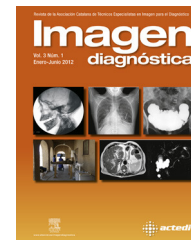




Imagen diagnóstica

www.elsevier.es/imagendiagnostica



ORIGINAL

Estimación de valores hemodinámicos mediante el uso del doppler transcraneal en un grupo de voluntarios habitantes de Cali (Colombia), una ciudad a 995 m sobre el nivel del mar



Manuel Franco^{a,*}, Yoseth Ariza-Araújo^b y Jorge H. Mejía-Mantilla^c

^a Universidad Icesi, Joven Investigador Colciencias 2013-2014. Facultad de Ciencias de la Salud, Cali, Colombia

^b Universidad Icesi. Docente tiempo completo. Facultad de Ciencias de la Salud, Cali, Colombia

^c Hospital Fundación Valle del Lili. Unidad de Cuidados Intensivos Adultos, Cali, Colombia

Recibido el 27 de febrero de 2015; aceptado el 6 de junio de 2015

Disponible en Internet el 29 de julio de 2015

PALABRAS CLAVE

Doppler transcraneal;
Unidad de Cuidados
Intensivos;
Velocidad del flujo;
Índice de pulsatilidad

Resumen El doppler transcraneal mide la velocidad del flujo sanguíneo en las arterias cerebrales así como el índice de pulsatilidad por arteria. El objetivo del presente estudio fue caracterizar el comportamiento hemodinámico de una población ubicada a 995 m sobre el nivel del mar en función del género, la edad y el índice de masa corporal. La prueba doppler se realizó por un experto, en un grupo de participantes voluntarios sin enfermedades de tipo cerebrovascular.

El estudio fue realizado con 51 voluntarios (24 hombres con edad media de 46,2 años, y 27 mujeres con edad media de 48,5 años, y desviación estándar [DE] de 6,2 años). En 6 participantes no se obtuvo una adecuada ventana de insonación, lo que generó ausencia de registros para ellos. Diferencias estadísticas ($p < 0,01$) en las arterias de la región izquierda de las arterias cerebral media ($p < 0,01$), cerebral anterior ($p < 0,1$) y carótida interna extracraneana ($p < 0,01$) indican la necesidad de realizar diferenciación por género entre los participantes. Una velocidad de flujo sanguíneo menor en participantes de género masculino comparado con participantes de género femenino se asocia a la edad ($p < 0,05$).

Si bien en algunos resultados el valor de la media indica diferencia entre grupos a evaluar, las desviaciones estándar tienen una elevada magnitud, lo que genera que esta diferencia no tenga el suficiente poder estadístico para ser considerada. Se propone la realización de estudios futuros con un número mayor de participantes.

© 2015 ACTEDI. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: mfranco9009@outlook.com (M. Franco).

KEYWORDS

Transcranial doppler;
Intensive Care Unit;
Blood flow;
Pulsatility index

Estimation of haemodynamic parameters using transcranial doppler in a group of volunteers from Cali, Colombia, a city 995 m above sea level

Abstract Transcranial doppler measures the velocity of blood flow in cerebral arteries and the pulsatility index for each artery. The aim of this study was to determine the hemodynamic behaviour in a city located 995 m above sea level, and its association with gender, age and body mass index. The test was performed by an expert on a group of volunteers with no cerebrovascular disease.

The study was performed on 51 volunteers (24 men, mean age 46.2 years, and 27 women, mean age: 48.5 years, standard deviation 6.2 years). There were insufficient readings in 6 participants due to an inadequate acoustic window. Statistical differences ($P < .01$) in the arteries of the left region of the middle cerebral arteries ($P < .01$), anterior cerebral ($P < .1$), and extracranial internal carotid ($P < .01$) suggest the need for gender differentiation among participants. A slower blood flow in male participants compared to female participants is associated with age ($P < .05$).

While the value of the mean in some results is suggestive of a difference between groups, the standard deviations are wide, thus this difference does not have enough power to be considered. Future studies are suggested with a larger number of participants.

© 2015 ACTEDI. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

Los métodos empleados en la medición de la hemodinamia cerebral son muy diversos tanto en la tecnología usada como en la técnica que requieren para su uso. La evaluación de la hemodinamia cerebral con el doppler transcraneal permite determinar velocidades del componente sanguíneo mediante el principio físico de la resonancia de ondas acústicas¹.

La técnica de doppler transcraneal es de tipo no invasivo, consume poco tiempo del operador y cuenta con una alta reproducibilidad¹⁻³. Permite una cuantificación en tiempo real de las arterias del polígono de Willis. Los parámetros que se miden son: velocidad media del flujo, profundidad e índice de pulsatilidad (IP) (diferencia entre la velocidad de flujo máximo para sístole y la velocidad de flujo mínima para diástole, dividido entre la velocidad media del flujo)^{4,5}. Al no requerir de un medio de contraste, no se generan riesgo de reacciones alérgicas en el paciente cuando se realizan las mediciones⁶. Con el empleo del doppler transcraneal se determinan con precisión la velocidad del flujo del sifón carotídeo, del segmento proximal de la arteria cerebral media, de las arterias vertebrales intracraneales, del tronco basilar y del segmento proximal de las arterias cerebrales posteriores⁴.

En 1982, Aaslid et al. reportaron que la velocidad de flujo media para la arteria cerebral media era de 62 ± 12 cm/s³. Por otro lado, Sorteberg et al. (1990) reportaron una velocidad de flujo media para la misma arteria igual a 73 ± 11 cm/s⁷. Posteriormente otros grupos reportaron valores normales en un amplio intervalo de velocidades (ver tabla 1), por lo que consideramos importante evaluar nuestra población para determinar nuestra propia referencia.

En el 2008, Demirkaya et al.¹⁰ realizaron un estudio con 63 voluntarios (30 hombres y 33 mujeres; edad entre 5 y 69 años) para la obtención de valores normales en función

del género y la edad. Los autores midieron la velocidad media del flujo y la velocidad sistólica en arterias basales del cráneo. No se reportaron diferencias significativas asociadas al género. Por otro lado, con el aumento de la edad encontraron reducción en la velocidad media del flujo. Valores máximos y mínimos de velocidad media del flujo fueron reportados para los rangos de edades de 5 a 10 y en mayores de 60 años, respectivamente. Otro estudio realizado en 17 hombres y 13 mujeres, sin diferenciación de edad, es el reportado por Wang et al.¹¹. Los autores encontraron que la velocidad media del flujo fue estadísticamente mayor en mujeres que en hombres.

Rupp et al.⁴ estudiaron el comportamiento hemodinámico en un grupo de 11 voluntarios sanos expuestos hasta 5 días a condiciones de normoxia, isocapnia, hipoxia, hipercapnia e hipocapnia en una altura de 4.500 sobre el nivel medio del mar (msnm). Los autores encontraron que, debido a la hipoxia, la velocidad media del flujo sanguíneo en la arteria cerebral media se ve ligeramente incrementada; Jensen et al. llegaron a la misma conclusión en un estudio similar realizado en hombres a 3.810 msnm¹².

Van Osta et al.¹³ midieron la velocidad media del flujo de la arteria cerebral media en 35 voluntarios a 490 msnm, y 20 h después de llegar a 4.559 msnm. Los autores no encontraron una variación significativa entre el valor de la velocidad media del flujo de la arteria cerebral media en los 2 niveles de altitud. En el año 2000, Jensen et al.¹⁴ publicaron un estudio sobre el efecto del incremento de la presión arterial con fenilefrina en la autorregulación cerebral en 10 voluntarios ubicados a nivel del mar, en 9 sherpas que habitaban a 4.243 msnm y 10 voluntarios que fueron trasladados hasta esta altura. En todos los grupos midieron la velocidad media del flujo en la arteria cerebral media. En el primer grupo, no evidenciaron una variación significativa (<2%) en la velocidad media del flujo. En el segundo grupo se presentó un incremento del 24% en la velocidad

Tabla 1 Valores estimados por diferentes grupos

	Gao et al., 2002 (cm/s) ⁸	Krejza et al. 2005 (cm/s) ⁹ [9]	Kossab et al. 2007 (cm/s) ¹
Arteria cerebral media	121,38 ± 22,52	72 ± 35	55 ± 12
Arteria carótida interna		39 ± 18	45 ± 15
Arteria carótida anterior			50 ± 11

media del flujo. En el tercer grupo se encontró un incremento aproximado del 22% en la velocidad media del flujo, luego de ser tratados con fenilefrina.

La ciudad de Cali, capital del departamento del Valle del Cauca, se localiza en el suroccidente de Colombia, en el extremo norte de Suramérica. Cali tiene una temperatura media anual de 25 °C y se encuentra a 995 msnm¹⁵. Hasta el momento en que se realizó este estudio no se encuentran reportados valores considerados normales para una población que habite a esta altura respecto el nivel medio del mar. La caracterización del flujo normal de estas y otras arterias en una muestra de personas en la ciudad de Cali permitirá a los intensivistas y neurólogos tener un punto de referencia para la interpretación del doppler transcraneal en pacientes de esta región u otras similares.

Pacientes y métodos

Para estimar los valores normales de la reactividad vascular (velocidad de flujo sanguíneo, profundidad de la arteria e IP) se realizó un examen doppler transcraneal a un grupo de voluntarios de 30 a 70 años sin antecedentes patológicos de tipo cerebrovascular, que no hubieran presentado tumor cerebral ni trauma craneoencefálico.

Para garantizar que cada participante se encontrara en estado de reposo físico, los sujetos se reunieron en una sala de espera entre 20 y 60 min. Luego fueron entrevistados por un periodo de 10 min. Posteriormente, se ubicó a cada

Tabla 2 Reporte de características de los voluntarios participantes

Número de participantes	51
Edad promedio en años	47
Hipertensión arterial %	21,57
Diabetes mellitus %	1,96
Índice de masa corporal %	
Normal	30,61
Sobrepeso	32,65
Obesidad	36,73
Ausencia de ventana de insonación	6
Dominancia %	
Zurdos	7,84
Diestros	92,16

participante en una camilla cómoda por el periodo de realización del examen. El ambiente de la sala de medición contó con aire acondicionado y luz suave permanente, sin música ni ruidos externos (consultorio médico).

La velocidad media del flujo, IP y profundidad de las arterias cerebrales, carótidas internas, basilar y vertebral fueron determinados mediante el equipo *Doppler Box* (Doppler-Box™, Compumedics Germany GmbH, Singen, Alemania) manejado por un médico especialista y experto en DTC; la interpretación fue hecha por el mismo especialista experto.

Tabla 3 Valores hemodinámicos estimados por género y lateralidad, expresados como promedio y desviación estándar

		Velocidad de flujo (cm/s)		Índice de pulsatilidad	
		Femenino	Masculino	Femenino	Masculino
Ventana temporal					
Arteria carótida interna	Derecha	53,62 ± 10,33	48,77 ± 9,72	0,80 ± 0,14	0,77 ± 0,14
	Izquierda	50,54 ± 10,71	51,04 ± 11,53	0,83 ± 0,15	0,82 ± 0,17
Arteria cerebral anterior	Derecha	45,71 ± 8,58	45,41 ± 8,70	0,85 ± 0,12	0,86 ± 0,18
	Izquierda	52,33 ± 11,20	46,55 ± 11,29	0,83 ± 0,20	0,86 ± 0,16
Arteria cerebral media	Derecha	61,24 ± 14,50	55,14 ± 10,70	0,72 ± 0,09	0,74 ± 0,16
	Izquierda	67,68 ± 14,53	55,13 ± 10,13**	0,77 ± 0,07	0,76 ± 0,13
Arteria cerebral posterior	Derecha	42,65 ± 9,87	35,35 ± 5,68**	0,79 ± 0,19	0,78 ± 0,12
	Izquierda	41,82 ± 8,94	41,33 ± 8,79	0,79 ± 0,11	0,76 ± 0,14
Ventana suboccipital					
Arteria basilar		50,04 ± 11,97	39,82 ± 10,50**	0,78 ± 0,12	0,78 ± 0,11
Arteria vertebral		40,65 ± 12,91	31,05 ± 6,46**	0,77 ± 0,11	0,75 ± 0,13
Ventana submandibular					
Arteria carótida interna extracraneana	Derecha	35,69 ± 9,01	27,04 ± 6,46**	0,85 ± 0,13	0,84 ± 0,16
	Izquierda	35,48 ± 10,45	27,69 ± 6,67**	0,85 ± 0,12	0,86 ± 0,13

Comparación entre géneros para cada arteria (t de Student): * p < 0,05; ** p < 0,01.

Las ventanas temporal y suboccipital fueron evaluadas con una sonda de 2 MHz y la ventana submandibular mediante una sonda de 4 MHz².

El Comité de Ética local dio su aprobación al protocolo de investigación empleado. Todas las personas que participaron de este estudio aceptaron su participación mediante la firma de un formato de consentimiento informado.

Análisis estadístico

Se utilizan estadísticas descriptivas. Para evaluar la diferencia entre promedios por grupo se realizó prueba anova a una vía.

Resultados

La muestra estudiada consistía en 51 voluntarios. Entre ellos se incluyó a 24 hombres (edad media: 46,2 años y DE: 10,6 años) y 27 mujeres (edad media: 48,5 años y DE: 6,2 años). En 6 participantes, 5 mujeres y un hombre, no se halló una adecuada ventana de insonación y no se obtuvieron registros (ver [tabla 2](#)).

En la [tabla 3](#) se muestran la velocidad media de flujo y el IP encontrados en cada una de las arterias, en función del género y del lado insonado.

Se encontró que las arterias de la región submandibular y suboccipital, y en la arteria cerebral media izquierda, en las

Tabla 4 Velocidad media de flujo estimada para el género femenino en función del índice de masa corporal

		Velocidad de flujo (cm/s)		
		IMC < 25	IMC 25-30	IMC > 30
<i>Ventana temporal</i>				
Arteria carótida interna	Derecha	50,30 ± 7,72	54,40 ± 7,02	58,50 ± 15,14
	Izquierda	52,70 ± 6,48	44,00 ± 7,58	52,14 ± 15,94
Arteria cerebral anterior	Derecha	48,30 ± 9,78	45,00 ± 9,57	42,00 ± 4,34
	Izquierda	51,50 ± 12,68	52,20 ± 12,85	53,83 ± 8,75
Arteria cerebral media	Derecha	60,00 ± 18,41	66,00 ± 13,71	59,33 ± 7,12
	Izquierda	72,30 ± 14,94	61,20 ± 11,32	65,71 ± 15,61
Arteria cerebral posterior	Derecha	43,67 ± 11,54	43,25 ± 8,54	41,00 ± 9,45
	Izquierda	39,70 ± 7,90	36,00 ± 4,69	47,38 ± 9,44
<i>Ventana suboccipital</i>				
Arteria basilar		52,80 ± 10,49	49,00 ± 17,29	47,25 ± 10,85
Arteria vertebral		42,70 ± 15,11	36,40 ± 9,02	40,75 ± 12,84
<i>Ventana submandibular</i>				
Arteria carótida interna extracraneana	Derecha		40,00 ± 11,20	33,75 ± 8,28
	Izquierda	37,20 ± 11,25	37,80 ± 12,13	31,88 ± 8,56

Comparación por grupo de índice de masa corporal (Anova).

Tabla 5 Velocidad media de flujo estimada para el género masculino en función del índice de masa corporal

		Velocidad de flujo (cm/s)		
		IMC < 25	IMC 25-30	IMC > 30
<i>Ventana temporal</i>				
Arteria carótida interna	Derecha	55,75 ± 4,27	48,09 ± 10,50	45,86 ± 9,72
	Izquierda	62,25 ± 5,91	49,18 ± 11,84	48,00 ± 10,72
Arteria cerebral anterior	Derecha	49,75 ± 9,03	44,55 ± 7,02	44,29 ± 11,27
	Izquierda**	61,75 ± 6,50	43,60 ± 10,35	41,33 ± 5,57
Arteria cerebral media	Derecha	56,25 ± 10,08	57,18 ± 13,03	51,29 ± 6,45
	Izquierda	54,75 ± 2,65	56,55 ± 9,41	53,38 ± 10,54
Arteria cerebral posterior	Derecha	37,00 ± 5,48	35,56 ± 5,32	34,14 ± 6,77
	Izquierda	48,25 ± 6,95	38,78 ± 7,31	40,75 ± 10,14
<i>Ventana suboccipital</i>				
Arteria basilar		44,50 ± 8,70	37,36 ± 11,60	41,00 ± 9,83
Arteria Vertebral		34,50 ± 3,32	30,56 ± 4,82	29,88 ± 8,90
<i>Ventana submandibular</i>				
Arteria carótida interna extracraneana	Derecha	29,00 ± 5,23	28,36 ± 7,05	24,25 ± 5,87
	Izquierda*	32,75 ± 8,34	29,55 ± 3,70	22,63 ± 6,41

Comparación por grupo de índice de masa corporal (Anova): *p < 0,05; ** p < 0,01.

mujeres, tienen una velocidad media de flujo mayor a la de los hombres. En cuanto a los IP, no se presentaron diferencias significativas por género.

A continuación se muestran los resultados hemodinámicos obtenidos, discriminados por género y por el índice de masa corporal (IMC). Los cálculos estadísticos se hicieron con una prueba anova a una vía.

En el caso del género femenino, se encontraron diferencias significativas entre la velocidad media de flujo en la arteria cerebral posterior (ver [tabla 4](#)).

Diferencias significativas se encontraron generalmente en arterias de la región izquierda. En personas con IMC alto, se encontró menor velocidad media de flujo en la arteria

carótida interna, cerebral anterior y carótida interna extracraneana, que en personas con IMC normal (ver [tabla 5](#)).

Una reducción significativa en el IP para la arteria carótida interna se evidencia en sujetos con IMC alto (ver [tabla 6](#)).

Una tendencia a mayor IP en sujetos con mayor IMC se evidenció para la arteria basilar en varones. Esta tendencia se puede observar en otras arterias, excepto para las arterias cerebral media y carótida interna derechas (ver [tabla 7](#)).

Los resultados hemodinámicos obtenidos por género en función de la edad se muestran en las [tablas 8 y 11](#). Los cálculos estadísticos se hicieron con una prueba de diferencias de medias con distribución t.

Tabla 6 Índice de pulsatilidad estimado para el género femenino en función del índice de masa corporal

		Índice de pulsatilidad		
		IMC < 25	IMC 25-30	IMC > 30
<i>Ventana temporal</i>				
Arteria carótida interna	Derecha*	0,90 ± 0,11	0,81 ± 0,07	0,65 ± 0,07
	Izquierda	0,89 ± 0,16	0,85 ± 0,11	0,73 ± 0,10
Arteria cerebral anterior	Derecha	0,86 ± 0,15	0,83 ± 0,12	0,85 ± 0,05
	Izquierda	0,89 ± 0,26	0,80 ± 0,12	0,75 ± 0,08
Arteria cerebral media	Derecha	0,74 ± 0,10	0,76 ± 0,09	0,66 ± 0,06
	Izquierda	0,75 ± 0,06	0,83 ± 0,08	0,75 ± 0,08
Arteria cerebral posterior	Derecha	0,86 ± 0,26	0,79 ± 0,11	0,70 ± 0,06
	Izquierda	0,81 ± 0,10	0,81 ± 0,10	0,76 ± 0,13
<i>Ventana suboccipital</i>				
Arteria basilar		0,80 ± 0,09	0,82 ± 0,20	0,75 ± 0,10
Arteria vertebral		0,81 ± 0,10	0,80 ± 0,14	0,71 ± 0,09
<i>Ventana submandibular</i>				
Arteria carótida interna extracraneana	Derecha	0,86 ± 0,13	0,87 ± 0,09	0,83 ± 0,16
	Izquierda	0,87 ± 0,13	0,90 ± 0,10	0,79 ± 0,09

Comparación por grupo de índice de masa corporal (Anova): * p < 0,01.

Tabla 7 Índice de pulsatilidad estimado para el género masculino en función del índice de masa corporal

		Índice de pulsatilidad		
		IMC < 25	IMC 25-30	IMC > 30
<i>Ventana temporal</i>				
Arteria carótida interna	Derecha	0,79 ± 0,15	0,77 ± 0,17	0,76 ± 0,12
	Izquierda	0,76 ± 0,16	0,80 ± 0,18	0,88 ± 0,16
Arteria cerebral anterior	Derecha	0,84 ± 0,10	0,80 ± 0,19	0,96 ± 0,20
	Izquierda	0,83 ± 0,07	0,89 ± 0,17	0,85 ± 0,22
Arteria cerebral media	Derecha	0,85 ± 0,18	0,70 ± 0,13	0,75 ± 0,17
	Izquierda	0,72 ± 0,08	0,76 ± 0,15	0,78 ± 0,14
Arteria cerebral posterior	Derecha	0,80 ± 0,10	0,76 ± 0,11	0,79 ± 0,14
	Izquierda	0,76 ± 0,12	0,76 ± 0,15	0,77 ± 0,15
<i>Ventana suboccipital</i>				
Arteria basilar		0,70 ± 0,09	0,76 ± 0,16	0,87 ± 0,10
Arteria vertebral		0,72 ± 0,12	0,73 ± 0,16	0,79 ± 0,12
<i>Ventana submandibular</i>				
Arteria carótida interna extracraneana	Derecha	0,76 ± 0,12	0,80 ± 0,15	0,94 ± 0,18
	Izquierda	0,79 ± 0,15	0,84 ± 0,12	0,93 ± 0,12

Comparación por grupo de índice de masa corporal (Anova).

Tabla 8 Velocidad media de flujo estimada para el género femenino en función de la edad

		Velocidad de flujo (cm/s)	
		Edad < 45	Edad > 45
<i>Ventana temporal</i>			
Arteria carótida interna	Derecha	50,50 ± 7,46	55,54 ± 11,62
	Izquierda	52,37 ± 7,87	49,50 ± 12,20
Arteria cerebral anterior	Derecha	48,00 ± 9,26	44,31 ± 8,19
	Izquierda	51,75 ± 13,05	52,69 ± 10,47
Arteria cerebral media	Derecha	59,88 ± 20,59	62,08 ± 10,07
	Izquierda	71,00 ± 16,49	65,79 ± 13,27
Arteria cerebral posterior	Derecha	41,86 ± 13,12	43,08 ± 8,22
	Izquierda*	36,13 ± 5,17	45,07 ± 9,14
<i>Ventana suboccipital</i>			
Arteria basilar		49,63 ± 13,85	50,27 ± 11,37
Arteria vertebral		44,00 ± 16,49	38,87 ± 10,78
<i>Ventana submandibular</i>			
Arteria carótida interna extracraneana	Derecha	38,63 ± 4,72	34,13 ± 10,44
	Izquierda	41,00 ± 8,60	32,53 ± 10,38

Comparación por grupo de edad (Anova): * p < 0,05.

Tabla 9 Velocidad media de flujo estimada para el género masculino en función de la edad

		Velocidad de flujo (cm/s)	
		Edad < 45	Edad > 45
<i>Ventana temporal</i>			
Arteria carótida interna	Derecha	51,33 ± 10,05	45,70 ± 8,19
	Izquierda	51,08 ± 10,55	51,00 ± 13,29
Arteria cerebral anterior	Derecha	46,50 ± 8,81	44,10 ± 8,86
	Izquierda	48,42 ± 12,00	43,75 ± 10,24
Arteria cerebral media	Derecha	56,17 ± 10,03	53,90 ± 11,88
	Izquierda	53,15 ± 9,51	57,70 ± 10,82
Arteria cerebral posterior	Derecha	35,00 ± 4,45	35,70 ± 6,93
	Izquierda	41,27 ± 8,83	41,40 ± 9,22
<i>Ventana suboccipital</i>			
Arteria basilar		41,08 ± 12,77	38,30 ± 7,30
Arteria vertebral		31,45 ± 7,92	30,60 ± 4,77
<i>Ventana submandibular</i>			
Arteria carótida interna extracraneana	Derecha	28,08 ± 6,79	25,70 ± 6,07
	Izquierda	29,46 ± 7,07	25,40 ± 5,64

Comparación por grupo de edad (Anova).

Para el caso femenino, en la arteria cerebral posterior se evidenció un aumento de la velocidad media de flujo en función del incremento en la edad. Una tendencia opuesta se encontró en la arteria carótida interna extracraneana izquierda (ver [tabla 8](#)).

No se encontraron diferencias entre la velocidad media de flujo en función de la edad para el género masculino (ver [tabla 9](#)).

El IP se vio reducido en mujeres mayores comparado con las menores. Esta tendencia solo fue diferente en las arterias carótida interna extracraneana y cerebral anterior derechas (ver [tabla 10](#)).

No se encontraron diferencias significativas en el cambio del IP para el género masculino en función de la edad (ver [tabla 11](#)).

Discusión

Con el número de voluntarios que participaron en el estudio se logró estimar los valores de referencia en doppler transcraneal para una población de sujetos de 30 a 60 años de edad, sin enfermedad intracraneana para la ciudad de Cali (Colombia).

Tabla 10 Índice de pulsatilidad estimado para el género femenino en función de la edad

		Índice de pulsatilidad	
		Edad < 45	Edad > 45
<i>Ventana temporal</i>			
Arteria carótida interna	Derecha*	0,92 ± 0,09	0,73 ± 0,11
	Izquierda	0,87 ± 0,10	0,80 ± 0,17
Arteria cerebral anterior	Derecha	0,83 ± 0,15	0,86 ± 0,10
	Izquierda	0,87 ± 0,15	0,80 ± 0,22
Arteria cerebral media	Derecha	0,73 ± 0,09	0,72 ± 0,09
	Izquierda	0,77 ± 0,08	0,77 ± 0,08
Arteria cerebral posterior	Derecha	0,90 ± 0,29	0,73 ± 0,09
	Izquierda	0,81 ± 0,09	0,78 ± 0,12
<i>Ventana suboccipital</i>			
Arteria basilar		0,85 ± 0,16	0,75 ± 0,08
Arteria vertebral		0,82 ± 0,12	0,75 ± 0,10
<i>Ventana submandibular</i>			
Arteria carótida interna extracraneana	Derecha	0,82 ± 0,11	0,87 ± 0,15
	Izquierda	0,83 ± 0,12	0,85 ± 0,12

Comparación por grupo de edad (Anova): *p < 0,01.

Tabla 11 Índice de pulsatilidad estimado para el género masculino en función de la edad

		Índice de pulsatilidad	
		Edad < 45	Edad > 45
<i>Ventana temporal</i>			
Arteria carótida interna	Derecha	0,77 ± 0,15	0,77 ± 0,15
	Izquierda	0,84 ± 0,14	0,80 ± 0,20
Arteria cerebral anterior	Derecha	0,86 ± 0,18	0,86 ± 0,20
	Izquierda	0,91 ± 0,14	0,81 ± 0,19
Arteria cerebral media	Derecha	0,75 ± 0,14	0,73 ± 0,18
	Izquierda	0,76 ± 0,12	0,76 ± 0,16
Arteria cerebral posterior	Derecha	0,79 ± 0,11	0,76 ± 0,13
	Izquierda	0,76 ± 0,14	0,77 ± 0,15
<i>Ventana suboccipital</i>			
Arteria basilar		0,76 ± 0,10	0,82 ± 0,12
Arteria vertebral		0,75 ± 0,14	0,75 ± 0,14
<i>Ventana submandibular</i>			
Arteria carótida interna extracraneana	Derecha	0,81 ± 0,12	0,88 ± 0,21
	Izquierda	0,87 ± 0,11	0,86 ± 0,15

Comparación por grupo de edad (Anova).

En nuestra población encontramos una mayor velocidad del flujo sanguíneo de varias de las arterias en mujeres que en hombres. Este aspecto concuerda con los trabajos realizados por Wang et al.¹¹ y van Osta et al.¹³. Por otro lado, se evidencia una diferencia entre los hallazgos reportados por Aaslid et al.³ y Sorteberg et al.⁷, quienes no reportan diferenciación por género.

Una diferencia significativa en la velocidad media de flujo sanguíneo en las arterias carótidas internas extracraneanas parece que puede estar asociada a diferencias de género y edad; encontramos una mayor velocidad en mujeres y tendencia a mayor velocidad en jóvenes.

Presentamos los valores de referencias obtenidos y su comparación con lo reportado por otros autores.

La velocidad media de flujo reportada en la literatura, y tomada como valor de referencia, difiere significativamente de los resultados obtenidos para ambos géneros. La edad también presenta un rol importante en la variación de la velocidad media de flujo por arterias. Nuestros datos muestran una aparente disminución de la velocidad a partir de los 45-50 años de edad, tanto en hombre como en mujeres, pero la potencia de nuestro estudio no permite precisar el punto de corte ni el tamaño de la variación.

Nuestros datos muestran una lateralización del flujo, con una mayor velocidad en el hemisferio izquierdo, dominante en la gran mayoría de nuestros voluntarios. Esto indica una diferencia de metabolismo (y de actividad) en los lados del cerebro, a pesar de nuestros esfuerzos por proveer a los

sujetos de un ambiente calmado y pobre en estímulos sensoriales.

Si bien en algunos resultados el valor de la media indica una diferencia entre grupos, las DE tienen una elevada magnitud, lo que genera que esta diferencia no sea estadísticamente significativa. Proponemos que se realicen más estudios con un número mayor de participantes de ambos géneros y en los extremos de grupos de edad para la obtención de una mayor potencia en los resultados.

Financiación

El autor Manuel Franco recibió apoyo financiero como Joven Investigador Colciencias año 2013-2014.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Kassab MY, Majid A, Farooq MH, Azhary H, Hershey LA, Bednarczyk EM, et al. Transcranial doppler an introduction for primary care physicians. *J Am Board Fam Med.* 2007;20:65–71.
2. Suarez S, Marche J. Hipertensión endocraneana. *Revista de Posgrado de la Cátedra Vía Medicina.* 2000;100:24–30.
3. Aastid R, Markwalder T-M, Nornes H. Noninvasive transcranial doppler ultrasound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. *J Neurosurg.* 1982;57:769–74.
4. Rupp T, Esteve F, Bouzat P, Lundby C, Perrey S, Levy P, et al. Cerebral hemodynamic and ventilatory responses to hypoxia, hypercapnia, and hypocapnia during 5 days at 4,350 m. *J Cereb Blood Flow Metab.* 2014;34:52–60.
5. Wilson MH, Edsell ME, Davagnanam I, Hirani SP, Martin DS, Levett DZ, et al. Cerebral artery dilatation maintains cerebral oxygenation at extreme altitude and in acute hypoxia—an ultrasound and MRI study. *J Cereb Blood Flow Metab.* 2011;31:2019–2029.
6. Murillo Cabezas F, Muñoz Sánchez A. Traumatismo craneoencefálico grave. En: *Terapia intensiva.* 3.ª edición Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2000. p. 224–44.
7. Sorteberg W, Langmoen IA, Lindegaard K-F, Nornes H. Side-to-side differences and day-to-day variations of transcranial doppler parameters in normal subjects. *J Ultrasound Med.* 1990;9:403–9.
8. Krejza J, Szydlík P, Liebeskind DS, Kochanowicz J, Bronov O, Mariak Z, et al. Age and sex variability and normal reference values for the VMCA/VICA index. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2005;26:730–5.
9. Gao S, Lam WW, Chan YL, Liu JY, Wong KS. Optimal values of flow velocity on transcranial doppler in grading middle cerebral artery stenosis in comparison with magnetic resonance angiography. *J Neuroimaging.* 2002;12:213–8.
10. Demirkaya S, Uluc K, Bek S, Vural O. Normal blood flow velocities of basal cerebral arteries decrease with advancing age: A transcranial doppler sonography study. *Tohoku J Exp Med.* 2008;214:145–9.
11. Wang Y, Chao A, Chung C, Huang Y, Hu H. Different cerebral hemodynamic responses between sexes and various vessels in orthostatic stress tests. *J Ultrasound Med.* 2010;29:1299–304.
12. Jensen JB, Sperling B, Severinghaus JW, Lassen NA. Augmented hypoxic cerebral vasodilation in men during 5 days at 3,810 m altitude. *J Appl Physiol.* 1996;80:1214–8.
13. Moraine van Osta A, Mélot J, Mairbäurl C, Maggiorini HM, Naeije R. Effects of high altitude exposure on cerebral hemodynamics in normal subjects. *J Stroke.* 2005;36:557–60.
14. Krins JG, Basnyat A, Bosch B, Odoom AJ. Cerebral autoregulation in subjects adapted and not adapted to high altitude. *J Stroke.* 2000;31:2314–8.
15. Alcaldía de Santiago de Cali. Datos de Cali y el Valle del Cauca [en línea] [consultado en 28 de marzo de 2014]. Disponible en: http://www.cali.gov.co/publicaciones/datos_de_cali_y_el_valle_del_cauca_pub.