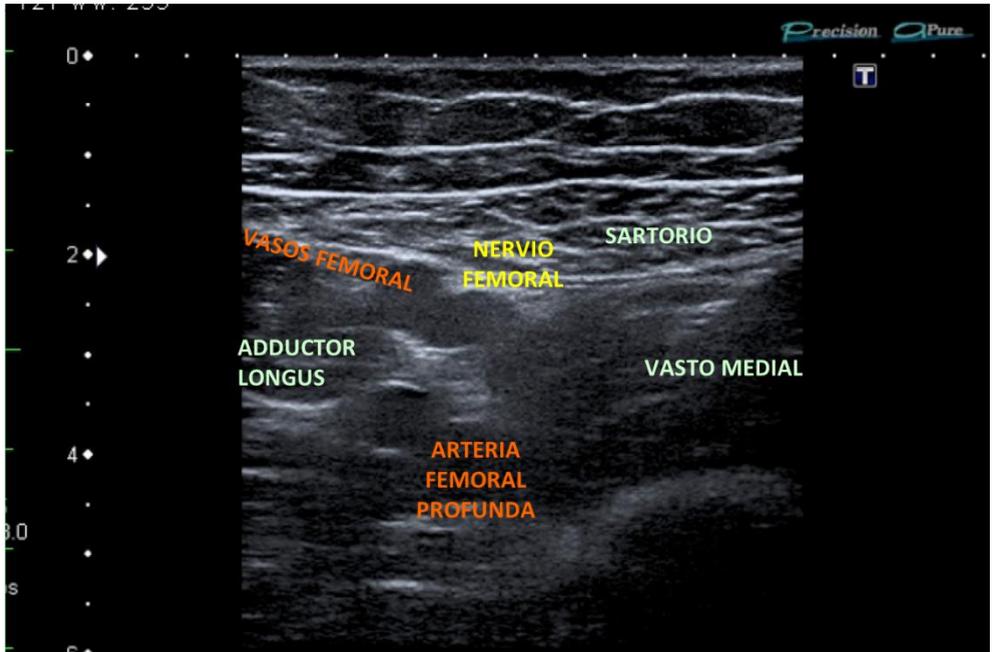


Figura 24

Si siguiendo el recorrido del nervio femoral en dirección distal observamos como a partir del mismo este emitió las ramas nerviosas que se encargan de la inervación a cada uno de los vientres del cuádriceps. La rama nerviosa encargada de proveer de inervación motora al músculo vasto medial y contribuir a la inervación sensitiva de la parte medial de la rodilla es el NVM. Esta rama surge en forma de estructura hiperecoica de pequeñas dimensiones que desarrolla su recorrido a través de la fascia de separación de los músculos vasto medial y sartorio (figura 25).

A través de dicha fascia de separación observamos como en todas las muestras estudiadas (las 5) como el nervio alcanzó el canal aductor. A partir de dicho nivel observamos como el NVM desarrolló un recorrido por la fascia de separación de vasto medial con el músculo sartorio hasta alcanzar segmentos distales en los que emitió las ramas sensitivas encargadas de contribuir a la inervación de la rodilla. (Figuras 25-32).

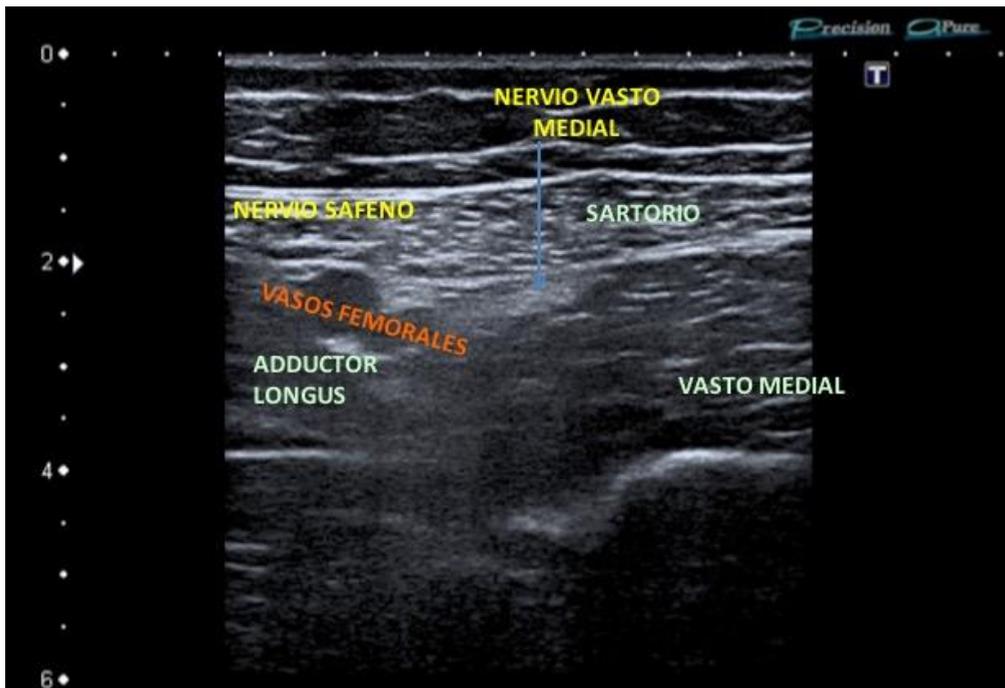


Figura 25

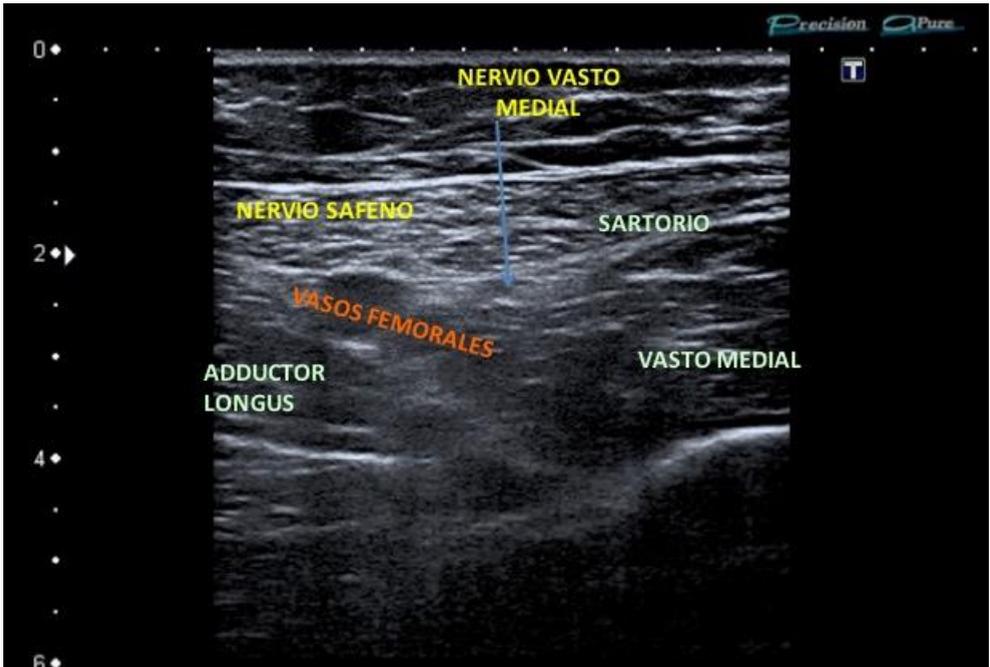


Figura 26

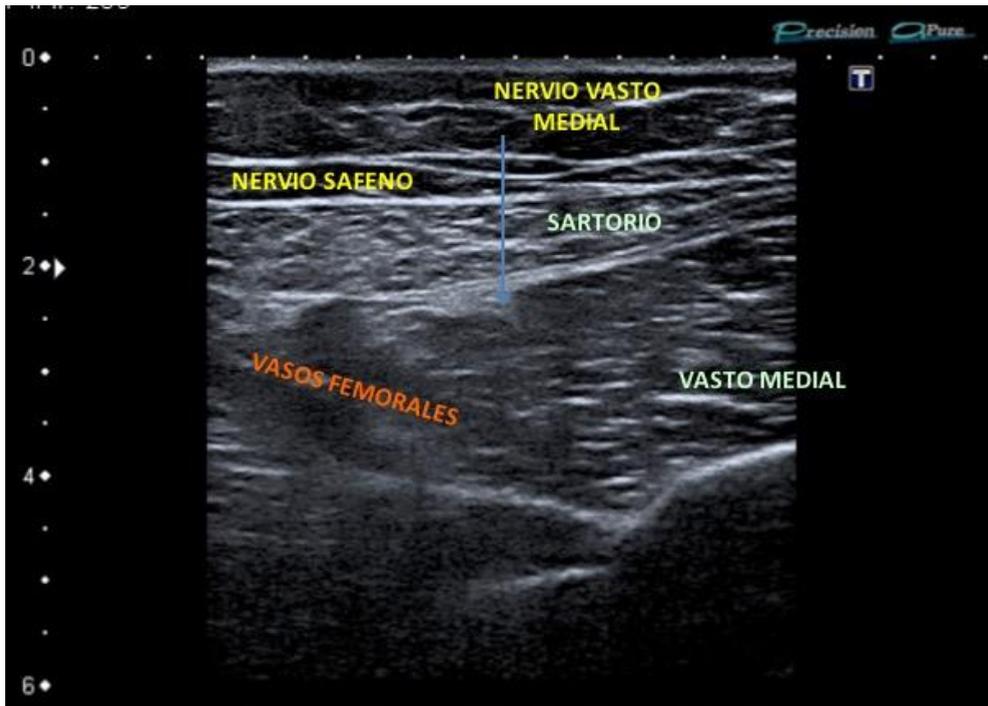


Figura 27

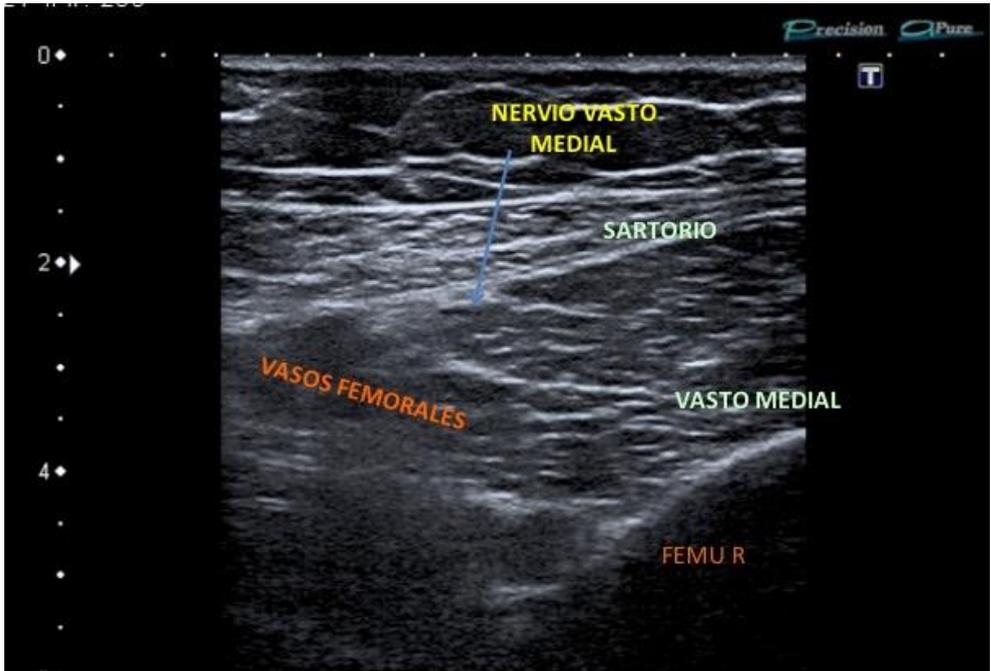


Figura 28

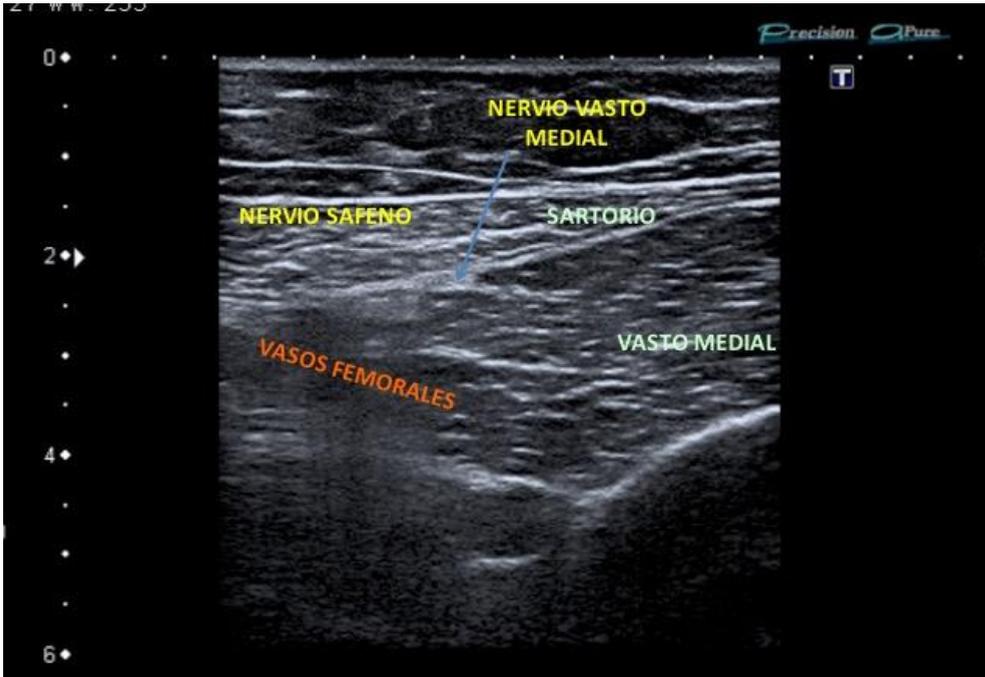


Figura 29

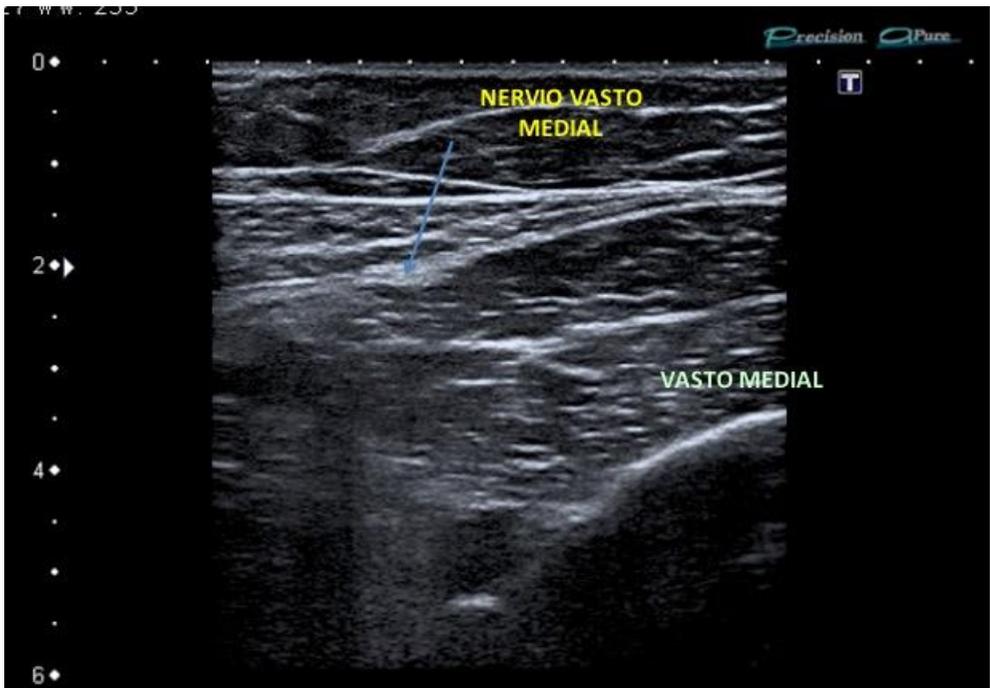


Figura 30

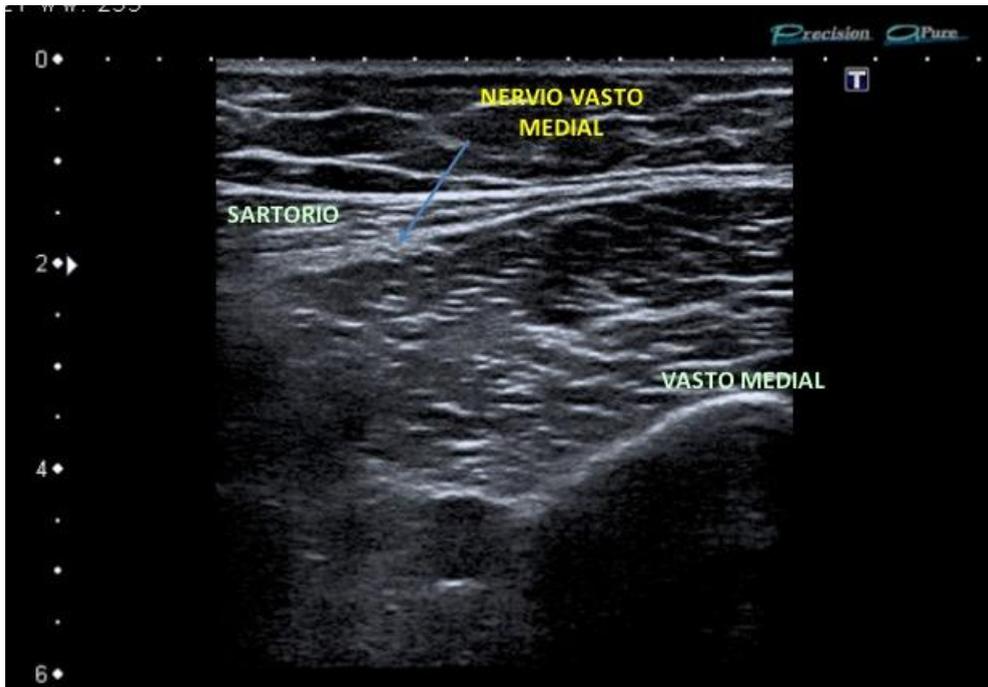


Figura 31

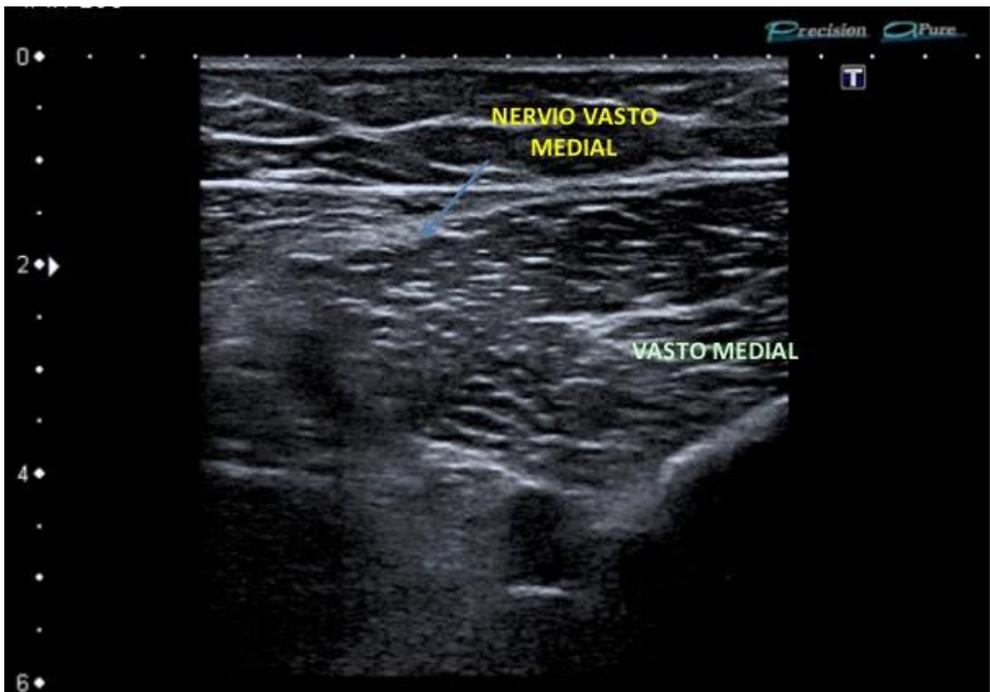


Figura 32

5.2.1.1.1. Nervio para el músculo vasto intermedio (NVI)

Rama mixta del nervio femoral encargado de proveer sensibilidad a la región proximal de la rodilla y capacidad motora al músculo que le da nombre. Para localizar su nacimiento el primer paso del protocolo utilizado consistió en la identificación del nervio femoral a nivel inguinal. A dicho nivel situamos el nacimiento del NVI como estructura hiperecoica desarrolla un trayecto descendente por el miembro inferior entre los músculos vasto lateral, vasto intermedio y recto anterior a través de su fascia de separación (Figura 33).

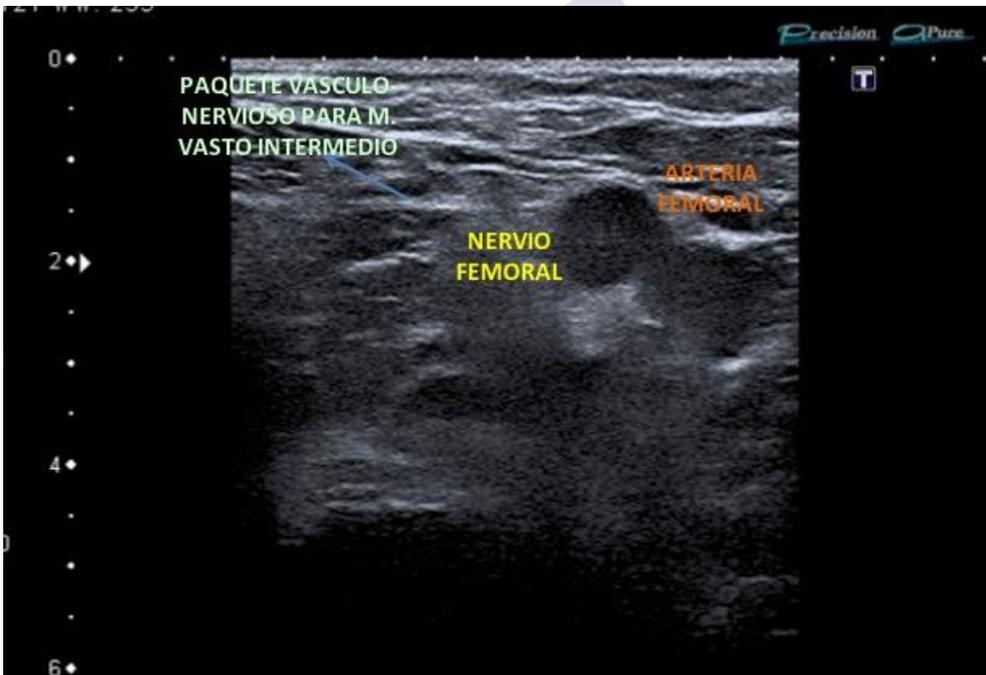


Figura 33

El NVI desarrolla un recorrido descendente inicialmente entre los músculos sartorio y el músculo vasto lateral (figuras 34 y 35) para posteriormente situarse en la fascia de separación de los músculos vasto intermedio y vasto lateral. figuras 36-39).



Figura 34

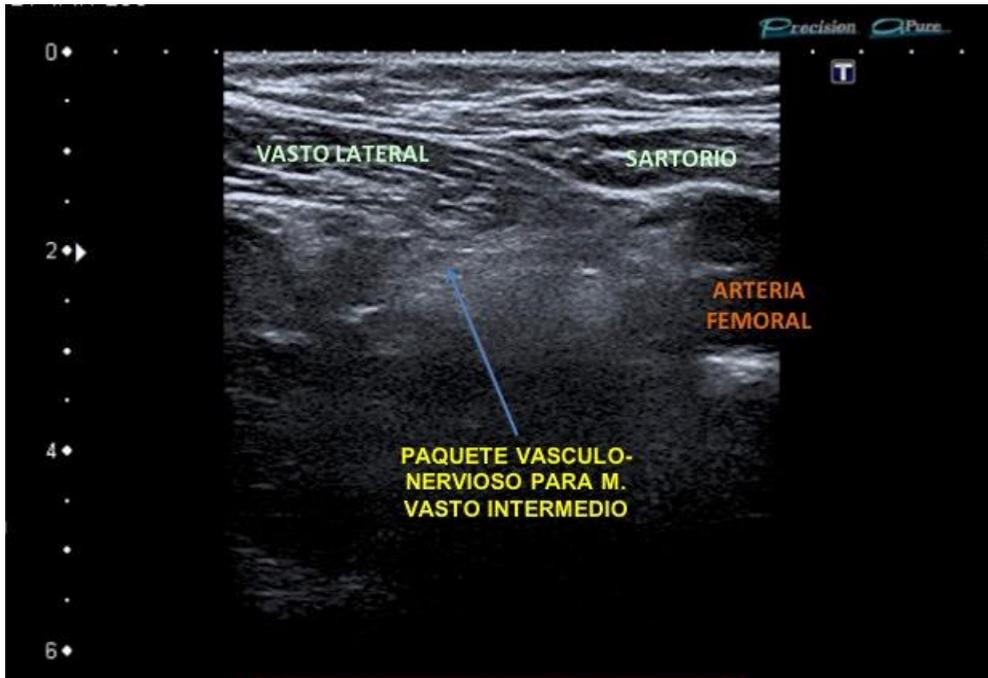


Figura 35



Figura 36



Figura 37



Figura 38

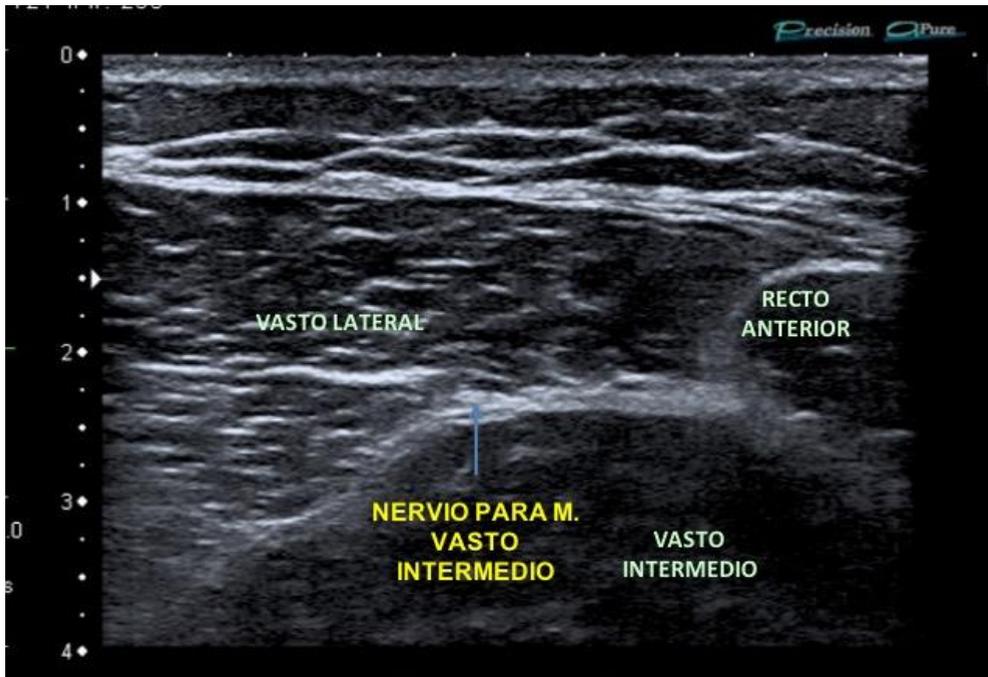


Figura 39

Conforme la exploración ecográfica alcanza porciones más distales la situación del NVI alcanzó regiones mas superficiales (en vecindad al musculo recto anterior y su tendón de inserción el tendón del cuádriceps) . A este nivel situamos su porción mas distal en el total de las muestras estudiadas. (Figuras 40-43)



Figura 40



Figura 41



Figura 42

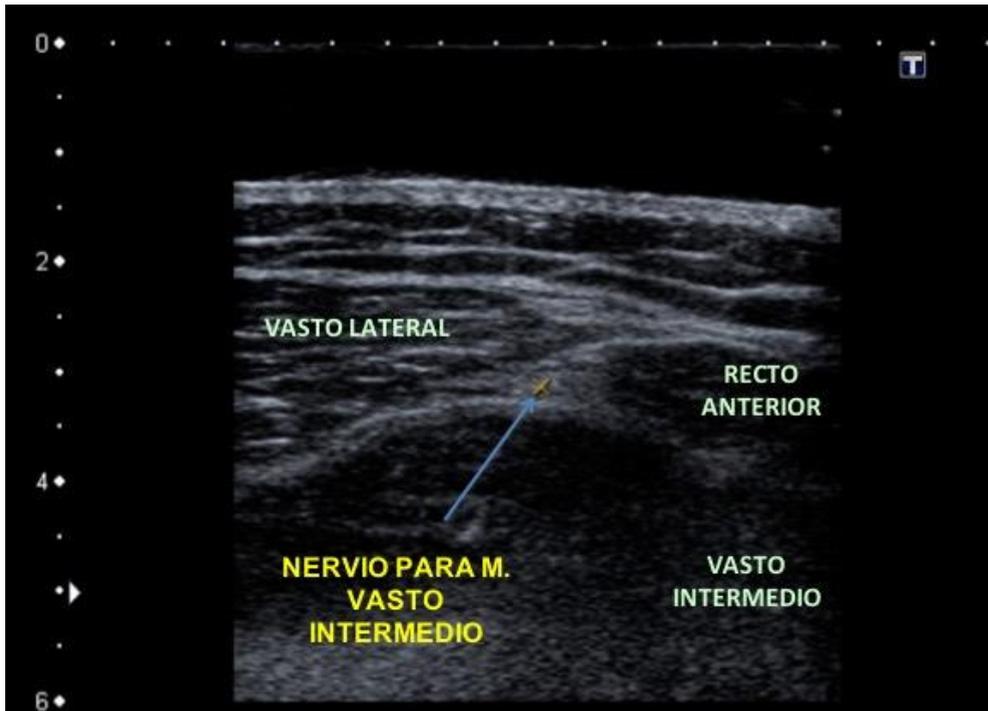


Figura 43

5.2.1.1.2. Nervio para el músculo vasto lateral (NVL)

Para la localización ecográfica del NVL variamos la posición del miembro inferior de las muestras estudiadas para facilitar la exploración de la porción por la que este nervio desarrolla su recorrido. Así colocamos las muestras en posición de decúbito supino con la cadera en rotación interna. El NVL fue situado como una estructura de pequeñas dimensiones que desarrolla su recorrido por la vertiente lateral de la cara anterior del músculo vasto lateral. Así desde su nacimiento a nivel del fémur proximal (adyacente a los vasos femorales) desarrolló un recorrido descendente a través de los planos fasciales de separación del músculo vasto lateral.

Los abundantes cambios de dirección que este nervio desarrolló en las muestras estudiadas condicionó una importante anisotropía del nervio, hecho que dificultó la localización ecográfica del mismo. Para su localización ecográfica la exploración se desarrolló en regiones distales del miembro inferior (a nivel del cóndilo lateral del fémur) de manera que la primera estructura que localizamos fue el cóndilo lateral del fémur. A partir del mismo procedimos a la localización de la fascia de separación de los músculos vasto lateral y bíceps femoral (figura 44).

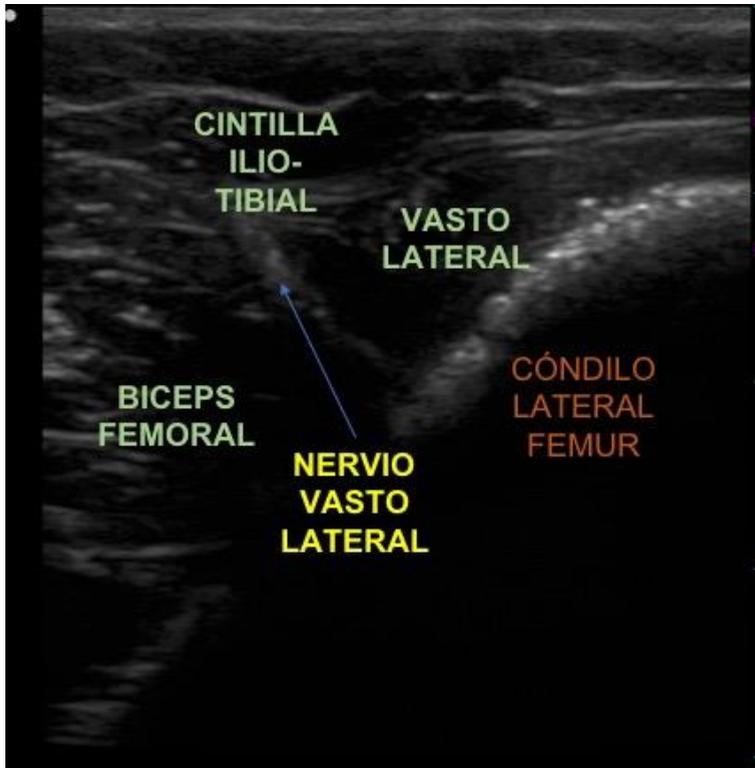


Figura 44

En esta fascia es en donde localizamos en las cinco muestras estudiadas el NVL. Dicho nervio fue visualizado como pequeña estructura hiperecoica que desarrolló un trayecto descendente a través del plano interfascial desde una posición lateral y superficial hasta alcanzar posiciones más profundas y mediales desde las cuales se incorpora a la articulación de la rodilla.

Una vez localizado el NVL pudimos visualizar su recorrido en regiones más proximales a nivel de las fascias de separación de los músculos vasto lateral y vasto intermedio (figuras 45 y 46).

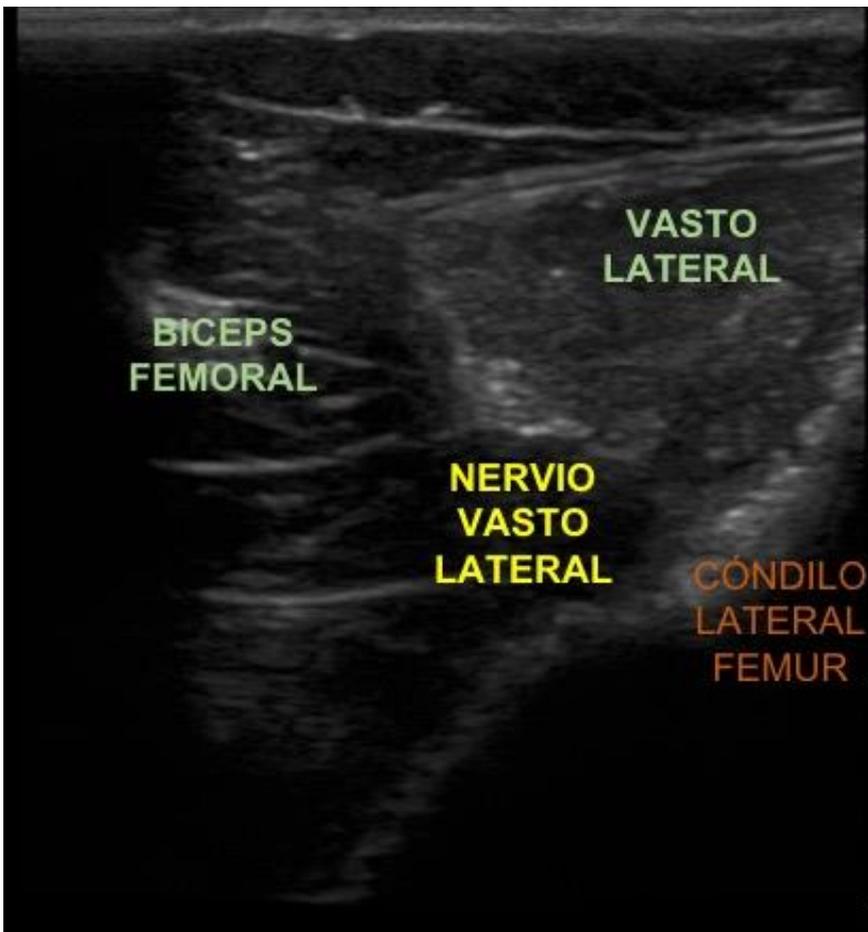


Figura 45



Figura 46

5.2.1.2. Nervio safeno (NS) y sus ramas.

Para localizar dicha rama sensitiva el primer paso del protocolo consistió en la localización ecográfica de dicha rama sensitiva en su nacimiento a nivel inguinal desde el nervio femoral. Allí adyacente a los vasos femorales observamos como el nervio femoral emitió su rama distal, el (NS) en todas las muestras como la última de sus ramificaciones (tras el nacimiento de las ramas de los nervios mixtos para cada uno de los vientres del cuádriceps) . Una vez localizado el NS seguimos su recorrido a través del denominado canal aductor (o canal

de Hunter), situando la localización de la rama sensitiva entre los músculos aductor largo y vasto medial. Distal al canal aductor constatamos en todas las muestras como el NS se separó de la arteria femoral superficial (la cual adopta posiciones más profundas) para alcanzar porciones más superficiales, entre los músculos sartorio y vasto medial.

En este nivel, observamos como el NS emitió sus dos ramas, la rama infrarrotuliana y la rama tibial (figura 43) encargadas de diferencialmente proveer de inervación a la rodilla (en su porción supero e ínfero medial) y a la cara interna de la porción distal del miembro inferior. Tras su nacimiento observamos como la rama infrarrotuliana desarrollo un trayecto ascendente a través de los músculos sartorio y gracilis para dirigirse a planos más superficiales (Figuras 44 y 45).

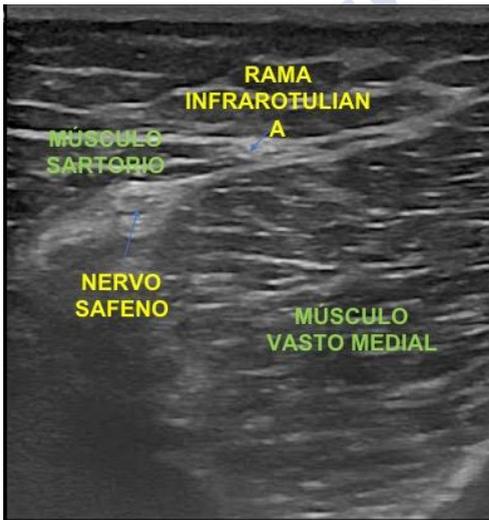


Figura 47

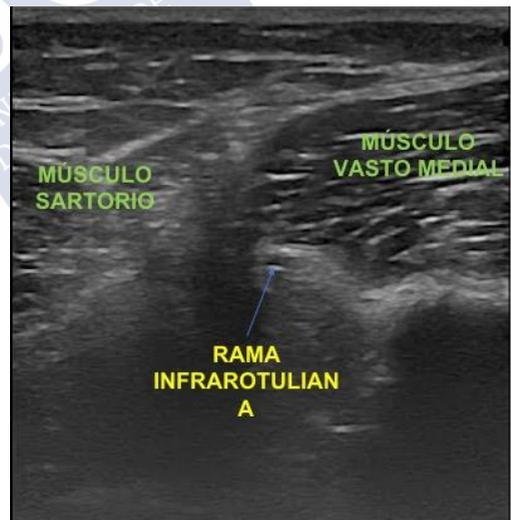


Figura 48

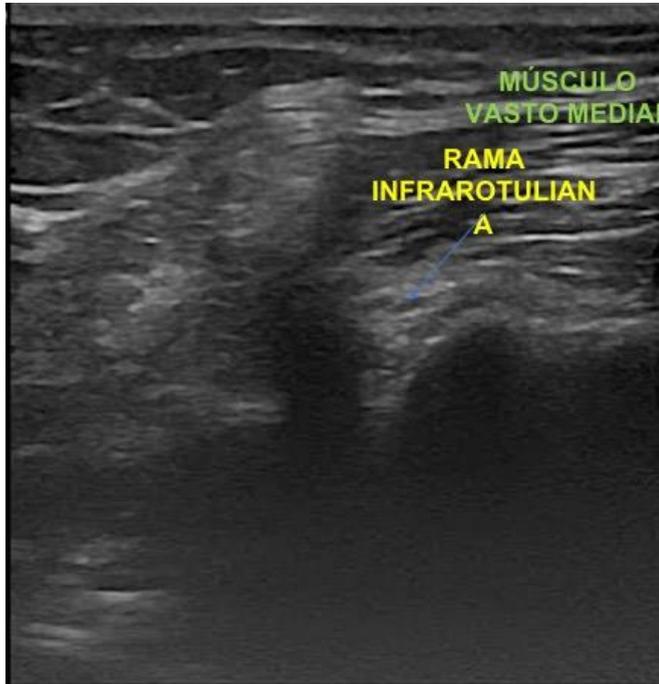


Figura 4

5.2.2. Nervio Obturador (NO).

El NO es una rama mixta del plexo lumbar que discurre por la cara medial y posterior del miembro inferior para a través de sus dos ramas (anterior y posterior proveer de inervación a la articulación de la rodilla). Para su localización ecográfica el protocolo de exploración se inició en la porción media del fémur.

Con la muestra en posición de decúbito supino, con la cadera en rotación externa se expuso la región de la cara interna del muslo y la región de la articulación de la rodilla. Para la localización ecográfica del NO centramos nuestra exploración en la fascia de separación de los

músculo aductor largo y músculo vasto medial. Allí situamos en el total de las muestras estudiadas al nervio obturador (su rama anterior) como una estructura hiperecoica de escasas dimensiones que desarrolló un trayecto descendente a través de la fascia hasta alcanzar la articulación de la rodilla (figuras 50-56).

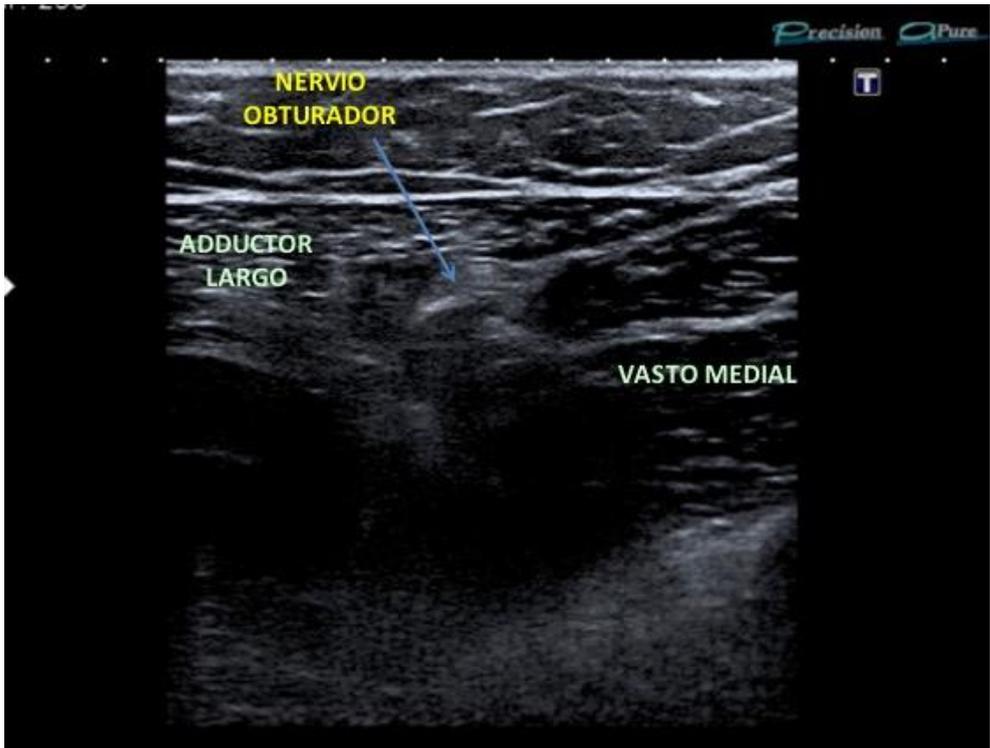


Figura 50

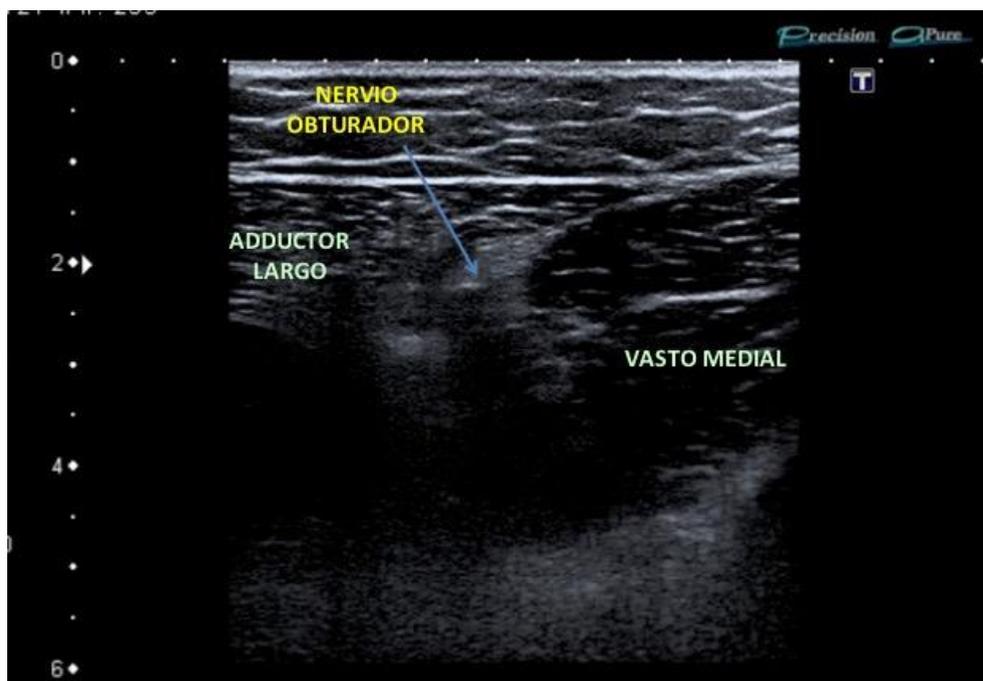


Figura 51

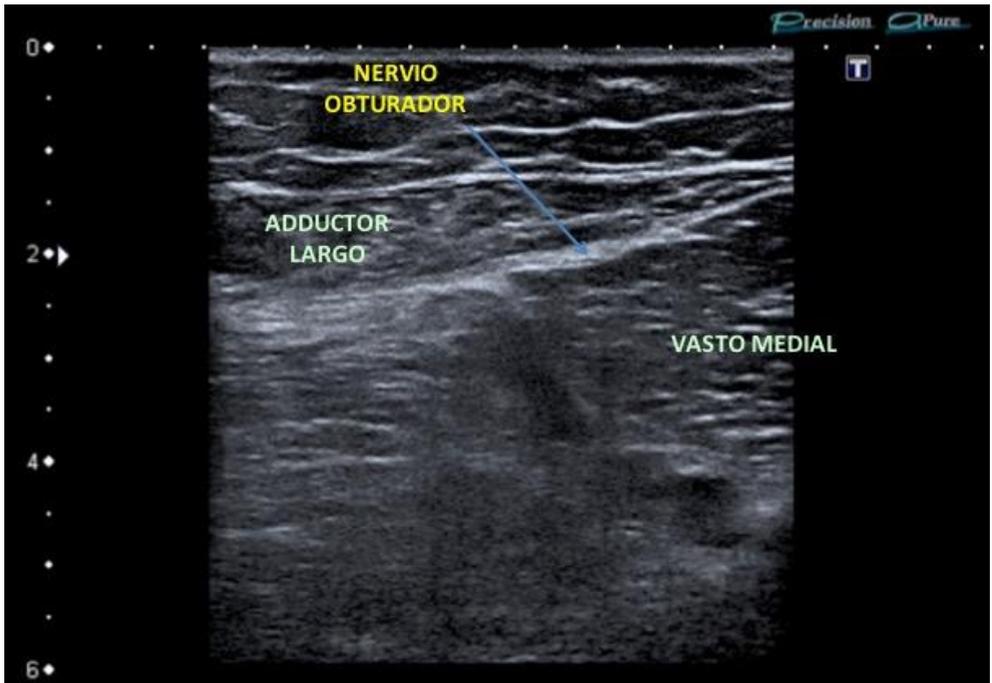


Figura 52

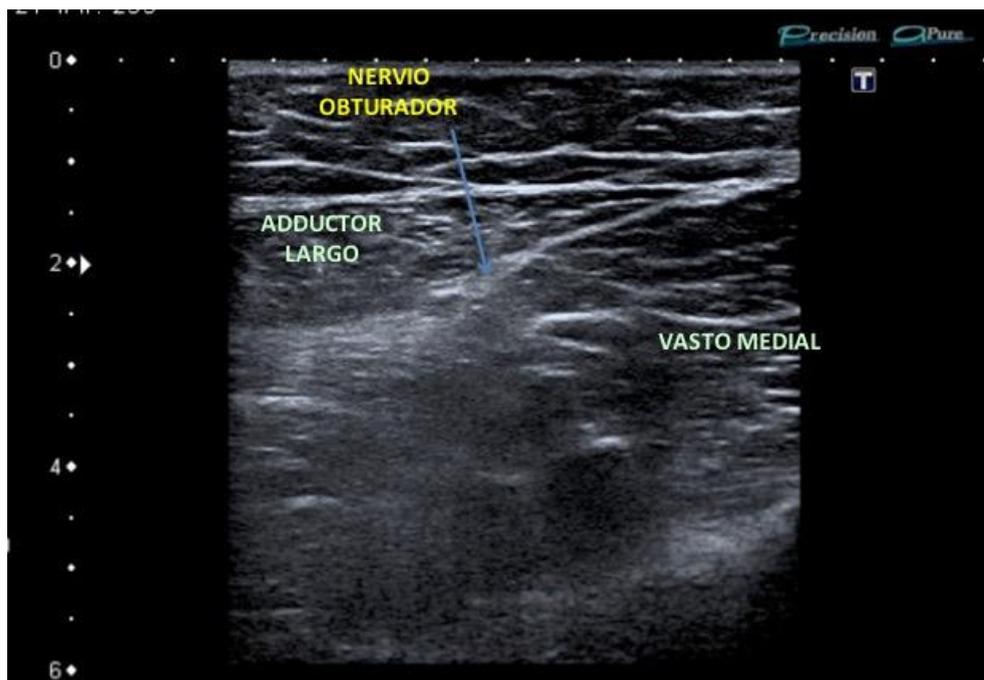


Figura 53

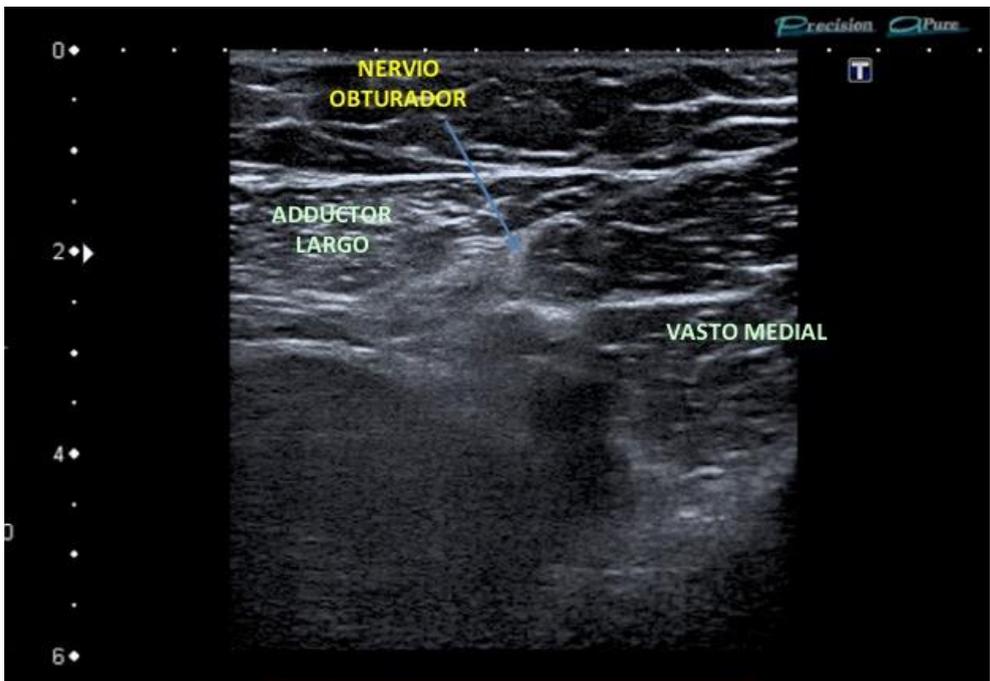


Figura 54

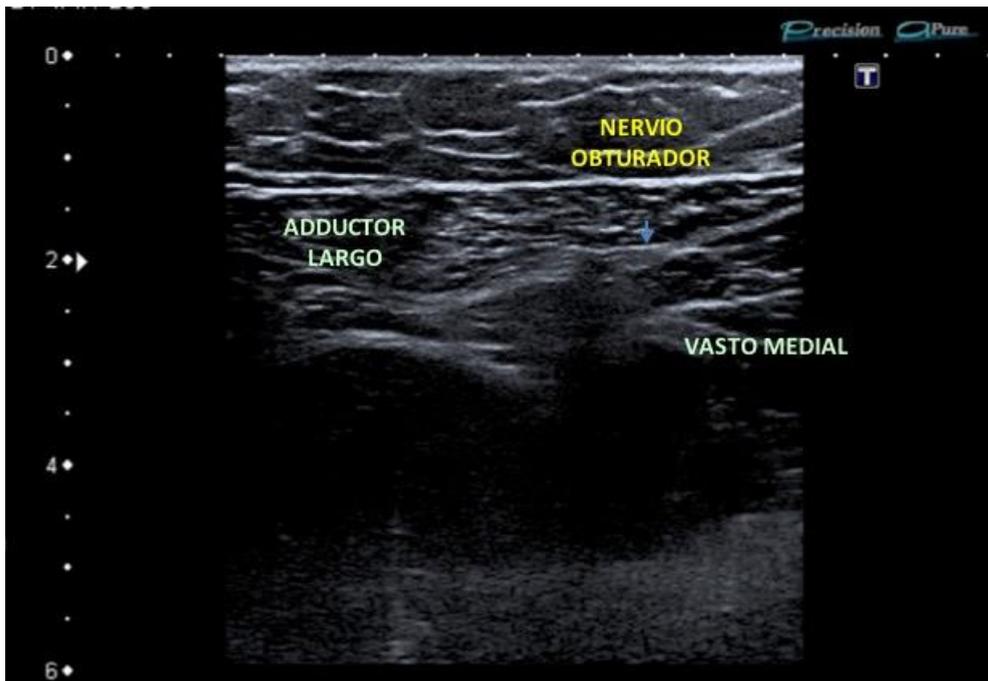


Figura 55



Figura 56

5.1.3. Nervio Retinacular lateral

Para el reconocimiento ecográfico de esta rama proveniente del nervio peroneo común colocamos las muestras en en posición de decúbito prono para facilitar la localización del nervio peroneo común. A dicho nivel reconocimos el nervio ciático en las cinco muestras proximal al hueco poplíteo. Tras su reconocimiento continuamos su recorrido hasta la visualización de su división en las ramas tibial y peroneo común (la cual se produjo en todas las muestras estudiadas a nivel del hueco poplíteo). (Figura 57).

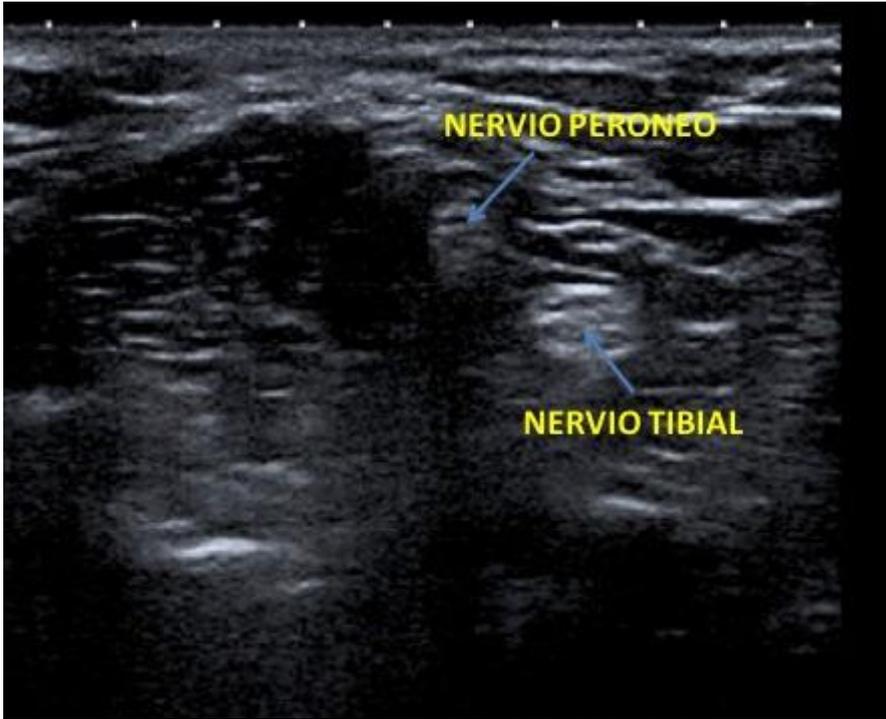


Figura 57

Una vez identificados ambos nervios (tibial y peroneo común), centramos nuestra exploración en el NPC (Figuras 58-62). Seguiremos este nervio en su recorrido hasta porciones laterales del hueso poplíteo. Durante dicho recorrido identificamos en 2 de las 5 muestras el nacimiento de la rama sensitiva (nervio retinacular lateral) antes del paso del nervio por la cabeza del peroné.

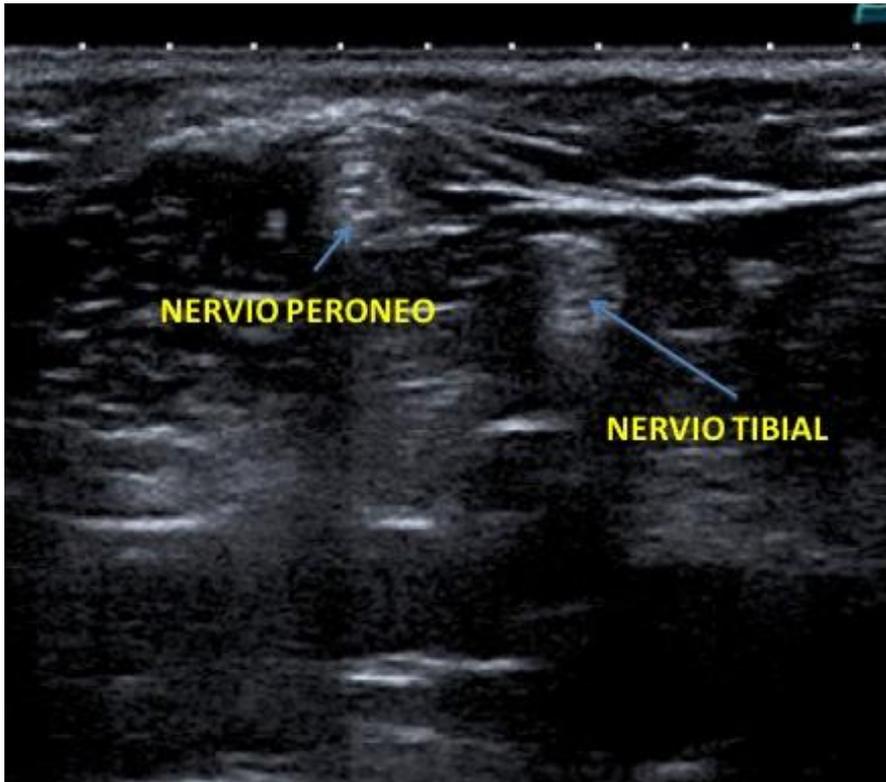


Figura 58

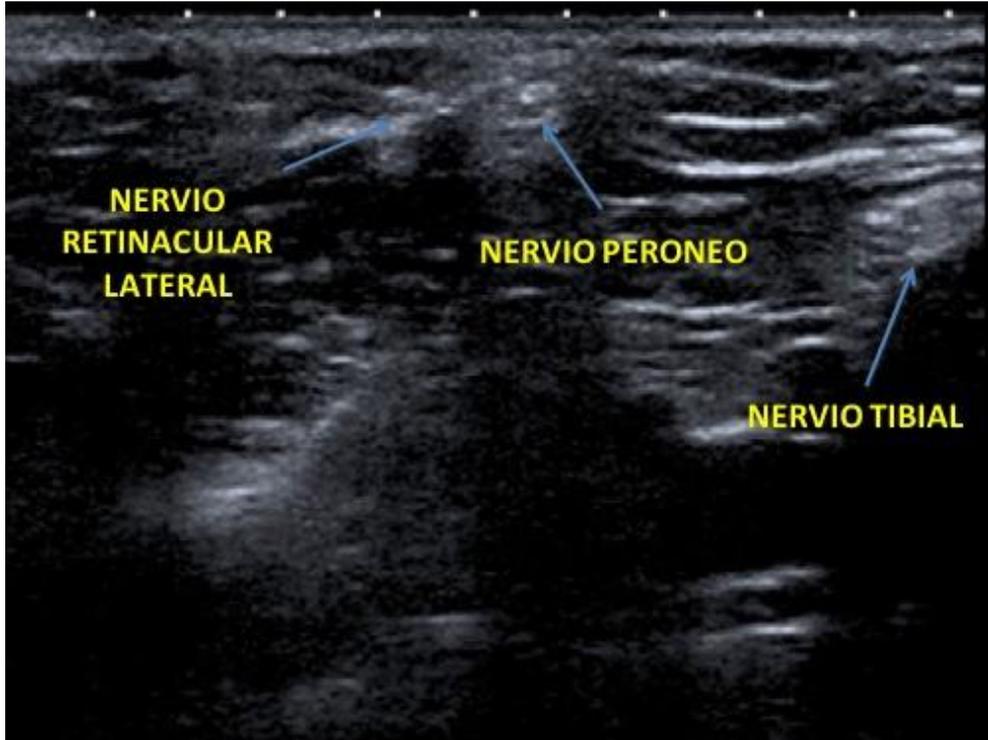


Figura 59

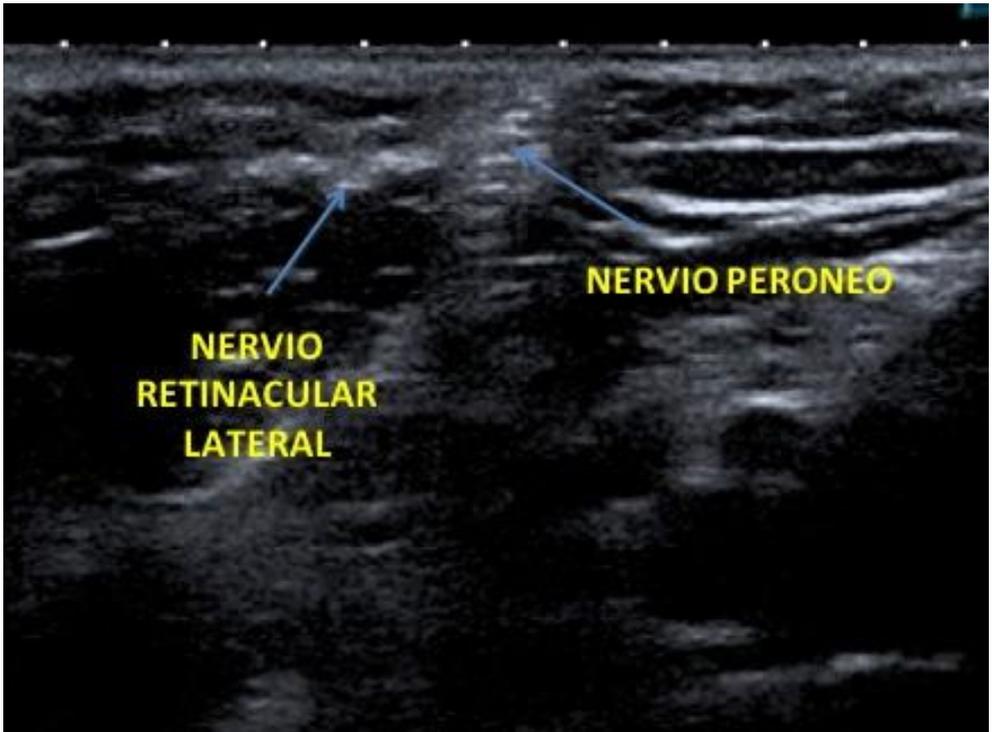


Figura 60

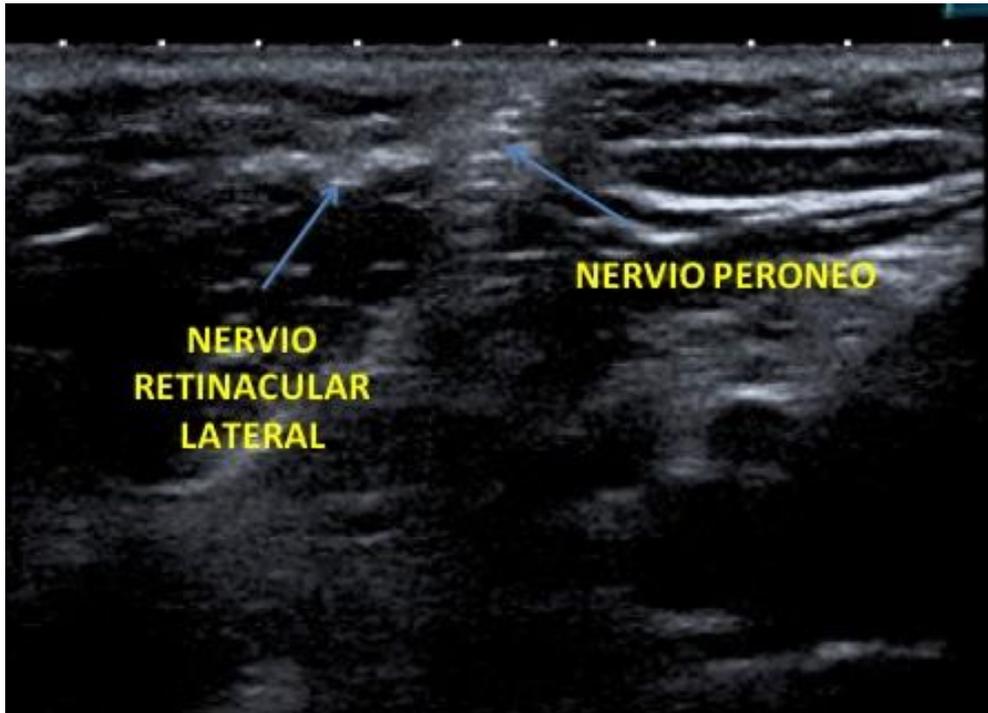


Figura 61

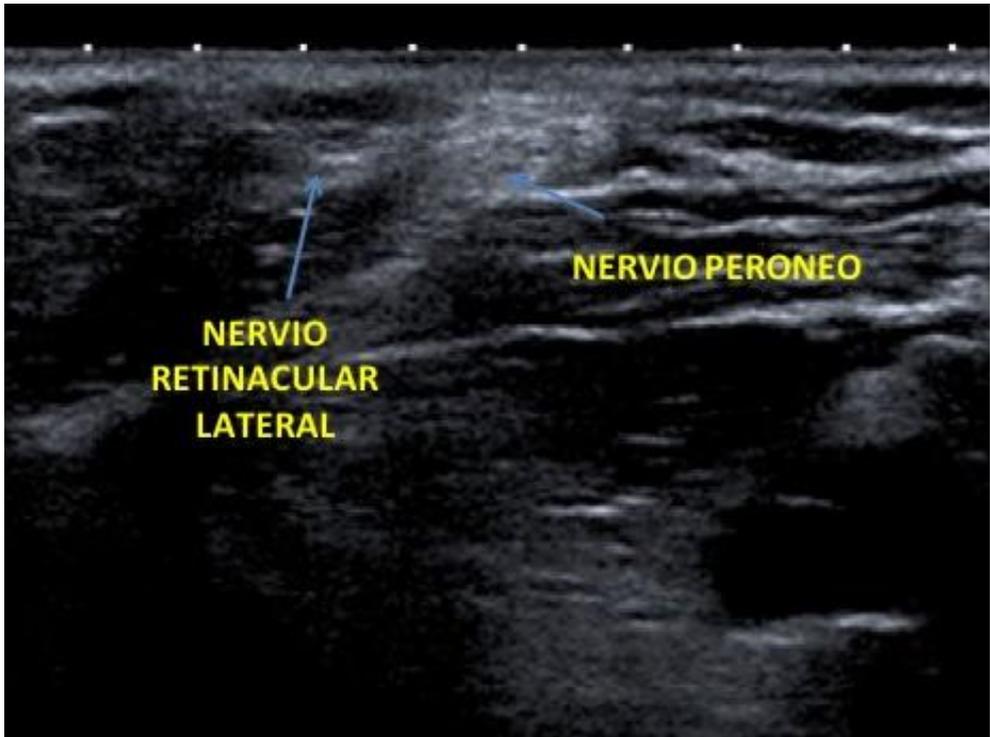


Figura 62

5.1.3. Nervio peroneo recurrente.

Su reconocimiento ecográfico fue realizado con el miembro estudiado en posición de decúbito prono. El primer objetivo de la exploración consistió en el reconocimiento del nervio ciático a nivel del hueco poplíteo para a partir del mismo reconocer las dos ramas nerviosas a las que da lugar (NT y NPC) (Figura 57).

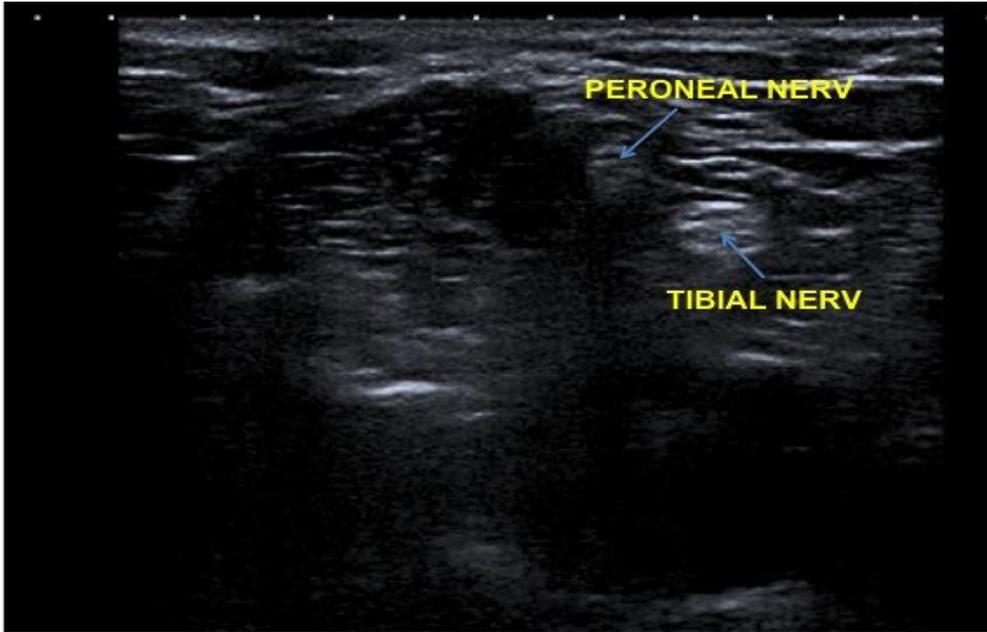


Figura 57

Tras visualizar el nacimiento del NPC focalizamos nuestra exploración en dicho nervio para continuar su recorrido hacia porciones más distales del nervio (en la proximidad a la cabeza del peroné). Allí el NPC emitió en 3 de las 5 muestras estudiadas una pequeña rama sensitiva (el nervio peroneo recurrente) encargado de proveer inervación a la región ínfero lateral de la articulación (figuras 63 y 64)

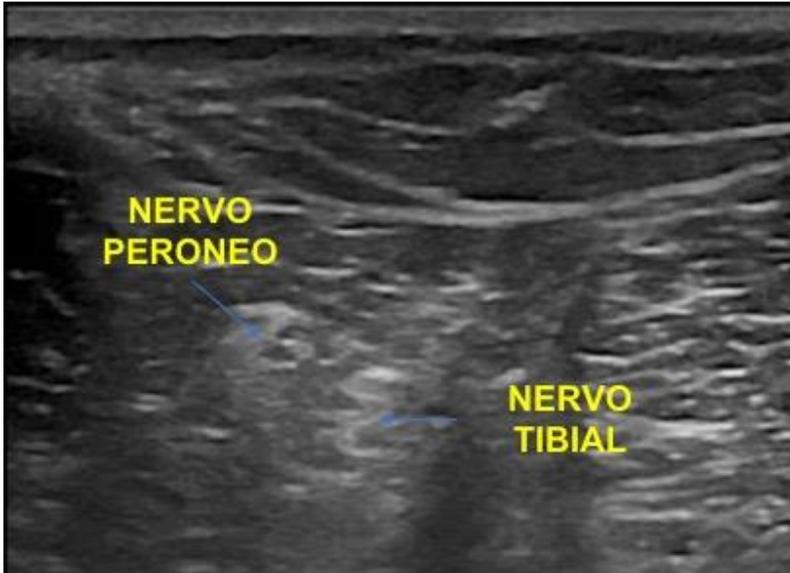


Figura 63

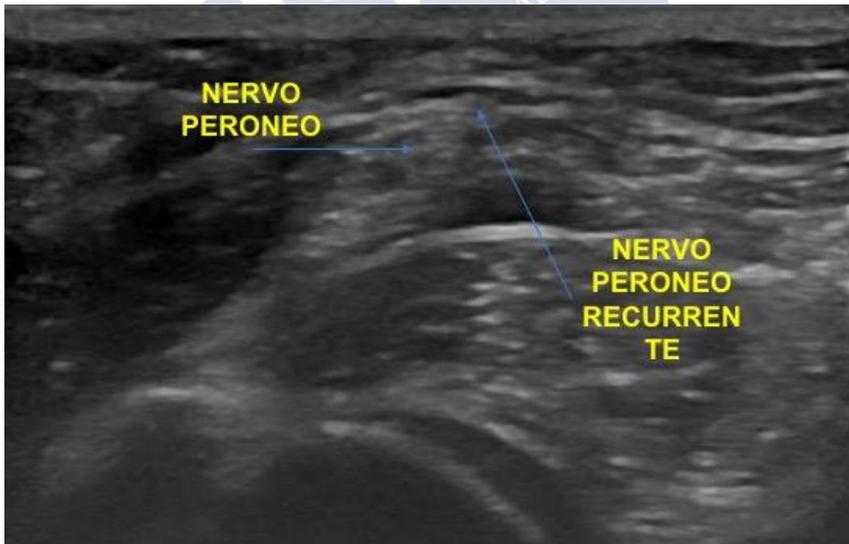


Figura 64

5.3. TERCERA FASE DISECCIÓN CADAVÉRICA. VERIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS:

Tras la descripción ecográfica de las estructuras y de sus relaciones con los músculos y tendones de la zona en 5 de las 9 muestras se procedió a la infusión eco guiada de tinta china en la vecindad de los nervios descritos . Para esta fase se utilizaron 9 muestras cadavéricas, en las que, tras infusión ecoguiada de la tinta china (en posición perineural) se procedió a la disección anatómica. El fin fue la obtención de imágenes que constatasen los patrones ecográficos descritos gracias a la posición de la tinta china (en vecindad a las estructuras deseadas).

5.3.1. Disecciones de la región medial de la rodilla

El protocolo de disección comenzó en la porción proximal del muslo, en la región medial. Por medio de una disección por planos, se expuso el plano correspondiente a los vasos femorales, situado entre los músculos iliopsoas y pectíneo. A dicho nivel localizamos el nervio femoral y el nacimiento de sus diferentes ramas.

5.3.1.1. Nervio para el músculo vasto medial (NVM)

La visualización de su tronco común a nivel proximal en la fascia de separación del vasto medial con el sartorio y el tejido celular subcutáneo fue posible en el total de las muestras estudiadas (9/9). (figura 65).



Figura 65

EN todas las muestras estudiadas durante estas fase se constató la existencia de una rama sensitiva distal que discurría por la fascia de separación del músculo vasto medial y el tejido celular subcutáneo (Figura 66).. Adicionalmente en 3 de las nueve muestras estudiadas se constataron la presencia de pequeñas ramificaciones nerviosas para diferentes segmentos del músculo vasto medial.

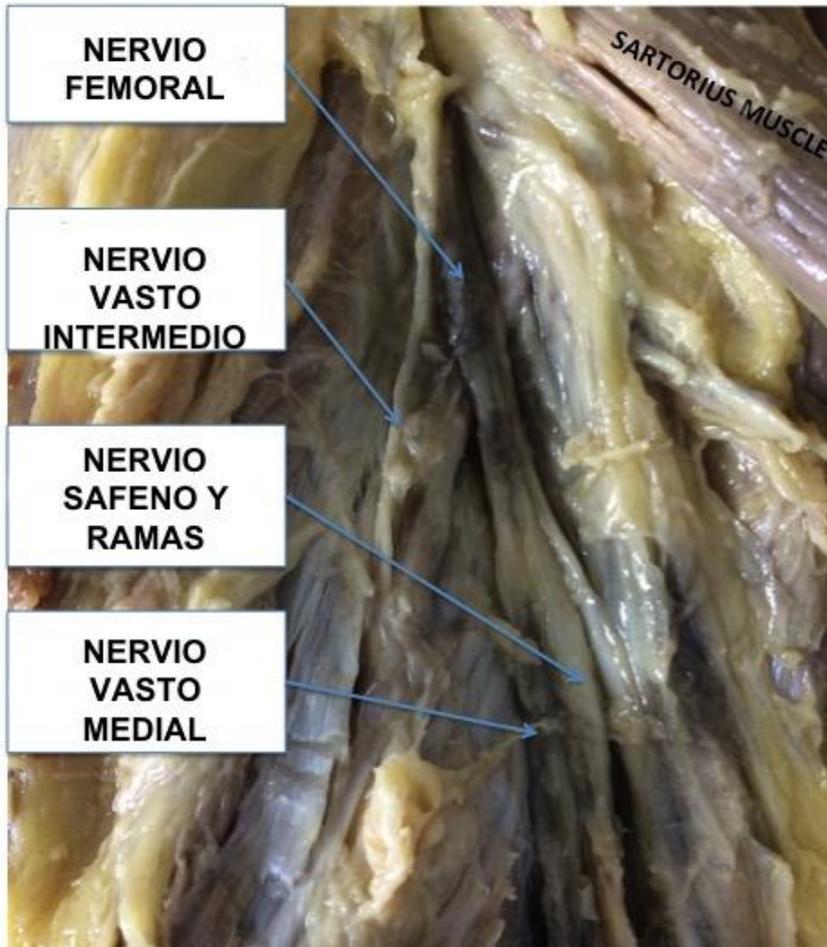


Figura 66

5.3.1.2. Nervio safeno (NS)

En todas las muestras estudiadas se constató su presencia a nivel del canal aductor (figuras 67 y 68). A nivel distal se constató la presencia de sus dos ramificaciones (gracias a la presencia de tinta en posición perineural en posición perineural a la rama infrarotuliana) en 8 de las 9 muestras inyectadas y posteriormente disecadas .



Figura 67

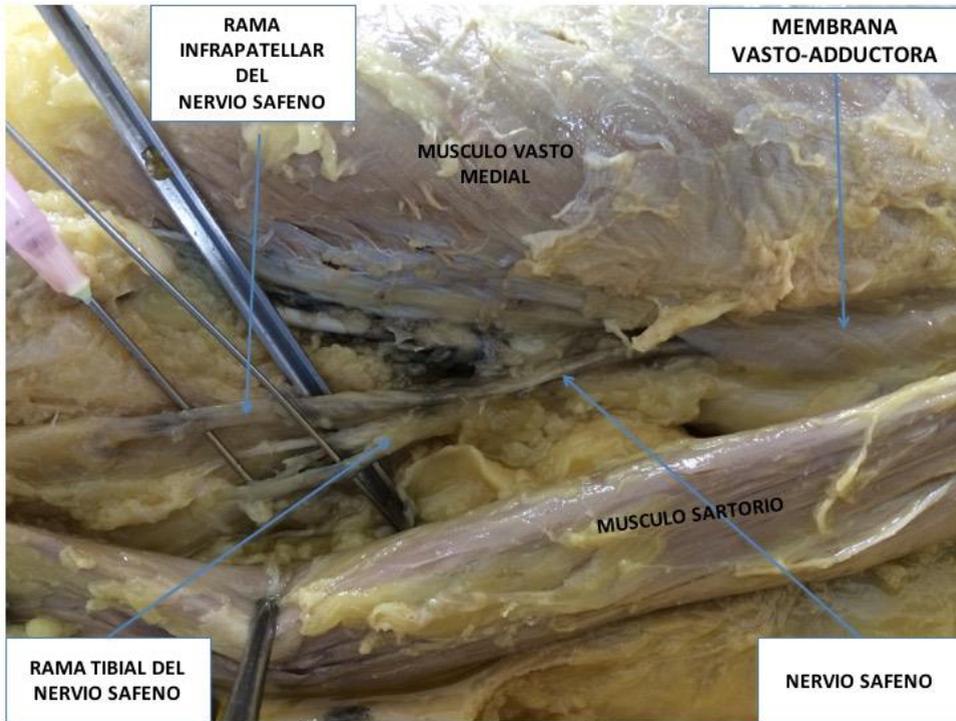


Figura 68

5.3.1.3. Nervio Obturador (NO)

Para su localización anatómica vía disección se procedió a la disección por planos de la región medial del miembro inferior. Tras exponer el músculo pectíneo y los músculos aductores (corto, largo y mayor) se visualizaron las dos ramas del nervio obturador (Figura 69).

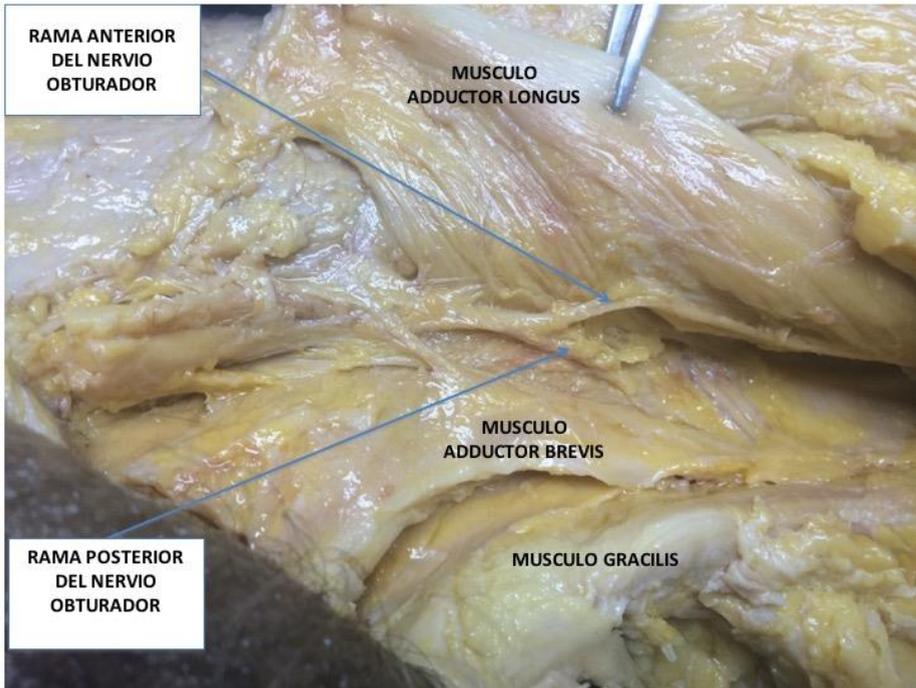


Figura 69

La disección se centró en la rama anterior del nervio obturador. Para su localización procedimos a la disección en la porción distal de la vaina de separación de los músculos vasto medial, sartorio y grácil. A dicho nivel localizamos la rama anterior del nervio obturador como estructura teñida en 4 de las 9 muestras estudiadas.

5.3.2. Disecciones de la región lateral de la rodilla

5.3.2.1. Nervio para músculo vasto lateral (NVL)

Es la más distal de las ramificaciones nerviosas encargadas de inervar el cuádriceps. Para su localización se procedió a la disección por planos de la porción distal del miembro inferior. Localizando la fascia de separación de los músculos vasto medial y bíceps femoral

reconocimos en 2 de las 9 muestras estudiadas el nervio en su recorrido a través de esta fascia hasta su incorporación a la articulación a nivel del cóndilo lateral del fémur.

5.3.2.2. Nervio para el músculo vasto intermedio (NVI)

La localización de esta rama en las muestras estudiadas fue posible a nivel distal en la fascia de separación del músculo vasto intermedio con el músculo vasto medial. A dicho nivel verificamos en el recorrido de la rama teñida con el azul inyectado hasta alcanzar la articulación. La localización de esta rama fue posible en 5 de las 9 muestras estudiadas. (Figura 70 y 71).



Figura 70

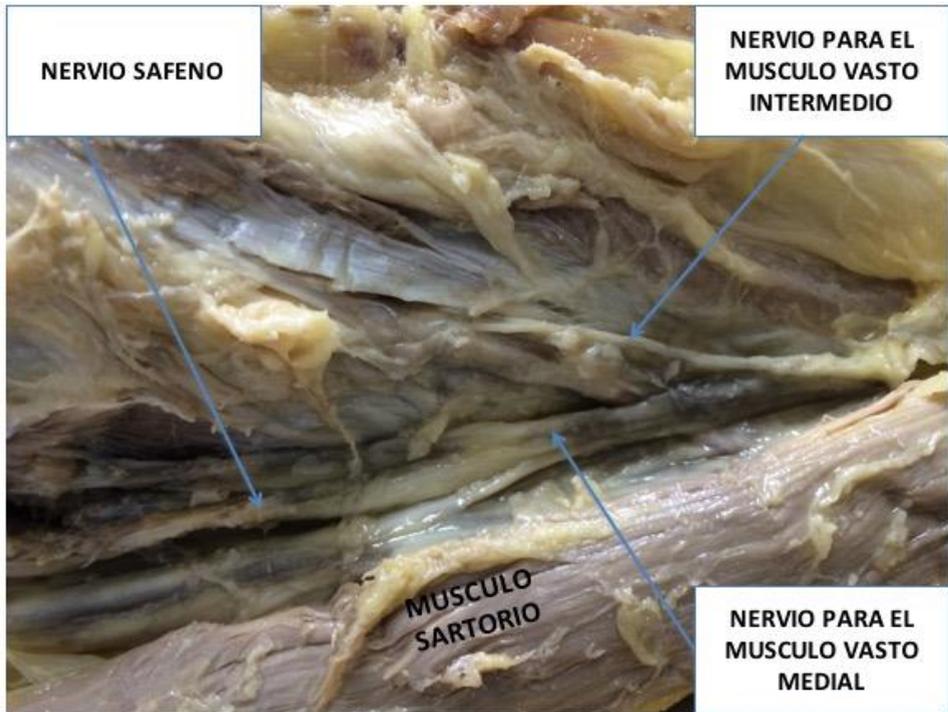


Figura 71

5.3.2.3. Nervio Retinacular lateral

Rama sensitiva del NPC. Su reconocimiento en las muestras estudiadas fue posible en 2 muestras de las 9 muestras estudiadas. En aquellas muestras en las cuales el nervio fue visualizado, este se situó en íntima relación con la cabeza larga del bíceps (figura 72)

5.3.2.4. Nervio peroneo recurrente

Segunda rama sensitiva que nace desde el NPC. Su reconocimiento en las muestras inyectadas fue posible en las 4 muestras de las 9 estudiadas en relación estrecha a la cabeza del hueso peroné.

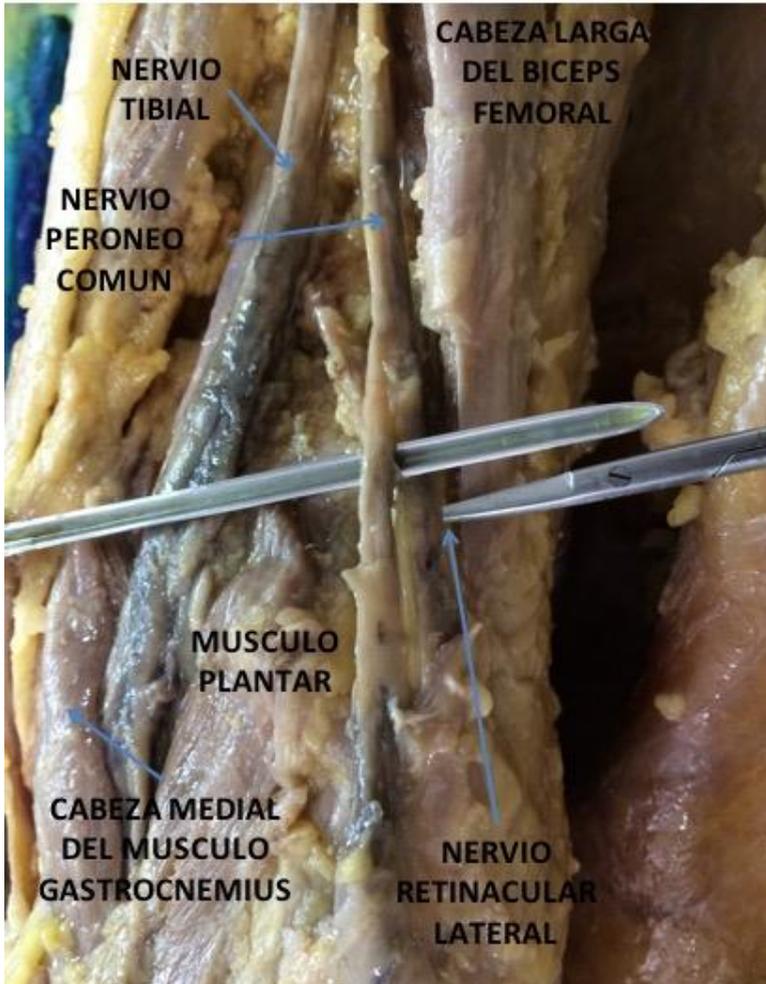


Figura 72

6. DISCUSIÓN





DISCUSIÓN

6.1. DISTRIBUCIÓN ANATÓMICA. PATRONES DE INERVACIÓN

La inervación sensitiva de la rodilla proviene de estructuras nerviosas procedentes de los plexos lumbar y lumbo-sacro ³⁵. El conocimiento de las características de estas estructuras y de sus patrones de distribución es importante para que el abordaje terapéutico sea eficaz ⁴⁵.

En contra de lo asumido en las primeras aproximaciones para el tratamiento de la artrosis de rodilla por medio de radiofrecuencia la inervación de la rodilla sigue un patrón complejo y sujeto a importantes variantes entre individuos. En su estudio Choi³⁴ estableció un patrón de inervación simplificado en el que la sensibilidad de la articulación de la rodilla era recogida por cuatro ramas distales, que denominó como los nervios geniculados (geniculado supero-medial geniculado supero-lateral, geniculado ínfero-medial y geniculado ínfero-lateral). Dadas las características y la guía de abordaje propuesta en dicho estudio los resultados obtenidos bajo ese protocolo no fueron los más deseados. En dicho estudio el abordaje recomendado se basaba en una localización guiada por rayos x de parte de las denominadas ramas geniculares: geniculado supero-medial, geniculado supero-lateral y geniculado ínfero-medial (absteniéndose en dicho protocolo el Dr Choi³⁴ y su equipo de tratar el geniculado ínfero lateral por su proximidad al nervio peroneo).

Franco et al ⁴⁵ en su estudio del 2015 profundizaron en el estudio anatómico de la inervación de la articulación de la rodilla. Investigaron nuevas fuentes bibliográficas y asumieron la complejidad de la inervación sensitiva de la articulación. Al protocolo de abordaje inicialmente descrito por Choi ³⁴ añadieron una quinta rama sensitiva sobre la que actuar (rama que contribuía a la inervación de la región

supero medial de la rodilla y que correspondía al nervio para el músculo vasto intermedio) de la articulación de la rodilla. Esta rama, era una estructura sensitiva localizada en la región superior de la articulación, en posición central, justo superior a la rótula, por encima del tendón del cuádriceps. En su artículo Franco et al⁴⁵ reforzaron la idea de la existencia de patrones de inervación complejos y variables entre individuos. Además, reforzaron la hipótesis previamente expuesta por Choi³⁴ de que la posición de la rama ínfero lateral presentaba una posición demasiado próxima al peroneo común que hacía de su abordaje una tarea peligrosa.

Con nuestro estudio hemos demostrado como la inervación de la articulación de la rodilla es compleja y variable (Tabla 1).

NERVIO	ETAPA 1: ANATOMIA			ETAPA 3 DISECCIÓN			TOTAL		
NVM	16/16			9/9			25/25		
Ramas motoras NVM	5/16			3/9			8/16		
Número de ramas distales procedentes del NVM	2 Ramas	3 Ramas	4 Ramas	2 Ramas	3 Ramas	4 Ramas	2 Ramas	3 Ramas	4 Ramas
	8/16	5/16	3/16	4/9	3/9	2/9	12/25	8/25	5/25
NS	16/16			9/9					
Rama infrapatelar	16/16			8/9			24/25		
NO	8/16			4/9			12/25		
NVL	4/16			2/9			6/25		
NVI	10/16			5/9			15/25		
Retinaculor lateral	6/16			2/9			8/25		
Peroneo recurrente	4/16			4/9			8/25		

Hemos demostrado como la inervación proviene de ramas variables en su recorrido y orígenes (imágenes 5-9, 11, 14-23, 65-72). En consonancia con los resultados de los estudios de Gardner³⁵, Dellon³⁹

y Hirasawa⁴⁰ la inervación de la articulación de la rodilla proviene de ramas distales de los nervios femoral, obturador y ciático.

Podemos asegurar que la inervación sensitiva de la articulación de la rodilla proviene de ramas diversas provenientes de los nervios femoral, obturador y ciático (imágenes 5-9, 11, 14-23, 65-72). Así la inervación de la cara medial proviene de: 1) Ramas distales del nervio femoral: rama infrarotuliana del nervio safeno (imágenes 11-13) . 2) Nervio para el músculo vasto medial (imágenes 7-9) . 3) Rama cutánea procedente de la rama anterior del nervio obturador (imágenes 14-17). Las ramas distales provenientes del nervio Tibial descritas por Gardner³⁵ no fueron encontradas en nuestro estudio.

Mientras que la inervación de la cara lateral de la articulación de la rodilla proviene de: 1) Ramas distales del nervio femoral: nervio para el músculo vasto lateral (imágenes 18-21). 2) nervio para el músculo vasto intermedio (imagen 22). 3) Ramas sensitivas del nervio peroneo: nervio retinacular lateral (imágenes 21 y 22). y nervio peroneo recurrente (imagen 23).

Los patrones de localización por medio de ecografía descritos en el estudio permiten seleccionar el punto más adecuado para emprender los tratamientos ablativos manteniendo una distancia de seguridad para la aplicación de terapias ablativas tipo la radiofrecuencia en su variante térmica.

6.2. ABORDAJE TERAPÉUTICO.

El tratamiento no quirúrgico estandar del dolor crónico de rodilla se basa en la infusión intra articular de sustancias activas (anti inflamatorios, anestésicos locales, factores de crecimiento, ácido hialurónico...) ¹⁴⁻³⁰. El tratamiento ablativo de ramas nerviosas sensitivas es una alternativa de relativamente reciente introducción en el algoritmo de tratamiento no quirúrgico del dolor de la articulación de la rodilla. En el tratamiento mediante radiofrecuencia gracias a la

aplicación de corrientes eléctricas a diferentes voltajes y con diferentes duraciones se consiguen actuaciones ablativas o neuro moduladoras sobre las estructuras nerviosas encargadas de recoger la sensibilidad de la articulación⁵⁰⁻⁶³. Este tratamiento requiere el conocimiento con exactitud de la posición de las ramas sensitivas en su porción distal con el fin de lograr la interrupción o modulación de la transmisión dolorosa. Es esta necesidad que nos indujo a desarrollar este estudio que persigue la elaboración y precisa (gracias a la ecografía) de patrones de localización de las ramas nerviosas en su porción distal.

En función de las características aplicadas, la variante de la radiofrecuencia aplicada será diferente, de manera que los efectos producidos sobre la estructura a tratar (en el caso que nos ocupa las ramas sensitivas de la articulación) serán diferentes. Las variantes de la radiofrecuencia más frecuentemente aplicadas para el tratamiento del dolor crónico son la radiofrecuencia térmica, la radiofrecuencia pulsada y la variante enfriada o cooled.

La variante térmica se basa en la aplicación de una corriente continua en voltajes de suficiente intensidad como para alcanzar temperaturas ablativas en posición perineural. Gracias a los efectos ablativos producidos sobre el nervio la radiofrecuencia en su variante térmica es capaz de interrumpir la transmisión del estímulo doloroso desde la articulación hacia la médula. Este hecho, (su fin ablativo y no neuromodulador) es de vital importancia y ha de ser tenido en consideración a la hora de seleccionar el nivel de aplicación de la técnica. Como hemos demostrado (figura.....) las ramas nerviosas mixtas (sensitivas y motoras) derivadas del nervio femoral (como nervio para el vasto medial) emiten ramificaciones nerviosas con fines motores en su trayecto descendente a lo largo del miembro inferior. La localización en porciones distales de estas ramas permite la optimización de la aplicación clínica de la técnica.

En la variante pulsada, la corriente eléctrica se aplica en forma de pulsos de duración variable de manera que los fenómenos desencadenados por esta variante son neuromoduladores. El límite de temperatura establecido como umbral seguro para limitar los efectos

ablativos se ha determinado en 45°C. Esta temperatura asegura que no se generen fenómenos ablativos en la región a tratar⁵¹⁻⁵³. Los efectos producidos gracias a la aplicación de esta variante se producen sobre fibras nociceptivas C y A-delta y sobre genes reguladores que conllevan disminuciones del estado doloroso en circunstancias diversas^{54,55}.

En la actualidad en los protocolos de tratamiento del dolor crónico de rodilla mediante radiofrecuencia la variante mas aceptada es la variante térmica.^{34,45} Las características de los nervios de la rodilla unido al tipo de dolor que esta articulación habitualmente presenta hacen que esta sea la variante seleccionada para el tratamiento. El objetivo de esta terapia es alcanzar en posiciones peri neurales temperaturas lo suficientemente elevadas como para producir fenómenos ablativos capaces de interrumpir la trasmisión de la información nerviosa. Para que la aplicación de la radiofrecuencia térmica sea segura los nervios sobre los que se aplicará deberán ser ramas exclusivamente sensitivas o ramas de carácter mixto que sean localizadas en una porción lo suficientemente distal como para que su componente motor haya sido ya emitido. De esta manera los protocolos propuestos por los equipos de los doctores Choi y Franco promueven la aplicación de radiofrecuencia en su variante térmica en posiciones distales de los diferentes nervios encargados de proveer sensibilidad a la articulación^{34,45}. En consonancia con esta línea nuestro estudio permite la localización de las ramas nerviosas desde su origen, permitiendo una visualización dinámica del trayecto de las ramas permitiendo la selección del punto mas adecuado para desarrollar el tratamiento.

6.3. MÉTODO DE LOCALIZACIÓN

En la actualidad los protocolos para el emplazamiento de las agujas de radiofrecuencia en el tratamiento del dolor crónico de rodilla se basan en el emplazamiento de las agujas mediante guía de rayos X³⁴. A pesar de lo inicialmente asumido por el protocolo de Choi³⁴ la colocación de las agujas de radiofrecuencia en posición lo

suficientemente cercana al objetivo terapéutico (en este caso el nervio) como para emitir un tratamiento ablativo óptimo bajo un protocolo de colocación bajo guía por rayos X se presume complicada. La variabilidad en el recorrido de las ramas encargadas de proveer inervación a la rodilla desde los plexos lumbar y lumbo-sacro hace que establecer una posición reproducible junto a estructuras óseas reconocibles por rayos X sea complicada.

El recorrido que desarrollan las ramas nerviosas entre las fascias de separación de los diferentes músculos hace necesario un método de localización que permita visualizar de forma dinámica estructuras como músculos y fascias. La guía por rayos X es precisa para visualizar articulaciones y estructuras óseas, sin embargo, está limitada en su capacidad para visualizar estructuras musculares y partes blandas de forma dinámica.

La ecografía sin embargo es un método de guía por imagen que permite exploraciones más completas. La visualización dinámica de estructuras como tendones, músculos, vasos, nervios y bifurcaciones nerviosas permite asegurar la cercanía suficiente de la aguja a la estructura marcada como objetivo de manera que sea posible aumentar la probabilidad de éxito del tratamiento. El pequeño tamaño y la variabilidad interindividual de las ramas nerviosas hace que la localización ecográfica de estas ramas sensitivas sea una tarea compleja (Tabla 1). El trabajo desarrollado durante este estudio nos ha permitido establecer protocolos de localización ecográfica de las diferentes ramas sensitivas encargadas de proveer sensibilidad a la articulación de la rodilla. Con los protocolos de exploración obtenidos localizamos y verificamos las ramas encargadas de proveer de sensibilidad a la articulación de la rodilla.

En la región medial de la rodilla los nervios safeno (imágenes 11-13), nervio para el músculo vasto medial (imágenes 7-9) y nervio obturador (imágenes 14-17) fueron localizados y su recorrido correlacionados con estructuras visualizables con ecografía. En la región lateral de la articulación los nervios para el músculo vasto lateral (imágenes 18-21), nervio para el músculo vasto intermedio

(imagen 22) y las ramas sensitivas del nervio peroneo: nervio retinacular lateral (imágenes 21 y 22) y nervio peroneo recurrente (imagen 23) fueron localizados.

Gracias a los patrones de localización ecoguiados desarrollados durante este trabajo es posible la localización dinámica de las ramas sensitivas del nervio peroneo. De esta manera es posible la actuación terapéutica sobre estas ramas sensitivas que en los protocolos del Dr Choi³⁴ y Franco⁴⁵ desechaban por su cercanía a la rama común del nervio peronéo.

Con los protocolos de localización ecoguiada descritos podemos asegurar el emplazamiento de las agujas de radiofrecuencia en una posición perineural lo suficientemente cercana al nervio como para la realización de un tratamiento óptimo, además de permitir la localización de las ramas nerviosas en aquellos pacientes que presenten variantes de la normalidad.

6.4. NIVEL DE TRATAMIENTO.

Con el fin de optimizar el abordaje terapéutico por medio de radiofrecuencia es importante aplicar el tratamiento en las porciones lo más distal posible con el fin de asegurar las características específicas de la estructura nerviosa a tratar.

Aquellas estructuras nerviosas con un carácter sensitivo puro podrán ser tratadas por medio de tratamientos ablativos (radiofrecuencia térmica) en diferentes niveles de su recorrido. Tratamientos con métodos ablativos sobre estructuras nerviosas con carácter motor deberán ser limitados a segmentos lo suficientemente distales como para no interferir sobre su función motora o bien limitar los tratamientos sobre este tipo de estructuras a tratamientos de carácter neuromoduladores (como la radiofrecuencia pulsada que al no producir tratamientos ablativos no interrumpe la transmisión de la señal motora). En aquellos casos en los que se desee aplicar la variante térmica de la radiofrecuencia sobre una estructura con características mixtas es necesario determinar niveles de tratamiento lo suficientemente distales como para minimizar el efecto sobre el componente motor del nervio.

Gracias a los patrones de localización ecográfica de las ramas nerviosas encargadas de inervar la rodilla hemos podido proveer de métodos de guía definitivos y precisos que permiten la visualización de estas estructuras y posibilitan la selección de los niveles adecuados para la realización de tratamientos mediante radiofrecuencia térmica.

Por medio de los datos obtenidos en este estudio podemos establecer como objetivos terapéuticos para el tratamiento del dolor de la cara medial de la articulación de la rodilla estructuras como el nervio safeno, el nervio para el músculo vasto medial y el nervio obturador (imágenes 5-9, 11, 14-23)

De estas tres ramas encargadas de proveer inervación a la cara medial de la rodilla solo el nervio safeno es una rama de carácter exclusivamente sensitivo³⁵. La aplicación de radiofrecuencia térmica sobre esta rama nerviosa no entabla riesgos de denervación motora debido a sus características intrínsecas. La única precaución que deberá ser tomada en consideración a la hora de seleccionar un nivel de tratamiento óptimo es verificar la aplicación del tratamiento sobre la rama infrapatelar y no sobre el tronco común. La localización del nivel de su división en sus dos ramas distales: la rama infrarotuliana y la rama tibial es fundamental con el objetivo de limitar el tratamiento al área específicamente dolorosa. Gracias a los patrones de localización por ecografía realizados en este estudio podemos localizar la posición de la rama infrarotuliana o infrapatelar del nervio safeno de manera que garantizamos que el tratamiento ablativo es realizado sobre esta rama y no sobre la rama tibial.

El nervio para el músculo vasto medial y el nervio obturador a diferencia del nervio safeno poseen características mixtas^{35,39}. Este factor intrínseco de ambos nervios tendrá un papel fundamental sobre el nivel en el que deberán ser aplicados los tratamientos ablativos mediante radiofrecuencia. Los efectos ablativos de la radiofrecuencia térmica limitan su aplicación sobre ramas nerviosas de carácter mixto⁴⁸⁻⁶³. Sus efectos ablativos determinan que su aplicación deba ser circunscrita a segmentos distales del nervio. Esta actuación limitada permite que la actuación de la radiofrecuencia térmica se concentre en

la porción sensitiva del nervio preservándose el componente motor de la estructura nerviosa por haber sido emitida en porciones más proximales a la actuación terapéutica. En caso de seleccionar abordajes más proximales es preferible el empleo de variantes no ablativas como la variante pulsada de la radiofrecuencia⁵³.

Los patrones de localización por medio de ecografía de los nervios para el músculo vasto medial y nervio obturador propuestos en este estudio permiten seleccionar niveles lo suficientemente distales como para emplear con seguridad la variante térmica de la radiofrecuencia. Estos niveles distales son lo suficientemente seguros como para no afectar a la capacidad motora de los músculos vasto medial y aductores.

Los objetivos terapéuticos de la región lateral de la rodilla serán los nervios para el músculo vasto lateral, el nervio retinacular lateral, nervio peroneo recurrente (ramas del peroneo común) y el nervio para el músculo vasto intermedio.

En lo que respecta a los nervios para los músculos vasto lateral e intermedio son (al igual que el nervio para el vasto medial) son estructuras de características mixtas. Esta característica constituye un factor que deberá ser tenido en consideración a la hora de seleccionar el tipo de tratamiento a emplear. En el caso de hacer uso de terapias ablativas (como la radiofrecuencia térmica o enfriada) el nivel de localización y el tratamiento empleado deberá ser lo más distal posible con el objetivo de circunscribir el tratamiento a la porción sensitiva del nervio.

En el caso de las ramas sensitivas del nervio peroneo (el nervio retinacular lateral y el nervio peroneo recurrente) su dirección desde la región posterior de la articulación hasta la región anterior hacen que adopten un trayecto en un inicio muy próximo a la rama común del nervio peroneo y más distalmente sobre porciones excesivamente superficiales. Estos dos factores han constituido una dificultad para la aplicación de variantes ablativas para su tratamiento. Los potenciales efectos colaterales en términos de lesión de estructuras como el nervio peroneo común o la génesis de quemaduras superficiales hacen que estas ramas sensitivas del peroné hayan sido descartadas para su tratamiento ablativo por grupos como Franco et al ⁴⁵. Sin embargo

gracias a los protocolos de localización ecográfica aportados por este estudio es posible seleccionar localizaciones precisas en las que la distancia respecto al nervio peroneo común y a la piel sean lo suficientemente seguras como para emprender el tratamiento.



7. CONCLUSIONES





CONCLUSIONES

- 1- La anatomía sensitiva de la rodilla es mas compleja que los asumido previamente.
- 2- La existencia de variantes entre individuos obliga a la localización individualizada de las ramas nerviosas sensitivas.
- 3- La inervación de la región lateral de la articulación proviene de: 1) Ramas sensitivas distales del nervio femoral: nervio para el músculo vasto lateral y nervio para el músculo vasto intermedio 2) Ramas sensitivas distales del nervio peroneo (nervio retinacular lateral y nervio peroneo recurrente).
- 4- La inervación de la región medial proviene de : 1 La rama infrarotuliana del nervio safeno.2) El nervio para el músculo vasto medial. 3) La rama anterior del nervio nervio obturador.
- 5- Este estudio demuestra que el método de guía más adecuado para aplicar el tratamiento por radiofrecuencia térmica es la ecografía.
- 6- Esta guía ecográfica permite visualizar de forma dinámica las estructuras sobre las que se desarrolla el recorrido mayoritario de los nervios encargados de proveer sensibilidad a la articulación
- 7- Esta guía ecográfica permite aumentar la seguridad del tratamiento en tanto en cuanto permite visualizar estructuras colindantes como vasos y estructuras nerviosas.

8- La visualización dinámica de las estructuras nerviosas por medio de ecografía permite optimizar el punto mas adecuado para realizar tratamientos.

9- La descripción precisa del recorrido de ramas sensitivas del peroneo por ecografía permite el tratamiento de estas estructuras (hasta ahora no tratadas)



8-BIBLIOGRAFÍA





BIBLIOGRAFÍA

1-Cueto Espinar A, Hernández Mejía R, Fernández López JA, Ballina García FJ. Enfermedades del sistema osteomuscular y tejido conjuntivo. En: Piédrola Gil G, Del Rey Calero J, Cortina Greus P, Gálvez Vargas R, Sierra López A, Sáenz González MC. Medicina preventiva y salud pública. Barcelona: Masson; 2008. p. 885–96.

2-E. Loza, L.Abasolo, J.A.Jover,L. Carmona Burden of disease across chronic diseases: a health survey that measured prevalence, function, and quality of life. *J Rheumatol*, 5 (2008), pp. 159-165

3-E. Loza,J.A. Jover,L. Rodríguez-Rodríguez,L. Carmona, EPISER Study Group. Observed and expected frequency of co-morbid chronic diseases in rheumatic patients. *Ann Rheum Dis*, 67 (2008), pp. 418-21

4-Loza E, Jover JA, Rodríguez Y, Carmona L; EPISER Study Group. Multimorbidity: prevalence, effect on quality of life and daily functioning, and variation of this effect when one condition is a rheumatic disease. *Semin Arthritis Rheum*. 2008;38:312-9.

5-Junta de andalucía.es. Procesos Asistenciales Integrados [sede web]. Sevilla: Consejería de Salud; 2004.

6-J. Paulino,A. Pinedo,C. Wong,D.E. Crespo Estudio general de la frecuencia de las enfermedades reumáticas en una población determinada confines epidemiológicos. *Rev Esp Reumatol*, 9 (1982), pp. 1-8

7-Lawrence RC, Hochbcrg MC, Kclsey JL, McDuffie FC, Medsger TA Jr, Felts WR, et al. Estimates of the prevalence of selected arthritis and

musculoskeletal diseases in the United States. *J Rheumatol* 1989;16:427-41.

8-Felts W, Yelin E. The economic impact of the rheumatic diseases in the United States. *J Rheumatol* 1989;16:867-84.

9-E. Batlle-Guada,L. Carmona,D. Garrila,E.I. García Criado,R. Ruiz,J. Carbonell Grupo ArtRoCad. Implementación y características de la población del estudio ArtRoCad, una aproximación al consumo de recursos y repercusión socioeconómica de la artrosis de rodilla y cadera en atención primaria. *Reumatología Clínica* 2 (2006), pp. 224-234.

10-McNeil JM. Americans with disabilities: 1991-1992. Current population reports. Washington (DC): US Bureau of the Census; 1993.

11-Ficke RC. Digest of data of persons with disabilities, 1992. Washington (DC): US Department of Education; 1992.

12-Guccione AA, et al. The effects of specific medical conditions on the functional limitations of elders in the Framingham Study. *Am J Pub Health* 1994;84(3):351-358

13-Lamplot JD, Wagner ER, Manning DW. Multimodal pain management in total knee arthroplasty: a prospective randomized controlled trial. *J Arthroplasty*.2014 Feb;29(2):329-34.

14-Lavand'homme P, Thienpont E. Pain after total knee arthroplasty: a narrative review focusing on the stratification of patients at risk for persistentpain. *Bone Joint J*. 2015 Oct;97-B (10 Suppl A):45-8.

15-Tonge D, Pearson MJ, Jones SW. The hallmarks of osteoarthritis and the potential to develop personalised disease-modifying pharmacological therapeutics. *Osteoarthritis Cartilage* 2004: S1063

16- Bjordal JM, Ljunggren AE, Klovning A, Slordal L. Non-steroidal anti-inflammatory drugs, including cyclo-oxygenase-2 inhibitors in

osteoarthritic knee pain: Meta-analysis of randomised placebo controlled trials. *BMJ* 2004 329:1317.

17-Scott DL, Berry H, Capell H, Coppock J, Daymond T, Doyle DV, Fernandes L, Hazleman B, Hunter J, Huskisson EC, Jawad A, Jubb R, Kennedy T, McGill P, Nichol F, Palit J, Webley M, Woolf A, Wotjulewski J. The long-term effects of non-steroidal anti-inflammatory drugs in osteoarthritis of the knee: A randomized placebo-controlled trial. *Rheumatology (Oxford)* 2000; 39:1095-1101.

18- Panel NIHC. NIH consensus Statement on total knee replacement, December 8-10, 2003. *J Bone Joint Surg Am* 2004; 86:1328-1335

19-Whiteside LA. The effect of patient age, gender, and tibial component fixation on pain relief after cementless total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1991; (271):21-7.

20-Hawker G, Wright J, Coyte P, et al. Health-related quality of life after knee replacement. *J Bone Joint Surg Am* 1998; 80:163-73.

21-Ethgen O, Bruyere O, Richy F, et al. Health-related quality of life in total hip and total knee arthroplasty. A qualitative and systematic review of the literature. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86-A:963-74

22-Rutjes AW, Juni P, da Costa BR, Trelle S, Nuesch E, Reichenbach S. Viscosupplementation for osteoarthritis of the knee: A systematic review and meta-analysis. *Ann Intern Med* 2012; 157:180-191.

23-Navarro-Sarabia F, Herrero-Beaumont G. Viscosupplementation for osteoarthritis of the knee. *Ann Intern Med.* 2013 Jan 1;158(1):74-5.

24-Bellamy N, Campbell J, Robinson V, Gee T, Bourne R, Wells G. Intraarticular corticosteroid for treatment of osteoarthritis of the knee. *Cochrane Database Syst Rev* 2006; 2:CD005328.

25-Lo GH, LaValley M, McAlindon T, Felson DT. JAMA. Intra-articular hyaluronic acid in treatment of knee osteoarthritis: a meta-analysis. 2003 Dec 17;290(23):3115-21.

26-Copel HP, Thompson WAL. Knee pain due to saphenous nerve entrap N Engl J Med 1960; 263:351-353.

27-Wylde V, Hewlett S, Learmonth ID, Dieppe P. Persistent pain after joint replacement: Prevalence, sensory qualities, and post-operative determinants. Pain 2011; 152:566-572

28-Panel NIHC. NIH consensus Statement on total knee replacement, December 8-10, 2003. J Bone Joint Surg Am 2004; 86:1328-1335.

29-Wylde V, Hewlett S, Learmonth ID, Dieppe P. Persistent pain after joint replacement: Prevalence, sensory qualities, and post-operative determinants. Pain 2011; 152:566-572.

30-Nilsson AK, Lohmander LS. Age and waiting time as predictors of outcome after total hip replacement for osteoarthritis. Rheumatology (Oxford) 2002; 41:1261-1267

31-Kim DH, Kline DG. Management and results of peroneal nerve lesions. Neurosurgery 1996; 39:312-319.

32-Sherman OH, Fox JM, Snyder SJ, Del Pizzo W, et al. Arthroscopy. "no-problem surgery": an analysis of complications in two thousand six hundred and forty cases. J Bone Joint Surg Am 1986; 68:256-265.

33-Mochida H, Kikuchi S. Injury to infrapatellar branch of saphenous nerve in arthroscopic knee surgery. Clin Orthop Relat Res 1995 (Nov); 320:88-94.

³⁴ Choi WJ, Hwang SJ, Song JG, Leem JG, Kang YU, Park PH, Shin JW. Radiofrequency treatment relieves chronic knee osteoarthritis pain:

- A double-blind randomized controlled trial. *Pain* 2011 Mar;152(3):481-7.
- 35- Gardner, E. The innervation of the knee joint. *Anat. Rec.*1948. 101: 109–130.
- 36-Druner, L. Ueber die beteiligung des Nervus obturatorius an der Innervation des Kniegelenks. *Ztschr. f. Anat. u. Entwickl.*, 83: 388-3 1927
- 37-Jeletskeya, G. On the innervation of the capsule and the epiphyses of the knee joint. *Vest, khir. (nos. 65-66)*, 82: 74-112. 1931.
- 38-Horner G, Dellon AL. Innervation of the human knee joint and implications for surgery. *Clin Orthop Rel Res.* 1994; 301:221–226
- 39-Dellon AL. Partial joint denervation II: Knee and ankle. *Plastic reconstructive surg.* 2009 Jan 123(1):208-17).
- 40-Hirasawa S. Okajima M. Ohta · T. Tokioka Nerve distribution to the human knee joint: anatomical and immunohistochemical study. *Int Orthop.* 2000;24(1):1-4.
- 41-Copel HP, Thompson WAL. Knee pain due to saphenous nerve entrapment. *N Engl J Med* 1960; 263:351-353.
- 42-Dunaway, D. J.; Steensen, R. N.; Wiand, W.; Dopirak, R. M.: The sartorial branch of the saphenous nerve: its anatomy at the joint line of the knee. *Arthroscopy* 21:547–551, 2005.
- 43-Kennedy JC, Alexander IJ, Hayes KC. Nerve supply of the human knee and its functional importance. *Am J Sports Med* 1982; 10:329–35
- 44-Gofeld.M. Letter to the editor. *Pain.* 2014 Apr;155(4):836-7.

45-Franco CD, Buvanendran A, Petersohn JD, Menzies RD, Menzies LP. Innervation of the Anterior Capsule of the Human Knee Implications for Radiofrequency Ablation. *Regional Anesthesia and Pain Medicine*. Reg Anesth and Pain medicine. 2015 Jul-Aug;40(4):363-8.

46-Yasar, Kesikburun, Kılıç, Güzelkü.ük, Yazar, Kenan Tan. Accuracy of Ultrasound-Guided Genicular Nerve Block: A Cadaveric Study E. *Pain Physician* 2015; 18: E899-E904

47-Mullan S, Hekmatpanah J, Dobbin G, Beckman F. Percutaneous intramedullary cordotomy utilizing the unipolar anodal electrolytic lesion. *J Neurosurg* 1965; 22:548-553.

48-Rosomoff HL, Carroll F, Brown J, Sheptak P. Percutaneous radiofrequency cervical cordotomy technique. *J Neurosurg* 1965; 23:639-644.

49-Sweet WH, Mark VH. Unipolar anodal electrolyte lesions in the brain of man and rat: report of five human cases with electrically produced bulbar or mesencephalic tractotomies. *AMA Arch Neurol Psychiatry* 1953; 70:224-234.

50-Shealy CN. Percutaneous radiofrequency denervation of the lumbar facets. *J Neurosurg* 1975; 43:448-451.

51-Van Zundert J, Patijn J, Kessels A, Lam´e I, Van Suijlekom H, and Van Kleef M, “Pulsed radiofrequency adjacent to the cervical dorsal root ganglion in chronic cervical radicular pain: a double blind sham controlled randomized clinical trial,” *Pain*. 2007 vol. 127, no. 1-2, pp. 173–182.

52- Cohen S. P., Sireci, A., Wu C.L., Larkin T.M., Williams K.A, and Hurley R.W. “Pulsed radiofrequency of the dorsal root ganglia is superior to pharmacotherapy or pulsed radiofrequency of the intercostal nerves in the treatment of chronic postsurgical thoracic pain,” *Pain*

Physician. 2006 vol. 9, no. 3, pp. 227–236.

53-Gallagher R.M. , “Pulsed radiofrequency treatment: What is the evidence of its effectiveness and should it be used in clinical practice?” Pain Medicine. 2006. vol. 7, no. 5, pp. 408–410.

54-Hamann W., Abou-Sherif S., Thompson S., and Hall S., “Pulsed radiofrequency applied to dorsal root ganglia causes a selective increase in ATF3 in small neurons,” European Journal of Pain. 2006. vol. 10, no. 2, pp. 171–176.

55-Vallejo R. , Tilley D. M., Williams J. , Labak S. , Aliaga L. and Benyamin R. M. , “Pulsed radiofrequency modulates pain regulatory gene expression along the nociceptive pathway,” Pain Physician. 2013. vol. 16, no. 5, pp. E601–E613.

56-Magistroni E, Ciclamini D, Panero B., Verna V. “Ultrasound-Guided Pulse-Dose Radiofrequency: Treatment of Neuropathic Pain after Brachial Plexus Lesion and Arm Revascularization” Case Rep Med. 2014;2014:429618.

57-Werner MU, Bischoff JM, Rathmell JP, Kehlet H. “Pulsed radiofrequency in the treatment of persistent pain after inguinal herniotomy: a systematic review. Regional anesthesia and pain medicine.” 2012;37(3):340-3.

58-Chang KV, Hung CY, Wu WT, Han DS, Yang RS, Lin CP. “Comparison of the Effectiveness of Suprascapular Nerve Block With Physical Therapy, Placebo, and Intra-Articular Injection in Management of Chronic Shoulder Pain: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials.” Arch Phys Med Rehabil. 2015. Dec 14.

59-Patel N, Gross A, Brown L, Gekht G. A randomized, placebo-controlled study to assess the efficacy of lateral branch neurotomy for chronic sacroiliac joint pain. Pain Med. 2012 Mar;13(3):383-98.

60-Patel N. Twelve-Month Follow-Up of a Randomized Trial Assessing Cooled Radiofrequency Denervation as a Treatment for Sacroiliac Region Pain. *Pain Pract.* 2016 Feb;16(2):154-67.

61-Cohen SP, Hurley RW, Buckenmaier CC 3rd, Kurihara C, Morlando B, Dragovich A. Randomized placebo-controlled study evaluating lateral branch radiofrequency denervation for sacroiliac joint pain. *Anesthesiology.* 2008 Aug;109(2):279-88.

62-Davis T, Loudermilk E, DePalma M, Hunter C, Lindley D, Patel N, Choi D, Soloman M, Gupta A, Desai M, Buvanendran A, Kapural L. Prospective, Multicenter, Randomized, Crossover Clinical Trial Comparing the Safety and Effectiveness of Cooled Radiofrequency Ablation With Corticosteroid Injection in the Management of Knee Pain From Osteoarthritis. *Reg Anesth Pain Med.* 2017 Nov 1.

63-Boswell MV, Manchikanti L, Kaye AD, Bakshi S, Gharibo CG, Gupta S, Jha SS, Nampiaparampil DE, Simopoulos TT, Hirsch JA. A Best-Evidence Systematic Appraisal of the Diagnostic Accuracy and Utility of Facet (Zygapophysial) Joint Injections in Chronic Spinal Pain. *Pain Physician.* 2015 Jul-Aug;18(4):E497-533

9-ANEXO





CHRONIC AND INTERVENTIONAL PAIN

ULTRASOUND ARTICLE

Anatomic and Ultrasonographic Evaluation of the Knee Sensory Innervation A Cadaveric Study to Determine Anatomic Targets in the Treatment of Chronic Knee Pain

Jorge M. Orduña Valls, MD,*†‡ Ricardo Vallejo, MD, PhD,†§ Pablo López Pais, MD,* Eliezer Soto, MD,†‡§ Daniel Torres Rodríguez, MD,* David L. Cedeño, PhD,§ Carlos Tornero Tornero, MD, PhD,†‡ Maximino Quintáns Rodríguez, PhD,* Aurora Baluja González, MD,* and Julián Álvarez Escudero, MD, PhD*

Background and Objectives: Osteoarthritis is a main cause of knee pain in the elderly. Pain associated with this condition is often refractory to conservative treatment. Total knee replacement may be the best option for severe pathologies; however, the occurrence of a chronic pain state after knee replacement has been well documented in the literature. The previous descriptions of the genicular nerves have been considered somewhat inaccurate. This innervation is complex and exhibits significant interindividual variability. A precise description of these nerves will increase our knowledge on different patterns and targets, to guide treatment and improve outcomes. The objective of this study was to determine sensory innervation patterns of the knee joint and correlate them with dynamic visualization via ultrasound imaging.

Methods: Systematic cadaveric dissections were performed to determine different patterns of sensory innervation of the knee followed by ultrasonographic correlation. A short-axis ultrasound view of the nerves was used to inject India ink at several points along their course to facilitate the anatomic dissection and confirm their location among adjacent structures.

Results: The visualized structures were the following: infrapatellar branch of the saphenous nerve, the branches to vastus medialis, intermedius, and lateralis muscles; obturator nerve; and lateral reticular and recurrent peroneal nerves.

Conclusions: We conclude that reproducible correlations showing the sensory innervations for the knee are linked to muscular structures. However, high variability among individuals makes it difficult to predict their paths. Our systematic approach, using direct visualization via ultrasound, allows a more accurate placement of the needle for therapeutic purposes.

(*Reg Anesth Pain Med* 2017;42: 90-98)

Knee osteoarthritis is a main cause of pain in the elderly, affecting their quality of life and activities of daily living.¹ Owing to its anatomic characteristics and location, the knee joint is often exposed to repetitive trauma and is directly affected by factors including weight changes, sports injuries, and accidents. This may result in painful syndromes that are often refractory to

conservative therapeutic options. Treatment for knee pain involves a multidisciplinary approach. Pharmacologic management with agents such as nonsteroidal anti-inflammatory drugs and opioids has significant limitations of long-lasting analgesic relief in addition to undesired adverse effects.^{2,3}

In the past few decades, the treatment algorithm for intractable knee pain has included intra-articular injections of steroids or hyaluronic acid, despite limited evidence of their long-term results.^{4,6}

In severe cases, total knee arthroplasty may be seen as the only treatment option to achieve positive results.⁷ However, recent reports highlight the risk of chronic postsurgical knee pain. Wylde et al⁸ reported a 44% prevalence of persistent pain 3 to 4 years after total knee arthroplasty, with 15% of patients complaining of extremely severe pain. It is unclear if the development of a postsurgical pain state is related to preexisting conditions,⁹ lower pain threshold, and/or the result of postsurgical complications.^{10,11}

Understanding the knee's sensory innervation has gained significant importance in the past few years as a potential target for radiofrequency denervation. Unfortunately, discrepancies in terminology and anatomical descriptions have led to confusion among interventional practitioners. Since the description of the "genicular nerves" by Choi et al¹² in 2011, this term has been used to refer to the sensory nerves innervating the knee joint. However, several authors consider it to be inaccurate and incomplete,^{13,16} based on the innervation described in former anatomic studies.^{17,25}

Innervation of the knee is extremely complex, with nerves originating from several different branches and significant interindividual variability. Owing to its therapeutic relevance, it is crucial to have an in-depth understanding of the anatomy regarding the sensory innervation of the knee including branches from the lumbar (femoral and obturator nerves) and lumbosacral plexus (sciatic nerve).

To understand the sensory innervation of the knee, several authors have divided the anatomy of its anterior capsule into four quadrants: superomedial, superolateral, inferomedial, and inferolateral.^{12,14}

The superomedial quadrant is innervated by branches of the femoral and obturator nerves. The femoral nerve contributes to the innervation through the nerve to the vastus medialis (NVM) and the saphenous nerve. The NVM contributes via several branches, including the medial reticular nerve.²¹ The saphenous nerve contributes to the innervation of this quadrant via its infrapatellar branch. The obturator nerve contributes to the innervation of the knee through the sensory portion of the anterior branch of the nerve.

The inferomedial quadrant is dependent of the infrapatellar branch of the saphenous nerve, and sensory branches from the tibial nerve, which show significant variability.¹⁷

The innervations to the vastus lateralis,^{17,20} vastus intermedius, and lateral reticular nerve (sensory branch from peroneal

From the *Departamento de Anestesiología, Reanimación y Tratamiento del Dolor, Hospital Clínico Universitario de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, La Coruña, Spain; †Departamento de Anestesiología, Reanimación y Tratamiento del Dolor, Hospital Clínico Universitario de Valencia, Valencia, Spain; ‡Clínica Indolor, Valencia, Spain; and §Millennium Pain Center, Bloomington, IL.

Accepted for publication August 31, 2016.

Address correspondence to: Jorge M Orduña Valls, MD, Complejo Hospitalario Clínico-Universitario de Santiago de Compostela Santiago de Compostela, La Coruña, Spain (e-mail: dr.orduna.dolor@gmail.com).

Drs. Cedeño and Vallejo report grants from Halysard, outside the submitted work. The authors otherwise declare no potential conflict of interest. Copyright © 2016 by American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine

ISSN: 1098-7339

DOI: 10.1097/AAP.0000000000000516

nerve) are highly variable in the superolateral quadrant.¹⁷ The main innervation for the inferolateral quadrant is the recurrent peroneal nerve, which plays a significant role for the anterior tibial innervation.

Recent studies have reiterated the complexity and variability of the sensory innervation of the knee.¹³⁻¹⁶ However, all these studies have focused their description in the previously named genicular nerves.

Several authors^{14,15,17,22,24} emphasized the importance of other branches besides those previously described as targets for radiofrequency ablation (genicular nerves), promoting the realm of an innervation that is more complex than as described by Choi et al.¹² For instance, Franco et al¹⁴ highlight the importance of sensory branches of the peroneal nerve (derived from the lateral retinacular nerve) on the innervation of the inferomedial quadrant. However, their close proximity to the common peroneal nerve excludes them as potential targets for ablation therapy. Although the obturator nerve branches have been described as part of the innervation in the medial aspect of the knee, none of the previous studies has mentioned its anatomic relevance.

A recent anatomical report by Burckett-St Laurant et al¹⁵ describing the innervation of the medial quadrant emphasizes the importance of both the NVM and the saphenous nerve in the innervation of the anteromedial aspect of the knee. This work demonstrates that the innervation of this quadrant is largely dependent on various sensory branches of the NVM.

These previous anatomic descriptions of the innervation of the knee have overlooked the posterior region of the articular capsule. Available literature assumes that its innervation originates from articular branches of the tibial nerve (with certain variability) and variable contributions of the obturator nerve.

A more precise description of the sensory innervation of the knee should lead to the identification of more accurate treatment targets and ultimately better analgesic effects. In this work, the sensory innervation of 25 knees in cadaver dissections has been studied and the results compared to those previously reported.^{17,25} This article describes the anatomic pathways of different nerves in relation to their muscular structures. The main objective was to determine the sensory innervation patterns of the knee joint and to correlate them with dynamic visualization via ultrasound imaging. This information will increase our knowledge on different innervation patterns and targets, which could be used as a guide for treatment and improved outcomes.

METHODS

This study is an anatomic evaluation of 25 knees from 25 cadavers (one knee per cadaver) from the Department of Anatomy and Embryology, Universidad de Santiago de Compostela, Spain. The cadaver samples were donations to the University, older than 18 years, and both sexes were represented. Those with previous surgical interventions of the knee were excluded. Systematic anatomic dissections were performed in these 25 specimens to determine the different patterns of sensory innervation of the knee.

Once the nerve patterns were identified, an ultrasound correlation was performed in 9 of the 25 specimens using a Sonosite Edge II ultrasound system (Bothell, Washington) equipped with a 15-MHz linear probe (HFL50X; FUJIFILM SonoSite, Inc, Bothell, Washington).

A systematic approach to ultrasound guidance was used to improve reproducibility of the outcomes regardless of the possible anatomic variants. Visualized structures included the infrapatellar branch of the saphenous nerve, nerve branches to the vastus medialis, vastus intermedialis, and vastus lateralis muscles, nerve branches from the NVM including the retinacular medial nerve,

the anterior branch from obturator nerve (distal), and sensory branches from peroneal nerve.

Under direct ultrasound guidance, all the nerve branches previously mentioned were identified. A 22-gauge spinal needle was inserted using a short-axis view of the nerve to inject 0.5 mL of India ink at several points along the course of the nerves. Before the injection, the location of the needle placement was documented using ultrasound images. This process facilitated the subsequent anatomic dissection of the nerves and the confirmation of their location among adjacent structures.

RESULTS

Results are presented for the different sections of the knee, describing first the nerve anatomy based on the 16 cadaveric dissections, followed by the ultrasonographic localization of such nerves in nine specimens, which were then verified by anatomical dissections.

Sensory Innervation for the Medial Aspect of the Knee

Sensory innervation to the medial aspect of the knee is supplied by four branches: the infrapatellar branch of the saphenous nerve, the sensory distal branch of the femoral nerve to the vastus medialis or medial retinacular nerve, the anterior branch of the obturator nerve (cutaneous portion), and sensory branches of the tibial nerve.

Femoral Nerve Anatomy

Distal to the inguinal ligament, the femoral nerve divides into nerve branches that innervate each of the components of the quadriceps femoris muscle group. Distal to this division, the femoral nerve branches to the saphenous nerve (Fig. 1A).

Nerve to the Vastus Medialis Muscle (NVM)

The NVM runs parallel to the saphenous nerve along the adductor canal. Along its course in the canal, this nerve supplies a variable number (two to five in dissected specimens) of branches (Figs. 2A and 3A). At a distal level, the NVM branches out to provide sensory input to the medial region of the knee at the distal portion of the femur and the anterior capsule of the knee. In all specimens dissected, a branch was found in the fascia of the vastus medialis that ends in the medial retinacular nerve (Fig. 4A). Intramuscular branches of the nerve were found during the ultrasonographic explorations, although with high variability among specimens. These are distributed toward the anterior capsule of the knee and distal portion of the femur. These intramuscular branches to the vastus medialis correspond to the ones described by Horner and Burckett-St Laurant et al.^{13,15}

Saphenous Nerve (SN)

The saphenous nerve (SN) is a branch of the femoral nerve that originates from the femoral nerve at the proximal region of the femur. It descends along the entire adductor canal, initially running parallel and lateral to the NVM before continuing its course deep into the fascia that separates the adductor magnus and vastus medialis as well as the sartorius and vastus medialis muscles at the distal regions (Figs. 3A and 4A).

Distally, within the fascia separating the sartorius and vastus medialis muscles, the SN provides two branches: the infrapatellar branch, contributing to sensory innervation of the knee in this region, and the tibial branch, which innervates the medial quadrant of the distal lower extremity.

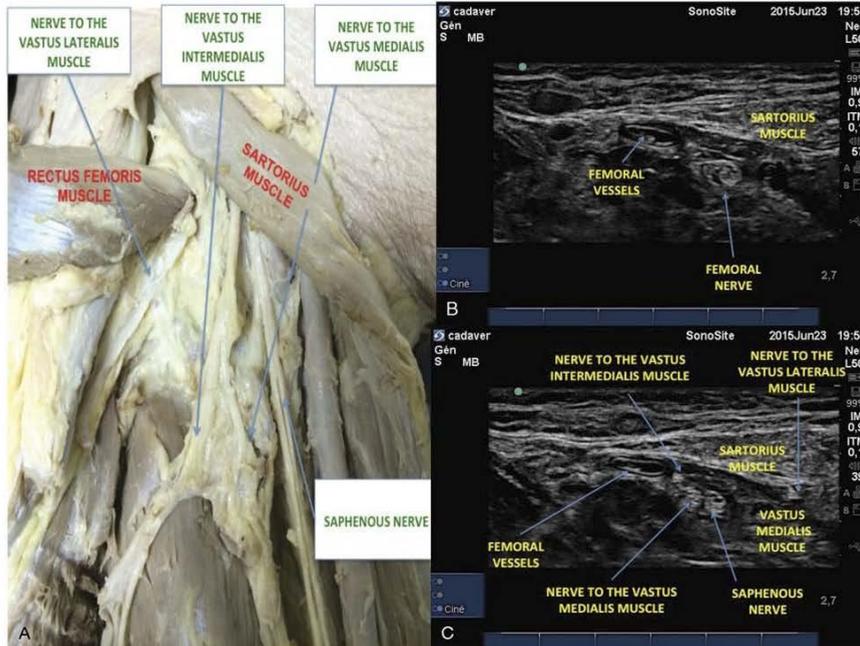


FIGURE 1. Proximal femur, anatomic dissection (A); femoral vessels and femoral nerve, ultrasound view (B); division of the femoral nerve, ultrasound view (C).

The distal origin of the infrapatellar and tibial branches of the SN was consistent in most of the sample studied (23 of 25), with two exceptions in which the origin was more proximal. This pattern was confirmed in all the ultrasonographic correlations (nine of nine). The presence of these branches was constant in all specimens studied, although a muscular branch that went into the sartorius was found in two of the specimens.

Ultrasonographic Identification of the NVM and SN Branches

For the imaging correlation of the femoral nerve branches, the anatomic scanning process started by placing the ultrasound probe over the proximal third of the femur (Figs. 1–3). At the level of the fascia between the vastus medialis and sartorius muscles, the NVM was visualized as a hyperechoic small-diameter structure. This nerve provides several branches to different parts of the vastus medialis throughout its distal course (Figs. 2–4). The distal branches were visualized by following the nerve to its distal portion above the knee (Fig. 4, B and C).

It was observed that at the distal portion of the adductor canal, the NVM provides several branches. Some of them follow an intramuscular course toward the vastus medialis muscle, whereas others innervate the articular capsule and the medial retinaculum.

The SN was identified (Fig. 3, B and C) at the Hunter's canal between the adductor longus and vastus medialis muscles. From

this point, it separates from the femoral artery, supplying deeper structures, and runs superficially between the sartorius and vastus medialis muscles (Figs. 3 and 4). Above the saphenous nerve lies the sartorius muscle, where the infrapatellar branch is most commonly located (Figs. 3 and 4). After giving rise to its infrapatellar branch, the SN perforates the fascia between the sartorius and the gracilis muscle while running toward superficial planes. Its distal tibial trajectory runs parallel to the saphenous vein to innervate the lower medial aspect of the extremity.

Obturator Nerve Anatomy

The obturator nerve contributes to the innervation of the medial aspect of the knee via the cutaneous portion of its anterior branch. This branch runs through the adductor longus and adductor brevis to divide into four smaller branches. It carries sensory innervation from the inner thigh to the medial aspect of the knee. The presence of this branch in the dissections was not consistent, being confirmed in 12 of the 25 dissections specimens. The use of ultrasound guidance provided confirmation of its location in eight of nine specimens that had also been dissected.

Ultrasonographic Identification of the Obturator Nerve

Using ultrasound imaging, the nerve was visualized in the medial aspect of the femur by localizing the fascia between the

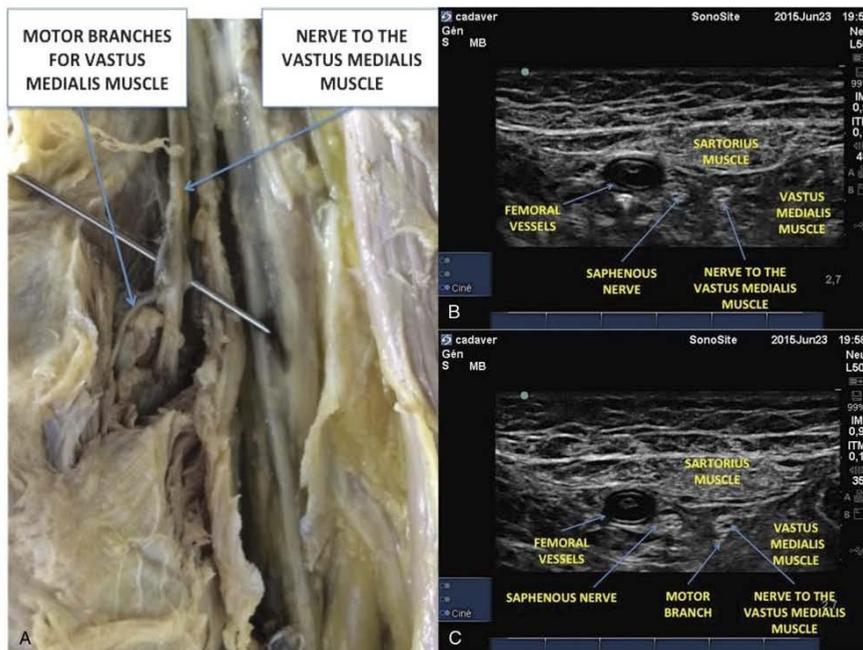


FIGURE 2. Nerve division to vastus medialis muscle, anatomic dissection (A); Hunter's canal with saphenous nerve and nerve to vastus medialis muscle, ultrasound view (B); nerve to vastus medialis muscle with motor branches, ultrasound view (C).

adductor longus and vastus medialis muscles. It is represented ultrasonographically as a small hyperechoic structure that descends along the fascia toward the joint (Fig. 5).

Sensory Innervation of the Lateral Aspect of the Knee

The sensory innervation for the lateral aspect of the knee originates from branches innervating the vastus lateralis, vastus intermedius, and branches from the peroneal nerve (lateral retinacular and recurrent peroneal nerves).

Nerve Branches to Vastus Lateralis and Vastus Intermedius Muscles

The nerve to the vastus lateralis muscle is a nerve that runs through the fascia between the vastus intermedius and vastus lateralis muscles (Fig. 1A). At the distal aspect of the knee, it runs above the posterior aspect of the vastus lateralis muscle, providing branches that innervate the anterolateral portion of the knee. The distribution of the branches of this nerve was variable in the specimens dissected, being localized at a distal level in four of 16 of the specimens that were not examined sonographically.

The nerve to the vastus intermedius muscle is a nerve that descends along the fascia between the vastus lateralis and vastus

intermedius muscles to the distal portion of the femur, where it branches out to the periosteum of the prepatellar bursa.

Ultrasonographic Identification of Nerve Branches to Vastus Lateralis and Intermedius Muscles

The ultrasonographic location of the nerve to the vastus lateralis starts at the fascia that separates the biceps femoris and vastus lateralis muscles. This nerve is identified within the fascia as a hyperechoic structure that courses along a descending pathway until reaching the anterolateral portion of the joint and the superolateral quadrant of the patella.

To locate the branches to the vastus intermedius muscle, the insertion of the rectus anterior muscle tendon at the patella is identified. The nerve can be found in the fascia between the vastus lateralis, vastus intermedius, and rectus anterior muscles and is visualized as a small hyperechoic structure that reaches this level through the fascia from the proximal portion of the femur.

Common Peroneal Nerve Anatomy

To identify the portion of the peroneal nerve involved in the innervation of the lateral aspect of the knee, it is necessary to locate its origin at the sciatic nerve in the posterior aspect of the limb. The level at which the sciatic nerve splits into the tibial and peroneal has been shown to be variable. In only two of the

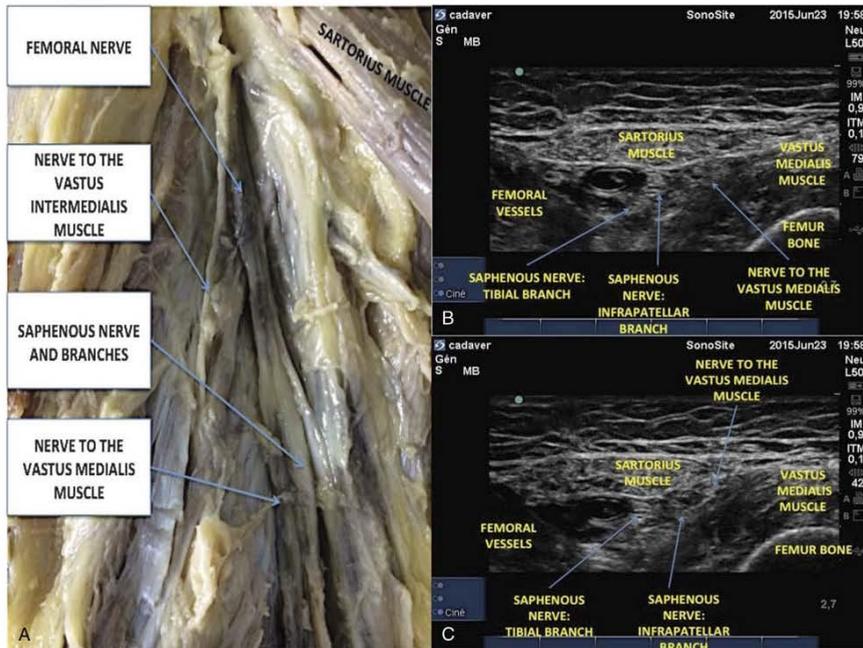


FIGURE 3. Hunter's canal, anatomic dissection (A); distal portion of femur, saphenous nerve division, distal portion of nerve to vastus medialis muscle, ultrasound view (B); distal portion of femur, ultrasound view (C).

25 specimens, this bifurcation was located proximal to the popliteal fossa.

The common peroneal nerve lies in close lateral proximity to the biceps femoris and the lateral head of the gastrocnemius muscle. At this level, the nerve provides a branch called the lateral reticular branch. This branch runs lateral after it exits the popliteal fossa and deeper into the long head of the biceps femoris entering the anterior aspect of the knee.

The recurrent peroneal nerve is a sensory branch of the peroneal nerve with significant contribution to the inferolateral aspect of the knee. This branch was recognized in eight of 25 specimens studied with an origin that is adjacent to the head of the fibula.

Ultrasonographic Identification of Nerve Branches to Lateral Retinacular and Recurrent Peroneal Nerve

The ultrasonographic localization of the common peroneal nerve starts with a scanning process at the level of the popliteal fossa (Fig. 6B). After localization of the sciatic nerve and its bifurcation to the tibial and peroneal nerves, the exploration is focused on the common peroneal nerve. From its origin as a branch of the sciatic nerve until its adjacent position to the head of the fibula, this nerve is related to the long portion of the biceps femoris (Fig. 6, B–D). At this location, the common peroneal nerve gives out the lateral reticular nerve from one of its branches, which contributes to the knee sensory input (Fig. 6).

The recurrent peroneal nerve originates from the common peroneal nerve at locations adjacent to the head of the fibula (Fig. 6E).

Sensory Innervation of the Posterior Aspect of the Knee

The sensory innervation of the posterior aspect of the knee capsule originates from articular branches of the tibial nerve with variable contributions from branches originating from the posterior branch of the obturator nerve.

Tibial Nerve Anatomy

The contribution of the tibial nerve to the innervation of the posterior aspect of the capsule occurs through a variable number of articular branches. Based on the samples studied, these branches originate at the popliteal fossa level.

Ultrasonographic Identification of Tibial Nerve

The ultrasonographic localization of the articular branches of the tibial nerve starts with a scanning process at the bifurcation of the sciatic nerve into the tibial and peroneal nerves. At this point, focus is directed to the tibial nerve superficial and lateral to the popliteal artery and medial to the semimembranosus (superficial) and the semitendinosus muscle (deeper). Along its course through the popliteal fossa, the tibial nerve supplies between two and four

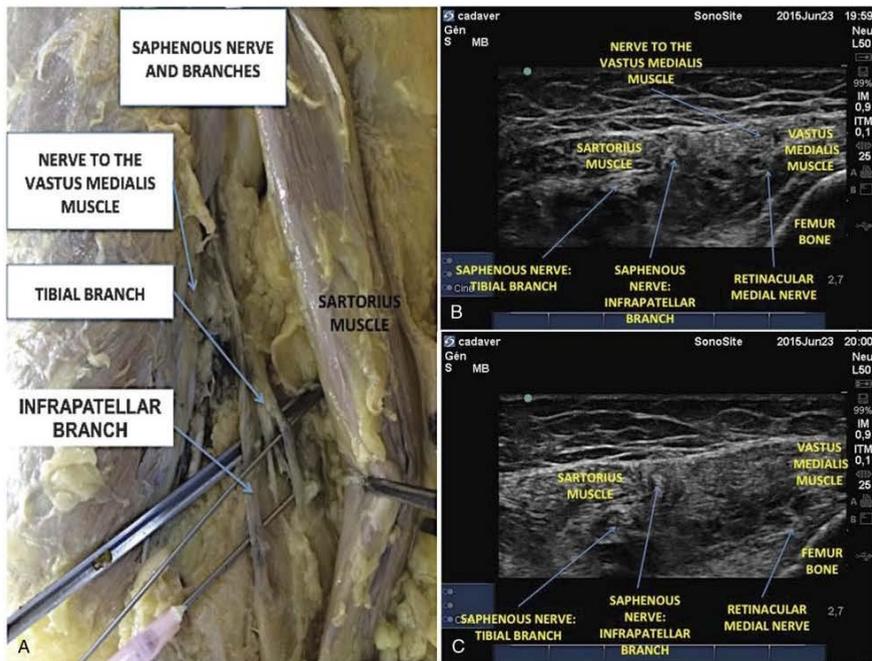


FIGURE 4. Distal portion of the femur, saphenous nerve division, anatomic dissection (A); distal portion of femur, saphenous nerve division, infrapatellar branch, sensory branch of nerve to vastus medialis muscle, ultrasound view (B); distal portion of femur, saphenous nerve division, infrapatellar branch, sensory branch of nerve to vastus medialis muscle (continued), ultrasound view (C).

branches, which provide innervation to this aspect of the articular capsule.

Posterior Branch of the Obturator Nerve

The posterior branch of the obturator nerve at mid-femoral level courses through the adductor magnus muscle to reach the popliteal fossa. The trajectory of this nerve was not verified in the specimens dissected, making it impossible to obtain its ultrasonographic correlation.

DISCUSSION

The treatment of knee pain using radiofrequency ablation requires a good knowledge of the specific nerves being treated.

Since the original contribution by Choi et al¹² on the so-called genicular nerves, several research groups have focused on optimizing this technique. However, the anatomic references that support this therapeutic option seem somewhat incomplete. Previous studies^{17,19,20,22} described the complexity and high degree of anatomical variability of the knee's sensory innervation. In agreement with previous reports,^{13,20} we found more structures with therapeutic significance than those described by Choi et al.¹²

In this study, we identified several structures with prominent relevance for the sensory supply of the knee (Table 1):

the infrapatellar branch of the saphenous nerve, branches from the NVM, branches from the nerve to the vastus intermedius and the vastus lateralis muscles; the obturator nerve (anterior branch); the lateral retinacular and recurrent peroneal nerves (from the peroneal nerve). The understanding of anatomic correlations between these nerves and their surrounding structures is essential to deliver therapies more accurately. Ultrasound, which allows the localization and recognition of soft tissues, provides an opportunity for precise localization of the nerves in anatomical regions that are more adequate for ablation using radiofrequency. This includes portions of the nerve with adequate depth to minimize cutaneous lesions and that are distant from important structures such as tendons and blood vessels.

To provide a more precise anatomic description of the sensory innervation of the knee, we divided the area of interest into medial and lateral compartments. The rationale for dividing this into two compartments, rather than four, is based on the fact that the sensory branches travel descending from their origin at the femoral, obturator, and sciatic nerves. They provide sensory branches along their path and their contributions are not limited to a particular segment. The superior and inferior compartments are not clearly defined anatomic dissections.

The importance of anatomic contributions of the infrapatellar branch of the saphenous nerve and the femoral nerve branches to

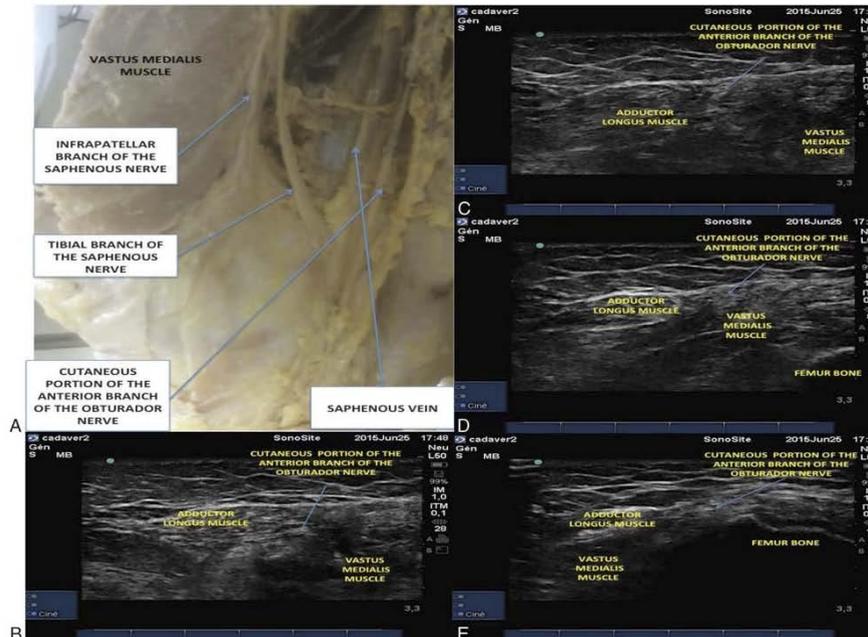


FIGURE 5. Medial aspect of the knee joint, anatomic dissection (A); sensory portion of the anterior branch of obturator nerve, ultrasound view (B); sensory portion of the anterior branch of obturator nerve (continued), ultrasound view (C); sensory portion of the anterior branch of obturator nerve (continued), ultrasound view (D); sensory portion of the anterior branch of obturator nerve (continued), ultrasound view (E). (B through E, ultrasound scanning from proximal to distal).

the vastus medialis muscle to the medial aspect of the knee has been well documented in the literature.^{12,14-17}

Burckett-St Laurant et al¹⁵ have recently discussed the importance of sensory branches derived from the NVM as a potential therapeutic target in the treatment of pain at the medial aspect of the knee joint. In agreement with these observations, we also believe these branches are essential in the treatment of pain at the superomedial region of the knee. The ultrasonographic location of the NVM allows for a distal application of ablative therapy in the form of radiofrequency. This would optimize its therapeutic potential directly into sensory branches while avoiding motor branches that innervate important portions of the quadriceps femoris muscle.

The results obtained from the dissections allow us to confirm the important role of the SN and the NVM to the sensory innervation of the medial quadrant of the knee joint. The contribution of the infrapatellar branch of the SN to the sensitivity of the inferomedial region of the joint makes it a primordial therapeutic target. The proposed protocol for ultrasonographic exploration allows for the differentiation of the two sensitive branches derived from the SN (infrapatellar and tibial) at a location near the medial condyle of the femur. This provides individualized therapeutic action on the infrapatellar branch at adequate depths to prevent cutaneous lesions (more likely at distal locations) while

avoiding ablation of the tibial branch, which could lead to anesthesia dolorosa.

The location of the cutaneous portion of the obturator nerve (anterior branch) and the sensory branches of the tibial nerve are highly variable. In this study, we were unable to determine a consistent pattern of the tibial nerve sensory branches, as described by Garner,¹⁷ using ultrasound. With regard to the lateral aspect of the knee, the clinical relevance of the branches to the vastus intermedialis and lateralis has been well established.^{17,20-22} An ultrasound-guided approach of the nerve for the vastus intermedialis muscle allows its identification external to the tendon of the quadriceps, something that cannot be accomplished with other imaging-guided techniques.

The importance of the sensory branches from the peroneal nerve was described by Gardner¹⁷ and subsequently confirmed by Delon.²¹ The proximity of the branches to the common peroneal nerve has precluded radiofrequency as a therapeutic option. The proposed ultrasonographic method allows for the localization of the origin of the lateral retinacular nerve and the recurrent peroneal nerve providing a needle placement in which the active tip is far enough from the common trunk of the peroneal nerve, allowing for a safe ablative therapy.

The needle placement for fluoroscopically guided radiofrequency ablation of the sensory branches of the knee has been

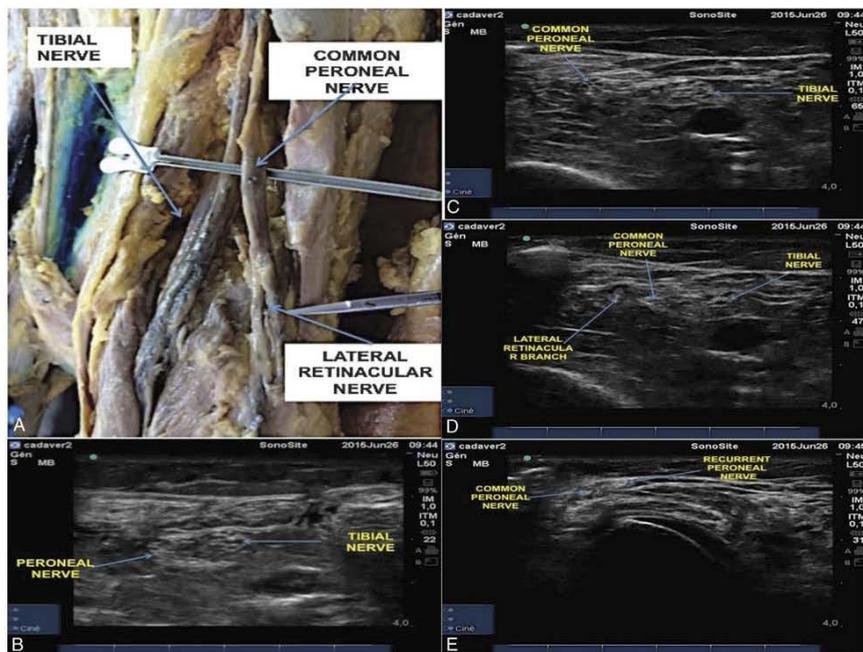


FIGURE 6. Posterior aspect of the knee joint, anatomic dissection (A); sciatic nerve, ultrasound view (B); tibial and peroneal nerve, ultrasound view (C); sensory branches of peroneal nerve, ultrasound view (D); sensory branches of peroneal nerve, ultrasound view (E).

based on anatomic studies using statistical probabilities. Direct ultrasound visualization of the structures has never been used as imaging guidance for this specific procedure. By using the systematic method previously described, these branches can be visualized at a reasonable distance from the trunk, making ablative therapies feasible and limiting treatment to the target region.

Conclusions

Based on previous anatomic studies^{17,21,22} and our current results from 25 cadaver dissections, we have confirmed the

sensory innervation of the knee and identified specific anatomic correlations to help determine ultrasonographic patterns of the nerves involved. These anatomic locations were further confirmed by injecting India ink within the structures using ultrasound guidance. Subsequently, the cadavers were dissected to obtain the images included within this manuscript.

Based on literature review and our results, we can conclude that the sensory supply of the knee comes from several and inconsistent branches from the sciatic, femoral, and obturator nerves. Sensory input of the medial aspect of the knee comes from the

TABLE 1. Summary of Relevant Innervations of the Medial and Lateral Aspect of the Knee and their Respective Anatomical Origins

		Knee Compartment	
		Medial Aspect	Lateral Aspect
Nerve origin	Femoral	<ul style="list-style-type: none"> • Infrapatellar branch of the saphenous nerve • Nerve to the vastus medialis muscle 	<ul style="list-style-type: none"> • Nerve to the vastus lateralis muscle • Nerve to the vastus intermedialis muscle
	Obturator	<ul style="list-style-type: none"> • Anterior branch of the obturator nerve 	<ul style="list-style-type: none"> • Recurrent peroneal nerve • Lateral retinacular nerve
	Sciatic		

NVM, the infrapatellar branch of the SN, and the anterior branch of the obturator nerve. Radiofrequency ablation therapy for pain treatment should be applied at the infrapatellar branch deep enough to prevent cutaneous lesions. Radiofrequency ablation should be applied at the distal portion of the NVM to minimize the risk of motor effects. Sensory input of the lateral aspect of the knee comes from the nerve to the vastus lateralis muscle, the nerve to the vastus intermedialis muscle, the lateral retinacular nerve, and the common peroneal nerve branches from the peroneal nerve. Radiofrequency treatment for the lateral aspect of the knee should be applied at the vastus intermedialis nerve, avoiding the quadriceps tendon and at the recurrent peroneal nerve distant enough from the common peroneal nerve to avoid motor damage.

The most important and reproducible correlations showing the sensory innervations for the knee are linked to muscular structures. The high variability among individuals makes it difficult to predict their nerve paths. A direct and dynamic visualization of these structures using ultrasound may allow a more accurate placement of the needle for therapeutic purposes.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Dr María del Pilar Mejía for translation of the original version of the manuscript.

REFERENCES

1. Bijlsma JW, Berenbaum F, Lafebber FP. Osteoarthritis: an update with relevance for clinical practice. *Lancet*. 2011;377: 2115-2126.
2. Bjordal JM, Ljunggren AE, Klovning A, Skerdal L. Non-steroidal anti-inflammatory drugs, including cyclo-oxygenase-2 inhibitors, in osteoarthritic knee pain: meta-analysis of randomised placebo controlled trials. *BMJ*. 2004;329:1317.
3. Scott DL, Berry H, Capell H, et al. The long-term effects of non-steroidal anti-inflammatory drugs in osteoarthritis of the knee: a randomized placebo-controlled trial. *Rheumatology (Oxford)*. 2000;39: 1095-1101.
4. Jüni P, Hari R, Rutjes AW, et al. Intra-articular corticosteroid for knee osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;22:CD005328.
5. Werneck C, Braum HI, Drago J. The effect of intra-articular corticosteroids on articular cartilage: a systematic review. *Orthop J Sports Med*. 2015;27:1-7.
6. Rutjes AW, Jüni P, da Costa BR, Trelle S, Nüesch E, Reichenbach S. Viscosupplementation for osteoarthritis of the knee: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intern Med*. 2012;157: 180-191.
7. Eitgen O, Bruyère O, Richy F, Dardennes C, Reginster JY. Health-related quality of life in total hip and total knee arthroplasty: A qualitative and systematic review of the literature. *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86-A: 963-974.
8. Wydde V, Hewlett S, Learmonth ID, Dieppe P. Persistent pain after joint replacement: prevalence, sensory qualities, and postoperative determinants. *Pain*. 2011;152:566-572.
9. Whiteside LA. The effect of patient age, gender, and tibial component fixation on pain relief after cementless total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 1991;21: 27.
10. NIH Consensus Panel. NIH Consensus Statement on total knee replacement, December 8-10, 2003. *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86-A: 1328-1335.
11. Nilsson AK, Lohmander LS. Age and waiting time as predictors of outcome after total hip replacement for osteoarthritis. *Rheumatology (Oxford)*. 2002;41:1261-1267.
12. Choi WJ, Hwang SJ, Song JG, et al. Radiofrequency treatment relieves chronic knee osteoarthritis pain: a double-blind randomized controlled trial. *Pain*. 2011;152:481-487.
13. Gofeld M. Letter to the editor. *Pain*. 2014;155:836-837.
14. Franco CD, Buvanendran A, Petersohn JD, Menzies RD, Menzies LP. Innervation of the anterior capsule of the human knee: implications for radiofrequency ablation. *Reg Anesth Pain Med*. 2015;40:363-368.
15. Burckett-St-Laurent D, Peng P, Girón Arango L, et al. The nerves of the adductor canal and the innervation of the knee: an anatomic study. *Reg Anesth Pain Med*. 2016;41:321-327.
16. Yasar E, Kesikburun S, Kılıç C, Güzelkılıç Ü, Yazıcı F, Tan AK. Accuracy of ultrasound-guided genicular nerve block: a cadaveric study. *Pain Physician*. 2015;18:E899-E904.
17. Gardner E. The innervation of the knee joint. *Anat Rec*. 1948;101:109-130.
18. Drüner L. Ueber die beteiligung des Nervus obturatorius an der Innervation des Kniegelenks. *Ztschr f Anat u Entwickl*. 1927;83:388-390.
19. Jeletska G. On the innervation of the capsule and the epiphyses of the knee joint. *Vest khir*. nos. 65-66. 1931;82:74-112.
20. Horner G, Dellon AL. Innervation of the human knee joint and implications for surgery. *Clin Orthop Relat Res*. 1994;221: 226.
21. Dellon AL. Partial joint denervation II: knee and ankle. *Plast Reconstr Surg*. 2009;123:208-217.
22. Hirasawa Y, Okajima S, Ohta M, Tokioka T. Nerve distribution to the human knee joint: anatomical and immunohistochemical study. *Int Orthop*. 2000;24:1-4.
23. Dunaway DJ, Steensen RN, Wiand W, Dopirak RM. The sartorial branch of the saphenous nerve: its anatomy at the joint line of the knee. *Arthroscopy*. 2005;21:547-551.
24. Kennedy JC, Alexander II, Hayes KC. Nerve supply of the human knee and its functional importance. *Am J Sports Med*. 1982;10: 329-335.
25. Lund J, Jenstrup MT, Jaeger P, Sørensen AM, Dahl JB. Continuous adductor-canal-blockade for adjuvant post-operative analgesia after major knee surgery: preliminary results. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2011;55: 14-19.