

EVALUACION DE HIPERTENSOS EN BASE A REGISTROS DE VARIACION DE DIAMETRO ARTERIAL RADIAL

FERNANDO M. CLARA¹, ALFREDO CASARINI², ADRIANA G. SCANDURRA¹,
GUSTAVO J. MESCHINO¹, ANIBAL R. INTROZZI^{1,3}

¹Universidad Nacional de Mar del Plata; ²Clínica 25 de Mayo, Mar del Plata;

³Instituto de Rehabilitación del Sur, Mar del Plata

Resumen Se utilizó la técnica de análisis del registro incruento de las variaciones de diámetro de arteria radial para evaluar el deterioro arterial y el riesgo cardiovascular en pacientes hipertensos. El transductor utilizado consistió en un sensor de movimiento apoyado sobre la zona de palpación del pulso radial. Se efectuó la determinación del índice de aumentación radial, un parámetro que cuantifica la magnitud de las reflexiones de la onda de presión en la región aórtica, sobre un conjunto de 47 hipertensos, y se lo comparó con otro estudio similar efectuado sobre 81 normotensos sanos. Estos últimos presentaron menores valores de dicho índice, pero al avanzar la edad los valores de ambos grupos tendieron a coincidir. Esto fue confirmado al comparar morfológicamente los registros de ambos grupos, hallándose que los registros de ancianos normotensos sanos e hipertensos de edades similares resultaron visiblemente parecidos. Se halló también que determinados hipertensos jóvenes presentaron ciertas características morfológicas similares a las de normotensos de la misma edad, indicando que aún conservaban las características elásticas propias de su grupo etario. Los resultados fueron similares a los logrados sobre registros de presión arterial radial obtenidos mediante tonometría de aplanación, utilizándose una tecnología disponible en nuestro medio y de menor costo.

Palabras clave: hipertensión, índice de aumentación, variación de diámetro arterial, análisis de onda de pulso

Abstract *Evaluation of hypertensive patients by radial arterial diameter variation recording.* A blood less analysis technique of the diameter variation signal at radial artery was used to evaluate the arterial disease and the cardiovascular risk in hypertensive patients. A movement transducer was used to record the wrist pulse. A radial augmentation index was proposed to quantify the magnitude of the pressure wave reflections in the aortic region. The experiment was carried out with a group of 47 hypertensive men and compared with a similar study performed on 81 normotensive healthy men. The last ones presented smaller values of this index, but as age progresses, values of both groups come closer among them. This was confirmed by morphological comparison of both groups. Similar behavior was found in signals coming from healthy normotensive and hypertensive old men with similar age. Furthermore, some of the hypertensive youth presented similar morphological characteristics to normotensive of the same age. That indicates they still conserved the elastic behavior characteristic of its age group. These results, using available technology of smaller cost, were well-matched to those achieved by pressure signals at radial artery obtained by means of aplanation tonometry.

Key words: hypertension, augmentation index, arterial diameter variation, pulse wave analysis

El riesgo de desarrollo de eventos cardiovasculares se halla más relacionado con la presión aórtica que con la presión humeral. En jóvenes, la presión sistólica humeral generalmente supera a la aórtica por el fenómeno de amplificación¹. Al aumentar la edad o al desarrollarse procesos hipertensivos, este efecto se va perdiendo, observándose en cambio la aparición de un fenómeno de aumentación de la presión aórtica por el retorno prema-

turo de una onda reflejada². Ambos fenómenos están relacionados con las características elásticas del sistema arterial, que se deterioran por efectos del envejecimiento o de enfermedades que afectan al mismo³. Al evaluar al paciente exclusivamente en base a la toma de presión arterial mediante tensiómetro, existe entonces una incertidumbre en el conocimiento de la verdadera presión aórtica, que es la que reviste mayor importancia para estimar el riesgo cardiovascular². Tal deficiencia es salvada actualmente mediante el registro incruento de la onda de presión radial en la zona de palpación del pulso, mediante la técnica denominada tonometría de aplanación⁴. A partir de esta última, mediante algoritmos matemáticos⁵ es posible obtener la onda de presión

Recibido: 12-XII-2005

Aceptado: 28-VI-2006

Dirección postal: Ing. Fernando Mario Clara, Rawson 999, 7600 Mar del Plata, Argentina

e-mail: fmclara@fi.mdp.edu.ar

aórtica, donde se observan una onda sistólica (OS) y una onda diastólica (OD) aórticas, consecuencias directas de la sístole y diástole ventriculares. Pero generalmente se observa también la presencia de una onda reflejada, llamada reflexión sistólica (RS) o segunda onda sistólica, superpuesta a la primera². Esta se origina en que la onda sistólica que se propaga por la aorta se refleja en la zona inferior del cuerpo y regresa con cierto retardo a la zona aórtica³. Dicho retardo es función de la velocidad de propagación de la onda de presión en la aorta y las arterias principales de los miembros inferiores, que depende su vez de la *compliance* de dichas arterias, incrementándose al avanzar la edad y los procesos hipertensivos⁹. En niños y jóvenes, la reflexión retorna a la raíz aórtica durante la diástole, reforzando la amplitud de la onda diastólica⁹. Este efecto es beneficioso pues mejora la perfusión coronaria, llevada a cabo durante la diástole. Al aumentar la edad o en presencia de un proceso hipertensivo, aumenta la velocidad de propagación de la onda de presión (VOP), y la reflexión retorna a la zona aórtica durante la sístole, llegando a sumarse a la presión sistólica aórtica y aumentando así la postcarga ventricular, denominándose a este fenómeno *augmentación aórtica*². Esta situación no es detectable mediante la toma convencional de la presión arterial, pues a nivel de la arteria humeral la RS no alcanza a superar el máximo sistólico⁹. En tales condiciones se impone una condición de trabajo desfavorable al ventrículo izquierdo y al sistema arterial. Por una parte, el ventrículo debe vencer una presión mayor para mantener el mismo caudal, aumentando el consumo de oxígeno miocárdico. El aumento de la presión diferencial intensifica el estrés parietal sobre las grandes arterias, tendiendo a romper las láminas de elastina por un fenómeno denominado fatiga mecánica. Con el tiempo esta situación conduce a hipertrofia de ventrículo izquierdo y al desarrollo de hipertensión por pérdida de propiedades elásticas del sistema arterial⁹. Por tal razón se considera a la aumentación aórtica como un factor de riesgo independiente de los convencionales.

Otros autores evalúan el fenómeno de aumentación directamente en base al registro de presión radial, definiendo un índice de aumentación radial (IAR) como la relación $(PR-PD)/(PS-PD)$, siendo PS la presión sistólica, PD la presión diastólica, y PR la presión correspondiente al valor máximo durante la RS, generalmente coincidente con su inicio^{2, 10, 11}.

Hemos desarrollado una técnica alternativa consistente en el registro de las variaciones del diámetro de la arteria radial mediante un sensor de movimiento dispuesto sobre la zona de palpación del pulso radial¹². El registro de la variación de diámetro arterial (VDA) durante el ciclo cardíaco es similar al de presión radial. Se observan en la OS, la OD y la RS, cuyas ubicaciones temporales coinciden con las homónimas del registro de presión

tonométrico. La parte superior del registro de VDA podría resultar medianamente comprimida con respecto al registro de presión, debido a la relación alineal entre diámetro y presión arterial^{13, 14}.

En el presente trabajo se expone un estudio sobre hipertensos de edades y condiciones diversas, efectuado en base a la técnica mencionada. El mismo consistió en el registro de la VDA, su interpretación morfológica, y el cálculo del IAR, uno de los parámetros más utilizados en los estudios tonométricos^{10, 11}. El propósito fue tratar de establecer la existencia de distintos grados de reflexión sistólica en individuos con presiones arteriales similares, relacionada con la postcarga y la demanda de oxígeno ventricular.

Materiales y métodos

Se estudió un conjunto de 47 varones hipertensos (HT) leves o moderados (PA sistólica: 150.7 ± 9.2 ; PA diastólica: 95.9 ± 8.1), de edades entre 30 y 70 años, respetándose un protocolo recomendado por el Comité de Bioética de la UNMDP. Luego de un período de reposo de al menos 10 minutos, se les tomó la presión arterial mediante esfigmomanómetro en 2 oportunidades, al iniciar el estudio y al finalizar el mismo. Para obtener los registros de VDA se utilizó un sensor capacitivo, consistente en una placa metálica rectangular de 2 cm², que es apoyada sobre la zona de palpación del pulso radial. Conectando el paciente a potencial de tierra, queda formado un capacitor eléctrico entre ambos. El movimiento de la pared arterial se transmite a la superficie de la piel, provoca el movimiento de la placa, y la capacidad varía al ritmo del ciclo cardíaco. Las variaciones de capacidad fueron transformadas en variaciones de tensión mediante un transductor capacitivo de diseño propio, constituyendo la salida del detector de VDA. Los temblores fisiológicos del brazo del paciente actúan como artefactos superpuestos a la señal útil. Para reducirlos, se empleó la técnica de promediación¹⁷, utilizándose como referencia temporal a la onda R del electrocardiograma (ECG), tomado en forma convencional simultáneamente con el de VDA. Los registros de VDA y ECG fueron digitalizados y adquiridos por una computadora personal, donde se los graficó en pantalla, se los almacenó y procesó. Se promediaron 8 ciclos cardíacos de VDA en cada individuo y el resultado fue normalizado en amplitud, asignándose el cero al diámetro diastólico y el 100% al sistólico. Se calcularon los índices de aumentación radial, determinados como el máximo valor de la ordenada normalizada durante la RS¹⁰. Como referencia, se dispuso de los resultados obtenidos previamente sobre un conjunto de 81 voluntarios normotensos (NT) sanos¹⁵, de edades comprendidas entre 18 y 67 años, del cual se obtuvo un patrón de evolución con la edad del IAR al que se consideró como normal¹⁶.

Resultados

En la Fig. 1 (líneas en negro) se expone el gráfico de los valores promedio del IAR entre la 4ª y la 7ª décadas de vida, obtenidos en base a registros de VDA en arteria radial. Se grafican el promedio, y los intervalos de confianza del 95%. En la misma figura se ha superpuesto el gráfico análogo correspondiente al conjunto de 81 NT

TABLA 1.– Análisis estadístico de la evolución del IAR para NT e HT

Edad	30/40	40/50	50/60	60/70
NT	61.40 ± 6.57	66.22 ± 4.30	78.35 ± 3.82	88.21 ± 4.25
HT	74.42 ± 6.32	76.22 ± 4.32	85.32 ± 5.68	91.32 ± 3.54
p	<0.013	<0.006	<0.047	<0.298

La edad se expresa en años, y el IAR en %, como valores promedio ± intervalos de confianza del 95%. Se utilizó el test de Lilliefors para la evaluación de la normalidad de las muestras en cada grupo (década). Las diferencias del test ANOVA fueron consideradas estadísticamente significativas cuando $p < 0,05$. IAR: índice de aumentación radial; NT: normotensos; HT: hipertensos.

TABLA 2.– Análisis estadístico de la evolución de las presiones arteriales

Edad	30/40		40/50		50/60		60/70	
	PS	PD	PS	PD	PS	PD	PS	PD
NT	123.93	83.00	122.26	80.84	124.57	82.19	126.14	80.14
HT	153.2	103.1	139.91	94.91	147.40	99.07	154.00	94.83
p	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.001	<0.0001	<0.0001	<0.001	<0.01

Las presiones arteriales sistólicas (PS) y diastólica (PD) se expresan como valores promedio, en mm Hg. NT: normotensos; HT: hipertensos.

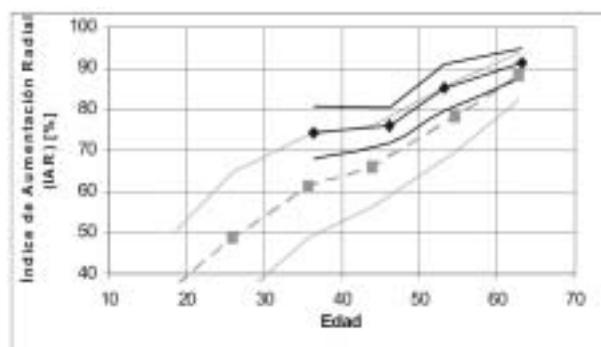


Fig. 1.– Evolución del índice de aumentación radial (IAR) con la edad. Se grafican los valores medios ± Intervalo de Confianza del 95% del IAR para un conjunto de 47 hipertensos entre la 4ª y la 7ª décadas de vida (líneas en negro). Idem, para un conjunto de 81 normotensos entre la 3ª y la 7ª décadas (líneas en gris).

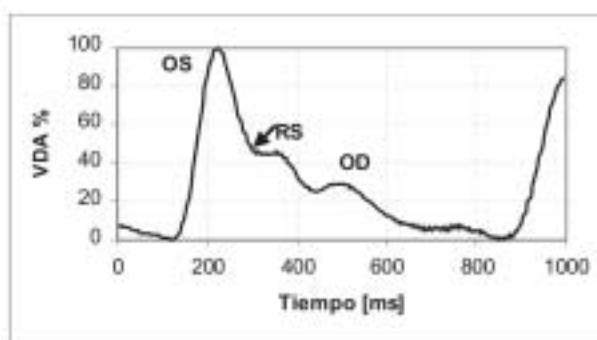


Fig. 2.– Registro de la variación de diámetro arterial (VDA) de un joven normotenso (Edad: 34 años; PA: 120/80 mm Hg). La reflexión sistólica (RS) comienza a una altura del 42%, donde lo indica la flecha. Su comienzo retardado revela una baja velocidad de propagación aórtica, indicio de elasticidad en esta arteria. La amplitud de la reflexión es considerable, hecho que podría originarle complicaciones al aumentar la edad y la velocidad de propagación. Presenta una onda diastólica (OD) bien destacada.

(líneas en gris). En la Tabla 1 se exponen los resultados del análisis estadístico del IAR y en la Tabla 2 se exponen los resultados del análisis estadístico de las presiones arteriales correspondientes. Se utilizó el test de Lilliefors para la evaluación de la normalidad de las muestras en cada grupo (década). Las diferencias de presiones arteriales entre NT y HT resultaron significativas para todas las edades. Se observa en la Fig. 1 la existencia de un claro patrón de aumento del IAR con la edad, tanto en NT como en HT. Se observa también que los valores

medios correspondientes a los HT se hallan por encima de los correspondientes a los NT. Sin embargo, el IAR parecería tender a coincidir en ambos conjuntos al avanzar la edad. Esta tendencia resultó reforzada al comparar la forma de los registros individuales de VDA de ambos grupos. El arribo prematuro de la RS en los HT jóvenes determinó la diferencia morfológica con los NT de similar edad, que se ejemplifica en las Figs. 2 y 3. El registro de la Fig. 2 corresponde a un joven NT. La RS

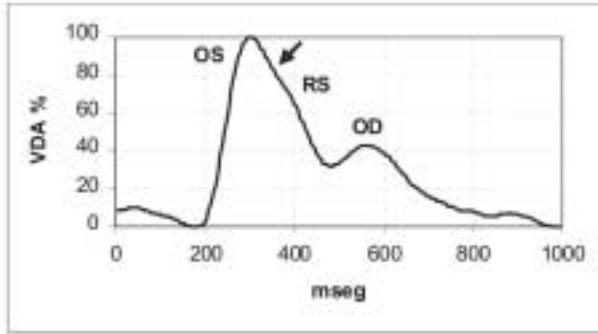


Fig. 3.- Registro de VDA de un joven hipertenso (Edad: 33 años; PA: 160/90 mm Hg). La flecha indica el comienzo de la RS. Su comienzo anticipado revela que la velocidad de propagación aórtica es superior a lo normal. Presenta una gran onda diastólica (OD), característica de los jóvenes e indicio de gran distensibilidad en las arterias terminales donde se origina la misma.

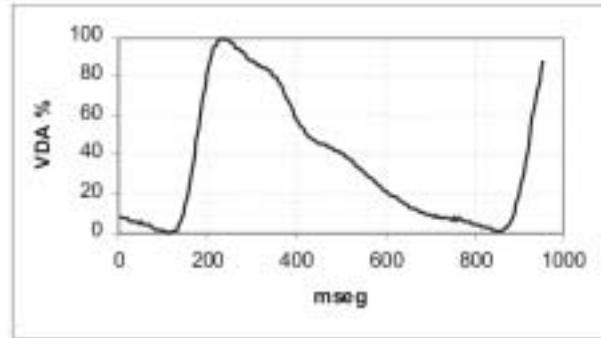


Fig. 6.- Registro de un adulto normotenso de la 7ª década (Edad: 67 años; PA: 115/75 mm Hg). La RS comienza a una altura del 90%, y su amplitud es considerable. El aspecto de la OS es muy ancho, y la OD posee muy baja amplitud. En base al arribo anticipado de la RS se infiere que la velocidad de propagación es elevada y la distensibilidad arterial es baja.

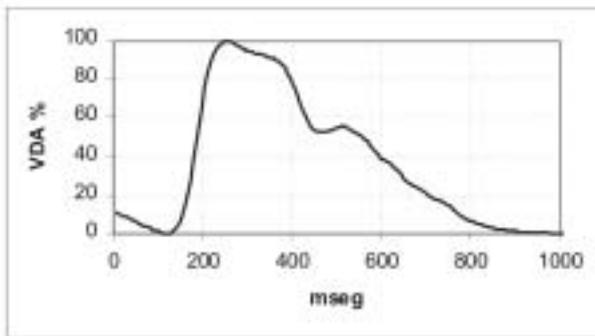


Fig. 4.- Registro de un adulto hipertenso (Edad: 57 años; PA: 150/90 mm Hg). Se aprecia una RS que comienza prácticamente luego del máximo de la onda sistólica OS, y cuya amplitud es considerable. El aspecto de la OS es muy ancho, y la OD posee muy baja amplitud, siendo ambas características propias de edades más avanzadas que las del paciente.

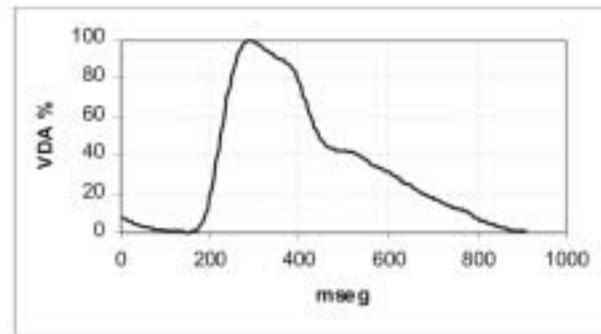


Fig. 7.- Registro de un adulto hipertenso de la 8ª década (Edad: 76 años; PA: 140/90 mm Hg). La RS comienza a una altura del 95% y su amplitud es elevada. El aspecto de la OS es muy ancho, con forma de meseta, y la OD posee muy baja amplitud. La velocidad de propagación es elevada y la distensibilidad arterial es baja.

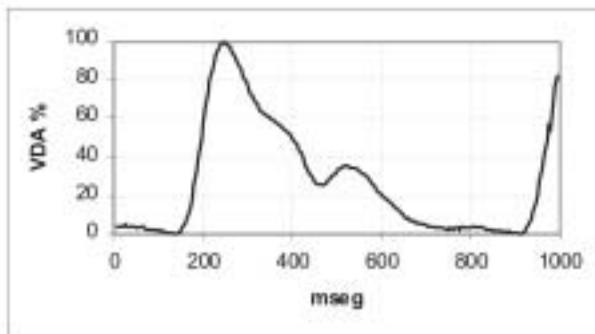


Fig. 5.- Registro de un adulto normotenso (Edad: 54 años; PA: 129/88 mm Hg). La RS se presenta a una altura del 62% y tiene amplitud moderada. La cresta de la OS tiene forma aguda, y la OD conserva gran amplitud.

comienza cuando está finalizando la sístole, a una altura del 42%, donde lo indica la flecha, y el IAR toma precisamente ese valor¹⁰. La OS es angosta, y la OD tiene considerable amplitud, características típicas de los NT jóvenes¹⁴.

El registro de la Fig. 3 corresponde a un joven HT moderado, de estatura excepcionalmente elevada (2.03 m). La RS comienza a una altura del 83%, valor del IAR. El comienzo anticipado de la RS revela que la velocidad de propagación aórtica es superior a la normal en NT. Sin embargo, la amplitud de la reflexión es moderada. El vértice de la OS es agudo, y presenta una gran OD, características compartidas con los NT jóvenes^{14, 15}. El retardo de 190 ms en la llegada del pie de la onda sistólica es mayor que lo normal, y representa el tiempo de propagación entre el inicio de la sístole ventricular (cero del eje de tiempo) y el sitio de registro en la muñeca. Este retardo excesivo se debe simplemente al mayor trayecto de la onda de presión.

En la Fig. 4 se expone el registro de un adulto hipertenso. Se aprecia una RS cuya amplitud es considerable, que comienza prácticamente luego del máximo de la OS, con un IAR del 93%. La OD posee amplitud aceptable, aunque el aspecto de la OS es muy ancho, característica propia de edades más avanzadas que la de este paciente. El registro de la Fig. 5 corresponde a un adulto normotenso de edad similar a la del paciente anterior. Presenta un vértice de OS más agudo y mayor amplitud de OD que el HT de la Fig. 4. Su IAR es de 62%, y la amplitud de la RS es moderada. La incisura, comienzo de la OD, se halla ubicada a una altura menor que en el caso anterior.

A edades avanzadas las características morfológicas de NT y de HT parecerían coincidir, en concordancia con lo que indica el conjunto de curvas de la Fig. 1. Se expone como ejemplo a los casos de la Fig. 6, que corresponde a un adulto NT de edad avanzada, y de la Fig. 7, que corresponde a un HT de la década siguiente. En ambos casos la RS se ubica próxima o por encima del 90%, y brinda al vértice de la OS un aspecto de meseta. La OD posee muy baja amplitud, y la incisura se ubica a una altura próxima al 50%.

Discusión

Los registros de presión arterial y los de variación de diámetro arterial resultan morfológicamente similares¹⁸. Esto es consecuencia de que existe una relación lineal entre diámetro arterial y presión para valores bajos de esta última, aunque se torna alineal para valores mayores. Tal comportamiento es debido a que inicialmente la relación tensión/deformación se halla impuesta por las propiedades elásticas de las fibras de elastina de la capa media de la pared arterial. Al ir aumentando la tensión de la pared arterial, comienzan a ser reclutadas fibras de colágeno. Para presiones muy altas, todas las fibras de colágeno se hallan operativas y la distensibilidad de la pared es mínima, disminuyendo el aumento de diámetro frente a ulteriores aumentos de la presión arterial¹³. Este comportamiento origina un efecto de compresión de la parte superior de la onda sistólica en el registro de VDA, con relación al registro de presión¹⁴.¹⁸. A pesar de sus ligeras diferencias, la similitud entre ambos tipos de registros permite explicar las particularidades que se observan en el registro de VDA en arteria radial, en base a la abundante bibliografía existente sobre registros de presión radial.

El aumento del IAR con la edad que se observa en el gráfico de la Fig. 1 es compatible con el aumento de velocidad de propagación y del índice de reflexión producidos por el envejecimiento arterial natural¹⁹. Este fenómeno hace que al aumentar la edad, la reflexión sistólica aparezca cada vez más alto sobre la pendiente de caída de la OS, y aumente el IAR^{10,11}.

Se observa en la misma figura que en HT jóvenes y adultos, el IAR es mayor que en NT. Esto se debe a que el IAR es dependiente en parte de la PA¹⁰, pues el aumento de PA incrementa el reclutamiento de fibras de colágeno, disminuyendo la distensibilidad de las paredes arteriales, y en consecuencia, disminuyendo su *compliance* e incrementando la VOP. A esto se le agrega el hecho de que en el HT crónico la pared arterial es más gruesa y más rígida que en los NT, aumentando aún más la VOP y anticipando el arribo de la RS.

Al aumentar la edad, ambos promedios se van acercando, tendiendo a coincidir. Esto se debe a que el envejecimiento produce en los NT efectos de remodelación de las paredes vasculares similares a los de la PA²⁰. El engrosamiento de las mismas y la rotura de las láminas de elastina disminuye la distensibilidad de las arterias de conducción, y el consiguiente aumento de la VOP hace que la RS se ubique próxima al vértice de la OS. Simultáneamente, el aumento del tono vasoconstrictor, por incremento crónico de la actividad simpática aumenta el coeficiente de reflexión en los sitios de reflexión principales, y se incrementa la amplitud de la RS^{2,10}.

El aumento del promedio del IAR con la edad en NT, desde valores menores al 50% para jóvenes de la 2ª década hasta valores próximos al 90% en individuos de la 7ª década, se asemeja a los resultados obtenidos por otros investigadores que utilizaron técnicas tonométricas^{2,11}. No obstante, debe recordarse que se han registrado variables distintas, presión y variación de diámetro, cuyas diferencias ya han sido comentadas. Esto obliga a disponer de patrones de variación de parámetros con la edad propios de los registros de VDA, si se desea utilizarlos para detectar casos anormales.

A pesar de que los valores de las presiones arteriales sistólica y diastólica resultaron significativamente distintos para NT y para HT, los valores del IAR solo resultaron bien significativos para las décadas 4ª y 5ª. Esto significa que el IAR no permite caracterizar por sí solo a un paciente HT. Pero su utilidad es otra. En primer lugar, permite cuantificar el grado de deterioro de las propiedades elásticas del sistema arterial, por efectos del proceso hipertensivo. Puede inferirse conceptualmente que cuanto menor sea el IAR, más distensibles serán sus paredes arteriales, y menor la postcarga ventricular. Posteriormente, luego de someter al paciente a un tratamiento de cualquier tipo, la disminución del IAR permitirá cuantificar el grado de mejoría.

Entre los varios parámetros posibles se eligió al IAR, debido a que es uno de los más establecidos, y permitió comparar nuestros resultados con los obtenidos mediante tonometría. Pero intuimos que la morfología de los registros encierra una riqueza de información aún no explorada cuantitativamente, que podría aportar nuevos índices o criterios a la evaluación o al diagnóstico.

La gran amplitud de OD que se observó en HT jóvenes como el de la Fig. 3, es evidencia de que a pesar de su estado hipertensivo, mantienen sus arterias terminales elásticas¹⁹. Estas características se observan también en registros tonométricos de NT jóvenes². La RS se halla cercana del vértice de la OS debido a que la VOP es algo elevada debido al tensamiento de las paredes aórticas, y no a su remodelado, pero su amplitud es baja, indicando que las discontinuidades en la zona de reflexión son moderadas.

Llama la atención que la amplitud de la OD es mayor en este joven HT que en el NT de la Fig. 2, a pesar de que la misma se reduce con la hipertensión. Esto se explicaría admitiendo que por razones genéticas o de estilo de vida el primero presentaría mejores características elásticas en la zona de reflexión, a pesar de sus niveles elevados de presión arterial¹⁹.

El adulto normotenso de la Fig. 5 conserva parcialmente características juveniles tales como el vértice de la OS aguzado, la OD aún destacable, y la altura de la incisura dicrótica baja¹⁹. En cambio el paciente hipertenso de la Fig. 4 presenta una OS ancha, con la RS ubicada cerca de su valor máximo (93%), una OD de muy baja amplitud, y una incisura dicrótica alta (al 50%). La posición elevada de la RS se debe a una alta velocidad de propagación aórtica, evidencia de pérdida de distensibilidad de las arterias de conducción principales, que disminuye su *compliance*. La débil OD se atribuye a una pérdida de distensibilidad en las arterias y arteriolas terminales^{3, 8, 19}. Estos signos se asocian a un incremento de riesgo cardiovascular^{3, 10, 19}. Las características descritas se observan también en registros tonométricos efectuados por otros investigadores sobre NT^{1, 20} y sobre HT²⁰.

Al aumentar la edad, los registros de normotensos e hipertensos tendieron a semejarse, hecho atribuible al arribo anticipado de la RS. Ya se ha indicado en la Fig. 2 que los valores del IAR de ambos tipos de individuos tendieron a coincidir para edades superiores a los 60 años. Morfológicamente, el efecto de la hipertensión consistiría en que la RS superpuesta a la cúspide de la onda sistólica radial formaría una meseta, tal como se observa al comparar los registros de las Fig. 6 y 7. En el individuo hipertenso de la Fig. 7, la RS anticipada y de mayor amplitud tiende a aplanar el vértice de la OS. El adulto normotenso de la Fig. 6 presenta una OS de aspecto algo más aguzado que en el caso anterior, debido a que la RS posee menor amplitud y arriba con un retardo ligeramente mayor.

Resulta llamativa la similitud entre los registros del adulto hipertenso de la Fig. 4 y los registros de los adultos de edades avanzadas de las Fig. 6 y 7. Nuevamente la magnitud y el retardo de la RS juegan un papel fundamental en estas morfológicas. Como único residuo de características propias de su edad, en el individuo de la Fig. 4 se observa una OD de amplitud superior.

Las morfológicas observadas en los registros de las figuras 3, 5 y 6, que describen la evolución morfológica de los registros de VDA con la edad^{14, 15} resultaron similares a las reportadas por Mc Veight et al en registros de presión radial tonométricos, como representativas de grupos etarios normotensos correspondientes a la 3ª, 5ª y 9ª década de vida, respectivamente¹⁹.

La observación de la amplitud y posición de la RS brinda información adicional para establecer el tratamiento farmacológico y evaluar sus resultados. La incidencia de estas características de la RS en el aumento de la mortalidad ha hecho que se recomiende que el tratamiento del HT incluya la reducción de las reflexiones²¹.

Las drogas vasodilatadoras tienen distintos efectos en arterias y arteriolas. Los vasodilatadores arteriolas relajan el músculo liso correspondiente, aumentan el diámetro de las arteriolas y reducen la resistencia periférica. Los vasodilatadores arteriales ejercen acción similar pero su efecto más destacable es la reducción de las reflexiones². Se ha comprobado que los tratamientos de hipertensión con inhibidores de ECA, y en menor magnitud con bloqueantes de canales de calcio, producen mayores efectos en la *compliance* arterial que los diuréticos y los antagonistas adrenérgicos²².

La nitroglicerina en pequeñas dosis produce la relajación del músculo liso vascular en las arterias periféricas, principales sitios de reflexión de la onda de presión. No es útil para el tratamiento prolongado pero sus efectos inmediatos arrojan alguna luz sobre los mecanismos involucrados. No afecta mayormente a las arterias principales ni a las arteriolas periféricas. Por tales razones, reduce notoriamente la amplitud de las reflexiones, sin modificar notoriamente la VOP aórtica, la resistencia periférica o la presión arterial^{23, 24}.

La técnica de análisis de onda de pulso tonométrica, si bien es relativamente reciente, se está utilizando ampliamente en la evaluación de drogas antihipertensivas, evidencia de la importancia que se está atribuyendo a la aumentación aórtica y a sus consecuencias. El registro de VDA constituye una técnica alternativa basada en una tecnología más sencilla y accesible, que permite obtener registros de morfológica similar a los tonométricos, y brinda información igualmente útil para evaluar el envejecimiento arterial, el riesgo originado por la RS, y la efectividad de los tratamientos farmacológicos.

Bibliografía

1. Alfie J, Majul C, Paez O, Galarza C, Waisman G. Hemodynamic significance of high brachial pulse pressure in young men. *Clin Exp Hypertens* 2004; 26: 199-207.
2. Nichols WW. Clinical measurement of arterial stiffness obtained from noninvasive pressure waveforms. *Am J Hypertens* 2005; 18: 3S-10S.

3. Duprez D, Kaiser D, Whitwam W, et al. Determinants of Radial Artery Pulse Wave Analysis in Asymptomatic Individuals. *Am J Hypertens* 2004; 17: 647-53.
4. Kelly R, Hayward C, Avolio A, et al. Noninvasive determination of age-related changes in the human arterial pulse. *Circulation* 1989; 80: 1652-9.
5. Segers P, Carlier S, Pasquet, A et al. Individualizing the aorto-radial pressure transfer function: feasibility of a model-based approach. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2000; 279: H542-9.
6. Manning T, Shykoff B, Izzo J Jr. Validity and reliability of diastolic pulse contour analysis (Windkessel model) in humans. *Hypertension* 2002; 39: 963-8.
7. Rietzschel E, Boeykens E, Marc L, et al. A comparison between systolic and diastolic pulse contour analysis in the evaluation of arterial stiffness. *Hypertension* 2001; 37: 15-22.
8. Millasseau S, Kelly R, Ritter J, Chowienczyk P. Determination of age-related increases in large artery stiffness by digital pulse contour analysis. *Clinical Science* 2002; 103: 371-7.
9. Vlachopoulos C, Hirata K, O'Rourke MF. Pressure-altering agents affect central aortic pressures more than is apparent from upper limb measurements in hypertensive patients. The role of arterial wave reflections. *Hypertension* 2001; 38: 1456-60.
10. Millasseau SC, Patel SJ, Redwood SR, Ritter JM, Chowienczyk PJ. Pressure wave reflection assessed from the peripheral pulse: is a transfer function necessary? *J Hypertension* 2003; 41: 1016-20.
11. Kohara K, Tabara Y, Oshiumi A, Miyawaki Y, Kobayashi T, Miki T. Radial augmentation index: a useful and easily obtainable parameter for vascular aging. *Am J Hypertens* 2005; 18: 11S-14S.
12. Clara F, Scandurra A, Meschino G, Passoni I, Introzzi A. Detección de riesgo cardiovascular basada en registros de variación de diámetro arterial. XIV Cong Arg Bioing. Córdoba, Octubre 2003.
13. Bank AJ, Wang H, Holte JE, Mullen K, Shammam R, Kubo SH. Contribution of collagen, elastin, and smooth muscle to in vivo human brachial artery wall stress and elastic modulus. *Circulation* 1996; 94: 3263-70.
14. Introzzi A, Passoni I, Scandurra A, et al. Relación entre el envejecimiento y la morfología de los registros de variación de diámetro arterial: Clasificación con redes neuronales artificiales. *Rev Arg Cardiol* 2005; 73: 352-7.
15. Clara F, Cayrol ML, Scandurra A, et al. La técnica de análisis de onda de pulso en la determinación del riesgo cardiovascular. *Rev Fed Arg Cardiol* 2005; 34: 213-20.
16. Clara F, Scandurra A, Meschino G, Passoni I, Nuño F, Introzzi A. Evaluación de la aumentación radial en base a registros de variación de diámetro arterial. XV Cong Arg Bioing. Paraná, Septiembre 2005.
17. O'Rourke MF, Pauca A, Giang XJ. Pulse wave analysis. *J Clin Pharmacol* 2001; 51: 507-22.
18. Tardy Y, Meistert J, Perrin F, et al. Non-invasive estimate of the mechanical properties of peripheral arteries from ultrasonic and photoplethysmographic measurements. *Clin Phys Physiol Means* 1991; 12: 39-54.
19. McVeigh GE, Bratteli CW, Morgan DJ, et al. Age-related abnormalities in arterial compliance identified by pressure pulse contour analysis. *Hypertension* 1999; 33: 1392-8.
20. Mahmud A, Feely J. Antihypertensive drugs and arterial stiffness. *Expert Rev Cardiovasc Ther* 2003; 1: 65-78.
21. Schofield RS, Schuler BT, Edwards DG, et al. Amplitude and timing of central aortic pressure wave reflections in heart transplant recipients. *Am J Hypertens* 2002; 15: 809-15.
22. Laurent S, Lacolley P, Girerd X, Boutouyrie P, Bezie Y, Safar M. Arterial stiffening: opposing effects of age- and hypertension-associated structural changes. *Can J Physiol Pharmacol* 1996; 74: 842-9.
23. McVeigh GE. Pulse waveform analysis and arterial wall properties. *Hypertension* 2003; 41: 1010-1.
24. Jiang XJ, O'Rourke MF, Jin WQ, et al. Quantification of glyceryl trinitrate effect through analysis of the synthesized ascending aortic pressure waveform. *Heart* 2002; 88: 143-8.

BELIEF

To all human experience, with the possible exception of physical pain, the maxim Credo ut intelligam applies. It is impossible for a man to separate the fact of experience from his interpretation of it, an interpretation which, except in the case of the insane, is not peculiar to himself but has been learned from others.

CREENCIA

Para todas las experiencias humanas, con la posible excepción del dolor físico, se aplica la máxima *Credo ut intelligam* (Creo para entender). Es imposible para el hombre separar el hecho de la experiencia, de su interpretación, una interpretación, que, excepto en el caso de los dementes, no es peculiar y propia sino que ha sido aprendida de otros.

W. H. Auden (1907-1973)

A Certain World. A Commonplace Book. London: Faber and Faber, 1971, p 34