



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Bogotá



Ultrasonografía clínica en **cuidado crítico y urgencias** (POCUS)



Educación **Continua**

Generamos experiencias educativas

Contenido

Videoclase 1: Fundamentos del Doppler transcraneal	4
1. Objetivos de aprendizaje	4
2. Anatomía vascular cerebral relevante.....	4
3. Principios básicos del Doppler transcraneal	4
4. Configuración del equipo y consideraciones técnicas.....	5
5. Ventanas acústicas principales.....	5
6. Ventana transtemporal y planos de referencia	5
7. Identificación de arterias desde la ventana transtemporal	5
8. Ventana suboccipital y circulación vértebro-basilar.....	6
9. Evaluación de arterias vertebrales y basilar.....	6
10. Ventana transorbitaria y consideraciones de seguridad.....	6
11. Ventana submandibular e índice de Lindegaard.....	6
12. Integración del estudio y valores de referencia	7
13. Conclusiones.....	7
Videoclase 2: Evaluación ecográfica de la vaina del nervio óptico	7
1. Objetivos de aprendizaje	7
2. Fundamentos anatómicos y fisiológicos	7
3. Principio clínico de la medición ecográfica	8
4. Configuración del equipo ecográfico	8
5. Preparación y posicionamiento del paciente	8
6. Obtención de la imagen ecográfica adecuada	8
7. Técnica correcta de medición	9
8. Valores de referencia e interpretación clínica	9
9. Errores frecuentes en la medición	9
10. Conclusiones.....	9
Video clase 3: Hemodinámica cerebral con Doppler transcraneal	10
1. Objetivos.....	10

2. Fundamentos de la onda Doppler cerebral.....	10
3. Componentes de la onda de flujo	10
4. Elementos cualitativos clave de interpretación	11
5. Relación entre P1, P2 y P3 y compliance intracraneal.....	11
6. Diferencias entre circulación cerebral y periférica	11
7. Patrones de bajo flujo y mal pronóstico	11
8. Doppler como herramienta de monitoreo dinámico.....	12
9. Estimación no invasiva de la presión intracraneal.....	12
10. Patrones Doppler de arresto circulatorio cerebral.....	12
11. Conclusiones.....	12

Guía de estudio

Videoclase 1: Fundamentos del Doppler transcraneal

La sesión está dedicada a los fundamentos y a la técnica del Doppler transcraneal en el paciente crítico, dentro del curso de ultrasonido clínico en cuidado crítico y urgencias. Se enfatiza la importancia de seguir el contenido de manera atenta y reforzarlo posteriormente en las sesiones prácticas, ya que se trata de una herramienta clave para la evaluación hemodinámica cerebral en escenarios neurocríticos.

1. Objetivos de aprendizaje

Los objetivos principales incluyen describir la anatomía vascular intracraneal relevante para la insonación transcraneal, identificar correctamente las principales ventanas acústicas y reconocer los planos ecográficos clave, específicamente los planos mesencefálico, diencefálico y ventricular. Todo el contenido se organiza con el fin de proporcionar un marco claro antes de aplicar la técnica en pacientes reales.

2. Anatomía vascular cerebral relevante

Es fundamental contar con un mapa mental claro de la circulación cerebral. El polígono de Willis constituye el eje central, con la circulación anterior representada por las arterias cerebrales medias y anteriores, y la circulación posterior por las arterias cerebrales posteriores. Este sistema se complementa con el eje vértebro-basilar, formado por las arterias vertebrales y la arteria basilar, responsable de la perfusión de estructuras profundas y del tronco encefálico.

3. Principios básicos del Doppler transcraneal

El Doppler transcraneal no permite visualizar directamente la anatomía del vaso, sino su espectro de flujo. Por ello, la identificación correcta de cada arteria depende de tres claves fundamentales: la profundidad de insonación, la dirección del flujo y la ventana acústica utilizada. La coincidencia de estos elementos garantiza una identificación segura y reproducible.

4. Configuración del equipo y consideraciones técnicas

Se utiliza una sonda sectorial o de fase de baja frecuencia, generalmente entre 1.5 y 2.5 MHz, para poder atravesar el hueso. La profundidad inicial suele situarse entre 12 y 16 cm, ajustando la ganancia de forma adecuada. El Doppler color se emplea únicamente como guía anatómica y el Doppler pulsado para la medición hemodinámica. El marcador de la sonda se orienta siempre hacia la órbita como eje de referencia.

5. Ventanas acústicas principales

El estudio se basa en cuatro ventanas fundamentales. La ventana transtemporal es la más utilizada y permite evaluar la circulación anterior y parte de la posterior. La ventana suboccipital o transforaminal da acceso al sistema vértebro-basilar. La ventana transorbitaria se emplea de forma selectiva para valorar el sifón carotídeo y segmentos distales, y la ventana submandibular permite evaluar la carótida interna extracraneal. Dominar estas ventanas representa una parte esencial del estudio completo.

6. Ventana transtemporal y planos de referencia

La ventana transtemporal se localiza sobre el arco cigomático, por encima del trago, con el paciente idealmente con la cabeza elevada a 30 grados. A través de movimientos en arco se identifica el punto donde el hueso temporal es más delgado. El primer plano de referencia es el mesencefálico, reconocible por la imagen característica en forma de mariposa rodeada por la cisterna perimesencefálica y delimitada posteriormente por el hueso contralateral. Este plano confirma la correcta profundidad y orientación.

7. Identificación de arterias desde la ventana transtemporal

Desde el plano mesencefálico se localizan las arterias del polígono de Willis utilizando primero Doppler color y luego Doppler pulsado. La arteria cerebral media, anterior y posterior se identifican integrando la relación anatómica, la profundidad y la dirección del flujo, teniendo en cuenta que el sentido del flujo puede variar según el segmento evaluado.

8. Ventana suboccipital y circulación vértebro-basilar

La ventana suboccipital o transforaminal es la puerta de entrada a la circulación posterior. El transductor se coloca en la línea media occipital, por debajo de la protuberancia ósea, dirigido hacia la glabella. El primer paso es identificar el foramen magno como plano de referencia, visible como una estructura central rodeada por elementos más ecogénicos. Solo tras reconocer este plano es posible localizar de forma fiable las arterias vertebrales y la arteria basilar.

9. Evaluación de arterias vertebrales y basilar

Una vez identificado el foramen magno, se visualizan las arterias vertebrales ascendiendo de manera simétrica y su unión para formar la arteria basilar en la línea media. La confirmación se realiza combinando referencias óseas y Doppler color, antes de proceder a las mediciones con Doppler pulsado para analizar velocidades y resistencias.

10. Ventana transorbitaria y consideraciones de seguridad

La ventana transorbitaria se utiliza de manera selectiva y siempre bajo el principio ALARA, manteniendo la potencia por debajo del 10% para proteger las estructuras oculares. Permite evaluar el sifón carotídeo, la arteria oftálmica y segmentos proximales de la arteria cerebral anterior. Está contraindicada en pacientes con cirugía reciente del cristalino debido al riesgo de daño térmico o mecánico.

11. Ventana submandibular e índice de Lindegaard

La ventana submandibular permite evaluar la porción extracraneal de la arteria carótida interna. El transductor se coloca bajo el ángulo mandibular con ligera extensión del cuello. Las velocidades obtenidas en este segmento son indispensables para compararlas con las de la arteria cerebral media y calcular el índice de Lindegaard, útil para diferenciar hiperemia de vasoespasmo.

12. Integración del estudio y valores de referencia

El uso de un mapa mental que relacione cada ventana con su territorio vascular facilita la orientación durante la práctica. Además, es fundamental conocer los valores normales de velocidad según la arteria y la edad, ya que constituyen la base para el diagnóstico de vasoespasmio, hiperemia o alteraciones de la perfusión cerebral.

13. Conclusiones

El Doppler transcraneal es una herramienta esencial para la evaluación en tiempo real de la hemodinamia cerebral en el paciente neurocrítico. El éxito del estudio depende del conocimiento anatómico, del adecuado manejo técnico del transductor y de un enfoque sistemático y estandarizado basado en planos de referencia y valores de corte claros, lo que aumenta la reproducibilidad y el impacto clínico de la técnica.

Videoclase 2: Evaluación ecográfica de la vaina del nervio óptico

La sesión se centra en la evaluación ecográfica de la vaina del nervio óptico como parte del curso de ultrasonido clínico en cuidado crítico y urgencias. Se plantea esta técnica como una herramienta práctica, rápida y de gran valor en el abordaje del paciente crítico y neurocrítico, destacando la importancia de comprenderla e integrarla a la práctica clínica diaria.

1. Objetivos de aprendizaje

Los objetivos incluyen reconocer la anatomía y fisiología del nervio óptico y su relación directa con la presión intracraneal, realizar de manera estandarizada la medición ecográfica de la vaina del nervio óptico e interpretar adecuadamente los valores obtenidos dentro del contexto clínico del paciente.

2. Fundamentos anatómicos y fisiológicos

El nervio óptico no es un nervio periférico convencional, sino una prolongación directa del sistema nervioso central. Está rodeado por las mismas meninges y mantiene continuidad con el espacio subaracnoideo, lo que permite que los cambios en la presión intracraneal se transmitan rápidamente a través del líquido cefalorraquídeo

hacia la vaina del nervio óptico. Como consecuencia, ante un aumento de la presión intracraneal, la vaina se dilata de forma radial y simétrica, reflejando de manera directa lo que ocurre dentro del cráneo.

3. Principio clínico de la medición ecográfica

La vaina del nervio óptico puede entenderse como un manómetro biológico. Cuando la presión intracraneal se eleva, el aumento de presión se transmite casi de inmediato al espacio subaracnoideo y distiende la vaina en cuestión de segundos. Este fenómeno es independiente del esfuerzo muscular, del ciclo respiratorio o de la cooperación del paciente, lo que hace que la medición sea especialmente útil en escenarios de hipertensión intracraneal aguda, incluso en pacientes sedados o relajados.

4. Configuración del equipo ecográfico

Para una medición confiable se utiliza un transductor lineal de alta frecuencia, generalmente entre 7 y 15 MHz. El estudio debe realizarse siempre bajo el principio ALARA, empleando la menor potencia posible compatible con una imagen adecuada. La profundidad recomendada se sitúa entre 3 y 5 cm, con ganancia baja o media para evitar el engrosamiento artificial de la vaina. La evaluación se realiza exclusivamente en modo B, ya que el modo M no aporta beneficios y puede introducir artefactos.

5. Preparación y posicionamiento del paciente

El paciente se coloca en decúbito supino con la cabecera elevada entre 20 y 30 grados para favorecer el drenaje venoso. Se aplica abundante gel sobre el párpado cerrado, evitando cualquier presión sobre el globo ocular. Durante el estudio es fundamental que la mirada permanezca en posición neutra, ya que fenómenos como el reflejo oculocefálico o el fenómeno de Bell pueden desviar el nervio óptico y generar errores de medición.

6. Obtención de la imagen ecográfica adecuada

El objetivo del escaneo es visualizar claramente el disco óptico y el trayecto proximal del nervio óptico, idealmente centrados en la pantalla. Se debe evitar que el haz de ultrasonido atraviese el cristalino, ya que esto genera distorsión y artefactos. El nervio

debe identificarse con bordes bien definidos, manteniendo parámetros similares de profundidad y ganancia entre pacientes para asegurar comparabilidad.

7. Técnica correcta de medición

La medición se realiza siempre de borde externo a borde externo de la vaina, nunca del nervio en sí. El diámetro debe medirse exactamente a 3 mm por detrás del disco óptico, punto que ha demostrado la mayor sensibilidad a los cambios de presión intracraneal en adultos. En este nivel se traza una línea perpendicular al eje del nervio óptico para obtener el valor correcto.

8. Valores de referencia e interpretación clínica

En términos generales, diámetros de la vaina por encima de 5 mm generan alerta, y valores entre 5.7 y 6 mm son altamente sugestivos de hipertensión intracraneal. Sin embargo, estos valores no deben interpretarse de forma aislada. Más importante que un número único es la tendencia, ya que un aumento mayor a 0.5 mm en minutos u horas puede ser un signo precoz de deterioro neurológico y requiere atención inmediata.

9. Errores frecuentes en la medición

La mayoría de los errores derivan de una técnica inadecuada. Medir demasiado proximal o distal al punto de los 3 mm genera valores falsos. El uso de ganancia excesiva engrosa artificialmente la vaina, los cortes oblicuos aumentan el diámetro aparente y la presión excesiva del transductor deforma el globo ocular. Además, una mala centración del nervio o la medición de artefactos puede sobreestimar el diámetro incluso en más de 1 mm.

10. Conclusiones

La ecografía de la vaina del nervio óptico es una herramienta rápida, sensible y no invasiva para estimar la hipertensión intracraneal, especialmente en el paciente neurocrítico. Su utilidad depende completamente de una técnica estricta y estandarizada. En adultos, diámetros superiores a 5–6 mm son altamente sugestivos de presión intracraneal elevada, siempre dentro del contexto clínico. Como marcador

de tendencia, combinada con otras herramientas como el Doppler transcraneal, ofrece una visión integral de la dinámica intracraneal en tiempo real y debe incorporarse de manera sistemática en la valoración del paciente crítico.

Video clase 3: Hemodinámica cerebral con Doppler transcraneal

La sesión profundiza en la evaluación hemodinámica cerebral mediante Doppler transcraneal dentro del curso de ultrasonido clínico en cuidado crítico y urgencias.

1. Objetivos

Los objetivos principales son comprender la morfología normal de la onda de flujo cerebral, distinguir patrones cualitativos que permitan diferenciar flujo normal, vasoespasmo, hiperemia e hipertensión intracraneal, y reconocer los patrones de arresto circulatorio cerebral asociados a muerte encefálica.

2. Fundamentos de la onda Doppler cerebral

La evaluación hemodinámica comienza con el análisis cualitativo de la onda Doppler. La velocidad se representa en el eje vertical y el tiempo en el eje horizontal, con una línea de base que indica la dirección del flujo. El flujo anterógrado se visualiza por encima de esta línea y el retrógrado por debajo. El ciclo cardíaco se divide en una fase sistólica inicial y una fase diastólica que refleja la resistencia distal del territorio cerebral.

3. Componentes de la onda de flujo

Durante la sístole se identifican el inicio de la aceleración, el pico sistólico y la incisura dicrótica. La diástole ocupa los dos tercios finales del ciclo y es clave para evaluar la perfusión cerebral. El equipo calcula automáticamente parámetros como velocidad sistólica, diastólica, velocidad media e índice de pulsatilidad, los cuales deben interpretarse junto con la morfología de la onda y no de forma aislada.

4. Elementos cualitativos clave de interpretación

Existen tres aspectos fundamentales que siempre deben analizarse: la dirección del flujo respecto a la línea de base, las velocidades sistólica, diastólica y media, y la pendiente de aceleración y desaceleración. Estos elementos reflejan el estado hemodinámico cerebral y la resistencia distal, facilitando una interpretación más intuitiva del Doppler transcraneal.

5. Relación entre P1, P2 y P3 y compliance intracraneal

La morfología de la onda permite identificar tres componentes clásicos. La onda P1 o de percusión refleja la eyección cardíaca inicial. La onda P2 es el marcador más sensible de la compliance intracraneal y de la distensibilidad arterial. La onda P3 corresponde a la incisura dicrótica e indica el inicio de la diástole. En condiciones normales, P2 es menor que P1. Cuando la compliance intracraneal disminuye, P2 puede igualar o superar a P1, lo que sugiere hipertensión intracraneal.

6. Diferencias entre circulación cerebral y periférica

La circulación cerebral es de baja resistencia, por lo que el flujo se mantiene anterógrado durante todo el ciclo cardíaco. En contraste, la circulación periférica presenta alta resistencia y genera ondas trifásicas con flujo reverso diastólico. Este patrón periférico es normal fuera del cerebro, pero patológico en el territorio cerebral, por lo que no deben interpretarse de la misma manera.

7. Patrones de bajo flujo y mal pronóstico

Se considera un estado de bajo flujo cuando la velocidad media desciende por debajo de 35 a 40 cm/s, acompañada de diástole baja e índice de pulsatilidad elevado. Estos hallazgos se asocian a una presión de perfusión cerebral inadecuada, alto riesgo de isquemia y mal pronóstico, especialmente en pacientes con trauma craneoencefálico. Una velocidad diastólica menor de 25 cm/s junto con un índice de pulsatilidad mayor a 1.25 indica alto riesgo de deterioro neurológico temprano.

8. Doppler como herramienta de monitoreo dinámico

El Doppler transcraneal no debe considerarse una imagen estática, sino un método de monitoreo seriado. La repetición de las mediciones y la evaluación de tendencias permite detectar cambios tempranos en la perfusión cerebral y anticipar deterioro clínico antes de que sea evidente en la exploración neurológica.

9. Estimación no invasiva de la presión intracraneal

Mediante la combinación de la velocidad diastólica, la velocidad media de las arterias cerebrales medias y la presión arterial media, es posible estimar de forma indirecta la presión de perfusión cerebral y la presión intracraneal. Este enfoque es útil como método de tamizaje para descartar hipertensión intracraneal cuando no se dispone de monitoreo invasivo, aunque no lo reemplaza.

10. Patrones Doppler de arresto circulatorio cerebral

La hipertensión intracraneal es un proceso progresivo cuya fase terminal es el colapso de la perfusión cerebral. Existen tres patrones Doppler sugestivos de arresto circulatorio cerebral: el flujo oscilante sin componente anterógrado neto, las espigas sistólicas breves sin flujo diastólico y la ausencia completa de señal en arterias previamente permeables. Estos hallazgos deben evaluarse en circulación anterior y posterior y siempre correlacionarse con el contexto clínico y legal.

11. Conclusiones

La interpretación del Doppler transcraneal comienza siempre con el análisis cualitativo de la onda. Las velocidades y los índices son útiles solo cuando se integran al contexto clínico. El Doppler es una herramienta de tamizaje y monitoreo para vasoespasmo e hipertensión intracraneal, no un reemplazo de la angiografía ni de la monitorización invasiva. Además, puede apoyar el diagnóstico de muerte encefálica cuando se utiliza dentro de algoritmos adecuados. Integrado correctamente, el Doppler transcraneal se consolida como un pilar fundamental de la monitorización neurocrítica.