

DOSIFICACIÓN EN ELECTROTERAPIA

José María Rodríguez Martín (fisioterapeuta)

Resumen

Los fisioterapeutas necesitamos conocer y dominar las técnicas que aplicamos hasta el punto de dosificarlas con precisión. En electroterapia, el objetivo primordial y pilar fundamental para realizar tratamientos, es la adecuada dosificación. Si falla el sistema de dosificación en cada técnica electroterápica, la aplicación del tratamiento puede resultar baldío.

.1 Introducción

Una de las lagunas más importantes que presenta la fisioterapia en lo que se refiere a electroterapia es la dosificación.

Debido a las grandes deficiencias que se han arrastrado durante muchos años en la enseñanza de la electroterapia (a escala nacional e internacional), arrastramos conceptos erróneos o insuficientes en cuanto a **dosificación**; conceptos que se han mantenido debido al empirismo, desconocimiento de las bases físicas, la baja cualificación técnica y la falta de verdadera investigación.

La electroterapia debiera trasladarse a 2º curso de fisioterapia con la suficiente dedicación horaria y los adecuados refuerzos de física y fisiología. Con profesorado cualificado. En tanto no se dedique la suficiente atención, se mantendrá una seria laguna en la profesionalidad.

Es necesario considerar la dosificación como elemento esencial en estas técnicas. **Todo trabajo, estudio o pretendida investigación que no contemple de forma adecuada la dosificación, no se podrá calificar como estudio científico.**

Estamos acostumbrados a trabajar un poco a «ojo de buen cubero». Por ejemplo: cuando aplicamos infrarrojos, situamos al paciente «un rato» (unos aplican 10 minutos, 15 minutos, otros 20), la distancia entre lámpara y paciente más o menos que no queme, la potencia no la conocemos, tampoco el tipo de lámpara o foco, etcétera (sugiero ver el capítulo de infrarrojos en el libro *Electroterapia en fisioterapia (editorial Médica Panamericana)* fijándose en las hipótesis de trabajo y dosificación. (También visionar el vídeo sobre dosificación de infrarrojos en la web www.electroterapia.com).

En ultrasonidos tomamos por dosificación la potencia que emite el cabezal durante unos tiempos no muy precisos, el tamaño del cabezal o el tamaño de la zona tratada no se consideran suficientemente. En definitiva, nos concentramos más en lo que aplicamos que en lo recibido por el paciente. Lo que realmente importa es la cantidad de energía que recibe éste (también la velocidad en aplicarla pero esto ya se tratará más adelante). Precisando más, habría que pensar en la cantidad de energía que recibe cada célula o grupo celular. Debiéramos contemplar las células a diferente pro-

fundidad, pero por el momento, en la mayoría de los casos nos apoyamos en la superficie de la piel y ésta posee dos dimensiones. De las dos dimensiones sacamos la superficie o porciones pequeñas de la piel del paciente en cm^2 .

El concepto de **dosis** realmente consistirá en la energía que reciba cada pequeña porción de piel del paciente (1 cm^2) o mejor dicho, la energía que pretendamos reciba cada cm^2 **antes de aplicar la sesión**. Lógicamente, valores diferentes para cada técnica.

Imaginemos un paciente que acude a su médico y éste le proporciona un frasco para que se lo tome en gotas sin especificar cuantas y cuando. El propio paciente intuye e interroga que necesita saber cuántas y cuándo. El médico le pregunta por su peso y, si por cada kilogramo del paciente correspondieran 3 gotas, multiplicando el peso por 3, sabemos las gotas que debe tomar el paciente cada 24 horas.

Debemos reconocer que los fisioterapeutas «unas veces aplicamos un chorrillo sin contar las gotas contenidas» o que cada cual aplica «las gotas que considera oportunas». Otras veces las investigaciones que nos recomiendan dosis consideradas adecuadas no son tal, y están sometidas a intereses ajenos a los realmente curativos. Es expresión muy frecuente la siguiente: «... yo no puedo estar media hora aplicando un punto de láser. ...».

Los sistemas de dosificación en electroterapia deben apoyarse en la consecución de los objetivos propuestos con el número de sesiones necesarias, no más. Resulta inquietante y embarazoso para los fisioterapeutas cuando los pacientes nos interrogan sobre las «tan habituales» 20 sesiones previamente programadas sin saber muy bien como salir del apuro. Es frecuente la inquietud interrogante manifestada por algunos pacientes: «... y si no me sientan bien, ¿también tengo que tragarme las 20 sesiones?. ...».

.2 Potencia

Potencia es la eficacia de los aparatos en suministrar la energía, es decir, la energía aportada por unidad de tiempo; siendo la unidad de tiempo 1 sg y la unidad de potencia el Vatio (W es el símbolo utilizado en potencia cuando nos referimos a la energía electromagnética).

Suelo poner a mis alumnos el siguiente ejemplo para explicar la diferencia entre potencia y dosis:

Disponemos de una planta en su correspondiente maceta y el tratamiento aplicado consiste en regarla correctamente.

¿Cuál será la dosis de agua? Aquella que consiga empapar la tierra en la adecuada proporción de humedad adaptada justo a la planta en cuestión. **Esto sería la dosis** y debemos buscar la forma de alcanzar el grado de humedad relativa en la tierra evitando dañar a la planta tanto por exceso como por defecto.

Pero podemos regar la maceta fundamentalmente de tres maneras.

1. Con un sistema gota a gota tan escaso que el agua se evapora antes de conseguir el grado de humedad pretendido en la tierra. **Muy poca potencia.**
2. Vaciando un cubo de agua bruscamente sobre la maceta y la planta, estropeándola y sin conseguir que el agua llegue a empapar la tierra por rebosamiento y falta de tiempo para penetrar.

Es tanta potencia que hemos destrozado al sistema (Hemos quemado al paciente).

3. Podemos usar una regadera con su chorro suave que acaricie la planta pero suficientemente intenso como para aportar tal cantidad de agua que permita el acúmulo sin rebosamiento por los bordes. **Potencia adecuada para forzar el acúmulo energético pero sin saturar al sistema.**

La potencia es el parámetro que provoca la sensación desagradable en el paciente, bien de quemazón en infrarrojos, en micro onda, en láser, en galvánica, pinchazo en ultrasonidos, etcétera. **Cuando un paciente manifieste molestias ante alguna técnica, el parámetro a reducir es el de potencia.**

Podemos conseguir la humedad relativa de la tierra (dosis) en poco tiempo aumentando el chorro de la regadera (aumentando la potencia); o en más tiempo disminuyendo el chorro de la regadera (disminuyendo la potencia). Luego, la pregunta definitiva será: ¿Cuánto tiempo se tardará en conseguir determinado grado de humedad (dosis) con cierto caudal de agua (potencia)?. Sin olvidar el tamaño de la maceta (superficie tratada). Más adelante lo analizaremos en técnicas concretas.

Nuestros equipos normalmente aplican una energía durante un tiempo. **Dicha energía se puede suministrar de forma muy acelerada o lenta, es decir, con mucha potencia o con poca potencia.** Entonces, cuando aplicamos una potencia durante un tiempo, según la ley de Joule ($W \cdot t = J$), estamos realizando un trabajo en Julios totales. Pero de dicho trabajo, nos interesa el conseguido en cada cm^2 (J/cm^2). La dosis, por tanto, **debe expresarse en J/cm^2 con muchas de nuestras técnicas** (no en todas como iremos viendo).

Es el momento de preguntarse: ¿Cuántos J/cm^2 recibe un paciente en las aplicaciones de infrarrojos?. ¿Cuántos J/cm^2 reciben los pacientes con las sesiones de ultrasonidos? «¿Cuántas gotas por kilo debemos aplicar en cada patología?».

¿Cuántos segundos durará una sesión de láser donde pretendemos depositar $15 \text{ J}/\text{cm}^2$ con láser de He-Ne de 20 mW en una superficie de 16 cm^2 ?: **12.000 segundos.**

¿Cuántos segundos durará una sesión de láser donde pretendemos depositar $15 \text{ J}/\text{cm}^2$ con láser de CO_2 de 5 W en una superficie de 16 cm^2 ?: **40 segundos.**

Como vemos en estos dos ejemplos comparativos del láser, la potencia influye en la rapidez de la sesión, en el poder de penetración de la energía aplicada, en la percepción del paciente considerando la superficie tratada, es decir, la misma potencia se percibe mucho en poca superficie y menos en amplia superficie.

.3 Dosis

Es la cantidad de depósito energético suficiente como para estimular al sistema biológico sin saturarlo o dañarlo. ¿Cuáles son los valores adecuados para conseguir estimular al sistema biológico sin dañarlo?. Pues es el reto a investigar y a descubrir (nada fácil por cierto), que a su vez depende de multitud de variables, tales como el tipo de patología, estado del paciente, estado evolutivo del proceso, zona tratada, limitaciones por otros factores como medicamentos, osteosíntesis metálicas, procesos infecciosos, tipo de técnica utilizada, etcétera.

En tanto no se considere el sistema de dosificación expresado en J/cm^2 (incluidos los ultrasonidos)

estaremos cayendo en error de base.

En términos generales, hay que decir que en muchas de nuestras técnicas aplicamos energía al paciente, energía que al final se transformará en calor. *Ante procesos agudos estaría contraindicado inyectar más energía al organismo (aplicar frío). En subagudos, dosis bajas con poca potencia. En crónicos, dosis altas con alta potencia, pero potencia tolerable por el paciente.*

La fórmula definitiva para dosificar aplicable a las técnicas que depositan energía sobre el organismo se expresa como sigue: **el tiempo de la sesión (en segundos) es igual a la dosis (en J/cm²) por la superficie corporal tratada (en cm²) partido por la potencia media o eficaz expresada en Vatios (W).**

$$T_{\text{(en segundos)}} = \frac{\text{Dosis}_{\text{(en J/cm}^2\text{)}} \text{ por Superficie}_{\text{(en cm}^2\text{)}}}{W_{\text{(potencia media)}}$$

La potencia media o eficaz depende de la potencia de pico o de pulso (W_p) por la anchura o tiempo del pulso (T_p) por la frecuencia (F_{hz}).

$$W_m = W_p \cdot T_p \cdot F_{hz}$$

Existe un concepto relativamente erróneo muy extendido, y es el siguiente: «... Frecuencias bajas para procesos agudos o subagudos; frecuencias altas para procesos crónicos.»

En parte es cierto porque influye en la potencia media o eficaz si el único parámetro a regular es la frecuencia. Dicho concepto debiera cambiarse por: *Potencias eficaces bajas para procesos agudos o subagudos; potencias eficaces altas para procesos crónicos.*

.4 Dosificación en diferentes técnicas de electroterapia

Podemos aplicar la electroterapia para los siguientes objetivos o efectos fisiológicos fundamentales:

- Respuestas motoras
- Respuestas sensitivas
- Cambios electroquímicos
- Aplicación energética (para influir en el metabolismo)

Lógicamente los sistemas de dosificación tienen que ser diferentes en cada caso y deben adaptarse a los objetivos propuestos. Existen otras circunstancias que obligan a alterar una metodología general considerada como buena, digamos, micro onda u onda corta; así como las dificultades tecnológicas todavía no superadas en el galvanismo. Vayamos por partes.

.5 Respuestas motoras

5.1 Conjunto neuromuscular sano

Si buscamos respuestas motoras, la dosificación no se expresa en miliamperios, ni en vatios, tampoco en julios. Elevaremos la intensidad hasta conseguir (palpando u observando al paciente) el nivel de respuesta pretendido, siempre que éste la tolere en cuanto a molestias generadas por la contracción, estímulo sensitivo soportable y sin riesgo de quemadura. ***De no alcanzar el objetivo pretendido, la técnica será fallida y debe retirarse para buscar otras alternativas o corrientes que lo consigan.***

Normalmente la respuesta motora se provocan con equipos de media y baja frecuencia y éstos marcan intensidad como unidad de dosis. Si referimos los miliamperios alcanzados, será a título meramente orientativo, ya que pueden oscilar de un paciente a otro, de una aplicación a otra, de la humedad de electrodos, del estado muscular, de la frecuencia, etcétera.

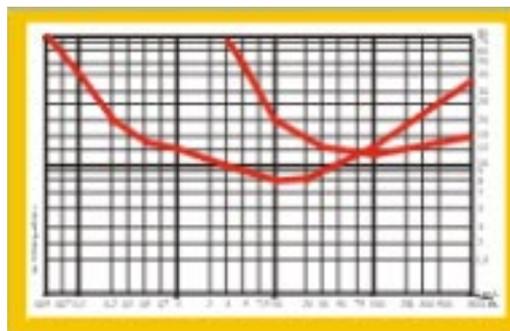
El tiempo de la sesión se adaptará al método de potenciación, fatiga muscular o sistema de trabajo muscular decidido. Es raro superar los 30 minutos para un tratamiento, salvo que pretendamos realizar una gimnasia pasiva moderada y prolongada.

El número de sesiones debe mantenerse mientras consideremos oportuno el refuerzo terapéutico de la electroestimulación. En el momento que no proceda, se retirará la técnica.

5.2 Conjunto neuromuscular denervado

Ante fibras neuromusculares afectadas por diversas patologías y denervación periférica, la dosificación no depende únicamente de la intensidad conseguida, también depende de la forma del pulso, del tiempo del pulso, del reposo entre pulsos (frecuencia), polaridad y otros factores. ***Luego, para conseguir respuestas motoras debemos explorar con curvas I/T - A/T a fin de encontrar los parámetros adecuados con que construir la corriente en ese momento y aplicarla correctamente.***

Ante parálisis severas ocurre otro tanto, la respuesta depende de los parámetros antes dichos, pero en este caso disponemos de una prueba exploratoria atajo de las curvas I/T - A/T, ***la búsqueda del triángulo de utilidad terapéutica (TUT), el cual nos permitirá filtrar o evitar la respuesta de las fibras sanas.*** Dicho triángulo está formado por la superposición de la curva A/T de las sanas y la curva A/T de las patológicas.



Considerar que una parálisis se trata con E-100 o E-200 es como poseer un coche que sólo tiene en

la palanca de cambios la primera. Es muy frecuente la siguiente pregunta:

--¿*Qué corriente uso para tratar una parálisis?*--

-- Los parámetros que indique el triángulo de utilidad terapéutica.--

El tiempo de sesión debe ser prolongado, tanto que se intente sustituir la función fisiológica del sistema nervioso. Debemos cuidar las quemaduras cambiando la polaridad y alternando la fijación de electrodos.

El número de sesiones debe mantenerse mientras no aparezca la respuesta voluntaria o hasta que consideremos no necesario el refuerzo de la estimulación.

En los procesos de parálisis periféricas severas y parciales es fundamental seguir la evolución mediante exploraciones periódicas para adaptar los parámetros al momento y estado evolutivo. ***Los parámetros de la corriente van cambiando de acuerdo a la evolución del proceso.***

Este artículo no es exactamente el más indicado para tratar el tema de las parálisis periféricas, pero dado el alto nivel de confusión que prolifera al respecto, es necesario que en el ámbito individual cada cual se tome el adecuado interés para tratar las parálisis con la suficiente profesionalidad y no caer en teorías peregrinas que circulan en forma de «trabajos científicos».

.6 Estímulo sensitivo

Cuando nuestra intención es provocar en el paciente estímulo sensitivo, ***elevaremos la intensidad hasta conseguir que la sensación sea clara y definida, sin superar el umbral motor (salvo en trenes o vibración muscular) ni provocar quemadura porque la intensidad aplicada mantenga un componente galvánico superior a la dosis límite de 0,1 mA/cm².***

Mediante el estímulo sensitivo normalmente se pretende analgesia.

La intensidad debe elevarse hasta alcanzar el nivel de estímulo pretendido sin prestar atención a los miliamperios alcanzados. Los miliamperios necesarios dependen de muchos factores, y los únicos límites a tener presentes vienen dados por la tolerancia del paciente y evitar la respuesta motora sin pausas durante toda la sesión.

El tiempo de la sesión puede ser muy variado, desde 5 minutos hasta superar los 30 minutos. Las sesiones con varias horas de aplicación no proceden, pues terminan generando en el paciente efectos de acostumbamiento o acomodación sensitiva. Las corrientes en frecuencia fija o mantenida durante toda la sesión deben someterse a elevaciones de la intensidad cuando el paciente pierda la sensación del estímulo percibido, ***siempre que no se supere el riesgo de quemadura por el componente galvánico de la corriente.***

.7 Galvanismo o iontoforesis

Ante todo, y dado que la galvánica produce estímulos sensitivos diversos y distintos en cada paciente, no podemos considerar la opinión del paciente y es necesario estar muy alerta sobre los resultados después de cada sesión.

Normalmente la dosificación se mide en mA/cm² del paciente (que coinciden y se refieren a la

superficie del electrodo pequeño). Esta corriente debe revisarse tanto en su sistema de dosificación como en el diseño de los equipos para aplicarla.

Cuando hablamos de Amperios o miliamperios, así como de cualquier otra unidad sin especificar el tiempo, siempre nos estamos refiriendo a dicho parámetro en un segundo. Esto viene a cuento porque nos encontramos galvanizadores en el mercado para iontoforesis que reflejan la dosis en mA por minuto.

De tres que he medido con polímetro en su salida (parámetros reales) la intensidad de dos coincidía con la representada y la del otro quería indicar que la leída por segundo era de 1/60. Esto es, si circulaban 5 mA, éstos pasaban en total durante 1 minuto. En los otros dos no entiendo lo que pretenden representar.

Por otra parte, el galvanismo puede servir para dos funciones diferenciadas:

- Como aplicación energética.
- Como vehículo para transportar iones medicamentosos.

Como aplicación energética debiéramos dosificar en J/cm², pues la mayoría de esta energía se transformará en calor y en agitación iónica dentro del organismo. Se aplicaría la ley de Joule.

$$(V \cdot I) = W$$

$$W \cdot t = J$$

Como vehículo para iontoforesis, donde nos interesaría conocer la cantidad de iones medicamentosos introducidos en el organismo, la ley electrofísica que procede es la ley de Faraday:

$$mg = \frac{pm \cdot mA}{v \cdot 96500} t$$

donde: *mg* = miligramos del radical medicamentoso; *pm* = peso molecular; *mA* = miliamperios que circulan por todo el electrodo; *v* = valencia del radical medicamentoso; *96500* = constante de Faraday, *t* = tiempo en segundos. Esto requiere información suministrada por los fármacos que normalmente no encontramos en el prospecto ni la aportan.

La técnica de iontoforesis deberá sufrir verdaderas investigaciones, retomando el tema desde su inicio para diseñar paso a paso una metodología precisa y establecer una lista de medicamentos totalmente contrastada y de eficacia demostrada.

Dado el fuerte poder de quemadura electroquímica que posee esta corriente sobre la piel, empíricamente usamos el parámetro de 0,1 mA/cm² (aunque en la literatura encontraremos sugerencias que indican valores entre 0,05 y 0,5 mA/cm², la tendencia actual es a fijarlo en 0,1 mA/cm²). En la técnica exploratoria de galvanopalpación se debe subir hasta 1 mA/cm².

Así, ante la aplicación de corriente galvánica o cualquiera otra que posea componente galvánico,

elevaremos la intensidad hasta que el equipo mida un máximo de 0,1 mA/cm² del electrodo más pequeño aplicado. Si el paciente manifiesta sensación molesta o quemadura, la aplicación se debe revisar, bajar su intensidad o eliminar el tratamiento. Cuando las corrientes están compuestas por pulsos con polaridad, debemos calcular su componente galvánico y comprobar que éste no supera la dosis galvánica por centímetro cuadrado del electrodo.

Los tratamientos no deben superar los 15 minutos (según dicta la experiencia). Siempre tantearemos los tiempos aumentándolos progresivamente en las dos o tres primeras sesiones observando la respuesta en la piel (posibles quemaduras).

A riesgo de ser reiterativo, la galvanización es una de las técnicas que no está bien resuelta en cuanto a su dosificación. Pues, dado que aplicamos una energía de forma mantenida, buscando efectos electrobiológicos durante cierto tiempo, estamos realizando un trabajo en julios y no mA. Realmente, cuando hablamos de unos miliamperios aplicados durante un «ratillo» resulta, cuando menos, una chapuza.

Es curioso, por no decir ridículo, cuando en algunos protocolos se llega a leer la intensidad en mA para una iontoforesis, los mA en un TENS, los mA en una farádica, etcétera; sin considerar la zona tratada, situación del paciente, tamaño de los electrodos, humedad de estos, y otros factores que obligan a que en cada caso se requieran parámetros diferentes.

Si aplicamos galvanismo, no podemos olvidar que estamos haciendo iontoforesis de las sustancias que empapan la gamuza (aunque sea agua del grifo). Por otra parte, si realizamos iontoforesis de algún medicamento, no podemos olvidar que estamos aplicando efectos terapéuticos específicos del galvanismo.

.8 Ultrasonidos

Esta es otra técnica que sufre de insuficiente método para dosificarla adecuadamente. Estamos acostumbrados a pensar en la potencia que emite el cabezal (en W/cm² del cabezal o en W de todo el cabezal) aplicado la técnica durante un tiempo que nos parece oportuno. ¡Craso error!.

Esta técnica está sometida a modas y tendencias por épocas (lo cual indica que no se domina). Hubo años en que se usaban potencias altas. Vinieron tiempos en que dicho uso se tomaba como una temeridad y se recomendaban potencias (que no dosis) menores a 1 W/cm². Por otra parte, se proponen potencias a límite de tolerancia del paciente. La potencia, si se ajusta muy elevada, genera en el paciente sensación de pinchazo doloroso.

Es hora de pensar en la energía que recibe el organismo, o mejor, en cada porción de piel tratada, considerando una potencia aplicada y un tiempo. Esto es, expresaremos la dosis en J/cm² de piel, incluyendo en los cálculos la superficie corporal (no podemos olvidar la profundidad).

El tiempo de la sesión nos viene dado por la fórmula que reza:

$$T = \frac{\text{Dosis por Superficie}}{W \text{ (en potencia media)}}$$

La potencia media depende del tamaño del cabezal, de la potencia ajustada en todo el cabezal y de si se aplica como continuo o pulsado. Dado que la modalidad de pulsado reduce mucho la potencia, la fórmula expuesta resuelve en cuánto debemos aumentar el tiempo de la sesión o modificar los demás parámetros.

Esta fórmula nos permite resolver adecuadamente las aplicaciones a cabezal fijo y en modalidad de pulsado.

Podríamos partir como dosis de referencia para casos más frecuentes de unos 30 J/cm². En procesos recientes o agudos, entre 15 y 20 J/cm². En patologías muy cronificadas con cicatrices, antiguas roturas musculares, calcificaciones o fuertes contracturas musculares podemos elevar la dosis a 35 ó 45 J/cm².

Por qué el valor medio de 30 J/cm². Este valor está calculado según la recomendación más fiable y completa que he encontrado, recomendando que:

«Como dosis media se aplicará 1 minuto por cada 10 cm² de superficie corporal con U.S. continuo a una potencia de 1 W/cm² en cabezal de 5 cm²».

Está muy extendida otra fórmula que coincide en superficie y en tiempo, pero no hace referencia a modo ni potencia (que no intensidad).

Esta técnica requiere de muchos replanteamientos y de verdaderas investigaciones científicas para encontrar y establecer las dosis adecuadas a las diferentes patologías.

.9 Alta frecuencia

Cuando aplicamos onda corta o micro onda, debemos considerar si nuestro objetivo es que el paciente perciba calor o no. **Si el paciente siente calor, estamos aplicando alta frecuencia térmica; si el paciente no detecta calor, la aplicación es atérmica.**

Partiendo de esta premisa, contemplaremos la técnica térmica, previa conclusión de que hablar de potencia aplicada es un error, pues digamos que cien vatios (100 W) no generan la misma energía corporal si el cabezal es pequeño o grande, si está distante o cerca de la piel, si los tejidos son gruesos o delgados, si el paciente mantiene buena percepción térmica o no, si el equipo está envejecido o nuevo, etcétera. Todas estas circunstancias nos obligan a dar como bueno el método de información térmica aportada por el paciente, de forma que:

GRADO - I - el paciente no manifiesta calor (atérmica). Puede pasar de media hora.

GRADO - II - percibe un leve calor (supraliminal). Alrededor de media hora.

GRADO - III - manifiesta un calor moderado (moderado). Unos 15 a 20 minutos.

GRADO - IV - siente calor intenso sin quemar (intenso). Durante unos 10 minutos.

GRADO - V - el calor genera sensación de dolor por quemazón (quemante). Lógicamente no procede su aplicación.

Teóricamente debíamos aplicar también la fórmula que nos conduce a calcular los julios reci-

dos por el paciente, pero es tan compleja su medición e influyen tal cantidad de factores para medir el calor generado en la profundidad de los tejidos, que debemos acudir al sistema de percepción subjetiva; sistema que, por otra parte, va a resultar el más preciso.

Ya nos gustaría disponer en todas nuestras técnicas de una referencia objetiva como puede ser la respuesta motora, la percepción sensitiva, la reacción de enrojeciendo, la percepción térmica, etcétera. Ante estas manifestaciones no se requerirá de posibles y teóricos valores energéticos previamente experimentados y recomendados a posteriori como adecuados.

La alta frecuencia provoca en el paciente el estímulo de sus termorreceptores, con lo cual podemos establecer unos límites energéticos suficientes para conseguir el objetivo (sin necesidad de conocer su valor).

La aplicación atérmica nos plantea algunas dudas: ¿Estamos cerca del límite grado I al grado II?. ¿Estamos muy distantes?. Para ajustar el grado I, deberemos elevar la potencia hasta que el paciente manifieste estímulo térmico, para inmediatamente disminuir potencia hasta que lo pierda.

No obstante, aplicaciones con muy baja potencia (atérmicas) pueden generar calor doloroso en patologías muy floridas en sus síntomas, como puede ser una algodistrofia simpaticorrefleja.

¿Estará cerca del límite grado I / grado II la magnetoterapia?.

.10 Magnetoterapia

Es una técnica con tal cantidad de empirismo, imprecisiones, errores de base, diferencias en la fabricación de equipos, diferencias en las formas de onda. Cada fabricante diseña sus equipos como le parece oportuno. Al analizarlos, muchos de ellos no cumplen con los parámetros reseñados.

Esta técnica debiera mantenerse en el terreno puramente experimental. Sé que la replica a esto se encuentra en la gran cantidad de trabajos «científicos» que avalan sus resultados, pero ante lecturas detenidas de muchos trabajos (sabiendo algo de física del electromagnetismo y de fisiología) surgen tal cantidad de dudas y planteamientos no resueltos, que por el momento quedan en cuarentena.

Algunos sistemas trabajan mejor que otros, pues su desarrollo es más serio y evolucionado.

.11 Láser

Las dosis del láser han sufrido multitud de cambios y sucesivas recomendaciones, unas veces por desconocimiento y, las más, debido a las bajas potencias que podían radiar los aparatos. Si ciertos equipos de muy baja potencia recomendasen dosis lógicas, las sesiones durarían más de una jornada de trabajo.

Es curioso e interesante leer algún libro (por cierto considerado científico) que en ningún momento hace referencia a la dosis de forma correcta. Suelen indicar cierto tiempo de sesión en determinados puntos y más o menos frecuencia.

Si algo bueno nos aporta el láser, es su precisión en la dosificación. Nos ha obligado a salir del empirismo y a trabajar con precisión (quien lo utilice adecuadamente).

La fórmula típica para el láser es la antes referida:

$$T = \frac{\text{Dosis por Superficie}}{W \text{ (en potencia media)}}$$

El tiempo de la sesión (en segundos) es igual a la dosis deseada (en J/cm²) por la superficie tratada (en cm²) partido por la potencia emitida en vatios (W) eficaces o medios.

Los equipos de emisión láser suelen estar muy automatizados y hacen los cálculos a la hora de dosificar. ***El tiempo de la sesión es un parámetro no modificable de forma manual. Los equipos que permiten cambios en el parámetro tiempo nos deben despertar desconfianza sobre el programa que controla la dosificación.***

En patologías superficiales (buscando efecto regenerador de tejidos) con unos 5 J/cm² pueden manifestarse respuestas observables. Ante patologías algo más profundas (esguinces, tendinitis superficiales) dan buen resultado una media de 15 J/cm². En patologías localizadas a más de un centímetro de profundidad, se requiere potencia y dosis altas, digamos que entre 20 y 25 J/cm².

Los sistemas de láser de He-Ne nunca deben usarse en modo barrido, pues es tan mínima su potencia que la sesión se convierte en un fraude. En modo de puntos aislados (sin fibra óptica) podrían conseguir algún efecto terapéutico.

Los láseres de diodo o de puntal (Ar-Ga), únicamente se usarán en modo puntual. Hacer barridos con el puntal no procede y altera la dosificación adecuada. Se están fabricando diodos muy potentes, que agrupados en forma de racimo en cabezales grandes, cubren zonas de varios centímetros cuadrados con buenos resultados.

El sistema de CO₂ es el más adecuado y, debido a su alta potencia, nos permite dosificar y practicar la metodología que consideremos más oportuna, consiguiendo dosis altas en pocos minutos. **Se deben aplicar en barridos (nunca en puntual) por el riesgo de quemadura.**

.12 Infrarrojos

Es práctica habitual situar a los pacientes bajo una lámpara de infrarrojos durante un tiempo «más o menos aleatorio», pero de forma que éste no manifieste quemazón al recibir los rayos de la lámpara, evitándolo con la distancia.

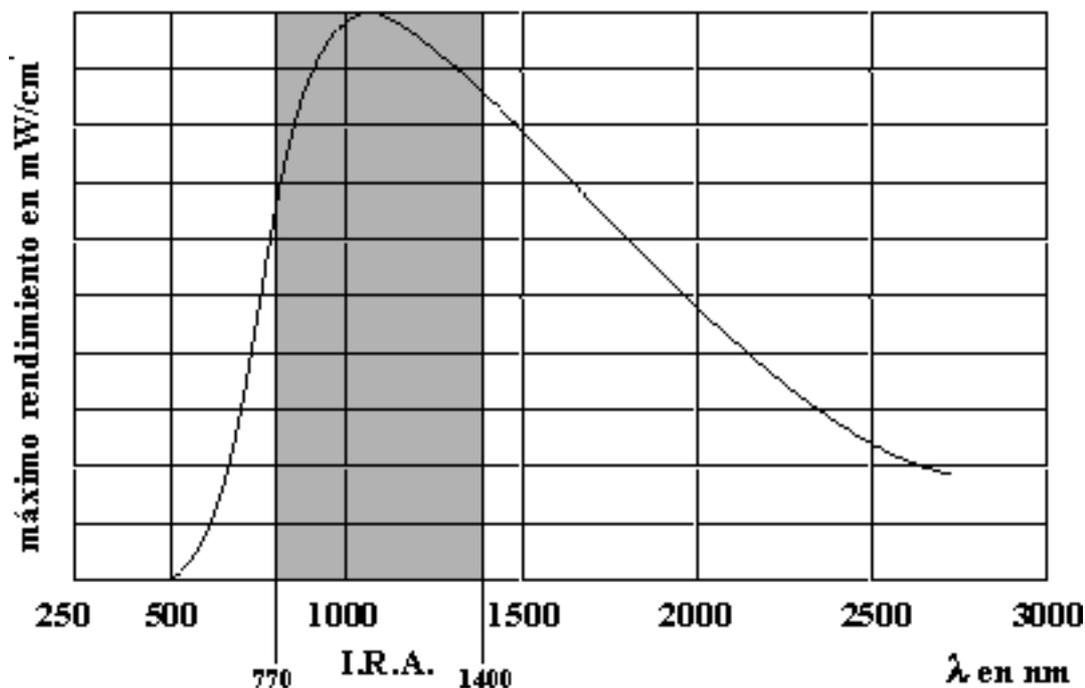
Con un vatímetro medidor de infrarrojos se procede a establecer cuáles son los valores medios más habituales que se aplican cotidianamente. Después de haber medido la potencia recibida en la superficie corporal en un buen número de casos (casos reales), se concluye que las dosis cubren una banda que oscila entre 50 y 100 J/cm² (algunos superaban los 100 J/cm²). Los tiempos de los referidos casos varían entre 10 y 20 minutos.

Estas dosis medidas dependen mucho del modelo de lámpara, del envejecimiento de la misma, de la distancia entre lámpara y piel y del tiempo de la sesión.

Las dosis medidas plantean varias polémicas:

- Primeramente sobre las dosis recomendadas expresadas en J/cm^2 , cuestión a resolver.
- Otra referente a la comparación entre las longitudes de onda de los infrarrojos del láser con los de lámpara estándar.
- ¿Podemos comparar las dosis del láser con las de infrarrojo estándar?
- Si consideramos las dosis láser más arriba indicadas como buenas y no debemos superarlas, ¿por qué con el infrarrojo estándar aplicamos frecuentemente $100 J/cm^2$?

La energía de infrarrojos es la misma, salvo que en el láser la luz posee una única longitud de onda, mientras que en el estándar se abarca una amplia gama de longitudes de onda. ¿Es mejor aplicar un punto de la banda o toda la banda?. Además, la potencia en las lámparas de infrarrojos es perfectamente comparable a una potencia media de los láseres de CO_2 .



.13 Bibliografía

Retomar y volver a estudiar la física del bachillerato para aprenderla y dominarla.

Seleccionar adecuadamente los libros y trabajos que relacionan las técnicas de electroterapia con la fisioterapia.