

## **Importancia del Electrodiagnóstico en Medicina del Equino Deportivo**

**García Liñero, J.A \*** ; **Scipioni, Hugo\*\*** ; **Vaccaro , Mariana\*\*\*** ; **Spina Jorge\*\*\*\*** ;

**Palabras Claves :** Electrodiagnóstico clásico – curvas de intensidad /tiempo - cronaxia - reobase

### **Resumen:**

El presente trabajo tiene por objeto brindar un resumen del concepto de electrodiagnóstico clásico y facilitar al lector una introducción al uso del mismo, en la práctica de la clínica del equino deportivo.

Tratan de explicarse también las ventajas de su uso en la labor cotidiana, recalcando los beneficios que su sencillez, rapidez y economía brindando al profesional la determinación del tipo de lesión muscular y la elección de los parámetros adecuados de la electroterapia que se emplea.

En los últimos años, la fisioterapia en equinos deportivos, y especialmente la electroterapia, a través de múltiples investigaciones, empezó a ocupar un papel de apoyo fundamental como un tratamiento más en la rehabilitación del caballo atleta.

**Key words:** Classics electro-diagnostic, Cronaxia, reobase, intensity / time curves

-

### **Summary:**

The subject of this publication is to give to the users a complete introduction and resume of the classic electrodiagnostic for the sports horses medicine.

In this work the advantages of the use in the every day work, benefits, simplicity and economy, are explained in order to give information to the Practitioners about some aspects of the muscular injuries and in the choice of adequate doses in electrotherapy.

In the last few years, the physiotherapy in sports horses, specially electrotherapy , through multiples research had occupied an important role as a therapeutic support in the rehabilitation of the sport horses.

\* Médico Veterinario .Profesor Adjunto Área Salud y Producción Equina. Facultad de Ciencias Veterinarias Universidad de Buenos Aires. Chorroarín 280 (1427). Ciudad de Buenos Aires

\*\* Médico Veterinario .Profesor Titular Área Salud y Producción Equina. Facultad de Ciencias Veterinarias Universidad de Buenos Aires. Chorroarín 280 (1427). Ciudad de Buenos Aires

\*\*\* Veterinaria .Docente Área Salud y Producción Equina. Facultad de Ciencias Veterinarias Universidad de Buenos Aires. Chorroarín 280 (1427). Ciudad de Buenos Aires.

\*\*\*\* Ingeniero-Actividad Privada- SEAKIT. S:A:

\*\*\*\*\* Veterinaria .Docente Enfermedades Quirúrgicas. Facultad de Ciencias Veterinarias Universidad de Buenos Aires. Chorroarín 280 (1427). Ciudad de Buenos Aires.

## **Introducción**

El electrodiagnóstico clásico, si bien no es ni un reemplazo ni un equivalente de la electromiografía (los datos que aporta no son similares ni intercambiables), es gracias a la rapidez de su trazado y a la valiosa información obtenida sin duda una herramienta de alto valor para aquellos profesionales que han decidido hacer uso de la electroterapia.

El esquema de uso involucra tres aspectos fundamentales; la localización de la placa motriz del músculo, la determinación de la *cronaxia* y de la reobase.

El electrodiagnóstico clásico concluye entonces brindado en forma instantánea una valoración subjetiva del comportamiento del músculo estudiado, y a través del tiempo una medición concreta de la evolución de dicho músculo en su respuesta al tratamiento con impulsos eléctricos.

## **Fundamentos:**

Tanto por medio de la aplicación directa de estímulos eléctricos sobre la fibra muscular, o la aplicación indirecta a través del nervio, pueden desencadenarse fenómenos mecánicos, eléctricos, químicos y térmicos.

El impulso nervioso que se genera en la corteza cerebral viaja en forma de corriente eléctrica hasta el músculo. Una vez que el impulso llega al músculo desencadena los fenómenos que finalizan en una contracción muscular. <sup>(8)</sup>

Es factible, como se sabe desde las experiencias de Galvani, generar esa misma contracción o una similar aplicando en determinados lugares estímulos de la misma naturaleza que los que se verifican durante la contracción (mecánicos, eléctricos, químicos o térmicos).

## **Bases históricas**

A partir de la mitad del siglo XIX, el galvanómetro, recientemente inventado, fue aplicado al estudio de diferentes problemas físicos y fisiológicos, entre los que se encontraban precisamente la actividad nerviosa y la muscular.

El primer trabajo con interés para el establecimiento de nuestros fundamentos fue Nobili, quien usando el galvanómetro astático que él mismo diseñó, logró determinar que el músculo genera corrientes eléctricas durante la contracción.

Destacable es también Carlo Matteucci (1811-1865), Profesor de Física en Pisa y uno de los primeros ministros italianos de Instrucción Pública.

Matteucci descubrió que un músculo lesionado, en reposo, se comporta como una fuente de corriente eléctrica. Demostró además que el nervio en una preparación neuro-muscular ( N. Ciático - M. Gastrocnemio de la rana), podía ser estimulado por otro músculo si ambos estuviesen en contacto.

Matteucci fue el primer fisiólogo que usó la contracción de un músculo unido a su nervio motor para detectar la estimulación (excitación) del nervio. El músculo es usado entonces como un indicador muy conveniente y económico de la actividad del nervio motor, razón por la cual este método fue empleado hasta avanzado el siglo XX para fines de investigación original, y es aún usado en demostraciones docentes.

Los instrumentos de Matteucci fueron suficientemente sensitivos para detectar una disminución en la amplitud de esa corriente eléctrica durante la contracción tetánica (término que él introdujo) alcanzada mediante estricnina. También notó que cuando se cerraba un circuito eléctrico estimulador, la excitación del nervio se originaba en la región donde se colocaba el cátodo (o electrodo negativo), mientras que cuando se abría el circuito era la región del ánodo (o electrodo positivo) la excitada.

Fue además, el primero en notar que los electrodos de estimulación se polarizaban (esto es, desarrollaban un potencial propio) después de haber pasado por ellos una corriente eléctrica.

Alrededor de 1840 una floreciente escuela de fisiología en Alemania, albergó a profesionales tales como Johannes Müller (1801 -1858), Emil Heinrich Du Bois-Reymond (1818-1896), Hermann von Helmholtz (1821-1894), Ernst von Brücke (1819-1892) e Ivan Mikhailovich Sechenov (1829-1905).

Entre los nuevos actores en esta historia, se destacó Dubois-Reymond, quien descubre lo que hoy conocemos como el potencial de acción.

En 1841, Emil Du Bois-Reymond recibió de Matteucci una copia de uno de sus primeros libros, *Essai sur les Phénomènes Electriques des Animaux* (publicado en París en 1840), junto con la sugerencia de que sería interesante confirmar y expandir el trabajo allí consignado. Du Bois-Reymond siguió el consejo en forma tan literal, que en noviembre del mismo año ya había publicado una nota preliminar sobre el tema, y hacia finales de la década publicaba su monumental trabajo *Untersuchungen über thierische Elektrizität*, el primer volumen en 1848 y el segundo en 1849.

Du Bois-Reymond fue aún más lejos. Estudiando con su sensible galvanómetro nervios aislados, descubrió en 1845 la existencia de cambios electromotrices en el tejido nervioso, similares a los observados en el músculo. Observó que si los electrodos del galvanómetro eran aplicados sobre la superficie del nervio, alejados de los extremos cortados, esta superficie era equipotencial.

Sin embargo, si uno de los electrodos era colocado cerca del extremo cortado mientras que el otro estaba alejado, el electrodo cercano al extremo cortado era negativo con respecto al otro. También encontró que cualquier lesión producida por calor o compresión sobre una región previamente intacta del nervio lo hacía negativo con respecto a las regiones aún intactas. Ya que estas corrientes eran registradas en nervios en ausencia de estimulación, fueron llamadas corrientes de reposo. Usando la terminología contemporánea, éstas serían descritas como las corrientes de lesión producidas por el potencial de reposo de las fibras nerviosas que se descargan a través de la región dañada de la membrana excitable del nervio

Usando la estimulación farádica (corriente producida por un carrete de inducción) detectó que el "Muskelstrom" disminuía cuando se estimulaba el nervio motor, a lo que llamó una "variación negativa" o "corriente de acción" del músculo, usando el término negativo en un sentido algebraico más que eléctrico, para implicar que la amplitud de la corriente registrada disminuía.

Du Bois-Reymond pudo demostrar también que un nervio estimulado sufre una variación negativa, similar a la observada en el músculo. Con esto, descubrió el impulso nervioso o potencial de acción y afirmó, con razón, que había demostrado la identidad entre el "principio nervioso" y la electricidad: "Si no me engaño completamente, he conseguido encontrar (aunque bajo un

*aspecto ligeramente diferente) el sueño centenario de físicos y fisiólogos, de observar, la identidad' entre el principio nervioso y la electricidad".*

La experiencia de Du Bois Reymond establece lo que se dio en llamar ley general de la excitabilidad.

## **REOBASE y CRONAXIA**

### Expresión de Hoorweg

En el año 1863 pudo demostrarse mediante las experiencias de FICK, que la mayor o menor velocidad con que la corriente eléctrica es establecida resulta de menor importancia al momento de estimular un músculo que el tiempo durante el cuál el estímulo está presente. Esto pudo aseverarse dado que para excitar los músculos lentos era preciso que la corriente durase un determinado tiempo mientras que músculos más rápidos requerían un tiempo menor de duración del impulso. <sup>(8)</sup>

Otra observación obtenida fue que además ese tiempo se incrementaba a medida que disminuía la corriente.

Las conclusiones de Fick, fueron confirmadas por Engelmann (1890) al estudiar músculos de diferentes especies animales. <sup>(8)</sup>

Engelmann comprobó que existían diversos tiempos de excitación según los tipos de músculos y animales.

Los músculos estriados son de gran excitabilidad, y requieren tiempos pequeños de estimulación mientras que los músculos lisos, poco excitables, requieren de tiempos mayores.

Mediante el experimento de Engelmann, el grado de excitabilidad de los músculos se puede establecer midiendo el tiempo que debe durar el estímulo para generar una contracción. <sup>(8)</sup>

Finalmente las experiencias de Hoorweg (1892) definitivamente demuestran la importancia del factor tiempo en la excitación de los tejidos musculares de diferentes tipos. <sup>(8)</sup>

Esta experiencia se puede describir de la siguiente forma:

Si se hace actuar sobre un mismo músculo la descarga de dos condensadores<sup>(\*\*)</sup> de distintas capacidades cargados con el mismo potencial comprobó que el condensador de mayor capacidad cuyo tiempo de descarga es mayor producía una excitación mayor que el condensador de menor capacidad.

Con esto se demostraba que la duración del pasaje de la corriente desempeñaba un papel importante en el proceso de la excitación. Hoorweg estableció una ley de excitación según la cual el voltaje **V** necesario para obtener una respuesta por medio de descargas de capacitores es inversamente proporcional a la capacidad de éstos y directamente proporcional a dos constantes **a** y **b** propias de cada tejido y a la resistencia del circuito. <sup>(8) (5) (9)</sup>

$$V = a * R + ( b / c )$$

### Ley de Weiss

Para excitar los músculos George Weiss (1901) utilizó corriente continua a la que conectaba bruscamente e interrumpía también bruscamente, o sea mediante un pulso rectangular cuya duración podía controlar.

El dispositivo usado por Weiss se denominaba reótomo balístico y consistía en una bala de carabina de velocidad conocida, que cortaba dos conductores separados a una distancia variable a voluntad.

Cuando la bala cortaba el primer conductor establecía el pasaje de corriente a través de los electrodos que excitaban el nervio o el músculo, y la excitación se interrumpía cuando la bala alcanzaba el segundo conductor. Como es natural a medida que se aumentaba la distancia entre conductores aumentaba el tiempo del pasaje de la corriente a través del tejido. Las corrientes tenían por lo tanto una iniciación y una finalización brusca con duración variable a voluntad y con forma de onda rectangular. A una distancia de 13 cm entre conductores, se obtenía una duración de impulso de 1 ms.

Con su artefacto Weiss comprobó que con corrientes de corta duración se necesitaba mayor intensidad y viceversa.

Por lo tanto la cantidad de corriente <sup>(\*\*\*)</sup> para obtener una respuesta era constante para un mismo tejido dado que la disminución de la corriente significaba un aumento de la intensidad y viceversa. Como consecuencia de sus estudios Weiss formuló una ley que decía que la cantidad  $Q$  de electricidad o carga para obtener el umbral de excitación depende de dos constantes  $a$  y  $b$  y del tiempo  $t$  que dura la corriente <sup>(6) (9)</sup>

$$Q = a + b * t$$

Si se analiza la fórmula de Weiss se puede establecer que si  $Q$  es una cantidad de electricidad, la igualdad tiene que completarse con términos semejantes, es decir que  $a$  también debe ser una cantidad de electricidad y lo mismo tiene que suceder con el producto ( $b * t$ ). En este producto si  $t$  es un tiempo, necesariamente  $b$  tiene que ser una intensidad ya que el producto de una intensidad por un tiempo nos da la cantidad de electricidad.

$$Q = I * t$$

Para conocer los valores de las constantes  $a$  y  $b$  de Weiss basta hacer dos determinaciones sobre un preparado neuromuscular, modificando la intensidad de la corriente y entonces

$$Q = a + b * t$$

$$Q_1 = a + b * t_1$$

Se tiene así una ecuación de primer grado con dos incógnitas con las que fácilmente se obtienen los valores de  $a$  y de  $b$ .

Modificando las condiciones de la experimentación en el mismo preparado (por ejemplo variando la resistencia del circuito) se modifican los valores de  $a$  y  $b$  pero estos cambios se realizan según una relación constante de manera que se verifica que

$$(a / b) = (a_1 / b_1) = (a_2 / b_2) = (a_3 / b_3)$$

Estas igualdades ponen de manifiesto que lo que caracteriza al músculo o al nervio es la resultante de la relación (**a / b**) que es una constante aun cuando se modifiquen las condiciones de la experimentación

Según se ha visto, **a** es una cantidad de electricidad y **b** es una intensidad.

Necesariamente, para mantener las unidades, el cociente entre ambos debe ser un tiempo (**t = Q / I**).

Se deduce entonces que la característica de excitabilidad del tejido estudiado es un tiempo dado por la relación (**a / b**) y que Lapicque en 1909 ha designado con el nombre de **cronaxia**.

### Expresión de Lapicque

La ley de Weiss puede expresarse en función de la intensidad de la corriente y se tiene que

$$I = (a / t) + b$$

Dividiendo ambos miembros de la ecuación por **b**, Lapicque hace sufrir a esta fórmula la siguiente transformación algebraica

$$(I / b) = [a / (b * t)] + 1$$

Si se hace que (**a / b**) = **Y** que corresponde a la cronaxia se tiene

$$(I / b) = (y / t) + 1$$

$$I = b * [(y / t) + 1]$$

Esta última se llama fórmula de Lapicque y existen en ella dos constantes: **y** que es el tiempo de excitación o cronaxia del tejido y **b** que corresponde a la intensidad de la corriente la cual varía según las condiciones experimentales.

Si en la fórmula anterior se hace que **t** llegue a un valor infinito, se tendrá que

$$I = b * [(y / \infty) + 1]$$

Al ser el cociente (**y / \infty**) = 0, la expresión anterior hace que

$$I = b$$

Traduciendo esta expresión matemática al lenguaje cotidiano, puede decirse que si se usa una corriente de gran duración (duración infinita), la intensidad necesaria para obtener una contracción es igual a la constante **b** que constituye el umbral de excitación y a la que se denomina **REOBASE**.

Si en cambio se hiciera pasar una corriente cuya duración fuese igual a la de la **cronaxia** es decir **t = y** la fórmula de Lapicque adopta esta forma

$$I = b * ( 1 + 1 ) = 2 * b$$

Nuevamente traduciendo esta expresión, se puede decir que el tiempo se denomina **CRONAXIA** cuando la intensidad necesaria para generar una contracción es el doble de la **REOBASE**.<sup>(5) (6) (7) (9)</sup>

La **cronaxia** mide la característica de excitabilidad del tejido y ofrece valores diferentes según su origen. El gastrocnemio de una rana tiene una **cronaxia** de 0,2 ms, el corazón de 2 ms y el músculo liso de 10 ms. A mayor excitabilidad de un tejido menor **cronaxia** y viceversa.

La determinación de la cronaxia exige una determinación previa del umbral de contracción o reobase la cual duplicada permite establecer el tiempo de excitación.

Se puede simplemente determinar un tiempo de excitación que se ha visto que es 10 veces superior a la cronaxia. Este tiempo que debe durar la reobase para producir una contracción ha sido llamado tiempo útil por Gildemeister (1913) y tendría una significación similar a la de la cronaxia pero es 10 veces superior.

Partiendo del tiempo útil se puede calcular la cronaxia pero la determinación es más difícil y no reporta ninguna ventaja.

La significación del tiempo útil y cronaxia se aclara fácilmente en un sistema de gráficos.

Se cuenta entonces con dos valores importantes a los cuales volvemos a definir

**REOBASE es la INTENSIDAD que debe tener un pulso de duración infinita para generar una contracción umbral.**

**CRONAXIA es el tiempo que dura un pulso de intensidad igual al doble de la reobase, capaz de generar una contracción umbral**

### Descripción del método de curvas

Se ha establecido entonces que el comportamiento de un músculo frente a la corriente eléctrica es dependiente del tiempo que dura el impulso eléctrico y de la velocidad con que dicha corriente aparece en los electrodos.<sup>(9) (6)</sup>

Si se graficara el la intensidad necesaria para generar una contracción para cada intensidad de corriente aplicada en un par de ejes coordenados se podría obtener una curva representante del umbral de contracción o excitabilidad de un músculo.

Si el impulso eléctrico con el que se estimula alcanza su valor máximo lentamente, se puede verificar otro fenómeno, denominado de ACOMODACIÓN, por el cual la célula modifica su potencial de membrana sin generar la contracción, ya que en lugar de despolarizarse, eleva el mismo siguiendo la tensión externa aplicada.<sup>(3)</sup>

Un tejido excitable se acomoda cuando el potencial de membrana se eleva lentamente y el potencial de acción no se genera.<sup>(2)</sup>

El potencial de membrana en reposo oscila entre  $-60$  y  $-90$  milivoltios (mV).

Para iniciar un potencial de acción, es necesario una elevación repentina del potencial de membrana de 15 a 30 mV.

Para poder estimular un tejido excitable (nervio o fibra muscular), el potencial de membrana debe elevarse hasta el umbral de excitación, pero además debe hacerlo de forma muy rápida debido a las diferentes velocidades de apertura y cierre de los canales de Na y K. Cuando un tejido excitable se acomoda, su umbral de excitación se eleva, requiriéndose mayor intensidad para generar el potencial de acción.<sup>(1)</sup>

Si se quiere entonces estimular eléctricamente un nervio o fibra muscular mediante el uso de un impulso eléctrico de crecimiento progresivo (onda triangular o exponencial) dicho el impulso debe llegar al umbral de excitación, el cual será notablemente más alto que el necesario con un impulso de tipo rectangular.

Dispondríamos entonces de dos tipos de curvas, las trazadas con impulsos rectangulares que han dado en llamarse I/T (intensidad – tiempo) y las A/T (acomodación tiempo) que se realizan usando impulsos de crecimiento progresivo.

En la práctica, el trazado de las curvas es muy rápido y sencillo. Incluso el aporte brindado por las curvas de tipo A/T (acomodación tiempo) parece ser innecesario para la determinación del tipo de estimulación útil para el tipo de patología que se está buscando tratar.<sup>(3)</sup>

Para la realización práctica de las curvas que constituyen el electrodiagnóstico clásico se requerirá contar con elementos entre los que se incluyen un generador de impulsos rectangulares y otro de impulsos de crecimiento progresivo.

El papel para la confección de las gráficas ha sido reemplazado por programas de computadora capaces de realizarlas en forma automática, razón por la cual, bastará con el registro de los pares de variable (INTENSIDAD y TIEMPO) con los que se obtiene la contracción umbral.

El primer paso, destinado a una correcta sistematización del procedimiento, consiste en la localización de la placa motora. Dicha tarea se realiza fácilmente mediante la consideración de las experiencias de Fick, nombradas con anterioridad.

Si se recorre el músculo o el nervio con un electrodo explorador de pequeña superficie simultáneamente que se lo excita con una corriente galvánica (continua y constante), al levantar se producirá una contracción que será tanto más importante cuánto más cerca se esté de la placa motora del músculo en cuestión.

Sabiendo la localización anatómica de dicha placa simplemente se deberán ubicar los electrodos de tratamiento, (por ejemplo el positivo en plexo inervador y el negativo en placa motora del músculo a investigar) comenzando a buscar el nivel de intensidad necesaria para cada duración de pulso capaz de generar una contracción umbral.

Resulta facilitador de esta tarea disponer de un generador capaz de emitir un único impulso del tipo que se esté usando a los fines de no provocar fatiga ni irritación antes de haber realizado la terapéutica.

Es importante recalcar, que una distorsión en la ubicación de los electrodos puede acarrear diferencias importantes a la repetición del trazado, razón por lo cual es una práctica sana registrar adecuadamente los reparos anatómicos que ubiquen la posición de los mismos.

La determinación de la contracción umbral es una observación clínica y subjetiva. Sin embargo y afortunadamente, no existen grandes variaciones entre la primera contracción franca obtenida (contracción umbral) y la que se obtiene incrementando notablemente la intensidad de corriente para el mismo ancho de impulso. Esta particularidad del músculo, que podríamos llamar de “filtro”, nos permite universalizar la observación sin un error sustancial de la medida.

Iniciando con un valor de intensidad levemente superior a cero y una duración de impulso lo más larga posible se va incrementando el nivel de intensidad hasta obtener una contracción. Esa contracción, con una duración de impulso lo más “cercana a infinito” que se pueda (mayor ancho disponible) en nuestra gráfica se obtiene el primer par de valores. Al ser la intensidad que genera una contracción con un impulso de duración infinita, la intensidad que acompaña a ese tiempo se denominará **REOBASE**.<sup>(9)</sup>

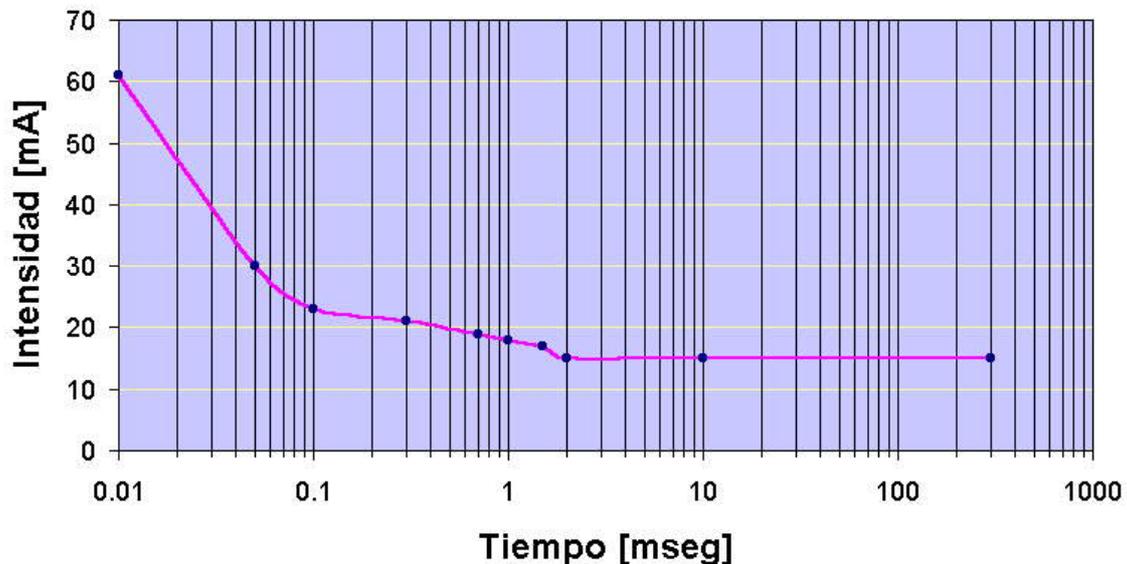
Sucesivamente se irá aumentando el valor del tiempo que dura el impulso y se obtendrán valores de intensidades cada vez más alta.

Una cantidad mínima de 5 puntos y máxima de 15 son más que suficientes para obtener un buen trazado.

Los valores tabulados se vuelcan luego al programa de graficado que generará la curva en cuestión.

El proceso comienza en general de mayor tiempo a menor tiempo, dado que de esa forma la corriente deberá subir para provocar la contracción con el valor de tiempo que siga, mientras que si se hiciese al revés debería bajar, corriéndose el riesgo del no haber bajado lo suficiente provocando una sensación desagradable en el sujeto bajo estudio.

Un músculo normal, sin afecciones presenta una curva que tiene más o menos esta forma:



Se observan en ella varias zonas fácilmente reconocibles.

Una intensidad situada a la derecha, par del mayor tiempo utilizado llamada REOBASE e identificada como R.

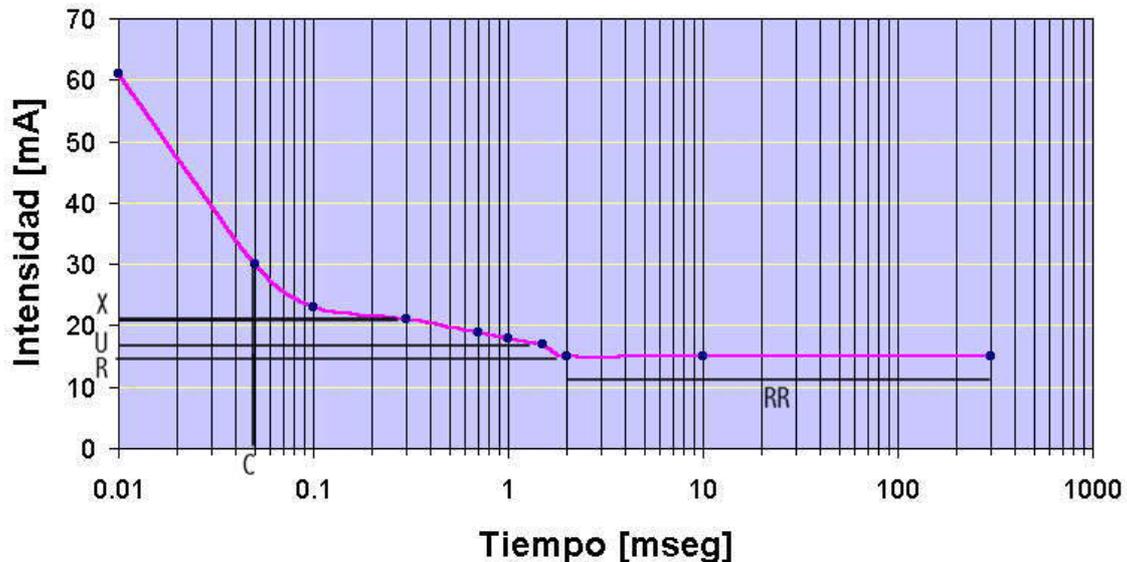
Una línea recta casi horizontal llamada zona reobásica a la que llamamos RR. Esta zona indica que la intensidad será siempre la misma en tanto y en cuanto el tiempo sea mayor que aquél específicamente requerido por el músculo, al cual se denomina punto útil muscular.

El punto útil muscular que es el valor óptimo para una estimulación muscular

Umbral farádico U que es el valor mínimo de intensidad necesaria para obtener una respuesta motora por acción mayoritariamente muscular

El punto o tiempo útil nervioso X es el valor mínimo de intensidad necesaria para obtener una respuesta motora por acción mayoritariamente nervioso

La Cronaxia C tiempo correspondiente al punto donde la intensidad es el doble de la reobase



En músculos denervados la curva intensidad/tiempo se desplaza hacia arriba y a la derecha. Cuanto mayor denervación se tiene mayor será el desplazamiento a la derecha. <sup>(6)</sup>

Esto se entiende fácilmente cuando se recuerda que la curva I/t es una curva de excitabilidad que establece la relación entre la duración de un impulso rectangular unidireccional y la intensidad necesaria para producir una contracción umbral del músculo.

Cuando se intenta estimular las fibras musculares denervadas a través de su nervio esto no se logra por la sencilla razón de la presencia de la lesión, razón por la cual la curva tiende a verticalizarse (se requiere mucha corriente para lograr algún resultado) tanto más cuanto mayor sea la lesión.

Para producir contracción de las fibras musculares denervadas es necesario estimular directamente el sarcolema (la membrana de la fibra muscular). Para estimular el sarcolema de una fibra muscular denervada necesitamos más carga eléctrica que para estimular un axón. Recordemos que la carga eléctrica equivale a la intensidad del impulso por el tiempo del impulso.

Una curva I/t desplazada hacia arriba y a la derecha nos indica valores elevados de carga eléctrica necesaria para producir la contracción, por tanto nos está indicando el porcentaje de fibras musculares denervadas, más difíciles de estimular. <sup>(6) (8) (9)</sup>

A mayor denervación se requiere más carga eléctrica para estimular un músculo y más grande será el desplazamiento de la curva hacia arriba y a la derecha.

Por otro lado, si el músculo está en fase de reinervación, a medida que las fibras musculares recobren la inervación, la curva irá desplazándose a la izquierda, razón por la cual el trazado reiterado de una curva I/t es importante.

Según algunos autores en un músculo normalmente inervado, la cronaxia siempre será inferior a 1 ms (entre 0,10 y 0,70 ms), valores entre 1 y 3 ms indicarán denervación parcial con afectación débil, valores entre 3 y 6 ms indicarán denervación parcial con afectación moderada, valores entre 6 y 30 ms indicarán denervación parcial con afectación grave y valores superiores a 30 ms indicarán denervación total.

Estos valores son dependientes de varios factores no aclarados, entre los cuales se encuentra el lugar de ubicación de los electrodos, al que ya hicieramos referencia.

En el caso de músculos denervados en fase de reinervación, la cronaxia irá disminuyendo (la curva se desplaza a la izquierda) a medida que aumenta el número de fibras inervadas.

Si el músculo está parcialmente denervado, la duración del impulso difícilmente será inferior a 30 milisegundos.<sup>(6)</sup>

Con un tiempo de impulso inferior a 30 ms algunas fibras denervadas no pueden ser estimuladas.

Otro aporte importante de las curvas es el de personalizar la electroestimulación muscular en musculatura inervada. La duración ideal del impulso a utilizar tiene que ver con el tipo de reacción que se espera lograr ante el estímulo (acción preferentemente nervios o preferentemente muscular).

Tiempos muy cortos de impulsos no producen reacción motriz, mientras que tiempos excesivamente largos son molestos para el sujeto.

### **Test de Fishgold**

El test de Fishgold permite determinar en forma rápida si el músculo que se va a tratar está denervado y cuanto.<sup>(6)</sup>

Para llevarlo a la práctica, utilizando un electrodo explorador a causa de su comodidad operativa, se usa un impulso rectangular unidireccional cuya duración será de 2ms de duración, estableciendo la corriente mínima que produce la contracción. Se repite luego la medición, pero esta vez usando un impulso 100 veces más largo.

Dividiendo los valores de intensidad correspondientes al tiempo de 2 ms con el obtenido con la duración de 200ms se obtiene un número X.

Si X es menor que 2 el músculo se encuentra perfectamente inervado.

### **Coefficiente de acomodación**

Mediante un impulso exponencial (crecimiento progresivo) se favorece la acomodación y se necesita mayor intensidad para poder estimular.

Esto es debido a las diferentes velocidades de apertura y cierre de los canales de Na y K.<sup>(6)</sup>

El coeficiente de acomodación es el cociente entre el valor de intensidad obtenido con un impulso de crecimiento progresivo de duración infinita y la reobase.

Si el resultado está comprendido entre 3 y 6 el músculo está inervado correctamente.<sup>(3)</sup>

Si el resultado está comprendido entre 2,7 y 1,5 nos encontramos con un músculo con denervación parcial.

Si el resultado está comprendido entre 1,4 y 1 músculo totalmente denervado.

*(\*) Esta transmisión no es equivalente a la generada sobre un cable por medio de un generador eléctrico, dado que los nervios no se comportan directamente como resistores o conductores, sino que asumen un comportamiento que ha sido equiparado a un componente supuesto llamado neuristor*

*(\*\*) Dispositivo capaz de almacenar cargas eléctricas en una cantidad conocida*

*(\*\*\*) La fórmula que define la carga eléctrica es  $Q = I * t$*

## **Bibliografía :**

1. Cummings,JP. Electrical stimulation of denervated muscle. 1r ed. Electrotherapy in rehabilitation. Philadelphia: FA Davis; 112-145 - 1992
2. Davis, HL. Is electrostimulation beneficial to denervated muscle? 1r ed. A review of results from basic research. Physiotherapy (Canadá); 35:306-10. - 1983
3. del Aguila, C. Electromedicina 1r ed Ed. HASA. Argentina 270-290 - 1990
4. Fernández J. y Galloni- . Física Elemental Tomo II pag 309-435 . Ed Nigar 9 Ed - 1992
5. Tremoliers J. . Electrónica y Medicina. 1 r ed. Paraninfos, Madrid. pag 200 – 250 - 1970
6. Morral Fernández. Electrodiagnóstico y electroestimulación en músculos denervados. Abstract
7. Plaja J. Guía práctica de electroterapia. 1r ed. Ed Carin-electromedicarin. Barcelona; 57 –78 1999.
8. Cicardo Vicente. Biofísica . 6 Ed Lopez Librero Argentina. 638-647 1975
9. Martín Rodríguez. Electroterapia en Fisioterapia . Ed Panamericana Madrid. pag 145-176 / 311-350 2000