

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MEXICO
FACULTAD DE MEDICINA
COORDINACION DE INVESTIGACION Y ESTUDIOS AVANZADOS
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS DE AVANZADOS
COORDINACION DE LA ESPECIALIDAD EN ANESTESIOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN PROFESIONAL**



**ESTUDIO COMPARATIVO. REFERENCIAS ANATÓMICAS VS
ULTRASONOGRAFÍA. PARA LA LOCALIZACIÓN DEL ESPACIO
INTERVERTEBRAL L3 Y L4 EN VOLUNTARIOS SANOS.**

HOSPITAL CRUZ ROJA MEXICANA

TESIS

**PARA OBTENER EL DIPLOMA DE POSGRADO DE LA ESPECIALIDAD EN
ANESTESIOLOGIA**

PRESENTA:

M.C. JOSUÉ ISRAEL CERVANTES VÁZQUEZ

DIRECTOR DE TRABAJO TERMINAL:

ESP. EN ANEST. JOSE FERNANDO FERNANDEZ LOPEZ

REVISORES:

ESP. EN ANEST. CLAUDIA GONZÁLEZ LEÓN

ESP. EN ANEST. JUAN CARLOS SALAZAR CONDE

ESP. EN ANEST. MARÍA ELENA FABILA MAZA

ESP. EN ANEST. JUAN MANUEL MIRANDA CEDILLO

TOLUCA, ESTADO DE MEXICO 2021

ÍNDICE

1.	MARCO TEÓRICO.....	1
1.1	Anestesia para cirugía ortopédica	1
1.2	Epidemiología	1
1.3	Historia de la anestesia neuroaxial	2
1.4	Anatomía y fisiología de la columna vertebral	4
1.5	Indicaciones de la anestesia neuroaxial	11
1.6	Contraindicaciones de la anestesia neuroaxial	11
1.7	Técnica de abordaje neuroaxial.....	12
1.8	Técnicas para localización del espacio intervertebral.....	16
1.9	Confiabilidad de la línea de Tuffier.....	18
1.10	Predictores de punción lumbar difícil.....	18
1.11	Complicaciones del abordaje neuroaxial.....	20
1.12	Principios de ultrasonografía	26
1.13	Técnica de rastreo sonográfico lumbar	29
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	37
2.1	Pregunta de investigación.....	37
3.	JUSTIFICACIÓN.....	38
4.	HIPÓTESIS.....	40
4.1	Hipótesis alterna.....	40
4.2	Hipótesis nula.....	40
5.	OBJETIVOS.....	40
5.1	Objetivo general.....	40

5.2	Objetivos específicos.....	40
6.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
6.1	Diseño del estudio.....	41
6.2	Universo de trabajo y muestra.....	41
6.2.1	Criterios de inclusión.....	41
6.2.2	Criterios de exclusión.....	41
6.2.3	Criterios de eliminación.....	41
6.3	Operacionalidad de variables.....	42
6.4	Instrumento de investigación.....	43
7.	DESARROLLO DEL PROYECTO.....	44
7.1	Limitación de tiempo y espacio.....	44
7.2	Análisis estadístico.....	44
7.3	Cronograma de actividades.....	46
8.	IMPLICACIONES ÉTICAS.....	47
9.	PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO	48
10.	RESULTADOS.....	49
11.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	54
12.	CONCLUSIONES.....	55
13.	RECOMENDACIONES.....	56
14.	BIBLIOGRAFÍA.....	57
15.	ANEXOS.....	61

RESUMEN.

Introducción. La localización del espacio intervertebral L3-L4 por medio de referencias anatómicas es el método más utilizado, sin embargo, cuenta con un margen de error del 30% aún en anesthesiólogos expertos. Estudios recientes han establecido al ultrasonido como auxiliar para mejorar la precisión de la localización del espacio intervertebral determinado, sin embargo, su uso es limitado y su interpretación depende del operador y el contexto.

Objetivo. Conocer la precisión para encontrar el espacio intervertebral en voluntarios sanos, usando el método de palpación de referencia anatómicas, realizado por residentes de 1 año de entrenamiento, en el Hospital Cruz Roja Mexicana, Delegación Distrito Federal.

Material y métodos. Se realizó un estudio observacional, prospectivo, transversal y analítico, en el Hospital Cruz Roja Mexicana, delegación Distrito Federal en un período de 7 meses, donde se incluyeron 127 voluntarios sanos. Se realizó identificación del espacio intervertebral L3 y L4 por método de palpación de referencias anatómicas posteriormente se verificó mediante ultrasonografía y se analizaron los datos utilizando la prueba Chi cuadrada.

Resultados. Se encontró un margen de error del 39% en la identificación de L3-L4 por método de palpación, lo cual es altamente significativo, para una X^2 de 62.25 con un valor de $p < 0.005$.

Conclusiones. La localización del espacio intervertebral L3-L4 por método de palpación es imprecisa en 39% verificado con ultrasonido.

Palabras clave. Espacio intervertebral, bloqueo neuroaxial.

SUMMARY.

Introduction. The localization of the intervertebral space L3-L4 with the palpation approach, it is the most widely used technique, even though, it has a range of error of 30%, even in experts anesthesiologists. Recent studies have established the ultrasound as a tool of verification, for the localization of the intervertebral space. Its use is limited and its interpretation depends of the operator and the context.

Objective. To know the precision of finding the intervertebral space in healthy volunteers, using the palpation technique, performed by residents of first year training at the Mexican Red Cross Hospital in the Federal District delegation.

Material and methods. An observational, prospective, transversal and analytical study was managed. At the Mexican Red Cross Hospital, Federal District Delegation in a 7 months period, where 127 healthy volunteers were included. The identification of the intervertebral space L3-L4 was performed with the palpation technique was then verified by an ultrasound, then the data was analyzed using the “Chi Share Test”.

Results. Our results were brought in a range of error of 39% on the identification of intervertebral space L3-L4 using palpation technique, which is highly statistically significant.

Conclusion. The localization of the intervertebral space of L3-L4 by palpation technique, which was verified by ultrasound, was not precise by 39%.

Keywords. Intervertebral space, neuroaxial blockage.

1. MARCO TEÓRICO.

1.1 ANESTESIA PARA CIRUGÍA ORTOPÉDICA.

Las lesiones musculoesqueléticas son las indicaciones más frecuentes para manejo quirúrgico en los centros de trauma, priorizando la estabilización temprana de los pacientes y el control de daños. El objetivo principal del tratamiento de fracturas y lesiones de tejidos blandos es el alivio del dolor, reanimación, funcionalidad y movilidad, cuando existe fallo en la estabilización de las lesiones ocurre un incremento en la morbi-mortalidad, la estancia hospitalaria prolongada, complicaciones pulmonares, etcétera. Debe ser prioritario el reconocimiento temprano de urgencias verdaderas y lesiones que amenazan la vida o función [1].

La anestesiología es una especialidad médica con un amplio espectro de acción en el contexto del paciente sometido a cirugía de traumatología y ortopedia, se incluyen una amplia cantidad de procedimientos, aparte del escenario de politrauma otras urgencias ortopédicas son lesiones neurovasculares, fasciotomías descompresivas, debridación de heridas, cirugías no urgentes como pacientes ancianos con fractura de cadera y hemodinámicamente estables, etcétera.

1.2 EPIDEMIOLOGÍA.

Los traumatismos son una epidemia en los países en desarrollo. Ocasionan más de cinco millones de muertes al año. El estudio Global burden of disease and risk factors (Carga de morbilidad mundial y factores de riesgo) 2017 calcula que los traumatismos constituyen el 5to lugar de mortalidad en el mundo y estima que para el 2040 sea la 8va causa de muerte mundial. En el 2017 el rango de mortalidad por traumatismos es de 21.5 por 100,000 en hombres y 7 por 100,000 en mujeres [2].

México ocupa el octavo lugar en América Latina en defunciones ocasionadas por accidentes; el décimo segundo sitio en cuanto a años de vida saludables perdidos a causa de accidentes en general. Específicamente en México, los accidentes ocupan el séptimo lugar como causa de defunción; de ellos, los de tráfico alcanzan el quinto lugar, con el 40% entre las edades de 15 a 29 años. Es alto su riesgo de lesión musculoesquelética, sobre todo fracturas, que corresponden a la principal

causa de años laborales perdidos, abarcando más que la enfermedad coronaria, el cáncer y la apoplejía combinados [3].

En el estudio efectuado por Lovato y colaboradores en el Hospital de Alta Especialidad de Traumatología de Lomas Verdes en cuanto a fracturas de la extremidad pélvica, realizado durante dos años consecutivos, el orden de presentación por frecuencia correspondió a fémur (73%), tibia a nivel de meseta (13.5%) y patela (13.2%); 52% al género femenino y 64.1% fueron mayores de 60 años [4].

En el Hospital Central de la Cruz Roja Mexicana durante el período de marzo 2018 – marzo 2020 se registraron 606 pacientes con fracturas de miembros pélvicos, de los cuales a 520 se les realizaron anestесias neuroaxiales, las complicaciones registradas fueron punción de duramadre en 48 pacientes y 1 paciente con retención de fragmento de catéter dentro de espacio peridural, no se registraron pacientes con lesiones medulares.

1.3 HISTORIA DE LA ANESTESIA NEUROAXIAL.

El oftalmólogo vienés Koller en 1884 utilizó por primera vez cocaína por vía tópica para la analgesia ocular, posteriormente los cirujanos neoyorquinos Halsted y Hall inyectaron cocaína en tejidos nerviosos humanos para lograr una anestesia quirúrgica. El estadounidense Corning describió el uso de cocaína intratecal en 1885, con el consiguiente bloqueo motor de las patas traseras en perros tras un plazo de unos minutos. La punción dural fue descrita por Wynter en 1891, seguido por Quincke en el mismo año [5]. El cirujano alemán Bier utilizó la cocaína en 1898, en seis pacientes operados de una cirugía de miembros inferiores. Decidió probar sobre sí mismo, lo que se siguió de una cefalea postpunción dural. Tras la inyección intratecal de cocaína, Bier probó la eficacia de esta técnica en su ayudante Hildebrandt, que no tuvo ningún dolor con pinchazos, quemaduras de cigarrillos, avulsión de pelos púbicos, martillazos e incluso contusión de los testículos. No experimentó ningún dolor, pero sí náuseas, vómitos, cefalea y dolor en las piernas. Bier atribuyó la cefalea a la pérdida de líquido cefalorraquídeo e imaginó que esta cefalea se prevendría con agujas de pequeño calibre. Tait y Caglieri realizaron la

primera anestesia neuroaxial en Estados Unidos, en San Francisco en 1899. Estudiaron los efectos de la punción lumbar en cadáveres, animales y pacientes, en particular en el marco del tratamiento de la sífilis. Inyectaron sales de mercurio y de yodo en el líquido cefalorraquídeo, pero agravaron el cuadro de un paciente que tenía una sífilis terciaria. Matas, cirujano vascular en Nueva Orleans, describió el uso de cocaína intratecal y probablemente la primera utilización de morfina en el espacio subaracnoideo. Este autor también describió la posibilidad de una anestesia neuroaxial mortal. Tuffier, cirujano parisino, estudió la anestesia neuroaxial y publicó sus estudios en 1900. Demostró la eficacia de la anestesia neuroaxial con cocaína, pero estos primeros ensayos se acompañaron de efectos secundarios como vómitos, temblor, depresión cardiorrespiratoria, euforia y toxicomanía. En 1907, el cirujano londinense Barker hizo avanzar las técnicas de anestesia neuroaxial, al incluir la utilización de soluciones hiperbáricas, la importancia de la esterilidad y la ventaja de la punción medial respecto a la paramedial. Labat fue un ardiente defensor de la anestesia neuroaxial en Estados Unidos. Realizó los primeros estudios acerca de los efectos de la posición de Trendelenburg sobre la presión arterial tras la anestesia neuroaxial. Pitkin utilizó una solución hipobárica al mezclar la procaína con alcohol. Sise, anestesista de Boston, utilizó la técnica de Barker de anestesia neuroaxial hiperbárica con procaína y tetracaína. Adriani y Roman-Vega introdujeron el bloqueo en silla de montar en 1946. El miedo a las complicaciones (déficits neurológicos) frenó el auge de popularidad de la anestesia neuroaxial en la década de 1940. Este enlentecimiento coincidió con la aparición de nuevos agentes anestésicos intravenosos y de curares. En 1954, Dripps y Vandam confirmaron la seguridad de la anestesia neuroaxial en más de 10.000 pacientes, lo que supuso el resurgimiento de la anestesia neuroaxial. El desarrollo del material también permitió optimizar la seguridad. Corning, Quincke, Bier y Labat trabajaron sobre la forma de las agujas, el uso de un introductor y el bisel corto. Greene descubrió que la cefalea postpunción se debe a la fuga de líquido cefalorraquídeo. Desarrolló una aguja de pequeño calibre y extremo flexible para disminuir su incidencia y describió la utilización de agujas de calibre 26 G en pacientes obstétricas para disminuir la incidencia de cefalea. Esta aguja de Greene fue popular hasta la introducción de las

aguas de Whitacre. Hart y Whitacre utilizaban una aguja con punta de lápiz para disminuir la incidencia de cefalea del 5-10% al 2%. Sprotte modificó la aguja de Whitacre y publicó un estudio sobre más de 34.000 anestésias neuroaxiales en 1987. Las modificaciones de la aguja de Sprotte en la década de 1990 dieron lugar a las agujas que se utilizan en la actualidad [5].

1.4 ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DE LA COLUMNA VERTEBRAL.

La anatomía de la columna vertebral debe conocerse a la perfección para realizar una anestesia neuroaxial, que consiste en inyectar un anestésico local en el espacio subaracnoideo. La aguja debe atravesar sucesivamente varios planos antes de llegar al espacio subaracnoideo. El conocimiento de los espacios que se deben atravesar permite evitar las complicaciones y los fracasos. Se debe dominar la anatomía normal, pero también sus variaciones para evitar ciertas dificultades. La ecografía ayuda a la identificación y el rastreo sonográfico permite visualizar las estructuras anatómicas y seguir la aguja en tiempo real. Por tanto, la anatomía ecográfica es un elemento suplementario en el aprendizaje de los bloqueos centrales.

Vértebras

Siete vértebras cervicales, 12 torácicas, cinco lumbares, el sacro y el cóccix están unidos por los ligamentos intervertebrales. Las vértebras están separadas entre sí por los discos intervertebrales. La estructura global de estas vértebras es parecida, pero varían de tamaño y de forma según su posición y función. Las vértebras cervicales soportan la carga más baja, pero tienen la máxima amplitud de movimiento, por lo que son relativamente pequeñas respecto a las robustas vértebras de la región lumbar. Cada vértebra consta de un cuerpo vertebral y un arco óseo de concavidad ventral, que circunscribe junto con la cara dorsal del cuerpo vertebral el conducto raquídeo. Este arco óseo está compuesto por los pedículos al nivel ventral, las láminas al nivel y una prominencia dorsal, la apófisis espinosa. Dos apófisis transversas se disponen horizontalmente y las apófisis articulares verticales unen las vértebras entre sí. La angulación de las apófisis espinosas es diferente según el nivel de la columna: horizontales en el segmento

cervical, torácico alto y bajo, y lumbar; se dirigen caudalmente en el segmento torácico medio. Esta angulación es máxima entre T3 y T7.

Las vértebras adyacentes están unidas entre sí al nivel dorsal por ligamentos que deben atravesarse para realizar una anestesia neuroaxial. Las láminas están unidas entre sí por el ligamento amarillo (ligamentum flavum), mientras que las apófisis espinosas están cubiertas por el ligamento supraespinoso desde C7 al sacro. Por delante, los cuerpos vertebrales están separados por los discos intervertebrales y el ligamento longitudinal anterior discurre desde el cráneo al sacro, fijándose a los discos y al borde lateral de los cuerpos vertebrales. El ligamento longitudinal posterior une la parte posterior de los cuerpos vertebrales y constituye la pared ventral del conducto raquídeo. Está revestido por la duramadre ventral. Los pedículos no están unidos por ligamentos y a través de esta abertura (agujero intervertebral), los nervios espinales salen del conducto raquídeo. Una aguja insertada al nivel intratecal en la línea media debe atravesar la piel, el tejido subcutáneo, así como los ligamentos supra e interespinosos antes de llegar al ligamento amarillo, última barrera antes del conducto raquídeo. El ligamento amarillo es resistente y más fino en la línea media. Su papel es mantener las láminas unidas entre sí. Forma, junto con las láminas, la pared dorsal del conducto raquídeo.

El conducto raquídeo se extiende desde el agujero magno al hiato sacro, pero el espacio subaracnoideo se interrumpe al nivel de la segunda vértebra sacra. La médula espinal suele finalizar en el borde superior de la segunda vértebra lumbar, aunque puede realizarlo entre T12 y L3. Por tanto, es preferible realizar el acceso neuroaxial en el espacio subaracnoideo por debajo de L2.

Planos superficiales.

Las referencias anatómicas de superficie, determinadas por palpación, son difíciles de determinar en ocasiones. En la línea media de la columna lumbar, la piel es gruesa y móvil y en ocasiones está adherida a los planos profundos. La línea horizontal que pasa por el vértice de las crestas ilíacas (línea bicrestal o línea de Tuffier) permite identificar las apófisis espinosas de L4 o el espacio intervertebral L4-L5. Muchos factores (p. ej., obesidad, estado edematoso) pueden provocar

errores de nivel, de uno a cuatro espacios intervertebrales. Con la edad, se produce un ascenso de la línea de Tuffier y un descenso del cono medular, lo que aproxima ambas estructuras. Las fositas correspondientes a las espinas ilíacas posterosuperiores permiten trazar otra línea horizontal que pasa por el espacio interespinoso L5-S1. La única referencia constante y fiable es la apófisis espinosa de C7 [6].

Curvas de la columna vertebral

En el plano sagital, la columna vertebral describe sucesivamente una lordosis cervical, una cifosis torácica, una lordosis lumbar y una cifosis sacrococcígea, más marcada en la mujer. Estas curvas influyen en la difusión intratecal de los anestésicos locales en función de su densidad específica, su baricidad y la posición del paciente. La abertura del espacio interespinoso se ve facilitada por la anteflexión de la columna vertebral. La exploración previa de la columna lumbar permite detectar anomalías de curvatura raquídea (hiperlordosis lumbar, cifosis, escoliosis) que hay que tener en cuenta para variar y adaptar en ocasiones la técnica de punción. Las afecciones degenerativas de la columna vertebral (artrosis, espondiloartritis) reducen su movilidad y la altura de los espacios intervertebrales, con independencia de la dificultad de paso de la aguja relacionada con las calcificaciones.

Contenido del conducto osteoligamentario de la columna vertebral

Cuando se realiza una anestesia neuroaxial por un acceso a través de la línea media, las estructuras anatómicas que se deben atravesar son: la piel, la grasa subcutánea, el ligamento supraespinoso, el ligamento interespinoso, el ligamento amarillo, la duramadre, el espacio subdural y la aracnoides para entrar en el espacio subaracnoideo. Para el acceso paramedial, la aguja atraviesa la piel, la grasa subcutánea, el ligamento amarillo, la duramadre, el espacio subdural y la aracnoides. La longitud de la médula se modifica con la edad: en el feto, el cono medular se interrumpe en el extremo de la columna vertebral, pero durante el crecimiento, la parte ósea se alarga más que la médula. Al nacer, se termina al nivel de L3, y al nivel de L1 en la edad adulta (T12 en el 30% de los pacientes, L3 en el

10%). Es importante conocer la longitud del cono medular y, por tanto, el nivel de su extremo distal, debido al riesgo de parálisis en caso de inyección a este nivel [7].

Las meninges están constituidas por tres envolturas alrededor de la médula espinal: La duramadre es gruesa, está formada por fibras elásticas concéntricas y constituye la parte superficial de las meninges. Prolonga la duramadre craneal y se extiende desde el agujero magno hasta la segunda vértebra sacra. Envuelve la médula y el contenido del saco dural. Está atravesada por las raíces raquídeas y acompaña a estas últimas formando un manguito hasta el perineuro. También está atravesada por los elementos vasculares. La duramadre se adhiere al ligamento longitudinal posterior, formando auténticos ligamentos meningovertebrales. En su cara profunda, se inserta el ligamento dentado, procedente de la piamadre; la aracnoides espinal se sitúa en la cara profunda de la duramadre y garantiza la hermeticidad del saco dural. Prolonga la aracnoides craneal. El espacio subaracnoideo se sitúa entre la aracnoides y la piamadre. La aracnoides es una auténtica red de fibras conjuntivas y está constituida por dos capas: externa e interna; La piamadre es una membrana fina y es la más interna de las tres meninges. Está separada de la aracnoides por el espacio subaracnoideo, que contiene líquido cefalorraquídeo. Está unida a la cara interna de la aracnoides por las trabéculas aracnoideas. Está muy vascularizada y tiene un papel nutritivo, al proporcionar nutrientes y oxígeno a los tejidos nerviosos. Está estrechamente unida a la superficie del sistema nervioso y también ejerce un papel protector. El ligamento dentado protege la piamadre al nivel de las raíces raquídeas ventrales y dorsales, y une lateralmente la médula espinal con la duramadre por 21 proyecciones del agujero magno hasta T12-L1, separando así el espacio subaracnoideo en dos espacios, ventral y dorsal. Existen también interposiciones fibrosas posteriores mediales entre la aracnoides y la piamadre: el tabique subaracnoideo.

El espacio subdural entre la aracnoides y la duramadre es virtual. Este espacio puede tener un desarrollo anormal y provocar un fracaso en la anestesia neuroaxial. El espacio subaracnoideo, que contiene líquido cefalorraquídeo, se punciona durante la anestesia neuroaxial. Contiene estructuras nerviosas, el ligamento

dentado y los vasos destinados a la médula. Se continúa con los ventrículos cerebrales y las cisternas basales. Por debajo de L2, contiene el filum terminal y la cola de caballo, y se termina en fondo de saco al nivel de S2.

Fisiología del líquido cefalorraquídeo

El sistema nervioso central está inmerso en un líquido encargado del mantenimiento de la homeostasis, el líquido cefalorraquídeo. Este último ocupa los ventrículos cerebrales, el conducto raquídeo y los espacios subaracnoideos. Tiene un papel de protección, de soporte y de regulación del entorno químico del encéfalo. Su distribución y su dinámica son complejas. Su densidad y su volumen varían con la edad, el sexo y la temperatura. Los principales determinantes de la distribución de un anestésico local durante una inyección intratecal son la densidad y el volumen del líquido cefalorraquídeo, la dosis total y la baricidad del anestésico local, así como la posición del paciente.

Espacio de difusión del líquido cefalorraquídeo

El volumen del líquido cefalorraquídeo es de 130 ± 50 ml en adultos (2 ml/kg), de los que 40-80 ml están en el nivel lumbosacro. El sistema ventricular contiene en adultos alrededor de 30 ml de líquido cefalorraquídeo y el resto se distribuye en el interior de los espacios subaracnoideos cerebrales y extracerebrales. El volumen del líquido cefalorraquídeo disminuye en pacientes obesos, mujeres embarazadas y en caso de aumento de la presión intraabdominal. Estas variaciones provocan modificaciones del plazo de instauración y de duración de la anestesia neuroaxial. El volumen del líquido cefalorraquídeo se reduce un 30-50% en los ancianos.

Composición del líquido cefalorraquídeo

El líquido cefalorraquídeo es un líquido transparente, en «agua de roca», acelular y su pH suele ser alcalino. Las variaciones de este parámetro pueden modificar la difusión de los anestésicos locales que se inyectan en él. La densidad del líquido cefalorraquídeo es de 1,00003-1,00023 a 37 °C, y aumenta a medida que se desciende por la columna vertebral. La densidad del líquido cefalorraquídeo varía según la edad, el sexo y la impregnación hormonal (gestación, menopausia). Varía

en ciertas circunstancias patológicas: hiperazoemia, hiperglucemia, hipoproteinemia, hiperbilirrubinemia e hipertermia. La composición del líquido cefalorraquídeo es parecida a la del plasma: carece prácticamente de elementos celulares, contiene 0,4-0,8 g/L de glucosa (60% de la concentración plasmática), 147-150 mmol/L de sodio y poca albúmina (0,28-0,52 g/L). La concentración de proteínas del líquido cefalorraquídeo es muy baja (0,4% del plasma, es decir 0,3-0,5 g/L), y varía en sentido distal, siendo máxima en el saco lumbar (0,42 g/L). Entre las proteínas del líquido cefalorraquídeo, hay varias específicas: enolasa neuroespecífica, transtiretina. el líquido cefalorraquídeo no es un simple trasudado formado por ultrafiltración pasiva: se forma por secreción activa, responsable de un gradiente de concentración iónica entre las caras basolateral y apical del epitelio coroideo. La osmolaridad del líquido cefalorraquídeo es mayor que la del plasma, pero la concentración de iones (K^+ , Ca^{2+} , HCO_3^-) se mantiene constante a pesar de grandes variaciones plasmáticas. Los plexos coroideos desempeñan un papel de desintoxicación y de neuroprotección, al expulsar del líquido cefalorraquídeo ciertos compuestos endógenos (metabolitos de neurotransmisores) o exógenos (fármacos) por un mecanismo de transporte activo en el sentido líquido cefalorraquídeo-sangre o por metabolismo durante su transporte al nivel del epitelio coroideo [8].

Circulación del líquido cefalorraquídeo

Esta circulación es posible gracias a la presión hidrostática producida por su secreción (15 cmH₂O). A partir de su localización principal de producción en los ventrículos laterales, el líquido cefalorraquídeo llega al III ventrículo por el agujero de Monro (agujero interventricular). A continuación, atraviesa el acueducto de Silvio para llegar al IV ventrículo. En cada etapa, se añade una producción adicional de líquido cefalorraquídeo. Después, pasa a los espacios subaracnoideos por tres aberturas de la bóveda del IV ventrículo: el agujero de Magendie (medial) y los agujeros de Luschka (laterales). A continuación, rellena las cisternas basales, la cara posterior del encéfalo y el espacio subaracnoideo alrededor de la médula espinal. Después, asciende a lo largo de la médula y del encéfalo para reabsorberse

en el seno venoso sagital. Esta circulación no es continua. Existen mecanismos implicados en los movimientos del líquido cefalorraquídeo: el primero sigue el gradiente de presión hidrostática creado por los mecanismos de secreción-reabsorción y los movimientos ciliares intraventriculares. El segundo consiste en las variaciones respiratorias y las relacionadas con los latidos arteriales cerebromedulares, sincrónicos con la sístole cardíaca [9]. Estos latidos vasculares ejercen, en la cavidad craneal inexpandible, un efecto de descarga del líquido cefalorraquídeo encefálico hacia el saco dural raquídeo, más expansible: el líquido cefalorraquídeo recorre una distancia de 9 mm por ciclo al nivel cervical (2,91 cm/s al nivel de C2), de 4 mm al nivel torácico y una distancia casi nula al nivel del cono terminal. Cuando se estudia mediante resonancia magnética en contraste de fase, la velocidad del líquido cefalorraquídeo al nivel L3-L4 muestra una variación sistólica de 0-2,7 cm/s y diastólica de 0,1-1,6 cm/s, lo que produce un flujo caudal de 0,1 cm/s. El volumen acumulado durante la expansión sistólica hasta el nivel lumbar de alta capacitancia produce una presión de rebote telesistólica que garantiza la difusión rostral del líquido cefalorraquídeo. Los movimientos del líquido cefalorraquídeo medular se modifican por los latidos de las arterias espinales, la presencia de plexos venosos perimedulares, sobre todo al nivel caudal, los movimientos respiratorios, el tono autónomo de las arterias cerebrales y la variabilidad de la frecuencia cardíaca. Los estudios radioisotópicos han demostrado que, a partir de los ventrículos, el líquido cefalorraquídeo alcanza las cisternas basales en unos minutos, la región cervical baja en 10-20 minutos y el fondo de saco dural en 60-90 minutos. También existen corrientes ascendentes de líquido cefalorraquídeo que explican la migración rostral de soluciones depositadas en el fondo de saco dural. El líquido cefalorraquídeo marcado alcanza de nuevo las cisternas basales en 2-2,5 horas y se acumula al nivel del seno longitudinal superior en 12-24 horas. La presión medida en el interior de este compartimento es de alrededor de 13-15 mmHg en decúbito. Aumenta por la posición sentada, la tos y cualquier fenómeno que incremente la presión intraabdominal.

1.5 INDICACIONES DE LA ANESTESIA NEUROAXIAL.

Las principales indicaciones de la anestesia neuroaxial corresponden a la cirugía ortopédica, traumatológica, vascular de los miembros inferiores, la cirugía urológica (vesicoureteroprostática), herniaria, ginecológica y proctológica, siempre que la intervención tenga una duración limitada (30 min a 2 h según el anestésico local utilizado). Las indicaciones se reducen cuando se requiere un nivel de anestesia alto. Los bloqueos nerviosos periféricos han suplantado a muchas indicaciones de anestesia neuroaxial para la cirugía de los miembros inferiores, salvo cuando se trata de una cirugía bilateral. Se utiliza para la cirugía de urgencia, lo que evita el problema de la repleción gástrica. Sin embargo, no protege por completo de los riesgos de inhalación en caso de sedación excesiva o de vómitos, aunque por sí sola provoque pocas náuseas y vómitos. El paciente puede abandonar el centro de cirugía ambulatoria una vez que se ha comprobado una reanudación adecuada de la marcha y la ausencia de riesgo de retención de orina por la medición del volumen vesical residual. El riesgo de intubación difícil previsible no es un criterio de indicación de anestesia neuroaxial. Aunque el anestesista opte por esta técnica, la necesidad de una intubación no se puede descartar, y se debe disponer de material de intubación difícil.

1.6 CONTRAINDICACIONES DE LA ANESTESIA NEUROAXIAL.

Las contraindicaciones de la anestesia neuroaxial son raras y no existe una evidencia absoluta según los datos de la literatura.

Contraindicaciones absolutas:

- Rechazo del paciente informado correctamente.
- Infección en el punto de punción: la desinfección cutánea no previene del todo la contaminación de la aguja.
- Sepsis generalizada debido a un riesgo de meningitis o de absceso perimedular.
- Hipovolemia no corregida que aumenta el riesgo de episodios hipotensivos graves.
- Coagulopatía, anticoagulación eficaz susceptible de causar un riesgo hemorrágico.

- Hipertensión intracraneal.
- Algunas valvulopatías obstructivas graves, esencialmente la estenosis aórtica marcada [10].
- Insuficiencia cardíaca descompensada, la anestesia neuroaxial está contraindicada si la cirugía requiere un bloqueo extenso.
- Patología neurológica preexistente.

1.7 TÉCNICA DE ABORDAJE NEUROAXIAL.

La consulta de anestesia permite decidir la estrategia anestésica prevista en función de la edad, de las patologías del paciente, así como de las características y de la duración de la intervención. En ella, se informa al paciente de las ventajas e inconvenientes de la técnica y otorga su consentimiento informado. Durante esta consulta, se prevén las exigencias técnicas. Se deben interrumpir los tratamientos que interfieren con la hemostasia, salvo la aspirina como prevención secundaria de un accidente isquémico coronario o neurológico. Al igual que con cualquier técnica de anestesia locorregional, el material es específico y se dispone en una mesa separada. El paciente debe tener una vía venosa de gran calibre, material de vigilancia de la pulsioximetría (SpO₂), de la presión arterial y del electrocardiograma (ECG). El material de reanimación cardiorrespiratoria y de realización de anestesia general debe estar a mano, listo para su uso y verificado. La mayoría de los equipos utilizan un kit estéril, que contiene la aguja y su introductor, jeringas, el material de desinfección, bateas y campos estériles. El lavado de manos, así como el uso de guantes estériles, de mascarilla y de gorro son obligatorios para quien realiza la punción, mientras que el ayudante debe llevar mascarilla y gorro. La piel del paciente se desinfecta correctamente según el protocolo del centro y se colocan los campos estériles.

Elección de la aguja

Hay dos parámetros importantes para esta elección: el diámetro externo (o calibre) y la forma del extremo de la aguja. Ambos influyen en la aparición de CPP. Diámetro Las agujas finas (número G elevado) se asocian a menos riesgo de cefalea. El

diámetro recomendado es 25 G, e incluso 27 G en adultos. Un diámetro más fino retarda la salida del líquido cefalorraquídeo al cono de la aguja y obliga a utilizar una jeringa para aspirar el líquido cefalorraquídeo con el fin de verificar la posición intratecal. Estas agujas muy finas son menos rígidas y plantean el riesgo de que se produzcan auténticas dificultades técnicas durante la punción. Bisel Las agujas con bisel en punta de lápiz (Sprotte o Whitacre) proporcionan una mejor sensación táctil durante el paso de los distintos ligamentos, pero con una resistencia mayor. El bisel se inserta longitudinalmente para disminuir el riesgo de cefalea pospunción. Respecto a los biseles cortantes, estos biseles cónicos evitarían también el riesgo de lesiones de las raíces nerviosas de la cola de caballo. También se dañarían menos en caso de hacer tope con algún elemento óseo. El introductor sirve, por una parte, para dirigir la aguja relativamente flexible en las capas superficiales y evita la contaminación del líquido cefalorraquídeo por minúsculos fragmentos de piel. Las agujas están provistas de un mandril que aumenta su rigidez y evita la introducción de partículas tisulares en el líquido cefalorraquídeo. Longitud de la aguja Se escoge en función del morfotipo del paciente y de la distancia entre la piel y el ligamento amarillo determinada en la ecografía.

Posición del paciente

El paciente y el médico deben colocarse en una posición cómoda durante el procedimiento: mesa apropiada, mantas y almohada para el paciente, acceso venoso funcional, monitorización, administración de oxígeno y sedación si es preciso (ligera, porque el paciente debe poder colaborar). Un ayudante se sitúa frente al paciente para mantener la posición correcta. Se pueden usar tres posiciones: sentada, decúbito lateral o ventral (excepcionalmente). Posición sentada El paciente se sienta al borde de la cama, con la espalda flexionada, el mentón inclinado hacia el tórax y los hombros descendidos. Esta posición se le explicó en la consulta de anestesia. Esta es la posición preferida por la mayoría de los anestesiólogos, debido a la facilidad de identificar las referencias cutáneas, pero debería reservarse a los pacientes obesos, con dificultades para identificar la línea media. Para comodidad del paciente, los pies se apoyan en un soporte y el paciente

empuja contra el dedo del médico, que palpa las apófisis espinosas lumbares para identificar el espacio L4-L5. Un ayudante se sitúa frente al paciente para ayudarlo a mantener esta posición, que permite un ángulo de abertura máximo de los espacios intervertebrales y la conservación del paralelismo de los hombros y de las caderas. Esta posición se mantiene únicamente durante la punción, para no aumentar el efecto del bloqueo simpático sobre el retorno venoso. Con el fin de obtener un bloqueo en silla de montar por la cirugía perineal, el paciente se mantiene cinco minutos sentado tras la inyección del anestésico local hiperbárico.

Decúbito lateral

Es la posición más cómoda para el paciente, con menos riesgo de síncope vagal. El paciente se coloca en posición de "gatillo", con la espalda al borde de la camilla, cerca del anestesista, las rodillas flexionadas contra el abdomen y la nuca flexionada. El lado del decúbito lateral depende de la baricidad de la solución de anestésico local utilizada. Esta técnica en decúbito lateral requiere un aprendizaje un poco más complicado. Decúbito ventral (posición de Lepage) Esta posición se utiliza raramente y sólo si la cirugía se realiza en esta posición (cirugía rectal o perineal). Se inyecta una solución de anestésico local hipo o isobárica. El paciente se mantiene en esta misma posición durante al menos 15 minutos para evitar la extensión del bloqueo.

Acceso medial

Se realiza una anestesia local de la piel y de los tejidos subcutáneos. La punción se realiza siempre por debajo de L2 para evitar las lesiones medulares. El introductor se inserta en dirección ligeramente cefálica unos 10-15°. La aguja de anestesia neuroaxial se introduce y atraviesa la piel, el tejido subcutáneo, los ligamentos supra e interespinosos, el líquido amarillo, el espacio peridural, la duramadre y la aracnoides para llegar al espacio subaracnoideo. Una vez que se aprecia la pérdida de resistencia, el mandril se retira para visualizar el reflujo de líquido cefalorraquídeo. En ocasiones, esto tarda en producirse, sobre todo con las agujas de 26-29 G. Si no se produce reflujo, el mandril se recoloca y la aguja se gira 90°. La aguja debe recolocarse si no se obtiene un reflujo claro y franco de líquido

cefalorraquídeo. En caso de contacto óseo, se aprecia la distancia y la aguja se reinserta en dirección más cefálica. Si se produce un contacto óseo a una distancia menor, se debe a la apófisis espinosa superior y se debe dirigir en sentido caudal. Por el contrario, si se produce a una distancia mayor, se debe a la apófisis espinosa inferior y la aguja se redirige en una dirección más cefálica. Si la longitud de la aguja en el momento del contacto óseo es la misma, es probable que toque a la lámina vertebral, lo que significa que no está estrictamente en la línea media. La ecografía es una ayuda inestimable para el guiado durante estas dificultades de orientación. Una vez obtenido el reflujo de líquido cefalorraquídeo, se debe inyectar el anestésico local lentamente (0,5 ml/s). La respiración en la fase media de la inyección y al final de ésta confirman la posición correcta de la aguja. La aguja y el introductor se retiran de forma conjunta, se coloca el apósito rápidamente y el paciente se sitúa en la posición adecuada según la baricidad del anestésico local utilizado. La mesa se orienta en función del efecto deseado (Trendelenburg o inclinada hacia delante). Si se producen parestesias durante la punción, se retira el mandril. Si aparece un reflujo de líquido cefalorraquídeo y la parestesia ha desaparecido, se puede inyectar el anestésico local. Si, por el contrario, no refluye líquido cefalorraquídeo, la aguja se retira y el procedimiento se reitera en dirección opuesta a la localización de la parestesia.

Acceso paramedial

Las modificaciones estructurales de la columna vertebral (calcificaciones, imposibilidad de flexionar la columna), sobre todo en personas ancianas, pueden obligar a utilizar la vía paramedial en posición sentada o en decúbito lateral. La apófisis espinosa se palpa, la aguja se inserta a 1 cm de la línea media y se dirige en sentido medial con una angulación de 10-15° al nivel del espacio intervertebral. El ligamento amarillo se identifica por la pérdida de resistencia, pero en ocasiones la aguja contacta con la lámina y se debe redirigir hacia arriba. Otro método consiste en insertar la aguja 1 cm en sentido tanto lateral como caudal al espacio intervertebral y contactar con la lámina. A continuación, se progresa a lo largo de la lámina hasta llegar al espacio subaracnoideo. Se debe dar prioridad al acceso

paramedial para la colocación de un catéter de anestesia neuroaxial con ajuste de dosis.

Acceso de Taylor

Se trata de un acceso paramedial lumbosacro dirigido hacia el espacio intervertebral L5-S1 y que se utiliza cuando fracasan otras vías. Esta vía puede recomendarse en pacientes con escoliosis, porque el espacio L5-S1 no se ve afectado por la rotación de la columna. La aguja se inserta 1 cm medial e inferior a la espina ilíaca posterosuperior, con una angulación de 45-55° respecto a la piel y se dirige hacia la línea media, al nivel de la apófisis espinosa de L5. La pérdida de resistencia significa que se ha atravesado el ligamento amarillo y se obtiene un reflujo de líquido cefalorraquídeo al penetrar en el espacio subaracnoideo.

Raquianestesia unilateral

La anestesia neuroaxial lateralizada utiliza al máximo el concepto de baricidad para obtener un bloqueo sensitivo y motor asimétrico, con predominio del lado operado. Sus indicaciones preferentes son la cirugía ambulatoria y la cirugía en personas ancianas. La utilización de una dosis baja implica un plazo de instauración del bloqueo más prolongado, una extensión limitada y una duración más corta, con efectos secundarios mínimos y una buena tolerabilidad hemodinámica. La técnica consiste en inyectar de forma unidireccional, del modo más lento posible y sin borboteo, una dosis mínima de anestésico local en un paciente que se mantiene en decúbito lateral, al menos 15 minutos después de la inyección. La extensión del bloqueo, su velocidad de instauración, su intensidad y su duración dependen sobre todo de la dosis inyectada y poco del volumen y de la concentración de anestésico local. La extensión del bloqueo sensitivo y motor es siempre mayor en el lado que se va a operar durante la instauración de la anestesia neuroaxial unilateral [10].

1.8 TÉCNICAS PARA LOCALIZACIÓN DEL ESPACIO INTERVERTEBRAL.

La punción se realiza al nivel lumbar y, por definición, todas las metámeras subyacentes al nivel de punción se bloquean. La extensión es mayor si la inyección

se realiza al nivel L2-L3 respecto a una inyección en L3-L4 (dos metámeras por espacio intervertebral) [11].

Para lograr un bloqueo neuroaxial exitoso es necesario ubicar el espacio intervertebral a puncionar. El sitio ideal de punción se encuentra por debajo del cono medular para evitar trauma del cordón espinal. El cono medular se extiende hasta el tercio inferior del cuerpo vertebral de L1, pero puede existir una variabilidad desde T12 hasta el tercio superior del cuerpo vertebral de L3. Por tal motivo, es preferible que la anestesia espinal se realice entre los espacios de L3-L4 o L4-L5, con el fin de evitar una lesión directa al cordón medular. Los espacios intervertebrales de L2, L3 y L4 son los más superficiales y el espacio intervertebral de L2-3 y L3-4 son generalmente los más amplios. El espacio intervertebral L4-L5 es comúnmente reducido y profundo debido a la lordosis lumbar. El ligamento supraespinoso conecta las puntas de los procesos espinosos en la línea media y los ligamentos interespinosos juntan las superficies inferior y superior de dos procesos espinosos adyacentes. El ligamento amarillo se encuentra profundo a los ligamentos interespinosos, conectando las láminas y delimita el espacio interlaminar. El ligamento posterior longitudinal se estructura como una banda continua a lo largo de la cara posterior de los cuerpos vertebrales [12]

La línea de Tuffier, también llamada línea intercrestal o línea de Jacoby, se ubica en la intersección de los puntos más altos de ambas crestas ilíacas, es una referencia común para anestesia espinal. Se considera que interseca el cuerpo de L4 o el espacio intervertebral de L4-L5, sin embargo, factores como la edad, género o índice de masa corporal pueden cambiar la localización de la línea de Tuffier. Otra referencia anatómica está basada en la décima costilla, asumiendo que una línea que las intersece pasaría por el espacio intervertebral de L1 y L2 o el cuerpo vertebral de L2. La punción para la anestesia espinal puede ser determinado al contar los espacios intervertebrales desde esta línea; existe suficiente evidencia favoreciendo la referencia anatómica de la décima costilla para predecir de mejor manera el nivel intervertebral comparado a la palpación de la línea de Tuffier [13-14].

1.9 CONFIABILIDAD DE LA LÍNEA DE TUFFIER

La anestesia neuroaxial compone una técnica a ciegas, donde la referencia más utilizada para el sitio adecuado de acceso es la línea que conecta las crestas ilíacas, conocido como la línea de Tuffier. La bibliografía establece que esta línea atraviesa el cuerpo vertebral de L4. Sin embargo, en el estudio de Render y colaboradores de 163 pacientes, encontraron que la línea de Tuffier identificaba L3-L4 en un 4%, L4 en un 48%, L4-L5 en un 30%, L5 en un 14% y L5-S1 en un 4%. Concluyeron que asumir la ubicación de L4-L5 por método de palpación puede llevar a una punción en zonas espinales más altas que las deseadas, por ejemplo, en L1-L2, comprometiendo la seguridad de la médula espinal [15].

Según Broadbent y cols, el método por palpación ha demostrado tener un rango de asertividad del 29%, condicionando a riesgos y complicaciones durante el bloqueo neuroaxial [17]. A pesar de los riesgos potenciales, la frecuencia de complicaciones neurológicas severas relacionadas al bloqueo neuroaxial son muy bajas, estimadas en 0.1-1/10,000 procedimientos. Radiculopatías, síndrome de cauda equina y mielopatías son algunas causas de alteraciones neurológicas posteriores a bloqueo neuroaxial [16].

1.10 PREDICTORES DE PUNCIÓN LUMBAR DIFÍCIL.

Regularmente la anestesia neuroaxial es realizada posterior a un examen de los espacios intervertebrales posibles a puncionar, se coloca al paciente en decúbito lateral, dejando dependientes las referencias anatómicas de variables como la cooperación del paciente, capacidad de curvatura dorsal, flexión completa de piernas sobre abdomen de forma simétrica y barbilla flexionada sobre el pecho. Esta disposición anatómica modifica las referencias anatómicas, haciendo incorrecta la elección del espacio intervertebral a puncionar [16]. Otros predictores de dificultad para la punción lumbar incluyen anatomía espinal anormal (escoliosis), cirugía espinal previa, historia de acceso lumbar difícil, etcétera.

La estatura del paciente es un criterio de variación para algunos autores, pero, en la práctica, el criterio de la estatura no se debe tener en cuenta. La morfología

(estatura y peso) y la edad influyen en el plazo de instauración, la duración y la regresión del bloqueo con la bupivacaína isobárica. La aplicación se limita en la práctica a las poblaciones de datos antropométricos extremos. Salvo en las mujeres embarazadas obesas, el peso y el índice de masa corporal (IMC) interfieren poco en las características de la anestesia neuroaxial [18].

La edad del paciente modifica la anatomía de la columna vertebral y reduce el calibre de los agujeros intervertebrales, pero las estenosis no parecen ser un obstáculo para la difusión de las soluciones inyectadas por vía intratecal. A partir de los 40 años, el proceso espinoso de la población experimenta cambios morfológicos, que principalmente afecta sus regiones posteriores. Estos cambios consisten en aposiciones óseas asintomáticas o espolones visibles radiológicamente en la vista lateral, con mayor incidencia en los ancianos. La espondiloartritis es un acompañante constante. Histológicamente la condición corresponde con un proceso de sustitución del osteona o sistema de Havers por una capa de fibrocartilago calcificado, que constantemente ocupa los ligamentos y tendones a distancia variable. Mientras que en los adultos jóvenes la metaplasia fibrocartilaginosa está limitada a uniones óseas de los ligamentos espinosos, en los ancianos representa gran parte de su rigidez. Scapinelli reporta que posiblemente este fenómeno es resultado de la disminución en la flexibilidad de la columna vertebral en su totalidad y a una lordosis lumbar exagerada que incrementa con el envejecimiento [19].

La calidad de los puntos de referencia anatómicos se clasifica según los criterios publicados por Chien. Grado 1: cuando las apófisis espinosas son visibles; grado 2: si las apófisis espinosas no se ven, pero se palpan fácilmente; grado 3: cuando las apófisis espinosas no se ven ni se palpan, pero el intervalo entre ellas es palpable (posibilidad de hundir el pulgar en los espacios interespinosos lumbares); y grado 4: si no hay presentes ninguna de las referencias anteriores. En los casos clasificados en el grupo 4, la anatomía espinal es intuitiva y el punto de punción es seleccionado por el anestesiólogo según inspección anatómica [20].

En un estudio observacional prospectivo realizado por Charco y colaboradores en el año 2013, se identificó los factores predictores de técnica epidural difícil en

población obstétrica, donde se incluyó a 120 gestantes a término, y se recogieron variables de edad, peso, talla, índice de masa corporal y hábito corporal, se tomaron datos de antecedente de punción epidural o intradural no exitosa o dificultosa según refería la paciente. Se clasificaron la calidad de los puntos de referencia anatómicos según criterios publicados por Chien. En sus resultados encontraron que el 36.7% de los casos fueron calificados como punción difícil, en las pacientes clasificadas en el grado 4 la tasa de punción dificultosa fue del 90%, necesitando en el 80% más de tres intentos [21].

1.11 COMPLICACIONES DEL ABORDAJE NEUROAXIAL

Las complicaciones de la anestesia neuroaxial son raras, pero algunas pueden ser graves; entre ellas, se incluyen el riesgo de fracaso, la anestesia neuroaxial total o un nivel alto de anestesia neuroaxial, el colapso cardiovascular, las lesiones neurológicas y las cefaleas pospunción. Los anestésicos locales utilizados en la actualidad inducen pocos trastornos neurológicos transitorios y la cefalea se ha vuelto muy infrecuente gracias al uso de agujas con bisel corto. Las complicaciones infecciosas y hemorrágicas son rarísimas, pero muy graves.

Fracasos

Los fracasos de la anestesia neuroaxial, cuya incidencia es de alrededor del 3%, son de dos tipos: fracasos de la punción o fracasos después de la punción.

Fracasos de la punción: Son raros en las personas jóvenes con buena salud. Los factores de riesgo de dificultades técnicas y, por tanto, de fracaso de las punciones son la edad avanzada, la obesidad, las malformaciones raquídeas, los pacientes pusilánimes y la inexperiencia del anestesista. Estos factores deben tenerse en cuenta en la indicación de anestesia neuroaxial respecto a otras técnicas anestésicas y en la estrategia del procedimiento de punción.

Fracasos tras la punción: En este caso, la punción se ha realizado de forma óptima (reflujo de líquido cefalorraquídeo), pero no se logra la anestesia esperada. Es lo que sucede cuando la punción se realiza en un quiste extradural que contenga líquido cefalorraquídeo, como los quistes de Tarlov, que son dilataciones

meníngeas que contienen líquido cefalorraquídeo, pero situadas fuera del espacio subaracnoideo. Su incidencia se estima en un 4,5-9% de la población. Durante la punción, se produce un reflujo de líquido cefalorraquídeo, pero la inyección no logra la anestesia esperada. Las anomalías de volumen del espacio intratecal también pueden causar fracasos (volumen muy grande del saco intratecal que impide la extensión cefálica de la anestesia). Las trabeculaciones conjuntivas pueden impedir la extensión adecuada del anestésico local en el interior del espacio subaracnoideo. Sin embargo, las causas más frecuentes de fracaso son la extensión o la duración insuficiente de la anestesia. Algunos fracasos son incomprensibles, por lo que se atribuyen a posibles problemas de resistencia a los anestésicos locales o de estabilidad de éstos.

Raquianestesia total o extensión inapropiada

Una extensión excesiva de la anestesia neuroaxial provoca efectos cardiovasculares importantes, debido al nivel superior del bloqueo, y una apnea por parálisis de los músculos respiratorios y bloqueo de los centros respiratorios bulbares.

En la anestesia neuroaxial total, se observan los mismos signos clínicos asociados a pérdida del conocimiento y a midriasis bilateral por anestesia de los pares craneales. Los efectos ventilatorios son raros para un nivel inferior a T10. La morfina intratecal agrava este riesgo respiratorio, así como el de la retención de orina. Una anestesia neuroaxial total puede causar dificultad respiratoria grave por isquemia del tronco del encéfalo: la presión arterial y el gasto cardíaco disminuyen debido a la vasodilatación, el flujo sanguíneo cerebral se reduce y se produce una isquemia de los centros respiratorios. Si el gasto cardíaco y la presión arterial se restauran rápidamente, la respiración espontánea se recupera de inmediato. Por tanto, el tratamiento es sintomático: reposición vascular y vasopresores para el colapso, inducción anestésica de secuencia rápida para la apnea y asistencia ventilatoria hasta la regresión del bloqueo. Esto ilustra de forma evidente la necesidad obligatoria de monitorizar los parámetros vitales de forma estrecha.

Colapso cardiovascular

Prevención: los efectos hemodinámicos de la anestesia neuroaxial se reducen por la disminución de la dosis de anestésico local, el sufentanilo, la lateralización de la anestesia neuroaxial o la anestesia neuroaxial continua. Estos efectos (hipotensión y bradicardia) deben corregirse con rapidez, preferentemente mediante vasopresores en lugar de con reposición vascular. La reposición vascular preventiva no está indicada en la actualidad. Las dosis de anestesia neuroaxial se ajustan con precisión y esta reposición puede tener un efecto perjudicial al resolverse la anestesia neuroaxial, en particular en pacientes ancianos (riesgo de sobrecarga). Se puede producir un paro cardíaco precozmente o en la sala de vigilancia postoperatoria y la bradicardia es un signo de alarma importante. El riesgo no se puede descartar mientras persista el bloqueo simpático. La prevención se basa en el tratamiento rápido de los efectos cardiovasculares de la anestesia neuroaxial. Este riesgo ha disminuido considerablemente a lo largo de los años gracias a la disminución de las dosis y a las distintas técnicas de anestesia neuroaxial. Sin embargo, los cambios de posición son momentos críticos.

Complicaciones neurológicas

Las incidencias son variables según las series (a menudo retrospectivas), al igual que los mecanismos: traumáticos, mecánicos, químicos o compresivos [20]: Agravación de una enfermedad neurológica preexistente: conviene seguir las recomendaciones relativas a ciertas enfermedades raras. Traumatismo directo de un nervio espinal o de un cordón medular. Infarto medular; síndrome de irritación radicular transitoria y síndrome de la cola de caballo: la lidocaína al 2% de corta duración de acción se usó inicialmente para la anestesia neuroaxial lateralizada en el contexto ambulatorio.

Hematoma perimedular

La incidencia de las complicaciones hemorrágicas de la anestesia neuroaxial es baja, pero siempre es demasiado elevada: menor de una de cada 220.000. Moen et al han descrito ocho hematomas perimedulares tras 1.260.000 anestesia

neuroaxial, lo que supone un 0,00063%. Pumberger et al han observado una incidencia de lesiones compresivas de una de cada 12.500 tras un bloqueo neuraxial para cirugía ortopédica. La existencia de un trastorno franco de la hemostasia es una contraindicación absoluta para los bloqueos perimedulares. El problema esencial es el de los tratamientos antiagregantes plaquetarios y anticoagulantes, que casi siempre están implicados en estas situaciones. Los signos clínicos consisten en dolor lumbar seguido de déficit sensitivomotor. El diagnóstico debe ser rápido y el tratamiento quirúrgico de descompresión debe realizarse idealmente antes de seis horas. La evolución puede ser desfavorable, con secuelas dolorosas residuales a pesar de una intervención rápida. Es obligatorio respetar las recomendaciones sobre el uso de los anticoagulantes (heparinas no fraccionadas, anticoagulantes orales directos) y de los antiagregantes plaquetarios, así como de su riesgo en ciertos contextos (diabetes, insuficiencia renal, edad muy avanzada) [23].

Cefaleas pospunción raquídea

Este riesgo fue descrito por Bier en 1898, desde las primeras anestesia neuroaxial realizadas sobre sí mismo. Su incidencia, que puede llegar en algunas series hasta el 25%, ha disminuido en gran medida, a alrededor del 1,5% gracias a la utilización de agujas con bisel atraumático (cónico) y de pequeño calibre. La utilización de estas agujas muy finas (>27 G) requiere un verdadero aprendizaje, debido al riesgo de que no se detecte el líquido cefalorraquídeo. Esta complicación rara, estimada en alrededor de una de cada 1.000 brechas durales, suele asociarse a una brecha voluminosa (en anestesis peridurales), pero puede producirse durante la anestesia neuroaxial. Es obligatorio que los pacientes con cefalea pospunción sean tratados por el propio anestesista o por un equipo especializado, y lo antes posible para evitar la perpetuación de este síndrome o sus complicaciones (trastornos auditivos, alteraciones oculomotoras, hematomas intracraneales). Estas alteraciones de los pares craneales pueden acompañar a la cefalea pospunción o aparecer de forma aislada. Los signos clínicos de cefalea pospunción son típicos: la cefalea pospunción aparece unas horas después de la anestesia neuroaxial y es uni o

bilateral, con un predominio frontooccipital. Se agrava con el ortostatismo y se corrige, e incluso desaparece, en decúbito. Puede asociarse a náuseas, acúfenos, fotofobia, y diplopía a veces tardía por tracción de los nervios oculomotores (sobre todo el VI par craneal, que presenta un trayecto intracraneal largo). Una de las complicaciones temidas es el hematoma subdural, a menudo más tardío, con agravación de los síntomas y evolución hacia el coma. Los factores de riesgo de cefalea postpunción son la edad joven, el sexo femenino, los antecedentes de cefalea postpunción y la cefalea crónica. La cefalea postpunción es rara en las personas ancianas y en los pacientes con un índice de masa corporal mayor de 30. Desde el punto de vista técnico, el riesgo de cefalea postpunción aumenta cuando se realiza la punción con el bisel perpendicular al eje raquídeo y durante las punciones múltiples. El hecho de que el paciente se levante de forma precoz no aumenta el riesgo de cefalea postpunción.

Fisiopatología: la cefalea postpunción se debe a la fuga de líquido cefalorraquídeo, que favorece el descenso de las estructuras intracraneales y el realce de las meninges en la resonancia magnética. La pérdida de líquido cefalorraquídeo provoca una tracción sobre las raíces nerviosas y las estructuras intracraneales cuando el paciente se levanta. El dolor se debe probablemente a un aumento del flujo sanguíneo cerebral secundario a esta fuga de líquido cefalorraquídeo. Cuando la presión y el volumen del líquido cefalorraquídeo disminuyen, el flujo sanguíneo cerebral aumenta (por vasodilatación intracerebral) para mantener un volumen intracraneal constante.

Lumbalgias

La incidencia de dolor lumbar después del bloqueo neuroaxial (anestesia espinal o anestesia peridural) en adultos no es mayor que después de la anestesia general. El dolor lumbar bajo pocas veces se irradia a los miembros inferiores. Dura varios días. Los factores de riesgo son la posición de litotomía, las punciones difíciles (punciones múltiples), la duración de la cirugía, un índice de masa corporal mayor o igual a 32 kg/m y los antecedentes de lumbalgias. Sin embargo, estas últimas no se agravan por los bloqueos neuroaxiales. Estos dolores se atribuyen a los

estiramientos de los ligamentos y de la fascia, a hemorragias óseas localizadas, a la relajación de los músculos paravertebrales por la anestesia, así como a una disminución de la convexidad lumbar. Algunos autores han propuesto añadir al anestésico local cutáneo un analgésico no esteroideo o un corticoide, que disminuiría la incidencia y la gravedad del dolor, pero se requieren estudios adicionales. Se deben detectar estas lumbalgias, que a menudo son ignoradas por los anestesiólogos. Deben tratarse de forma apropiada, pues si no se pueden volver invalidantes [24].

Retención de orina

La disfunción vesical es la complicación más frecuente en las 24 horas posteriores a una anestesia espinal. La vejiga tiene una doble inervación, simpática (T10-L2, relajación del detrusor y cierre del esfínter interno de la uretra) y parasimpática (S2-S4, contracción del detrusor y relajación del cuello vesical), además de estar controlada por un reflejo complejo en el que interviene el tronco del encéfalo. El esfínter interno está compuesto por músculos lisos, mientras que el esfínter externo estriado está inervado por el nervio pudendo, que inerva también los músculos elevadores del ano que participan en el control de la micción. La anestesia neuroaxial bloquea las vías aferentes y eferentes S2-S4 en 60 segundos, con un efecto máximo a los cinco minutos. La recuperación funcional se produce después de la regresión del bloqueo de las raíces S2-S3. La duración del bloqueo vesical, que depende de la duración de acción del anestésico local, es máxima con la bupivacaína. El volumen de orina acumulado en una vejiga átona supera ampliamente el volumen de hiperdistensión vesical (200-400 ml). La reducción de las dosis de anestésico local, así como la identificación de los riesgos de retención de orina (perfusión excesiva, patología prostática, duración de la intervención) permiten en la actualidad reducir los riesgos de retención de orina y autorizar el alta del paciente ambulatorio.

1.12 PRINCIPIOS DE ULTRASONOGRAFÍA

Uno de los grandes cambios en la praxis médica ha sido el apoyo con diferentes métodos diagnósticos como el uso de imágenes en tiempo real, lo cual ha tenido un desarrollo y evolución acelerada en las últimas décadas cambiando de forma importante diferentes desenlaces en mortalidad. El ultrasonido ha tenido un impacto importante en diferentes áreas de la salud, pero es de resaltar su valor en el ámbito de urgencia, trauma y tal vez algo reciente en el escenario perioperatorio [25]. Éste se ha convertido hoy en día en el equivalente del estetoscopio, para su aplicación se requieren conocimientos en anatomía y sonoanatomía, además para obtener su máximo beneficio se debe combinar habilidades técnicas y conocimientos en física básica. El sonido, es energía mecánica transmitida por ondas de presión en forma transversal y longitudinal a través de un medio, es decir, debe ser entendido como la interacción entre energía y materia. Las ondas producidas tienen áreas de alta presión (alta densidad) y baja presión (baja densidad), los medios por los cuales se transmiten son aire, sangre o tejidos blandos, en ausencia de un medio de comunicación el sonido no puede propagarse. Los cambios en la presión con el tiempo definen las unidades básicas de medición para el sonido, así es como la distancia entre dos puntos en la curva tiempo-presión se define como longitud de onda (λ) y el tiempo (T) para completar un solo ciclo se denomina periodo. El número de ciclos completos en una unidad de tiempo es la frecuencia del sonido (f) y el periodo (T) se expresa en segundos, ($f = 1 / T$, o $f = T \times \text{sec}^{-1}$). La frecuencia, se cuantifica en ciclos por segundos o Hertz, esta determinada por la fuente emisora y el medio a través del cual está viajando. Las frecuencias utilizadas en medicina para fines diagnósticos, están comprendidas en el rango de 2 a 30 MHz (1 Hz = 1 ciclo por segundo), las altas frecuencias se expresan en kilohertz (1 kHz = 1000 Hz) o megahertz (1 MHz = 1,000,000 Hz) [25]. El Ultrasonido tiene una frecuencia no detectable por el oído humano, es decir mayores de 20.000 ciclos por segundo o Hertz (HZ). La velocidad a la cual el sonido viaja por los tejidos blandos (c) en promedio es de 1.540 m/s, la cual varía dependiendo del tipo y características del material que atraviesa, se calcula de multiplicar la frecuencia por la longitud de onda, expresada mediante la siguiente ecuación: $c = f\lambda$, es decir una frecuencia de 5

MHz tiene una longitud de onda de 0,308 mm en el tejido: $\lambda = c / f = 1540 \text{ m / s} \times 5,000,000 \text{ s}^{-1} = 0,000308 \text{ m} = 0,308 \text{ mm}$ [26].

Para producir el sonido se requiere una fuente oscilante o vibratoria, llamada cristales piezoeléctricos que en presencia de tensión eléctrica vibran y posteriormente se genera una onda. Estos cristales pueden convertir estas ondas en energía eléctrica y ser procesados en imágenes anatómicas. La resistencia que produce un tejido al paso del sonido se refleja en la interfaz con las diferentes impedancias acústicas, un ejemplo claro es el tejido óseo el cual refleja fuertemente las ondas de sonido por que la impedancia acústica es muy alta en comparación a los tejidos que lo rodean, así estas ondas a medida que viajan a través del tejido son atenuadas como resultado de la dispersión y absorción. La capacidad de distinguir entre dos estructuras cercanas se conoce como resolución, la cual incluye varios componentes espaciales y temporales. La resolución espacial depende principalmente de la frecuencia de insonación y por lo tanto se ve afectado por la selección del traductor, el cual es un dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada en otra de diferente a la salida. Los utilizados para imágenes en tiempo real pueden clasificarse según el método utilizado para dirigir el haz teniendo en cuenta que se deben generar de 30 a 60 imágenes completas por segundo, existen diferentes tipos entre los que se encuentran los sectoriales que tienen una ventana pequeña y sirven por ejemplo para visualización del corazón con un ángulo de escaneo estrecho, los convexos que tienen un amplio campo de distancia, con un tamaño de ventana adecuado y los lineales se caracterizan por tener un amplio plano de contacto, ideal para pequeñas estructuras [26].

Las consideraciones para la selección del transductor incluyen los requisitos de resolución espacial y la distancia del objetivo (target) al transductor. La penetración disminuye a medida que aumenta la frecuencia, en otras palabras se debe seleccionar la frecuencia más alta que permita la penetración hasta la profundidad deseada, por ejemplo los vasos y órganos superficiales, como la tiroides, los senos y testículos, que se encuentran dentro de 1 a 3 cm de la superficie, normalmente

utilizan frecuencias de 7,5 a 15 MHz, estos son los más apropiados para obtener vistas sagitales y parasagitales de estructuras en las regiones submandibular y supraglótica, debido a su amplio campo de visión se convierte en el transductor ideal para muchas aplicaciones intraoperatorias y en la valoración de las estructuras más relevantes para el manejo de la vía aérea. Por otro lado, para la evaluación de estructuras más profundas en el abdomen o la pelvis a más de 12 a 15 cm de la superficie, pueden requerirse frecuencias tan bajas como 2.25 a 3.5 MHz, cuando se necesita una resolución máxima, se requiere un transductor de alta frecuencia con excelente resolución lateral y de elevación en la profundidad de interés [30].

Las máquinas de ultrasonido generan ondas y reciben ecos reflejos. El modo B es el método que se usa normalmente y proporciona una imagen bidimensional (2D) en blanco y negro dependiendo del sitio anatómico, las ondas se transmiten desde cristales piezoeléctricos localizados en el traductor y transforman las señales eléctricas en vibraciones mecánicas, cuando estas ondas pasan a través de los diversos tejidos se reflejan nuevamente al traductor y se crea una imagen en la pantalla del ultrasonido. Los fluidos transmiten más ondas de sonido que el material sólido, cuanto más denso es el material más reflejan las ondas [25]. Algunos tejidos dan un eco fuerte (grasa, hueso y fascias), estas estructuras se llaman hiperecoicas y aparecen blancas, otros tejidos permiten que el haz de ultrasonido pase fácilmente (colecciones de líquido o sangre en los vasos) por lo tanto, crean muy poco eco, se llaman hipoecoicas y aparecen negras en la pantalla.

Las estructuras cartilaginosas, como el ligamento amarillo, los músculos y las membranas del tejido conectivo son hipoecoicas, pero tienen un aspecto estriado más heterogéneo, por otro lado, las estructuras óseas, son homogéneas y leves a fuertemente hiperecoicas en comparación con los tejidos blandos adyacentes. En cuanto al aire es un conductor de ultrasonido muy débil, de modo que cuando el haz de ultrasonido alcanza el borde del tejido / aire, aparece una fuerte reflexión (una línea blanca fuerte) y todo lo que aparece en la pantalla más allá de ese punto son sólo artefactos, llamados de reverberación que crean múltiples blancos paralelos. Existen otros modos de visualización como son el modo M (movimiento), el cual es

secuencia rápida de exploraciones en modo B, que representan una sola línea a través del tejido, cuyas imágenes se siguen en secuencia en la pantalla, nos permite ver y medir el rango de movimiento [28].

1.13 TÉCNICA DE RASTREO SONOGRÁFICO LUMBAR

Con el objetivo de minimizar el riesgo de la errónea elección del espacio intervertebral, se han optado nuevas técnicas de visualización. En 1971 Bogin y cols describieron por primera ocasión la capacidad del ultrasonido para identificar la anatomía espinal, previa a realizar procedimientos neuroaxiales [29]. Al menos 20 ensayos clínicos aleatorizados y dos metaanálisis compararon las referencias anatómicas versus las técnicas guiadas por ultrasonido para punción lumbar en anestesia peridural o espinal [30].

La ultrasonografía ha tenido un importante desarrollo y es cada vez más frecuente su uso a lado de la máquina de anestesia en sala de quirófano. La sonografía lumbar puede facilitar el abordaje al mostrar con claridad las estructuras anatómicas. Aunque la mayoría de los anesthesiólogos realizan la punción lumbar basada en las referencias anatómicas, se ha incrementado la evidencia con relación al éxito de punción lumbar guiada por ultrasonido, particularmente en pacientes obesos con referencias anatómicas menos palpables. La ultrasonografía también es capaz de revelar información anatómica como profundidad del ligamento amarillo y distancia de los espacios intervertebrales que son útiles para realizar punción lumbar [31].

Chin y colaboradores estudiaron 120 pacientes sometidos a cirugía de reemplazo de cadera, tratados con anestesia neuroaxial. Esta muestra poseía referencias anatómicas poco palpables (IMC mayor que 35 kg/m²), deformidad espinal significativa o instrumentación espinal previa que resultaba en distorsión anatómica o ausencia de la superficie de las referencias anatómicas. Se contó con anesthesiólogos experimentados quienes realizaron una identificación de referencias anatómicas por palpación y palpación con ultrasonografía preprocedimiento. Los resultados arrojaron diferencias, favoreciendo al grupo con sonografía pues requirieron menos intentos para una satisfactoria anestesia espinal (6 vs. 13), además de lograrlo al primer intento (62% vs. 32%). Se ha evidenciado que la

ultrasonografía espinal mejora el éxito y eficacia para realizar bloqueo neuroaxial, particularmente en aquellos pacientes en quienes se anticipa dificultad para bloqueo [32].

En el año 2002, Furness y sus colaboradores realizaron un estudio doble ciego en 50 pacientes, donde anestesiólogos señalaron con un marcador ultravioleta los espacios intervertebrales L2-L3, L3-L4 y L4-L5 usando referencias anatómicas, posteriormente radiólogos sin conocer las marcas previas, señalaron los mismos espacios con rastreo ultrasonográfico. Finalmente se realizaron proyecciones radiográficas laterales lumbares, obteniendo resultados de asertividad del 30% por palpación y 71% por ultrasonografía [33].

Un año después Watson y cols publicaron un estudio transversal de 17 pacientes, en quienes un anestesiólogo identificó el espacio intervertebral L3-L4 y posteriormente un radiólogo verificó el sitio anatómico mediante resonancia magnética, sus resultados fueron que en 13 pacientes fue asertiva la identificación de L3-L4 por ultrasonido y 4 fueron en L2-L3, aunque fue muestra pequeña, este estudio sugiere la utilidad del ultrasonido para identificación asertiva del espacio intervertebral deseado [34].

Schlotterbeck realizó un estudio en 99 pacientes femeninos, a quienes evaluaron hasta 72 horas posterior al procedimiento neuroaxial lumbar de labor, usando la cicatriz de punción por aguja identificaron el espacio intervertebral usando rastreo ultrasonográfico y lo compararon con el descrito por el anestesiólogo en la hoja de registro. Sus hallazgos fueron una asertividad del 36.4 %, también demostraron que fue más cefálico en 50% de los pacientes y 15% de las ocasiones fue más caudal [35].

Parate y colaboradores en el 2016 llevaron a cabo un estudio observacional doble ciego sobre la localización del espacio intervertebral y su asertividad con la ultrasonografía en 109 pacientes sometidos a anestesia neuroaxial. Se le solicitó a un primer anestesiólogo (residente y adscrito) la identificación de un espacio intervertebral determinado por palpación y posteriormente un segundo anestesiólogo (adscrito) sin conocer el resultado por palpación identificaba el

espacio intervertebral por ultrasonido, se compararon las dos mediciones en pacientes sentados y en decúbito lateral así como la experiencia del anestesiólogo. Este grupo encontró una diferencia del 37.15% en la precisión para la localización del espacio intervertebral, siendo superior con ultrasonido. El rango de error fue significativamente más alto en los anestesiólogos con bajo entrenamiento (74.51%) que en los adscritos (51.86%), el rango de error no fue diferente en pacientes sentados o en decúbito lateral. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre las poblaciones de error y asertividad. Concluyeron que el ultrasonido es más preciso para la identificación del espacio intervertebral, así como un error de localización hasta tres espacios arriba del deseado por el método de palpación, no demostrar afección por variables como el género, edad, índice de masa corporal y la posición de los pacientes [32].

Una revisión sistemática y 14 metaanálisis de ensayos clínicos aleatorizados han evaluado si el ultrasonido disminuye las punciones lumbares fallidas o la colocación de catéter peridural, comparado con la palpación estándar de las referencias anatómicas. Adicionalmente los autores evaluaron si el ultrasonido disminuye los procedimientos traumáticos, intentos de inserción y redirección de aguja. Los 14 estudios (5 en punción lumbar y 9 en bloqueo peridural) incluyeron 1334 pacientes (674 en el grupo de ultrasonido y 660 en el grupo control). La imagen por ultrasonido disminuyó el riesgo de procedimientos fallidos, redujo el riesgo de traumatismo, número de intentos de inserción y número de redirección de aguja [36].

Médicos no radiólogos, pueden desarrollar la habilidad de la ultrasonografía rápidamente, un protocolo de entrenamiento para obtener imágenes de alta calidad requiere la revisión de la sonoanatomía lumbar en 10 escaneos, incluso puede mejorar la curva de aprendizaje de médicos en formación para procedimientos neuroaxiales [37].

La aplicación de técnicas ultrasonográficas en bloqueo neuroaxial, describen en primer lugar delinear las estructuras anatómicas con un escaneo preprocedimiento, proveyendo información sobre el espacio intervertebral, la localización de los procesos espinosos, línea media y procesos transversos, el abordaje adecuado de

la aguja de punción, el adecuado ángulo de inserción y la profundidad estimada de las estructuras (espacio peridural, músculo psoas, plexo lumbar). Una vez equipado con información adicional, el bloqueo se efectúa con técnica convencional. En otro escenario, la guía ultrasonográfica en tiempo real de punción lumbar se refiere a la inserción de la aguja de punción bajo visualización ultrasonográfica directa. Para guiar el bloqueo neuroaxial existe poca evidencia, limitada a series de reportes de caso, considerándose un procedimiento aún en fase experimental. Recientemente Vallejo y su grupo de trabajo estudiaron 370 pacientes obstétricas sometidas a bloqueo epidural, realizado en una cohorte de 15 residentes de primer año de anestesiología, un grupo de pacientes recibieron imágenes de ultrasonido de la espina lumbar por un solo operador, con seis meses de entrenamiento en esta técnica, mientras que el otro grupo de pacientes no tuvieron escaneo ultrasonográfico preprocedimiento, la información obtenida del grupo de escaneo preprocedimiento tuvo un rango de analgesia superior al otro grupo (1.6 vs. 5.5%) Además que el grupo con ultrasonografía preprocedimiento hizo la mitad de intentos de punción para bloqueos neuroaxiales exitosos, también evidenciaron que incluso con poco entrenamiento de técnica ultrasonográfica fue posible llevarlo a cabo [38]. La ultrasonografía ha probado su eficacia para la localización del espacio intervertebral en población con obesidad, instrumentación espinal previa y deformidades espinales en comparación a las referencias anatómicas. Grau y colaboradores proveyeron anestesia epidural a 72 parturientas con deformidad espinal, obesidad (IMC >33 kg/m²) o historia de abordaje neuroaxial difícil. Se reportó mayor éxito en el grupo de ultrasonografía preprocedimiento versus el grupo control para la colocación de bloqueo peridural con significativamente menos intentos (media 1.5 vs. 2.6) y menos espacios intervertebrales puncionados (1.3 vs. 1.6, P<0.05) [39-40].

El ecoguiado en tiempo real de la aguja requiere un aprendizaje complicado, pero que es muy útil una vez dominado. La ecografía perimedular permite determinar el nivel de punción, la orientación de la aguja y la profundidad del espacio subaracnoideo (distancia piel-ligamento amarillo) con ayuda de tres proyecciones: sagital medial, paramedial y transversal. Mejora la seguridad del procedimiento,

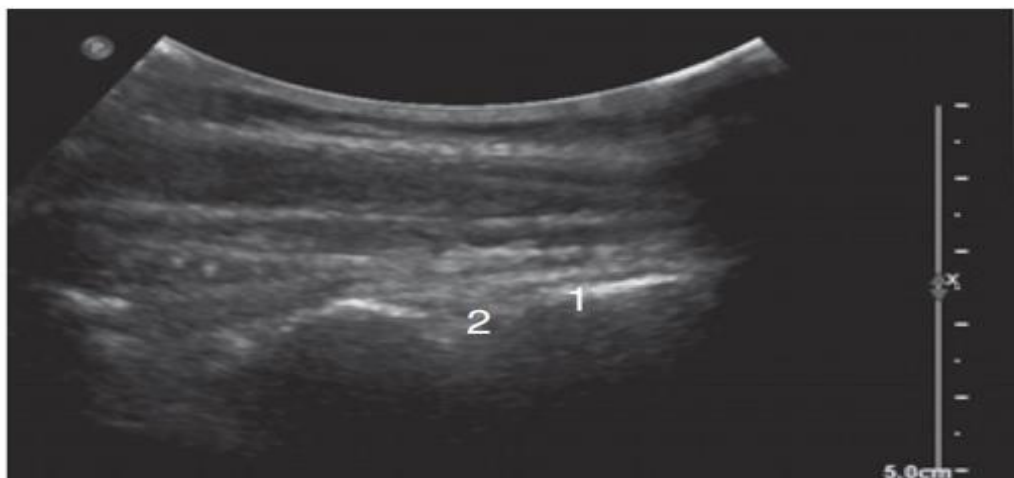
acorta su duración y mejora la satisfacción de los pacientes. Permite evaluar el volumen del líquido cefalorraquídeo lumbosacro. Es particularmente útil en pacientes con escoliosis u obesidad. Los anestesiistas experimentados son reticentes a utilizar esta técnica, debido a la aparente facilidad del procedimiento de anestesia neuroaxial, pero se pueden descubrir variaciones anatómicas de la columna vertebral gracias a la aportación de la ecografía y prevenir ciertos riesgos. Los pacientes operados de la columna pueden recibir de nuevo una anestesia neuroaxial, a pesar de tener unas referencias anatómicas atípicas. Algunos servicios de urgencias utilizan la identificación ecográfica para las punciones lumbares difíciles [41].

Young y colaboradores en el presente año realizaron una revisión sistemática de 22 publicaciones con 2462 pacientes donde el ultrasonido lumbar no incrementa el tiempo para realizar el bloqueo neuroaxial, tiene mayor eficacia para lograr el bloqueo en el primer intento y disminuye la incidencia de complicaciones como son la falla de la analgesia-anestesia, punción sanguinolenta o canulación intravenosa, lumbalgia y cefalea. Con este artículo se concluye que el apoyo de nuevas tecnologías disminuye el riesgo de complicaciones en el acceso neuroaxial primordialmente el trauma directo medular [43].

Identificación del lugar de punción

Como se ha indicado previamente, la correspondencia radiológica de la identificación del nivel L2-L3 mediante palpación suele ser imprecisa (30% de los casos) frente al 60% con la ecografía. Es del 28% mediante palpación frente al 71% mediante ecografía para los niveles lumbares inferiores. Las dificultades de identificación observadas en el estudio de Kim et al [42] se eludieron gracias a la ecografía. En una proyección paramedial oblicua, basta con contar las vértebras en dirección cefálica a partir de L5-S1 (Figura 1).

Figura 1



Corte sagital medial. 1. Sacro, 2. Espacio L5-S1.

Tomado de Gartner E: Raquianestesia en adultos. 2018, EMC-Anestesia-Reanimación. Volumen 45, n-1, febrero 2019. Elsevier Masson SAS

Identificación de la profundidad de las estructuras

La identificación ecográfica optimiza la técnica y en un estudio realizado con ecoguiado en ortopedia (IMC: $31,4 \pm 7,6$ kg/m²) se ha observado un 84% de éxito en la primera punción, sin reorientación de la aguja en el 62% de los casos. La correlación entre la estimación previa y real de la profundidad del espacio subaracnoideo era satisfactoria [41]. Otro estudio realizado en pacientes obesos (IMC > 38 kg/m²) ha permitido reducir el número de pasadas de la aguja de 13 a 6 gracias a la ecografía, con una tasa de éxito desde la primera punción del 65% frente al 32% cuando se utilizan las referencias clásicas. La duración del procedimiento pasaba de $7,3 \pm 7,6$ a $5 \pm 4,9$ min.

Identificación ecográfica de las estructuras vertebrales

La calidad de las imágenes es importante para el éxito del procedimiento. La visualización completa del complejo posterior, el espacio subaracnoideo y complejo

anterior es óptima en la proyección parasagital paramedial oblicua. La curva de aprendizaje (principiantes frente a expertos) no influye en los resultados [37].

Técnica ecoguiada

Se debe utilizar un transductor de baja frecuencia. El sacro aparece como una línea hiperecogénica horizontal (Figura 2) y la unión L5-S1 como un intersticio hipoecogénico en una proyección sagital medial. Cuando se escanea la columna lumbar en un plano sagital, la sonda identifica en la línea media las apófisis (arcos hiperecogénicos) unidos por los ligamentos supraespinosos e interespinosos. En una proyección transversal, se ven los arcos hiperecogénicos de las apófisis espinosas, con su cono de sombra (Figura 3). Más lateralmente, en un corte sagital, se sitúan las láminas, que producen una imagen en cabeza de caballo, el ligamento amarillo, la duramadre, el espacio subaracnoideo y el borde anterior del conducto raquídeo a través del espacio interlaminar (Figura 9). Si se desplaza el transductor lateralmente, se visualizan las apófisis articulares, que producen una imagen en lomo de camello. Las raíces nerviosas son visibles a su salida del agujero intervertebral por debajo de la apófisis articular superior [41].

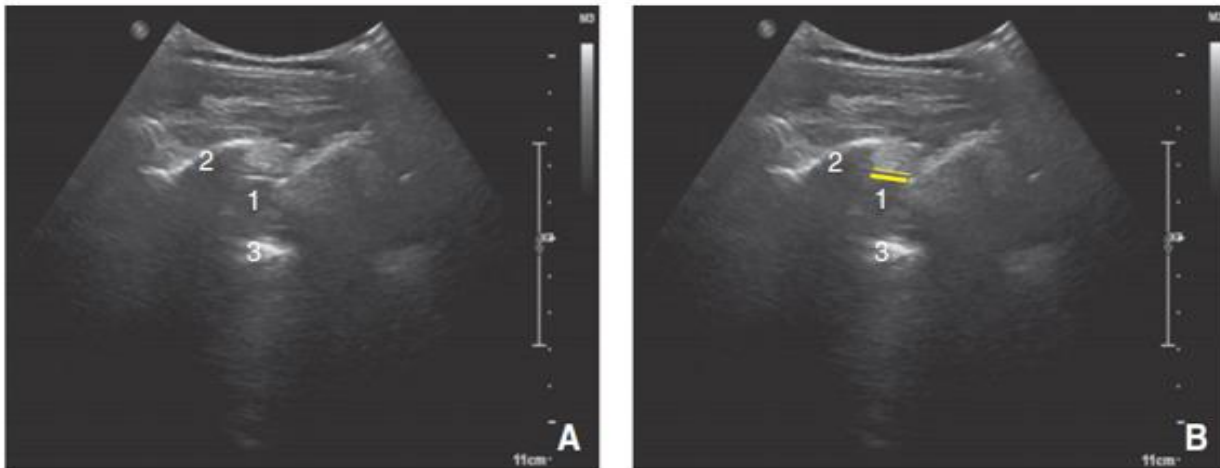
Figura 2.



Corte transversal: 1. Apófisis espinosa. 2. Ligamento supraespinoso.

Tomado de Gartner E: Raquianestesia en adultos. 2018, EMC-Anestesia-Reanimación. Volumen 45, n-1, febrero 2019. Elsevier Masson SAS

Figura 3



Sagital (A), Paramedial (B). 1 Espacio intratecal, 2 Lámina, 3 Complejo anterior.

Tomado de Gartner E: Raquianestesia en adultos. 2018, EMC-Anestesia-Reanimación. Volumen 45, n-1, febrero 2019. Elsevier Masson SAS

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

A todo paciente programado o urgente para cirugía donde se requiera anestesia neuroaxial, es imperativo identificar adecuadamente las estructuras y los espacios intervertebrales para elección del sitio a punción, pues son determinantes para limitar los efectos secundarios y las potenciales complicaciones.

La técnica de localizar los espacios intervertebrales mediante las referencias anatómicas es imprecisa. Los métodos radiológicos como fluoroscopia, tomografía axial computarizada o resonancia magnética nuclear proporcionan información fidedigna del sitio de punción y anatomía lumbar; pero no son prácticos de emplear de forma que el ultrasonido de la columna lumbar es una herramienta práctica, de bajo costo y con posibilidad de ser realizada en la sala de quirófano, ya sea como un escaneo previo al bloqueo o como guía en tiempo real durante él.

2.1. PREGUNTA DE INVESTIGACION:

¿Cuál es la precisión para la localización del espacio intervertebral L3-L4 usando el método de referencias anatómicas versus ultrasonografía lumbar en voluntarios sanos?

3. JUSTIFICACION:

La anestesia neuroaxial es el tipo de anestesia de elección en los procedimientos ortopédicos de las extremidades inferiores. Es un procedimiento seguro, con baja incidencia de complicaciones, sin embargo, estos potenciales riesgos continúan siendo una preocupación de la práctica clínica, pues son muchos los factores a considerar para prevenir complicaciones. En relación con el sitio de abordaje neuroaxial, siendo una técnica a ciegas, conlleva su riesgo intrínseco de punción en sitios no favorables. Internacionalmente de forma reciente, se ha adoptado el uso del ultrasonido en la sala de quirófano para múltiples procedimientos, y al ser una herramienta no invasiva, rápida y cada vez más disponible nos podemos beneficiar de estas propiedades para la repercutir en la morbilidad y mortalidad de nuestros pacientes.

En México el ultrasonido en la sala de quirófano para el abordaje neuroaxial es de acceso limitado y no hay estudios que determinen su utilidad y el beneficio que aportaría a nuestra población, se carece de evidencia sobre la precisión de la técnica guiada por ultrasonido vs. palpación.

Con este estudio se pretende incentivar el uso del rastreo ultrasonográfico lumbar, demostrando su superioridad ante las técnicas convencionales de referencias anatómicas, así como un recurso para la identificación de predictores de punción lumbar difícil.

El beneficio que se aporta como trabajo científico, es de innovación, dado que no se ha realizado un estudio similar en nuestra institución, otro beneficio es la capacidad para tomar decisiones sobre el sitio de abordaje y lograr el acceso neuroaxial al primer intento.

La instauración del rastreo lumbar sonográfico previo a cada procedimiento neuroaxial, fomentaría la adquisición de habilidades en uso de ultrasonido en quirófano, permitiendo aumentar la cantidad y calidad de interacciones entre médicos anestesiólogos y las nuevas tecnologías, repercutiendo provechosamente en el perfil académico de nuestros residentes.

Finalmente, el beneficio administrativo se observaría directamente con la satisfacción del paciente, lograr el acceso neuroaxial al primer intento, evitaría múltiples punciones y disminuyendo las complicaciones propias del abordaje neuroaxial, repercutiendo en la calidad y nivel de satisfacción del paciente.

4. HIPÓTESIS:

El método por referencias anatómicas para localización del espacio intervertebral L3-L4 es menos preciso que el uso de ultrasonido.

4.1 HIPÓTESIS ALTERNA.

La incidencia del error en elegir el espacio intervertebral a puncionar es mayor con el uso de ultrasonografía lumbar versus referencias anatómicas en voluntarios sanos.

4.2 HIPÓTESIS NULA.

La precisión para la localización del espacio intervertebral L3-L4 es igual por el método de palpación de referencias anatómicas y por ultrasonografía.

5. OBJETIVOS:

5.1 OBJETIVO GENERAL.

Conocer la precisión para encontrar el espacio intervertebral en voluntarios sanos, por método de palpación de referencia anatómicas realizado por residentes de 1 año de entrenamiento (segundo grado), en personal voluntario sano del Hospital Cruz Roja Mexicana, Delegación Distrito Federal.

5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

Determinar la precisión de localización de espacio intervertebral L3-L4 usando la palpación de referencias anatómicas.

Determinar la precisión de localización de espacio intervertebral L3-L4 usando ultrasonografía.

Conocer los determinantes del error para la localización del espacio intervertebral L3-L4.

6. MATERIALES Y METODOS:

6.1. DISEÑO DEL ESTUDIO.

Estudio descriptivo observacional, prospectivo, de corte transversal y analítico

6.2. UNIVERSO DE TRABAJO Y MUESTRA.

Voluntarios sanos, trabajadores del Hospital Central Cruz Roja Mexicana en el periodo de Marzo 2020 a Septiembre 2020.

Es una muestra a conveniencia y como modelo utilizado el estudio de Chin y colaboradores en 2011 [30].

6.2.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN.

- Voluntarios sanos (personal institucional médicos, enfermeras, guardias y camileros que no tengan ninguna lesión aparente, nieguen padecer enfermedad y ejerzan con normalidad sus funciones).
- Sin patologías de columna lumbar
- Edad de 18 años a 75 años.
- Sexo masculino y femenino.
- Cualquier peso e índice de masa corporal.
- Voluntarios que hayan firmado el consentimiento para participar en el estudio.

6.2.2 CRITERIOS DE EXCLUSION

- Antecedente de cirugía lumbar
- Antecedente de artropatía
- Embarazo (el hospital no cuenta con esta población)
- Negativa del voluntario

6.2.3. CRITERIOS DE ELIMINACION:

- Alteraciones anatómicas lumbares (4 o 6 vértebras lumbares)
- Retiro voluntario del paciente

6.3 OPERACIONALIDAD DE VARIABLES.

Variables Dependientes	Definición teórica	Definición operacional	Tipo de variable	Medición
Género	Se obtendrá por examen físico del paciente.	Se obtendrá por interrogatorio directo.	Cualitativa nominal	0:Femenino 1: Masculino
Edad	Tiempo transcurrido a partir del nacimiento de un individuo al momento de tomar la localización del espacio L3-L4	Se obtendrá por interrogatorio directo.	Cuantitativa Discreta	18-27 años: 0 28-59 años: 1 +60 años: 2
Índice de masa corporal (IMC)	Indicador de la relación entre el peso y la talla que identifica bajo peso, peso normal, sobrepeso u obesidad.	Se obtendrá por examen físico según la expresión matemática: $IMC = \frac{\text{peso (kilogramos)}}{\text{Estatura (metros)}^2}$	Cualitativa discreta	<18.4: 0 18.5-24.9: 1 25 - 29.9: 2 30 - 34.9: 3 35 - 39.9: 4 >40: 5

Variables Independientes	Definición teórica	Definición operacional	Tipo de variable	Medición
Precisión de localización del espacio intervertebral L3-L4 por método de palpación	Localización del espacio intervertebral guiado por la línea de Tuffier	Localización por palpación	Cualitativa nominal	1: Correcto 2: Incorrecto
Precisión de localización del espacio intervertebral L3-L4 por método ultrasonográfico	Localización del espacio intervertebral con rastreo ultrasonográfico según método de Chin	Localización por ultrasonido	Cualitativa nominal	1: Correcto 2: Incorrecto

6.4 INSTRUMENTO DE INVESTIGACION

Ultrasonido marca Medison, SonoAce 8000, transductor lineal de 7.5 MHZ (huella de 40 mm y un rango de frecuencia de 5-9 Mhz), propiedad del Hospital Cruz Roja Mexicana, solo se cuenta con transductor lineal en la institución.

El investigador y el director de trabajo de tesis cuentan con el curso manejo de volemia guiado por Ultrasonido impartido por la EMC SOMAT.

Se utilizará un formato de recolección de datos (Anexo 1).

7. DESARROLLO DEL PROYECTO:

Previa autorización del comité de ética médica del Hospital Cruz Roja Polanco Delegación Distrito Federal y la firma del consentimiento informado por parte del paciente (Ver Anexo 2).

El médico residente de anestesiología valora al paciente voluntario en el servicio de hospitalización del Hospital Cruz Roja Polanco Delegación Distrito Federal, se realiza medición de peso, talla y se interrogará sobre patologías en estructuras óseas lumbares, posteriormente en camilla de hospitalización se posicionará paciente en decúbito lateral izquierdo y se procederá a localizar el espacio intervertebral L3-L4 mediante referencias anatómicas por palpación y se colocará una marca con tinta en piel.

Posteriormente, sin mover al sujeto, se aplicará gel transductor y se colocará el transductor de ultrasonido longitudinal; se realizará un escaneo ecográfico de acuerdo con la técnica reportada por Chin y colaboradores, la cual consiste en localizar el borde superior del sacro, identificar el espacio intervertebral L5-S1 y avanzar contando los espacios en sentido cefálico hasta llegar al espacio intervertebral con la marca colocada previamente.

La palpación se hará por residentes de un año de entrenamiento y la medición con ultrasonido se realizará por el mismo investigador. Los datos son anotados en una hoja de recopilación.

7.1. LIMITE DE TIEMPO Y ESPACIO.

Se tomarán trabajadores del Hospital Cruz Roja Mexicana Delegación Distrito Federal, en el periodo comprendido entre el mes de marzo al mes de septiembre del 2020.

7.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Posterior a la recolección de los datos, se revisará la información registrada para evitar posibles inconsistencias o duplicaciones, se verificará que los datos

registrados correspondan con el tipo de variable, su unidad correspondiente, la definición conceptual, el indicador propio y la codificación en caso de aplicarse.

Los datos se resumirán con promedio, desviación estándar y proporciones según la variable. La asociación entre predictores de puntuación difícil y localización adecuada será evaluada con Ji cuadrada (χ^2) de tendencias. Considerando un valor significativo $p < 0.05$ utilizando el paquete estadístico SPSS versión 26 para Windows.

7.3. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
<i>Recolección de bibliografía</i>	X								
<i>Realización de marco teórico y protocolo de estudio</i>		X							
<i>Registro y entrega del marco teórico del protocolo</i>		X							
<i>Implementación del estudio</i>			X	X	X	X	X		
<i>Reporte de resultado de análisis estadístico</i>								X	X
<i>Entrega, revisión y corrección de trabajo de tesis.</i>									X
<i>Elaboración del escrito final.</i>									X

8. IMPLICACIONES ÉTICAS.

El estudio será realizado bajo los lineamientos expuestos en la declaración de Helsinki promulgada por la asociación médica mundial, el código de Núremberg, además de las instancias legales mexicanas, para fundamentar su desarrollo bajo los principios éticos de cualquier investigación en seres humanos. Se trata de una investigación que involucra bajo riesgo, pues se va a realizar una un estudio no invasivo previo al procedimiento neuroaxial. Para realizar el estudio el paciente deberá firmar el consentimiento informado. La identidad del paciente no será consignada en las bases de datos ni será referenciada para el análisis de información.

9. PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO:

NÚMERO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	PLUMAS	1 PAQUETE (CON 10 PIEZAS)	\$ 10.00	\$ 100.00
2	IMPRESIONES Y FOTOCOPIADO DEL MATERIAL BIBLIOGRÁFICO Y DIDÁCTICO	APROXIMADO DE 500 HOJAS	\$ 1.50	\$ 750.00
3	ULTRASONIDO MEDISON, SONOACE 8000	1	Institucional	
				\$ 850.00

El financiamiento será brindado por el investigador.

10. RESULTADOS:

Se realizó un estudio observacional, prospectivo, transversal y analítico, con el objetivo de determinar la precisión para la localización del espacio intervertebral L3 y L4 por método de palpación de referencias anatómicas vs ultrasonografía. Se recolectaron datos de voluntarios desde el 1 de Marzo hasta el 31 de Julio de 2020, encontrando que un total de 130, de estos se excluyeron en el proceso de evaluación 3 voluntarios: 2 voluntarios con antecedente de instrumentación lumbar y 1 voluntaria con diagnóstico de embarazo, por lo tanto, finalmente se incluyeron en el estudio 127 pacientes (Tabla 1).

Tabla 1. Características de la población	
Características	n = 127
Edad en años, Promedio% (DE)	33.2 (13.8)
Hombres, Promedio%(DE)	35.06 (15.7)
Mujeres, Promedio% (DE)	30.6 (9.9)
<i>Variables Antropométricas</i>	
Peso en kilogramos, Promedio(DE)	75.5 (20.0)
Talla en metros, Promedio(DE)	1.69 (0.09)
Índice de masa corporal, Promedio(DE)	27.4 (5.9)
<i>Categorías (Índice de masa corporal)</i>	
IMC 18-24, Promedio(DE)	21.4 (1.63)
IMC 25-29, Promedio(DE)	27.3(1.42)
IMC 30-34, Promedio(DE)	34.6 (3.2)

Fuente de información: Hoja de recolección de datos

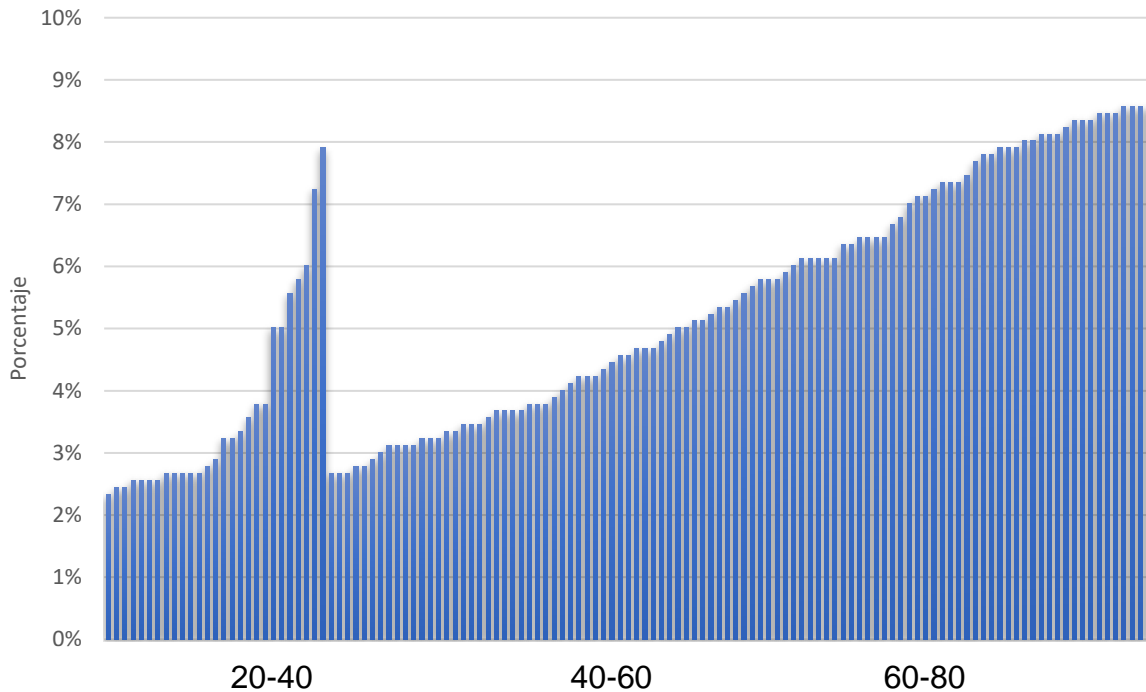
DE (Desviación estándar)

IMC (según la expresión matemática: $IMC = \text{peso (kilogramos)}/\text{Estatura (metros)}^2$)

Se incluyeron 127 voluntarios: 74 del sexo femenino (58.5%) y 52 del sexo masculino (41.4%). Se observaron 46 (36.2%) individuos con un índice de masa corporal normal, 42 (33%) con sobrepeso, 39 (30.7%) con obesidad.

Los voluntarios presentaron una edad promedio de 33.2 años con una desviación estándar de 13.8, 30 pacientes eran mayores de 60 años. (Gráfica 1).

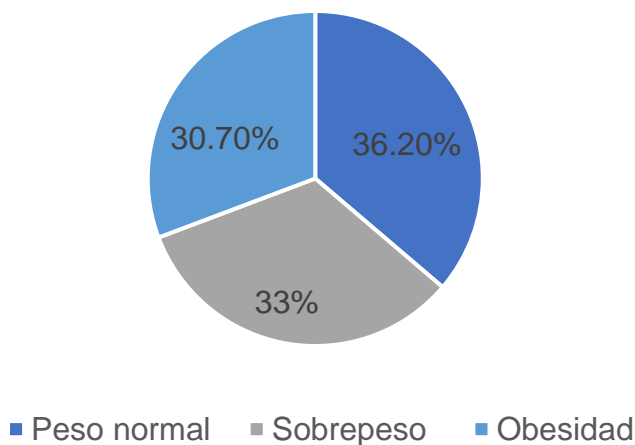
Gráfica 1: Distribución de la edad de los pacientes del estudio



Fuente de información: Hoja de recolección de datos

Con respecto a las medidas antropométricas el peso promedio se encontró en 75.5 kilogramos con una desviación estándar de 20 kilogramos, Talla promedio de 1.69 metros con una desviación estándar de 0.09 metros, el índice de masa corporal (IMC) promedio se encontró en 27.4 y una desviación estándar de 5.94, lo que indica que más de la mitad de los pacientes tenían sobrepeso y únicamente la cuarta parte de los pacientes tuvieron peso ideal según la clasificación de la Organización Mundial de la Salud [44]. (Gráfica 2).

Gráfica 2: Distribución del índice de masa corporal



Fuente de información: Hoja de recolección de datos

Se realizaron 254 mediciones a los voluntarios sanos, del total de las 254 revisiones se registraron 127 usos de ultrasonido y 127 usos de método con palpación (Tabla 2).

Tabla 2.			
	Ultrasonido	Palpación	Total
Nivel L3-L4	127	77	204
No Nivel L3-L4	0	50	50
TOTAL	127	127	254

Fuente de información: Hoja de recolección de datos

Se encontró en los 127 pacientes voluntarios que en el grupo en los que se utilizó el método de la palpación se calculó un 60.6% de aciertos corroborado por el escaneo de ultrasonido y un 39.3% de errores, de estos 50 sujetos el 44% de las veces (22 voluntarios) la localización del espacio intervertebral estaba por abajo de lo esperado (L4-L5) y en el 56% (28 voluntarios) estaba por arriba de lo esperado (L2-L3) (Tabla 3).

Tabla 3. Tabla de contingencia, ubicación por palpación.

			Corroborado por USG		
			Correcta	Incorrecta	Total
Ubicación por palpación	Adecuada	Recuento	77	0	77
		% Corroborado por USG	100%	0.00%	100%
	Abajo	Recuento	0	22	22
		% Corroborado por USG	0.00%	44%	44%
	Arriba	Recuento	0	28	28
		% Corroborado por USG	0.00%	56%	56%
Total		Recuento	77	50	127
		% Corroborado por USG	60.6%	39.3%	100%

Fuente de información: Hoja de recolección de datos

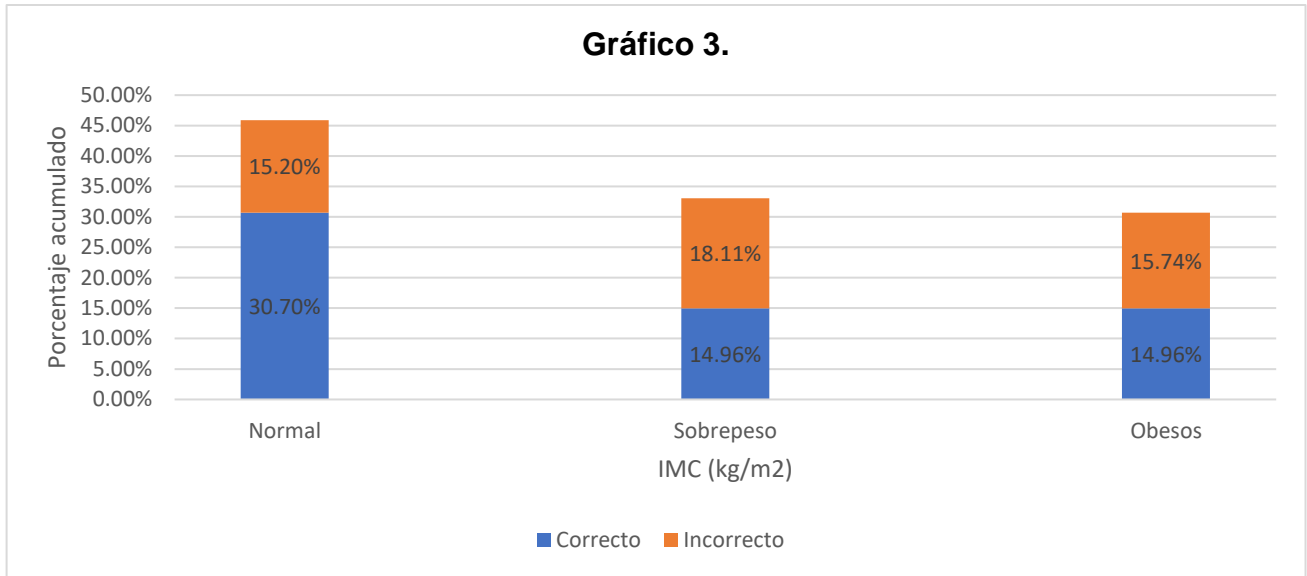
Se realizó una evaluación analítica haciendo uso de la prueba estadística para comparación de proporciones, Chi cuadrada (χ^2). Se encontró que la diferencia del 39% es altamente significativo, para una χ^2 de 62.25 con un valor de $p < 0.005$

La Chi cuadrada (χ^2) de tendencias mostró que a mayor índice de masa corporal, la exactitud de la localización del espacio L3-L4 por clínica disminuye ($p = 0.141$), como se muestra en la (Tabla 4 y Gráfico 3).

Tabla 4. Tabla de contingencia, IMC (Kg/m²)

			Corroborado por USG		
			Correcta	Incorrecta	Total
IMC (Kg/m²)	Normal	Recuento	39	7	46
		% corroborado por USG	30.70%	15.20%	36.2%
	Sobrepeso	Recuento	19	23	42
		% corroborado por USG	14.96%	18.11%	33.07%
	Obesos	Recuento	19	20	39
		% corroborado por USG	14.96%	15.74%	30.07%
TOTAL		Recuento	77	50	127
		% corroborado por USG	60.6%	39.3%	100%

Fuente de información: Hoja de recolección de datos



Fuente de información: Hoja de recolección de datos

11. DISCUSIÓN DE RESULTADOS:

El motivo por el cual se realizó este estudio es evaluar en los trabajadores voluntarios del Hospital Central Cruz Roja Mexicana la precisión de la localización del espacio intervertebral L3-L4 por el método de palpación de referencias anatómicas, comparado con ultrasonografía, con fin de conocer la diferencia en la localización y si se beneficiaran los pacientes en el área de quirófano del rastreo sonográfico previo al abordaje neuroaxial.

Durante 6 meses se realizaron un total de 254 mediciones en voluntarios sanos de los cuales 127 fueron con ultrasonido y 127 con método de palpación, se realizó la localización del espacio intervertebral L3-L4 con palpación guiada por referencias anatómicas (línea intercrestal, la apófisis espinosa de C7, T12 y línea media) y, posteriormente, sin mover al individuo, se realizó esta misma localización guiada con la sonda de ultrasonido, observando si la localización había sido adecuada o no.

En el presente estudio se encontró que, al hacer el escaneo ecográfico, en el 60.6% de las ocasiones la localización del nivel intervertebral marcado como L3-L4 era adecuada y se calculó la diferencia proporcional, para el nivel de acierto encontrando una diferencia de 39%.

Otro hallazgo fue que en el 56% (28 individuos) de las ocasiones, el espacio marcado como L3-L4 era en realidad L2-L3, y que en el 44% (22 individuos) se trataba de L4-L5.

En cuanto a las características demográficas de la población, se observó la relación existente entre el índice de masa corporal y la localización por referencias anatómicas del espacio intervertebral, y el hallazgo fue que la localización ha sido correcta en 39 de las 46 personas (84.7%) con un índice de masa corporal normal, en 19 de los 42 pacientes (45.2%) con sobrepeso y en 19 de los 39 individuos (48.7%) con obesidad. Al aplicar la Chi cuadrada (χ^2) de tendencias se concluyó que a mayor índice de masa corporal existe mayor inexactitud en la localización adecuada del espacio intervertebral L3-4 por palpación. Se estableció que la

localización de espacio intervertebral fue correcta en el 100% de los voluntarios sometidos a rastreo por ultrasonido.

Como se mencionó en el trabajo de Furness [31], la asertividad en el grupo por palpación fue del 30%, comparado con nuestro estudio que fue del 39%, de una forma similar.

Comparando con el estudio realizado por Schlotterbeck [33] y su equipo, ellos encontraron precisión por método de palpación del 36.4 %, y en 50% de los casos fue más cefálico, comparado con el nuestro donde el marcado como L3-L4 fue L2-L3 en un 56%, también se concluye similar.

12. CONCLUSIONES:

Se calculo la diferencia proporcional, para el nivel de acierto en ambos grupos encontrando una diferencia de 39%; lo cual indica que el uso del método de palpación presenta un 39% más de errores; que en los que se usa el ultrasonido.

Se acepta la hipótesis del investigador que plantea que el uso de método de palpación es menos preciso que el uso de ultrasonido, ya que el valor Z encontrado (9.027) es mayor que el valor Z para el 95% de confianza.

Se concluye que el estudio tiene suficientes pruebas para demostrar que la diferencia encontrada de 39% más de errores con el método de palpación es altamente significativa ($\chi^2= 62.25$ $P<0.005$) y que podría ir desde un 30% hasta un 47%.

13. RECOMENDACIONES:

Para optimizar este estudio lo recomendable sería añadir la verificación de la precisión por rastreo sonográfico, que pudiera realizarse por medio de radiografía lateral de columna lumbar o resonancia magnética, sin embargo, incrementaría costos y no es viable para paciente ni institución.

Otra sugerencia de optimización es la evaluación estadística de los distintos factores que pueden modificar la precisión de la localización intervertebral como son el índice de masa corporal, la edad o tiempo de entrenamiento del anestesiólogo, los cuales se pueden considerar para un próximo estudio.

14. BIBLIOGRAFÍA

1. Varon A, Smith C, Essentials of Trauma Anesthesia. 2nd Edition. Cambridge University Press 2017.
2. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). Findings from the Global Burden of Disease Study 2017. Seattle, WA: IHME, 2018.
3. Híjar MM. Los accidentes como problema de salud pública en México. Academia Nacional de Medicina. Ciudad de México: Intersistemas SA; 2014. pp. 1-17.
4. Lovato-Salas F, Luna-Pizarro D, Oliva-Ramírez SA, Flores-Lujano J, Núñez-Enríquez JC. Prevalencia de fracturas de cadera, fémur y rodilla en la Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Traumatología y Ortopedia "Lomas Verdes" del Instituto Mexicano del Seguro Social. Acta Ortopédica Mexicana 2015; 29 (1): 13-20.
5. Ball C, Westhorpe R. Local anaesthesia: early spinal anaesthesia. Anaesth Intensive Care 2003;31:493.
6. Margarito CB, Mikhael R, Arzola, Balki M, Carvahlo JC. The intercrystal line determined by palpation is not a reliable anatomical land mark for neuraxial anesthesia. Can J Anaesth 2011;58:262–6.
7. Bromage PR. Neurological complications of subarachnoid and epidural anaesthesia. Acta Anaesthesiol Scand 1997;41:439–44.
8. Gherzi-Egea JF, Strazielle N. Choroid plexus transporters for drugs and other xenobiotics. J Drug Target 2002;10:353–7.
9. TT, Kopp SL, Schroeder DR. Neuraxial blockade in patients with preexisting spinal stenosis, lumbar disk disease, or prior spine surgery: efficacy and neurologic complications. Reg Anesth Pain Med 2010;111:1511–9.
10. Nair GS, Abrishami A, Lhermitte J, Chung F. Systemic review of spinal anaesthesia using bupivacaine for ambulatory knee arthroscopy. Br J Anaesth 2009;102:307–15.
11. Tuominen M, Taivainen T, Rosenberg PH. Spread of spinal anaesthesia with plain 0.5% bupivacaine: influence of the vertebral interspace used for injection. Br J Anaesth 1989;62:358–61.

12. Saifuddin A, Burnett SJ, White J. The variation of position of the conus medullaris in an adult population. A magnetic resonance imaging study. *Spine (Phila Pa 1976)* 1998;23:1452–6.
13. Snider KT, Kribs JW, Snider EJ, et al. Reliability of Tuffier's line as an anatomic landmark. *Spine (Phila Pa 1976)* 2008;33:E161–5.
14. Jung CW, Bahk JH, Lee JH, et al. The tenth rib line as a new landmark of the lumbar vertebral level during spinal block. *Anaesthesia* 2004;59:359–63.
15. Render CA. The reproducibility of the iliac crest as a marker of lumbar spine level. *Anaesthesia* 1996;51:1070–1.
16. Kim JT, Bahk JH, Sung J. Influence of age and sex on the position of the conus medullaris and Tuffier's line in adults. *Anesthesiology* 2003;99:1359–63.
17. Broadbent CR, Maxwell WB, Ferrie R, Wilson DJ, Gawne-Cain M, Russell R. Ability of anaesthetists to identify a marked lumbar interspace. *Anesthesia*. 2000;55:1122–6.
18. Ngaka TC, Coetzee JF, Dyer RA. The influence of body mass index on sensorimotor block and vasopressor requirement during spinal anesthesia for elective cesarean delivery. *Anesth Analg* 2016;123:1527–34.
19. Scapinelli R. Morphological and functional changes of the lumbar spinous processes in the elderly. *Surg Radiol Anat.* 1989;11(2):129-33.
20. Chien I, Lu I, Wang F, Soo L. Spinal process landmark as a predicting factor for difficult epidural block: a prospective study in Taiwanese patients. *Kaohsiung J Med Sci* 2003;19:563-8.
21. Charco L, Ortiz V, Custa P, Soria A, Bonmati L. Identificación de factores predictores de técnica epidural dificultosa en la paciente obstétrica. *Rev Soc Esp Dolor* 2013;20(5):216-220.
22. Sviggum HP, Jacob AK, Arendt KW, Mauermann ML, Horlocker TT, Hebl JR. Neurologic complications after chlorhexidine antisepsis for spinal anesthesia. *Reg Anesth Pain Med* 2012;37:139–44.
23. Sié P, Samama CM, Godier A, Rosencher N, Steib A, Llau JV, et al. Surgery and invasive procedures in patients on long-term treatment with oral direct thrombin or factor Xa inhibitors. *Ann Fr Anesth Reanim* 2011;30:645–50.

24. Benzon HT, Asher YG, Hartrick CT. Back pain and neuraxial anesthesia. *Anesth Analg* 2016;122:2047–58.
25. Christopher R.B Merritt, *Diagnostic Ultrasound, Physics of Ultrasound*, Copyright © 2018 por Elsevier, Inc., publicado el 1 de enero del 2018, capitulo 1,1-33.
26. Carlos Pineda Villaseñor, Monica Macias Palacios, Araceli Bernal Gonzolez, *Principios fisicos basicos del ultrasonido, medigraphic, Vol. 1, Num, 1, Mayo-Agosto 2012, pp 25-24.*
27. Fikri M Abu-Zidan, Ashraf F Hefny, and Peter Corr, *Clinical Ultrasound Physics, J Emerg Trauma Shock, 2011 Oct-Dec; 4(4): 501-503.*
28. Kristensen MS, *Ultrasonography in the management of the airway, University Hospital, Rigshospitalet, Denmark, Acta Anesthesiol scand, 2011 Nov; 55 (10): 1155-73.*
29. Bogin IN, Stulin ID. Application of the method of 2-dimensional echospondylography for determining landmarks in lumbar punctures [in Russian]. *Zh Nevropatol Psikhiatr Ime S S Korsakova* 1971;71:1810–1811.
30. Grau T, Leipold R, Conradi R, Martin E, Motsch J. Ultrasonography and peridural anesthesia: technical possibilities and limitations of ultrasonic examination of the epidural space [in German]. *Anaesthesist* 2001;50:94–101.
31. Nilam J. Soni et al. Ultrasound guidance for lumbar puncture. *Neurol Clin Pract* 2016;6:358–368.
32. Chin KJ, Perlas A, Chan V, Brown-Shreves D, Koshkin A, Vaishnav V. Ultrasound imaging facilitates spinal anesthesia in adults with difficult surface anatomic landmarks. *Anesthesiology* 2011;115: 94–101.
33. Furness G, Reilly MP, Kuchi S. An evaluation of ultrasound imaging for identification of lumbar intervertebral level. *Anaesthesia*. 2002; 57 (3): 277-280.
34. Watson MJ, Evans S, Throp JM. Could ultrasonography be used by an anaesthetist to identify a specified lumbar interspace before spinal anaesthesia? *Br J Anaesth*. 2003; 90: 509-511.
35. Schlotterbeck H, Schaeffer R, Dow WA, Touret Y, Bailey S, Diemunsch P. Ultrasonographic control of the puncture level for lumbar neuraxial block in obstetric anaesthesia. *Br J Anaesth*. 2008; 100: 230-234.

36. Shaikh F, Brzezinski J, Alexander S, et al. Ultrasound imaging for lumbar punctures and epidural catheterisations: systematic review and meta-analysis. *BMJ* 2013;346:f1720.
37. Grau T, Bartussek E, Conradi R, Martin E, Motsch J. Ultrasound imaging improves learning curves in obstetric epidural anesthesia: a preliminary study. *Can J Anaesth* 2003;50:1047–1050.
38. Vallejo MC, Phelps AL, Singh S, et al. Ultrasound decreases the failed labor epidural rate in resident trainees. *Int J Obstet Anesth* 2010; 19:373–378.
39. Grau T, Leipold RW, Conradi R, Martin E. Ultrasound control for presumed difficult epidural puncture. *Acta Anaesthesiol Scand* 2001; 45:766–771.
40. Kim JT, Bahk JH, Sung J. Influence of age and sex on the position of the conus medullaris and Tuffier's line in adults. *Anesthesiology* 2003;99:1359–63.
41. Chin KJ, Ramlogan R, Arzola C, Singh M, Chan V. The utility of ultrasound imaging in predicting ease of performance of spinal anesthesia in an orthopedic patient population. *Reg Anesth Pain Med* 2013;38:34–8.
42. Hyerim Kim, MD y cols. Ultrasound assessment of the anatomic landmarks for spinal anesthesia in elderly patients with hip fracture A prospective observational study. *Medicine (Baltimore)*. 2019 Jul; 98(27): e16388.
43. Young B, Onwochei D y Desai N. Conventional landmark palpation vs. preprocedural ultrasound for neuraxial analgesia and anaesthesia in obstetrics – a systematic review and meta-analysis with trial sequential analyses. *Anaesthesia* 2020 Sep 27. doi:10.1111/anae.15255.
44. www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight

15. ANEXOS

Anexo 1

**ESTUDIO COMPARATIVO, REFERENCIAS ANATÓMICAS VS
ULTRASONOGRAFÍA PARA LA LOCALIZACIÓN DEL
ESPACIO INTERVERTEBRAL L3 Y L4 EN VOLUNTARIOS SANOS.**

Fecha:

Nombre:

Registro:

Edad:

Peso:

Talla:

Masculino:

Femenino:

Patología lumbar:

Antecedente de cirugía lumbar:

Antecedente de artropatía:

Embarazo:

Evaluador:

Grado:

Nivel lumbar por referencia anatómica:

Nivel lumbar por ultrasonografía:

Anexo 2

Consentimiento informado de estudio:

ESTUDIO COMPARATIVO, REFERENCIAS ANATÓMICAS VS ULTRASONOGRAFÍA PARA LA LOCALIZACIÓN DEL ESPACIO INTERVERTEBRAL L3 Y L4 EN VOLUNTARIOS SANOS.

Fecha: _____ Lugar: _____

Nombre: _____

y/o nombre del representante legal: _____

Se le invita a participar en esta investigación que es sin riesgo para usted.

Justificación y objetivo: Con este estudio se pretende incentivar el uso del ultrasonido lumbar en pacientes quienes se hayan identificado con predictores de punción lumbar difícil, dado que permite encontrar el punto más apto para lograr punción lumbar exitosa al primer intento. **Objetivo:** Conocer la precisión para encontrar el espacio intervertebral en voluntarios sanos, realizado por residentes de 1 año y 2do año de entrenamiento. Determinar la diferencia de localización de espacio intervertebral usando referencias anatómicas y ultrasonografía lumbar. Determinar la incidencia de predictores de punción lumbar difícil en pacientes voluntarios sanos.

Desarrollo del proyecto: Una vez valorado al paciente voluntario, se registrará peso, talla y se interrogará sobre patologías en estructuras óseas lumbares, posteriormente en camilla de hospitalización se posicionará paciente en decúbito lateral izquierdo y se procederá a localizar el espacio intervertebral L3-L4 mediante referencias anatómicas por palpación y se colocará una marca con tinta en piel. Posteriormente, sin mover al sujeto, se aplicará gel transductor y se colocará el transductor de ultrasonido longitudinal; se realizará un escaneo ecográfico de acuerdo con la técnica reportada por Chin y colaboradores, la cual consiste en localizar el borde superior del sacro, identificar el espacio intervertebral L5-S1 y avanzar contando los espacios en sentido cefálico hasta llegar al espacio intervertebral con la marca colocada previamente. La palpación se hará por residentes de primer y segundo año y la medición con ultrasonido se realizará por el mismo investigador.

No va a tener gastos extras con la participación en este estudio, ni tampoco va a recibir ningún pago por ser incluido en este. Se le garantiza recibir respuesta a cualquier pregunta y/o aclaración a asuntos relacionados con esta investigación.

Usted o su familiar tiene la libertad de retirar su consentimiento en el momento que lo desee y dejar la participación en el estudio, sin que por ello se creen perjuicios para continuar participando.

Declaro haber leído y comprendido la información presentada en este consentimiento informado y acepto participar en el estudio de manera voluntaria.

Firma o huella de paciente o representante legal con parentesco.

Nombre y firma del testigo 1

Nombre y firma del testigo 2