

Universidad Nacional Autónoma de México.  
Facultad de Medicina.

Determinación de patrones de flujo arterial de miembros  
pélvicos por ultrasonido doppler dúplex

Trabajo de investigación que presenta:  
José Luis Adrián Zarraga Rodríguez

Para obtener el diploma de la especialidad de  
Angiología y Cirugía Vasculat

Asesor  
Dr. Serrano Lozano Julio Abel

2008



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**INDICE.**

CONTENIDO	PAGINA
Agradecimientos.....	6
Marco teórico.....	7
Definición del problema.....	7
Hipótesis.....	7
Antecedentes.....	7
Objetivo general.....	10
Justificación.....	10
Material y métodos.....	10
Objetivos específicos.....	10
Diseño.....	10
Tipo de investigación.....	10
Grupo de estudio.....	10
Tamaño de la muestra.....	11
Criterios de inclusión.....	11
Criterios de exclusión.....	11
Criterios de eliminación.....	11
Descripción general del estudio.....	11
Organización de la investigación.....	11
Análisis de datos.....	12
Métodos matemáticos para el análisis de datos.....	12
Recursos.....	12
Aspectos éticos.....	12
Resultados.....	13
Discusión.....	19
Conclusiones.....	20
Bibliografía.....	21
Anexo 1.....	22
Anexo 2.....	23

## DETERMINACION DE PATRONES DE FLUJO ARTERIAL DE MIEMBROS PÉLVICOS POR ULTRASONIDO DOPPLER DUPLEX

### RESUMEN

Se ha investigado exhaustivamente la posibilidad de utilizar la ecografía dúplex en el estudio y tratamiento de las lesiones arteriales en la extremidad inferior. En las investigaciones que se llevaron a cabo para comparar la exactitud de la ecografía dúplex de flujo en color y la angiografía en pacientes candidatos a una revascularización de la extremidad inferior se alcanzaron conclusiones muy parecidas, y se comprobó que la ecografía tenía una exactitud igual o superior a la angiografía a la hora de identificar lesiones.

**Objetivo general.** Establecer los patrones de flujo arterial en miembros inferiores por ultrasonido doppler dúplex en individuos sanos.

**Justificación:** Si bien el criterio más utilizado para determinar una estenosis arterial periférica es el incremento del 100% en el pico sistólico en comparación con un segmento proximal normal (cociente de velocidad  $\geq 2$ ), esta última porción arterial usualmente presenta alteraciones debido a que se ve afectada en mayor o menor grado; lo cual determina variaciones en los patrones de flujo. De tal forma que lo ideal sería compararlo con las velocidades del mismo segmento arterial obtenidas de un sujeto sano. En la literatura se han descrito las características de las arterias femoral común, femoral superficial, femoral profunda y poplítea; sin embargo, los patrones de las arterias tibial anterior, tibial posterior, perónea y pedia son desconocidos, debido a que el tipo de presentación de la enfermedad arterial periférica en los países desarrollados son el sector aortoiliaco y femoropoplíteo, a diferencia de lo que sucede en nuestro medio en el que la enfermedad de vasos tibiales es el sitio más frecuente de presentación, posiblemente originado por ser el lugar de mayor afectación en el paciente con diabetes mellitus.

**Objetivos específicos:** Identificar pico sistólico (VPS), pico diastólico (VPD), índice de resistencia (IR) y tipo de espectro en arterias femoral común, femoral superficial, femoral profunda, poplítea, tibial anterior, tibial posterior, perónea y pedia de individuos sin factores de riesgo para enfermedad arterial periférica.

**Diseño:** Se realizó ultrasonido doppler dúplex color de los miembros inferiores de individuos sin factores de riesgo para enfermedad arterial periférica, explorando cada extremidad por separado iniciando por la arteria femoral común y siguiendo en sentido distal, combinando el decúbito supino y prono (al evaluar arteria poplítea). Se utilizó el equipo Sonoace 6000 de alta resolución con transductor multifrecuencia. **Criterios de inclusión.** Individuos sin factores de riesgo para enfermedad arterial periférica e índice tobillo brazo (ITB) mayor a 0.9. **Criterios de exclusión.** Individuos con factores de riesgo para enfermedad arterial periférica o ITB menor a 0.9. **Criterios de eliminación.** Identificación durante el estudio de lesiones características de la enfermedad arterial periférica (lesiones, estenosis, ensanchamiento espectral, patrón bifásico o monofásico por doppler)

**Resultados:** Se realizó la evaluación de 124 extremidades correspondientes a 66 individuos, siendo 28 hombres y 38 mujeres. El promedio de edad en los hombres fue de 38 (rango de 18 a 48) mientras que en las mujeres fue de 44 (rango de 24 a 54). Los patrones de flujo obtenidos fueron los siguientes: iliaca externa VPS 106 a 142 cm/seg, VPD 2.82 cm/seg, IR 0.89, femoral común VPS 100 a 132 cm/seg, VPD 2.54 cm/seg, IR 0.2, femoral superficial VPS 92 a 120 cm/seg, VPD 2.22 cm/seg, IR 0.90, femoral profunda 102 a 134 cm/seg, VPD 3.17 cm/seg, IR 0.98, poplítea VPS 47 a 69 cm/seg, VPD 2.28 cm/seg, IR 0.91, tibial anterior VPS 30 a 47 cm/seg, VPD 1.95 cm/seg, IR 0.90, tibial posterior VPS 33 a 57 cm/seg, VPD 1.96 cm/seg, IR 0.93, perónea VPS 38 a 56 cm/seg, VPD 2.35 cm/seg, IR 0.96 y pedia VPS 13 a 25 cm seg, VPD 1.58 cm/seg, IR 0.92

**Conclusiones:** Se aprecia una constante disminución de la VPS desde las arterias iliacas hasta las pedias. El espectro fue de carácter trifásico con ligero ensanchamiento y patrón de mayor resistencia en femoral profunda y perónea. El cálculo de la desviación estándar permite determinar el rango de la VPS, a fin de poder utilizarse como herramienta para establecer el índice sistólico y con ello la presencia de enfermedad arterial periférica, así como los territorios afectados.

## SUMMARY

### ARTERIAL FLOW PATTERNS DETERMINATION FOR LOWER LIMBS BY USING A DUPLEX DOPPLER ULTRASOUND SYSTEM

Exhaustive investigations have considered the possibility of using the duplex echograms to study and treat injury arterial lesions on lower extremities. The objective of this research was to compare the precision of the duplex echogram of color flow against the angiography, used on patients who are candidates for a revascularization on the lower extremity. Similar conclusions were reached while comparing the two methods and was proven that echograms have the same or higher accuracy than the angiography when detecting lesions.

**General Objective.** To establish the arterial flow pattern on lower extremities by using a duplex Doppler on normal humans.

**Justification:** The most popular criteria to determine a periphery arterial stenosis, is the 100% increase on the Velocity End Systolic (VES) in comparison with a normal proximal segment (velocity coefficient  $\geq 2$ ) or (velocity ratio 2:1), this last arterial portion usually presents some degree of alteration which determines the variation on the flow patterns therefore, the ideal situation would be a comparison with the velocity of the same arterial segment obtained from a normal human.

Characteristics of the common femoral, superficial femoral, deep femoral and popliteal arteries have been described on the literature however, the patterns for the anterior tibial, posterior tibial, peroneal, and pedis arteries are still unknown because while in developed countries (first world) the periphery arterial ailment is present on the aortoiliac and femoropopliteal, our country encounters ailment at the tibial arteries more frequently. Possibly, this is originated because this is the most affected area on patients with diabetes mellitus

**Specific Objectives:** To identify Velocity End Systolic (VES), Velocity End Diastolic (VED), Index of Resistance (IR) and the type of spectrum at the common femoral, superficial femoral, deep femoral, popliteal, anterior tibial, posterior tibial, peroneal and pedis arteries, all this applied on individuals without risk factors for periphery arterial ailment.

**Design:** Studies on lower members for individuals without risk factors for periphery arterial ailment were performed by using a duplex echogram of color flow. Each extremity was explored separately, beginning at the common femoral artery, moving in a distal direction, mixing from a face-up position to "prono" (High Resolution Sonoace 6000 equipment with multi frequency transduction was used when evaluating the popliteal artery). Inclusion Criteria: Individuals without risk factors for periphery arterial ailment and Ankle Brachial Index (ABI) greater than 0.9. Exclusion Criteria: individuals with risk factors for periphery arterial ailment or Ankle Brachial Index (ABI) less than 0.9. **Elimination Criteria:** Identification of characteristic lacerations of the periphery arterial ailment during the examination (lesions, stenosis, wide spectrum, biphasic pattern or monophasic spectrum by using the Doppler)

**Results:** 124 extremities were evaluated, these correspond to 66 individuals; 28 males and 38 females. The average age was 38 years old for males (from 18 to 48 years old range) and 44 years old for females (from 24 to 54 years old range). The flow patterns that were obtained are the following: external iliac VES from 106 to 142 cm/s, VED 2.82 cm/s, IR 0.89, common femoral VES from 100 to 132 cm/s, VED 2.54 cm/s, IR 0.92, superficial femoral VES from 92 to 120 cm/s, VED 2.22 cm/s, IR 0.90; deep femoral VES from 102 to 134 cm/s, VED 3.17 cm/s, IR 0.98; popliteal VES from 47 to 69 cm/s, VED 2.28 cm/s, IR 0.91, tibial anterior VES from 30 to 47 cm/s, VED 1.95 cm/s, IR 0.90, posterior tibial VES from 33 to 57 cm/s, VED 1.96 cm/s, IR 0.93, peroneal VES from 38 to 56 cm/s, VED 2.35 cm/s, IR 0.96, pedis VES from 13 to 25 cm/s, VED 1.58 cm/s, IR 0.92

**Conclusions:** a constant decrease on the VES is observed from the iliac to the pedis. The spectrum has a triphasic behavior with a slight wide aspect and with a higher resistance pattern on deep femoral and peroneal. The standard deviation allows to determine the range for the VES thus, it can be utilized as a tool to establish the systolic index which permits the identification of the periphery arterial ailment as well as the affected areas.

## MARCO TEORICO

Definición del problema:

¿Cuáles son los patrones de flujo arterial en miembros pélvicos en individuos sanos?

Determinar velocidades, pico sistólico, pico diastólico e índice de resistencia, así como tipo de espectro en arterias de miembros pélvicos en individuos sin factores de riesgo para enfermedad arterial periférica.

Hipótesis

El conocer los patrones de flujo arterial de miembros pélvicos permitirá su utilización para el estudio y tratamiento de pacientes con enfermedad arterial periférica

Antecedentes:

El propósito de las pruebas diagnósticas no invasivas de la enfermedad arterial de la extremidad inferior es proporcionar información objetiva que, complementada con la anamnesis y exploración física, permita formar una base sólida sobre la que poder tomar decisiones diagnósticas y terapéuticas. Una de estas decisiones, si no la más importante, gira en torno a si el paciente es candidato a una intervención terapéutica y, por lo tanto, debe ser sometido a una arteriografía. La arteriografía con contraste ha sido considerada generalmente como la exploración definitiva para el estudio de la enfermedad arterial de la extremidad inferior, pero se trata de una técnica invasiva, cara y poco apta para su utilización como método de *screening* o de seguimiento a largo plazo. Además, la arteriografía aporta una información más anatómica que fisiológica, y está sujeta a una variabilidad significativa a la hora de la interpretación.<sup>1,2</sup> El método fisiológico más válido para la detección de lesiones hemodinámicamente significativas es la medición directa e intraarterial de la presión arterial, pero esta técnica carece de sentido práctico en muchas situaciones clínicas.

Los tests diagnósticos indirectos no invasivos de las arterias de la extremidad inferior (más simples y utilizados), que incluyen la medición de la presión arterial sistólica a nivel del tobillo y de las presiones segmentarias del miembro, aportan una importante información fisiológica sobre el estado del sistema arterial, pero proporcionan relativamente poca información anatómica.<sup>3</sup> La ecografía dúplex ha supuesto la ampliación de las posibilidades de los tests no invasivos, al permitir obtener información anatómica y fisiológica directamente de los segmentos con enfermedad arterial.

Se ha investigado exhaustivamente la posibilidad de utilizar la ecografía dúplex en el estudio y tratamiento de las lesiones arteriales en la extremidad inferior. Los estudios publicados en la década de los ochenta confirmaron la capacidad de la ecografía dúplex para identificar lesiones estenóticas desde la aorta hasta los vasos del pie, y en varios de ellos se consideraba la posibilidad de que la ecografía dúplex sustituyera a la arteriografía en la planificación de la revascularización de la extremidad inferior.<sup>4,5,6,7</sup> En las investigaciones que se llevaron a cabo para comparar la exactitud de la ecografía dúplex de flujo en color y la angiografía en pacientes candidatos a una revascularización de la extremidad inferior se alcanzaron conclusiones muy parecidas, y se comprobó que la ecografía tenía una exactitud igual<sup>8,9</sup> o superior a la angiografía a la hora de predecir unos resultados vasculares adecuados.<sup>10</sup>

El mapeo arterial mediante la ecografía dúplex puede facilitar de tres maneras diferentes el estudio y tratamiento de los pacientes con enfermedad arterial periférica sintomática. En primer lugar se puede utilizar la ecografía dúplex femoropoplíteica para identificar los objetivos de una intervención percutánea en los pacientes con claudicación intermitente. A los pacientes con estenosis focales se les puede hablar de la conveniencia de una intervención percutánea, mientras que a los pacientes con oclusiones más extensas se les puede aconsejar la cirugía para aliviar sus síntomas. Esta información puede ayudar al médico y su paciente a decidir sobre la necesidad de efectuar una arteriografía.<sup>11</sup>

Por otra parte los resultados de la ecografía dúplex pueden ayudar al médico a planificar el tratamiento más adecuado para la lesión en cuestión. La segunda y más importante, aplicación de la ecografía dúplex se basa en la posibilidad de utilizarla como un sustituto de la angiografía en los pacientes que requieren una reconstrucción infrainguinal, sobre todo en aquellos con

función renal limítrofe en quienes se contraindica el estudio arteriográfico. Existen estudios que confirman la posibilidad de usar la ecografía dúplex para predecir los resultados de las derivaciones tibiales, y demuestran que se pueden conseguir porcentajes similares de permeabilidad y curación de las extremidades con las derivaciones realizadas exclusivamente bajo control arteriográfico.<sup>12</sup> La tercera aplicación potencial de la ecografía dúplex en la evaluación de la extremidad inferior se basa en su capacidad para localizar objetivos para revascularización distal cuando no se visualiza ninguno por arteriografía.<sup>13</sup>

El criterio más utilizado para el diagnóstico de una estenosis arterial periférica es el aumento del 100% en el pico sistólico (cociente de velocidad  $\geq 2$ ) en comparación con el segmento normal de arteria proximal a la estenosis. Distintos investigadores han comprobado que este hallazgo se correlaciona estrechamente con una reducción del 50% del diámetro angiográfico.<sup>1,2,3,14</sup> En algunos estudios se ha conseguido mayor exactitud con cocientes de velocidad de 2.5 y 3.<sup>15,16</sup> En la mayoría de los estudios señala que para poder diagnosticar con fiabilidad una estenosis del 50% debería observarse igualmente un ensanchamiento espectral y la pérdida de flujo invertido telesistólico previamente existente. Aunque en la mayoría de las investigaciones iniciales se intentaron establecer diferentes categorías de estenosis, igual que en el caso de enfermedad carotídea, en la mayoría de las publicaciones contemporáneas se limita la interpretación dúplex a: 1) permeabilidad sin una estenosis significativa, b) permeabilidad con una estenosis del 50% o más, o 3) oclusión arterial.<sup>17</sup>

En distintos estudios se ha investigado la exactitud del mapeo arterial con la ecografía dúplex para la planificación quirúrgica previa a la revascularización infrainguinal. La angiografía permitió identificar correctamente una arteria apta para la intervención en 73% de los casos, pero en el resto de los pacientes proporcionó un resultado indeterminado, no permitió identificar ninguna arteria candidata o sólo identificó una arteria de calidad inferior. La ecografía dúplex permitió identificar un vaso adecuado en todos los pacientes. Se concluyó que la ecografía dúplex era superior a la angiografía en la evaluación preoperatoria de vasos distales durante esta forma de reconstrucción.<sup>18</sup>

Una cuestión importante que plantea la evaluación dúplex de la enfermedad arterial de la extremidad inferior es la capacidad que tiene esta técnica para identificar las estenosis distales cuando existen lesiones a diferentes niveles.<sup>19,20</sup>

#### INSTRUMENTACION.

Aunque los equipos de ultrasonidos dúplex disponibles en el mercado varían en cuanto a calidad y representación de la imagen, características del doppler, y procesamiento de señal, todos ellos se componen de un sistema de obtención de imagen bidimensional en modo B, un detector de flujo doppler pulsado y un analizador de espectros. La exploración de las arterias del miembro inferior (más distales y superficiales) puede realizarse con transductores de 5, 7 o 10Mhz. Como norma, debe seleccionarse la frecuencia de sonidos más alta que permita penetrar hasta el nivel de profundidad de interés.

Los instrumentos de doppler en color combinan tecnología doppler estándar con una representación en color y en tiempo real del flujo sanguíneo. Las imágenes doppler en color presentan una serie de ventajas sobre las curvas espectrales convencionales para la valoración de las arterias de la extremidad inferior. La imagen en color ayuda a identificar vasos y flujos alterados causados por lesiones arteriales. La posibilidad de visualizar flujos en el interior de los vasos mejora la precisión del volumen muestra durante el registro de las ondas espectrales. Por tanto, las imágenes doppler en color tienen el potencial de reducir el tiempo de exploración y de mejorar la precisión global del estudio. Sin embargo debe hacerse hincapié en que las imágenes en color no sustituyen las técnicas dúplex convencionales. De hecho, el análisis espectral doppler sigue siendo la principal fuente de información diagnóstica de las técnicas dúplex.

Los instrumentos dúplex (estándar o doppler en color) están equipados con combinaciones específicas de los parámetros ultrasónicos de imagen y de detección de flujos, que pueden ser seleccionados por el explorador para una aplicación en particular.

#### VALORACIÓN DUPLEX DE LAS ARTERIAS NATIVAS.

#### TÉCNICA.

Tanto el estudio convencional como en la imagen doppler color de las arterias de la extremidad inferior, se emplea la imagen en modo B o en color para identificar la arteria a estudiar y facilitar la correcta posición del volumen muestra. La imagen es válida para reconocer variantes anatómicas y para identificar la enfermedad arterial (placa de ateroma, calcificaciones..) No ha sido posible, sin embargo, determinar el grado de estenosis arterial sólo con la imagen en modo B o en color. Por tanto, la clasificación de la severidad de la enfermedad se basa principalmente en el análisis espectral con doppler pulsado.

Cuando se explora un segmento arterial es esencial evaluar el patrón de flujo a intervalos de espacio reducidos. Esto es así porque las alteraciones de flujo producidas por una lesión arterial sólo se propagan por el vaso en una distancia corta. Trabajos experimentales han mostrado que los jets o chorros de alta velocidad (aumentos de velocidad pico sistólica) y flujos turbulentos asociados a estenosis arteriales, prácticamente desaparecen a una distancia de pocos diámetros del vaso en cuestión. Así pues, la falta de identificación de alteraciones localizadas del flujo podría conducir a una subestimación de la severidad de la enfermedad. Ya que las alteraciones focales del flujo suelen ser bien aparentes con las imágenes en doppler color, esta técnica permite que los volúmenes muestra del doppler pulsado puedan ser obtenidos en intervalos de espacio más amplios. Aún así, es aconsejable valorar las características del flujo con el análisis espectral con doppler (a intervalos frecuentes) en los vasos con enfermedad arterial extensa.

La longitud de los segmentos arteriales ocluidos puede determinarse con técnicas estándar o de doppler en color, mediante la visualización del punto proximal de oclusión y del punto distal en el que el flujo vuelve a detectarse gracias a los vasos colaterales. Debido a que la velocidad de flujo distal a un segmento ocluido puede ser baja, es importante ajustar correctamente el sistema doppler color para que pueda detectar velocidades de flujo bajas.<sup>21</sup>

#### CARACTERISTICAS DE FLUJO NORMAL.

Jager y cols.<sup>4</sup> Han determinado los valores estándar del diámetro arterial y de la velocidad pico sistólica de las arterias de la extremidad inferior de 55 sujetos sanos (30 hombres, 25 mujeres) de entre 20 y 80 años. Como refleja el estudio, aunque las mujeres tienen arterias más pequeñas que los hombres, las velocidades pico sistólicas no diferían significativamente de los dos sexos. Sin embargo, las velocidades pico sistólicas disminuían de forma constante de las arterias ilíacas a las poplíteas.

La ecografía dúplex de las arterias normales de la extremidad inferior muestra una forma de onda con un patrón trifásico característico, que se asocia al flujo arterial periférico. Este patrón de flujo puede demostrarse tanto por representación de curvas espectrales como por imágenes doppler en color. La fase inicial (de flujo anterógrado) de alta velocidad se sigue de una breve fase de reversión de flujo durante la diástole precoz y de un tercer periodo (de flujo anterógrado) de baja velocidad durante el resto de la diástole. El componente de reversión del flujo es una consecuencia relativamente elevada resistencia vascular periférica existente en la circulación arterial del miembro inferior. La reversión del flujo es menos prominente en aquellas circunstancias en las que disminuye la resistencia periférica. La desaparición de la reversión del flujo aparece típicamente en extremidades con vasodilatación asociada a la hiperemia reactiva o al calentamiento del miembro. La reversión del flujo también está ausente distalmente a lesiones oclusivas severas.

El patrón de flujo arterial del centro de la corriente de sangre en las arterias de la extremidad inferior normal es relativamente uniforme, teniendo todos los hematíes prácticamente la misma velocidad. Por tanto, este flujo es laminar, y su correspondiente curva espectral contiene una estrecha banda de frecuencias con un área clara por debajo del pico sistólico. Las lesiones arteriales desorganizan este patrón de flujo laminar normal y producen unos cambios de velocidad característicos que conducen a un ensanchamiento de la banda de frecuencias; a esto se denomina ensanchamiento espectral.<sup>22</sup>



## **OBJETIVO GENERAL**

Establecer los patrones de flujo arterial en miembros inferiores por ultrasonido doppler dúplex en individuos sanos.

## **JUSTIFICACIÓN**

Si bien el criterio más utilizado para determinar una estenosis arterial periférica es el incremento del 100% en el pico sistólico en comparación con un segmento proximal normal (cociente de velocidad  $\geq 2$ ), esta última porción arterial usualmente presenta alteraciones debido a que presenta en mayor o menor grado afectación, lo cual determina alteraciones en los patrones de flujo. Así lo ideal sería compararlo con las velocidades del mismo segmento arterial obtenidas de un sujeto sano. En la literatura se han descrito las características de las arterias femoral común, femoral superficial, femoral común y poplítea; sin embargo, los patrones de las arterias tibial anterior, tibial posterior, perónea y pedia son desconocidos, debido a que el tipo de presentación de la enfermedad arterial periférica en los países desarrollados es el sector aortoiliaco y femoropoplíteo, a diferencia de lo que sucede en nuestro medio en el que la enfermedad de vasos tibiales es el sitio más frecuente de afectación, posiblemente originado por ser el sitio de mayor afectación en el paciente con diabetes mellitus.<sup>23</sup> El propósito de este estudio es determinar dichos patrones a fin de servir como herramienta para ayudar al correcto abordaje diagnóstico y terapéutico de estos pacientes: identificar los casos de estenosis dístales, planear el procedimiento quirúrgico apreciando el mejor vaso de salida que funcione como receptor en un procedimiento de derivación y utilizar la ecografía dúplex como estudio preoperatorio en quienes se contraíndica el estudio arteriográfico.

## MATERIAL Y METODO

### Objetivos específicos:

Identificar pico sistólico, pico diastólico, índice de resistencia y tipo de espectro en arterias femoral común, femoral superficial, femoral profunda, poplítea, tibial anterior, tibial posterior, perónea y pedia de individuos sin factores de riesgo para enfermedad arterial periférica.

### Diseño:

Se realizo ultrasonido doppler dúplex color de los miembros inferiores de individuos sin factores de riesgo para enfermedad arterial periférica, explorando cada extremidad por separado iniciando por la arteria femoral común y siguiendo en sentido distal, combinando el decúbito supino y prono (al evaluar arteria poplítea) Se utilizo el equipo Sonoace 6000 de alta resolución con transductor multifrecuencia.

### Tipo de investigación:

Observacional, exploratoria, clínica, abierta.

### Grupo de estudio.

Individuos sanos sin factores de riesgo para enfermedad arterial periférica.

### Tamaño de la muestra.

Debido al tipo de estudio se utilizará muestreo no probabilístico. En este estudio se tiene una población infinita y la variable de interés se encuentra en una escala no categórica por lo que aplica el cálculo de la variabilidad de la medición. Se estima que los posibles valores extremos de la medición para la velocidad pico sistólico a nivel pedio sea de 20 a 50, por lo que la desviación estándar será de 7.5. Se decide tener un margen de error de 5, por lo que sí la media es cierta en 35 esta puede variar de 30 a 35, por lo que la amplitud de la variabilidad corresponde a 10 (el doble del error estándar) Se aspira a tener la confianza de obtener el valor verdadero del parámetro n en el 95% de las veces que se realicen las muestras repetidas independientes (IC 95%, Z=1.96) Por lo que al efectuar el cálculo del tamaño de la muestra se obtiene lo siguiente.

$$n = \frac{Z^2 s^2}{d^2} = 25$$

### Criterios de inclusión.

Individuos sin factores de riesgo para enfermedad arterial periférica (tabaquismo, diabetes mellitus, hipertensión arterial)

Individuos con índice tobillo brazo mayor a 0.9

### Criterios de exclusión.

Individuos con factores de riesgo para enfermedad arterial periférica (tabaquismo, diabetes mellitus, hipertensión arterial)

Individuos con índice tobillo brazo menor a 0.9

### Criterios de eliminación.

Identificación durante el estudio de lesiones características de la enfermedad arterial periférica (lesiones, estenosis, ensanchamiento espectral, patrón bifásico o monofásico por doppler)

### **Descripción general del estudio.**

Se realizó ultrasonido doppler dúplex de las arterias de extremidades de individuos sin factores de riesgo para enfermedad arterial periférica empleando el equipo Sonoace 6000 de alta resolución con transductor multifrecuencia en el periodo de febrero a julio de 2007 en el Hospital Regional Adolfo López Mateos.

### **Organización de la investigación:**

Programa de trabajo:

Se identificaron diariamente individuos que cumplieran los criterios de inclusión del estudio en la consulta externa de Angiología y Cirugía Vascular. Quienes aceptaron de forma voluntaria participar en él y firmaron el consentimiento, les fue determinado el índice tobillo brazo y se programaron para efectuar el estudio doppler en los días siguientes, durante el cual se registraron la velocidad de pico sistólico, pico diastólico, índice de resistencia y espectro de arterias de miembros inferiores.

### **Análisis de datos.**

Se identificaron las velocidades de pico sistólico, pico diastólico, índice de resistencia y espectro de arteria femoral común, femoral superficial, femoral profunda, poplítea, tibial anterior, tibial posterior, perónea y pedia; determinando la media para cada uno de las mediciones y posteriormente se obtuvieron los valores normales de la VPS para cada una de las arterias.

### **Métodos matemáticos para el análisis de los datos**

Estadística descriptiva (media, moda, mediana)

### **Recursos:**

Humanos.

Investigador principal

Dr. José Luis Adrián Zarraga Rodríguez. Residente 3er año Angiología y Cirugía Vascular.

Investigadores asociados

Dr. Julio Abel Serrano Lozano. Jefe de Servicio Angiología y Cirugía Vascular.

Dra. Nora Elena Sánchez Nicolat. Médico adscrito Angiología y Cirugía Vascular.

Dr. Flavio Tulio Antunez Gil. Residente 3er año Angiología y Cirugía Vascular.

Dr. Gustavo Soriano Aldama. Residente 3er año Angiología y Cirugía Vascular.

Físicos.

Ultrasonido doppler bidireccional Hadeco. Determinación de índice tobillo brazo

Ultrasonido doppler dúplex Sonoace 6000c de alta resolución con transductor multifrecuencia.

Determinación de patrones de flujo.



Figura 1. Ultrasonido doppler dúplex  
Sonoace 6000c

**Aspectos Éticos.**

Se realizó un estudio no invasivo con el consentimiento del paciente (ANEXO 2), por lo cual no se violan las normas generales para la realización de investigaciones biomédicas enmarcadas en la declaración del Helsinki y en Ethics and Epidemiology: International Guidelines, Consejo de Organizaciones Internacionales de Ciencias médicas.<sup>24, 25</sup>

## RESULTADOS

Se llevo a cabo la evaluación de 124 extremidades correspondientes a 66 individuos, siendo 28 del sexo masculino y 38 del femenino (Gráfica 1)

El mapeo arterial se efectuó en sentido distal partiendo de la arteria iliaca externa hasta llegar a la arteria pedia, siendo la evaluación de cada una de las extremidades en forma aislada.

## PATRONES DE FLUJO ARTERIAL DE MIEMBROS PÉLVICOS



Gráfica 1. Distribución por sexo y edad

El promedio de edad en los hombres fue de 38 años (rango de 18 a 48) mientras que en las mujeres fue de 44 (rango de 24 a 54)

A todos los individuos les fue determinado previamente el índice tobillo brazo, el cual fue siempre mayor a 0.9, además de presentar pulsos grado 2 de forma generalizada en ambos miembros pélvicos.

Al efectuar la evaluación de la arteria iliaca externa se encontró un espectro de carácter trifásico bien definido (Figura 2.)

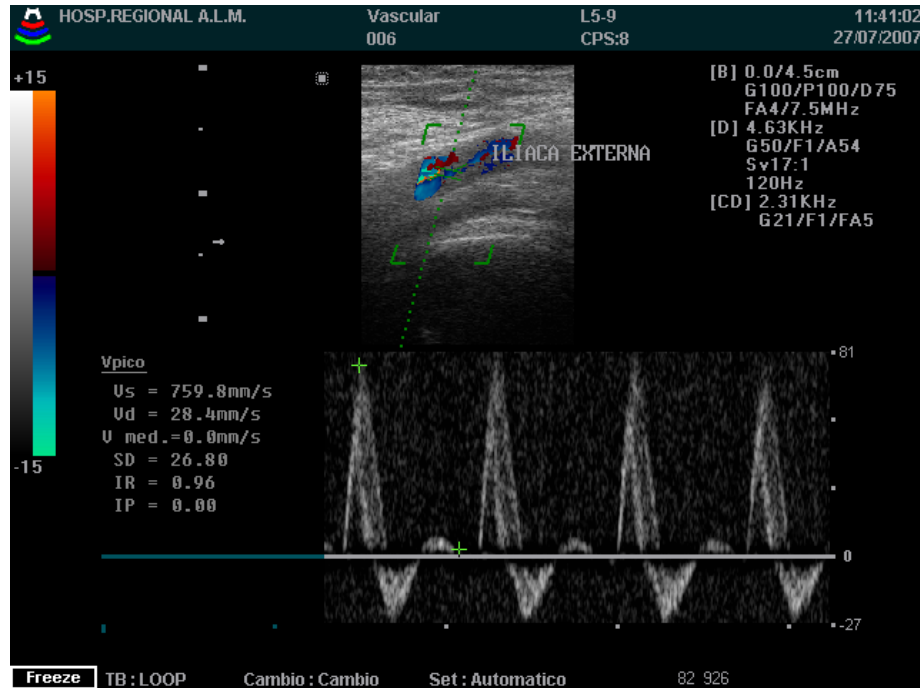


Figura 2. Imagen doppler de la arteria iliaca externa

La arteria femoral común fue valorada colocando el volumen muestra en la porción intermedia de la misma (Figura 3)

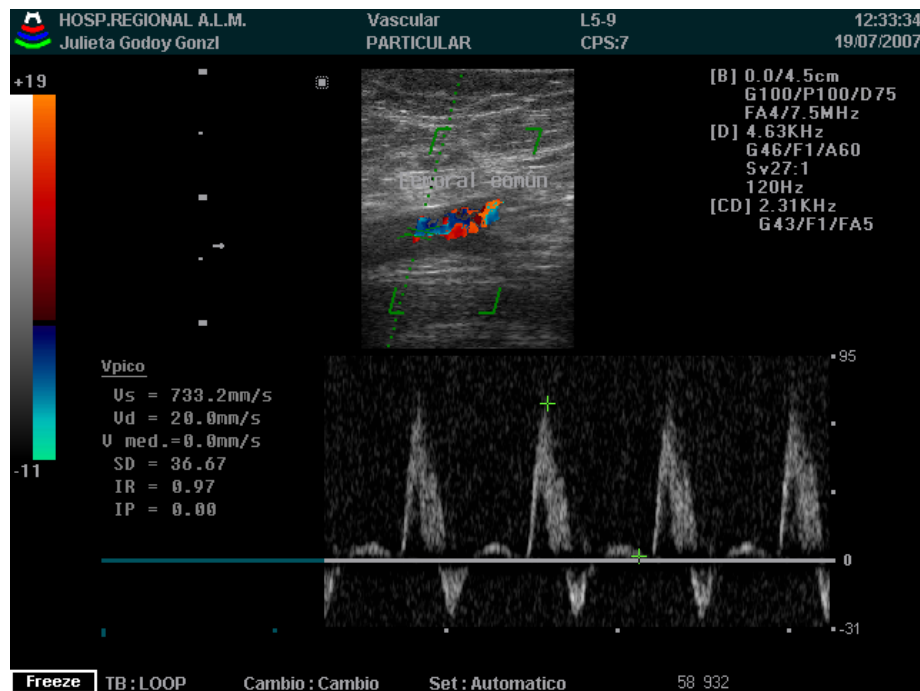


Figura 3. Imagen doppler femoral común.

La arteria femoral superficial presenta un ligero incremento en el flujo invertido telesistólico, con patrón netamente trifásico. (Figura 4)

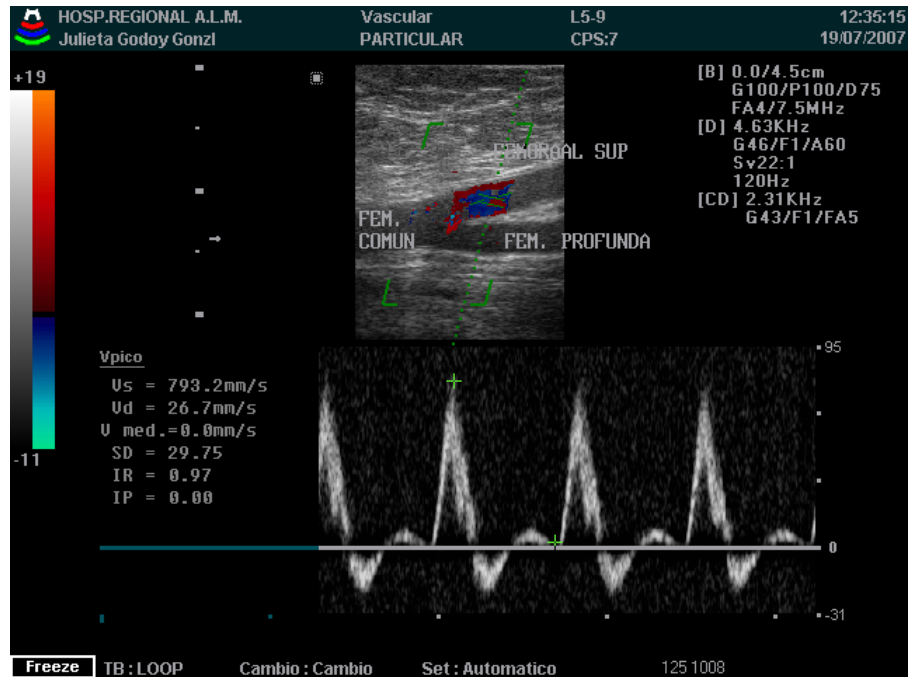


Figura 4. Imagen doppler color de femoral superficial

La arteria femoral profunda presenta una elevación en el índice de resistencia y en las velocidades pico sistólico y diastólico, probablemente en relación con el sitio anatómico por el que discurre. (Figura 5)

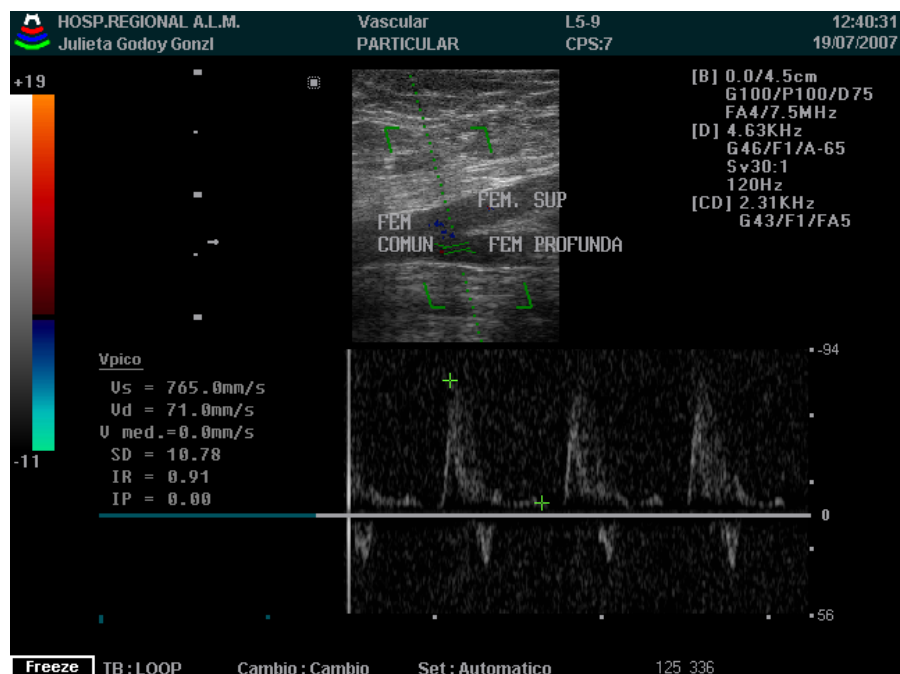


Figura 5. Imagen doppler color de femoral profunda

La arteria poplítea presenta un espectro trifásico con velocidades inferiores a las arterias previamente evaluadas. (Figura 6)

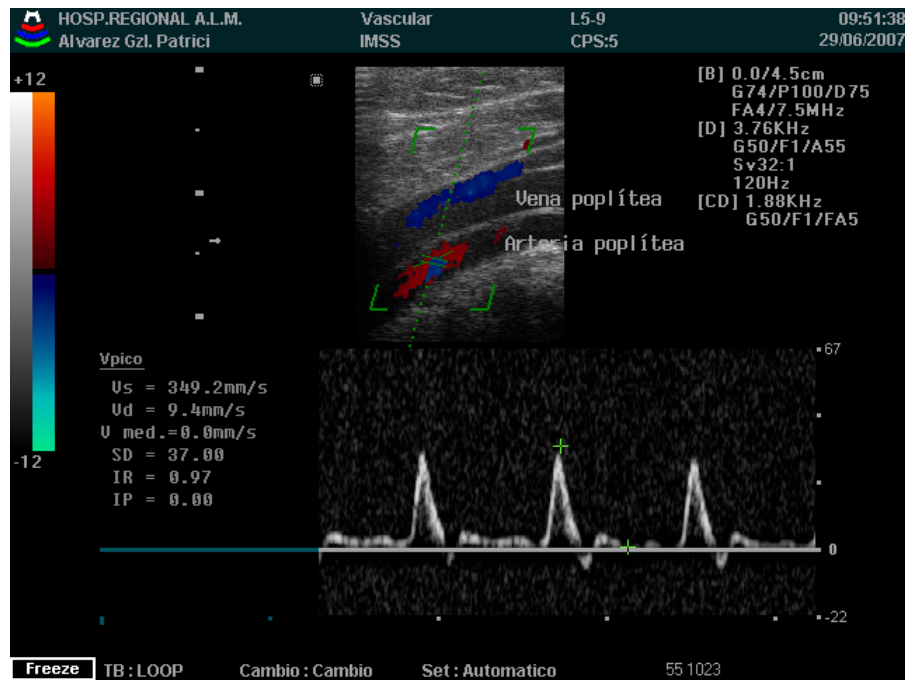


Figura 6. Imagen doppler color de arteria poplítea

La arteria tibial anterior fue rastreada en su totalidad, tomando los patrones de flujo en su porción distal. (Figura 7)

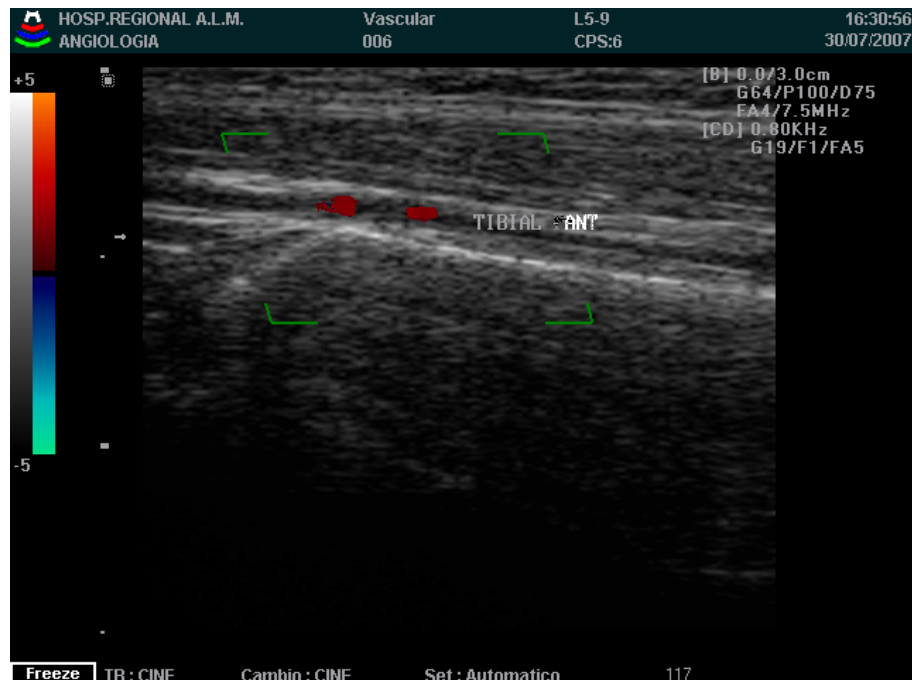


Figura 7. Arteria tibial anterior



La evaluación de la arteria tibial posterior evidenció un ligero ensanchamiento espectral, sin embargo; el espectro es trifásico y con velocidades ligeramente mayores a la tibial posterior. (Figura 8)

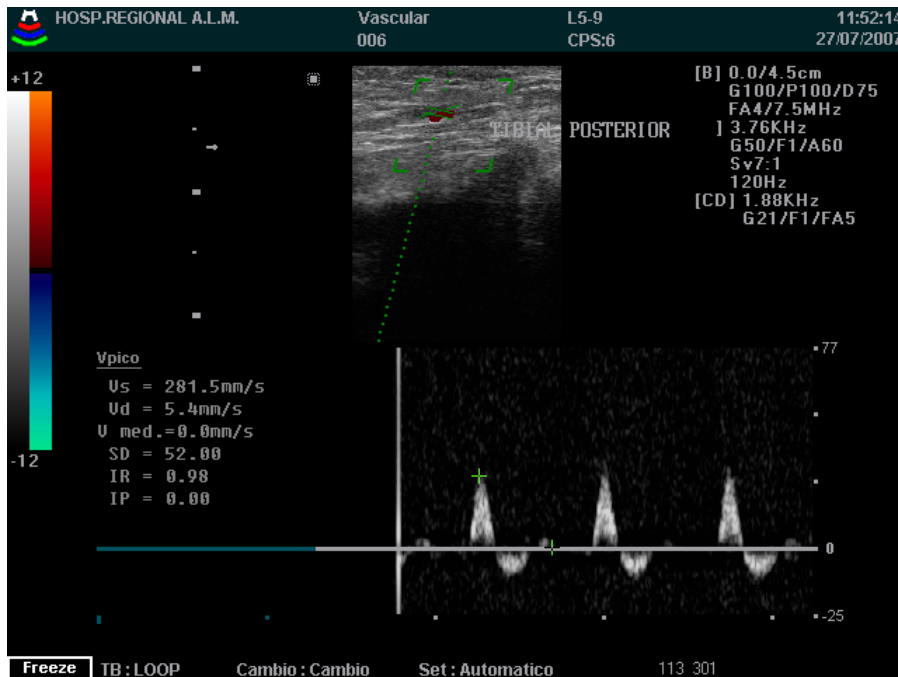


Figura 9. Imagen doppler color de arteria tibial posterior

A la evaluación de la artera perónea pudo apreciarse un ligero incremento en el índice de resistencia y en las velocidades pico sistólica y diastólica. (Figura 9)

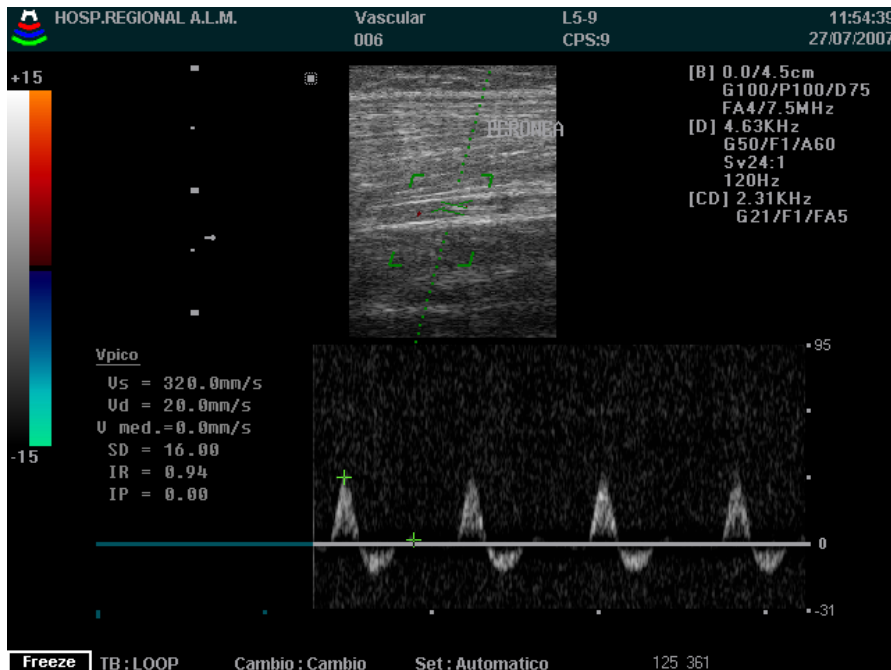


Figura 9. Imagen doppler color de arteria perónea

La arteria pedia presenta un patrón trifásico, con las velocidades más bajas registradas durante el mapeo arterial. (Figura 10)

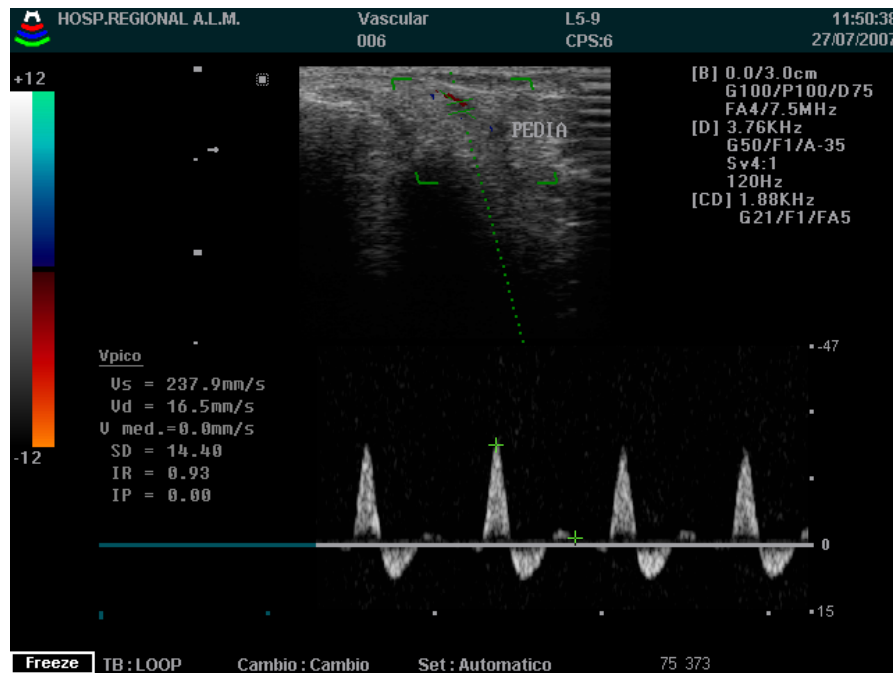


Figura 10. Imagen doppler color de arteria pedia

Los resultados obtenidos durante el mapeo arterial, evaluando velocidad pico sistólico, velocidad pico diastólico, índice de resistencia y tipo de espectro se aprecian en la tabla 1.

#### PATRONES DE FLUJO ARTERIAL DE MIEMBROS PÉLVICOS

ARTERIA	VPS	VPD	IR	ESPECTRO
Iliaca externa	124	2.82	0.89	Trifásico
Femoral común	116	2.54	0.92	Trifásico
Femoral superficial	106	2.22	0.90	Trifásico
Femoral profunda	118	3.17	0.98	Trifásico
Poplítea	58	2.28	0.91	Trifásico
Tibial anterior	38	1.95	0.90	Trifásico
Tibial posterior	42	1.96	0.93	Trifásico
Perónea	47	2.35	0.96	Trifásico
Pedia	19	1.58	0.92	Trifásico

Tabla 1. Patrones de flujo arterial

Al obtener la desviación estándar de la velocidad pico sistólico de cada una de las arterias se obtienen los valores que permitirán establecer los patrones normales (Tabla 2)

## DESVIACIÓN ESTANDAR DE LA VELOCIDAD PICO SISTOLICO

ARTERIA	VPS	DESVIACION ESTANDAR
Iliaca externa	124	(DE: 18,3)
Femoral común	116	(DE: 16,9)
Femoral superficial	106	(DE: 14,4)
Femoral profunda	118	(DE: 16,4)
Poplítea	58	(DE: 11,0)
Tibial anterior	38	(DE: 8,3)
Tibial posterior	42	(DE: 9,1)
Perónea	47	(DE: 9,2)
Pedia	19	(DE: 6,0)

Tabla 2. Velocidad pico sistólico y su correspondiente desviación estándar

De esta forma, al aplicar la desviación estándar a la media calculada de cada velocidad pico sistólica se obtienen los parámetros de normalidad, los cuales se plasman en la tabla 3.

## VELOCIDADES NORMALES DE ARTERIAS DE MIEMBROS PELVICOS

ARTERIA	VELOCIDADES NORMALES (Cm/seg)
Iliaca externa	106 – 142
Femoral común	100 – 132
Femoral superficial	92 – 120
Femoral profunda	102 – 134
Poplítea	47 – 69
Tibial anterior	30 – 47
Tibial posterior	33 – 51
Perónea	38 – 56
Pedia	13 – 25

Figura 3. Parámetros normales.

## DISCUSIÓN

Aún cuando el sexo masculino esta considerado como un factor de riesgo para la enfermedad arterial periférica, en las mediciones obtenidas no se apreciaron variaciones significativas entre ambos sexos, se demostró una disminución constante de las velocidades pico sistólico y en menor medida de la velocidad pico diastólica desde el territorio de la iliaca externa hasta llegar a la pedia.

## **CONCLUSIONES.**

Se aprecia una constante disminución de la velocidad pico sistólica y velocidad pico diastólica desde las arterias ilíacas hasta las pedias. El índice de resistencia se mantiene relativamente constante, salvo en las arterias perónea y femoral profunda, en las cuales además de observó un ligero incremento en las velocidades pico, posiblemente en relación al sitio anatómico por el cual discurren estos vasos.

El espectro fue de carácter trifásico, con ligero ensanchamiento y con patrón de mayor resistencia en femoral profunda y perónea.

El cálculo de la desviación estándar permite determinar el rango de la VPS, a fin de poder utilizarse como herramienta para establecer el índice sistólico y con ello la presencia de enfermedad arterial periférica, así como los territorios afectados.

Tradicionalmente se ha utilizado para el cálculo del índice sistólico la elevación de la velocidad pico sistólica comparada con un segmento proximal normal de dicha arteria, sin embargo; ya que en la literatura se ha demostrado que aún cuando no se aprecien lesiones estenosantes, patologías como la diabetes mellitus y el tabaquismo condicionan alteraciones en el comportamiento de la pared arterial, como el incremento en la permeabilidad para el fibrinógeno; situación que propicia entre otras cosas la calcificación de la media, lo cual desde el punto de vista de la evaluación doppler color origina la desaparición del flujo invertido telesistólico y alteraciones en la velocidad pico sistólico y pico diastólico. Sobre la base previa, lo idóneo para el cálculo del índice sistólico sería tomar las velocidades de un segmento arterial que no estuviese sometido al influjo de los factores que originan la enfermedad arterial periférica, por lo que los valores plasmados en la tabla 3 deberían servir para tal fin.

El mapeo arterial por medio del ultrasonido doppler dúplex es un estudio seguro, que puede llevarse a cabo de forma ambulatoria y cuyo costo es inferior a otras herramientas diagnósticas empleadas de forma rutinaria para el estudio de la enfermedad arterial periférica.

## BIBLIOGRAFÍA.

1. Slot HB, Strijbosh L, Grepp JM: Interobserver variability in single-plane aortography: Surgery 1981, 90: 497-583
2. Thiele BL, Stradness DE: Accuracy of angiographic quantification of peripheral atherosclerosis. Cardiovasc Dis 2003, 26:223-236
3. Zwiebel. Ultrasonografía vascular. Editorial Marbán, Madrid, España; 4ª edición 2002, pp: 263-286
4. Jager KA Phillips DJ, Martin RL. Noninvasive mapping of lower limb arterial lesions. Ultrasound Med Biol, 1985; 11:515-521
5. Kohler TR, Nance DR, Cramer MM. Duplex scanning for diagnosis of aortoiliac and femoropopliteal disease: A prospective study. Circulation, 1987; 76:1074-1080
6. Cossman DV, Ellison JE, Wagner WH. Comparison of contrast arteriography to arterial mapping with color-flow duplex imaging in the lower extremities. J Vasc Surg 1989; 10: 522-529
7. Kohler TH, Andros G, Porter GM. Can duplex-scanning replace arteriography for lower extremity arterial disease? Ann Vasc Surg 1990; 4:280-287
8. Ligush J, Reavis SW, Preisser JS. Duplex ultrasound scanning defines operative strategies for patients with limb-threatening ischemia. J Vasc Surg 1998; 28: 422-491
9. Grassbaugh JA, Nelson PR, Rsuzido EM. Blinded comparison of preoperative duplex ultrasound scanning and contrast arteriography for planning revascularization at the level of the tibia. J Vasc Surg 2003; 37:1186-1190
10. Wilson Yg, George JK, Wilkins DC. Duplex assessment of run-off before femorocrural reconstruction. Br J Surg 1997; 84:1360-1363
11. Curie IC, Jones AJ, Wakeley CJ. Non- invasive aortoiliac assesment. Eur J Vasc Endovasc Surg 1995;9:24-28
12. Proia RR, Walsh DB, Nelson PR. Early results of infragenicular revascularization based solely on duplex arteriography. J vasc Surg 2001;33:1165-1170
13. Karacagil S, Lofberg AM, Granbo. Value of duplex scanning in evaluation of crural and foot arteries in limbs with severy lower limb ischaemia-a prospective comparison with angiography. Eur J vasc Endovasc surg 1996;12:300-303
14. Moneta GL, Yeager RA, Antonovic R. Accuracy of lower extremity arterial duplex mapping. J Vasc Surg 1992;15:275-284
15. Legamate DA, Teeuven C, Hoeneveld H, Eikelboom BC. Value of duplex scanning compared with angiography and pressure measurement in the assessment of aortoiliac arterial lesions. Br J Surg 1991;78.1003-1008
16. Leng GC, Whyman MR, Donan PT. Accuracy and reproducibility of duplex ultrasonography in gradient femoropopliteal stenoses. J Vasc Surg 1993;17:510-517
17. Moneta GL, Yeager RA, Lee RW. Noninvasive localization of arterial occlusive disease: A comparison of segmental doppler pressures and arterial duplex mapping. J Vasc Surg 1993;17:578-582
18. Hatsukami TS, Primozich JF. Color dopler imaging of infrainguinal arterial occlusive diseses. J Vasc Surg 1992;16:527-533
19. Sensier Y, Hartshorne T, Thrush A. The effect of adjacent segment disease on the accuracy of colour duplex scanning for the diagnosis of the lower limb arterial disease. Eur. J Vas Endovasc Surg 1996;12:238-242
20. Dissenhoff B, Bluth J, Jakimovicz J. Early detection of stenosis of femoral-distal grafts: A surveillance study using color-duplex scanning. Eur J Vasc endovasc Surg. 1999; 16:43-48
21. Elaine Y, Lui MS, Aarón H. Human factors as a source of error in peak doppler velocity measurement. J Vasc Surg 2005;42:972-9
22. Hatsukami TS, Primozich J, Zierler LRE. Color Doppler characteristics in normal lower extremity arteries. Ultrasound Med Biol, 1992;18:167-171
23. Inter-Society Consensus for the Management of PAD (TASC II). J Vasc Surg 2007; 45: S1-S67
24. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana, 1990,108;5:626-637
25. Bankowsky et al. Ethics an Epidemiology: International Guideles. Consejo de las Organizaciones Internacionales médicas, 1991

# ANEXO 1

## SERVICIO DE CIRUGÍA VASCULAR Y ANGIOLOGÍA. DETERMINACIÓN DE PATRONES DE FLUJO ARTERIAL EN MIEMBOS PELVICOS POR ULTRASONIDO DOPPLER DUPLEX.

### HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

PACIENTE:  
SEXO (M) (F)  
EDAD:  
EXPEDIENTE:  
ITB:  
EXTREMIDAD (DER) (IZQ)

FECHA:

ARTERIA	VPS	VPD	IR	ESPECTRO
<b>AFC</b>				
<b>AFS</b>				
<b>AFP</b>				
<b>POPLÍTEA</b>				
<b>ATA</b>				
<b>ATP</b>				
<b>PERONEA</b>				
<b>PEDIA</b>				

## ANEXO 2

### SERVICIO DE CIRUGÍA VASCULAR Y ANGIOLOGÍA. DETERMINACIÓN DE PATRONES DE FLUJO ARTERIAL EN MIEMBOS PELVICOS POR ULTRASONIDO DOPPLER DUPLEX.

#### HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

El que suscribe \_\_\_\_\_  
Autoriza plenamente a los médicos encargados del estudio "Determinación de patrones de flujo arterial en miembros pélvicos por ultrasonido doppler dúplex" a realizar en mi persona ultrasonido doppler dúplex de extremidades inferiores. Aceptando de antemano cooperar con los mismos, habiéndome explicado los fines del estudio y los riesgos y beneficios inherentes al mismo.

México, D.F. a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2007