

11222
29/04

* UNIVERSIDAD NACIONAL

AUTONOMA DE MEXICO *

ANALISIS DE LA FUERZA MUSCULAR EN UN PACIENTE AMPUTADO

PODER CUANTIFICAR LA FUERZA MUSCULAR CON LA APLICACION DE LA FISICA, CUAN
DO SE MODIFICA LA DISTANCIA Y LA MASA

* T E S I S *

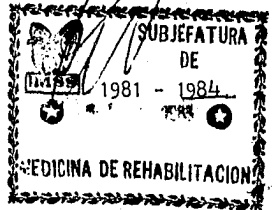
QUE PERMITA OBTENER EL TITULO DE ESPECIALISTA EN:

MEDICINA FISICA Y REHABILITACION.

PRESENTA:

MARIA ILDA MIREYA ORTEGA EUROPA.

MEXICO, D. F.





UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA:

INTRODUCCION:

El ejercicio terapéutico es una ciencia; un requisito indispensable para practicarlo es tener un conocimiento de anatomía, fisiología y cinesiología. De aquí nuestro interés de analizar el trabajo muscular, desde el punto de vista de la física aplicada.

Los músculos esqueléticos constituyen alrededor de 50% del peso corporal; casi todos los músculos pasan sobre una o varias articulaciones del esqueleto óseo rígido. Cada músculo tiene dos sitios de fijación: origen e inserción.

Las características físicas exclusivas del músculo son la elasticidad y la contractilidad. La contracción muscular origina lo siguiente:

1.- **TENSION:** Que se convierte en la Fuerza usada para el movimiento y la estabilidad de los segmentos corporales.

2.- **ACORTAMIENTO:** Que produce el movimiento manifiesto del organismo.

Las pruebas que se realizan para la valoración del aparato locomotor, están destinadas a estudiar aspectos aislados de las funciones del aparato locomotor (fuerza, movilidad articular, etc.), y aspecto de conjunto o sea de integración funcional. La potencia de algunos músculos o grupos musculares se puede medir mediante aparatos (dinamómetros), así la fuerza de presión de la mano es medida con un dinamómetro.

No existen técnicas adecuadas para todos los movimientos del cuerpo, en todas sus circunstancias y menos de utilidad clínica. El sistema utilizado más frecuentemente en los pacientes con déficit de la potencia muscular es el balance muscular de tipo clínico, basado en la determinación directa por el examinador según el método de Lovett.

Este método se vale de la observación ocular y táctil de la contracción muscular, utilizando la acción de la gravedad o la resistencia manual del examinador para valorar la potencia de los músculos individuales o de los grupos musculares. Para anotar los resultados se uti-

lizan unos gráficos con los músculos principales y la puntuación se realiza así:

- 5.- Contracción normal contra una resistencia suficiente o adecuada.
- 4.- Contracción contra la gravedad y alguna resistencia.
- 3.- Contracción contra la gravedad
- 2.- Contracción con la gravedad eliminada
- 1.- Contracción palpable y visible
- 0.- No se aprecia contracción.

En algunos casos, los músculos no alcanzan un grado determinado, pero su función sobrepasa claramente la exigida para el grado inferior; estos estados se expresan con los grados intermedios 4+, 3+, 2+.

Por ejemplo, un músculo que puede actuar contra la gravedad y una resistencia muy ligera, puede graduarse en 3+. A pesar del factor personal que interviene en este tipo de estimación del poder muscular, puede decirse que una persona entrenada puede obtener un grado satisfactorio de precisión en el balance muscular. Los resultados obtenidos -- por dos personas bien entrenadas han de ser similares. Es un método -- clínico de sencilla realización. No requiere aparatos especiales, pero sí un entrenamiento adecuado.

Pero a pesar del entrenamiento que en un momento puedan tener dos personas, el factor personal, puede influir en los parámetros, y hacer que esta puntuación varíe. Por lo que yo pienso que podemos valorar la Fuerza muscular en una forma más objetiva tomando en cuenta, algunos elementos de la Física como son la distancia, masa, punto de apoyo que en un momento dado nos modifican la Fuerza muscular y el trabajo del músculo.

DEFINICION:

En física para que se realice un trabajo sobre un cuerpo, es necesario que este cuerpo, se desplace en dirección a la fuerza que actúa sobre él, o en la dirección de un componente de esta fuerza. Si una persona sostiene un objeto para equilibrarlo, y se mantiene en esta posición por un tiempo, -- aunque se fatigue, no está realizando un trabajo, puesto que la fuerza ejercida no está desplazando el objeto. Sabemos no obstante, que en la mayoría de las veces, cuando un cuerpo se desplaza, están actuando varias fuerzas sobre él. En estos casos, el trabajo total realizado sobre el cuerpo, deberá calcularse tomando en cuenta todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.

Pero si estamos realizando un trabajo (biológico), en el interior de nuestro cuerpo, ya que los nerviosos, hacen se contraiga y se extiendan porciones de fibras para soportar dicho objeto. Una fibra muscular no puede contener una carga estática, ella necesita relajarse y contraerse repetidamente, realizando trabajo en cada contracción. Ya que también cumple un principio físico. Se desplaza una distancia, aunque mínima, no es visible y por tanto, no es medible físicamente, como sucede en la contracción isométrica. Cuando la fuerza aplicada equivale a la resistencia, el movimiento no se modifica, ni la distancia entre el origen y la inserción y no se mueve la articulación.

Si la tensión producida durante la contracción muscular es concéntrica o isotónica, y así ocurre cuando la Fuerza aplicada excede de la resistencia al movimiento.

La contracción ecéntrica, aumenta la distancia entre el origen y la inserción muscular. El movimiento depende de una fuerza exterior y la tensión muscular regula su velocidad.

Definiendo como fuerza el empuje o tirón que se ejerce sobre un cuerpo. Se puede representar vectorialmente y por consiguiente se caracteriza por una magnitud, una dirección, un sentido y un punto de aplicación. La fuerza resultante que actúa sobre un cuerpo es directamente proporcional al producto de su masa por la aceleración. La ecuación se expresa gráficamente:

$$F = ma \quad (4).$$

En donde F es igual a la Fuerza, m es igual a la masa y a es igual a la aceleración.

El cuerpo humano efectúa trabajo mecánico gastando por su actividad la energía que le es proporcionada en forma de alimentos. Así, -- transforma la energía química en energía mecánica. Es el mismo principio que el de una máquina motriz, y por tanto, está justificada la aplicación al cuerpo humano de las medidas usadas corrientemente en la técnica, para estudiar las máquinas motrices.

Así todo lo anteriormente enunciado, nos permite poder analizar a la fuerza muscular tomando en cuenta, su masa o su peso y la distancia de ciertos músculos, a diferencia de una máquina motriz, el cuerpo humano tiene un peso que cambia constantemente, por que su circulación no es estática, sino en movimiento constante, y además de esto, es difícil calcularlo con exactitud por partes, ya que el peso del cuerpo lo tenemos en su totalidad, pero existen tablas que nos da un peso relativo, de sus diferentes partes que nos permiten, poder hacer un cálculo aproximado de la fuerza que se realiza en las extremidades, las cuales tomamos como palancas en nuestro estudio. No es fácil, ni práctico, pero lo que quiero es intentar un cambio en la terminología para poder correlacionarnos con otras disciplinas como es la biomecánica aplicada en nuestra especialidad.

INVESTIGACION CLINICA

OBJETIVO:

Poder cuantificar la Fuerza Muscular con la aplicación de la Física, cuando se modifica la distancia y el peso de una extremidad.

HIPOTESIS:

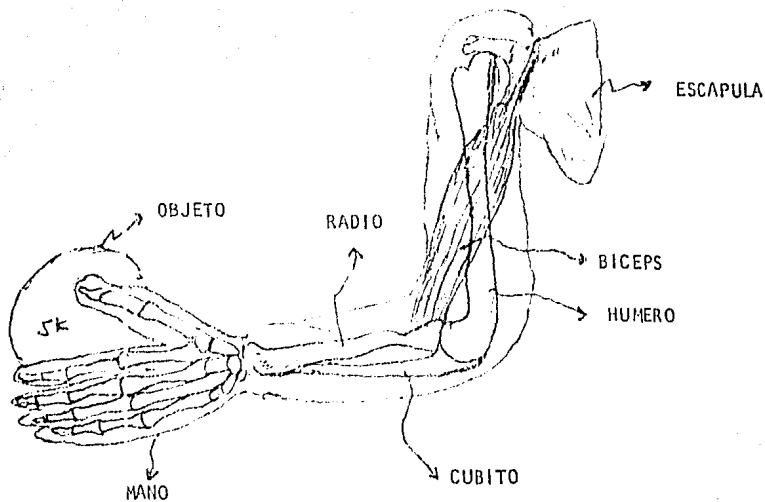
Nosotros podemos comparativamente calcular la Fuerza muscular expresada en Newtons de una extremidad completa, con la fuerza muscular también expresada en Newtons que desarrolla un individuo amputado, cuando se modifica por su misma amputación su peso y su distancia de esta expresada en Newtons en comparación con extremidad íntegra.

MATERIAL Y METODOS

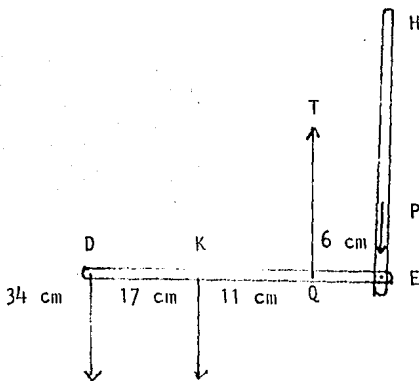
El universo de trabajo estuvo formado por el analisis de un paciente amputado a 17 cms. por debajo del codo izquierdo, el cuál se re--
presenta esquemática y mecánicamente(según figura de la página 11,12),
y sus dos extremidades, la integra y la amputada.

Presentamos la tabla de Berstein en la que se representa el -
Peso relativo de las diferentes partes del organismo, la cuál se tomó en
un individuo de 75 kgs.

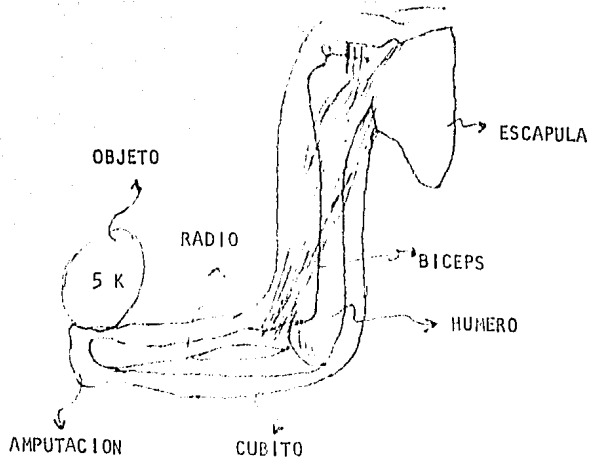
De la que nos basamos para hacer el cálculo de Fuerza que desa-
rolla nuestro paciente en estudio por una regla de 3, tomando como mús-
culo principal el biceps del cual nos interesa determinar que fuerza mus
cular expresada en Newtons durante la flexión.



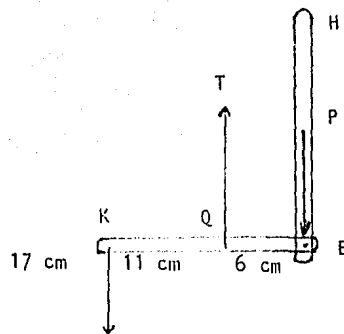
DIBUJO DEL ESQUELETO DE UN BRAZO Y MANO MOSTRANDO AL BICEPS QUE SE USA PARA LEVANTAR UNA CARGA. EN UN MIEMBRO SUPERIOR INTEGRAL.



DIBUJO DE LA MECANICA DEL MOVIMIENTO



DIBUJO DEL ESQUELETO DE UN BRAZO CON LA MANO AMPUTADA, MOSTRANDO AL BICEPS QUE SE USA PARA LEVANTAR UNA CARGA



DIBUJO DE LA MECANICA DEL MOVIMIENTO

PESO RELATIVO DE LAS PARTES COMPONENTES DEL CUERPO HUMANO. TOTALIDAD DEL
CUERPO 100%
SEGUN BERSTEIN

SEGUN FISCHER

<u>Parte del cuerpo</u>	<u>Según Fischer</u>	<u>Hombre</u>	<u>Mujer</u>	<u>Valor redondo</u>
Cabeza	6.06	6.72	8.12	7
Tronco	42.70	46.30	43.90	43
Muslo	11.50	12.21	12.89	12
Pierna	5.27	4.65	4.34	5
Piel	1.79	1.46	1.29	2
Brazo	3.36	2.65	2.60	3
Antebrazo	2.28	1.82	1.82	2
Mano	0.84	0.70	0.5	1

En la figura se muestra el esqueleto de un brazo con el antebrazo, en posición horizontal, sosteniendo un objeto en la palma de la mano. Con el punto de giro en la articulación del codo, el antebrazo y la mano forman un miembro de compresión pareciendo al picarte de una grúa mientras que, el biceps, que asume el papel del motor principal en cualquier movimiento de flexión, es el miembro de tensión.

El problema presentado se resuelve al calcular:

a).- La fuerza hacia arriba (T) ejercida por el bíceps.

b).- La Fuerza hacia abajo ejercida (P) ejercida por el
húmero sobre el codo.

En relación con las dos Fuerzas desconocidas T y P, se puede -
determinar cada una de ellas. Tomando a E como punto de giro y aplican-
do, la Segunda condición del equilibrio que se puede calcular T. Y apli-
cando la Primera condición del equilibrio podemos calcular P.

"Un cuerpo bajo acción de cualquier número de Fuerzas está en -
equilibrio si la suma de todos los vectores es cero".

Simbólicamente se puede expresar;

$$\sum F = 0$$

Estas ecuaciones se denominan comúnmente primera condición de
equilibrio.

"Si uno o más esfuerzos de rotación actúan sobre un cuerpo
rígido, tendiendo a su rotación, es un sentido u otro, la
resultante dependerá de la suma de todos los esfuerzos."

"Si un cuerpo está en equilibrio, la suma de todos los es-
fuerzos o Fuerzas deben ser cero".

$$\sum L = 0$$

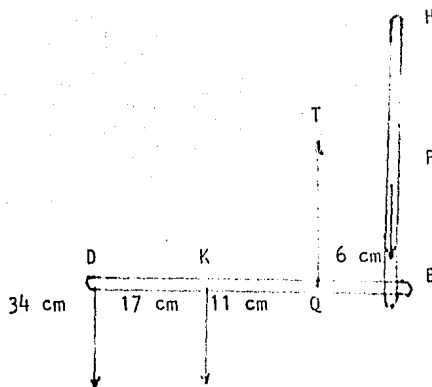
Se acostumbra asignar con signo positivo a los esfuerzos actuando en sentido contrario a las manecillas del reloj, y con signo negativo a los esfuerzos que actúan en sentido a las manecillas del reloj. Se conoce como la Segunda condición de equilibrio.

Nosotros hacemos de acuerdo a estas condiciones de equilibrio, el cálculo de las Fuerzas en brazo sano o íntegro, y posteriormente en el amputado.

BRAZO INTEGRO:

Tenemos nuestros siguientes cálculos

REPRESENTACION MECANICA DEL MOVIMIENTO



$$EQ = 6 \text{ cms.}$$

$$EK = 17 \text{ cms.}$$

$$ED = 34 \text{ cms.}$$

$$F_{cm} = 1.20 \text{ kgs. (peso antebrazo).}$$

$$F_o = 5 \text{ Kgrs. (peso del objeto).}$$

Por la Segunda ley del equilibrio nosotros podemos calcular T, o sea la Fuerza del biceps para la Flexión y tenemos:

$$\sum F_x = 0$$

$$F_o = 5 \text{ kgrs.} (9.8 \text{ m/seg}) = 49 \text{ Nt.}$$

$$F_{ab} = (1.20 \text{ Kgrs.}) (9.8 \text{ m/seg}) = 11.76 \text{ Nt.}$$

Entonces ahora podemos por la segunda condición de equilibrio:

$$F = (T) (0.06 \text{ m}) - (11.76 \text{ Nt}) (0.17 \text{ m}) - (49 \text{ Nt}) (0.34 \text{ m}) = 0$$

$$F = (T) (0.06 \text{ m}) - (1.9 \text{ Nt}) - (16.6 \text{ Nt/m}) = 0$$

$$F = (T) (0.06 \text{ m}) - (8.5 \text{ Nt/m}) = 0$$

en donde:

$$T = \frac{18.5 \text{ Nt m}}{0.06 \text{ m}} = 309 \text{ Nt.}$$

Entonces tenemos como resultado que la Fuerza de tensión que efectúa el Biceps durante la Flexión es:

$$T = 309 \text{ Nt.}$$

Ahora para poder determinar la Fuerza hacia abajo ejercida por el humero sobre el codo o sea P, tenemos por segunda condición de equilibrio tenemos:

$$L = 0$$

En donde por cálculos tenemos:

$$- P = T - F_{ab} - F_o = 0$$

$$- P + 309 \text{ Nt} - 11.76 \text{ Nt} - 49 \text{ Nt} = 0$$

$$P + 309 \text{ Nt} - 60.76 \text{ Nt}$$

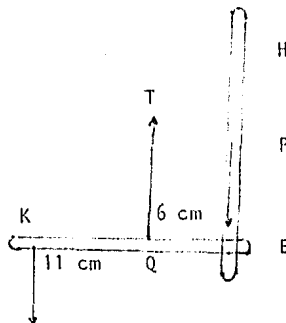
$$P = 248 \text{ Nt}$$

Y tenemos así la Fuerza que efectúa el humero que es:

$$P = 248 \text{ Nt}$$

Ahora vamos a efectuar el mismo cálculo pero con una amputación

REPRESENTACION MECANICA DE MIEMBRO AMPUTADO



Entonces tenemos:

P = Fuerza del húmero

E = Punto de apoyo

T = tensión de bíceps

E_q = distancia de 6 cms. del punto de apoyo a inserción del bíceps.

E_K = Distancia del antebrazo de 17 cms.

Nosotros sabemos que la Fuerza (F ab) en el miembro superior íntegro es de 1.20 Kjs. Ahora queremos saber el peso del antebrazo sin la mano por lo que utilizamos la tabla de Berstein y tenemos que:

Un individuo de 75 kgrs. la mano es 1 % de su peso. Nosotros pudimos determinar el peso del paciente, sin pesarlo por una regla de tres y posteriormente pesarlo en una báscula y el peso fué aproximadamente al obtenido por la regla de tres como sigue:

Tabla de Berstein peso de 75 kgrs ---- 2.52 (peso de antebrazo)
X kgrs ---- 1.20 kgrs. (Peso de antebrazo).

En donde $x = 35.7$ kgrs., que nos dice el peso del paciente. -
Ahora queremos el peso del antebrazo sin la mano y aplicando nuevamente una regla de tres y la tabla de Berstein tenemos que:

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

75 kgrs. es a 1%

cuando será 35.7 kgrs. es a X en donde $X = 0.47\%$

O sea el peso de la mano es de 0.47% del peso del paciente res
tando este porcentaje al peso del cuerpo total del paciente tenemos un pe
so de 35.53 kgrs.

Para saber el peso de la mano, restamos su peso, menos esta can
tidad y tenemos aproximadamente el peso de la mano.

	35.70 (peso total).
Menos	35.53 (o sea menos el 0.47% del peso total)

Tenemos el peso de la mano 0.17 grs.

Nosotros sabemos que el peso total del antebrazo con la mano en
miembro superior integro es de 1.20 kgrs., le restamos esta cantidad al -
peso de la mano y nos dá el peso relativo del antebrazo y tenemos:

	1.20 kgrs.	
Menos	0.17 grs.	Tenemos un peso de 1.03 kgrs.

Entonces tenemos el peso relativo aproximado del antebrazo que
es de 1.03 kgrs.

Con estos datos podemos calcular la Fuerza del biceps cuando se modifica la distancia por la amputación y su peso por la misma, y - ver si efectivamente se modifica la fuerza como suponemos.

Aplicando la primera condición de equilibrio:

$$F_x = 9$$

En donde tenemos:

$$F = T (0.06 \text{ cms.}) - (10.9 \text{ Nt}) (0.17 \text{ cms}) - (-49 \text{ Nt}) = 0$$

$$F = T (0.06 \text{ cms.}) - 1.71 \text{ Ntm} - 49 \text{ Ny}$$

$$F = T (0.06 \text{ cms.}) - 50.7 \text{ Ntm} = 0$$

en donde $T = \frac{50.7 \text{ Nt m}}{0.06 \text{ m}}$

$$T = 845.2 \text{ Nt.}$$

Por lo que podemos decir a que menor distancia hay menos palanca y la Fuerza es mayor. Por lo que en el caso del paciente es mayor es fuerza.

En caso de como se modifica la Fuerza P hacia abajo, ejercida por el húmero en este paciente:

$$\sum L = 0$$

En donde tenemos:

$$P + 845.2 \text{ Nt.} - 10.9 \text{ Nt.} - 49 \text{ Nt.} - 0$$
$$- P = 845.2 - 59.09 \text{ Nt.}$$

En donde $P = 786 \text{ Nt.}$

Observamos las siguientes diferencias:

Miembro superior integro	-----	Miembro superior amputado
Fuerza del biceps T = 309 Nt.	-----	845.2 Nt.
Fuerza del húmero P = 248 Nt.	786.1 Nt.

CONCLUSIONES:

- 1.- A menor distancia, se observa que se tiene que efectuar mayor fuerza para levantar el mismo objeto.
- 2.- En física a menor palanca del punto de apoyo, la fuerza aumenta, y a mayor palanca, la fuerza disminuye, lo cual comprobamos en nuestro paciente.
- 3.- Este principio de fuerza tiene una aplicación clínica en pacientes solo amputados unilaterales en donde tenemos las dos extremidades, una con su distancia y su peso que la observamos por la tabla de Bertoin y la otra en que por la amputación se modifica su peso y su distancia. Y poder comparar entre ambas extremidades como se modifica y diferencia la fuerza dada en Newtons cuando se modifican estos dos factores.
- 4.- El presente estudio no tiene significación estadística ya que tan solo es un caso, es solo una inquietud de aplicar la biomecánica en la clínica de medicina física y rehabilitación.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Howard A. Rusk: Med. de rehabilitación 2a. ed. New York, Interamericana, S.A. 1964 p. 80 a 85
- 2.- Rafael Esteve y A. Otal Rehabilitación en ortopedia y - traumatología 1a. Ed. Barcelona, Edic. Jims 1963 p. 53,56
- 3.- Alumege Maxim. Física General. México, D.F., tec-Cie. 1976 p. 112-132.
- 4.- Haevey E. White: Física Moderna 1er. Ed. Barcelona Montag er y Sinón. S.A. 1979 p.255-262
- 5.- Zamorano y Col: Temas Selectos de Física Médica. 1er. Ed. Escuela Superior de Física y Matemáticas del IPN. México. D.F. 1980 p.72
- 6.- Dr. Miguel Aguilar Casa: Biomecánica Básica 1er. Ed. México, D.F. Hospital Hotms 1982 .
- 7.- Carel Weder Merwe: Física General. México. Mowraw-Hill. 1970 p. 49-79
- 8.- Stanley Hoppenfel: Neurología Ortopédica México, D.F., Manual moderno, S.A.1981. p.1-2
- 9.- Halliday-Pernick: Física. México, D.F. Continental, S.A. 1980 p. 1176
- 10.- WG Mclean: Mecánica Técnica. México, Mac. Graw-Hill 1978.p. 265

- 11.- Gerhard Hochmitth; Biomecánica de los movimientos deportivos
Barcelona. 1973. p. 82-156
- 12.- Kane and Sternheim; Life Science Physica. Massachusetts, --
Yohn Wiley. 1978 p. 40-45
- 13.- Gunter Lehamann; Fisiología práctica del trabajo. Madrid, --
Aguilar co. 1960. p. 141-140
- 14.- Frank H. Kursen; Medicina Física y Rehabilitación. Barcelona.
Salvat p. 737
- 15.- Resnick - Halluday; Física 1er. Ed. México, Continental, S.A.
1980 p. 374-356-357.