

# **Efectes de la càrrega i la velocitat de contracció muscular sobre l'amplitud del registre IEMG**

## **Efectos de la carga y la velocidad de contracción muscular sobre la amplitud del registro IEMG**

M. Gutiérrez

Departamento de Educación Física y Deportes. Universidad de Granada

### **RESUM**

L'objecte d'aquesta investigació és l'estudi del comportament dels registres electromiogràfics integrats (IEMG) amb elèctrodes de superfície, en diferents condicions de treball –velocitat i càrrega– durant una activitat isotònica concèntrica, controlant els problemes plantejats propis de la captació d'aquests registres i utilitzant tècniques dinamogràfiques per al control de les acceleracions que experimenta la càrrega, tècniques cinematogràfiques per al control de les velocitats, acceleracions i angles que s'experimenten en el segment que es desplaçarà –cama– i les tècniques electromiogràfiques per obtenir el registre de la tensió muscular, considerada com a variable dependent. Totes elles sincronitzades temporalment mitjançant un procés informàtic automatitzat.

Els resultats demostren que quan s'incrementa la velocitat angular segmentària augmenta l'amplitud del registre IEMG, sempre que la resistència no superi el 50% del valor màxim d'aquesta mateixa activitat. Quan la càrrega és del 80% l'increment de la velocitat angular segmentària no té cap incidència sobre l'amplitud del registre. Hi ha una relació directa entre l'increment de la càrrega i l'amplitud del registre IEMG sempre que la velocitat angular no sigui excessivament alta.

### **RESUMEN**

El objeto de la presente investigación es el estudio del comportamiento de los registros electromiográficos Integrados (IEMG) con electrodos de superficie, en diferentes condiciones de trabajo –velocidad y carga– durante una actividad isotónica concéntrica, controlando los problemas planteados propios de la captación de estos registros y utilizando técnicas dinamográficas para el control de las aceleraciones que experimenta la carga, técnicas cinematográficas para el control de las velocidades, aceleraciones y ángulos que se experimentan en el segmento que se va a desplazar –pierna– y las técnicas Electromiográficas para obtener el registro de la tensión muscular, considerada como variable dependiente. Todas ellas sincronizadas temporalmente mediante un proceso informático automatizado.

Los resultados demuestran que cuando se incrementa la velocidad angular segmentaria aumenta la amplitud del registro IEMG, siempre que la resistencia no supere el 50% del valor máximo de esa misma actividad. Cuando la carga es del 80% el incremento de la velocidad angular segmentaria no tiene ninguna incidencia sobre la amplitud del registro. Existe una relación directa entre el incremento de la carga y la amplitud del registro IEMG siempre que la velocidad angular no sea excesivamente alta.

### **Introducció**

La millora del rendiment esportiu comporta la utilització de diferents mètodes d'entrenament, controlant els efectes que produeixen en l'esportis-

### **Introducción**

La mejora del rendimiento deportivo conlleva la utilización de diferentes métodos de entrenamiento, controlando los efectos que producen en el

ta. Actualment aquest control s'aborda des d'un ampli conjunt d'àrees com la Física, la Química, la Psicologia, la Biologia, etc., però hi ha, igualment, una tendència a la parcel·lació excessiva, on cada investigador redueix els seus estudis en una sola àrea de coneixements, originant un control parcial d'aquests mètodes d'entrenament. Recollint el caràcter multidisciplinari que ha de tenir l'anàlisi del moviment humà, en aquest estudi es tracta d'integrar diferents àrees sobre un objecte d'estudi tan important en el rendiment esportiu com és l'activitat muscular.

El control del treball muscular es pot abordar des de diferents àrees d'estudi. La més simple i, conseqüentment, la més utilitzada és l'anàlisi mecànica externa, correlacionant la tensió muscular amb els paràmetres cinemàtics o cinètics mesurats externament mitjançant tècniques cinematogràfiques, dinamogràfiques, goniomètriques, etc.

El problema en la utilització d'aquestes tècniques, basades en la física, és que realment es qüestiona si hi ha aquesta relació entre el comportament muscular i aquests paràmetres físics. Els diferents registres de càrrega obtinguts durant una activitat muscular concèntrica i excèntrica (Bigland & Lippold, 1954) o la importància que té el temps d'aplicació de forces sobre l'eficàcia mecànica (Perrine & Edgerton, 1978) posen de manifest aquest fet.

És possible controlar l'actuació muscular mitjançant diferents tècniques que abordarien altres àrees de coneixements mitjançant tècniques de registres fisiològics ( $VO_2$ , EKG, etc.) o anàlisis de substàncies (biòpsies, lactats, etc.) que poden tenir una certa correlació amb l'estat i el comportament muscular. Però aquestes tècniques suposen, igualment, una correlació que no en tots els casos és exacta a causa, fonamentalment, del problema que crea el control globalitzat de l'actuació muscular de manera indirecta.

Un altre àmbit d'estudi de l'activitat muscular i que suposa una mesura directa és l'electromiografia (EMG), basada en el registre dels potencials elèctrics que precedeixen la contracció de les fibres musculars. En les tècniques EMG hi ha, igualment, altres factors que influeixen en el resultat de la contracció muscular, com és la utilització de l'energia elàstica durant l'activació muscular en una contracció isotònica pliometríca (Bosco, 1985); la participació dels elements elàstics durant la contracció muscular (Komi, 1987); processos d'aprenentatge que suposin una discriminació de la càrrega (Gutiérrez, 1987) o el nivell d'activació (Basmajian & Karlsson, 1976).

El plantejament d'aquest treball suposa la utilització integrada de les tècniques cinemàtiques, cinètiques, goniomètriques i electromiogràfiques durant una activitat muscular isotònica concèntrica, amb l'objecte d'estudiar la relació existent entre

deportista. Actualmente, este control, se esta abordando desde un amplio conjunto de áreas como la Física, Química, Psicología, Biología etc., pero existe, igualmente, una tendencia a la parcelización excesiva, donde cada investigador reduce sus estudios a una sola área de conocimientos, originando un control parcial de dichos métodos de entrenamiento. Recogiendo el carácter multidisciplinar que debe tener el análisis del movimiento humano, en este estudio se trata de integrar diferentes áreas sobre un objeto de estudio tan importante, en el rendimiento deportivo, como es la actividad muscular.

El control del trabajo muscular puede abordarse desde diferentes áreas de estudio, la más simple y, consecuentemente, la más utilizada es el análisis mecánico externo, correlacionando la tensión muscular con los parámetros cinemáticos o cinéticos medidos externamente mediante técnicas cinematográficas, dinamográficas, goniométricas, etc.

El problema en la utilización de estas técnicas, basadas en la física, es que realmente se cuestiona si existe tal relación entre el comportamiento muscular y dichos parámetros físicos. Los diferentes registros de carga obtenidos durante una actividad muscular concéntrica y excéntrica (Bigland & Lippold, 1978) o la importancia que tiene el tiempo de aplicación de fuerzas sobre la eficacia mecánica (Perrine & Edgerton, 1978) ponen de manifiesto este hecho.

Es posible controlar la actuación muscular mediante diferentes técnicas que abordarían otras áreas de conocimientos mediante técnicas de registros fisiológicos ( $VO_2$ , EKG, etc.) o análisis de sustancias (biopsias, lactatos, etc.) que pueden tener una cierta correlación con el estado y comportamiento muscular. Pero estas técnicas suponen, igualmente, una correlación que no en todos los casos es exacta debido, fundamentalmente, al problema que el control globalizado de la actuación muscular de forma indirecta.

Otro ámbito de estudio de la actividad muscular y que supone una medida directa es la electromiografía (EMG), basada en el registro de los potenciales eléctricos que preceden a la contracción de las fibras musculares. En las técnicas EMG existen, igualmente, otros factores que influyen en el resultado de la contracción muscular, como la utilización de la energía elástica durante la activación muscular en una contracción isotónica pliometríca (Bosco, 1985); la participación de los elementos elásticos durante la contracción muscular (Komi, 1987); procesos de aprendizaje que supongan una discriminación de la carga (Gutiérrez, 1987) o el nivel de activación (Basmajian & Karlsson, 1976).

El planteamiento de este trabajo supone la utilización integrada de las técnicas cinemáticas, cinéticas, goniométricas y electromiográficas durante una actividad muscular isotónica concèntrica con

les mesures obtingudes amb cada una d'aquestes tècniques, així com la interpretació dels registres electromiogràfics i el plantejament d'hipòtesis sobre possibles factors que modifiquin aquesta relació.

## Mètode

S'han utilitzat deu subjectes, quatre de sexe femení i sis masculí, amb una edat compresa entre els dinou i els vint anys. Cada un d'ells havia practicat amb regularitat algun esport, tot i que diferents entre si, cosa que fa que les característiques individuals en l'àmbit antropomètric i muscular fossin també diferents.

S'ha utilitzat un disseny bifactorial amb mesures repetides, sent els dos factors –la velocitat angular segmentària de la cama en relació amb la cuixa i la càrrega o resistència que haurà de desplaçar el segment (A x B)– amb quatre nivells a cada factor (4 x 4). Els nivells del factor A foren: mínima velocitat segmentària. Moviment lenta ( $a_1$ ); velocitat mitjana baixa ( $a_2$ ); velocitat mitjana alta ( $a_3$ ) i màxima velocitat, moviment balístic ( $a_4$ ). Els nivells del factor B són expressats en percentatges de la seva càrrega màxima: 5% ( $b_1$ ); 20% ( $b_2$ ); 50% ( $b_3$ ) i el 80% ( $b_4$ ).

Com es pot observar, el nivell  $a_4$ , que correspon a la velocitat màxima, no es pot aconseguir quan s'incrementa la càrrega ( $b_2, b_3, b_4$ ); només es podrà utilitzar quan es tracti de càrrega mínima ( $b_1$ ).

Per tal de reduir l'efecte de l'aprenentatge o el cansament durant l'aplicació repetida del tractament experimental, s'han considerat tres aspectes:

- Escollir un gest molt simple i que, en tots els casos, hagi estat automatitzat. L'exercici elegit fou l'extensió simple de la cama sobre la cuixa mantenint la resta del cos quiet.
- Deixar un temps suficient entre cada execució, amb la finalitat de no produir cansament. En aquest cas es tractava de quinze minuts entre cada execució.
- Realitzar una equiponderació parcial, invertint l'ordre de les condicions experimentals en la meitat dels subjectes.

Per controlar els diferents moments de força que desenvoluparia la força muscular durant el gest s'utilitzà una màquina específica per al desenvolupament dels músculs extensors de la cama amb un sistema de politges modificat perquè, sobre cada angle, la resistència fos constant.

Per al control de la càrrega s'utilitzà un dinamòmetre electrònic, en base a un captador de força de tipus extensiomètric i acoblat a un amplificador de senyal. El dinamòmetre fou instal·lat a la línia de força desenvolupada per una de les politges, situada entre la força i la resistència. El senyal elèctric, emès per l'amplificador, fou informatitzat utilitzant

el objeto de estudiar la relación existente entre las medidas obtenidas con cada una de estas técnicas, así como la interpretación de los registros electromiográficos y el planteamiento de hipótesis sobre posibles factores que modifiquen esta relación.

## Método

Se han utilizado diez sujetos, cuatro de sexo femenino y seis masculino, con una edad comprendida entre los diecinueve y los veinte años. Cada uno de ellos había practicado con regularidad algún deporte, aunque diferentes entre si, lo que hace que las características individuales a nivel antropométrico y muscular, fuesen también diferentes.

Se ha utilizado un diseño bifactorial con medidas repetidas, siendo los dos factores: la velocidad angular segmentaria de la pierna con respecto al muslo y la carga o resistencia que tendrá que desplazar el segmento (A x B), con cuatro niveles en cada factor (4 x 4). Los niveles del factor A, fueron: mínima velocidad segmentaria, movimiento lento, ( $a_1$ ); velocidad media baja, ( $a_2$ ); velocidad media alta, ( $a_3$ ) y máxima velocidad, movimiento balístico, ( $a_4$ ). Los niveles del factor B, se expresan en porcentajes de su máxima carga: 5%, ( $b_1$ ); 20%, ( $b_2$ ); 50%, ( $b_3$ ) y el 80%, ( $b_4$ ).

Como se puede observar, el nivel  $a_4$ , que corresponde a la máxima velocidad, no se puede conseguir cuando se incrementa la carga ( $b_2, b_3, b_4$ ), sólo podrá utilizarse cuando se trate de mínima carga ( $b_1$ ).

Con el fin de reducir el efecto del aprendizaje o cansancio durante la aplicación repetida del tratamiento experimental, se han considerado tres aspectos:

- Elegir un gesto muy simple y que, en todos casos, haya sido automatizado. El ejercicio elegido fue la extensión simple de la pierna sobre el muslo manteniendo el resto del cuerpo quieto.
- Dejar un tiempo suficiente entre cada ejecución, con el fin de no producir cansancio. En este caso se trataba de quince minutos entre cada ejecución.
- Realizar una equiponderación parcial, invirtiendo el orden de las condiciones experimentales en la mitad de los sujetos.

Para controlar los diferentes momentos de fuerza que desarrollaría la fuerza muscular durante el gesto se utilizó una máquina específica para el desarrollo de los músculos extensores de la pierna con un sistema de poleas modificado para que, sobre cada ángulo, la resistencia fuese constante.

Para el control de la carga se utilizó un dinamómetro electrónico, en base a un captador de fuerza

sistemes informatitzats de registres.

Les tècniques cinematogràfiques bidimensionals (2D) van permetre el control del gest, especialment el d'una de les variables independents (velocitat) i una altra de les variables que considerem estranyes (angle). El registre cinematogràfic es va realitzar mitjançant una cambra d'alta velocitat a 64 ft/seg col·locada perpendicular al pla de moviment.

Per al Registre IEMG foren utilitzats elèctrodes de superfície de 8 mm de diàmetre adaptats a un amplificador d'EMG, el qual incorpora els filtres analògics adequats per modular el senyal, així com l'integrador de senyal, que fou calibrat a una constant de temps de 70 ms.

Els sistemes informatitzats d'adquisició de dades, tant del registre IEMG com de la dinamometria, es realitzaren per mitjà d'un convertidor analògic-digital (A/D). En el canal 0 s'enregistrà el senyal TTL, procedent de la pròpia targeta que posava en funcionament un llum, el qual estava situat en el camp de visió de la cambra. Aquest sistema va permetre sincronitzar els registres directes (IEMG i goniometria) amb els procedents de les tècniques 2D. En el canal 1 s'enregistrà l'IEMG i en el 2 el senyal dinamomètric.

Tres dies abans de posar en marxa l'experiment se cità els subjectes per obtenir la màxima càrrega que podrien desplaçar en la màquina de musculació esmentada anteriorment. La pretensió era obtenir el màxim de càrrega individualitzada -100% per poder establir, posteriorment, els nivells de la variable B. Els deu subjectes foren dividits en dos grups, que realitzaren l'experiment en sessions diferents i ordre distint.

Els elèctrodes foren col·locats a la part medial del recte anterior del múscul quàdriceps, mantenint aquesta posició durant tot l'experiment ja que, en col·locar-los-hi de nou, hi havia la possibilitat de no localitzar el mateix lloc, cosa que modificaria el registre. Amb aquesta previsió es neutralitzava una de les variables contaminants, important en la captació del senyal amb elèctrodes de superfície, com és el lloc on es col·loquen els elèctrodes.

La tasca que havia de realitzar cada subjecte consistia en asseure's sobre la màquina de musculació i, mantenint aquesta posició, desplaçar la resistència realitzant una extensió de la cama sobre la cuixa, la qual romania quieta.

## Resultats

La sincronització dels sistemes de captació de dades utilitzats en l'experiment va permetre conèixer el comportament, a nivell temporal, de la força, mesurada amb les tècniques dinamomètriques, en Kp; els registres IEMG, en valors digitals o mv; la velocitat angular mitjançant la cinematografia, en rad/seg. i el valor de l'angle que determina la cama

de tipo extensométrico y acoplado a un amplificador de señal. El dinamómetro se instaló en la línea de fuerza desarrollada por una de las poleas, situada entre la fuerza desarrollada por una de las poleas, situada entre la fuerza y la resistencia. La señal eléctrica, emitida por el amplificador, se informatizo utilizando sistemas computarizados de registros.

Las técnicas cinematografías bidimensionales (2D) permitieron el control del gesto, especialmente el de una de las variables independientes (Velocidad) y otra de las variables que consideramos extrañas (Angulo). El registro cinematográfico se realizó mediante una cámara de alta velocidad a 64 ft/seg colocada perpendicular al plano de movimiento.

Para el registro IEMG se utilizaron electrodos de superficie de 8 mm de diámetro adaptados a un amplificador de EMG, el cual incorpora los filtros analógicos adecuados para modular la señal así como el integrador de señal que fue calibrado a una constante de tiempo de 70 ms.

## SINCRONIZACION DE REGISTROS

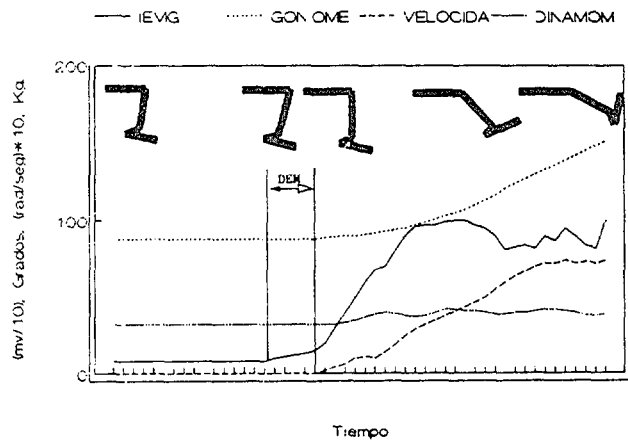


Figura 1. Representació gràfica de la sincronització dels registres per al subjecte 5.

Figura 1. Representación gráfica de la sincronización de los registros para el sujeto 5.

Los sistemas computarizados de adquisición de datos, tanto del registro IEMG como de la dinamometria, se realizaron por medio de un convertidor analógico-digital (A/D). En el canal 0 se registró la señal TTL, procedente de la propia tarjeta que ponía en funcionamiento una luz, la cual estaba situada en el campo de visión de la cámara. Este sistema permitió sincronizar los registros directos (IEMG y goniometria) con los procedentes de las técnicas 2D. En el canal 1 se registró el IEMG y en el 2 la señal dinamométrica.

Tres días antes de poner en marcha el experimento se citó a los sujetos para obtener la máxima

en relació amb la caixa, en graus.

Aquesta sincronització es pot observar a la figura 1. La gràfica representada a l'esmentada figura correspon al subjecte 5 ( $S_5$ ) quan desplaçava una càrrega del 20% amb una velocitat mitjana ( $a_2 b_2$ ).

Considerant els registres del subjecte 5 com un model general de comportament, s'observa com el registre IEMG és el primer que modifica la seva línia base. Aquest aspecte té lloc en tots els subjectes i en tots els nivells de les variables independents. L'increment de temps comprès entre la modificació de la línia base del registre electromiogràfic i la modificació de la línia base dels altres tres registres, té la seva explicació en la *demora electromecànica* (DEM). En els estudis realitzats per Viitasalo & Komi (1981) per a aquest mateix gest, van obtenir valors de DEM compresos entre 38,3 i 45,4 ms. Tot i que aquest valor no és l'objecte del nostre estudi, l'hem constatat en totes les situacions amb un valor comprès entre 20 i 60 ms.

El valor de l'angle solament s'ha utilitzat per detectar el temps amb què obtenir el valor de la variable dependent així com l'objectivació de les dues variables independents. Solament s'han considerat els valors de les variables quan l'angle arribava als 120 graus, valor comprès en el rang proposat per Smidt (1973) com a màxima tensió del múscul quàdriceps.

Una de les qüestions plantejades és determinar si existeix alguna influència de la variable A (velocitat angular) sobre el registre IEMG quan la càrrega es manté al 5%, 20%, 50% i 80% del màxim. Per constatar l'existència o no d'aquesta influència s'ha aplicat l'anàlisi de variances (ANOVA). Les dades

FACTOR B	FACTOR A					
		MINIMA	MEDIA BAJA	MEDIA ALTA	MAXIMA	F
5%	N	10	10	10	10	26.9
	X	346.62	545.12	782.83	878.66	
	DT	121.64	135.25	269.88	202.80	
20%	N	10	10	10		55.1
	X	479.57	742.66	1030.75		
	DT	149.09	214.60	173.32		
50%	N	10	10	10		31.2
	X	755.00	876.60	1023.80		
	DT	58.48	68.82	63.09		
80%	N	10	10	10		1.35
	X	905.22	933.75	1012.20		
	DT	174.23	210.38	187.94		

\*  $p < .01$  \*\*  $p < .005$  \*\*\*  $p < .001$

**Taula 1.** Quadre resum d'ANOVA sobre la incidència de la Velocitat Angular i el registre IEMG sobre dos nivells distints del factor càrrega.

**Tabla 1.** Cuadro resumen de ANOVA sobre la incidencia de la Velocidad Angular y el registro IEMG sobre dos distintos niveles del factor carga.

carga que podrien desplaçar en la màquina de musculació, ja mencionada. La pretensió era obtenir el màxim de càrrega individualitzada -100% para poder establir, posteriorment, els nivells de la variable B. Els deu subjectes se dividieren en dos grups que realitzaren el experimento en sessions diferents y orden distinto.

Los electrodos se colocaron en la parte medial del recto anterior del musculo cuadriceps, manteniendo esta posición durante todo el experimento ya que al colocarse de nuevo cabria la posibilidad de no localizar el mismo lugar, lo que modificaria el registro. Con esta previsión se neutralizaba una de las variables contaminantes, importante en la captación de la señal con electrodos de superficie, como es el lugar donde se colocan los electrodos.

La tarea que tenia que realizar cada sujeto, consistia en sentarse sobre la maquina de musculación y, manteniendo dicha posición, desplazar la resistencia realizando una extensión de la pierna sobre el muslo, el cual permanecia quieto.

## Resultados

La sincronización de los sistemas de captación de datos utilizados en el experimento permitió conocer el comportamiento, a nivel temporal, de la fuerza, medida con las técnicas dinamométricas, en Kp; los registros IEMG, en valores digitales o mv; la velocidad angular mediante la cinematografía, en rad/seg y el valor del ángulo que determina la pierna con respecto al muslo, en grados.

Esta sincronización se puede observar en la Figura 1. La gráfica que se presenta en la citada figura corresponde al sujeto 5 ( $S_5$ ), cuando desplazaba una carga del 20% con una velocidad media ( $a_2 b_2$ ).

Considerando los registros del sujeto 5 como un modelo general de comportamiento, se observa como el registro IEMG es el primero que modifica su línea base. Este aspecto ocurre en todos los sujetos y en todos los niveles de las variables independientes. Al incremento de tiempo comprendido entre la modificación de la línea base del registro electromiográfico y la modificación de la línea base de los otros tres registros, tiene su explicación en la *demora electromecánica* (DEM). En los estudios realizados por Viitasalo & Komi (1981), para este mismo gesto, obtuvieron valores de DEM comprendidos entre 38,3 y 45,4 ms. Aunque este valor no es el objeto de nuestro estudio, lo hemos constatado en todas las situaciones con un valor comprendido entre 20 y 60 ms.

El valor del ángulo se ha utilizado para detectar el tiempo donde obtener el valor de la variable dependiente así como la objetivación de las dos variables independientes. Sólo se han considerado

obtingudes s'ofereixen a la taula 1.

Segons el grau de significació obtingut, es pot dir que la velocitat als nivells de càrrega del 5%, 20% i 50% ha exercit una influència significativa sobre el registre IEMG, mentre que quan la càrrega assoleix el 80% del màxim, les diferents velocitats no tenen cap incidència significativa sobre el registre.

Per completar l'anàlisi estadística d'aquest efecte general, s'ha aplicat una prova de contrastos per a mesures relacionades. Aquestes dades figuren a la taula 2.

Condiciones Experimentales utilizadas									
	$a_2b_1$	$a_2b_2$	$a_2b_3$	$a_2b_4$	$a_3b_1$	$a_3b_2$	$a_3b_3$	$a_3b_4$	$a_4b_1$
$a_1b_1$	2.17				4.42***				5.23***
$a_1b_2$		2.00*				5.78***			
$a_1b_3$			1.28				2.84*		
$a_1b_4$				0.21				1.28	
$a_2b_1$					2.41				3.28**
$a_2b_2$						3.19**			
$a_2b_3$							1.61		
$a_2b_4$								0.82	
$a_3b_1$									0.80

\* p<.01    \*\* p<.005    \*\*\* p<.001

**Taula 2.** Taula resum de la prova de contrastos sobre la incidència que té la Velocitat Angular en el registre IEMG, en els nivells distints del factor càrrega.

**Tabla 2.** Tabla resumen de la prueba de contrastes sobre la incidencia que tiene la Velocidad Angular en el registro IEMG, en los distintos niveles del factor carga.

En general es pot dir que quan es contrasten velocitats angulars molt diferents, el nivell de significació és més gran, mentre que quan es tracta de velocitats angulars molt pròximes, el nivell de significació disminueix. Cal constatar que el nivell de significació és menor si s'incrementa la càrrega, tot i que les velocitats són extremes. Quan aquestes velocitats s'aproximen al màxim, la significació tendeix a baixar. Així, el contrast entre la velocitat mitjana alta i màxima no és significatiu.

Una altra de les qüestions plantejades en aquest treball és examinar la influència que té la càrrega sobre l'amplitud del registre IEMG. Per observar aquesta influència s'ha recorregut al mateix procediment anterior.

A les taules 3 i 4 es mostren els quadres resum de l'anàlisi de variances i prova de contrastos, respectivament, constatant que hi ha una incidència considerable de la càrrega sobre l'amplitud del registre i que aquesta incidència és més marcada quan les càrregues tendeixen a valors molt diferents. Solament en dos contrastos el nivell de significació resultant permet pensar en la no existència d'aquesta influència, tot i que quan la càrrega és del 5% i el 20% els resultats poden estar relacionats amb el grau de discriminació d'aquesta càrrega, ja que l'increment que es produeix és el menor de tots els contrastos analitzats. Quan la càr-

los valores de las variables cuando el ángulo alcanzaba los 120 grados, valor comprendido en el rango propuesto por Smidt (1973) como máxima tensión del músculo cuádriceps.

Una de las cuestiones planteadas es determinar si existe alguna influencia de la variable A (velocidad angular) sobre el registro IEMG, cuando la carga se mantiene al 5%, 20%, 50% y 80% del máximo. Para constatar la existencia o no de dicha influencia se ha aplicado el análisis de varianza (ANOVA). Los datos obtenidos se ofrecen en la tabla 1.

Segun el grado de significación obtenido, se puede decir que la velocidad a los niveles de carga del 5%, 20% y 50% ha ejercido una influencia significativa sobre el registro IEMG, mientras que cuando la carga alcanza el 80% del máximo, las diferentes velocidades no tienen ninguna incidencia significativa sobre el registro.

Para completar el análisis estadístico de este efecto general, se ha aplicado una prueba de contrastes para medidas relacionadas. Estos datos figuran en la tabla 2.

En general se puede decir que cuando se contrastan velocidades angulares muy diferentes, el nivel de significación es mayor, mientras que cuando se trata de velocidades angulares muy próximas, el nivel de significación disminuye. Se debe constatar que el nivel de significación es menor si se incrementa la carga, aun cuando las velocidades son extremas. Cuando estas velocidades se aproximan al máximo, la significación tiende a bajar. Así, el contraste entre la velocidad media alta y máxima no es significativo.

Otra de las cuestiones planteadas en este trabajo es examinar la influencia que tiene la carga sobre la amplitud del registro IEMG. Para observar esta influencia se ha recurrido al mismo procedimiento anterior.

En las tablas 3 y 4 se muestran los cuadros resumen del análisis de varianza y prueba de contrastes, respectivamente, constatándose que existe una incidencia considerable de la carga sobre la amplitud del registro y que esta incidencia es más marcada cuando las cargas tienden a valores muy distintos. Solo en dos contrastes, el nivel de significación resultante, permite pensar en la no existencia de esta influencia, aunque cuando la carga es del 5% y 20%, los resultados pueden estar relacionados con el grado de discriminación de esta carga ya que el incremento que se produce es el menor de todos los contrastes analizados. Cuando la carga es del 80%, el nivel de significación disminuye constatándose, igual que sucedía con la velocidad angular, que cuando la carga tiende al máximo, el nivel de significación baja.

Quando se bloquea la velocidad angular en un nivel medio alto, el análisis de varianza muestra un efecto también significativo pero marcadamente

rega és del 80%, el nivell de significació disminueix constantment, tal com passava amb la velocitat angular, que quan la càrrega tendeix al màxim el nivell de significació baixa.

Quan es bloqueja la velocitat angular en un nivell mitjà alt, l'anàlisi de variances mostra un efecte també significatiu però marcadament menor que els efectes anteriors. En aquest cas s'observa que solament els contrastos que impliquen el nivell de la càrrega del 5% són significatius o pròxims al nivell de significació.

Consegüentment, per regla general quan la velocitat angular s'incrementa la incidència de la càrrega sobre l'amplitud del registre disminueix.

Per completar l'anàlisi s'ha realitzat un estudi correlacional amb la finalitat de determinar el grau de relació entre les variables amb l'amplitud del registre IEMG. Els coeficients de correlació obtinguts figuren a la taula 5.

Si es correlaciona la velocitat angular amb el registre IEMG es pot observar que, quan la càrrega arriba al 80%, el nivell de significació baixa, considerant que no hi ha correlació entre l'increment de la velocitat angular i l'amplitud del registre IEMG, tot i que amb altres càrregues inferiors la correlació és alta. Podríem resumir dient que amb càrregues del 50% o inferiors del màxim, l'increment de la velocitat denota un increment en l'amplitud del registre.

La correlació entre l'increment de càrrega i el registre IEMG és alta mentre la velocitat sigui mitjana-baixa i baixa; quan la velocitat s'incrementa a nivells màxims la correlació entre la càrrega i el registre no és significativa.

## Discussió

Segons els resultats obtinguts podem dir que quan s'incrementa la velocitat angular segmentària o, el que és el mateix, quan s'incrementa la velocitat de contracció del múscul durant una activitat isotònica concèntrica, augmenta l'amplitud del registre IEMG, sempre que la resistència oferta no superi el 50% del valor màxim d'aquesta mateixa activitat. Quan la càrrega és del 80% l'increment de la velocitat angular segmentària no té cap incidència sobre l'amplitud del registre.

La correlació entre l'increment de càrrega i el registre IEMG és alta mentre la velocitat sigui mitjana-baixa i baixa; quan la velocitat s'incrementa a nivells màxims la correlació entre la càrrega i el registre no és significativa.

Segons els estudis portats a terme per Tihany i col.ls. (1982), l'increment de l'amplitud del registre IEMG, quan augmenta la velocitat angular, no significaria un increment de tensió relacionat amb la força muscular necessària per desplaçar aqueixa càrrega. Molt probablement estigui relacionat amb

FACTOR B	FACTOR B					
		5%	25%	50%	80%	F
MINIMA	N	10	10	10	10	51.6
	X	348.62	478.57	755.83	905.22	***
DT	121.64	149.09	175.54	174.23		
MEDIA BAJA	N	10	10	10	10	9.4
	X	545.12	742.66	873.60	933.75	***
DT	135.25	214.60	217.66	210.36		
MEDIA ALTA	N	10	10	10	10	3.9
	X	878.66	1030.75	1023.80	1012.2	***
DT	202.80	173.33	83.09	187.94		

\* p<.01 \*\* p<.005 \*\*\* p<.001

**Taula 3.** Quadre resum d'ANOVA sobre la incidència de la càrrega en el registre IEMG sobre els nivells distints del factor Velocitat Angular.

**Tabla 3.** Cuadro resumen de ANOVA sobre la incidencia de la carga en el registro IEMG sobre los distintos niveles del factor Velocidad Angular.

menor que los efectos anteriores. En este caso se observa que sólo los contrastes que implican el nivel de la carga del 5% son significativos o pròxims al nivel de significació.

Por consiguiente, a nivel general, cuando la velocidad angular se incrementa, la incidencia de la carga sobre la amplitud del registro, disminuye.

Para completar el análisis se ha realizado un estudio correlacional con el fin de determinar el grado de relación entre las variables con la amplitud del registro IEMG. Los coeficientes de correlación obtenidos figuran en la tabla 5.

Si se correlaciona la velocidad angular con el registro IEMG se puede observar que cuando la carga llega al 80%, el nivel de significación baja, considerándose que no existe correlación entre el incremento de la velocidad angular y la amplitud del registro IEMG, aunque con otras cargas inferiores la correlación es alta. Podríamos resumir diciendo que con cargas del 50% o inferiores del máximo, el incremento de la velocidad denota un incremento en la amplitud del registro.

La correlación entre el incremento de carga y registro IEMG es alta mientras la velocidad sea media-baja y baja; cuando la velocidad se incrementa a niveles máxims la correlación entre la carga y el registro no es significativa.

## Discusión

Según los resultados obtenidos podemos decir que cuando se incrementa la velocidad angular segmentaria o, lo que es igual, cuando se incrementa la velocidad de contracción del músculo durante una actividad isotónica concèntrica aumenta la amplitud del registro IEMG, siempre que

el reclutament de les unitats motrius majors constituïdes per fibres FG, caracteritzades per una alta velocitat de conducció i generar més tensió muscular.

Quan la càrrega s'incrementa per damunt del 50%, la tensió requerida per desplaçar-la també ha de ser més gran. En aquest cas, quan la velocitat és lenta es produeix el reclutament normal de les fibres proposat per Henneman (1965), en el qual arribarien a participar les fibres SO i FG de forma simultània i es produiria un nivell de tensió muscular alt relacionat amb la resistència que ha de vèncer -càrrega-. Si en aquestes condicions la velocitat s'incrementa al màxim, la tensió desenvolupada seria menor ja que s'incrementa al màxim, la tensió desenvolupada seria menor ja que es produiria una depressió en les fibres SO que no permetria la seva participació (Burke, 1973).

Sembla lògic pensar que la velocitat angular desenvolupada està condicionada a la càrrega i que la velocitat angular no té incidència sobre la tensió muscular ja que, en aquestes condicions, durant una velocitat angular lenta la tensió pot ser màxima, cosa que explica la no incidència de l'increment de la velocitat angular sobre l'amplitud del registre IEMG.

Quant a la incidència de la càrrega sobre l'amplitud del registre IEMG, els resultats posen de manifest que, quan s'incrementa la càrrega, durant una activitat isotònica concèntrica hi ha un increment en l'amplitud del registre IEMG sempre que la velocitat angular no sigui excessivament alta. Quan la velocitat s'aproxima al seu nivell màxim, la relació de la càrrega sobre l'amplitud del registre IEMG és significativament menor.

Podem dir que quan es realitza un moviment balístic la càrrega no té cap incidència sobre el registre. Aquesta dada sembla lògica si utilitzem el mateix raonament que, amb la incidència de la

Condiciones Experimentales utilizadas									
	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>4</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>4</sub>
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	1.81	5.62***	7.72***						
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>		2.40**	3.25***						
a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>			2.01						
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>				2.07	3.47**	3.20***			
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>					1.40	1.54			
a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>						0.64			
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>							0.00	0.61	
a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>								0.47	
a <sub>3</sub> b <sub>4</sub>									1.23

\* p<.01 \*\* p<.005 \*\*\* p<.001

**Taula 4.** Taula resum de la prova de contrastos sobre la incidència que té la càrrega en el registre IEMG, en els nivells distints del factor Velocitat Angular.

**Tabla 4.** Tabla resumen de la prueba de contrastes sobre la incidencia que tiene la carga en el registro IEMG, en los distintos niveles del factor Velocidad Angular.

CORRELACION	NIVELES DE LOS FACTORES.	GRADOS DE LIBERTAD.	r
VELOCIDAD Y IEMG	Carga 5%	24	0.785 *
	Carga 20%	22	0.847 *
	Carga 50%	26	0.665 *
	Carga 80%	26	0.227
CARGA Y IEMG	Velocidad lenta	26	0.783 *
	Velocidad media baja	26	0.717 *
	Velocidad media alta	18	0.296

\* p<.01 \*\* p<.005 \*\*\* p<.001

**Taula 5.** Quadre resum dels coeficients de correlació de l'increment de la Velocitat Angular en relació amb l'amplitud del registre IEMG en cada percentatge de càrrega i velocitat, respectivament.

**Tabla 5.** Cuadro resumen de los coeficientes de correlación del incremento de la velocidad angular con relación a la amplitud del registro IEMG en cada porcentaje de carga y velocidad, respectivamente.

la resistencia ofrecida no supere el 50% del valor máximo de esa misma actividad. Cuando la carga es del 80% el incremento de la velocidad angular segmentaria no tiene ninguna incidencia sobre la amplitud del registro.

Segun los estudios llevados a cabo por Tihanyi & col. (1982), el incremento de la amplitud del registro IEMG, cuando aumenta la velocidad angular, no significaría un incremento de tensión relacionado con la fuerza muscular necesaria para desplazar esa carga. Muy probablemente esté relacionado con el reclutamiento de las unidades motrices mayores constituidas por fibras FG, caracterizadas por una alta velocidad de conducción y generar mayor tensión muscular.

Quando la carga se incrementa por encima del 50%, la tensión requerida para desplazarla también debe ser mayor. En este caso, cuando la velocidad es lenta se produce el reclutamiento normal de las fibras propuesto por Henneman (1965), en el que llegarían a participar las fibras SO y FG de forma simultánea, produciéndose un nivel de tensión muscular alto relacionado con la resistencia que tiene que vencer -carga-. Si en estas condiciones la velocidad se incrementa al máximo, la tensión desarrollada sería menor ya que se produciría una depresión en las fibras SO que no permitiría su participación (Burke, 1973).

Parece lógico pensar que la velocidad angular desarrollada está condicionada a la carga y que la velocidad angular no tiene incidencia sobre la tensión muscular ya que, en estas condiciones, durante una velocidad angular lenta, la tensión puede ser máxima, lo que explica la no incidencia del incremento de la velocidad angular sobre la amplitud del registro IEMG.

En cuanto a la incidencia de la carga sobre la



velocitat angular sobre el registre a màxima velocitat, el reclutament selectiu de les unitats motrius majors fa que la tensió s'incrementi tot i que la càrrega sigui petita.

El fet que s'incrementi el registre amb l'increment de la càrrega, quan la velocitat angular és lenta o mitjana-baixa, suposa una explicació simplista. Quan s'incrementa la càrrega s'incrementa el nivell d'esforç i això produeix una major tensió muscular. L'increment es produiria, fonamentalment, per mitjà del control del nombre d'unitats motores que hi han d'intervenir, mantenint el reclutament normal proposat per Henneman i col.ls. (1965).

amplitud el registre IEMG, los resultados ponen de manifiesto que cuando se incrementa la carga, durante una actividad isotónica concéntrica existe un incremento en la amplitud del registro IEMG, siempre que la velocidad angular no sea excesivamente alta. Cuando la velocidad se aproxima a su nivel máximo, la relación de la carga sobre la amplitud del registro IEMG es significativamente menor.

Podemos decir que cuando se realiza un movimiento balístico la carga no tiene ninguna incidencia sobre el registro. Este dato parece lógico si utilizamos el mismo razonamiento que con la incidencia de la velocidad angular sobre el registro, a máxima velocidad, el reclutamiento selectivo de las unidades motrices mayores hace que la tensión se incremente aunque la carga sea pequeña.

El hecho de incrementarse el registro con el incremento de la carga, cuando la velocidad angular es lenta o media baja, supone una explicación simplista. Cuando se incrementa la carga se incrementa el nivel de esfuerzo y esto produce una mayor tensión muscular, el incremento se produciría, fundamentalmente, por medio del control del número de unidades motoras llamadas a intervenir, manteniéndose el reclutamiento normal propuesto por Henneman i col. (1965).

---

## Bibliografía

---

BASMAJIAN, J.V.: Electromiografía de la acción muscular. Buenos Aires. Panamericana. 1976.  
BIGLAND, B. & LIPPOLD, O.: "The relation between force, velocity and integrated electrical activity in human muscle". *Journal Physiology*, 123. 214-224. 1954.  
BOSCO, C.: "L'effectto del pre-stiramento sul comportamento del muscolo scheletrico e considerazioni fisiologiche sulla forza esplosiva". *Atleticastudi*. 1. 7-113. 1985.  
BURKE, R.E.; LEVINE, D.N.; TSAIRIS, P. & ZAJAC, F.E.: "Physiological types and histochemical profiles in motor units of the cat gastrocnemius". *Journal of physiology*. 234, 723-748. 1973.  
GUTIERREZ, M.: "Medida de la tensión muscular en condiciones isométricas. Relación entre el registro E.M.G. y carga". *Motricidad*. 0, 59-67. 1987.  
HENNEMAN, E.G. & CARPENTER, D.O.: "Funcional significance of cell size in spinal motoneurons". *Journal Neu-*

*rophysiol.*, 28, 560-580. 1965.  
KOMI, P.V.: Consideraciones fisiológicas y mecánica del efecto del preestiramiento previo a la actividad concéntrica muscular. Madrid: Acta X Simposi Sociedad Ibérica de Biomecánica. 1987.  
PERRINE, J.J. & EDGERTON, V.R.: "Muscle force-velocity and power-velocity relations hips under isokinetic loading". *Medicine Science and Sport*. 10, 159-166. 1978.  
SMIDT, G.I.: "Biomedical analisis of knee flexion and extension". *J. Biomechanics*. 6, 79-92. 1973.  
TIHANYI, J.; APOR, P. & FEKETE, G.: "Force-velocity-power characteristics and fiber composition in human knee extensor muscles". *Eur. Journal Appl. Physiol*. 48, 331-343. 1982.  
VIITASALO, J.T. & KOMI, P.V.: "Effects of fatigue on isometric force and relaxation-time characteristics in human muscle. *Acta Physiologica Scandinava*. 111, 87-95. 1981.