

## **La oscilografía electrónica en el diagnóstico de las enfermedades vasculares periféricas**

### **II. VALORACION DE LAS GRAFICAS**

A. MARTINEZ-MUÑOZ y N. GALINDO-PLANAS

Departamento de Hemodinamia Incruenta (Dr. A. Martínez-Muñoz) del Servicio de Cardiología (Dr. F. Ballesta Barcons) del Hospital Municipal de Ntra. Sra. del Mar y Servicio de Angiología y Cirugía Vascular (Dr. N. Galindo-Planas) del Hospital de San Rafael Barcelona (España)

Continuando con la sucesión de artículos monotemáticos, independientes pero a la vez interdependientes por formar cada uno de ellos parte del cuerpo de una amplia e importante técnica, dedicados a la oscilografía electrónica, de la que no hay que olvidar que no es más que un tipo perfeccionado de pletismografía segmentaria indirecta de incremento circunferencial, se van a exponer a continuación una serie de nociones elementales sobre los aspectos intrínsecos de las curvas oscilográficas, una vez que ya se hizo referencia al concepto, al fundamento, al material y al método de la oscilografía electrónica (5).

En la valoración de las curvas oscilográficas se tienen en cuenta, por orden creciente de importancia, su amplitud, su morfología y su cronología. Cada uno de los criterios métricos, morfológicos y cronológicos posee significación especial y, por ello, es preciso realizar una, aunque breve, detallada exposición de los mismos.

#### **A. AMPLITUD**

En principio tiene mucho menos valor diagnóstico que la morfología y la cronología, puesto que diferencias métricas muy importantes son extraordinariamente comunes de unos individuos a otros. Sin embargo, lo que posee verdadero valor es la comparación de amplitudes entre puntos simétricos de dos extremidades homónimas. También tiene cierto valor la comparación de las amplitudes de las extremidades superiores y de las inferiores, sobre todo entre antebrazos y piernas.

Las amplitudes disminuyen normalmente de magnitud a medida que los registros se dirigen del extremo proximal al distal de la extremidad. Esto es bastante constante en las extremidades superiores, mientras que en las inferiores no es infrecuente que la altura de las pulsaciones a nivel del muslo sea inferior a la

de las del tercio superior de la pierna cuando los muslos son gruesos. Circunstancia semejante puede darse en las extremidades superiores en el caso de que los brazos posean un diámetro exagerado. Cuando el edema hace acto de presencia, en las zonas donde se localiza disminuye la amplitud de los oscilogramas en relación con la importancia de aquél.

Normalmente la altura de la amplitud depende del volumen sistólico ventricular izquierdo, de la presión arterial sistémica, de la resistencia vascular periférica, del estado de la pared vascular, de los tejidos interpuestos entre la arteria y la piel (envoltura muscular, envoltura adiposa), de la firmeza de aplicación del detector del pulso (en la oscilografía electrónica acra) o del manguito (en la oscilografía electrónica de extremidades), de la presión de insuflación del brazal y de la amplificación empleada. Se comprende perfectamente que, con tantos factores que intervienen, diferencias de amplitud muy importantes entre unos individuos y otros pueden ser completamente normales.

Cuando la pared arterial es rígida (esclerosis de la media de Mönckeberg, arteriosclerosis de extremidades), cuando se pierde la función de cámara elástica de la aorta, cuando aumenta la presión lateral en las arterias (hipertensión arterial), cuando el registro se realiza por encima de una oclusión arterial completa, cuando el volumen sistólico ventricular izquierdo es muy grande (eretismo cardíaco, insuficiencia aórtica) es factible encontrar un aumento más o menos considerable de la altura de las amplitudes.

Cuando existe una labilidad neurovegetativa acentuada, cuando la extremidad se halla afecta de una diátesis vasoespástica evidente, cuando existe una arteriopatía obstructiva orgánica, etc., las amplitudes pueden hallarse más o menos reducidas.

En términos muy generales, empleando una amplificación media las amplitudes presentan una altura que oscila entre 2,5 y 5 cm. Sin embargo, el hecho de encontrar, con la citada amplificación, alturas de sólo 1 cm ó de hasta 10 cm no indica, por este mero hecho, que exista un proceso patológico ni orgánico ni funcional.

Más valor diagnóstico, aunque sin ser tampoco de importancia decisiva en muchos casos, tiene la comparación entre lugares simétricos de dos extremidades homónimas, siempre que su conformación anatómica sea similar. De una manera muy genérica puede decirse que la disminución de altura de un lado del cuerpo al 40 % con respecto al otro lado es signo de la presencia de un proceso arterial obliterante, dado que los trastornos angioespásticos suelen ocasionar un aplanamiento simétrico. No obstante, no es raro que dicho proceso angioespástico sea unilateral (como en el síndrome del cinturón escapular), por lo cual las diferencias de amplitud sólo nos pueden hacer sospechar la existencia de un proceso patológico vascular unilateral, pero no su organicidad. No es raro, incluso en padecimientos orgánicos, que las amplitudes sean iguales en ambos lados por hallarse afectos más o menos por igual los dos. En estos casos es cuando los criterios morfológicos y cronológicos cobran toda su importancia diagnóstica.

La comparación de las amplitudes de las extremidades superiores e inferiores, muy especialmente entre los antebrazos y las piernas, puede suministrar datos de cierto valor. En condiciones normales las amplitudes de las pulsaciones de las

piernas suelen ser unas dos veces mayores que las de los antebrazos, aunque con variaciones individuales bastante grandes. De todos modos, cuando la conformación anatómica de la pierna y la del antebrazo explorados son las debidas, el hecho de encontrar que las pulsaciones de la pierna son sólo iguales o bien menores que las del antebrazo puede hacer sospechar la existencia de un proceso patológico.

Después de todo lo expuesto, es factible decir que los valores normales de la altura de las amplitudes de las curvas oscilográficas varían ampliamente, que la comparación entre las magnitudes de un lado y de otro no nos permite con mucha frecuencia deducir conclusiones diagnósticas y que, por lo tanto, es un error valorar la amplitud como criterio exclusivo, dado que la misma no nos proporciona una información directa sobre el volumen por unidad de tiempo, es decir, sobre la misma irrigación sanguínea. Se ha comprobado, por medio de la plethysmografía con compresión venosa, que un aumento del volumen de la corriente sanguínea puede no modificar la altura de las amplitudes e, inclusive, disminuir la misma. Es importante que los registros se lleven a cabo siempre en la misma posición, o sea con las extremidades horizontales, puesto que los movimientos de las mismas causan alteraciones en las amplitudes. Con la oscilografía electrónica acra se aprecia muy claramente que la elevación de la extremidad condiciona un aumento y que el descenso provoca una disminución de la altura de la gráfica.

## B. MORFOLOGIA

El estudio de la morfología de las pulsaciones ofrece criterios mucho más precisos que lo que se pueda deducir de su amplitud. Dentro de la morfología se analizan los siguientes datos: a) características de la rama anácrota del pulso, es decir desde el pie o inicio de la curva hasta la cima o cresta de la misma; b) características generales de la rama catácrota, o sea desde la cima del pulso hasta el pie o comienzo del pulso siguiente; c) características del dicrotismo, es decir de la incisura dícrota y de la onda del mismo nombre, situadas sobre la rama catácrota; d) características del vértice de la curva, llamado cima o cresta, y e) valor planimétrico del tono arterial. El análisis del pie del pulso está sujeto a muchas fuentes de error y no suele suministrar datos de gran interés, por lo que omitiremos su consideración.

En el próximo trabajo detallaremos las diferentes morfologías que en situaciones normales o patológicas pueden encontrarse. Sin embargo, para conocer la significación de las mismas se ha de indicar previamente el valor que posee cada una de las características que se acaban de señalar.

1) **Anacrotismo.** De la rama anácrota del pulso se estudian tanto su velocidad de ascenso, es decir su verticalidad, como los accidentes que puedan encontrarse en la misma. La verticalidad de la citada rama depende de la velocidad de llegada de la onda del pulso, mejor dicho del impacto inicial de la mencionada onda. Cuanto más vertical sea tanto mayor será dicho impacto y, por lo tanto, menor la probabilidad de que exista un proceso estenosante u oclusivo entre el corazón y la zona explorada. Cuanto menor sea la verticalidad tanto más probable es la presencia de una obstrucción orgánica o funcional entre ambas zonas. De todos

modos, como que la verticalidad depende en gran parte de la amplitud de la onda del pulso, hay que hacer una relación entre las dos para sacar conclusiones más válidas. Esto es bien comprensible, pues en un mismo pulso con sólo reducir la amplitud del mismo disminuyendo la amplificación la rama anácrota se tornará menos empinada. El cálculo de esta relación verticalidad-amplitud se realiza exactamente midiendo el tiempo de inclinación, que será objeto de estudio al hablar de los criterios cronológicos.

Los accidentes que pueden encontrarse en la rama anácrota del pulso reciben por su situación el nombre de anácrotes. En realidad, el anacrotismo tiene una significación diferente que el fenómeno similar que se da en el pulso carotídeo, ya que no representa el mismo fenómeno. En oscilografía electrónica la presentación de un anacrotismo, es decir de un accidente amplio situado en la rama ascendente del pulso más o menos cerca del vértice del mismo, suele indicar la existencia de una pérdida de la elasticidad arterial (sea por aumento del tono arterial, sea por esclerosis) o la llegada de un volumen excesivo de sangre (fístulas o comunicaciones arteriovenosas) y siempre se halla relacionado con el estado de las grandes y medianas arterias musculares de las extremidades. En muchos casos se debe a la simple transmisión de la cúspide B del esfigmograma central, pero bajo la colaboración de una mayor rigidez o tensión parietal de las arterias de las extremidades o de un incremento del volumen sanguíneo.

2) **Catacrotismo.** En la rama catácrota o descendente del pulso, aparte de los dos accidentes más importantes como son la incisura y la onda dícrota, se valora el modo de descenso de la misma, es decir su mayor o menor pendiente. Dicha pendiente se halla directamente relacionada con la cola de la onda del pulso, que partiendo del corazón sufre diversas modificaciones a medida que avanza hacia la periferia. Cuando existe una dificultad de paso en cualquier sector previo a la zona explorada la pendiente tiende a ser menos empinada y cuando las resistencias periféricas disminuyen o cuando existe un desfallecimiento cardíaco o una insuficiencia valvular aórtica dicha pendiente sigue un descenso más rápido.

En ciertas ocasiones, la rama catácrota del oscilograma electrónico, aparte de disminuir su pendiente por reducción de la amplitud total de la curva, pierde sus accidentes típicos (incisura y onda dícrota) y se convierte en una línea lentamente descendente surcada de múltiples accidentes menores en forma de dientes de sierra romana. Este fenómeno se halla relacionado casi constantemente con la presencia de una fuerte angioespasias, que a su vez es variable por modificaciones continuas de un tono vascular incrementado. Cuanto más intensa es la vasoconstricción del sistema arterial y menor la variación del tono tanto menos evidentes son los mencionados accidentes y tanto más aplanada es la rama descendente del pulso.

3) **Dicrotismo.** La incisura dícrota siempre es bien manifiesta y su nivel suele encontrarse a una altura media respecto a la amplitud total de la onda del pulso. Es muy frecuente, sobre todo en los distónicos vegetativos que sufren continuos cambios del tono arterial y arteriolar, que la incisura se encuentre a diferentes alturas en distintos trazados e incluso dentro del mismo, especialmente si éste es largo. El borramiento o desaparición de la incisura dícrota suele ser patológico

en la gran mayoría de los casos, pudiendo suceder tanto en trastornos funcionales como orgánicos, si bien es mucho más frecuente en los últimos. En todo caso, su significado es el de un obstáculo al aflujo de la corriente sanguínea.

El nivel en que se encuentra la citada incisura tiene también importancia. En términos generales el ascenso de la misma señala vasoconstricción del sistema arterial, mientras que su descenso indica la existencia de una vasodilatación. Igualmente, las arteriopatías orgánicas de tendencia obliterante dan lugar a ascensos del dicrotismo.

La onda dícrota tiene un significado mucho más oscuro que la incisura del mismo nombre y no obedece a las mismas causas que la onda del mismo nombre del pulso central o carotídeo, pues no se trata de un simple fenómeno de propagación hacia la perifería a partir de la aorta ascendente. En parte se trata de una onda de propagación amortiguada, pero en mayor cuantía interviene el rebote de la onda de presión en regiones periféricas de resistencia aumentada originando una onda centrípeta que se suma a la centrífuga que parte del corazón, así como una «onda estacionaria» que pone en oscilación el sistema arterial periférico. En general, el acentuamiento de la onda dícrota, es decir el aumento de su amplitud, se acompaña de un descenso de la incisura dícrota y tiene el significado de una vasodilatación, puesto que en realidad es éste el que condiciona aquél. Es frecuente encontrar este dicrotismo amplio en distónicos vegetativos, sobre todo cuando existe una vasodilatación venosa funcional simultánea. En algunos casos, en que la incisura dícrota desciende tanto que llega a la línea base y en que a la vez la onda dícrota se hace tan amplia que alcanza casi la altura de la onda fundamental del pulso, éste adquiere una morfología doble, en forma de M, mejor dicho de W invertida.

4) **Cima o cresta.** La forma de la cima de la onda del pulso suele ser suavemente redondeada y única. Esto es muy constante en los adultos y en los preesquellos. Sin embargo, en los niños y los jóvenes es muy frecuente que el pulso muestre un bicuspidismo evidente, en el cual normalmente la primera cima es algo más alta que la segunda. También es frecuente que el mencionado bicuspidismo sea más evidente en las extremidades superiores que en las inferiores. Aunque de un modo muy general, podemos decir que la forma de la cima, tanto en su redondeamiento como en su unidad o desdoblamiento, depende en gran parte de la transmisión del pulso de la aorta ascendente, siempre y cuando no existan trastornos arteriales intermedios. Cuando éstos se hallan presentes, la morfología de la cima depende primordialmente de los cambios que se sucedan en las ramas anácrota y catácrota, ya que éstas son en definitiva las que condicionan las características de la cima.

Cuando la cima es única, la abertura de su curva, es decir su mayor o menor convexidad hacia arriba, depende del paso de la porción media de la onda del pulso. Cuando existe simplemente una gran rigidez parietal arterial (o cuando se ha practicado una endarteriectomía o se ha colocado un by-pass), cuando las resistencias periféricas son muy bajas (vasodilatación marcada) o cuando existen trastornos cardíacos centrales (insuficiencia cardíaca, insuficiencia aórtica) la cima del pulso se torna más puntiaguda. Por el contrario, cuando existe un proceso estenótico muy acentuado entre el corazón y el punto explorado (coartación

MORFOLOGÍA: Algunas de las diversas variantes de las ramas y de los accidentes del pulso

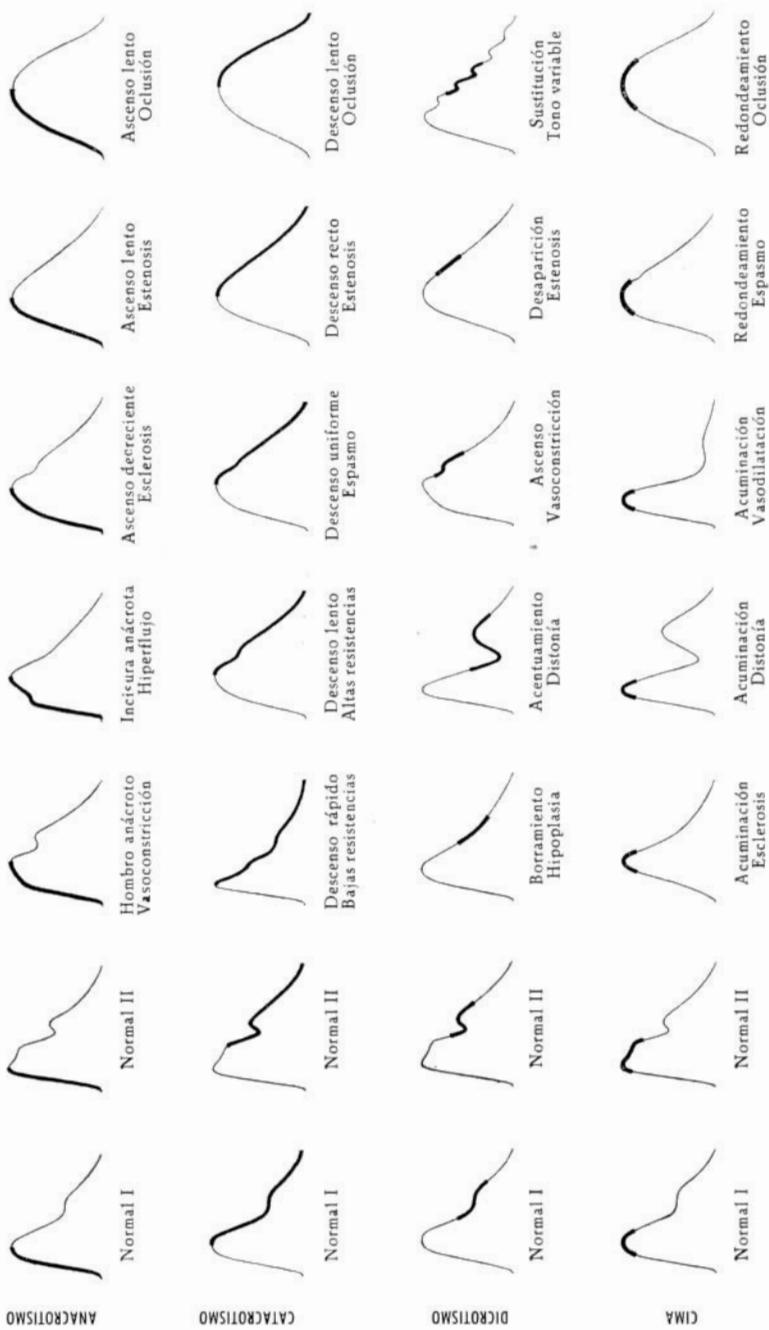
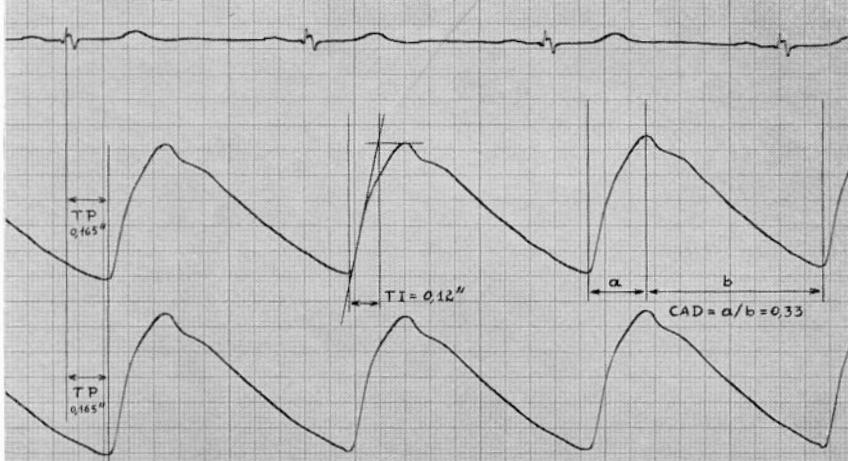
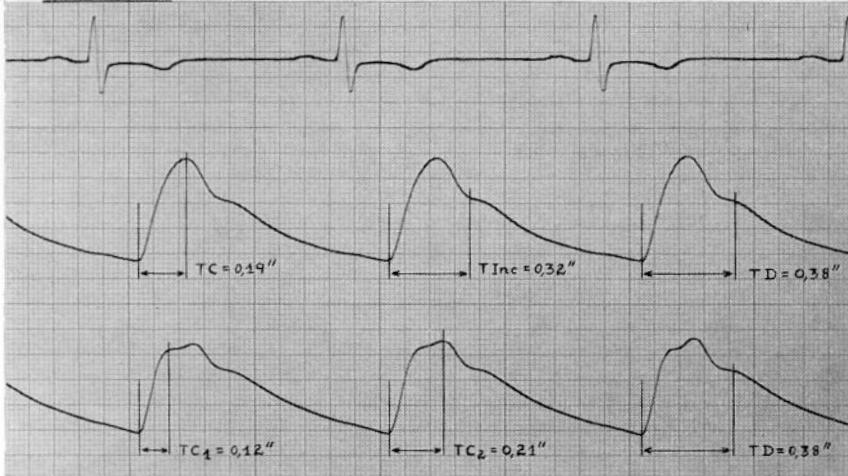


Fig. 1. Representación esquemática de las múltiples variantes de la morfología del pulso oscilográfico electrónico que ilustran varios tipos de anacrotismo, de catacrotismo, de dicrotismo y de cima. Debajo de cada pulso se indica la denominación más frecuente del tipo de rama o accidente (línea superior) y la significación más característica del mismo (línea inferior).

A. CRONOLOGÍA: Determinación de algunos valores cronológicos



B. CRONOLOGÍA: Determinación de algunos valores cronológicos



C. REPRESENTACIÓN PLANIMETRICA DEL TONO ARTERIAL

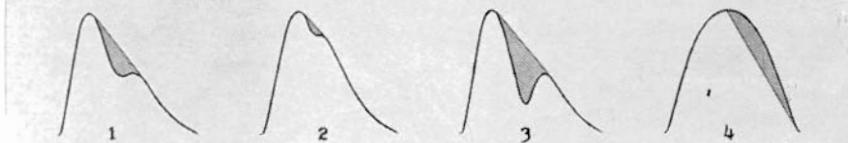


FIG. 2. En la poligráfica superior (A) se indica el modo de medición del tiempo de propagación (TP), del tiempo de inclinación (TI) y del cociente ascenso/descenso (CAD). En la poligráfica media (B) se señala la manera de calcular el tiempo de cima (TC), los tiempos de cúspide (TC<sub>1</sub> y TC<sub>2</sub>), el tiempo de incisura (TInc) y el tiempo de dicrotismo (TD). En el esquema inferior (C) se ilustra la representación planimétrica del tono arterial, que es negativa en 1 (tono medio), en 2 (tono aumentado) y en 3 (tono disminuido), y positiva en 4 (pulso de morfología integrada por oclusión arterial). En el texto se encuentra la exposición detallada correspondiente.

aórtica, estenosis arterial) o cuando hay una oclusión arterial total la cima del pulso es muy suave, muy aplanada.

Cuando la cima es doble la primera cúspide es más alta que la segunda. En caso de que el explorando sea muy joven o exista disminución marcada de las resistencias periféricas, la segunda cúspide se hunde mucho, predominando entonces en gran medida la primera, e incluso llega a desaparecer más o menos por completo, quedando la cima del pulso convertida en una sola cúspide precoz y puntiaguda. Por el contrario, cuando aumentan las resistencias periféricas o cuando la pared arterial se vuelve más rígida, la primera cúspide tiende a disminuir de nivel, predominando en este caso la segunda. Es en estas ocasiones cuando el oscilograma electrónico adquiere la morfología anacrótica mencionada anteriormente. No es raro que en distónicos neurovegetativos o en pacientes afectos de síndromes neurovasculares el hecho de provocar una vasoconstricción periférica (mediante el frío o la prueba de esfuerzo) hace que la primera cúspide, antes predominante, se hunda y quede entonces por debajo del nivel de la segunda.

5) **Representación planimétrica del tono arterial.** Posee tanta importancia diagnóstica, al indicarnos el estado de vasoconstricción o de vasodilatación y su influenciabilidad por pruebas funcionales o farmacodinámicas, como terapéutica, al señalar el grado de efectividad de sustancias medicamentosas.

Anteriormente se ha mencionado que el nivel de la incisura dícrota y, en menor cuantía, la amplitud de la onda del mismo nombre guardan una relación directa con el tono arterial, significando dilatación el descenso de la incisura (y el aumento de amplitud de la onda) y señalando constricción el ascenso de la incisura (y la disminución de la magnitud de la onda). El grado de variación de estos parámetros es paralelo al del tono arterial.

La representación planimétrica del tono arterial se lleva a cabo midiendo el área comprendida entre dos líneas. Una de ellas, imaginaria, está formada por la recta que une la cima de la curva del pulso y el vértice de la onda dícrota. La otra, real, corresponde al segmento de la gráfica que se extiende entre los dos puntos mencionados. Como que la línea de referencia es la recta imaginaria señalada, normalmente la superficie es negativa, puesto que el segmento de la gráfica queda por debajo de la citada recta. Cuanto mayor sea la superficie, es decir cuanto más baja sea la incisura dícrota y más amplia la onda homónima, tanto mayor será la dilatación o relajación del tono arterial. Por el contrario, cuanto menor sea dicha superficie, o sea cuanto más alta se halle la incisura y más reducida sea la onda dícrota, tanto mayor será la constricción o aumento del tono arterial.

En ciertos casos, en que la incisura dícrota ha desaparecido por completo y en que las ramas anacrótica y catácrota tienen unas pendientes bastante semejantes por retraso en la aparición de la cima, es decir cuando se presenta la llamada morfología integrada del pulso, cuya significación se indicará en un trabajo posterior, la representación planimétrica del tono arterial, que en este caso no corresponderá al de la vía arterial principal sino al de la circulación complementaria, se realiza midiendo la superficie comprendida entre dos líneas de fundamento semejante al anterior. La primera, imaginaria, es también una recta que une la cima de la curva del pulso y el pie o comienzo del pulso siguiente. La segunda, real, es el segmento de gráfica que se extiende entre los dos puntos indicados. En este caso la

línea imaginaria se halla por debajo del segmento real de la curva y, por lo tanto, el área será positiva. Cuanto mayor sea dicha superficie, o sea cuanto más roma sea la cima del pulso y en parte cuanto más tardía sea la inscripción de la misma, tanto mayor será la relajación del tono arterial complementario. Por el contrario, cuanto menor sea la mencionada área, es decir cuanto más picuda sea la cima y en parte cuanto más temprana sea su inscripción, tanto mayor será el aumento del tono.

La determinación planimétrica del tono arterial tiene importancia diagnóstica, puesto que señala la intervención de factores vegetativos en el proceso vascular del paciente y, mediante diversas pruebas funcionales y farmacodinámicas, la variabilidad de los mismos, permitiendo determinar como funcionales alteraciones que parecían orgánicas. Igualmente, también tiene importancia terapéutica al ofrecernos la posibilidad de enjuiciar la efectividad de diversos medicamentos o de la simpatectomía tanto en las enfermedades vasculares periféricas funcionales como orgánicas, ya que se pueden objetivar las modificaciones que se han inducido sobre el sistema vegetativo.

### C. CRONOLOGIA

Los valores cronológicos constituyen los criterios más exactos y más finos del diagnóstico oscilográfico electrónico. Pero aún más importancia que la determinación aislada de dichos valores la tiene la comparación de los mismos entre dos puntos simétricos de dos extremidades homónimas. Sin embargo, no hay que olvidar que, excepto en lo que se refiere al tiempo de propagación de la onda del pulso, los restantes valores cronológicos están íntimamente ligados a la morfología de la curva y, en definitiva, ambos tienen posibilidades semejantes. Mas el hecho de que la morfología, si bien es en principio objetiva, necesita de la subjetividad del explorador para su interpretación realza la importancia de la cronología, que es mucho más ampliamente independiente, interviniendo poco el factor subjetivo derivado tanto de los siempre factibles errores de medición como de los prejuicios diagnósticos al llevar a cabo la misma.

De un modo semejante a lo que ocurre con la amplitud y con la morfología, la existencia de una arritmia cardíaca marcada, especialmente en los frecuentes casos de arritmia ventricular absoluta por fibrilación auricular, da lugar a variaciones más o menos marcadas de los valores cronológicos en relación con la separación de los pulsos entre sí. En un pulso determinado, la alteración de los valores cronológicos depende no sólo de la distancia con respecto al pulso precedente sino también de la que reina entre éste y el inmediatamente anterior. De todos modos, la presencia de una arritmia de este tipo no significa que no se pueda atender a la cronología, pues en primer lugar continúa siendo válida la comparación entre una zona de una extremidad y la simétrica de la contralateral y en segundo lugar puede establecerse una media de los diferentes tiempos de varias pulsaciones, cuantas más mejor, y formarse una idea bastante exacta de lo que sería la cronología en ritmo regular a la frecuencia cardíaca media en el momento de la exploración.

La aparición de una extrasístole, es decir de una sístole cardíaca prematura

de origen ectópico, da lugar a cambios bastante similares a los que condiciona la presentación de una insuficiencia cardíaca. Al igual que la amplitud se reduce, que la cima se torna más acuminada, que la incisura dícrota se hunde y que la onda dícrota se vuelve más amplia, la cronología sufre también alteraciones marcadas. Dichas alteraciones consisten en un retraso del tiempo de propagación, en una reducción falsamente paradójica del tiempo de inclinación y en un adelanto del tiempo de cima, así como en una disminución del cociente ascenso/descenso. Algo semejante sucede en la arritmia completa cuando dos pulsos se suceden muy rápidamente y el anterior a ellos ha incidido mucho antes. Lo contrario tiende a suceder cuando después de dos pulsaciones muy seguidas sigue una tercera más distante. En las fases en las que las ondas pulsátiles se suceden bastante regularmente tanto la morfología como la cronología tienden a «normalizarse», especialmente si la frecuencia cardíaca media no es demasiado alta ni demasiado baja.

En la práctica suelen determinarse los siguientes valores cronológicos:

1) **Tiempo de propagación de la onda del pulso (TP).** Corresponde al tiempo que la onda del pulso emplea en llegar desde la salida del corazón, es decir las sigmoideas aórticas, hasta el lugar explorado. En realidad debería medirse desde el pie o comienzo del pulso central (el registrado en la aorta ascendente a través del hueco supraesternal) hasta el pie del pulso considerado. Sin embargo, este tipo de determinación resulta bastante engoroso por la dificultad existente en muchos casos de detectar correctamente dicho pulso central. Normalmente, se toma como punto de referencia una derivación electrocardiográfica, especialmente la primera o la segunda derivación de Einthoven. Unos autores prefieren referirse siempre al vértice de la onda R, al cual toman como punto de partida para la medición. Otros estiman más conveniente atender siempre al comienzo del complejo QRS. Tanto unos como otros están en lo cierto y simultáneamente caen en el error, puesto que muy frecuentemente el corazón presenta trastornos de la conducción intraventricular que no permiten una referencia precisa del comienzo de la fase expulsiva ventricular izquierda. De todos modos, como en la mayoría de los casos estas diferencias cronológicas no son decisivas en comparación con el resto de las fuentes de error, es indiferente inclinarse por un criterio o por otro. También puede tomarse como referencia el fonocardiograma, comenzando a calcular en el momento en que se inscribe la primera oscilación amplia del primer ruido. En estos casos hay que deducir unos 0,03 seg. si las mediciones se hacen habitualmente a partir del vértice de la onda R, y 0,06 seg. si se realizan a partir del comienzo del complejo QRS.

El tiempo de propagación de la onda del pulso se va alargando cuanto más lejos del corazón se halle la zona explorada. En los dedos de los pies el tiempo máximo aceptado como normal es de 0,30 seg. En los dedos de las manos es de 0,25 seg. Las diferencias que existen entre la parte proximal de una extremidad y la distal suelen ser del orden de 0,06 seg.

El tiempo de propagación de la onda del pulso depende de la velocidad de la citada onda. No hay que confundir entre velocidad de la onda del pulso y velocidad del flujo sanguíneo hacia la perifería, ya que aquélla representa únicamente una «onda de distensión» que avanza, merced a la relativa rigidez de la pared arterial

a pesar de su elasticidad, a una velocidad mucho más rápida que ésta. Todos los factores que incrementan la velocidad de la onda del pulso, como la pérdida de la elasticidad parietal arterial, el aumento de la presión arterial media, la edad, el incremento del tono arterial, etc., darán lugar a una disminución del tiempo de propagación. La intervención del tono vegetativo es muy evidente en los sujetos distónicos, en los cuales se aprecian fácilmente variaciones del tiempo de propagación, alargándose éste cuando se presenta relajación de las arterias musculares (lo que significa mayor elasticidad de éstas y, por lo tanto, menor rigidez) y acortándose cuando aparece un aumento del tono muscular (lo que equivale a un incremento de la rigidez parietal).

El tiempo de propagación sólo se alarga francamente por encima de los valores normales cuando existe un proceso estenótico-obliterante avanzado. Si el proceso no es tan pronunciado, el citado tiempo puede quedar comprendido dentro de la normalidad. En las arteriopatías espásticas funcionales marcadas también se presenta un alargamiento del mencionado tiempo, pero nunca tanto que supere inequívocamente los valores máximos normales. En este tipo de angiopatías el hecho de provocar una mayor constricción vascular (por ejemplo mediante la prueba del frío) da lugar a una alargamiento más o menos evidente del TP, según el grado de aumento del tono vegetativo.

No obstante, más importancia que la consideración aislada del tiempo de propagación en un segmento de una extremidad la posee la comparación de los tiempos de propagación en dos puntos simétricos de dos extremidades homónimas. Normalmente puede existir una ligera discrepancia entre ellos, sobre todo en las extremidades superiores, pero esta no alcanza más de 0,01 seg. o, a lo máximo 0,02 seg. Cuando la diferencia entre los dos lados es superior a esta cifra puede suponerse con suficiente garantía que el alargamiento del tiempo de propagación se debe a un fenómeno estenosante u obliterante de la extremidad que muestra tal retraso. Diferencias pequeñas pueden ser debidas a trastornos funcionales, pero diferencias marcadas son siempre indicio de organicidad. Además, las diferencias originadas por los primeros pueden reducirse ampliamente e incluso anularse mediante diversas pruebas funcionales o farmacológicas, mientras que las debidas a causas orgánicas apenas si pueden modificarse. Así, por ejemplo, en el síndrome del escaleno o en el Raynaud las medidas vasodilatadoras, como la aplicación de calor, el bloqueo del simpático, etc., pueden normalizar en gran medida el tiempo de propagación alargado del lado afecto (a la vez que se normalizan también las restantes características métricas y morfológicas de la curva), mientras que en la estenosis avanzada de la arteria femoral las medidas mencionadas, si bien pueden intervenir sobre el aspecto métrico y morfológico, no son capaces de acortar el tiempo de propagación en el lado que se halla alargado. En aquellos casos en los que en los dos lados los TP son completamente normales, pero en los que entre uno y otro lado existe una diferencia evidente, de 0,04 seg. o más, habrá que suponer la existencia de un proceso patológico y se tendrán que practicar las exploraciones pertinentes para confirmarlo.

2) **Tiempo de inclinación (TI).** Dicho tiempo es una medida en principio arbitraria, pero que expresa de un modo bastante real la «potencia» de llegada de la onda del pulso, señalando, por lo tanto, si la misma queda o no frenada durante

su camino por un factor patológico. Para calcular el tiempo de inclinación se traza en primer lugar una tangente a la rama anácrota o ascendente del pulso y, en segundo lugar, una línea horizontal que partiendo del vértice de la curva vaya a cortar la tangente anterior. Desde el punto de cruce de ambas líneas se tiende una perpendicular a la línea base y entonces se mide el tiempo comprendido entre el pie o comienzo del pulso y el punto donde la perpendicular corta la línea base.

Al igual que el tiempo de propagación y que los restantes eventos del pulso, el tiempo de inclinación tiende a aumentar a medida que la zona explorada se aleja del corazón. Ello es consecuencia del amortiguamiento progresivo que sufre la «potencia» inicial de llegada de la onda del pulso a medida que se suman resistencias en el recorrido hacia la periferia. De todos modos, el tiempo de inclinación es menos afectado que otros valores cronológicos. El tiempo de inclinación máximo aceptado es de 0,20 seg en los dedos de los pies y muy poco menos en las restantes zonas de las extremidades inferiores o superiores.

El tiempo de inclinación sólo se alarga evidentemente en los procesos estenótico-obliterantes arteriales. En casos orgánicos poco avanzados o en las arteriopatías funcionales el alargamiento de dicho tiempo es mucho menor. Cuando el pulso es monocúspide, es decir posee una sola cima, el alargamiento del tiempo de inclinación suele realizarse a expensas del retardo de la citada cima, hecho que se presenta tanto en procesos funcionales como orgánicos. Cuando el pulso es bicúspide, lo que en principio excluye ya la existencia de organicidad obliterativa, el alargamiento del tiempo de inclinación se lleva a cabo a expensas del hundimiento de la primera cúspide, con lo que la pendiente de ascenso de la curva se hace más lenta y el pulso adquiere el carácter de anácroto. Este fenómeno es muy frecuente observarlo en angiopatías funcionales, por ejemplo en el fenómeno de Raynaud y otras afecciones vasoespásticas.

También al valorar el tiempo de inclinación tiene suma importancia la comparación de zonas simétricas de extremidades homónimas. Es normal que entre uno y otro lado existan pequeñas diferencias, que no suelen comportar más de 0,01-0,02 seg. Diferencias un poco superiores a las citadas pueden encontrarse tanto en arteriopatías funcionales como orgánicas, pero diferencias francas entre los dos lados son privativas de estas últimas. En los casos dudosos, las pruebas funcionales o farmacológicas pueden ayudar extraordinariamente a resolver el problema, puesto que en las primeras las medidas vasodilatadoras (aplicación de calor, inhalación de nitrito de amilo, bloqueo del simpático) normalizan más o menos completamente el tiempo de inclinación, mientras que en las segundas apenas hay respuesta o ésta no aparece.

3) **Tiempo de cresta o de cima (TC).** Corresponde al intervalo que se extiende entre el pie o comienzo de la curva del pulso y el momento en que ésta alcanza su vértice. Tiene un significado muy superior al tiempo de inclinación, puesto que señala directamente el amortiguamiento que la energía de distensibilidad máxima arterial sufre en su camino hacia la periferia, es decir que nos informa tanto sobre el estado de rigidez de la pared arterial como de los obstáculos que se encuentran en el trayecto recorrido.

De manera semejante a lo que ocurre con el tiempo de inclinación, el tiempo de cima tiende a aumentar a medida que nos alejamos del corazón, pero en un

grado mucho menor que el tiempo de propagación. Normalmente se acepta que el tiempo de cima máximo es de 0,25 seg. en los dedos de los pies y muy poco menos en los restantes puntos de las extremidades superiores o inferiores.

El tiempo de cima es el criterio más seguro que ofrece la oscilografía electrónica para establecer el diagnóstico de una arteriopatía estenótico-obliterante, sobre todo en los casos precoces cuando se realiza la comparación con una zona simétrica de la otra extremidad. Cuando el proceso orgánico es muy avanzado, el tiempo de cima se alarga francamente por encima de los valores normales. Cuando es mucho menos acusado o cuando el trastorno es puramente funcional el retraso es mucho menor y queda incluido dentro de la normalidad. Es en estos casos cuando la comparación entre lados simétricos adquiere su máximo relieve. Las afecciones orgánicas unilaterales, por poco avanzadas que sean, en seguida dan lugar a una diferencia del tiempo de cima de 0,04 seg. o más. Sin embargo, en muchas ocasiones el otro lado también se halla afectado y entonces la diferencia no es tan clara y no permite el diagnóstico preciso del proceso orgánico, sobre todo por el hecho de que frecuentemente los tiempos de cima de los dos lados se hallan dentro de límites normales. No obstante, la determinación del TC de las otras dos extremidades restantes puede mostrar diferencias significativas.

Cuando el tiempo de inclinación se encuentra en los límites máximos de la normalidad se recurre a las pruebas funcionales o farmacológicas para conocer su origen. En los casos orgánicos en los que un lado está más afecto que el otro las medidas vasodilatadoras no dan lugar a ninguna modificación de la diferencia entre los dos lados. Por el contrario, en los casos de arteriopatías funcionales monolaterales las citadas medidas igualan total o ampliamente los tiempos de cima de las dos extremidades, de tal modo que la diferencia se torna insignificante.

Cuando el pulso es bicúspide, lo que sucede frecuentemente en los jóvenes y distónicos vegetativos que no han sobrepasado la edad adulta, especialmente cuando la región explorada se halla ubicada en la extremidad superior, no puede determinarse el tiempo de cima, ya que existen dos cúspides diferentes. Sin embargo, lo que puede hacerse es calcular el tiempo de cada una de las dos cimas, con el fin de hacer la comparación con la de otros puntos de la misma o de otra extremidad. Cuando se produce vasodilatación es la primera cima la que domina en altura y cuando la vasodilatación es extrema la segunda cúspide se hunde tanto que desaparece y la onda del pulso contiene entonces una sola cresta que es muy precoz, si bien menos que la primera cima del pulso típicamente bicúspide. Por el contrario, cuando se produce una vasoconstricción la primera cúspide es la que se hunde, dando lugar a una anacrotismo, y entonces la curva posee una sola cima constituida por la que antes era segunda cúspide.

4) **Cociente ascenso/descenso (CAD).** Es la relación que existe entre el tiempo de cima y el comprendido entre la inscripción de la cima y el comienzo de la pulsación siguiente. Por lo tanto, este cociente depende por un lado de la duración del tiempo de cima y por otro de la duración total de la diástole, interviniendo, pues, un factor relativamente independiente de la hemodinamia que origina el pulso. Decimos relativamente independiente, puesto que, si bien en

la génesis de la onda pulsátil intervienen muchos otros factores, la duración del período diastólico al modificar el volumen sistólico del ventrículo izquierdo y el tiempo de expulsión tiene también cierta intervención. Por supuesto que para el cálculo de este cociente se ha de tener en cuenta que las pausas diastólicas sean constantes, ya que aunque en el denominador incluyamos el tiempo de descenso de la curva considerada en realidad interviene también el tiempo de descenso de las dos pulsaciones precedentes, de un modo semejante a lo que se señaló sobre la amplitud en el caso de existir una arritmia ventricular completa por fibrilación auricular o por otras causas.

El valor máximo aceptado del cociente ascenso/descenso es de 0,5, lo que significa que el tiempo de ascenso de la vertiente anácrota del pulso ha de representar como máximo la mitad del tiempo empleado por el descenso de la rama catárota. De todos modos, este valor tan elevado sólo se alcanza en sujetos normales cuando la frecuencia ventricular es bastante rápida, puesto que con frecuencias del orden de 65-70 sistoles por minuto el cociente no suele rebasar la cifra de 0,3-0,4. Valores superiores a 0,5 sólo se encuentran en casos de arteriopatías orgánicas muy avanzadas. Valores dentro de la normalidad se hallan en todos los trastornos puramente funcionales y en gran parte de los orgánicos. Al igual que los restantes valores cronológicos, la comparación entre dos puntos simétricos contralaterales tiene gran importancia así como las variaciones que pueden inducirse mediante pruebas funcionales o farmacodinámicas. Pero como que el tiempo de cima es el que en definitiva origina, como factor más importante, las modificaciones del cociente ascenso/descenso, éste no suele medirse de un modo rutinario sino sólo en casos especiales.

En los casos de morfología biscúspide la cima está teóricamente constituida por la primera cúspide, pues el vértice de ésta representa el fin de la transmisión del intervalo taquivolémico (es decir el final de la transmisión de la fase de expulsión rápida) del ventrículo izquierdo. Por lo tanto, la referencia para el tiempo de cima y el cociente ascenso/descenso tendría que ser el citado punto. Sin embargo, como es muy frecuente que los trastornos funcionales cursen con descenso exagerado de la primera cúspide y la cima del pulso quede entonces constituida por el vértice de la segunda, en los casos de bicuspidismo no debe hacerse la medición exclusiva de un solo tiempo de cima, valorando la mayor amplitud de una u otra cúspide, sino que hay que calcular los tiempos de las dos cúspides y hacer la comparación con la zona simétrica contralateral. En este tipo de morfología no debe calcularse el cociente ascenso/descenso.

5) **Tiempos de dicrotismo.** Si bien normalmente no se miden, hay que conocer las características cronológicas de inscripción de la incisura dicrota y del vértice de la onda homónima. Anteriormente se ha indicado que los fenómenos catárcotos reconocen una génesis mixta, siendo en parte debidos a la transmisión amortiguada del incisurismo y del dicrotismo que, incluidos en la onda del pulso, avanzan hacia la periferia, y en parte condicionados por el rebote de la citada onda en las regiones periféricas de resistencia aumentada, lo que origina una nueva onda de presión de dirección centrípeta hacia el corazón. A su vez, esta onda refleja pone en oscilación todo el sistema aórtico y femorotibial, generando una «onda estacionaria» cuyos efectos se suman a los anteriormente citados

Estos hechos nos explican que, si bien tanto la incisura dícrota como la onda dícrota sufren un retraso cada vez mayor respecto al comienzo de la curva del pulso, a medida que la exploración se dirige hacia la periferia el retraso es relativamente mayor para la incisura que no para la onda dícrota. Así, si a nivel de la arteria femoral el tiempo entre la incisura dícrota y el vértice de la onda homónima es de 0,16 seg., a nivel de la arteria tibial dicho tiempo es sólo de 0,10 seg. Esto es lo que sucede en el miembro inferior. En el superior, al no ser sus arterias continuación directa de la aorta sino que nacen más o menos perpendicularmente a ella, los fenómenos de rebote y de onda estacionaria no son tan evidentes y la onda dícrota, aunque escasamente, cada vez se halla más distanciada de la incisura desde el extremo proximal al distal de la extremidad.

### RESUMEN

Para valorar adecuadamente las curvas oscilográficas electrónicas se tienen en cuenta diversos criterios métricos, morfológicos y cronológicos. Los caracteres métricos, es decir la amplitud, son de relativa escasa importancia diagnóstica, teniendo valor sólo diferencias muy marcadas entre dos puntos simétricos de dos extremidades homónimas. Respecto a la morfología se consideran las características del anacrotismo, del catacrotismo, del dicrotismo, de la cima o cresta de la curva y de la representación planimétrica del tono arterial. En cuanto a la cronología, lo más importante desde el punto de vista diagnóstico, se consideran los tiempos de propagación de la onda del pulso (TP), de inclinación (TI) y de cima (TC), el llamado cociente ascenso/descenso y en mucha menor cuantía los tiempos de dicrotismo. Las alteraciones de todos estos parámetros siguen caminos diferentes en las arteriopatías funcionales y en las orgánicas. No obstante, existen casos que precisan la ayuda de pruebas funcionales o farmacodinámicas para valorarlos acertadamente, dado el comportamiento diferente que a dichas pruebas manifiestan los trastornos funcionales y los orgánicos. Las curvas no hay que enjuiciarlas nunca aisladamente sino siempre correlacionándolas con un fenómeno circulatorio central y comparándolas con las obtenidas simultáneamente en otros puntos de la misma o de otra extremidad, preferentemente con la zona simétrica de la extremidad contralateral.

### SUMMARY

The second part of this work concerns to the valoration of morphology, chronology and metric characteristics of the curves. Principles, material and methods were exposed in the 1st. part. Alterations of morphology, chronology and measurement are not the same in organic arteriopathies as in functional diseases. A curve must always be considered in correlation with a central event, and the record must be compared with a simultaneous record obtained from other points of the same or opposite extremity. No significant results are obtained from a single record.

## BIBLIOGRAFIA

1. **Galindo-Planas, N.**: Diátesis vasculares hipoplásicas pospoliomielíticas. Su estudio mediante la aortografía translumbar y la oscilografía electrónica. «Angiología», vol. XXI, núm. 6, pág. 304; 1969.
2. **Galindo-Planas, N.**: Hamartoma plantar. Estudio oscilográfico electrónico, arteriográfico y tratamiento quirúrgico. «Medicina Clínica», agosto 1969 (en prensa).
3. **Kappert, A.**: «Leitfaden und Atlas der Angiologie», Hans Huber, Bern & Stuttgart, 1966.
4. **Martínez-Muñoz, A.** y **Galindo-Planas, N.**: La oscilografía electrónica en el diagnóstico de las arteriopatías obliterantes de extremidades. «VIII Congreso Argentino de Cardiología», Córdoba, julio, 1969.
5. **Martínez-Muñoz, A.** y **Galindo-Planas, N.**: La oscilografía electrónica en el diagnóstico de las enfermedades vasculares periféricas. I. Fundamento, material y técnica. «Angiología», vol. XXII, núm. 1, pág. 13; 1970.
6. **Schoop, W.**: «Angiologie-Fibel», Georg Thieme, Stuttgart, 1967.