



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES**

**CARRERA DE LICENCIATURA EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA,  
DEPORTES Y RECREACIÓN**

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIADO EN  
CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA, DEPORTES Y RECREACIÓN**

**AUTOR: PRIETO CARRILLO LUIS GONZALO**

**TEMA: “ESTUDIO COMPARATIVO DE LA FUERZA ABSOLUTA Y  
RELATIVA DE LOS MÚSCULOS EN LOS DIFERENTES PLANOS  
MUSCULARES Y SU INCIDENCIA CON EL DESARROLLO MUSCULAR  
DEL EQUIPO DE FÍSICULTURISMO DE LA ESPE. PROPUESTA  
ALTERNATIVA.”**

**DIRECTOR: MSc. MARIO VACA  
CODIRECTOR: LIC. GABRIEL CORAL**

**SANGOLQUÍ, ENERO 2014**

## **CERTIFICADO**

### **CERTIFICA:**

Que el trabajo de investigación titulado “**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA FUERZA ABSOLUTA Y RELATIVA DE LOS MÚSCULOS EN LOS DIFERENTES PLANOS MUSCULARES Y SU INCIDENCIA CON EL DESARROLLO MUSCULAR DEL EQUIPO DE FÍSICULTURISMO DE LA ESPE. PROPUESTA ALTERNATIVA.**” realizado por el señor. **PRIETO CARRILLO LUIS GONZALO**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos, establecidos en el Reglamento de estudiantes de la Universidad de la Fuerzas Armadas - ESPE

Sangolquí, Enero del 2014

**DIRECTOR**  
**MSc. MARIO VACA**

**CODIRECTOR**  
**LIC. GABRIEL CORAL**

## **AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

El trabajo de investigación titulado, El trabajo de investigación titulado, **“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA FUERZA ABSOLUTA Y RELATIVA DE LOS MÚSCULOS EN LOS DIFERENTES PLANOS MUSCULARES Y SU INCIDENCIA CON EL DESARROLLO MUSCULAR DEL EQUIPO DE FÍSICULTURISMO DE LA ESPE. PROPUESTA ALTERNATIVA”** ha sido desarrollada con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de ésta declaración me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, Enero del 2014

**PRIETO CARRILLO LUIS GONZALO**

## **AUTORIZACIÓN**

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército, la publicación en la biblioteca virtual, el trabajo de investigación titulado, **“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA FUERZA ABSOLUTA Y RELATIVA DE LOS MÚSCULOS EN LOS DIFERENTES PLANOS MUSCULARES Y SU INCIDENCIA CON EL DESARROLLO MUSCULAR DEL EQUIPO DE FÍSICULTURISMO DE LA ESPE. PROPUESTA ALTERNATIVA.”**, cuyo contenido, ideas y criterio son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, Enero del 2014

**PRIETO CARRILLO LUIS GONZALO**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad; en segundo lugar a mi MADRE GLADIS CARRILLO; por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me ha ayudado y llevado hasta donde estoy ahora, quien a lo largo de toda mi vida me apoyado y motivado mi formación académica, creyendo en mí en todo momento.

Y a mi querida ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL EJERCITO, ESPE por haberme dotado de todos los conocimientos que me acompañaran el resto de mi vida asiendo brillar en mi carrera como activador físico.

**CBOP LUIS PRIETO**

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de tesis a DIOS y a mi MADRE LA SRA. GLADIS CARRILLO.

A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mi madre, quien a lo largo de mi vida ha velado por mi bienestar y educación siendo mí apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presenta sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

**CBOP PRIETO LUIS**

## ÍNDICE

<b>CERTIFICADO.....</b>	<b>i</b>
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....</b>	<b>ii</b>
<b>AUTORIZACIÓN.....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>vi</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xvii</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>xviii</b>

## CAPITULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3	OBJETIVOS.....	2
1.3.1	OBJETIVO GENERAL.....	2
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.4	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	3
1.5	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	5
1.5.1	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	5
1.6	HIPÓTESIS.....	7
1.6.1	HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	7
1.6.2	HIPÓTESIS OPERACIONALES.....	7

1.6.3	HIPÓTESIS NULA.....	7
-------	---------------------	---

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1	METODOLOGÍA Y VALORACIÓN DEL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA.....	8
2.1.1	DEFINICIÓN DE FUERZA.....	8
2.1.2	DEFINICIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE FUERZA.	9
2.1.3	DEFINICIÓN DE CONCEPTOS RELACIONADOS CON LA FUERZA.....	9
2.1.4	FACTORES INTRÍNSECOS DEL DESARROLLO DE LA FUERZA.....	10
2.1.4.1	LOS FACTORES ESTRUCTURALES.....	10
2.1.4.1.1	LA HIPERTROFIA.....	10
2.1.4.1.2	HIPERPLASIA.....	13
2.1.4.2	TIPO DE FIBRAS.....	14
2.1.4.3	LOS FACTORES NERVIOSOS.....	15
2.1.4.3.1	EL RECLUTAMIENTO DE LAS FIBRAS.....	15
2.1.4.4	LA SINCRONIZACIÓN DE LAS UNIDADES MOTORAS.	17
2.1.4.5	VALORACIÓN Y CONTROL DEL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA.....	17
2.1.4.6	MÉTODOS TRADICIONALES PARA LA VALORACIÓN DE LA FUERZA.....	19

2.1.4.6.1	LA RM (REPETICIÓN MÁXIMA).....	19
2.1.4.7	NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA VALORACIÓN DE LA FUERZA.....	21
2.1.4.7.1	LA UTILIZACIÓN DE CÉLULAS FOTOELÉCTRICAS PARA LA VALORACIÓN DE LA FUERZA.....	22
2.1.4.8	LA PROGRAMACIÓN DEL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA.....	25
2.1.4.8.1	METODOLOGÍA DEL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA.....	26
2.1.4.8.1.1	LOS MÉTODOS CONCÉNTRICOS.....	28
2.1.4.8.1.2	MÉTODO MIXTO: PIRÁMIDE.....	30
2.1.4.8.1.3	MÉTODO CONCÉNTRICO PURO.....	31
2.1.4.8.1.4	LOS MÉTODOS DE CONTRASTES.....	31
2.1.4.8.1.5	MÉTODOS EN RÉGIMEN DE CONTRACCIÓN ISOMÉTRICA.....	34
2.1.4.8.1.6	EL MÉTODO DE LA CONTRACCIÓN EXCÉNTRICA.....	36
2.1.4.8.1.6.1	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MÉTODO EXCÉNTRICO.....	36
2.1.4.8.2.7	EL MÉTODO EXCÉNTRICO 120-80.....	37
2.1.4.8.2.8	CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA.....	37
2.1.5	MECANISMOS DE TRABAJO DEL SISTEMA LOCOMOTOR DEL SER HUMANO.....	39
2.1.6	PAR CINEMÁTICO.....	42

2.1.7	LA CADENA CINEMÁTICA.....	44
2.1.8	SISTEMA CINEMÁTICO.....	47
2.1.9	SISTEMAS ENERGÉTICOS EN EL TRABAJO MUSCULAR.....	48
2.1.9.1	MECANISMO DE LA FOSFOCREATINA (PC).....	51
2.1.9.2	MECANISMO GLUCOLÍTICO.....	51
2.1.9.3	MECANISMO DE OXIDACIÓN.....	52
2.1.9.4	SUPLEMENTO.....	54
2.1.10	ESTRUCTURA MORFOLÓGICA Y PROPIEDADES FUNCIONALES DE LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS.	61
2.1.10.1	COMPOSICIÓN DE LOS MÚSCULOS.....	61
2.1.11	PROPIEDADES DE CONTRACCIÓN Y REGULACIÓN DEL ESFUERZO DE LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS.....	64
2.1.12	REGULACIÓN DE LA CANTIDAD DE UNIDADES MOTORAS ACTIVAS.....	65
2.1.13	REGULACIÓN DEL RÉGIMEN DE CONTRACCIÓN DE LAS UNIDADES MOTORAS.....	67
2.1.14	REGULACIÓN DEL RECLUTAMIENTO TEMPORAL DE LAS UM (MOTONEURONAS).....	68
2.1.15	PROPIEDADES DE OXIDACIÓN DE LOS MÚSCULOS..	69
2.1.16	PROPIEDADES ELÁSTICAS DE LOS MÚSCULOS.....	72
2.1.17	REGÍMENES DE TRABAJO MUSCULAR.....	74
2.1.17.1	VARIEDADES DE TRABAJO MUSCULAR.....	74

2.1.18	REGÍMENES DE TENSIÓN DE LOS MÚSCULOS.....	75
2.1.19	CARÁCTER DE LA MANIFESTACIÓN DEL ESFUERZO DE TRABAJO.....	76
2.1.20	ANTROPOMETRÍA EN LAS CIENCIAS DEL DEPORTE.	81
2.1.20.1	TÉCNICAS Y MEDICIONES SUGERIDAS.....	82
2.1.20.2	TAMAÑO CORPORAL TOTAL.....	84
2.1.20.3	LONGITUDES SEGMENTARIAS ESPECÍFICAS.....	86
2.1.20.4	ANCHOS O DIÁMETROS DEL ESQUELETO ÓSEO.....	87
2.1.20.5	CIRCUNFERENCIAS.....	88
2.1.20.6	GROSOR DE LOS PLIEGUES CUTÁNEOS.....	91
2.1.20.7	RESUMEN DE LAS MEDICIONES.....	95
2.1.20.8	COCIENTES Y PROPORCIONES.....	95
2.1.20.8.1	ÍNDICE DE MASA CORPORAL.....	95
2.1.20.8.2	TALLA SENTADO / TALLA GENERAL.....	96
2.1.20.8.3	DIÁMETRO BIILEOCRESTIDEO / DIÁMETRO BIACROMIAL.....	97
2.1.20.9	CIRCUNFERENCIA DE CINTURA/CIRCUNFERENCIA DE CADERA.....	98
2.1.20.10	LIMITACIONES DE LOS COCIENTES.....	98
2.1.20.11	FÍSICO.....	99
2.1.20.12	VARIABILIDAD DE LA MEDICIÓN Y CONTROL DE CALIDAD.....	101
2.1.20.13	APLICACIONES DE LA ANTROPOMETRÍA.....	104

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	106
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	106
3.3	INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	107
	TEST DE PESO Y TALLA E ÍNDICE DE MASA	
3.3.1	CORPORAL.....	107
3.3.2	TEST FUERZA MÁXIMA (1 RM).....	108
3.4	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	109
	TRATAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS	
3.4.1	DATOS.....	109

### **CAPITULO IV**

4.1	ANÁLISIS Y TABULACIÓN DE RESULTADOS.....	111
	ANÁLISIS DE LA FUERZA ABSOLUTA EN LOS	
4.1.1	DIFERENTES PLANOS MUSCULARES.....	108
4.1.1.1	EQUIPO MASCULINO.....	108
4.1.1.2	EQUIPO FEMENINO.....	113
	ANÁLISIS DE LA FUERZA RELATIVA EN LOS	
4.1.2	DIFERENTES PLANOS MUSCULARES.....	115
4.1.2.1	EQUIPO MASCULINO.....	115

4.1.2.2	EQUIPO FEMENINO.....	117
	ANÁLISIS DEL DESARROLLO MUSCULAR EN LOS	
4.1.3	DIFERENTES PLANOS MUSCULARES.....	119
4.1.3.1	EQUIPO MASCULINO.....	119
4.1.3.2	EQUIPO FEMENINO.....	124
	CORRELACIÓN ENTRE LA FUERZA ABSOLUTA Y EL	
4.1.4	DESARROLLO MUSCULAR.....	129
4.1.4.1	EQUIPO MASCULINO.....	129
4.1.4.1.2	EQUIPO FEMENINO.....	131
	CORRELACIÓN ENTRE LA FUERZA RELATIVA Y EL	
4.1.5	DESARROLLO MUSCULAR.....	133
4.1.5.1	EQUIPO MASCULINO.....	131
4.1.5.2	FEMENINO.....	135

## **CAPITULO V**

	CONCLUSIONES.....	137
	RECOMENDACIONES.....	137

## **CAPITULO VI**

6	PROPUESTA ALTERNATIVA.....	139
6.1	TEMA: PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DE	
	FUERZA DIRECCIONADO A LOS DIFERENTES	
	PLANOS MUSCULARES. (ANEXO DVD CON EL	136

PROGRAMA).....	
FUENTES BIBLIOGRÁFICAS.....	140

### ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico Nro. 1	Sarcómeros en series y en paralelo.....	12
Gráfico Nro. 2	Orden de reclutamiento de las fibras musculares..	16
Gráfico Nro. 3	Test de press tras nuca y dominadas con células fotoeléctricas.....	22
Gráfico Nro. 4	Método búlgaro clásico.....	31
Gráfico Nro. 5	Búlgaro en la serie.....	32
Gráfico Nro. 6	Método de contrastes con cargas máximas combinadas cargas dinámicas.....	32
Gráfico Nro. 7	Método de contrastes con cargas máximas combinadas con cargas de esfuerzos repetidos...	33
Gráfico Nro. 8	Método estático-dinámico con una parada y con dos paradas.....	34
Gráfico Nro. 9	El método excéntrico-concéntrico 120-80.....	36
Gráfico Nro. 10	Cálculos de la Estimación de las Circunferencias de los Músculos de los Miembros, y de las Áreas de Corte Transversal de los Músculos y de la Grasa.....	87
Gráfico Nro. 11	Estimación del Somatotipo con el Método Antropométrico de Heath-Carter.....	97

Gráfico Nro. 12	Resultados fuerza absoluta equipo masculino.....	109
Gráfico Nro. 13	Fuerza absoluta femenino.....	111
Gráfico Nro. 14	Resultados fuerza relativa equipo masculino.....	113
Gráfico Nro. 15	Resultados fuerza relativa equipo femenino.....	115
Gráfico Nro. 16	Peso graso masculino.....	117
Gráfico Nro. 17	Peso óseo masculino.....	118
Gráfico Nro. 18	Peso residual masculino.....	119
Gráfico Nro. 19	Peso graso femenino.....	122
Gráfico Nro. 20	Peso óseo femenino.....	123
Gráfico Nro. 21	Peso residual femenino.....	124
Gráfico Nro. 22	Peso muscular femenino.....	125
Gráfico Nro. 23	Página inicio programa de entrenamiento de fuerza.....	125

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Nro. 1	% de 1RM Kilos.....	20
Tabla Nro. 2	Repeticiones de acuerdo a la carga máxima.....	20
Tabla Nro. 3	Métodos de Intensidades máximas I.....	28
Tabla Nro. 4	Método de Intensidades máximas II.....	28
Tabla Nro. 5	Método de repeticiones I.....	28
Tabla Nro. 6	Método de repeticiones II.....	28
Tabla Nro. 7	Método de repeticiones III.....	29
Tabla Nro. 8	Método de Pirámide.....	29

Tabla Nro. 9	Método concéntrico puro.....	30
Tabla Nro. 10	Nómina equipo de fisicoculturismo ESPE.....	104
Tabla Nro. 11	Tabla de Brzyck.....	106
Tabla Nro. 12	Correlación de PEARSON.....	107
Tabla Nro. 13	Resultados fuerza absoluta equipo masculino.....	108
Tabla Nro. 14	Resultados fuerza absoluta equipo femenino.....	110
Tabla Nro. 15	Resultados fuerza relativa equipo masculino.....	112
Tabla Nro. 16	Resultados fuerza relativa equipo femenino.....	114
Tabla Nro. 17	Resultados medidas antropométricas equipo masculino.....	116
Tabla Nro. 18	Resultados medidas antropométricas equipo femenino.....	121
Tabla Nro. 19	Correlación fuerza absoluta planos musculares- desarrollo muscular peso graso masculino.....	126
Tabla Nro. 20	Correlación fuerza absoluta planos musculares- desarrollo muscular peso óseo masculino.....	126
Tabla Nro. 21	Correlación fuerza absoluta planos musculares- desarrollo muscular peso muscular masculino.....	127
Tabla Nro. 22	Correlación fuerza absoluta planos musculares- desarrollo muscular peso graso masculino.....	128
Tabla Nro. 23	Correlación fuerza absoluta planos musculares- desarrollo muscular peso óseo femenino.....	128
Tabla Nro. 24	Correlación fuerza absoluta planos musculares- desarrollo muscular peso residual femenino.....	129

Tabla Nro. 25	Correlación fuerza absoluta planos musculares- desarrollo muscular peso muscular femenino.....	129
Tabla Nro. 26	Correlación fuerza relativa planos musculares- desarrollo muscular peso graso masculino.....	130
Tabla Nro. 27	Correlación fuerza relativa planos musculares- desarrollo muscular peso óseo masculino.....	130
Tabla Nro. 28	Correlación fuerza relativa planos musculares- desarrollo muscular peso residual masculino.....	131
Tabla Nro. 29	Correlación fuerza relativa planos musculares- desarrollo muscular peso muscular masculino.....	131
Tabla Nro. 30	Correlación fuerza relativa planos musculares- desarrollo muscular peso graso femenino.....	132
Tabla Nro. 31	Correlación fuerza relativa planos musculares- desarrollo muscular peso óseo femenino.....	132
Tabla Nro. 32	Correlación fuerza relativa planos musculares- desarrollo muscular peso residual femenino.....	133
Tabla Nro. 33	Correlación fuerza relativa planos musculares- desarrollo muscular peso muscular femenino...	133

## RESUMEN

La presente investigación se fundamenta en el desarrollo de la fuerza expresada en absoluta cuando no tomamos el peso corporal y relativa cuando este es tomado en cuenta dando como resultados un factor ya sea este positivo o negativo en dependencia del plano muscular dándonos un indicador de que zona está en mejor condición es por ello que la primera parte de esta investigación está orientada a identificar el problema siendo este el trabajo en forma empírica y sin control de los diferentes planos musculares dando como resultado una asimetría en el momento de competir o de hacer la presentación en campeonatos oficiales. El segundo capítulo está orientado al marco teórico de la investigación el cual está sustentado por una amplia investigación bibliográfica de la fuerza como a además las mediciones antropométricas para determinar el desarrollo muscular. La parte metodológica toma como población y muestra el equipo de fisiculturismo de la ESPE con todos sus integrantes, como instrumentos de evaluación se tomo test de fuerza máxima de los diferentes planos musculares así como las medidas antropométrica de todos los deportistas, esto no llevo hacer una correlación para comprobar las hipótesis de trabajo y que luego se pudo plantear una propuesta alternativa de acorde a los resultados obtenidos, que sin duda será de mucha utilidad no solo para la comunidad politécnica sino para todos los deportistas que se dedican a esta disciplina.

### **PALABRAS CLAVES:**

*Fuerza absoluta.*

*Fuerza relativa.*

*Desarrollo muscular.*

*Fisiculturismo.*

## SUMMARY

This research is based on the strength development when expressed in absolute and relative we do not take the body weight, when this is taken into account giving as a result a factor either the positive and negative depending on the muscle up giving as an indication that zone is better condition, why the first part of this research is aimed at identifying the problem this still work empirically without control of different muscle planes, resulting asymmetry at the moment to compare or make a presentation in official championships.

The second chapter is oriented to the theoretical framework of the research which is supported by an extensive literature research of the force as well anthropometric measurements to determinate muscle development. The methodological part takes as population and sample bodybuilding equipment "ESPE" with all members as instruments of evaluation test of maximum strength of different muscles planes and the anthropometric measurements of all athletes, this led us to make a correlation to test the working hypothesis that could them and after that could the propose an alternative proposal according to the results obtained, it will be very useful not only for the polytechnic community but for all athletes who are dedicated to this discipline.

### **KEYWORDS:**

*Absolute power.*

*Power on.*

*Muscular development.*

*Bodybuilding.*

## CAPITULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La fuerza absoluta se refiere a la capacidad de un deportista a ejercer la máxima fuerza sin tener en cuenta su peso corporal, al tomar en cuenta el peso corporal nos da como resultado la fuerza relativa que está representada por el cociente entre la fuerza absoluta y su peso corporal, esta fuerza es muy importante en el fisicoculturismo por cuanto el deportista debe realizar diversas acciones específicas como el lograr levantar cada vez más peso y por ende realizar más repeticiones. La fuerza absoluta que debe ser el mínimo suficiente para compensar el peso corporal del atleta, es evidente que los fisicoculturistas cuando aumenta su masa muscular y peso corporal la fuerza relativa decrece. Esta realidad es de gran significado para deportes donde la potencia aláctica representada en la fuerza máxima es la capacidad dominante en este deporte. Esta fuerza está influenciada por el comportamiento del peso corporal que siempre en determinadas etapas va tener una tendencia de incremento, bajos niveles de condición física de fuerza y por ende va a repercutir directamente en el sistema anaeróbico aláctica utilizado como capacidad para obtener grandes reservas de ATPPc que transformadas a potencia podremos observar el comportamiento del deportista en acciones de fuerza máxima.

Este estudio de estas dos capacidades importantes nos permitirá resolver problemas como bajos índices de fuerza en diferentes planos musculares e implicadas en acciones técnicas de movimientos con pesas así

como de determinar el macrociclo de trabajo e individualizar los casos en donde se requiera mejorar este trabajo.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿CÓMO INCIDE LA FUERZA ABSOLUTA Y RELATIVA DE LOS MÚSCULOS EN LOS DIFERENTES PLANOS MUSCULARES CON EL DESARROLLO MUSCULAR DEL EQUIPO DE FÍSICULTURISMO DE LA ESPE?

## **1.3 OBJETIVOS:**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

- Determinar mediante un estudio comparativo la incidencia de la fuerza absoluta y relativa de los músculos en los diferentes planos musculares y su incidencia con el desarrollo muscular del equipo de Físiculturismo de la ESPE.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el nivel de fuerza absoluta de los músculos en los diferentes planos musculares del equipo de físico culturismo de la ESPE.
- Determinar el nivel de fuerza relativa de los músculos en los diferentes planos musculares del equipo de físico culturismo de la ESPE.
- Determinar el desarrollo muscular en los diferentes planos musculares del equipo de físico culturismo de la ESPE.
- Establecer la comparación de incidencia de la fuerza absoluta y relativa de los músculos en los diferentes planos musculares del equipo de físico culturismo de la ESPE.
- Realizar una propuesta alternativa.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

En nuestro país no se han realizado investigaciones científicas en relación a trabajos con deportistas en la disciplina de Físiculturismo.

Es precisamente la intervención en este tópico donde se encuentra el trabajo especializado y fundamentalmente dirigido a lograr perfiles de la fuerza absoluta y relativa y su incidencia en el desarrollo muscular de los diferentes planos musculares, vamos a centrarnos en nuestro caso en el desarrollo de la fuerza absoluta y relativa estudiada en todos los planos musculares y qué relación tiene esta con el desarrollo muscular de igual forma en los diferentes planos musculares.

Por ende será de mucha utilidad en el estudio del entrenamiento y presentaciones en las diferentes competiciones no solo de nuestro equipo sino a toda la población que práctica este deporte, este estudio aportara en forma significativa en el desarrollo del físiculturismo en toda las modalidades y categorías, para esto se establecerá el test de repeticiones máximas (RM), que nos permitirá establecer la fuerza absoluta y relativa de los deportistas, la evaluación antropométrica para determinar el desarrollo muscular individual y poder comparar a fin de establecer una propuesta alternativa de solución.

La presente investigación contará con los recursos humanos requeridos y con recursos materiales y financieros necesarios, para la culminación de este trabajo de grado ,además con la asesoría de especialistas en la rama del deporte y en el área del fisicoculturismo y entrenamiento deportivo, con el aval del club de ESPE en la disciplina mencionada, con su dirigencia y

cuerpo técnico, así también se contará con la asesoría especializada del personal docente vinculado con el tema conjuntamente con el director y codirector de tesis. Es importante tener presente que se cuentan con una batería de test para la evaluación de la fuerza absoluta y relativa así como para el desarrollo muscular.

## 1.5 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

### 1.5.1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	SUB DIMENSIONES	INDICADORES
FUERZA ABSOLUTA Y RELATIVA	Se refiere a la capacidad de un atleta a ejercer la máxima fuerza si tener en cuenta el peso corporal.	FUERZA MÁXIMA	ADAPTACIÓN ANATÓMICA	1RM Peso total alcanzado.
	La fuerza relativa representa el cociente entre la fuerza absoluta del atleta y su peso corporal (Vargas, 1998)	PESO CORPORAL	HIPERTROFIA  GRUESO  DELGADO	Cantidad en Kilogramos

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	SUB DIMENSIÓN	INDICADOR
DESARROLLO MUSCULAR	Se manifiesta a través del aumento de la sección fisiológica transversal de los músculos provocados por el engrosamiento de las fibras musculares y por el aumento del número de capilares en el tejido muscular.es una adaptación morfológica que se observa con el entrenamiento de la fuerza. Esta es el resultado de una síntesis proteica más acentuada, en la que se multiplican, sobre todo en las proteínas del complejo actina – miosina. (Weinneck, 2005)	HIPERTROFIA/HIPERPLASIA	SARCÓMERA  SARCOPLASMÁTICA	Test Antropométricos.

## **1.6. HIPÓTESIS**

### **1.6.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO:**

**Hi:** La fuerza absoluta y relativa incide en el desarrollo muscular de los fisicoculturistas de la ESPE.

### **1.6.2 HIPÓTESIS OPERACIONALES:**

**Hi1:** A mayor Fuerza absoluta mayor desarrollo muscular de los fisicoculturistas de la ESPE.

**Hi2:** A mayor Fuerza relativa mayor desarrollo muscular de los fisicoculturistas de la ESPE.

### **1.6.3 HIPÓTESIS NULA:**

**Ho:** La fuerza absoluta y relativa no incide en el desarrollo muscular de los fisicoculturistas de la ESPE.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. METODOLOGÍA Y VALORACIÓN DEL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA

##### 2.1.1. DEFINICIÓN DE FUERZA

La fuerza es un componente fundamental para desarrollar el entrenamiento deportivo y repercute en el rendimiento del mismo ya sean estas deportivas o de la vida cotidiana, de todo deportista y ser humano común y su desarrollo armónico y formal no puede ser dejado a un lado o tomado a la ligera en la preparación de los deportistas.

Al definir la fuerza distinguimos dos conceptos diferentes: la fuerza como una magnitud física y fuerza como visto para la ejecución de un movimiento o gesto deportivo (Harre, 1994). Desde la perspectiva de la física, la fuerza muscular sería la capacidad de la musculatura para generar la aceleración o deformación de un cuerpo, mantenerlo inmóvil o frenar su desplazamiento.

En el ambiente del entrenamiento deportivo se hacen varias definiciones de fuerza como autores. (Badillo, 1995), define la fuerza como la capacidad de producir tensión en la musculatura al activarse, o como se entiende habitualmente, al contraerse.

La definición de (Verkhoshansky Y. , 2002), la fuerza es el producto de una acción muscular iniciada y sincronizada por procesos eléctricos en el sistema nervioso. La fuerza es la capacidad que tiene un grupo muscular para generar una fuerza bajo condiciones específicas.

(Kuznetsov, 1984), (Ehlenz, 1990), (Manno, 1991), y (Zatsiorsky, 1988) la

definen como la capacidad de vencer u oponerse ante una resistencia externa mediante tensión muscular.

(Grosser, 1992) Define a la fuerza en el sentido biológico/teoría del entrenamiento es la capacidad de superar o contrarrestar resistencias mediante la actividad muscular

### **2.1.2 DEFINICIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE FUERZA**

- **Fuerza absoluta:** es la capacidad potencial teórica de fuerza dependiente de la constitución del músculo: sección transversal y tipo de fibra.
- **Fuerza isométrica máxima:** cuando se realiza una contracción voluntaria máxima contra una resistencia insalvable.
- **Fuerza máxima excéntrica:** cuando se opone la máxima capacidad de contracción muscular ante una resistencia que se desplaza en el sentido opuesto al deseado.
- **Fuerza máxima concéntrica:** es la expresión máxima de fuerza cuando la resistencia sólo se desplaza o se vence una vez.
- **Fuerza dinámica máxima relativa:** cuando se manifiesta máxima velocidad ante una resistencia inferior a la máxima dinámica concéntrica.

### **2.1.3 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS RELACIONADOS CON LA FUERZA**

**Fuerza explosiva:** es la capacidad de generar la mayor tensión muscular posible en el mínimo tiempo.

**Potencia:** es el cociente entre la fuerza y el tiempo.  $P=F/T$ .

**Elasticidad:** es la capacidad que tiene un cuerpo de retornar a su posición de reposo una vez cesan las fuerzas que lo han deformado.

**Histéresis:** es la proporción de energía que es disipada por la amortiguación visco elástica interna en cada ciclo de estiramiento-acortamiento.

**Stiffness:** es la capacidad del músculo para oponerse al estiramiento.

#### **2.1.4 FACTORES INTRÍNSECOS DEL DESARROLLO DE LA FUERZA**

Las posibilidades de que un deportista desarrolle una fuerza importante dependen de una serie de factores.

##### **2.1.4.1 LOS FACTORES ESTRUCTURALES**

###### **2.1.4.1.1 LA HIPERTROFIA**

La hipertrofia es una de las causas que genera en el cuerpo humano un incremento de la fuerza, pero a la hora de hablar de hipertrofia hay que hacerlo teniendo en cuenta una serie de factores que provocan intrínsecamente una serie de peculiaridades.

La hipertrofia tiene su explicación en una serie de causas que la generan:

- Un aumento de las miofibrillas.
- Un desarrollo del tejido conjuntivo.
- Un incremento de la vascularización.
- Un aumento del número de fibras musculares (argumento actualmente en situación de debate).

La hipertrofia muscular es generada por el engrosamiento de las fibras musculares producido como consecuencia de un incremento en el número y talla de las miofibrillas musculares, acompañado de un aumento de la cantidad de tejido conectivo-ligamentos, tendones, cartílagos-

(MacDougall, 1995) (Zatsiorsky, 1988), distinguen dos tipos fundamentales de hipertrofia:

**Hipertrofia sarcoplásmica:** donde se incrementa el volumen de las proteínas no contráctiles y del sarcoplasma. A pesar de que el área de sección transversal del músculo aumenta, la densidad (cantidad) de fibras musculares por unidad motora se mantiene, por lo que no se genera el deseado incremento de la fuerza del músculo. Este tipo de hipertrofia explica por qué no siempre el incremento de la sección transversal del músculo se acompaña de un aumento de la fuerza.

Esta es la hipertrofia que consiguen los deportistas cuando emplean los métodos típicos del culturismo que buscan como objetivo primario un aumento de la masa corporal, sin importar si se incrementa la fuerza.

**Hipertrofia sarcomérica o miofibrilar:** por medio de la cual se incrementa el tamaño y el número de sarcómeros, además de las propias miofibrilar por lo que aumenta el número de filamentos de actina y miosina disponibles. Al sintetizarse las proteínas contráctiles e incrementarse la densidad de los filamentos, este tipo de hipertrofia se acompaña de un incremento de la fuerza muscular, de ahí que también se le llame hipertrofia funcional o útil.

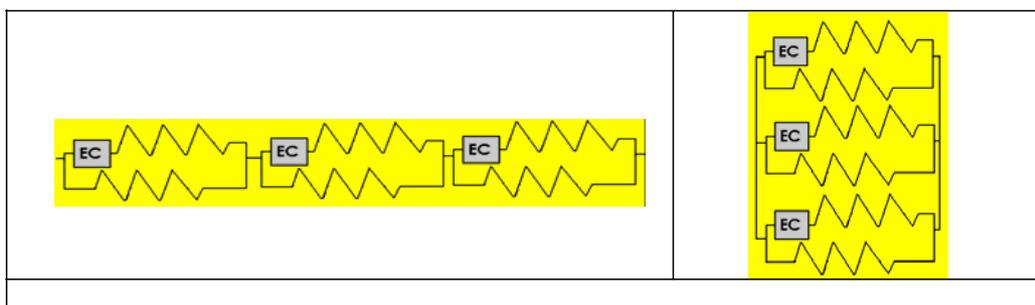
La presentan los deportistas de halterofilia y atletas bien entrenados y es el tipo de hipertrofia que se debe buscar en el entrenamiento deportivo.

El aumento del número de sarcómeros puede producirse de dos formas (Cometti, 1989) (Tihany, 1989):

- En paralelo (transversalmente): como consecuencia de un entrenamiento que busca un incremento de la masa muscular. Este tipo

de disposición multiplica la tensión muscular y genera un aumento de la sección transversal del músculo.

- En serie (longitudinalmente): se ha analizado en múltiples ocasiones que un músculo inmovilizado en posición de estiramiento es susceptible a aumentar el número de sarcómeros dispuestos en serie ( (Goldspink, 1985), de ahí que se proponga un trabajo de pesas con un rango de movimiento lo más amplio posible y unido a estiramientos para desarrollar esta disposición. La disposición de los sarcómeros en serie aumenta la velocidad de contracción, provocando un aumento en la longitud del músculo (Fig.1)



**Gráfico Nro. 1: Sarcómeros en series y en paralelo**

Fuente: (Caballero)

El entrenamiento con una intensidad en torno a 10-8 RM, con un volumen por grupo muscular no demasiado elevado, (9 series de 10-8 repeticiones, repartidas en 3 ejercicios distintos para un mismo grupo muscular) y con una progresión vertical en la ejecución de los ejercicios, es decir, pasando de la 1ª serie de un ejercicio a la 1ª del siguiente parece ser el estímulo más adecuado para conseguir una hipertrofia sarcomérica. Por el contrario, una intensidad más liviana (12-15

RM), un volumen mayor y con una progresión horizontal en la ejecución de los ejercicios (completando todas las series de cada ejercicio) parece ser que al provocar una fatiga acumulada mayor, genera una hipertrofia sarcoplásmica (Zatsiorsky, 1988).

Existen varias teorías que explican la hipertrofia, una de ellas, la más aceptada, es la teoría energética de la hipertrofia muscular. Esta teoría se apoya en la supercompensación, provocada por la síntesis de proteínas después de un trabajo muscular intenso.

Todas las fibras son propensas a hipertrofiarse tanto las fibras blancas rápidas, como las fibras rojas lentas. Sin embargo, las FT tienen mucha mayor capacidad para hipertrofiarse (Hakkinen, 1985) y también para atrofiarse más rápida e intensamente que las ST (McDougall, 1980). Por lo tanto, aquellos sujetos con un mayor porcentaje de fibras rápidas tendrán un mayor potencial para incrementar el tamaño de los músculos y para incrementar sus niveles de fuerza.

#### **2.1.4.1.2 HIPERPLASIA**

Es el incremento en el número de fibras musculares. Actualmente existe un debate abierto sobre la hiperplasia muscular. (Gonyea, 1980) Presenta evidencias de hiperplasia en gatos sujetos a un intenso entrenamiento con pesos, pero otros investigadores, (MacDougall, 1995) y McCall (1996) han criticado estas conclusiones, indicando que lo que se produce realmente es una división fibrilar pero no la proliferación de nuevas fibras.

Las investigaciones de Gudz (1976) indican que existe incremento del número de fibras mediante la división de fibras hipertrofiadas y el desarrollo

de fibras musculares de músculos similares y células satélites. Además se ha sugerido que la hiperplasia muscular puede aparecer en un entrenamiento con cargas extremadamente intensas.

Aunque la hiperplasia sigue siendo objeto de estudio y de debates, sí que se puede asegurar que se produce una hiperplasia de las estructuras dentro de las fibras y células musculares. Nikituk y Samoïlov (1990) identifican dos tipos de hiperplasia sub fibrilar:

Hiperplasia sarcoplasmática, que conlleva un aumento de las organelas sarcoplásmica.

Hiperplasia miofibrilar-mitocondrial, que conlleva un incremento del número de miofibrillas y de las mitocondrias.

#### **2.1.4.2 TIPO DE FIBRAS**

Un tipo de entrenamiento, un movimiento deportivo o acciones musculares determinadas generan en el cuerpo humano una mayor o menor fuerza y una mayor o menor implicación de un tipo u otro de fibras musculares.

Las fibras musculares pueden ser clasificadas por el color, las propiedades contráctiles, el contenido de mioglobina, el contenido de enzimas metabólicas y el contenido de mitocondrias.

Las fibras se pueden clasificar en fibras de tipo I rojas, de contracción lenta (ST) y fibras del tipo II blancas, de contracción rápida (FT), donde la diferencia en el color se debe al hecho de que las fibras rojas tienen un contenido más elevado de mioglobina. En general, las fibras ST (tipo I) son de contracción lenta, de mayor resistencia a la fatiga, de color rojizo, con

un diámetro menor, con una elevada capacidad oxidativa y con una baja capacidad glucolítica. Son fibras eficientes en el mantenimiento de la postura y para soportar una actividad prolongada de poca intensidad como las carreras de fondo, gracias a que contienen un gran número de mitocondrias y utilizan el ATP lentamente. Las fibras FT (tipo II) se suelen dividir en fibras Fta (tipo IIA) y las Ftb (tipo IIB). Las Fta se denominan también de contracción glucolíticas- oxidativas, ya que son capaces de recurrir a mecanismos oxidativos y glucolíticos para conseguir energía. Son fibras capaces de generar movimientos rápidos, repetitivos y son reclutadas después de las fibras ST. Tienen un número elevado de mitocondrias por lo que poseen una cierta resistencia a la fatiga recuperándose con bastante rapidez.

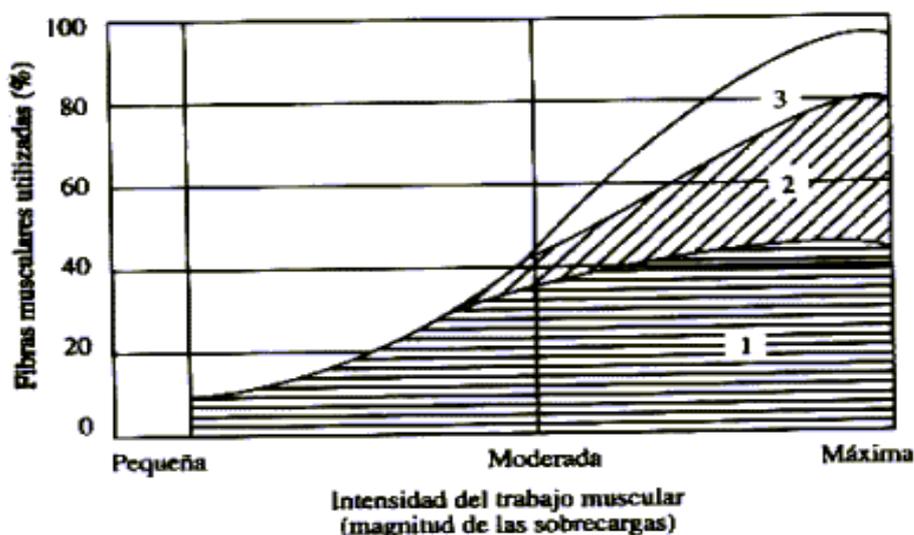
Las fibras de tipo IIB son las que se contraen de forma más rápida, son de aspecto blanquecino, tienen un bajo contenido en mioglobina. Estas fibras son de gran diámetro si se las compara con las fibras ST, tienen una elevada capacidad glucolítica, una baja capacidad oxidativa y pocas mitocondrias. Se adaptan a los ejercicios de elevada potencia y se reclutan generalmente sólo cuando se requiere un esfuerzo muy rápido o muy intenso. Se fatigan rápidamente y recuperan su energía principalmente después de finalizar el ejercicio.

### **2.1.4.3 LOS FACTORES NERVIOSOS**

#### **2.1.4.3.1. EL RECLUTAMIENTO DE LAS FIBRAS**

El reclutamiento de las fibras musculares está explicado por la ley de Henneman que muestra como las fibras lentas (ST) son reclutadas antes

que las rápidas cualesquiera que sea el tipo de movimiento. Hay en este caso un paso obligado por las fibras lentas, lo que de ninguna manera interesa para movimientos rápidos o explosivos. La representación de Costill (1980) es muy descriptiva (fig. 2). Una carga ligera entrena un reclutamiento de las fibras ST o lentas, una carga mediana recluta las fibras ST y las fibras intermedias de tipo IIa, y una carga máxima recluta las fibras lentas, las intermedias y las más rápidas, las de tipo IIb.



**Gráfico Nro. 2. Orden de reclutamiento de las fibras musculares**  
Fuente: (Farto, 2001)

Por lo tanto, si la intención es entrenar las fibras FT, para un deporte en particular, resulta esencial trabajar con una intensidad alta o muy alta. Ahora bien, esta elevada intensidad no depende de la utilización de cargas cercanas a la fuerza máxima o a 1RM, sino más bien del grado en el que las fibras musculares son reclutadas durante el esfuerzo. Por tanto, los términos contracción rápida y contracción lenta no significan necesariamente que movimientos rápidos recluten exclusivamente fibras FT y movimientos lentos, fibras ST. Con una gran aceleración de la carga, la segunda Ley de

Newton establece que la fuerza resultante puede ser elevada. De esta forma, la fuerza máxima producida en una aceleración rápida con una carga de 100 Kg. puede superar fácilmente la fuerza máxima generada con una carga de 150 Kg. con una aceleración más lenta.

Hoy las opiniones están divididas cuando se trata de movimientos balísticos y explosivos. En este caso la ley de Henneman no se tomaría en consideración y las unidades motrices de tipo II son reclutadas directamente sin necesidad de sollicitación de unidades motrices lentas (Hannertz, 1977).

#### **2.1.4.4 LA SINCRONIZACIÓN DE LAS UNIDADES MOTORAS**

Para que los músculos funcionen de forma eficaz hay que provocar una sincronización de las fibras musculares. Las unidades motrices al principio están sincronizadas. Pero la acción inhibitoria del circuito de Renshaw genera la desincronización.

Paillard (1976) explica el fenómeno de la sincronización de la siguiente manera. La moto neuronas de una misma población tienen tendencia a sincronizarse; primero, por el hecho de estar sometidas al mismo mando central y, por otra parte, los efectos del campo eléctrico debido a la proximidad de esas moto neuronas al centro del núcleo motor.

Las unidades motoras que no funcionan a la misma frecuencia de estimulación máxima y que son sincronizadas provocan temblor en el grupo muscular. Este temblor generaría en los movimientos de precisión muscular inconvenientes inapropiados para esos movimientos de calidad, por lo tanto, la acción inhibitoria y desincronizante del circuito de Renshaw eliminaría

esos temblores con el fin de conseguir movimientos musculares que requieren de calidad de acción.

#### **2.1.4.5 VALORACIÓN Y CONTROL DEL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA**

Actualmente y de forma generalizada, los profesionales del deporte que se dedican al control y planificación del entrenamiento siguen empleando para realizar sus programaciones y análisis del entrenamiento de fuerza sistemas de medición tradicionales que se basan en el control de cargas en función del porcentaje del peso corporal del deportista o bien de la máxima carga que se puede levantar una sola vez (test de 1 RM). Pero en los últimos años se ha dado un paso de gigante y se ha producido una revolución en lo que respecta a la valoración y control del entrenamiento. El simple hecho de poder controlar, de forma exacta, el tiempo en que un sujeto desplaza una carga en sentido lineal es suficiente para estar hablando de revolución en el entrenamiento de la fuerza.

Sabemos por la experiencia que la superación de una determinada carga produce distintos tipos de adaptación en nuestro sistema neuromuscular. Pero realmente lo que determina el tipo de adaptaciones es la velocidad de contracción del músculo. Por tanto, si controlamos la velocidad con que desplazamos las cargas, por medio del parámetro tiempo, se podrá controlar el entrenamiento con mucha mayor precisión consiguiendo, de esta forma, las adaptaciones buscadas. Además de la información de numerosos parámetros, (velocidad media, velocidad máxima, tiempo hasta alcanzar la velocidad máxima, aceleración media, aceleración máxima, tiempo hasta

alcanzar la aceleración máxima, fuerza media, fuerza máxima, tiempo hasta llegar a la fuerza máxima) obtendremos la potencia máxima.

## **2.1.4.6 MÉTODOS TRADICIONALES PARA LA VALORACIÓN DE LA FUERZA**

### **2.1.4.6.1 LA RM (REPETICIÓN MÁXIMA)**

La repetición máxima (RM) es la máxima cantidad de peso que puede levantar un sujeto un número determinado de veces en un ejercicio.

Una repetición máxima (1 RM) es la cantidad de peso que se puede vencer de forma concéntrica una sola vez.

La determinación de la carga correspondiente a una repetición máxima es la forma más generalizada por los entrenadores y el método más simple para determinar la fuerza máxima dinámica de cada grupo muscular.

Los test de 1RM son aplicables a deportistas que tienen una base y una experiencia en el entrenamiento de la fuerza, pero cuando se trata de personas con poca o ninguna experiencia lo mejor es buscar otros recursos, cuando se tiene que programar su entrenamiento con el fin de salvaguardar su salud.

Esos recursos se basan en fórmulas y tablas que nos permiten el cálculo a partir de cargas sub máximas. Algunas de estas fórmulas fueron determinadas por (Lander, 1985), (Brzycki, 1993) y O'Connor y col. (1989):

- Lander % 1RM=  $101,3 - 2,67123 \times \text{repeticiones hasta fallo}$ .
- Brzycki % 1RM=  $102,78 - 2,78 \times \text{repeticiones hasta fallo}$ .
- O'Connor % 1RM=  $0,025 \times (\text{peso levantado} \times \text{repeticiones hasta fallo})$

fallo)+ peso levantado.

La fórmula de Brzycki y Lander parecen ser la más precisas cuando se ejecutan menos de 10 repeticiones, sin embargo, cuando sobrepasa este valor estas pierden precisión.

Las fórmulas de Lander y Brzycki nos proporciona la equivalencia en porcentaje de un número determinado de repeticiones respecto al 100 % de la fuerza máxima. Al igual que las anteriores, la fórmula de O'Connor, nos facilita el porcentaje de una carga determinada respecto de 1RM con una carga de 60 kilos (tabla 1).

**Tabla Nro. 1. % de 1RM Kilos.**

	<b>LANDER</b>	<b>BRZYCKI</b>	<b>O'CONNOR</b>
<b>Repeticiones</b>	<b>% de 1RM KILOS</b>		
<b>8</b>	80	81	72
<b>9</b>	77	78	74
<b>10</b>	75	75	75
<b>11</b>	72	72	77
<b>12</b>	69	69	78
<b>13</b>	67	67	80
<b>14</b>	64	64	81
<b>15</b>	61	61	83
<b>16</b>	59	58	84
<b>17</b>	56	56	86
<b>18</b>	53	53	87
<b>19</b>	51	50	89
<b>20</b>	48	47	90

Fuente: (Caballero)

El número de repeticiones máximas que se pueden realizar con una carga aumenta conforme disminuye ésta. (MacDougall, 1995) Indica unas equivalencias entre el valor de RM y el porcentaje respecto a la carga máxima.

**Tabla Nro. 2. Repeticiones de acuerdo a la carga máxima**

Repeticiones (RM)	% respecto a la carga máxima
1	100
2	95
3	90
4	86
5	82
6	78
7	74
8	70
9	65
10	61
11	57
12	53

Fuente: (Caballero)

Para realizar test de 1RM Lo primero que hay que realizar es un calentamiento general de 10 a 12 minutos, seguidamente se realizará con una carga muy liviana (30-40% de 1RM) 2 series de 12 a 15 repeticiones recuperando entre ambas un minuto. A partir de la carga del calentamiento específico se ejecutarán (con una progresión que variará entre los 2 y 10 kilos dependiendo del sujeto testado y del tipo de ejercicio), dos-tres repeticiones recuperando 1 minuto entre los cambios de carga. Cuando se empiece a percibir, en el sujeto testado, cierta dificultad para movilizar la carga se le indicará la realización de una sola repetición y se aumentará la recuperación a tres minutos. Se progresará con esta dinámica hasta el final que será cuando el deportista supere la carga una sola vez.

#### **2.1.4.7 NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA VALORACIÓN DE LA FUERZA**

La revolución tecnológica de la valoración y control del entrenamiento de la fuerza se puede aplicar a cualquier manifestación de la fuerza, desde la

máxima, pasando por la explosiva y terminando por la fuerza resistencia. Los parámetros que nos ofrece esta tecnología para la valoración de la fuerza son la velocidad, la aceleración, tiempo hasta alcanzar la velocidad máxima, tiempo hasta alcanzar la aceleración máxima; fuerza media, fuerza máxima, tiempo hasta llegar a la fuerza máxima; potencia media, potencia máxima, tiempo hasta alcanzar la potencia máxima y ángulo máximo.

Para la consecución de todos los valores medibles que afectan a la fuerza disponemos hoy día una serie de aparatos que se basan en su mayoría en la medición del desplazamiento recorrido en función del tiempo.

#### **2.1.4.7.1 LA UTILIZACIÓN DE CÉLULAS FOTOELÉCTRICAS PARA LA VALORACIÓN DE LA FUERZA**

El empleo de células fotoeléctricas conectadas a un sistema de cronometraje (cuando no se tiene la posibilidad de un encoder lineal) puede facilitar al entrenador una serie de datos para la valoración de la fuerza muy importantes. El sistema consiste en colocar dos células fotoeléctricas con sus respectivos receptores en una disposición tal que permita medir el tiempo en que se ejecuta un ejercicio determinado de fuerza.

En el Gabinete de Planificación Control del Entrenamiento de la Universidad de Murcia se han realizado test de los siguientes ejercicios, press banca, press tras nuca, sentadillas y dominadas por medio de este sistema, siendo los resultados muy satisfactorios (Graf. 3).



**Gráfico Nro. 3. Test de press tras nuca y dominadas con células fotoeléctricas**

Fuente: (Caballero)

Por medio de este sistema y con la creación de una hoja de cálculo se han realizado curvas de fuerza-velocidad y curvas de potencia, además de facilitar datos de velocidad media, potencia media y tiempo total realizado durante una repetición durante el ejercicio.

- **Encoders lineales.** En el mercado podemos encontrar dos aparatos que nos facilitan los datos anteriormente.
- **Citados: Ergopower (Bosco System).** Este aparato fue creado por el profesor (Bosco, 1994) con su equipo de colaboradores a partir del Biocoor / Dinater. Realpower (Globus).

Estos aparatos poseen un sistema electrónico de medición basado en el encoder lineal que puede ser adaptado y aplicado a cualquier máquina de musculación que emplee como resistencia externa la fuerza de la gravedad.

El biorrobot mide y registra la velocidad de desplazamiento en función del tiempo. De esta manera puede mostrar todos los parámetros derivados como velocidad, aceleración, potencia, trabajo, etc.

Este BioRobot tiene una doble función operativa: como instrumento de

valoración diagnóstica (modo test), y como medio de control del entrenamiento personalizado (modo entrenamiento).

Como instrumento de valoración (modo test) permite caracterizar las propiedades biológicas individuales y las cualidades fisiológicas específicas durante la ejecución de movimientos naturales contra la fuerza de la gravedad. También es posible controlar los programas de entrenamiento, tanto en rehabilitación como en cualquier actividad deportiva.

En selección modo entrenamiento el aparato facilita el óptimo esfuerzo muscular a través de un sistema automático de información directa e instantánea (feed-back audiovisual) sobre la naturaleza cualitativa y cuantitativa del trabajo muscular desarrollado. Esto es posible ya que el sistema confronta la potencia mecánica desarrollada en cada una de las acciones musculares con la potencia óptima. La potencia óptima es seleccionada en base al trabajo a desarrollar para la estimulación neuromuscular específica y su correspondiente adaptación biológica.

La potencia óptima se determina previamente con un test para cada individuo en concreto y presupone el nivel mínimo de potencia del cual no hay que descender para producir el estímulo buscado.

Otras de las ventajas que dispone el Biorrobot es de un sistema de información visual y acústica que indica la intensidad del esfuerzo, confrontando los valores de la potencia desarrollada con los de la potencia óptima, de modo que cualquier desviación de los niveles óptimos es comunicada al sujeto que trabaja. Esto facilita el control del esfuerzo de forma que se dirija en la orientación deseada aumentado, en

algunos casos, o disminuyendo en otros la intensidad del esfuerzo. Esto evita el que se realicen esfuerzos inútiles y adaptaciones fisiológicas no deseadas. De hecho, cuando se desarrolla por tercera vez consecutiva una potencia inferior a la óptima se produce un mensaje que invita a realizar una pausa de reposo.

#### **2.1.4.8 LA PROGRAMACIÓN DEL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA**

La programación es una forma organizada de conseguir las metas que nos proponemos, y por eso se encuentra en contraposición con la realización del entrenamiento de manera rutinaria, o a base de improvisaciones que no tengan detrás el apoyo de un plan que la justifique y delimite el margen de variación que podemos admitir sobre lo planificado.

Esto quiere decir que la programación debe asegurar, por una parte, la unidad del proceso de entrenamiento y, por otra, la flexibilidad del mismo, como consecuencia del control y evaluación sistemática del propio proceso.

Sólo la evaluación del proceso del proceso de entrenamiento puede justificar las revisiones oportunas de la programación. Por eso, una de las funciones del entrenador más que determinar una serie detallada de procesos a llevar a cabo durante la práctica del entrenamiento, es una continua tarea de reestructuración, análisis y revisión de lo que se está desarrollando.

Si nos planteamos la tarea de entrenar de esta forma, estaremos en las mejores condiciones para comprender, aplicar y adaptar las aportaciones de la ciencia a nuestra práctica diaria. Esto, necesariamente, va a desembocar en la acumulación de una auténtica experiencia formativa, que es la que

hace al entrenador mejorar su trabajo y sus conocimientos cada día.

#### **2.1.4.8.1 METODOLOGÍA DEL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA**

A la hora de plantear el entrenamiento de la fuerza de un deportista, tendremos que tener muy claros una serie de conceptos, ya que no existe una receta única para todos, es por ello que, en palabras de (Tihany, 1989), sin un conocimiento claro de las características biomecánicas y fisiológicas de los atletas, los métodos de entrenamiento no pueden ser usados conscientemente sino accidentalmente. Para él es necesario lo siguiente:

- Conocer los principios fundamentales del sistema neuromuscular.
- Aprender los ejercicios sobre la base de los principios fisiológicos y mecánicos.
- Conocer el efecto de los ejercicios.
- Descubrir las características fisiológicas y mecánicas de los músculos de los deportistas.
- Seleccionar los ejercicios y métodos de entrenamiento sobre la base de la individualidad fisiológica y mecánica de cada deportista.
- Controlar completamente el entrenamiento de fuerza.
- Comprobar los cambios en las propiedades musculares desde el punto de vista de la fisiología y la biomecánica.

La fuerza puede desarrollarse de forma general o de forma especial. Entendemos por entrenamiento general de la fuerza a aquella que desarrollamos de manera multilateral y multifacética de los grupos musculares más importantes del cuerpo independientemente de la disciplina deportiva.

Por fuerza especial se entiende por aquella fuerza que se basa en la especificidad de la disciplina deportiva practicada.

El desarrollo de la fuerza para cualquier disciplina deportiva se basa en mayor o menor medida del desarrollo de la fuerza máxima, de la fuerza velocidad y de la fuerza resistencia.

(Zatsiorsky, 1988) Clasifica los métodos de desarrollo de la fuerza en tres:

### **ESFUERZOS MÁXIMOS**

- Intensidad: 90-100% 1RM
- Series: 3-5.
- Repeticiones: 1-3
- Ventajas: gran impacto sobre los mecanismos nerviosos (reclutamiento, sincronización y frecuencia elevados). Requiere de pocas series y
- repeticiones.
- Inconvenientes: sólo para alto rendimiento.
- Requiere de 5 a 7 días de recuperación. Se tiene que alternar con otros métodos.

### **ESFUERZOS REPETIDOS**

- Intensidad: 70-80% 1RM
- Series: 6.
- Repeticiones: 6
- Ventajas: el abanico de uso se amplía más allá del A. Rendimiento.
- Mejor adaptación para desentrenados y jóvenes.
- La recuperación entre sesiones es pequeña, 2 días. Se pueden aplicar más sesiones por semana.

- Inconvenientes: no se implican los mecanismos nerviosos y se requiere de un alto volumen de trabajo, hasta la fatiga para conseguir incrementos de fuerza.

## ESFUERZOS DINÁMICOS

- Intensidad: 20-50% 1RM
- Series: variables (que no lleguen a producir cansancio nervioso).
- Repeticiones: 1-8
- Ventajas: mejora de la velocidad de ejecución. No se requiere de cargas altas.
- Inconvenientes: requiere en todo instante de una alta concentración.
- Se debe alternar con métodos de altas intensidades para no disminuir la fuerza máxima.

### 2.1.4.8.1.1 LOS MÉTODOS CONCÉNTRICOS

Clasificación de la fuerza de los métodos concéntricos realizada por

(Badillo, 1995):

**Tabla Nro. 3. Métodos de Intensidades máximas I**

Int. %	Series	Rep	Rec.	Veloc.	Efectos	Carácter del esfuerzo	Observaciones
90-100	4-8	1-3	3'-5'	Máx./ Explosivos.	Máximo desarrollo de la fuerza máxima. Aumento de la coordinación intramuscular y de la fuerza explosiva	Mayor nº posible de repeticiones por serie	Debe combinarse con métodos de cargas medias. Sólo aplicable a deportistas de rendimiento y alto rendimiento

Fuente: (Caballero)

**Tabla Nro. 4. Método de Intensidades máximas II**

Int. %	Series	Rep.	Rec.	Veloc.	Efectos	Carácter del esfuerzo	Observaciones
85-90	4-5	3-5	3'-5'	Máx. posible	Incremento de la fuerza máxima. Mejora de la coordinación intramuscular Pequeña hipertrofia	Máximo nº posible de repeticiones por serie o una menos	Debe combinarse con métodos de cargas medias Sólo aplicable a deportistas de rendimiento y alto rendimiento Presenta riesgo de lesiones

Fuente: (Caballero)

**Tabla Nro. 5. Método de repeticiones I**

Int. %	Series	Rep.	Rec.	Veloc.	Efectos	Carácter del esfuerzo	Observaciones
80-85	3-5	5-7	3'-5'	Media o alta	Desarrollo de la fuerza máxima. La influencia sobre los factores nerviosos es pequeña. Se produce hipertrofia	Máximo nº posible de repeticiones por serie o una menos. Este método permite la realización de 2-3 repeticiones más con la ayuda de un compañero	Se puede usar con principiantes, si el nº de repeticiones no es el máximo posible

Fuente: (Caballero)

**Tabla Nro. 6. Método de repeticiones II**

Int. %	Series	Rep.	Rec.	Veloc.	Efectos	Carácter del esfuerzo	Observaciones
70-80	3-5	6-12	2'-5'	Media o alta	Desarrollo de la fuerza máxima. La influencia sobre los factores nerviosos es negativa  Hipertrofia muscular alta	Máximo nº posible de repeticiones por serie o una menos.	Se puede usar con principiantes, si el nº de repeticiones no es el máximo posible  No es adecuado si no se desea un aumento del peso corporal  Es un entrenamiento básico de la fuerza

Fuente: (Caballero)

Continúa

**Tabla Nro. 7. Método de repeticiones III**

Int. %	Series	Rep.	Rec.	Velo	Efectos	Carácter del	Observaciones
60-75	3-5	6-12	2'-5'	Medi a	Acondiciona- miento general de músculos y tendones como preparación para soportar cargas más	esfuerzo No se agota el máximo n° posible de repeticiones. Se deja un margen de 2-6 repeticiones sin hacer.	Sólo es útil para deportistas principiantes y para la rehabilitación Aplicable durante el 1º año de entrenamiento y en deportistas jóvenes puede prolongarse más tiempo.

Fuente: (Caballero)

**2.1.4.8.1.2 MÉTODO MIXTO: PIRÁMIDE**

La característica principal de este método es que la carga aumenta gradualmente de serie en serie, hasta conseguir el máximo de 1 RM. La zona de mejores prestaciones está entre el 80 y el 100% de la fuerza máxima. Para evitar la fatiga precoz no se emplean demasiadas repeticiones con resistencias medias. Si no se busca la hipertrofia en las cargas de submáximas a máximas se deben realizar pocas repeticiones.

Una variante es la combinación de cargas crecientes y decrecientes, por ejemplo: 90% $\times$ 3+100% $\times$ 1+90% $\times$ 3+100% $\times$ 1.

**Tabla Nro. 8. Método de Pirámide**

Int. %	Series	Rep	Rec.	Veloc.	Efectos	Carácter del	Observaciones
60-100	6-14	1-8	3'-5'	Máxim a	Se pretende un efecto múltiple, como combinación de todos los demás	Máximo n° posible de repeticiones por serie o algunas menos con las intensidades más bajas.	Consiste en hacer de más a menos repeticiones a medida que aumenta la intensidad (pirámide normal). Pero si a continuación se vuelve a bajar la intensidad y se incrementa progresivamente las repeticiones tenemos la pirámide doble.

Fuente: (Caballero)

### 2.1.4.8.1.3 MÉTODO CONCÉNTRICO PURO

Este método consiste en hacer contracciones concéntricas explosivas, es decir, se elimina la fase excéntrica del movimiento con el fin de estimular a la musculatura en la fase concéntrica.

**Tabla Nro. 9. Método concéntrico puro**

Int.	Serie	Rep	Rec.	Veloc.	Efectos	Carácter del esfuerzo	Observaciones
%	s	.					
60-80	4-6	4-6	3'-5'	Máxima	Provoca una fuerte activación nerviosa y mejora la fuerza explosiva	No se agota el máximo nº de repeticiones posible y se deja un margen de 2 a 4 repeticiones sin hacer	Su aplicación debe producirse en las tres últimas semanas antes de la competición.

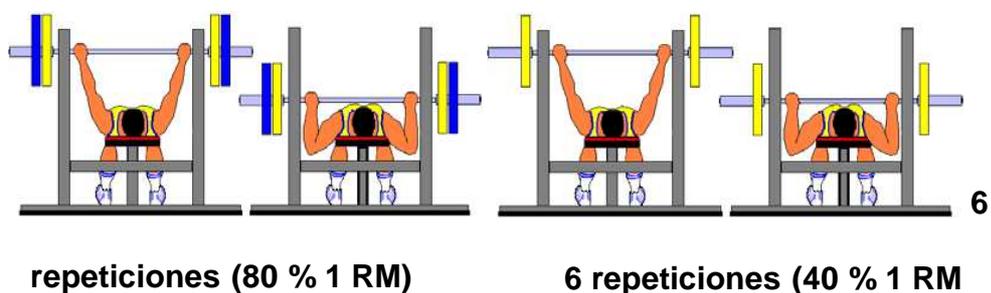
Fuente: (Caballero)

### 2.1.4.8.1.4 LOS MÉTODOS DE CONTRASTES

Esta forma de entrenamiento se basa en el uso de cargas altas y bajas en la misma sesión de entrenamiento.

El método de contrastes clásico consiste en realizar series con cargas grandes (6RM) en combinación con cargas ligeras (series de 6 repeticiones con el 40-50% de 1RM). Los dos tipos de series se deben ejecutar a la máxima velocidad posible (Fig.4).

En los métodos de contraste se puede trabajar realizando una pausa entre los cambios de carga, o bien, pasar de la carga más elevada a la más liviana sin descanso en una misma serie. Otra posibilidad es realizar primero todas las series/repeticiones con cargas elevadas y posteriormente después de una pausa realizar todas las series/repeticiones con las cargas más ligeras.



#### **Gráfico Nro. 4. Método búlgaro clásico**

Fuente: (Caballero)

Este método mejora la fuerza explosiva ante cargas ligeras y la fuerza máxima ante cargas elevadas.

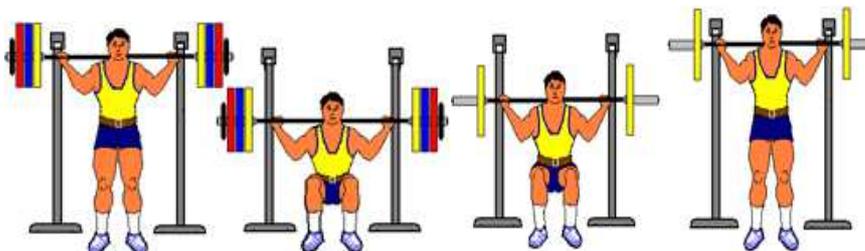
No es un sistema de entrenamiento aconsejable para deportistas jóvenes o neófitos en el entrenamiento de la fuerza.

El trabajo de contraste también se puede emplear combinando cargas máximas y submáximas (tensión intensa), con otras sin cargas (máxima velocidad), como por ejemplo realizar sentadillas al 90-95 % de 1RM para seguidamente realizar una serie de carreras de velocidad de 40,50 ó 60 mts. De la misma forma se pueden alternar ejercicios isométricos con ejercicios explosivos, como saltos sin cargas.

El método de contrastes se presta a realizar las siguientes combinaciones:

- Combinar esfuerzos máximos (90-95% 1 RM) con esfuerzos dinámicos (30-50% 1RM). Esos se deben a realizar a máxima velocidad.
- Combinar esfuerzos máximos con esfuerzos repetidos (cargas comprendidas entre el 60 y el 80 % de 1 RM).
- Combinar esfuerzos repetidos (60-80% 1 RM) con esfuerzos dinámicos.

### ALTERNANCIA DE ESFUERZOS MÁXIMOS CON ESFUERZOS DINÁMICOS



2 repeticiones (90 % 1 RM) + 6 repeticiones (40 % 1 RM)

### Gráfico Nro. 5. Búlgaro en la serie

Fuente: (Caballero)

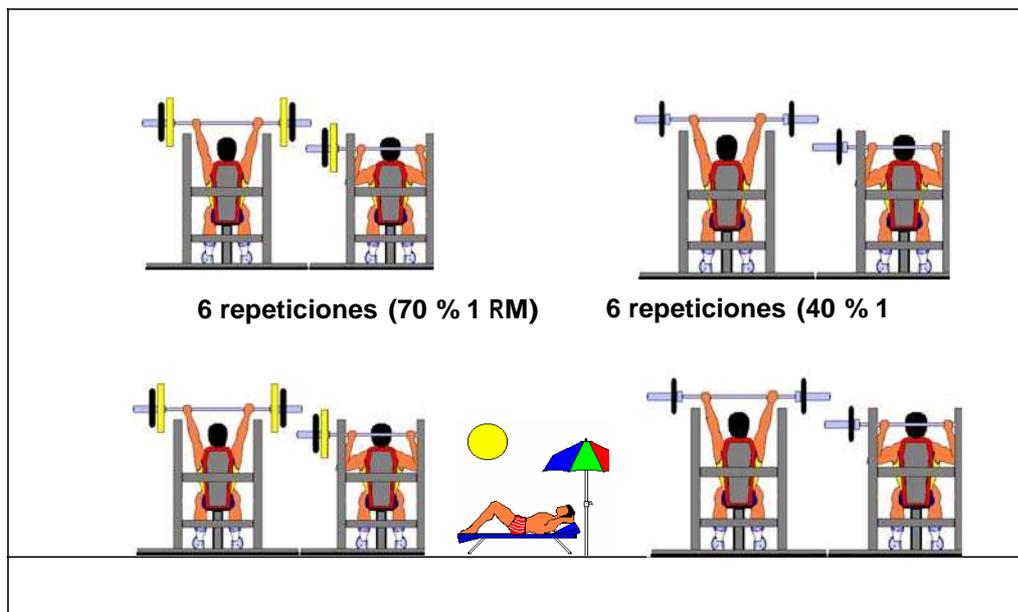
### ALTERNANCIA DE ESFUERZOS MÁXIMOS CON ESFUERZOS REPE



### Gráfico Nro. 6. Método de contrastes con cargas máximas combinadas cargas dinámicas

Fuente: (Caballero)

### ALTERNANCIA DE ESFUERZOS REPETIDOS CON ESFUERZOS DINÁMICOS



**Gráfico Nro. 7. Método de contrastes con cargas máximas combinadas con cargas de esfuerzos repetidos.**

Fuente: (Caballero)

#### 2.1.4.8.1.5 MÉTODOS EN RÉGIMEN DE CONTRACCIÓN ISOMÉTRICA

La característica de este método es que los ejercicios se realizan de forma estática, es decir, se desarrolla tensión muscular.

Este método aisladamente tiene poca importancia para el deporte de elite, sólo es importante en algunos deportes como el tiro, la gimnasia artística y el esquí. Combinando este método con contracciones concéntricas o con ejercicios de tipo explosivo, sí tiene cierto interés para el deporte de competición.

Este tipo de entrenamiento presenta algunos inconvenientes como la nula neocapilarización del músculo, la falta de procesos intermusculares-coordinativos entre el SNC y la musculatura, la ganancia de fuerza sólo se produce en el ángulo de trabajo, existe un estancamiento muy temprano del

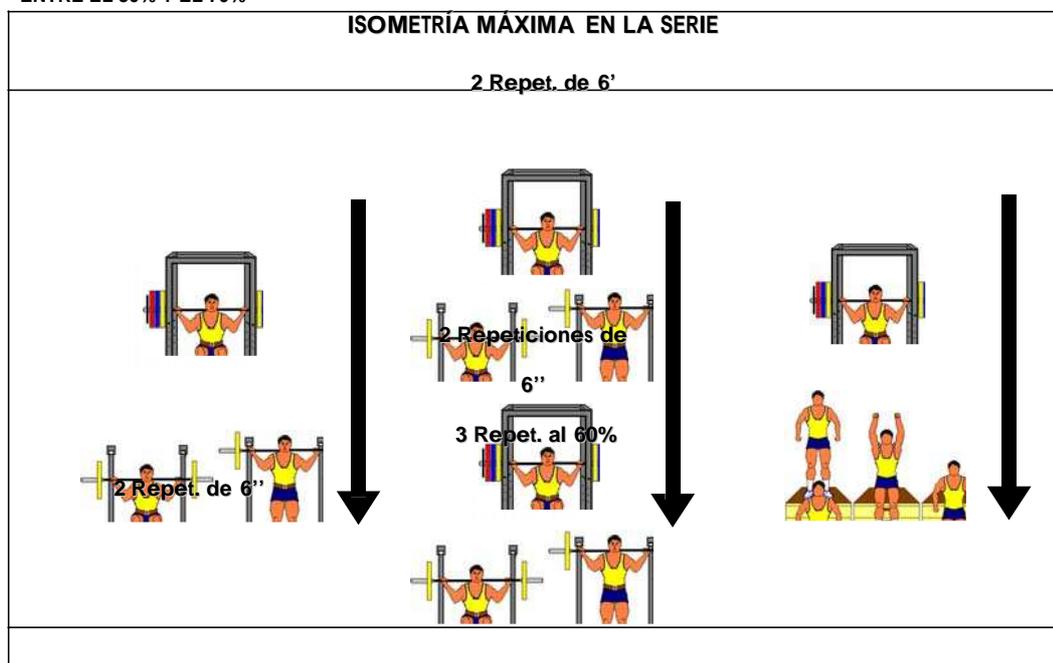
aumento de la fuerza máxima, teniendo influencias negativas sobre la elasticidad muscular.

Este método no debe aplicarse de forma aislada, sino que debe combinarse con los métodos concéntricos para conseguir los óptimos beneficios que este puede reportar.

En el trabajo isométrico podemos distinguir 3 formas de trabajo:

- Isometría máxima (resistencia máxima que no puede superarse).
- Isometría total: la carga no es máxima pero se mantiene una contracción isométrica hasta la fatiga máxima.
- Estático dinámico: se realiza marcando un tiempo predeterminado de contracción isométrica y se termina la repetición con una contracción concéntrica explosiva.

DEBE REALIZARSE CON UNA CARGA MÁXIMA (100% RM) MANTENIENDO LA CONTRACCIÓN ISOMÉTRICA ENTRE 4" Y 6". SE TRABAJA EN COMBINACIÓN CON LOS M. CONCÉNTRICOS CON CARGAS QUE PUEDEN OSCILAR ENTRE EL 30% Y EL 70%



**Gráfico Nro. 8. Método estático-dinámico con una parada y con dos paradas**

Fuente: (Caballero)

#### **2.1.4.8.1.6 EL MÉTODO DE LA CONTRACCIÓN EXCÉNTRICA**

Este método también se conoce con el nombre de entrenamiento dinámico activo. En la contracción excéntrica se produce tensión cuando el músculo está alargándose consiguiéndose crear una mayor tensión muscular, y por tanto, una fuerza mayor que con la contracción isométrica y concéntrica. En esta contracción a la capacidad contráctil del músculo se une la resistencia de los puentes de actina y miosina a ser estirados.

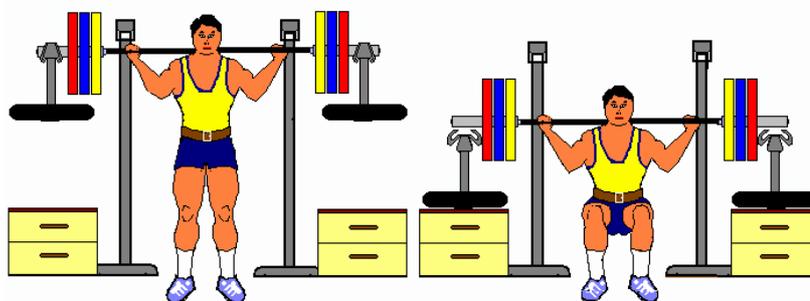
#### **2.1.4.8.2.6.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MÉTODO EXCÉNTRICO**

- Este método no debe aplicarse de forma aislada, más bien en combinación con los métodos concéntricos.
- Este trabajo no debe desarrollarse durante un periodo superior a las 3 semanas.
- Debe de aplicarse lejos de la competición.
- Tiene la dificultad de que se requiere, salvo excepciones, de la ayuda de uno o más compañeros.
- Presenta riesgo de lesiones si no se toman las medidas oportunas.
- Sólo es apto para deportistas de gran experiencia con el entrenamiento de la fuerza.
- Este método no incrementa la masa muscular (Cometti, 1989).
- El trabajo excéntrico mejora más, que cualquier otro método, la fuerza de los tejidos conectivos y por tanto la fuerza elástica.
- Es metabólicamente más eficaz (ahorro de energía) que el resto de los métodos (Kaneko, 1984).

- La actividad eléctrica muscular es inferior que la de los otros dos métodos.

#### 2.1.4.8.2.7 EL MÉTODO EXCÉNTRICO 120-80

Este método consiste en realizar la fase excéntrica con el 120 % de 1RM y seguidamente, sin interrupción (gracias a un dispositivo especial), realizar la fase concéntrica con el 80 %.



**Gráfico Nro. 9. El método excéntrico-concéntrico 120-80**

Fuente: (Caballero)

Características:

- Realizable sólo por deportistas de alto rendimiento y experimentados en el entrenamiento de la fuerza.
- El efecto de este método es inmediato por lo que se aconseja realizarlo días antes de la competición.
- El volumen de trabajo debe ser bajo por sesión: 5-6 series de 1 repetición y con un tiempo de recuperación que supere los 5 minutos.

#### 2.1.4.8.2.8 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA

Las vías para el aumento de la fuerza son de tipo estructural (hipertrofia), de coordinación neuromuscular, bien de tipo intramuscular

(reclutamiento, frecuencia de estímulo, sincronización), bien de tipo intermuscular.

Los ejercicios generales tienen efectos positivos en los primeros años de entrenamiento.

Cuando la base de entrenamiento de fuerza es muy grande los ejercicios deben ser más específicos para que se produzcan efectos positivos.

El tiempo de trabajo de un método está limitado por la permanencia de su efecto positivo dentro de una fase de entrenamiento.

El entrenamiento de la fuerza debe estar en conexión con el gesto específico de la disciplina deportiva practicada.

El entrenamiento paralelo de fuerza y resistencia puede mejorar al mismo tiempo el consumo máximo de oxígeno y la fuerza, pero los músculos implicados en la resistencia favorecen menos la fuerza si no se entrena la resistencia.

El entrenamiento de resistencia muscular realizado tres veces por semana o más impide la mejora de la fuerza rápida.

Si se realiza entrenamiento de fuerza en días distintos al de resistencia se consiguen mayores mejoras de fuerza.

Un entrenamiento de fuerza explosiva permite mejorar la fuerza de carácter de tipo explosivo de especialistas de disciplinas de resistencia sin perjuicio de sus capacidades aeróbicas.

### **2.1.5 MECANISMOS DE TRABAJO DEL SISTEMA LOCOMOTOR DEL SER HUMANO**

Sea cual sea el movimiento efectuado por la persona, siempre se realizará con la ayuda de los mecanismos especializados de trabajo de su sistema locomotor.

Los mecanismos de trabajo son los elementos funcionales del aparato locomotor que suministran al organismo la energía mecánica del movimiento y, a la vez, su aprovechamiento efectivo en relación con la tarea motora a resolver y sus correspondientes condiciones externas. Entre los principales mecanismos de trabajo del cuerpo conviene destacar:

- Esfuerzo muscular de tracción, como fuente principal de energía mecánica para el movimiento corporal del hombre. El principio del mecanismo para la transmisión del esfuerzo útil de los músculos que se contraen y la palanca ósea- las partes del cuerpo interrelacionadas por las articulaciones. La función dinámica de los músculos consiste en la aproximación de dos puntos del esqueleto que tienen partes contiguas.
- Sinergias musculares: actividad de trabajo coordinado de forma refleja de diferentes grupos musculares a nivel de una articulación o zona corporal concreta que provoca el movimiento del sistema de palancas del cuerpo en una dirección determinada. Representan el funcionamiento coordinado de los sinergistas y de sus antagonistas funcionales que vuelven al sistema cinemático. El mecanismo completo se realiza con los reflejos y difiere debido a la velocidad del movimiento y al valor de la resistencia externa que se tiene que superar. Por eso, la debida orientación de las

sinergias musculares es uno de los objetivos para un eficaz funcionamiento de nuestro cuerpo.

- Reflejos motores elementales y postural-tónicos (de la postura), que se manifiestan como mecanismos innatos y muy básicos de movimiento universalmente comunes. Contribuyen al mantenimiento de la postura, toman parte en la organización de las acciones motrices complejas en calidad de elementos constituyentes y actúan sin un control consciente.
- Propiedades elásticas de los músculos, que garantizan la acumulación en su materia de la energía elástica complementaria (no metabólica) en el momento de su distensión mediante una fuerza externa (por ejemplo, en la amortiguación de la fase de apoyo en una carrera o unos ejercicios de salto). La deformación elástica de los tendones y músculos excitados durante su pre-estiramiento por la fuerza externa conlleva la acumulación de cierto potencial de tensión, la cual, cuando se inicia una contracción, podrá ser aprovechada como un suplemento considerable de fuerza, intensificando la potencia de la contracción muscular. Cuanto mayor es la contribución de este suplemento de fuerza al movimiento, mayor será su efecto de trabajo.
- Sucesión racional de la incorporación al trabajo de los músculos con diferentes propiedades funcionales. Por lo general, los primeros en incorporarse al trabajo son los grupos musculares menos rápidos pero más fuertes de las articulaciones proximales del cuerpo, que superan la resistencia de la inercia del cuerpo o del aparato deportivo. A continuación se activan los grupos musculares menos fuertes pero más rápidos, que

sirven a las articulaciones distales y aumentan la velocidad del movimiento ya iniciado.

- Tono del sistema muscular, es decir, el estado de elasticidad de los músculos, condición indispensable para su preparación (ajuste fisiológico) de cara al movimiento o postura a ejecutar.

Como biomecánicamente racional entenderemos aquel complejo sistema de movimientos que está organizado de acuerdo con las particularidades anatómico-funcionales del sistema locomotor y permite utilizar con la máxima eficacia los mecanismos de trabajo que le son propios en las condiciones concretas del ejercicio motriz a realizar.

En el proceso de ejecución de cualquier ejercicio motriz, los mecanismos corporales de trabajo interactúan de un modo determinado y se unifican, como resultado de un entrenamiento sistemático, en un sistema racional de funcionamiento que aporta una mayor eficacia a todo el complejo motriz.

Los mecanismos de trabajo se establecieron y fijaron de forma hereditaria en el transcurso de la prolongada evolución del sistema locomotor humano. El entrenamiento deportivo no les aporta nada nuevo, tan sólo los conduce hasta un alto nivel de perfeccionamiento funcional, ajustando su coordinación y mejorando su potencial energético.

Ser consciente de las propiedades funcionales de los mecanismos corporales de trabajo y de su perfeccionamiento como resultado del entrenamiento posee una importancia extraordinariamente significativa para la asimilación de una técnica deportiva racional y la elección de los procedimientos de la preparación especial en fuerza. Analizaremos de forma

sucinta estas propiedades -desde el punto de vista de la biomecánica-, en tres niveles de organización de los movimientos:

- Nivel de par cinemático (dos palancas contiguas y unidas de forma móvil);
- Nivel de cadena cinemática (unión sucesiva de una serie de palancas del cuerpo);
- Nivel de sistema cinemático (totalidad de las cadenas cinemáticas en cooperación). (Verkhoshansky Y. , 2002)

### **2.1.6 PAR CINEMÁTICO**

El perfeccionamiento del movimiento a nivel de un par cinemático en función de su cometido está relacionado con el desarrollo de la capacidad de manifestar un esfuerzo motriz de grandes proporciones, o con la ejecución del movimiento con una gran velocidad angular, o con ambas cosas a la vez. Las principales particularidades del carácter y orientación del proceso de perfeccionamiento cualitativo del movimiento a nivel de par cinemático pueden expresarse como sigue:

1. Con el cambio de ángulo de la articulación se alteran las condiciones de trabajo de los músculos: cambia su longitud y el ángulo de la tracción. En consecuencia se modifica la fuerza de tracción y el punto de aplicación de la fuerza y, por consiguiente, también el momento de rotación de la fuerza muscular. Por ello, el máximo de fuerza externa desarrollado por los músculos se corresponde con el ángulo articular determinado de cada caso concreto. Por ejemplo, en una flexión aislada del brazo, el máximo de fuerza de la articulación del codo se consigue con los 90°, en la extensión de la misma articulación, con los 120°, en la extensión de la

articulación humeral, con los 60-70° y en la extensión de la rodilla, con los 60°. Con todo, puede que al deportista entrenado la fuerza máxima no se le manifieste en un solo ángulo, sino en una serie de ángulos cercanos. En ese caso se habla de «zona de ángulos de fuerza máxima de la articulación»

2. Con el aumento de la fuerza muscular como resultado del entrenamiento, el carácter de la gráfica «fuerza-ángulo» en principio no se verá alterado. Sin embargo, la magnitud del aumento de fuerza en todas las amplitudes angulares del movimiento depende del ángulo articular en que se manifieste el máximo esfuerzo muscular durante el proceso de entrenamiento. En particular:
  - Si se manifiesta en una posición correspondiente a la máxima longitud de los músculos activos (es decir, la mínima flexión de la articulación en caso de actividad de un músculo flexor o la mínima extensión en caso de actividad de un músculo extensor), entonces el paso de la fuerza a otros ángulos articulares es relativamente uniforme;
  - Si el esfuerzo muscular máximo se produce en un estado reducido de los músculos activos, entonces el aumento de la fuerza es mayor; sin embargo, el paso del efecto del entrenamiento a otro ángulo articular es relativamente reducido y se produce en menor medida cuanto más se aleja del ángulo en el que se manifestó el máximo esfuerzo durante el entrenamiento.

3. En el ángulo articular al que corresponde el máximo esfuerzo manifestado en el entrenamiento se observa un aumento de la fuerza relativamente mayor que en los ángulos articulares próximos.
4. El perfeccionamiento funcional del movimiento a nivel de par cinemático está relacionado a su vez con cierto aumento de la amplitud angular del movimiento de cara a obtener una mayor movilidad de la articulación. Aunque esto está relacionado en gran medida con los pares cinemáticos, la estructura articular está dotada de dos y tres grados de libertad (articulaciones tibiotarsiana, humeral e ilíaca). (Verkhoshansky Y. , 2002)

### **2.1.7 LA CADENA CINEMÁTICA**

Los movimientos de trabajo del hombre se realizan por medio de un sistema de palancas -la cadena cinemática- en los que se modifican al mismo tiempo los ángulos de todas las estructuras articulares.

La principal función de trabajo de la cadena cinemática en el sistema motor consiste en la transformación de los movimientos articulares rotatorios en alargamientos o acortamientos en línea recta del sistema de trabajo de palancas o en el desplazamiento angular (respecto de una articulación proximal) de un punto de trabajo que se encuentre en el extremo distal del sistema de palancas.

El efecto de trabajo del movimiento ejecutado por la cadena cinemática varía más de acuerdo con las diferentes condiciones (disposición relativa de las palancas que la forman, capacidades motoras de los diferentes grupos musculares, etc.) estando más sujetos a las alteraciones cualitativas y cuantitativas, en el transcurso del ejercicio, que al efecto del trabajo en el par

cinemático. El proceso de perfeccionamiento cualitativo de los movimientos que van a ser realizados por la cadena cinemática está asegurado por tres factores principalmente:

- Crecimiento de la amplitud de trabajo;
- Concentración del esfuerzo dinámico en el ángulo específico;
- Interacción racional de los músculos que intervienen en el movimiento.

El incremento de la amplitud de trabajo del movimiento está garantizado a costa de una mayor flexibilidad articular y un aumento del nivel de elasticidad y de las capacidades de fuerza de los respectivos grupos musculares, teniendo una amplitud de movimiento en la cadena cinemática abierta por los dos lados de sus ángulos inicial y final.

Las particularidades de la ejecución del movimiento en la cadena cinemática son las siguientes:

1. En el carácter de la manifestación del esfuerzo de trabajo durante el transcurso del movimiento destacan con claridad dos tendencias:
  - Disminución de la fuerza de tracción de los músculos hacia el final del movimiento (sobre todo en caso de régimen balístico de trabajo), que se expresa con más fuerza cuanto menor es la resistencia exterior y más rápido es el movimiento;
  - Crecimiento y concentración del esfuerzo de trabajo en un ángulo determinado de la amplitud del movimiento.
2. El esfuerzo de trabajo empleado por la cadena cinemática se nutre del trabajo en colaboración de los grupos musculares que sirven a cada una de sus estructuras. En este marco:

- El esfuerzo resultante es menor que la suma de esfuerzos máximos de que son capaces los músculos de cada par cinemático;
- La importancia de las fuerzas máximas que se desarrollan en cada articulación muestra una menor correlación con los resultados deportivos que el esfuerzo total manifestado por toda la cadena cinemática; con el desarrollo de la maestría esta correlación aumenta de manera significativa;
- Las relaciones funcionales entre los grupos musculares que sirven a la cadena cinemática se establecen de tal modo que el movimiento empieza en los músculos más potentes de las articulaciones proximales (músculos propulsores de la cadena cinemática) y, a continuación, entran en acción las palancas distales que incrementan la velocidad del movimiento.

El proceso de perfeccionamiento funcional del movimiento a nivel la cadena cinemática se produce de la siguiente manera:

1. Se aumenta la amplitud de trabajo del movimiento, lo cual es posible gracias a una mayor movilidad en las articulaciones y a un aumento de la elasticidad de los músculos antagonistas. Así pues:
  - Ante una carga externa reducida es característica la tendencia al aumento de la amplitud del movimiento, independientemente de la zona de ángulos de máxima fuerza de cada articulación;
  - Ante una gran carga exterior y la ausencia de fuentes suplementarias de fuerza que aligeren el movimiento, lo característico es un acortamiento de su amplitud de trabajo, relacionado con una tendencia a acercar la posición de trabajo a la zona de ángulos de máxima fuerza:

- Ante una gran carga externa con presencia de fuentes energéticas suplementarias (la fuerza de la inercia, la energía elástica del esfuerzo muscular), se manifiesta la posibilidad de cierta mejora de la amplitud de trabajo con una salida de los ángulos articulares de la zona de máxima fuerza.
2. Se aumenta el máximo de esfuerzo motor:
    - Ante una resistencia externa relativamente reducida en caso de trabajo muscular balístico, el máximo de esfuerzo se concentra en el ángulo inicial de la amplitud de trabajo;
    - Ante una gran resistencia externa, el máximo de esfuerzo se concentra en el centro o en la segunda mitad de la amplitud de trabajo.
  3. En los movimientos de tipo balístico se perfecciona y fija el orden racional de incorporación al trabajo de los músculos de la cadena cinemática, lo que permite manifestar de forma consecutiva sus particularidades funcionales (la capacidad para el esfuerzo potente y la velocidad de contracción) en el transcurso del movimiento. (Verkhoshansky Y. , 2002)

### **2.1.8 SISTEMA CINEMÁTICO**

El sistema cinemático posee una considerable cantidad de grados de libertad. Por ello, el proceso de perfeccionamiento funcional del movimiento a medida que se examina desde el par cinemático hasta el sistema cinemático depende cada vez más de una organización racional y una dirección central de la actividad de las articulaciones motrices. Sin embargo, los factores biomecánicos de cada caso siguen jugando un papel esencial.

La particularidad antes examinada del perfeccionamiento cualitativo del movimiento en la cadena cinemática es también aplicable en todo punto al sistema cinemático. La diferencia radica tan sólo en la cantidad de grupos musculares que cooperan de forma funcional. En esta cooperación, los primeros en entrar en acción son los grupos musculares más fuertes de las piernas y del torso, seguidos de los músculos de la cintura y de las extremidades superiores.

De este modo, el perfeccionamiento cualitativo del movimiento a nivel del sistema cinemático está relacionado con la determinación del modo más racional de unificar las diferentes cadenas cinemáticas y sus diversos mecanismos propios de trabajo en un solo mecanismo. La lógica de la organización de dicho mecanismo se hace patente con el análisis de lo que se conoce como estructura biodinámica de la acción motora compleja, que se examinará en el próximo capítulo. (Verkhoshansky Y. , 2002)

### **2.1.9 SISTEMAS ENERGÉTICOS EN EL TRABAJO MUSCULAR**

No puede completarse ningún movimiento sin cierto gasto de energía. Cuanto más intenso y prolongado sea el esfuerzo y cuanto mayor sea la cantidad de grupos musculares que participan en la actividad, más energía se necesitará.

En calidad de abastecedores de energía para el movimiento humano figuran los procesos de intercambio (reacciones metabólicas) presentes en el organismo y, en particular, en los músculos activos e inactivos. La única fuente directa de energía para la contracción muscular es el adenosín trifosfato (ATP), que atañe a los enlaces de fosfato de alta energía

(macroenergéticos). En caso de disociación (hidrólisis), el ATP se convierte en difosfato de adenosina (ADP) con lo que se libera un grupo fosfato y se cede la energía libre.

Para que las fibras musculares puedan mantener cualquier contracción prolongada, es imprescindible un constante restablecimiento (resíntesis) del ATP con la misma rapidez con la que se libera.

La resíntesis en el músculo puede producirse por dos vías: la anaeróbica (sin participación de oxígeno) y la aeróbica (con participación de oxígeno). Para la formación y utilización del ATP en calidad de fuente inmediata de energía de los músculos en una contracción, pueden actuar tres mecanismos químicos (energéticos):

- Fosfágenos o de la fosfocreatina,
- Glucolítica o del Lactato,
- Oxidativo o del oxígeno.

Los dos primeros mecanismos -la fosfocreatina y la glucólisis- funcionan por la vía anaeróbica, mientras que el tercero -el de oxidación- lo hace por la aeróbica.

En estos mecanismos de resíntesis del ATP se emplean diversos substratos energéticos. Se definen por su capacidad energética, es decir, por la cantidad máxima de ATP que pueden resintetizar gracias a la energía de estos mecanismos, y por su potencia energética, es decir, por la cantidad máxima de energía desprendida de una sola vez (la cantidad máxima de ATP que se transforma de una sola vez). La capacidad del sistema energético limita el volumen máximo y, su potencia, la intensidad tope del

trabajo que se lleva a cabo gracias a la energía de un mecanismo dado. El principal papel de cada uno de ellos en la resíntesis del ATP dependerá de la intensidad y duración de la contracción muscular, así como de las condiciones de trabajo de los músculos, incluyendo su nivel de aporte de oxígeno.

En el aporte de energía para el trabajo muscular juega un papel destacado la fosfocreatina (PC). La reacción de fosforilación entre PC y ADP catalizada por la enzima creatinaquinasa, garantiza una resíntesis del ATP extraordinariamente rápida, que se produce ya en el momento de la contracción muscular.

A diferencia de otros substratos energéticos, en los músculos no se restablece en exceso el nivel de ATP después del trabajo, ni se produce un acusado aumento bajo la influencia del entrenamiento. Los músculos entrenados se contentan con la cantidad invariable de ATP porque en ellos crece de forma sustancial la posibilidad de disociarlo y resintetizarlo de forma anaeróbica y aeróbica, puesto que de este último modo no sólo se consume más rápido y en mayor medida, sino que también se resintetiza de manera más rápida y completa. Los grupos fosfágenos de ATP ricos en energía de los músculos entrenados se renuevan mucho más rápido y, por ello, la misma concentración de ATP basta para la ejecución de un trabajo significativamente mayor.

A continuación examinaremos de forma sucinta los mecanismos fundamentales de aporte energético del trabajo muscular. (Verkhoshansky Y. , 2002)

### **2.1.9.1 MECANISMO DE LA FOSFOCREATINA (PC)**

Este mecanismo proporciona una resíntesis instantánea del ATP a costa de la energía de otro enlace fosfógenos de alta energía: la PC. En comparación con otros mecanismos, la fuente de PC es la que posee la mayor potencia, que es por ejemplo 3 veces superior a la potencia máxima del mecanismo glucolítica y de 4 a 6 veces mayor a la del mecanismo oxidativo de resíntesis del ATP; es por ello, el mecanismo de la PC juega un papel decisivo en el aporte energético de los trabajos de máxima potencia (el impulso inicial en las carreras de velocidad, los esfuerzos musculares cortos de carácter explosivo). Ya que las reservas de ATP y PC en los músculos son limitadas, la capacidad del mecanismo PC no es muy grande y el trabajo de máxima potencia ejecutado mediante este mecanismo no puede prolongarse mucho en el tiempo, de orden de 6 a 10 s.

### **2.1.9.2 MECANISMO GLUCOLÍTICO**

El mecanismo glucolítico contribuye a la resíntesis de ATP y PC gracias a la división anaeróbica de los hidratos de carbono -glucógeno y glucosa- con formación de ácido láctico (lactato). Como una de las condiciones de activación de la glucólisis se encuentra la disminución de la concentración de ATP y el aumento de la concentración de los productos de su división: el ADP y el fósforo inorgánico. Con ello se activan los enzimas glucolíticos clave (fosfofructoquinasa, fósforilasa) y se refuerza la glucólisis.

A medida que se acumula el lactato en el proceso de la glucólisis, la reacción activa de los medios internos (pH) se desplaza al lado ácido y se produce una inhibición de la actividad de los enzimas glucolíticos, lo cual

reduce la velocidad de la glucólisis y la cantidad de energía (ATP) formada de una sola vez. Por ello, la capacidad de la fuente glucolítica de energía viene limitada en gran medida no por el contenido de los correspondientes substratos sino por la concentración de lactato en la sangre. En relación con esto, cuando se ejecuta el trabajo muscular contando con el empleo del mecanismo glucolítico jamás se produce un agotamiento brusco del glucógeno en los músculos que trabajan y mucho menos en el hígado.

Una parte del lactato que se ha formado en el momento del trabajo se oxida en los músculos; la otra parte pasa a la sangre y va a parar a las células del hígado, donde se emplea para la síntesis del glucógeno. A su vez, el glucógeno se divide hasta convertirse en glucosa, que pasará a los músculos por medio de la sangre y será la fuente para la resíntesis del glucógeno muscular consumido durante el trabajo.

La potencia del mecanismo glucolítico es 1,5 veces superior a la del de oxidación, y su capacidad energética es 2,5 veces más grande que la del mecanismo de la fosfocreatina.

### **2.1.9.3 MECANISMO DE OXIDACIÓN**

El mecanismo de oxidación favorece la resíntesis del ATP en condiciones de aporte ininterrumpido de oxígeno a las mitocondrias de las células musculares y emplea, en calidad de substratos de oxidación, hidratos de carbono (glucógeno y glucosa), grasas (ácidos grasos) y, de forma parcial, proteínas (aminoácidos).

La correlación entre substratos oxidados se determina por la potencia relativa del trabajo aeróbico (en % del consumo máximo de oxígeno - CMO).

Si se ejecuta un trabajo ligero a un nivel del 50% del CMO con una duración extrema de hasta algunas horas, una gran parte de la energía para la contracción de los músculos se forma gracias a la oxidación de grasas (lipólisis). Cuando el trabajo es más pesado (más de un 60% del CMO), una parte significativa de la producción de energía procederá de los hidratos de carbono. En caso de un trabajo cercano al CMO la inmensa mayoría de la producción de energía correrá a cuenta de la oxidación de hidratos de carbono.

El mecanismo de oxidación es el que posee la mayor capacidad energética. La capacidad del aporte energético de los hidratos de carbono está determinada por las reservas de glucógeno en músculos e hígado, así como por la posibilidad del hígado de formar glucosa durante el proceso de trabajo no sólo mediante la división de glucógenos (glucogenólisis), sino también mediante la formación de glucosa (gluconeogénesis) a partir de lactato y otras sustancias (aminoácidos, piruvato, glicerina) que lleguen al hígado con la sangre.

De todas las fuentes musculares de energía, las grasas son las que proporcionan la mayor capacidad energética, lo que las hace muy convenientes lentes para la ejecución de trabajos largos de potencia relativamente baja con un aporte de oxígeno pleno. No obstante, los hidratos de carbono tienen una seria ventaja frente a las grasas en cuanto a cantidad de ATP que se forma por cada oxígeno consumido. En este sentido es especialmente eficaz la oxidación del glucógeno muscular, que presenta la mayor eficacia energética, dos veces mayor que en la oxidación de grasas.

#### 2.1.9.4 SUPLEMENTO

El perfeccionamiento del sistema de aporte energético del trabajo muscular es uno de los principales objetivos de la preparación física especial (PFE). Por esto, es necesario concentrar la atención sobre algunas cuestiones que están fuera de las concepciones tradicionales sobre las fuentes y los mecanismos de aporte energético del trabajo muscular. En los inicios de los años 60, se crearon ciertas concepciones sobre las diferentes fuentes en el aporte energético (R. Margaria et al., 1963, 1967). Según esas concepciones, en el inicio de un trabajo físico intenso, los mecanismos energéticos deben ser movilizados. Primero, la energía es abastecida, principalmente, por el gasto del ATP y del PC. La activación de la disociación anaeróbica del glucógeno se inicia después de que las reservas del ATP y PC se hayan agotado (6- 10 segundos) obteniendo la máxima intensidad en el primer-segundo minuto de esfuerzo; esta energía será suficiente para algunos minutos de actividad muscular intensa. Se consideró que con una cargas submáxima, el lactato no se producía en el caso de que se consiguiera un nivel constante de consumo de oxígeno (3-5 minutos). El crecimiento de la concentración de lactato en la sangre está limitado por la primera fase del trabajo cuando comienza a faltar oxígeno. Por eso, el lactato es producido para garantizar la creación indispensable de ATP, hasta los momentos en que los mecanismos aeróbicos asuman ese proceso. La eficacia del trabajo está garantizada principalmente por el aporte de oxígeno a los músculos y está limitada por el consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$  máx). Esta concepción se volvió popular en la literatura y hasta ahora influye

en la resolución de los problemas metodológicos del entrenamiento. El lector podrá encontrar la exposición detallada en cualquier material didáctico de fisiología del deporte.

Queda claro que el carácter lineal mencionado en lo referente al mecanismo de aporte de energía, como es propio de la clasificación de las fuentes energéticas del trabajo muscular, queda "un poco fuera de la realidad" (Prampéro P. E., 2005)

En la medida en que se amplían las investigaciones histoquímicas y el perfeccionamiento de su tecnología (micro biopsia con aguja, catéteres intravasculares, elenostroscopia molecular), las concepciones formadas sobre la energética del trabajo muscular se completan por nuevas informaciones. Ha quedado dato que los principales cambios en el mecanismo de aporte del trabajo físico dependen de las reestructuraciones concretas morfofuncionales en los propios músculos; de su cambio en las características en la contracción y de la oxidación. Aparte de esto, el mecanismo de aporte de energía en el trabajo muscular intenso es mucho más complicado de lo que se pensaba antes.

- Por ejemplo, la glucólisis se inicia en la fase de paso del estado de reposo para el trabajo intenso; el trabajo más corto (dos segundos) de intensidad máxima se realiza con la participación parcial de energía de la glucólisis anaeróbica; así, el levantamiento (arrancada) de la haltera en dos veces, con el 80% del peso máximo, podrá activar los procesos glucolíticos, teniendo en cuenta que el calentamiento que se realizó antes también aumentó la concentración de lactato en la sangre. En varias obras, se

constata que en el caso de ejercicios de potencia creciente, la concentración de lactato en la sangre aumentará desde su Inicio y continuará creciendo en el tiempo como una carga submáxima. La producción de lactato no siempre dependerá de las condiciones anaeróbicas, puesto que el músculo producirá el lactato en condiciones puramente aeróbicas, esto es, en el caso de aporte suficiente de oxígeno. Una precisa medición de la concentración de oxígeno en los músculos se ha mostrado por encima del nivel crítico aunque el trabajo haya sido lo más intenso posible. Por esto, la necesidad de funcionamiento del mecanismo glucolítico no está condicionado por la falta de oxígeno (como siempre fue considerado), pero, sí por las bajas características cinéticas de las respectivas reacciones bioquímicas que garantizan la resíntesis del ATP por medio de los procesos oxidativos. Por esto mismo, sería más correcto y coherente considerar la producción de lactato como una parte de los procesos metabólicos (aeróbicos y anaeróbicos) en la renovación del ATP y el PC tanto en la fase inicial como durante toda la carga física

- Siempre se ha considerado que los sustratos de los ácidos grasos podían ser aprovechados sólo al final de una actividad muscular de gran duración y poca intensidad, pues la hiperglucemia y el lactato acumulado en la sangre inhibirían la lipólisis en el tejido graso obstaculizando así el aprovechamiento de los sustratos lipídicos como fuente energética. Se concluía como resultado en el entrenamiento: a mayor nivel de entrenamiento, menor disminución de la lipólisis. Aparte de la reestructuración del intercambio lipídico en los deportistas de alto nivel, se

observa una participación activa de los hidratos de carbono en el aporte general energético del organismo. Pero con el crecimiento del nivel deportivo, se nota una influencia recíproca más débil en la concentración del lactato sobre la dinámica positiva de las formas de transporte de los lípidos de la sangre en condiciones de carga competitiva. Por esto, los deportistas aprovechan la fuente más eficaz y la economía de aporte en el trabajo considerando el alto volumen energético de los lípidos.

- Se encuentra una característica más en el aporte de trabajo muscular duradero de intensidad diferente. Según la concepción de (Prampero P. E., 1999), la función del mecanismo de la fosfocreatina en la resíntesis del ATP termina en el inicio del trabajo físico intenso, y la activación de la disociación anaeróbica del glucógeno, acompañada de la producción de lactato, no se realiza hasta que las reservas de los fosfógenos no estén agotadas. Pero las investigaciones en el sistema del metabolismo energético del miocardio y después en los músculos esqueléticos aplicaron las concepciones del papel de la fosfocreatina en el aporte energético de la actividad muscular intensa. Antiguamente, el transporte intracelular de la energía era considerado un proceso simple de la difusión del ATP, de las mitocondrias hacia los centros activos de la miosina, pero ahora ha quedado claro que el mecanismo de la fosfocreatina es un transporte universal de energía desde los lugares de producción (mitocondrias y citoplasma) hacia los lugares de su uso, las miofibrillas. Si consideramos que las mitocondrias son impenetrables para el ATP, pero dejan pasar la PC, éste sería el transporte de los grupos fosfatos de las

mitocondrias hacia el saco plasma y viceversa. Cuando la fosfocreatina cede su grupo fosfato al ADP fuera de las mitocondrias, la creatina penetrará en las mitocondrias, donde recibirá el ATP ya creado por el grupo fosfato. A continuación, la fosfocreatina volverá hacia el sarcoplasma, donde de nuevo entrará en reacción con el ADP regenerando el ATP. Este proceso es ininterrumpido y su intensidad está determinada por la correlación del ATP/ADP en el sarcoplasma. Cuanto mayor sea el consumo de ATP y el crecimiento de la concentración del ADP más intenso será el proceso. Por ello, en función del fortalecimiento del papel del transporte energético de la fosfocreatina en los músculos de las personas bien entrenadas con ejercicios de resistencia, la glucólisis deberá realizarse a una velocidad más baja que la de las personas no entrenadas. El nivel de trabajo y de consumo de oxígeno deberá ser el mismo, lo que, por esto, deberá llevar a una disminución de la velocidad de agotamiento de las reservas de glucosa en los músculos y a la formación de lactato en el caso de ejercicios submáximos. Por esto, la glucólisis debe ser considerada un dispositivo muy útil que asegura el trabajo muscular. Los nuevos datos sobre la función de la fosfofructoquinasa y del transporte energético en la realización de las contracciones musculares durante la fosforilización respiratoria amplían los conocimientos sobre la energética de la actividad muscular. Este mecanismo es más complicado que el sistema tradicional lineal del desarrollo de los procesos de la fosfocreatina, glucolítico y de la oxidación en la resíntesis del ATP. Esto implica una necesidad en la búsqueda de

medios más efectivos no tradicionales y de los métodos de desarrollo adecuado del mecanismo de la fosfocreatina y su función en el transporte energético en las modalidades deportivas donde ella domina y es el sistema energético localizado en las mitocondrias. Es muy importante el desarrollo de esa capacidad especial en las modalidades deportivas que necesitan resistencia (Verkhoshansky Y. , 2002). La concepción más integral y multilateral del régimen de funcionamiento del organismo en el transcurso de una actividad deportiva concreta y competitiva sirve de base para perfeccionar la concepción tradicional de las fuentes y de los mecanismos de aporte energético de la actividad muscular intensa. La tensión psicológica y emocional activada todos los ejes del sistema simpático-adrenal, lo que provocará el incremento de la liberación de catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) - hormonas de las glándulas suprarrenales. Esto garantiza una intensificación de la actividad del corazón que es necesaria para un trabajo muscular intenso y para la redistribución racional del flujo sanguíneo, aumentando la capacidad de movilización y utilización de los productos energéticos. La adrenalina, por ejemplo, está estimulando el sistema cardiovascular, activando los procesos de oxidación en el organismo e intensificando la actividad de los enzimas que participan en las reacciones de la oxidación de los substratos energéticos. Nadie ignora que antes del inicio de las competiciones crece el intercambio de gases, las pulsaciones por minuto, las concentraciones de glucosa y de lactato en la sangre. Tales cambios son específicos debido a las particularidades del aporte energético a la

actividad deportiva. Por ejemplo, en el caso de los juegos deportivos, crece el nivel de la concentración de glucosa en la sangre; en el caso de los mediodfondistas, crece el nivel de ácido láctico. El estado emocional provoca los cambios de la regulación cortical.

- Siendo así, el ambiente competitivo altera considerablemente el medio interior del organismo, como la velocidad de movilización de las funciones, el desarrollo y el aprovechamiento de las fuentes de aporte energético al trabajo muscular.
- Muchas formas de carga física y, principalmente, en las condiciones de la actividad deportiva, implican una participación de diferentes tipos de fuentes energéticas. Los cambios del metabolismo muscular no deberán ser considerados como un proceso progresivo, lineal, si no, más bien, la suma de los cambios del metabolismo que tienen lugar en ciertas células musculares (Prampéro P. E., 1999). Por ejemplo, una contribución específica de diferentes tipos de producción energética realizando ejercicios cortos en el tiempo y con máxima intensidad por los deportistas de elite son los siguientes: ciclismo atletismo juegos deportivos. Con un tiempo de hasta 10 segundos desde el inicio del esfuerzo, la vía anaeróbica aláctica garantizará el 50% de toda la producción energética total; la glucólisis, alrededor del 47,3% y la vía anaeróbica el 2,7% con un tiempo de esfuerzo de 10 a 20 segundos, 40, 49 y 11 %, respectivamente. Después, en el aláctico de 20 a 45 segundos, la parcela de la producción energética anaeróbica disminuye hasta el 30%; la de la glucólisis hasta el 44,2% crece la anaeróbica hasta el 25,6% y la potencia máxima

anaeróbica puede ser garantizada durante los primeros 5,3 segundos en un 51,2% por el proceso aláctico de la producción energética, 47% por el glucolítico y 1,8% por el aeróbico.

### **2.1.10 ESTRUCTURA MORFOLÓGICA Y PROPIEDADES FUNCIONALES DE LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS**

La capacidad de trabajo de los músculos esqueléticos viene determinada en gran medida por su estructura morfológica, su potencial energético y sus propiedades funcionales específicas: de contracción, de oxidación y elásticas. Para escoger y organizar de forma correcta la carga del entrenamiento es imprescindible saber:

- cuáles son en concreto las propiedades funcionales que mayor capacidad de trabajo aportan a los músculos en una variedad deportiva dada,
- cuáles son los procedimientos y métodos más racionales para desarrollar estas propiedades.

#### **2.1.10.1 COMPOSICIÓN DE LOS MÚSCULOS**

Los músculos esqueléticos del hombre poseen la capacidad tanto de contraerse con rapidez y manifestar un esfuerzo considerable como de trabajar de forma prolongada en condiciones de creciente agotamiento. Tal universalidad funcional procede ante todo de la estructura morfológica de los músculos, en cuya composición se encuentran fibras contráctiles rápidas y lentas.

Las fibras lentas (tipo I) están más adaptadas para efectuar contracciones relativamente pequeñas en cuanto a fuerza que son características del trabajo prolongado de resistencia. Las fibras rápidas (tipo II) no poseen una

gran resistencia, aunque están más preparadas para contracciones rápidas y fuertes, pero de corta duración.

Las fibras lentas y rápidas se diferencian por su principal manera de producir energía. Las fibras lentas emplean sobre todo la vía aeróbica de la oxidación para la resíntesis del ATP, mientras que las rápidas se valen de la vía anaeróbica de la glucólisis para producir la energía.

Entre las fibras musculares rápidas pueden apreciarse dos subtipos, que se diferencian por la actividad de los enzimas de oxidación y glucólisis: rápidas oxido-glucolíticas (subtipo IIA) y rápidas glucolíticas (subtipo IIB).

Desde un punto de vista funcional, las fibras del tipo IIA se consideran intermedias entre las fibras lentas (tipo I) y las rápidas (tipo II).

En cargas de baja intensidad de trabajo entran en acción las fibras del tipo I y, a medida que va aumentando esa intensidad, las del subtipo IIA y después las del IIB. Cuando la intensidad de la carga de trabajo sea muy alta entrará en acción un número cada vez mayor de fibras del subtipo, que están mejor preparadas para la glucólisis anaeróbica.

Las fibras del tipo II son más propensas a la producción de lactato, mientras que las del tipo I extraen lactato de la sangre y de las del tipo II de forma ininterrumpida y lo oxidan. En las fibras del tipo II, el metabolismo funciona de forma más rápida que en las del tipo I, de ahí que la diferencia de rapidez en el devenir de estos procesos permita la acumulación de lactato en músculos y sangre. El entrenamiento intensivo mejora las propiedades de oxidación de las fibras del tipo I y, por consiguiente, la capacidad de los músculos de utilizar el lactato.

La correlación entre fibras musculares lentas y rápidas no es siempre la misma en cada caso, y eso es lo que determina las propiedades funcionales de los músculos. Cuanto mayor sea el porcentaje de fibras rápidas en los músculos, tanto más capacitados estarán para el trabajo de corta duración y gran potencia. Por el contrario, cuanto mayor sea el porcentaje de fibras lentas, más resistentes serán los músculos y más capacitados estarán para el trabajo prolongado. Así pues, de lo dicho se desprende que en los deportistas que se especialicen en modalidades deportivas que exijan resistencia un gran porcentaje de las fibras serán del tipo I, mientras que en los velocistas y representantes de modalidades deportivas de velocidad-fuerza habrá una mayor proporción de fibras del tipo II. Estas diferencias son el resultado de la selección de deportistas con una u otra correlación congénita de fibras musculares de diferente tipo.

Se cree de forma general que la relación entre los dos tipos fundamentales de fibras es el resultado de factores genéticos, aunque el efecto de un entrenamiento prolongado no puede excluirse por completo. Se ha establecido a ciencia cierta que el entrenamiento conduce a un cambio en la correlación de la superficie que las fibras de ambos tipos ocupan en las secciones transversales de los músculos. Por ejemplo, como resultado de un entrenamiento en fuerza se aumenta el porcentaje de superficie ocupada por las fibras del subtipo IIB y se reduce la superficie ocupada por las del tipo I.

En los deportistas que se han adaptado a un trabajo intensivo de resistencia a menudo no es posible eliminar las fibras del tipo IIB, porque se produce, en apariencia, una conversión total del tipo al IIA. Sin embargo, la

hipótesis de la transformación de fibras del tipo I a fibras del tipo II no ha sido demostrada. Los resultados de un estudio que confirma la veracidad de las conclusiones expuestas arriba. En concreto, es fácil comprobar que el entrenamiento, con independencia de su orientación (velocidad y fuerza o resistencia), no influye en la proporción de fibras del tipo I presentes en los músculos esqueléticos.

El entrenamiento en resistencia se enfoca hacia una reducción de la proporción de fibras del tipo IIB acompañada de un aumento de las fibras del tipo IIA. El entrenamiento en fuerza y rapidez no ha ejercido una influencia clara en la correlación de fibras de los tipos IIA y IIB, aunque se observa una tendencia a cierto aumento de la composición de fibras IIB y una reducción de las IIA.

### **2.1.11 PROPIEDADES DE CONTRACCIÓN Y REGULACIÓN DEL ESFUERZO DE LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS**

La contracción de los músculos esqueléticos surge como respuesta a impulsos nerviosos que proceden de unas células nerviosas especiales: las motoneuronas de la médula espinal. Las largas extensiones de estas células (axones) salen de la médula espinal por encima de sus raíces anteriores y forman los nervios motores. Cada motoneurona inerva de 5-10 a 2.000 fibras musculares, formando un complejo funcional denominado unidad motora (UM).

Bajo la influencia del impulso motor todas las fibras nerviosas de la UM se contraen al mismo tiempo y con la máxima fuerza. La contracción del músculo en su totalidad y la magnitud del esfuerzo desarrollado por él se

regula y dosifica de forma fina y precisa por medio de la excitación de un número diferente de unidades motoras. La elección de la composición, momentos de entrada en acción y regulación del grado de esfuerzo (acortamiento) de los músculos necesaria para ello la lleva a cabo el sistema nervioso central.

Para regular la tensión muscular se emplean tres mecanismos:

- regulación de la cantidad de UM (motoneuronas) activas de un músculo dado;
- regulación de su régimen de trabajo (frecuencia de impulsión de las motoneuronas);
- regulación de la relación temporal de activación de las UM (motoneuronas).

#### **2.1.12 REGULACIÓN DE LA CANTIDAD DE UNIDADES MOTORAS ACTIVAS**

La unidad motora (UM) se activa bajo la influencia de los impulsos que le llegan desde sus motoneuronas y a los cuales responden sus fibras musculares con la contracción. Cuanto más se active la UM, más esfuerzo desarrollará el músculo.

En otras palabras, cuanto mayor sea la cantidad de fibras musculares que entren en acción, por ejemplo, al levantar un peso, menor será la carga que recaiga sobre cada una de ellas y más rápida será su contracción y, por tanto, mayor la velocidad para desplazar el peso.

La cantidad de UM activas viene determinada por la intensidad de la excitación que los niveles motores más altos ejercen sobre-las

motoneuronas de un músculo dado. A medida que aumenta la influencia de la excitación se incorporan a la actividad motoneuronas de mayores dimensiones (de alto umbral de excitación) y por ello los grandes esfuerzos de los músculos quedan garantizados por la actividad de las UM tanto lentas como rápidas.

Ante un trabajo muscular prolongado, que implique contracciones de los músculos relativamente moderadas (por ejemplo, en el maratón o las carreras de esquí), se activan en primer lugar las UM lentas con bajo umbral de excitación. Gradualmente, a medida que se prolonga el trabajo, la capacidad de contracción de las fibras musculares de estas UM se va reduciendo de manera gradual, dado que al principio del trabajo prolongado el glucógeno se consume fundamentalmente en las fibras musculares lentas y en los músculos se desarrolla cansancio.

Para mantener la fuerza necesaria para la contracción de los músculos, los centros motores intensifican el grado de excitación de las motoneuronas de los músculos activos, lo cual conduce a la activación de las UM con alto umbral de excitación (grandes), inactivas o poco activas en el nivel anterior inicial de excitación. Al mismo tiempo, el esfuerzo muscular marcado por una fuerte contracción de los músculos exige una participación activa desde el mismo principio de las fibras musculares tanto lentas como rápidas. Por ello, en los trabajos de gran potencia el consumo de glucógeno en las fibras musculares rápidas empieza en el mismo inicio del trabajo, al igual que en las fibras musculares lentas.

Donde puede comprobarse que en el trabajo ininterrumpido de intensidad submáxima a niveles de consumo de oxígeno del 50-60% del CMO (A), el gasto de glucógeno en las fibras lentas (tipo 1) es significativamente mayor que en las fibras rápidas (tipo 11).

En otro caso (B), se empleó un entrenamiento interválico en un régimen de 15s de trabajo y 15s de descanso (potencia cercana al 100% del CMO). En este caso, el consumo de glucógeno en las fibras musculares lentas y rápidas fue aproximadamente el mismo, pero en las fibras rápidas (tipo 11) ese gasto fue significativamente superior que en el primer caso(A).

En el tercer caso (C), el trabajo al nivel del CMO se realizó «a tope» durante el transcurso de 4-6 minutos, y el consumo de glucógeno en las fibras rápidas fue mayor que en las lentas.

### **2.1.13 REGULACIÓN DEL RÉGIMEN DE CONTRACCIÓN DE LAS UNIDADES MOTORAS**

La regulación del grado de tensión de los músculos se realiza mediante el cambio de la frecuencia de impulsión de las motoneuronas. Cuanto mayor (dentro de unos límites determinados) sea la frecuencia de impulsión de la motoneurona, mayor será la tensión que desarrolle la UM y más importante su aportación a la tensión global del músculo. Es especialmente importante el papel de este mecanismo en la regulación de la tensión de las UM rápidas.

La frecuencia de impulsión de las motoneuronas rápidas crece de forma ostensible con el aumento de la fuerza de contracción muscular. Las motoneuronas rápidas con un elevado umbral de excitación entran en acción

(complementando a las lentas) sólo para garantizar las contracciones isométricas y dinámicas relativamente importantes en cuanto a fuerza, de manera que se incremente la velocidad de aumento del esfuerzo de trabajo de los músculos o se transmita al objeto desplazado la aceleración necesaria. Cuanto mayor sea la fuerza y la velocidad del movimiento (potencia de trabajo), mayor será la participación de UM rápidas con elevado umbral de excitación (grandes).

#### **2.1.14 REGULACIÓN DEL RECLUTAMIENTO TEMPORAL DE LAS UM (MOTONEURONAS)**

La tensión de un músculo depende de cómo estén conectados en el tiempo los impulsos enviados por las diferentes motoneuronas del músculo en cuestión.

Si la UM trabaja en un régimen de contracciones aisladas, pero de forma asincrónica, entonces la tensión global del músculo oscila de manera insignificante. Cuanto mayor sea la cantidad de UM que se contrae de forma asincrónica, menor será la oscilación en la tensión de los músculos. En conformidad, el movimiento se ejecutará con mayor suavidad y se sostendrá la postura necesaria con mayor precisión. En condiciones normales, la mayoría de UM de un músculo trabaja de forma asincrónica, con independencia unas de otras, lo cual contribuye a la normal suavidad de su contracción.

Cuando el cansancio hace su aparición en el trabajo muscular, se ve perturbada la actividad normal de las UM. Empiezan a excitarse al mismo

tiempo (sincrónicamente). En consecuencia, el movimiento pierde su suavidad y ve alterada su precisión.

En caso de contracciones poco prolongadas o al principio de cualquier contracción muscular fuerte, la sincronización de los impulsos de activación de las motoneuronas juega un importante papel, pues influye en la velocidad de desarrollo de la tensión.

Cuanto mayor sea la coincidencia en los ciclos de contracción de las diferentes UM al principio del desarrollo de la tensión muscular, más rápido aumentará ésta. Esta sincronización de los impulsos de activación a menudo se observa al principio de la ejecución de los movimientos rápidos efectuados contra una gran carga externa. Esto tiene mucho que ver con el hecho de que al principio de la descarga la frecuencia de impulsión de las motoneuronas es mayor que en lo sucesivo.

Gracias a la elevada frecuencia inicial de impulsión y activación de un gran número de motoneuronas, la probabilidad de coincidencia de los ciclos de contracción de muchas UM (sincronización) al principio del movimiento es muy alta. De este modo, la velocidad del aumento de la tensión del músculo (fuerza explosiva) depende tanto de la cifra de UM activadas como de la frecuencia inicial grado de sincronización de los impulsos de las motoneuronas de ese músculo dado.

#### **2.1.15 PROPIEDADES DE OXIDACIÓN DE LOS MÚSCULOS**

Las propiedades oxidativas caracterizan la capacidad de un músculo para utilizar el oxígeno que le llega en el momento del trabajo (resíntesis aeróbica del ATP) y oxidar (transformar) metabolitos, es decir, productos

incompletamente oxidados de los substratos energéticos: hidratos de carbono, grasas, proteínas.

El potencial oxidativo general de las células de la musculatura esquelética viene determinada por la densidad volumétrica de mitocondrias y la actividad de las enzimas oxidantes.\*

Los músculos de los deportistas sobre todo si el entrenamiento ha sido enfocado hacia el desarrollo de la resistencia- se distinguen por una mayor densidad de mitocondrias, que se consigue gracias a un aumento tanto de su número como de su tamaño. Su potencial oxidativo y, por consiguiente, el consumo de oxígeno es significativamente superior al de los individuos no entrenados. Como resultado se reduce la producción de lactato en los músculos durante el trabajo y su concentración en la sangre

- Las mitocondrias son componentes estructurales de las células musculares; en ellas se produce la energía necesaria para la contracción de los músculos.
- Los enzimas son los catalizadores biológicos que activan los procesos de oxidación en las células musculares.

La mejora de las propiedades oxidativas de los músculos posee una enorme importancia para las modalidades deportivas que exigen un desarrollo de la resistencia. En este caso, el trabajo que anteriormente superaba la capacidad de los músculos de generar energía de forma aeróbica conducía a una rápida acumulación de lactato en la sangre y al cansancio, se convierte a resultas del entrenamiento en un trabajo ejecutado dentro de los límites del metabolismo aeróbico. Esto está relacionado en gran

medida con las fibras del tipo II, que en los individuos no entrenados presenta una capacidad de oxidación limitada. En estas fibras, las mitocondrias pueden aumentar hasta 4 veces o más en respuesta a un entrenamiento exigente de la resistencia. Con todo, en las fibras musculares del tipo IIA se registra un aumento relativamente superior en la densidad volumétrica de las mitocondrias que en las fibras del tipo I o IIB, que pueden alcanzar un nivel propio de las fibras del tipo I en los individuos poco preparados.

La traducción específica de los avances en las propiedades oxidativas de los músculos esqueléticos depende del carácter y la duración de la carga del entrenamiento. Así, un trabajo prolongado en el nivel del umbral aeróbico conduce a un cambio primordial en las propiedades oxidativas de las fibras del tipo I, mientras que un entrenamiento interválico de alta intensidad afecta sobre todo a las fibras del tipo IIB. Aquí, sin embargo, es importante destacar de inmediato que, en la práctica, el empleo del entrenamiento interválico de alta intensidad para la mejora de las propiedades oxidativas de las fibras del tipo IIB es permisible sólo después de que se haya logrado previamente un aumento de las propiedades oxidativas de las fibras del tipo I.

Queda por reseñar otro efecto importante del entrenamiento en resistencia. El metabolismo del lactato, como es sabido, pueden llevarlo a cabo diversos tejidos (corazón, músculos esqueléticos, hígado). Aun así, el lugar fundamental para la oxidación del lactato en el organismo que se entrena en resistencia **son los músculos esqueléticos**. Cuanto mayores sean sus propiedades oxidativas, menor será la acumulación de lactato en la

sangre durante el trabajo y más rápido se conseguirá la eliminación del lactato de la sangre durante el periodo de restablecimiento.

En relación con esto cabe destacar que la ejecución del trabajo dosificado con esos mismos músculos durante el periodo de restablecimiento después de trabajar hasta cansarse permite una desaparición más rápida del lactato de la sangre en comparación con el descanso pasivo. Este efecto se explica por el incremento de la velocidad de oxidación del lactato por parte de los músculos que trabajan y debe emplearse ampliamente en la práctica del entrenamiento deportivo.

#### **2.1.16 PROPIEDADES ELÁSTICAS DE LOS MÚSCULOS**

Las propiedades elásticas, como ya se ha comentado, determinan la capacidad de los músculos de acumular un determinado potencial de tensión (energía no metabólica) mediante su deformación elástica en estado de tensión. Si al estiramiento sigue de repente una contracción de los músculos, entonces el potencial de energía elástica acumulada durante el estiramiento se emplea como suplemento para la fuerza de contracción de los músculos, mejorando la potencia de su trabajo (recuperación de la energía mecánica).

Un experimento sencillo demuestra de forma evidente la contribución del potencial elástico de los músculos distendidos en la mejora del efecto de trabajo de los movimientos reactivo-balísticos. El estiramiento de los músculos en la fase de flexión del salto vertical sin carrerilla con impulso de las dos piernas (variante B) aporta al cuerpo un vuelo más alto, un 15,5% superior al resultado de un salto efectuado desde una posición estática de media flexión (variante A). Una mayor altura de vuelo proporciona el rebote

efectuado después del salto en profundidad, es decir, con una tensión más intensa de los músculos en la fase de amortiguación (variante C). En este caso, la altura del vuelo mejora en un 13,8% adicional. En total, si se comparan las variantes C y A, el empleo de la energía suplementaria procedente de la deformación elástica de los músculos garantiza una mejora del efecto de trabajo del salto vertical en un 31,5 % (Verkhoshansky Y. , 2002).

De este modo, el empleo de la capacidad que tienen los músculos de recuperar la energía mecánica permite aumentar de forma significativa el esfuerzo de trabajo hasta un nivel en el que superan sustancialmente las posibilidades contráctiles que proporcionan las fuentes de energía meramente metabólicas. Por ejemplo, en el caso de la batida en el salto de longitud con carrera la máxima potencia positiva de extensión de la articulación de la rodilla sobrepasa aproximadamente el doble la potencia de todas las fuentes de energía metabólicas conocidas por el hombre. Las propiedades elásticas de los músculos, junto al aumento de la eficacia de los esfuerzos explosivos que se efectúan con la máxima potencia, permite la mejora del rendimiento mecánico de los movimientos. Por ejemplo, en las velocidades de mayor rendimiento de las carreras se recupera hasta el 60% de la energía mecánica total del cuerpo y sólo cerca de un 40% se disipa en el ciclo de la zancada y exige su restauración en un ciclo posterior por medio de las fuentes metabólicas. Está demostrado que existe una estrecha relación entre la capacidad de los músculos de acumular energía y los

resultados deportivos en la carrera de larga distancia ( $r=0,785$ ) y su rendimiento ( $r=0,870$ ).

### **2.1.17 REGÍMENES DE TRABAJO MUSCULAR**

El régimen de trabajo es la caracterización general de la actividad funcional de los músculos esqueléticos, que se diferencia en cada caso concreto por los parámetros espaciotemporales y la velocidad del movimiento, la potencia del esfuerzo, la duración del trabajo y el medio principal de aporte de energía.

Las formas de actividad funcional de los músculos en las condiciones de la práctica deportiva son extraordinariamente diversas. Una clasificación de acuerdo con criterios tales como variedad de trabajo muscular, régimen de tensión y carácter específico de manifestación del esfuerzo.

#### **2.1.17.1 VARIEDADES DE TRABAJO MUSCULAR**

En la valoración del carácter externo de la actividad funcional de los músculos lo más racional es partir de criterios mecánicos y distinguir cuatro variedades fundamentales de trabajo:

- Trabajo de fuerza máxima (total)
- Trabajo de fuerza submáxima
- Trabajo de fuerza resistencia
- Trabajo combinado

En cuanto a la carga exterior sobre los músculos:

**De superación:** cuando la carga externa sobre los músculos es menor que su tensión y los músculos se acortan, provocando el movimiento (trabajo concéntrico);

**De cesión:** cuando la carga externa sobre los músculos es mayor que su tensión y los músculos se extienden, es decir, se alargan (trabajo excéntrico);

**De mantenimiento:** cuando los músculos desarrollan tensión pero no cambian de tamaño;

**Combinado:** cuando los músculos desarrollan tensión en diferentes combinaciones de una u otra variedad de trabajo.

En casos aislados, cuando lo estudiado es el desplazamiento del cuerpo (de sus articulaciones, del objeto externo) o la conservación de la postura con manifestación de una fuerza igual al peso del cuerpo (de sus articulaciones, del objeto externo) o a la influencia externa, puede hablarse con propiedad de trabajo muscular dinámico o estático. Ciertamente es que en el último caso no existe trabajo en el sentido físico, en tanto en cuanto que no hay movimiento. Es por ello que para una valoración cuantitativa del trabajo estático de los músculos conviene partir de una perspectiva fisiológica del trabajo y emplear no la realización de la fuerza en un recorrido, sino su realización en el tiempo de actuación.

### **2.1.18 REGÍMENES DE TENSIÓN DE LOS MÚSCULOS**

Conviene analizar la tensión de los músculos en cuanto criterio fisiológico y distinguir tres regímenes fundamentales:

**Isotónico:** cuando en el cambio de longitud de los músculos la tensión desarrollada por éstos permanece constante;

**Isométrico:** cuando se desarrolla tensión sin cambio de longitud en los músculos;

**Auxotónico:** cuando con el cambio de longitud de los músculos varía también su tensión.

Éstos son, por así decirlo, los regímenes de trabajo muscular «clásicos», es decir, los más conocidos y mejor estudiados en la anatomía dinámica, la fisiología neuromuscular y la biomecánica. Pero vale la pena recordar aquí lo que se ha llamado régimen isocinético, empleado en diversas concepciones de estructuración del entrenamiento para el desarrollo de la fuerza muscular.

La especificidad del régimen isocinético reside en que con la ayuda de accesorios especiales la resistencia externa al movimiento cambia de forma automática. Se propone no una magnitud de resistencia, como en los ejercicios en sobrecarga, sino la rapidez en la ejecución del movimiento.

Con el incremento de la velocidad mejorará de forma automática la resistencia externa al movimiento, lo que en la práctica garantiza una carga cercana al máximo en los músculos para todas las amplitudes de trabajo del movimiento.

### **2.1.19 CARÁCTER DE LA MANIFESTACIÓN DEL ESFUERZO DE TRABAJO.**

Los regímenes expuestos arriba no agotan toda la variedad de tensiones presentes en la actividad de trabajo de los músculos y no reflejan muchas de sus particularidades esenciales para el movimiento del deportista.

Es por ello imprescindible distinguir el carácter específico de la manifestación de la tensión de los músculos, que se expresa, en concreto, en las diferentes importancias de la velocidad de desarrollo de la tensión y su magnitud, duración e interacción, así como en la condición de los

músculos previa a la tensión de trabajo. De ahí que quepa distinguir siete tipos de carácter de manifestación del esfuerzo de los músculos.

Precisamente este criterio será decisivo en la posterior discusión del problema de la preparación física especial en el deporte.

El tipo tónico de tensión muscular se caracteriza por ser poco variable en cuanto a magnitud y relativamente prolongado, aunque su velocidad de desarrollo no posea una importancia decisiva. Se puede observar este tipo de esfuerzo, por ejemplo, en la lucha, cuando uno de los atletas sostiene al otro contra el suelo; en la halterofilia cuando el deportista sostiene la pesa a la altura del pecho o la levanta por encima de su cabeza; en muchos elementos gimnásticos. En estos casos, los músculos trabajan al límite de su fuerza, y en diferentes elementos de las artes marciales la competición se reduce precisamente a la revelación de la superioridad en fuerza máxima. Sin embargo, el esfuerzo tónico puede ir acompañado de una cantidad significativamente menor de tensión, por ejemplo ante la necesidad de mantener la postura (tiro, gimnasia). Dependiendo de la variedad deportiva, la caracterización cualitativa de la fuerza manifestada en el esfuerzo tónico estará determinada por la resistencia de fuerza o por la magnitud máxima de fuerza de los músculos.

El esfuerzo de tipo estático-dinámico se caracteriza por que el trabajo dinámico de los músculos puede volverse de mantenimiento (y al revés) ante las más variadas combinaciones y ritmos de movimientos (gimnasia, lucha). El paso de un tipo de esfuerzo al otro puede ser muy rápido en caso de un alto nivel de tensión en cada uno de ellos. Ello puede apreciarse, por

ejemplo, en el paso que hace un gimnasta de un elemento dinámico a uno estático o en la ejecución por parte de un luchador de una maniobra de ataque en condiciones de resistencia del adversario.

El esfuerzo muscular de tipo explosivo destaca por un aumento muy rápido del esfuerzo de trabajo desde el primer momento de puesta en marcha de los músculos hasta que se alcanza la fuerza máxima.

Son propios del carácter explosivo del esfuerzo los siguientes tipos de tensión muscular: explosiva balística, explosiva isométrica y explosiva reactivo-balística.

El esfuerzo de tipo explosivo balístico está relacionado con el trabajo dinámico y es característico de los movimientos en los que se aplica un esfuerzo extremo a una carga relativamente reducida (por ejemplo, en el lanzamiento de peso y de jabalina, diversos elementos de patinaje artístico, los golpes de tenis, etc.). En este caso, la fuerza motriz alcanza con rapidez su máximo al principio y la mitad de la amplitud de trabajo y a continuación empieza a disminuir. El objeto desplazado en este caso se mueve por inercia, y la fuerza de tracción de los músculos, que al final de la amplitud de trabajo no supera el peso de la carga, ya no lo desplaza, y tan sólo aumenta un poco o mantiene su velocidad. Se muestran las características cinéticas típicas del movimiento durante el trabajo muscular balístico. Con el aumento del peso de la masa desplazada este tipo de esfuerzo muscular pasa a explosivo isométrico. El tipo explosivo isométrico de esfuerzo muscular está relacionado con el trabajo tanto estático como dinámico en el que a los movimientos corresponde la superación de importantes resistencias (por

ejemplo, al levantar pesas, en varios elementos de gimnasia y lucha, el lanzamiento de objetos pesados). La particularidad esencial de estos movimientos reside en la necesidad de desarrollar con rapidez un esfuerzo de trabajo importante en cuanto a magnitud, cuyo máximo se alcanza principalmente en la mitad o al final del movimiento. El tipo explosivo reactivo-balístico de esfuerzo muscular presenta la misma particularidad. Es que el explosivo balístico, con la excepción del régimen de trabajo de los músculos. Aquí es especialmente acusada la fase de estiramiento preliminar de los músculos, después de lo cual pasan de golpe al trabajo de superación. Es algo que puede verse, por ejemplo, en diversos lanzamientos con gestos bruscos, durante todas los saltos con un punto de apoyo, en elementos aislados de la lucha, la gimnasia y el patinaje artístico o en los impactos a pelotas de fútbol, voleibol o tenis.

Conviene mencionar a su vez la singular forma del esfuerzo muscular de tipo reactivo-balístico, caracterizado por un acusado estiramiento brusco de los músculos, que mejora esencialmente el efecto de trabajo de su posterior contracción y la velocidad de su paso de un régimen excéntrico a uno concéntrico (Verjochanski, 19872). El carácter brusco del estiramiento de los músculos en combinación con su rápida contracción concéntrica origina un régimen de trabajo muy eficaz para el desarrollo de la fuerza muscular explosiva y la capacidad reactiva del aparato neuromuscular, de lo que se tratará en el siguiente apartado.

El carácter veloz de la manifestación del esfuerzo muscular tiene lugar en gran medida en casos de trabajo dinámico de naturaleza cíclica o no

cíclica, en los que posee una importancia preeminente la rapidez en la transición del sistema de trabajo de los eslabones del cuerpo (aparato deportivo) o del cuerpo en su totalidad.

El carácter veloz y no cíclico del esfuerzo se manifiesta en la contracción rápida y singular de los músculos durante la ejecución de movimientos tales que el esfuerzo de trabajo se desarrolla contra una resistencia exterior relativamente pequeña (por ejemplo, contra la fuerza de la inercia del sistema de trabajo del cuerpo o un objeto relativamente ligero: floretes, raquetas de tenis, pelotas, etc.). Por ello, no se exige la manifestación del máximo total de fuerza muscular, sino que el papel principal lo desempeña la rapidez en el desarrollo del esfuerzo de trabajo.

El carácter veloz y cíclico del esfuerzo se expresa en sucesivas contracciones repetidas de los músculos a un ritmo determinado (por ejemplo, en las carreras, la natación, el ciclismo y el remo). En este caso, se exige la conservación del nivel de trabajo del esfuerzo muscular en cada ciclo de movimientos frente a una capacidad altamente desarrollada de los músculos de debilitarse después de cada esfuerzo de trabajo. La magnitud del esfuerzo en cada caso concreto se determina según la magnitud de la resistencia exterior. Cuanto mayor sea, mayor magnitud de esfuerzo se exigirá (y, por consiguiente, mayor potencial de fuerza) de los músculos. En una serie de casos, por ejemplo en el remo, la cantidad de esfuerzo de trabajo en el mástil del remo alcanza grandes proporciones (100 Kg. y más) y el trabajo de los músculos de los brazos y los hombros se acerca a la manifestación del esfuerzo de carácter explosivo y balístico, mientras que el

trabajo de las piernas está más cerca del reactivo-balístico. El potencial para el entrenamiento de los regímenes de trabajo de los músculos difiere tanto por la magnitud del aumento de los índices funcionales (en concreto, los de fuerza y los de velocidad-fuerza) como por la especificidad de las correspondientes reestructuraciones adaptativas en la estructura de los músculos y el organismo en su conjunto. Demuestran que buscar cualquier régimen absoluto y universal de entrenamiento (tendencia muy característica de los entrenadores) es una ocupación con muy pocas perspectivas de éxito. Cada régimen tiene sus particularidades, méritos y defectos que pueden poseer una gran importancia en algunos casos y ejercer una influencia negativa en el efecto del entrenamiento en otros. Por ello, es necesario hacerse una idea cabal del potencial de entrenamiento de todos los regímenes de trabajo que realmente existen y, sobre todo, del efecto de su combinación en el entrenamiento. En los siguientes capítulos analizaremos esta cuestión con mayor detenimiento.

### **2.1.20 ANTROPOMETRÍA EN LAS CIENCIAS DEL DEPORTE**

(Malina R. M., 1995). “El tamaño del cuerpo y las proporciones, el físico y la composición corporal son factores importantes en la performance física y la aptitud física. Históricamente, la estatura y el peso, ambos indicadores del tamaño general del cuerpo, han sido usados extensivamente con la edad y el sexo para identificar algunas combinaciones óptimas de estas variables en grupos de niños, jóvenes y adultos jóvenes, en varios tipos de actividades físicas. El tamaño corporal, particularmente el peso, es el marco de referencia standard para expresar los parámetros fisiológicos (por ej., el  $VO_2$

máx. como  $\text{ml.kg.}^{-1} \text{ min.}^{-1}$ ), mientras que el grosor de los pliegues cutáneos, a menudo es usado para estimar la composición corporal. Por mucho tiempo se ha usado a la antropometría para la identificación del sobrepeso y la obesidad, y para el establecimiento de la relación entre el sobrepeso y la aptitud física relacionada con la salud, y con la expectativa de vida. Por lo tanto, la antropometría es fundamental en lo que se refiera a la actividad física y las Ciencias Deportivas.

### **2.1.20.1 TÉCNICAS Y MEDICIONES SUGERIDAS**

La antropometría involucra el uso de marcas corporales de referencia, cuidadosamente definidas, el posicionamiento específico de los sujetos para estas mediciones, y el uso de instrumentos apropiados. Las mediciones que pueden ser tomadas sobre un individuo, son casi ilimitadas en cantidad. Generalmente, a las mediciones se las divide en: masa (peso), longitudes y alturas, anchos o diámetros, profundidades, circunferencias o perímetros, curvaturas o arcos, y mediciones de los tejidos blandos (pliegues cutáneos).

Además, se pueden definir numerosas mediciones especiales para partes específicas del cuerpo, especialmente para la cabeza y Sacara, la mano y el pie. No hay una lista mínima de mediciones aceptada que deba ser tomada para definir una población.

Un tema clave en la antropometría es la selección de las mediciones. Esto depende del propósito del estudio y de las cuestiones específicas que estén bajo consideración. Por lo tanto, es necesario que antes de la aplicación de la antropometría se haga un análisis absolutamente lógico, comenzando con un concepto claro del conocimiento buscado, y que lleve a

una selección de las mediciones necesarias para obtener una respuesta aceptable. "La antropometría es un método y debe ser tratado como tal, un medio para un fin y no un fin en sí mismo". Cada medición debe ser seleccionada para proveer una pieza específica de información dentro del contexto del estudio diseñado. Por ello, "ninguna batería de mediciones aislada cumplirá con las necesidades de cada estudio". El corolario es que no es aceptable tomar mediciones por las mediciones en sí mismas; no tiene sentido tomar una extensa batería de mediciones, simplemente porque uno tiene la oportunidad de hacerlo.

La antropometría no es invasiva en un sentido fisiológico. Todas las mediciones son dimensiones externas del cuerpo, o de sus partes. Sin embargo, la antropometría es invasiva en un sentido personal: Una persona está siendo medida. En algunos grupos, pautas culturales pueden limitar las dimensiones que pueden ser medidas.

Aunque la antropometría es altamente objetiva y altamente confiable, en manos de antropometristas entrenados, el significado biológico o funcional de muchas dimensiones no ha sido adecuadamente establecido. La clave para una antropometría efectiva yace en el entendimiento del significado o la significancia de las mediciones específicas, con el objeto de hacer la elección correcta que permita respuestas efectivas a las preguntas formuladas. Las mediciones difieren en sus utilidades, y algunas se han establecido firmemente, más debido a una repetición ciega que porque se sepa que son útiles.

Gran parte de la variación en la morfología humana está relacionada al desarrollo de los tejidos esquelético, muscular y adiposo, así como también de las vísceras. Por lo tanto, las mediciones sugeridas se concentran en los huesos, músculos y en la grasa, y proveen información sobre los tejidos esquelético, muscular y subcutáneo. También se debe considerar la variación regional en la morfología; por lo tanto, se sugiere tomar dimensiones del tronco (superior e inferior) y de las extremidades (superiores e inferiores). La combinación de las dimensiones también provee información sobre las proporciones corporales y del físico. Las dimensiones sugeridas también se seleccionan sobre la base del sitio de Idealización y accesibilidad, aunque a veces, preferencias culturales locales pueden limitar el acceso a algunos sitios de medición (por ej. la circunferencia del pecho en el tórax, o algunos pliegues cutáneos del tronco en mujeres adolescentes). Los procedimientos para tomar las mediciones sugeridas provienen del "Manual de Referencia de Estandarización Antropométrica", editado por Lohman, Roche y Martorell. El equipo y los métodos necesarios para las mediciones están ilustrados en el manual. Algunas de las mediciones también están ilustradas en Malina y Bouchard.

#### **2.1.20.2 TAMAÑO CORPORAL TOTAL**

El peso y la estatura (altura) son las dimensiones antropométricas más comúnmente usadas. El peso corporal es una medida de la masa corporal. Es una medida heterogénea, una composición de muchos tejidos que, a menudo, varían independientemente. Aunque el peso debe ser medido con el individuo desnudo, a menudo, este hecho no se puede practicar. Por

consiguiente, frecuentemente se toma el peso con el individuo vestido con ropas ligeras (short de gimnasia y remera), sin calzado.

La estatura o altura, es una medición lineal de la distancia desde el piso o superficie plana donde está parado, hasta la parte más alta (vértice) del cráneo. Es una composición de dimensiones lineales a la que contribuyen las extremidades inferiores, el tronco, el cuello y la cabeza. La estatura debe medirse con un estadiómetro fijo. Si se utiliza un antropómetro móvil, un individuo debe mantener el antropómetro, de tal forma que quede correctamente alineado mientras que el otro sujeto posiciona al sujeto y toma la medición. El individuo debe estar en posición erguida, sin zapatos. Eventualmente, el peso se distribuye en ambos pies, los talones deben estar juntos, los brazos deben colgar relajados a los costados del cuerpo, y la cabeza debe estar en el plano horizontal de Frankfort.

La estatura y el peso muestran una variación diurna, o variación de la dimensión en el curso del día. Esto puede ser un problema en los estudios longitudinales de corta duración, en los cuales los cambios evidentes podrían simplemente reflejar la variación, de acuerdo al momento del día, en el cual la medición fue tomada. Por ejemplo, la estatura es mayor en la mañana, en el momento de levantarse de la cama, y disminuye en el momento que el individuo asume la postura erguida y comienza a caminar. Este "encogimiento" de la estatura ocurre como resultado de la compresión de los discos fibrosos de los cartílagos que separan las vértebras. Con la fuerza de gravedad impuesta, al estar de pie y al caminar, los discos se comprimen gradualmente. Como resultado de ello, la estatura puede

disminuir en un centímetro o más. La pérdida de estatura está limitada a la columna vertebral. Esta se recupera cuando el individuo permanece en la cama, o sobre una superficie plana, por alrededor de 30 minutos.

El peso del cuerpo también muestra una variación diurna. El individuo es más liviano en la mañana, específicamente después de haber vaciado la vejiga luego de levantarse. Luego el peso del cuerpo se incrementa gradualmente durante el curso del día. Este se ve afectado por la dieta y la actividad física. En las chicas y mujeres que menstrúan, la variación en la fase del ciclo menstrual también afecta la variación diurna del peso del cuerpo.

### **2.1.20.3 LONGITUDES SEGMENTARIAS ESPECÍFICAS**

La "altura de sentado" como su nombre lo implica, es la altura del individuo, mientras el mismo está sentado. Se mide con un antropómetro, y es la distancia desde la superficie de asiento hasta lo más alto de la cabeza, estando el individuo en la posición standard. El sujeto se sienta sobre una mesa con las piernas colgando libremente y dirigidas hacia adelante. Las manos deben estar sobre los muslos y la cabeza en el plano horizontal Frankfort. Al individuo se le pide que se siente lo más erguido posible.

Esta medición es especialmente valiosa cuando se la usa en combinación con la estatura. La estatura menos la altura de sentado, provee una estimación del largo de las extremidades inferiores (longitud subisquial, o longitud de las piernas). La mayor parte de la variación diurna en la estatura que se discutiera previamente, ocurre en el tronco y por ello tiene influencia sobre la altura o talla sentado.

#### **2.1.20.4 ANCHOS O DIÁMETROS DEL ESQUELETO ÓSEO**

Generalmente, las mediciones del ancho o diámetros óseos se toman a través de marcas específicas en los huesos, y por lo tanto proveen una indicación de la robustez del esqueleto. A continuación, describiremos los cuatro anchos o diámetros del esqueleto que se toman más comúnmente:

- "Diámetro Biacromial" mide la distancia de un lado al otro, entre los procesos acromiales derecho e izquierdo de la escápula, y por lo tanto provee una indicación del diámetro de los hombros.
- "Diámetro Biileocrestídeo" mide la distancia de un lado al otro, entre las partes más laterales de las crestas ilíacas, y por lo tanto provee una indicación del ancho de la cadera. Ambas mediciones se toman desde atrás del sujeto, usando el segmento superior del antropómetro como un calibre deslizante. La posición del sujeto es la misma que cuando se mide la estatura.
- "Diámetros o anchos de húmero y fémur" mide la distancia de un lado al otro, entre los cóndilos óseos del fémur (diámetro bicondíleo). y entre los epicóndilos del húmero (diámetro biepicóndileo); provee información sobre la robustez del esqueleto en las extremidades. El primero se mide de un lado al otro de las salientes más laterales y más mediales de los cóndilos del fémur, estando el individuo sentado con las rodillas flexionadas a 90°; se usa un "calibre de deslizamiento de hoja ancha" (tipo Calibre Vernier). El segundo es medido de un lado al otro, entre los epicóndilos del húmero con el codo flexionado a 90°, se puede usar un calibre de deslizamiento pequeño o uno de "hoja ancha".

### **2.1.20.5 CIRCUNFERENCIAS**

Ocasionalmente, se usan las circunferencias de los miembros como indicadores de la muscularidad relativa. Sin embargo, nótese que una circunferencia incluye al hueso, rodeado por una masa de tejido muscular, la cual está recubierta por una capa de grasa subcutánea. Por lo tanto, no provee una medida del tejido muscular "per se". Sin embargo, a raíz de que el músculo es el tejido principal que comprende la circunferencia (excepto, tal vez en los obesos), las circunferencias de los miembros son usadas para indicar el desarrollo muscular relativo. Las circunferencias se miden con una cinta de 0.5 cm. de ancho, flexible no extensible. La cinta se aplica en el sitio apropiado, haciendo contacto con la piel pero sin comprimir el tejido subyacente. Las dos mediciones de miembros más usadas son las circunferencias de los brazos y de las pantorrillas:

- La "circunferencia del brazo" se mide estando el brazo colgado, relajado, al costado del tronco. La medición se toma en el punto, a mitad de trayecto entre los procesos acromial y el olécranon. Ocasionalmente, se hace referencia a este procedimiento como "la circunferencia del brazo relajado", porque la circunferencia del brazo es ocasionalmente medida en estado de flexión, con el codo flexionado y el músculo bíceps contraído en forma máxima.
- La "circunferencia del brazo flexionado" se usa en la derivación del mesomorfismo en el protocolo del Somatotipo de Heath-Carter, lo cual se discutirá luego, en este capítulo.

- La "circunferencia de la pantorrilla" se mide como la circunferencia máxima de la pantorrilla con el sujeto parado y el peso distribuido, eventualmente en los dos miembros. Las circunferencias del brazo relajado y de la pantorrilla pueden usarse en combinación con los pliegues cutáneos del brazo (tríceps y bíceps) y de la pantorrilla (medial y lateral) para proveer estimaciones de las circunferencias de los músculos, y de las áreas de corte transversal de los músculos y de las áreas grasas. Se debe recordar que en las encuestas de "status" nutricionales, generalmente, la circunferencia del brazo es corregida sólo por el grosor del pliegue cutáneo del tríceps. A pesar de que las circunferencias corregidas son muy usadas, tienen limitaciones. Los procedimientos suponen que el miembro es un cilindro y que la grasa subcutánea está distribuida de forma regular. El uso del pliegue cutáneo tricípital (más que el bicípital), o de los pliegues cutáneos de la pantorrilla medial o lateral, se ajustan en cierta forma a la distribución irregular de la grasa subcutánea. No se considera el tamaño del hueso(s) y la variación en la compresibilidad de los pliegues cutáneos es de un interés adicional.

Usando, tanto el pliegue trictpital como el pliegue bicipital, y los pliegues cutáneos de la pantorrilla, medial y lateral:

A. Circunferencia muscular del brazo (cm) =  $C_a - (\pi/2) * (S_t + S_b)$

$$\text{Área muscular del brazo (cm}^2\text{)} = (1/4 \pi) * [(C_a - (\pi/2) * (S_t + S_b))^2]$$

donde  $C_a$  es la circunferencia del brazo (cm);  $S_t$  y  $S_b$  son los pliegues cutáneos del tríceps y del bíceps, respectivamente (cm).

B. Circunferencia del músculo de la pantorrilla (cm) =  $C_p - (\pi/2) * (S_m + S_d)$

$$\text{Área muscular de la pantorrilla (cm}^2\text{)} = (1/4 \pi) * [(C_p - (\pi/2) * (S_m + S_d))^2]$$

donde  $C_p$  es la circunferencia de la pantorrilla (cm);  $S_m$  y  $S_d$  son los pliegues cutáneos de la pantorrilla medial y lateral, respectivamente (cm).

C. Área del brazo o de la pantorrilla (cm<sup>2</sup>) =  $C^2 / 4\pi$

donde  $C_p$  es la circunferencia del brazo o de la pantorrilla (cm).

D. Área grasa del brazo (cm<sup>2</sup>) = área del brazo - área muscular del brazo

Área grasa de la pantorrilla (cm<sup>2</sup>) = área de la pantorrilla - área muscular de la pantorrilla

Usando solamente el pliegue cutáneo del tríceps:

A. Circunferencia muscular del brazo (cm) =  $C_a - (\pi * S_t)$

$$\text{Área muscular del brazo (cm}^2\text{)} = [C_a - (\pi * S_t)]^2 / 4 \pi$$

donde  $C_a$  es la circunferencia del brazo (cm); y  $S_t$  es el pliegue cutáneo del tríceps (cm)

B. Área del brazo (igual que arriba)

C. Área grasa del brazo (igual que arriba)

### Gráfico Nro. 10. Cálculos de la Estimación de las Circunferencias de los Músculos de los Miembros, y de las Áreas de Corte Transversal de los Músculos y de la Grasa

Fuente (Frisancho, 1990)

Ocasionalmente se utilizan las "circunferencias de los muslos" en la actividad física y las Ciencias del Deporte, fundamentalmente a partir de la perspectiva de estimación del volumen muscular del muslo. A menudo, se usan los procedimientos de Jones y Pearson. Ellos incluyen tres circunferencias del muslo: a) a la altura del surco del glúteo (llamada en Lohman y cols. [26], circunferencia proximal del muslo); b) a un tercio de la distancia entre el punto de la altura subisquial y el espacio interarticular tibial-femoral; c) a la circunferencia mínima tomada por sobre la rodilla.

Referente a los pliegues cutáneos del muslo, se toman los pliegues anterior y posterior, en la línea media, a un tercio del nivel de la altura subisquial.

Dada la importancia de la utilidad de las circunferencias del tronco como indicadores de la distribución adiposa relativa, las circunferencias de la "cintura" y de la "cadera" también pueden, ser consideradas. La literatura indica varios procedimientos para la medición de estos perímetros. Lohman y cols. Sugieren que la circunferencia de la cintura se tome a nivel de la cintura natural (que es la parte más angosta del torso). La circunferencia abdominal, que es una medición similar, se mide al nivel de la mayor circunferencia anterior del abdomen (la cual es generalmente, pero no siempre, a nivel del ombligo). La circunferencia de la cadera se mide al nivel de la prominencia máxima de las nalgas. Estas circunferencias, especialmente la circunferencia de la cadera, se toman ocasionalmente con los individuos ligeramente vestidos o con un delantal para mediciones. Se necesitará aplicar más presión para comprimir la vestimenta.

#### **2.1.20.6 GROSOR DE LOS PLIEGUES CUTÁNEOS**

El grosor de los pliegues cutáneos es indicador de la adiposidad subcutánea, la porción de la adiposidad del cuerpo localizada inmediatamente debajo de la piel. Los pliegues cutáneos son una doble capa de piel y de tejido subcutáneo subyacente, en sitios específicos. El procedimiento para la medición de los pliegues cutáneos es el siguiente.

Después de haber localizado el sitio ven algunos casos, haberlo marcado, la doble capa de piel y el tejido blando subyacente se levantan, comprimiendo con los dedos pulgar e índice de la mano izquierda, a más o

menos 1 cm por sobre el sitio (proximal). Luego se aplica el calibre en el sitio. El espacio entre el pliegue levantado y el sitio de medición evita el efecto de la presión de los dedos sobre la lectura del calibre.

Los siguientes grosores de pliegues cutáneos son relevantes en la actividad física y en las Ciencias del Deporte:

- El "pliegue cutáneo del tríceps" se mide en la parte posterior del brazo, por sobre el músculo tríceps al mismo nivel usado para la circunferencia del brazo relajado, que es, a mitad de camino entre los procesos de olécranon (en el codo) y acromial (en el hombro).
- El "pliegue cutáneo del bíceps" se mide en la saliencia anterior del brazo, por sobre el músculo bíceps al mismo nivel usado para la circunferencia de brazo relajado.
- El "pliegue cutáneo subescapular" se mide en la espalda, justo por debajo del ángulo inferior de la escápula.
- El "pliegue cutáneo suprailíaco" se mide inmediatamente por encima de la cresta ilíaca, en la línea medio axilar. En la derivación endomórfica del protocolo de Somatotipo de Heath-Carter se usa la medición del pliegue cutáneo suprailíaco por arriba de la espina ilíaca antero-superior. llamado actualmente pliegue cutáneo supraespinal (ver más adelante).
- El "pliegue cutáneo abdominal" se mide como un pliegue horizontal, 3 cm al lateral, y 1 cm inferior al ombligo.
- El "pliegue cutáneo del muslo" se mide en la saliencia anterior del muslo, en la línea media, a mitad de camino entre el pliegue inguinal y el borde superior de la rótula.

- El "pliegue cutáneo de la pantorrilla medial" se mide en la cara interior de la pantorrilla. al mismo nivel que se usa para la circunferencia de la pantorrilla. que es la circunferencia mínima.
- El "pliegue cutáneo de la pantorrilla lateral" se mide en la cara lateral de la pantorrilla. al mismo nivel que se usa para la circunferencia de la pantorrilla.

Los pliegues cutáneos de las extremidades se miden como pliegues verticales: los pliegues cutáneos subescapular y suprailíaco se miden siguiendo las líneas de clivaje naturales de la piel.

Los pliegues cutáneos medidos sobre las extremidades y sobre el tronco también proveen información sobre la distribución de la adiposidad subcutánea relativa. Sin embargo, no hay consenso en cuanto a cuál es el mejor método para definir y describir la distribución de la adiposidad subcutánea. A menudo, para describir la distribución de la adiposidad relativa, se usan la sumatoria de varios pliegues cutáneos de las extremidades y de varios pliegues cutáneos del tronco, expresados como una proporción o cociente (la proporción o cociente de los pliegues cutáneos del tronco dividido por la sumatoria de los pliegues cutáneos de las extremidades). Aunque las proporciones o cocientes tienen sus limitaciones (se supone que las variables cambian de una manera lineal), son relativamente simples y útiles en las encuestas y estudios.

El análisis de los componentes principales también es usado para identificar los componentes de la adiposidad y de la distribución anatómica de la adiposidad. El primer componente está relacionado con la adiposidad

general. Los componentes tronco/extremidades y extremidades superiores/inferiores están afectados por la adiposidad subcutánea general, por lo tanto para el control de la adiposidad general es necesario analizar residuos de la regresión de pliegues cutáneos específicos (transformación logarítmica, log) sobre la media de grosor de los pliegues cutáneos (log).

A menudo los pliegues cutáneos son usados en la actividad física y en las Ciencias del Deporte para predecir la densidad del cuerpo, y a su vez estimar la adiposidad relativa (porcentaje de grasa corporal). Hay disponibles muchas ecuaciones de predicción, pero ellas son específicas de una muestra, o población. Las ecuaciones deben ser convalidadas a través de varias muestras, y su aplicabilidad general no se puede suponer sin un testeo en otros sujetos. Las ecuaciones de predicción, generalmente, presuponen una relación lineal entre las variables, aunque a menudo es evidente una relación curvilínea entre los pliegues cutáneos y la densidad corporal. Las diferencias individuales también pueden influenciar las estimaciones. Por lo tanto, cuando es necesario el uso de una ecuación de predicción se debe prestar cuidadosa atención a la muestra sobre la cual está basada, la correlación entre los valores de composición corporal predichos y medidos, y el número de mediciones. También se deben tener en cuenta los errores inherentes a los procedimientos en las mediciones de los pliegues cutáneos y de la composición corporal original. Luego se discutirá la variabilidad de las mediciones relacionada a la antropometría.

### **2.1.20.7 RESUMEN DE LAS MEDICIONES**

Esta breve serie de mediciones provee información sobre el tamaño del individuo en su totalidad (peso y estatura) y de segmentos específicos, partes y tejidos. Los diámetros óseos describen la robustez global del esqueleto, las circunferencias de los miembros proveen información sobre la musculatura relativa, y el grosor de los pliegues cutáneos son indicadores de la adiposidad subcutánea. Las dimensiones específicas incluyen tanto al tronco como a las extremidades, porque los individuos pueden ser similares en el tamaño corporal global, pero pueden variar en la forma, proporciones y distribución de tejidos.

### **2.1.20.8 COCIENTES Y PROPORCIONES**

Además de proveer información específica de por sí, las mediciones pueden estar relacionadas entre sí en forma de índices o cocientes. Generalmente, estos son calculados dividiendo las mediciones más grandes por las más pequeñas. Los cocientes también proveen información sobre las formas y proporciones. Generalmente, se usan los cuatro cocientes siguientes, aunque en teoría, dos mediciones, cualquiera que fuese, pueden estar relacionadas entre sí.

#### **2.1.20.8.1 ÍNDICE DE MASA CORPORAL**

El cociente entre el peso y la estatura se expresa generalmente en la forma del Índice de Masa Corporal (IMC): peso / estatura al cuadrado.

Donde el peso está en kilogramos y la estatura en centímetros. El IMC califica razonablemente bien el total de la adiposidad corporal, y encuentra un amplio campo de uso en los estudios de sobrepeso y obesidad,

especialmente en los adultos. Una pregunta que necesita consideración es la influencia de la distribución de la adiposidad relativa sobre el IMC: ¿Es el IMC un mejor índice de adiposidad en aquellos sujetos con un patrón troncal de distribución adiposa, comparado a aquellos con un patrón más periférico? En un contexto relacionado a la salud, uno también puede preguntarse si el IMC tiene las mismas implicancias para individuos de diferentes grupos étnicos. La utilidad del Índice de Masa Corporal durante la transición a la pubertad y la adolescencia masculinas, puede tener limitaciones. En esos momentos, la relación entre estatura y peso es temporalmente alterada por qué ocurre el pico o "explosión" del crecimiento, generalmente, primero en estatura, y luego en peso. Además, la explosión puberal de la adolescencia también incluye un aumento significativo de la masa muscular.

#### **2.1.20.8.2 TALLA SENTADO / TALLA GENERAL**

El cociente entre la estatura de sentado y la estatura global también provee una estimación de la longitud relativa del tronco, e inversamente, la longitud relativa de los miembros inferiores: El cociente se calcula de la siguiente manera:  $\text{estatura sentado} \times 100 / \text{estatura}$

Básicamente se realiza esta pregunta: Qué porcentaje de la altura global, de parado, está representada por la altura de sentado. Por sustracción, el porcentaje remanente expresa a las extremidades inferiores.

Generalmente, el cociente Talla sentado/Talla total se usa en encuestas nutricionales como un indicador indirecto de los efectos de circunstancias nutricionales adversas, en las extremidades inferiores. Las cocientes más elevados tienden a ser características de poblaciones crónicamente mal

nutridas. El cociente también es útil en los estudios de variación de la población, en la contribución proporcional del largo de las extremidades inferiores con respecto a la talla total.

### **2.1.20.8.3 DIÁMETRO BIILEOCRESTIDEO / DIÁMETRO BIACROMIAL**

El cociente entre el diámetro biileocrestídeo/diámetro biacromial relaciona el ancho de la cadera (tronco inferior) con el ancho de los hombros (tronco superior); se expresa de la siguiente manera: Diámetro Biileocrestídeo/Diámetro Biacromial X 100

El cociente es un indicador útil de diferenciación sexual de la relación proporcional entre hombros y cadera. En promedio, el cociente es más elevado entre las mujeres que entre los varones, virtualmente a todas las edades, durante la niñez y la adolescencia, y esta diferencia persiste en la edad adulta. Por ello, las mujeres tienen cadera más ancha en "relación" a sus hombros, mientras que los varones tienen hombros más anchos en "relación" a su cadera. Los diámetros o anchos biacromial y biileocrestídeo también están correlacionados con un "índice de androgenia", el grado de masculinidad del físico. Generalmente se usa el índice de Tanner:  $(3 \times \text{diámetro biacromial}) - \text{diámetro biileocrestídeo}$  Por ejemplo, entre las estudiantes universitarias femeninas y las deportistas del atletismo, el índice de androgenia en las corredoras de distancia está muy cercano de aquel de las no atletas, pero es más elevado (más masculino) en corredoras de velocidad, saltadoras y corredoras de carreras de vallas, lanzadoras de disco y jabalina, y lanzadoras de bala. El valor en lanzadoras de bala es muy cercano al índice de individuos masculinos universitarios, no deportistas.

### **2.1.20.9 CIRCUNFERENCIA DE CINTURA/CIRCUNFERENCIA DE CADERA**

Las circunferencias de cintura y de cadera se expresan como el cociente cintura/cadera. La circunferencia de la cintura es un indicador del tejido adiposo en la cintura y en el área abdominal; la circunferencia de cadera es un indicador del tejido adiposo que está sobre las nalgas y la cadera. Por lo tanto, el cociente provee un índice de distribución de adiposidad relativa en los adultos: cuanto más alto sea el cociente, mayor será la proporción de adiposidad abdominal. Generalmente, la tomografía computada ha confirmado la validez de las estimaciones antropométricas de la distribución de la adiposidad en los adultos (1). La validez de estas circunferencias, como mediciones de la distribución de grasa en los jóvenes, no es conocida.

### **2.1.20.10 LIMITACIONES DE LOS COCIENTES**

Los cocientes están influenciados por la relación entre las dos variables, y se presume que las dos dimensiones cambian de una manera lineal. Los cocientes también se ven afectados por la variabilidad de medición asociada con cada dimensión. Tal vez produzcan resultados falsos o espúreos cuando están basados en diferentes tipos de dimensiones, tales como el peso y la estatura, o la circunferencia del brazo y la estatura, o cuando los desvíos standard de las dimensiones difieren considerablemente. Nótese que la mayoría de los cocientes, generalmente están basados sobre mediciones similares (por ej., dos longitudes o dos diámetros del esqueleto). El IMC es una excepción, y para superar alguno de estos problemas, la estatura es elevada al cuadrado.

### **2.1.20.11 FÍSICO**

El "físico" es la forma corporal del individuo, la configuración del cuerpo entero más que rasgos específicos. Generalmente se hace referencia al físico como a la contextura corporal. La actividad física y las Ciencias del

Deporte tienen una larga historia de estudio del físico, incluyendo las relaciones entre el físico y la performance, y las características físicas de los deportistas en una variedad de deportes. El físico también ha sido relacionado a varios estados de enfermedad, ocupaciones y comportamientos.

Muy frecuentemente, la evaluación del físico se expresa en el contexto del "Somatotipo", tal como ha sido conceptualizado por Sheldon (50). El somatotipo de un individuo es una composición de las contribuciones de tres componentes: "endomórfico" (predominio de los órganos digestivos, los tejidos blandos y contornos redondeados en el cuerpo), "mesomórfico" (predominio de los músculos, huesos y tejidos conectivos), y "ectomórfico" (predominio del área de superficie sobre la masa corporal; linealidad).

Las mediciones indicadas previamente incluyen a aquellas necesarias para estimar el somatotipo antropométrico de Heath-Carter (9), el cual tiene un uso razonablemente amplio en las Ciencias del Deporte. En realidad, el método completo de Heath-Carter combina procedimientos fotoscópicos y antropométricos; sin embargo, en la práctica, el método Heath-Carter se usa principalmente en su forma antropométrica, por la simple razón que la antropometría es más objetiva, y el obtener fotografías estandarizadas de somatotipo es muy difícil y costoso. Las mediciones y algoritmos para la

estimación del somatotipo antropométrico de Heath-Carter están resumidas en el gráfico:

Componente del Somatotipo	Procedimiento para la Estimación
Endomórfico	$-0.7182 + 0.1451 * (X) - 0.00068 * (X^2) + 0.0000014 * (X^3)$ donde X es la sumatoria de los pliegues cutáneos tricipital, subescapular y suprailíaco (sobre la espina ilíaca anterior superior). Cuando X es multiplicado por el coeficiente 170.18/estatura en cm, se genera el componente endomórfico corregido por la estatura
Mesomórfico	$(0.858 * \text{Diámetro Biepicondilar de Húmero}) + (0.601 * \text{Diámetro Bicondilar}) + (0.188 * \text{circunferencia del brazo corregida}) + (0.161 * \text{circunferencia de pantorrilla corregida}) - (\text{estatura} * 0.131) + 4.50$ La circunferencia del brazo corregida es simplemente la circunferencia del brazo en flexión máxima (cm) - pliegue cutáneo tricipital (cm), mientras que la circunferencia de la pantorrilla corregida es la circunferencia de la pantorrilla (cm) - pliegue cutáneo de la pantorrilla medial (cm)
Ectomórfico	$\text{Cociente A/P} \times 0.732 - 28.58$ donde el cociente A/P es la altura (cm) / la raíz cúbica del peso (kg). Si cociente A/P < 40.75, pero > 38.25, Ectomorfismo = C A/P x 0.463 - 17.63, Si cociente A/P ≤ 38.025, se le asigna al ectomorfismo un valor 0.1

### Gráfico Nro11. Estimación del Somatotipo con el Método Antropométrico de Heath-Carter

Fuente: (Heath, 1990).

La definición del somatotipo y los procedimientos para la estimación del somatotipo con el método Heath-Carter no son idénticas al somatotipo y procedimientos de Sheldon. Básicamente, el método de Sheldon es fotoscópico o antroposcópico, basado en la observación visual y la evaluación de tres fotografías estandarizadas. La configuración del cuerpo como un total, sus contornos, sus relieves, las proporciones relativas, la robustez, su delicadeza, y demás, sirven como criterio.

Por definición, el somatotipo es una "gestalt" definida por la contribución del endomorfismo, mesomorfismo y ectomorfismo. Por lo tanto, el somatotipo debe tratarse como una unidad. Por ejemplo, al estimar la relación entre el mesomorfismo y la fuerza, los otros dos componentes del somatotipo, endomorfismo y ectomorfismo, deben ser estadísticamente

controlados. Sin embargo, en la práctica, generalmente cada componente es tratado como una unidad independiente, analizando las relaciones del somatotipo con la *performance*, o con los factores de riesgo de enfermedades, o en análisis multivariados que incorporan los componentes del somatotipo. Carter y Heath (9) proveen un resumen de los métodos tradicionales para el análisis de los datos del somatotipo, mientras que Cressie, Withers y Craig (12) describen métodos multivariados para analizar los datos del somatotipo.

#### **2.1.20.12 VARIABILIDAD DE LA MEDICIÓN Y CONTROL DE CALIDAD**

En los estudios que utilizan los métodos antropométricos está implícita la presunción, que cada esfuerzo es hecho para asegurar la confiabilidad y la precisión de las mediciones y la estandarización de la técnica. Se supone que las mediciones son realizadas por observadores entrenados. Esto es esencial para obtener datos confiables y exactos, y para fortalecer la utilidad de los datos desde una perspectiva comparativa. Además, los datos confiables y exactos es particularmente crítico en los estudios seriados, de corta o larga duración, en los cuales la definición de cambios más bien pequeños es necesaria, y los errores técnicos de medición pueden enmascarar los cambios verdaderos. Por lo tanto, es esencial el control de calidad y un cuidadoso monitoreo del proceso de medición.

En este punto, tal vez sea de importancia indicar cómo uno se debe entrenar en antropometría. Algunas sugerencias son las siguientes:

1. Estudiar la anatomía y la ubicación anatómica de marcas de referencia ("Landmarks").

2. Estudio de cada medición. Qué es lo que específicamente se está midiendo y qué información nos provee?
3. Obtener instrucción de, y practicar bajo la supervisión de un individuo experimentado en antropometría. Uno puede recibir mucha instrucción sutil y consejos para las mediciones, durante las sesiones de práctica.
4. Chequear la consistencia de las mediciones sobre una base regular. Esto debe incluir la consistencia intraobservador (confiabilidad) e interobservador (objetividad).
5. Practicar sobre una base regular constante.

La antropometría es muy fácil, sin embargo, no dé por garantizadas sus destrezas.

Además de antropometristas entrenados, es imperativo que los individuos que registran la información estén muy versados de los procedimientos y técnicas de medición. Ellos, además de transcribir las mediciones específicas, como son transmitidas por los antropometristas, deben monitorear la posición del sujeto, y reconocer valores equivocadamente altos o bajos, y constatar que se tomen todas las mediciones correspondientes a un protocolo específico.

Aunque los procedimientos antropométricos estén razonablemente estandarizados, y sean fáciles de utilizar estando en manos de antropometristas entrenados, es una preocupación la variación relacionada con el proceso de medición. La variabilidad en un mismo sujeto es de un interés específico. Esto se debe a la variación en las mediciones

(imprecisión), y a la variación fisiológica (falta de confiabilidad). La falta de confiabilidad es un problema menor para la mayoría de las dimensiones antropométricas: la imprecisión o el error de medición son problemas mayores.

El "error" es la discrepancia entre el valor medido y su verdadera cantidad. Los errores de medición pueden ocurrir al azar o ser sistemáticos. El error al azar es un aspecto normal de la antropometría y resulta de la variación en la técnica de medición que existe en un sujeto, y entre los individuos, o a problemas con los instrumentos de medición (ej., la calibración o la variación azarosa en la manufactura), o al error en el registro (ej., transposición de los números). El error al azar no es direccional; esto es, está por arriba o por debajo de la dimensión verdadera. En los estudios a gran escala, los errores al azar tienden a cancelarse entre sí, y generalmente no representan un gran problema. Por el otro lado, el error sistemático resulta de la tendencia de un técnico o de un instrumento de medición (ej., un calibre de pliegues cutáneos, o una balanza, inapropiadamente calibrados) que lleva a medir efectivamente, de más o de menos, una dimensión en particular. Dicho error es direccional e introduce desvíos dentro del proceso de medición.

La variabilidad o imprecisión que se produce dentro de un mismo sujeto se estima tomando las dimensiones por duplicado, en el mismo individuo por parte del operador. La réplica de las dimensiones se toma independientemente, ya sea por el mismo técnico después que haya pasado

un período de tiempo relativamente corto (error de medición inherente al técnico), o por dos técnicos diferentes (error de medición entre técnicos).

El "error técnico de medición" es una medida ampliamente usada para replicación. Está definida como la raíz cuadrada de la suma de las diferencias al cuadrado de las mediciones replicadas, divididas por el doble de la cantidad de mediciones pares (por ej., la variancia dentro del mismo sujeto).

Las estadísticas suponen que la distribución de las diferencias entre medidas replicadas es normal, y que los errores de todos los pares pueden ser aglutinados. Esto indica que alrededor del 66 % de las veces, las mediciones en cuestión podrían caer dentro del error técnico de medición para una discusión más esclarecedora.

La exactitud, otro componente del proceso de medición, significa "cuan" cercanamente las mediciones tomadas, por uno o varios técnicos, se aproximan a la "verdadera" medición. Generalmente, esto se evalúa comparando los valores obtenidos por el técnico/s con aquellos obtenidos por un antropometrista bien entrenado.

### **2.1.20.13 APLICACIONES DE LA ANTROPOMETRÍA**

Los datos antropométricos tienen una variedad de aplicaciones, incluyendo la descripción y comparación, evaluación de intervenciones e identificación de individuos o grupos de riesgo. La antropometría sirve para describir el "status" morfológico de un individuo o de una muestra, o como base de comparación de la muestra de la población o a otras muestras, por

ejemplo, el "status" de crecimiento de chicos en edad escolar que participan en deportes específicos.

A menudo, la antropometría es usada como una variable de resultado de las intervenciones evaluativas, tales como los efectos del ejercicio y la reducción del peso corporal y la adiposidad subcutánea, o los efectos del entrenamiento de resistencia sobre el perímetro de los músculos. También se la puede usar como una variable mediadora en intervenciones de evaluación; por ejemplo, los efectos del ejercicio y de una intervención dietaria sobre el colesterol en el suero, pueden ocurrir mediante su efecto sobre el peso corporal y la adiposidad.

Finalmente, a menudo la antropometría es usada para identificar los individuos de riesgo que pueden requerir atención especial. Por eso es usada, por ejemplo, para visualizar individuos con obesidad, o chicos que no están creciendo adecuadamente para sus edades cronológicas. Un corolario de esta aplicación es el uso de la antropometría para identificar individuos con características específicas que se consideren apropiadas para el éxito en un deporte en particular. (Malina, 1995)

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación es un estudio descriptivo con técnica de observación científica, con la finalidad de demostrar la incidencia de la fuerza absoluta y relativa en el desarrollo muscular, sobre la base de resultados obtenidos en los test del programa, para lo cual será necesario diseñar instrumentos de observación.

Tomando en cuenta los requisitos esenciales de la aplicación del estudio encontramos que la recolección de datos empíricos es un paso de suma importancia en el proceso de investigación, lo más indispensable es determinar y analizar las condiciones con la que se cuenta al inicio del proyecto, razón por la cual se determina que la aplicación de test son los elementos de recolección de datos más apropiados para determinar las condiciones bajo los cuales se inicia el proyecto.

#### **3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

La población que participará en el presente estudio científico estará constituida el equipo Elite competitivo de Fisicoculturismo de la ESPE

El universo de estudio para esta investigación lo conformarán 8 deportistas.

**Tabla Nro. 10. Nómina equipo de fisicoculturismo ESPE**

FEMENINO	
1	FRASSISS CALUPIÑA
2	PINDO DIANA
3	NARVÁEZ MARÍA JOSÉ
4	REINA MARÍA JOSÉ
MASCULINO	
5	LASTRA RUDY
6	CASTILLO ROBERTO
7	RAMÓN JAIRO
8	DÍAZ GREGORY

Diseño: Luis Prieto

**3.3. INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN****3.3.1. TEST DE PESO Y TALLA E ÍNDICE DE MASA CORPORAL.**

**Peso Corporal:** el peso corporal de los deportistas fue determinado mediante una balanza mecánica electrónica. Para la medición los sujetos usando vestimenta ligera y los pies descalzos. Se realizó una medición a cada uno de los deportistas, expresando el resultado en kg. Las mediciones fueron llevadas a cabo por el mismo investigador en todas las ocasiones que fueron requeridas.

**Talla:** la talla de los sujetos fue determinada mediante un tallímetro, modelo "Romatech", año 1999, la cual presentaba una sensibilidad de  $\pm 0,5$  cm. Para la medición, los sujetos debían estar descalzos. Se realizó una medición por cada sujeto, expresando el resultado en cm. Las mediciones fueron llevadas a cabo por el mismo investigador en toda ocasión. Las mediciones se realizaron entre las 09:00 y 10:00 hrs.

**Índice de Masa Corporal (IMC):** el IMC de los sujetos fue determinado mediante la ecuación peso corporal (kg) / talla (m)<sup>2</sup>, en base a los resultados

obtenidos durante la aplicación de los protocolos de medición de peso corporal y talla descritos anteriormente. Los resultados se expresaron en  $\text{kg/m}^2$ . El desarrollo de la ecuación fue llevada a cabo por el mismo investigador en toda ocasión. Las ecuaciones fueron desarrolladas mediante sistema de cálculo digital.

$$IMC = \text{Peso (kg)} / \text{Talla}^2$$

**Tabla Nro. 11. Índice de Masa Corporal**

<i>Clasificación</i>	<i>IMC (<math>\text{kg/m}^2</math>)</i>	
	<i>Valores principales</i>	<i>Valores adicionales</i>
<b><i>Infra peso</i></b>	<b>&lt;18,50</b>	<b>&lt;18,50</b>
<i>Delgadez severa</i>	<16,00	<16,00
<i>Delgadez moderada</i>	16,00 - 16,99	16,00 - 16,99
<i>Delgadez aceptable</i>	17,00 - 18,49	17,00 - 18,49
<b><i>Normal</i></b>	18,50 - 24,99	18,50 - 22,99
		23,00 - 24,99
<b><i>Sobrepeso</i></b>	<b><math>\geq 25,00</math></b>	<b><math>\geq 25,00</math></b>
<i>Pre obeso</i>	25,00 - 29,99	25,00 - 27,49
		27,50 - 29,99
<b><i>Obeso</i></b>	<b><math>\geq 30,00</math></b>	<b><math>\geq 30,00</math></b>
<i>Obeso tipo I</i>	30,00 - 34,99	30,00 - 32,49
		32,50 - 34,99
<i>Obeso tipo II</i>	35,00 - 39,99	35,00 - 37,49
		37,50 - 39,99
<i>Obeso tipo III</i>	$\geq 40,00$	$\geq 40,00$

Fuente: (Lifestudio, 2009)

### 3.3.2. TEST FUERZA MÁXIMA (1 RM).

**Objetivo:** medir la fuerza máxima en una media sentadilla.

**Material:** juego completo de pesas.

**Descripción:**

- Debe ubicarse correctamente en el lugar y posición de acuerdo al ejercicio que se va a evaluar.

- Deberá un solo intento, en caso de lograr más de un intento se calculara la fuerza máxima con la siguiente tabla. es decir dividir el valor levantado para las constantes que corresponda al valor de los intentos.

**Tabla Nro. 11. Tabla de Brzyck**

<b>Tabla de Índice de Brzycki</b>	
<b>2</b>	0,9722
<b>3</b>	0,9444
<b>4</b>	0,9166
<b>5</b>	0,8888
<b>6</b>	0,8160
<b>7</b>	0,8332
<b>8</b>	0,8054
<b>9</b>	0,7776
<b>10</b>	<b>0,7498</b>
<b>11</b>	0,7220
<b>12</b>	0,6942
<b>13</b>	0,6664
<b>14</b>	0,6386
<b>15</b>	0,6108

Fuente: (Dr.Kin, 2011)

### **3.4. RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.4.1. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS**

El procesamiento y análisis de datos en la parte teórica se hará a través del procesador de palabras Word y los datos numéricos serán interpretados en el paquete de análisis EXCEL, en el cual se utilizarán gráficos y tablas acompañadas de la descripción respectiva para el análisis de la información.

En toda investigación se necesita tener presente diferentes principios y medios estadísticos establecidos para realizar el análisis e interpretación de datos obtenidos durante el proceso, entre los cuales tenemos:

### **Media Aritmética**

Es un estadígrafo descriptivo de tendencia central en el cual las series numéricas resultantes de la recolección de datos, hay valores que están en el centro de la distribución, los mismos que nos permiten representar a toda la serie con un solo puntaje, llamado promedio.

### **Medidas de tendencia central**

Con la utilización de medidas de tendencia central como son: Mediana, Moda, Rango, y correlación, podemos determinar cuánto se alejan los datos de la media aritmética y verificar la fiabilidad de esta.

**Tabla Nro. 12. Correlación de PEARSON.**

<b>RESULTADO R. DE PEARSON</b>	<b>INTERPRETACIÓN</b>
-0.90	Correlación negativa muy fuerte.
-0.75	Correlación negativa considerable
-0.50	Correlación negativa media
-0.10	Correlación negativa débil
0.00	No existe correlación alguna
+0.10	Correlación positiva débil
+0.50	Correlación positiva mediana
+0.75	Correlación positiva considerable
+0.90	Correlación positiva muy fuerte
+1.00	Correlación positiva perfecta

Fuente: PEARSON

## CAPITULO IV

### 4.1. ANÁLISIS Y TABULACIÓN DE RESULTADOS.

#### 4.1.1. ANÁLISIS DE LA FUERZA ABSOLUTA EN LOS DIFERENTES PLANOS MUSCULARES.

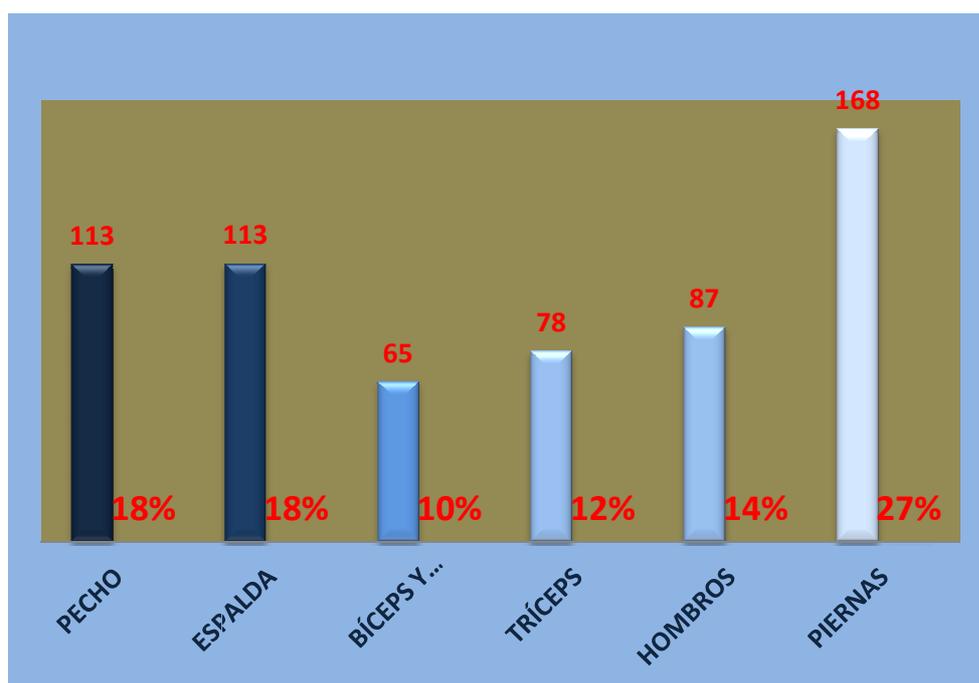
##### 4.1.1.1. EQUIPO MASCULINO

Tabla Nro. 13. Resultados fuerza absoluta equipo masculino

		EQUIPO MASCULINO					
PLANO MUSCULAR	EJERCICIO	CASTILLO	RAMÓN	DÍAZ	LASTRA	TOTAL	%
PECHO	PRES DE BANCA	84	86	110	60	113	18%
ESPALDA	POLEA TRAS NUCA	82	87	82	90	113	18%
BÍCEPS Y ANTEBRAZOS	CURL CON BARRA	58	40	48	50	65	10%
TRÍCEPS	JALONES EN POLEA CON CUERDA	67	71	45	50	78	12%
HOMBROS	PRESS MILITAR DE PIE	82	40	71	70	87	14%
PIERNAS	EXTENSIÓN DE PIERNAS	180	196	59	70	168	27%
	CURL FEMORAL TUMBADO	148	157	59	62		
	ELEVACIÓN TALONES DE PIE	180	191	168	172		
	PROMEDIO PIERNAS	169	181	95	101		

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE

Diseño: Luis Prieto



**Gráfico Nro 12. Resultados fuerza absoluta equipo masculino**

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE

Diseño: Luis Prieto

**ANÁLISIS:** Los resultados obtenidos luego de la aplicación del test de 1RM se pudo determinar que la fuerza absoluta en el plano muscular pecho tiene un promedio de 113 kg(18%), espalda 113 kg (18%), bíceps 65 kg (10%), tríceps 78 kg (12%), hombros 87 kg (14%) y piernas 168 kg (27%).

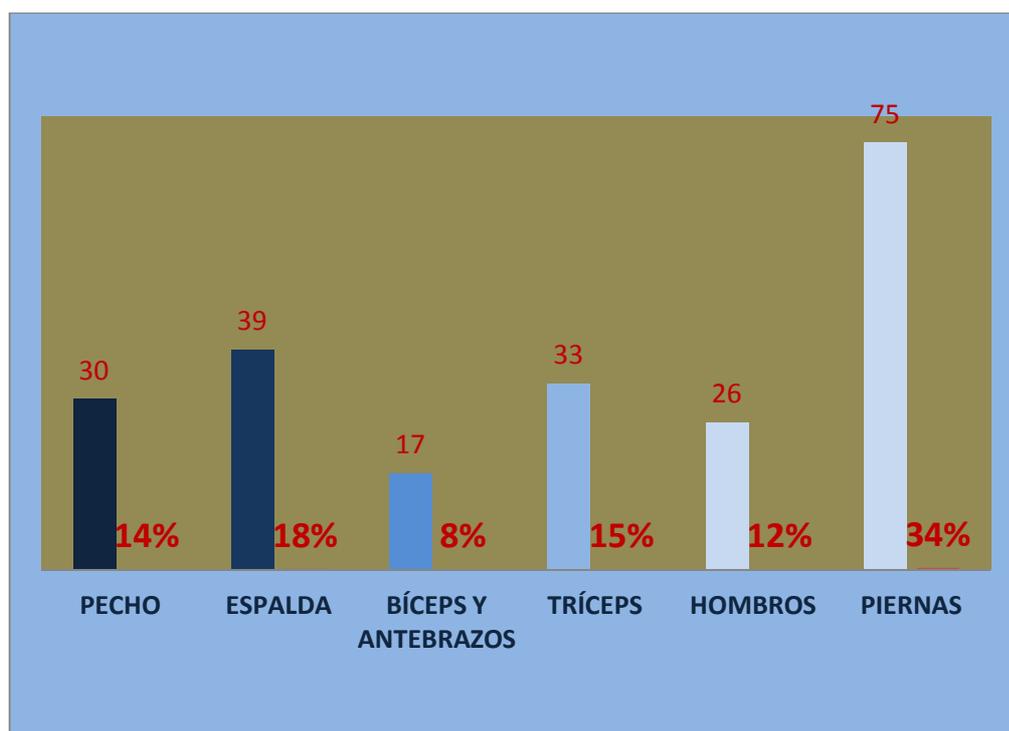
## 4.1.1.2. EQUIPO FEMENINO.

Tabla Nro. 14. Resultados fuerza absoluta equipo femenino

		FEMENINO					
PLANO MUSCULAR	EJERCICIO	NARVÁEZ	PINDO	CALUPIÑA	REINA	TOTAL	
<b>PECHO</b>	PRES DE BANCA	31	50	35	35	30	14%
<b>ESPALDA</b>	POLEA TRAS NUCA	76	50	36	32	39	18%
<b>BÍCEPS Y ANTEBRAZOS</b>	CURL CON BARRA	21	33	16	16	17	8%
<b>TRÍCEPS</b>	JALONES EN POLEA CON CUERDA	21	90	27	27	33	15%
<b>HOMBROS</b>	PRESS MILITAR DE PIE	20	70	20	20	26	12%
<b>PIERNAS</b>	EXTENSIÓN DE PIERNAS	99	100	36	36	75	34%
	CURL FEMORAL TUMBADO	64	100	23	27		
	ELEVACIÓN TALONES DE PIE	96	103	53	90		
	PROMEDIO PIERNAS	86	101	37	51		

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE

Diseño: Luis Prieto



### Gráfico Nro 13. Fuerza absoluta femenino

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE

Diseño: Luis Prieto

**ANÁLISIS:** Los resultados obtenidos luego de la aplicación del test de 1RM se pudo determinar que la fuerza absoluta en el plano muscular pecho tiene un promedio de 30 kg(14%), espalda 39 kg (18%), bíceps 17 kg (8%), tríceps 33 kg (15%), hombros 26 kg (12%) y piernas 34 kg (34%).

#### 4.1.2. ANÁLISIS DE LA FUERZA RELATIVA EN LOS DIFERENTES PLANOS MUSCULARES.

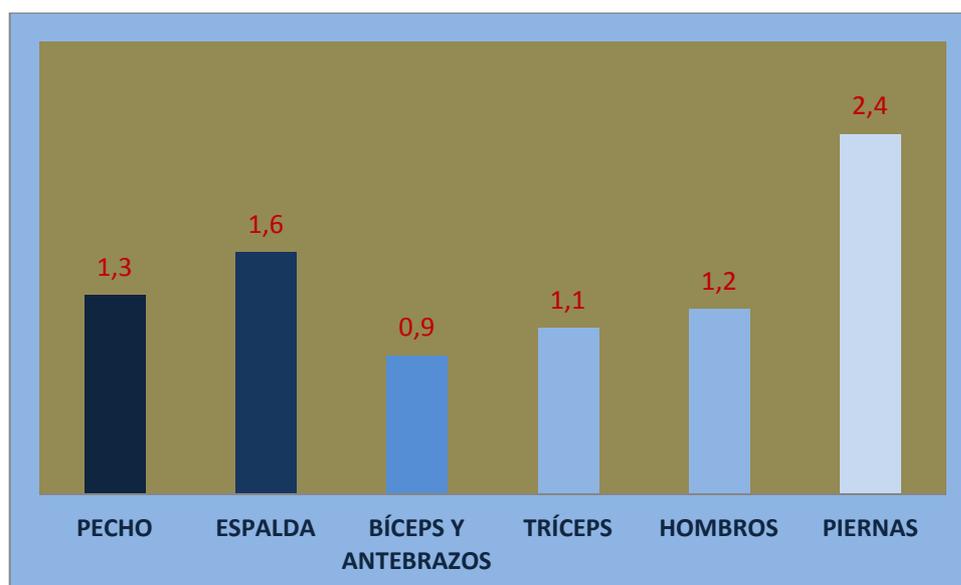
##### 4.1.2.1. EQUIPO MASCULINO.

Tabla Nro. 15. Resultados fuerza relativa equipo masculino

		<b>MASCULINO</b>				
		<b>CASTILLO</b>	<b>RAMÓN</b>	<b>DÍAZ</b>	<b>LASTRA</b>	
<b>PLANO MUSCULAR</b>	<b>EJERCICIO</b>	<b>73</b>	<b>68</b>	<b>73</b>	<b>69</b>	<b>TOTAL</b>
<b>PECHO</b>	<i>PRES DE BANCA</i>	1,1	1,3	0,7	0,9	1,3
<b>ESPALDA</b>	<i>POLEA TRAS NUCA</i>	1,1	1,3	1,1	1,3	1,6
<b>BÍCEPS Y ANTEBRAZOS</b>	<i>CURL CON BARRA</i>	0,8	0,6	0,7	0,7	0,9
<b>TRÍCEPS</b>	<i>JALONES EN POLEA CON CUERDA</i>	0,9	1,0	0,6	0,7	1,1
<b>HOMBROS</b>	<i>PRESS MILITAR DE PIE</i>	1,1	0,6	1,0	1,0	1,2
<b>PIERNAS</b>	<i>EXTENSIÓN DE PIERNAS</i>	2,5	2,9	0,8	1,0	2,4
	<i>CURL FEMORAL TUMBADO</i>	2,0	2,3	0,8	0,9	
	<i>ELEVACIÓN TALONES DE PIE</i>	2,5	2,8	2,3	2,5	
	<i>PROMEDIO PIERNAS</i>	2	3	1	1	

**Fuente:** Equipo Físico culturismo ESPE

**Diseño:** Luis Prieto



**Gráfico Nro 14.** Resultados fuerza relativa equipo masculino

**Fuente:** Equipo Físico culturismo ESPE

**Diseño:** Luis Prieto

**ANÁLISIS:** Los resultados obtenidos luego de la aplicación del test de 1RM se pudo determinar que la fuerza relativa en el plano muscular pecho tiene un promedio de 1,3, espalda 1,6, Bíceps y antebrazo 0,9, tríceps 1,1, hombros 1,2 y piernas 2,4.

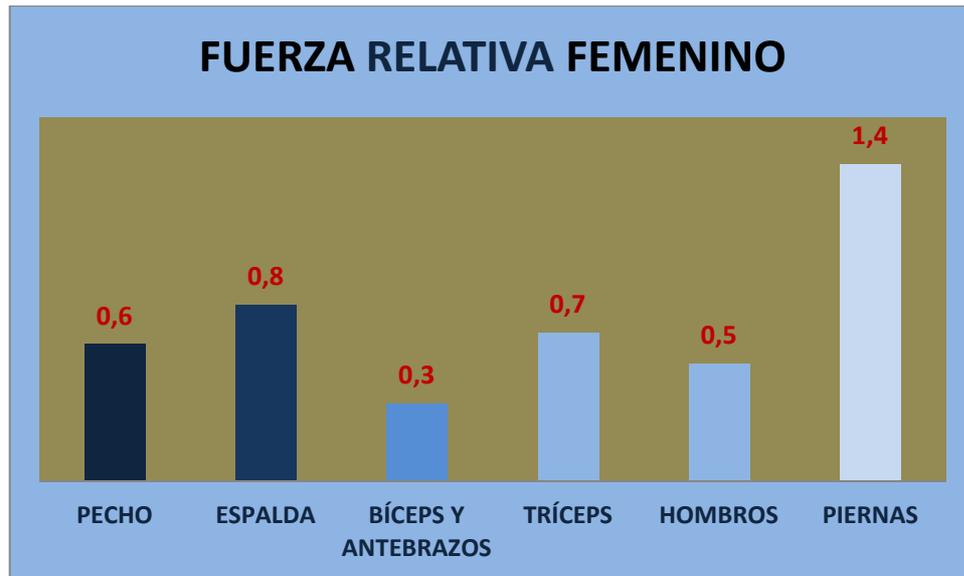
## 4.1.2.2. EQUIPO FEMENINO.

Tabla Nro. 16. Resultados fuerza relativa equipo femenino

		FEMENINO				
PLANO MUSCULAR	EJERCICIO	NARVÁEZ	PINDO	CALUPIÑA	REINA	TOTAL
<b>PECHO</b>	PRES DE BANCA	0,6	1,0	0,7	0,7	0,6
<b>ESPALDA</b>	POLEA TRAS NUCA	1,5	1,0	0,7	0,7	0,8
<b>BÍCEPS Y ANTEBRAZOS</b>	CURL CON BARRA	0,4	0,6	0,3	0,3	0,3
<b>TRÍCEPS</b>	JALONES EN POLEA CON CUERDA	0,4	1,8	0,5	0,6	0,7
<b>HOMBROS</b>	PRESS MILITAR DE PIE	0,4	1,4	0,4	0,4	0,5
<b>PIERNAS</b>	EXTENSIÓN DE PIERNAS	2,0	2,0	0,7	0,8	1,4
	CURL FEMORAL TUMBADO	1,3	2,0	0,5	0,6	
	ELEVACIÓN TALONES DE PIE	1,9	2,0	1,1	1,9	
	PROMEDIO PIERNAS	2	2	1	1	

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE

Diseño: Luis Prieto



**Gráfico Nro 15. Resultados fuerza relativa equipo femenino**

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE

Diseño: Luis Prieto

**ANÁLISIS:** Los resultados obtenidos luego de la aplicación del test de 1RM se pudo determinar que la fuerza relativa en el plano muscular pecho tiene un promedio de 0,6, espalda 0,8, bíceps y antebrazo 0,3, tríceps 1,1, hombros 1,2 y piernas 2,4.

#### 4.1.3. ANÁLISIS DEL DESARROLLO MUSCULAR EN LOS DIFERENTES PLANOS MUSCULARES.

##### 4.1.3.1. EQUIPO MASCULINO.

Tabla Nro. 17. Resultados medidas antropométricas equipo masculino

	GRASA		ÓSEO		RESIDUAL		MUSCULAR		MASA MAGRA	PESO IDEAL
	%	PESO	%	PESO	%	PESO	%	PESO		
1 <b>CASTILLO ROBERTO</b>	11%	8,24	26%	18,82	15%	11,19	21%	15,04	64,76	72,53
2 <b>RAMÓN JAIRO</b>	8%	5,70	26%	17,43	14%	9,71	20%	13,40	62,30	69,77
3 <b>DÍAZ GREGORI</b>	10%	7,13	15%	10,98	24%	17,28	51%	36,61	64,87	72,65
4 <b>LASTRA RUDY</b>	9%	6,56	21%	14,66	15%	10,11	24%	16,83	62,84	70,38
<b>PROMEDIO</b>	10%	6,91	22%	15,47	17%	12,07	29%	20,47	63,69	71,33

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE

Diseño: Luis Prieto

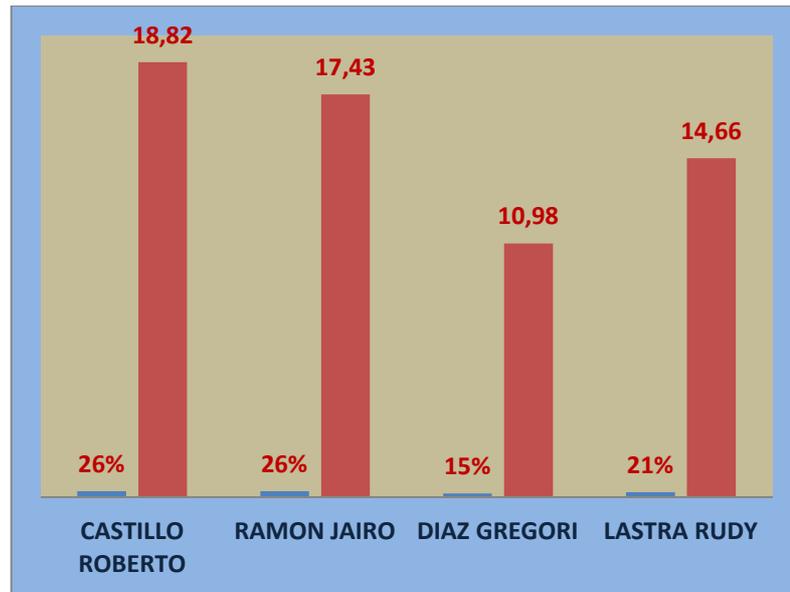


**Gráfico Nro. 16. Peso Graso masculino.**

**Fuente:** Equipo Físico culturismo ESPE

**Diseño:** Luis Prieto

**ANÁLISIS:** Luego de aplicar los test antropométricos se determinó el peso graso de Castillo Roberto en 11% (8,2 kg), Ramón Jairo 8% (5,70 kg), Díaz Gregori 10% (7,13kg) y Lastra Rudy 9% (6,56kg).



### Gráfico Nro 17. Peso oseo masculino

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE

Diseño: Luis Prieto

**ANÁLISIS:** Luego de aplicar los test antropométricos se determinó el peso óseo de Castillo Roberto en 26% (18,82 kg), Ramón Jairo 26% (17,43 kg), Díaz Gregori 15% (10,98kg) y Lastra Rudy 21% (14,66kg).

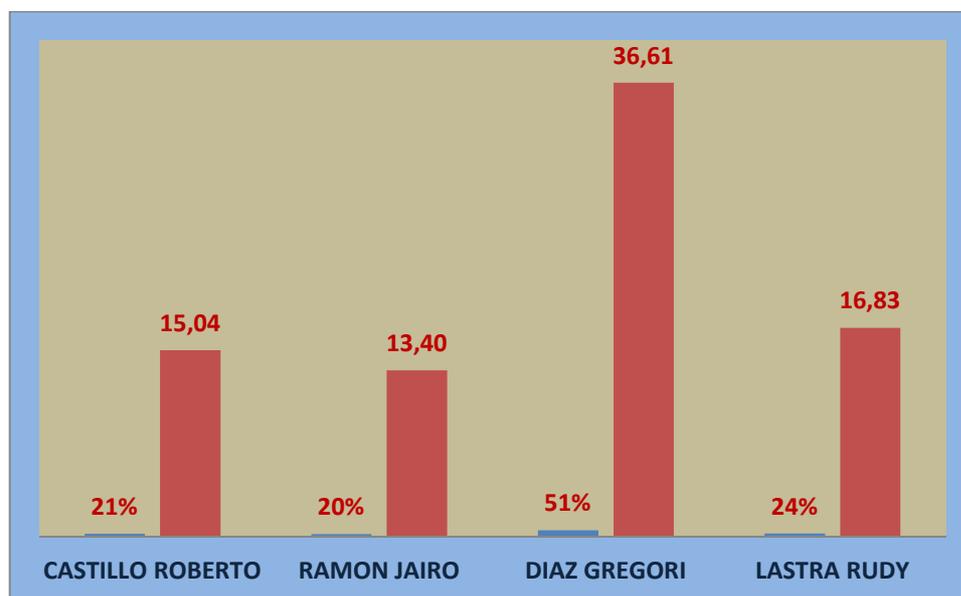


**Gráfico Nro. 18. Peso residual masculino**

**Fuente:** Equipo Físico culturismo ESPE

**Diseño:** Luis Prieto

**ANÁLISIS:** Luego de aplicar los test antropométricos se determinó el peso residual de Castillo Roberto en 15% (11,19 kg), Ramón Jairo 14% (9,71 kg), Díaz Gregori 24% (17,28kg) y Lastra Rudy 15% (10,11kg).



### Gráfico Nro. 19. Peso muscular masculino

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE

Diseño: Luis Prieto

**ANÁLISIS:** Luego de aplicar los test antropométricos se determinó el peso residual de Castillo Roberto en 21% (15,04 kg), Ramón Jairo 20% (13,40 kg), Díaz Gregori 51% (36,61 kg) y Lastra Rudy 24% (16,83kg).

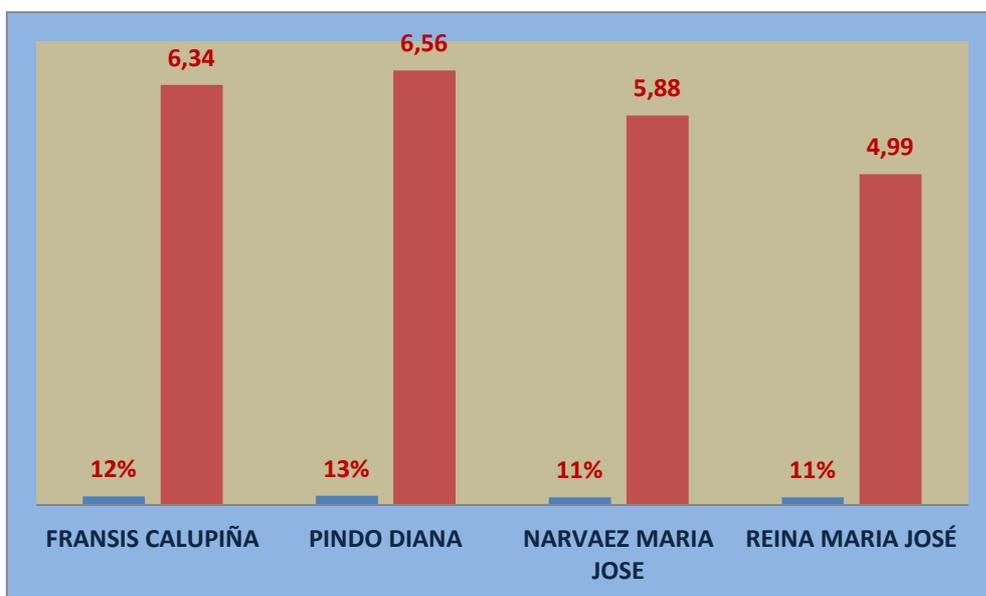
## 4.1.3.2. EQUIPO FEMENINO.

Tabla Nro. 21. Resultados medidas antropométricas equipo femenino

FEMENINO	GRASA		ÓSEO		RESIDUAL		MUSCULAR		MASA MAGRA	PESO IDEAL
	%	PESO	%	PESO	%	PESO	%	PESO		
1 FRANSIS CALUPIÑA	12%	6,34	16%	8,51	21%	10,92	50%	26,23	44,66	51,13
2 PINDO DIANA	13%	6,56	15%	7,68	21%	10,50	51%	25,26	43,44	48,65
3 NARVÁEZ MARÍA JOSÉ	11%	5,88	17%	9,04	21%	11,13	51%	26,95	47,12	52,77
4 REINA MARÍA JOSÉ	11%	4,99	16%	7,16	21%	9,55	52%	23,80	40,51	45,37
<b>PROMEDIO</b>	12%	5,94	16%	8,10	21%	10,53	51%	25,56	43,93	49,48

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE

Diseño: Luis Prieto

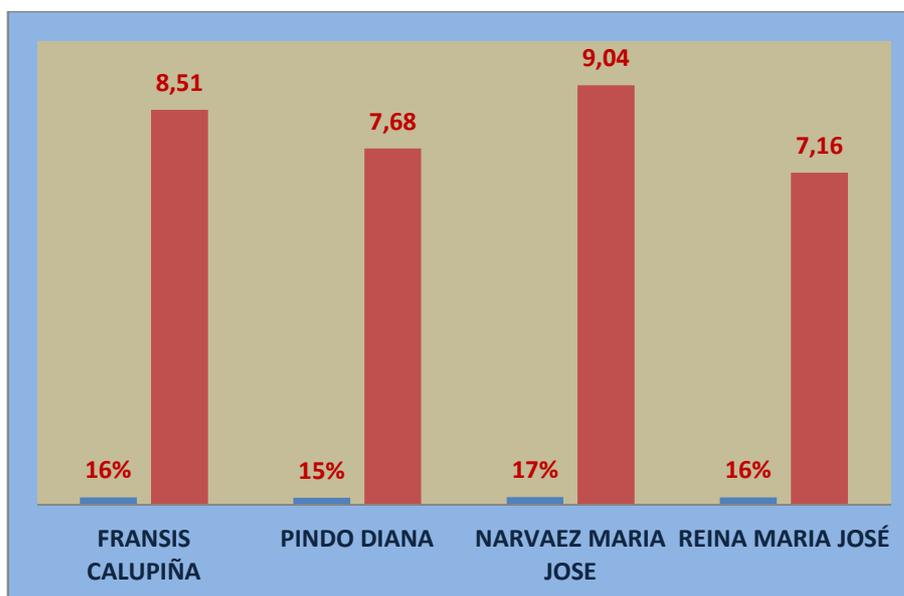


### Gráfico Nro 19. Peso graso femenino

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE

Diseño: Luis Prieto

**ANÁLISIS:** Luego de aplicar los test antropométricos se determinó el peso graso de Fransis Calupiña en 12% (6,34 kg), Pindo Diana 13% (6,56 kg), Narváez María José 11% (5,88 kg) y Reina María José 11% (4,99 kg).

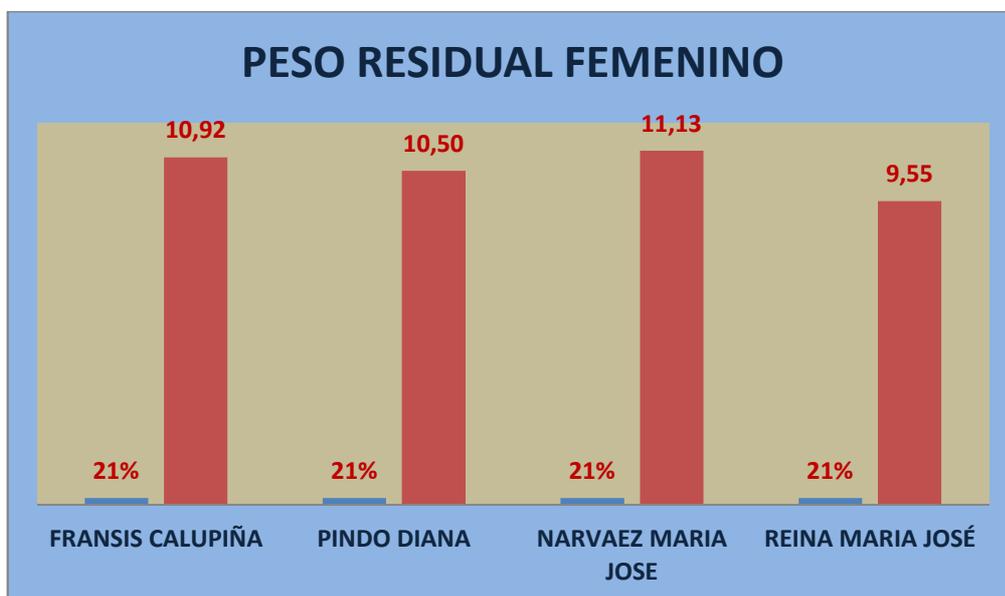


### Gráfico Nro 20. Peso oseo femenino

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE

Diseño: Luis Prieto

**ANÁLISIS:** Luego de aplicar los test antropométricos se determinó el peso óseo de Fransis Calupiña en 16% (8,51 kg), Pindo Diana 15% (7,68 kg), Narváez María José 17% (9,04 kg) y Reina María José 16% (7,16 kg).

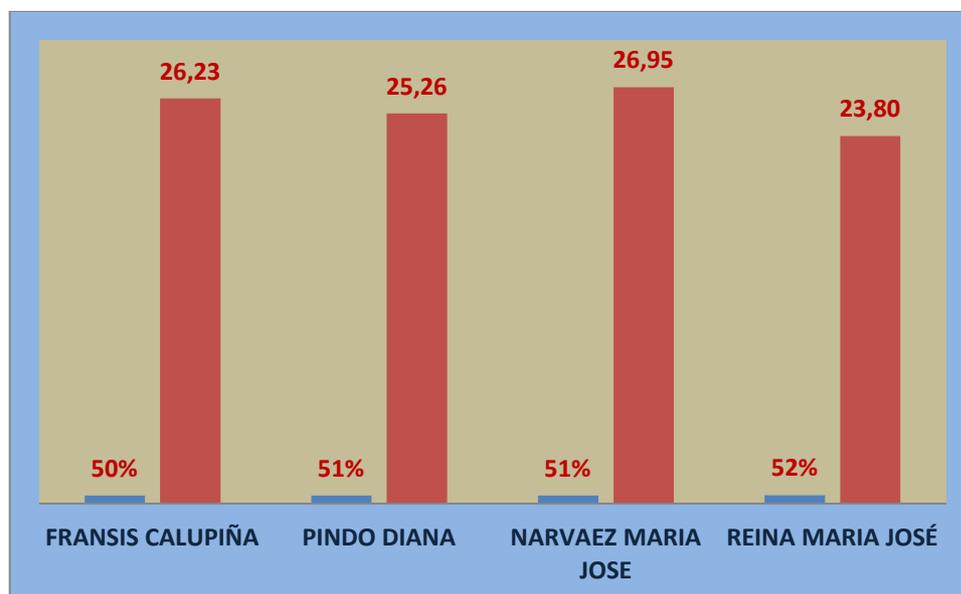


### Gráfico Nro. 21. Peso residual femenino

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE

Diseño: Luis Prieto

**ANÁLISIS:** Luego de aplicar los test antropométricos se determinó el peso residual de Fransis Calupiña en 21% (10,92 kg), Pindo Diana 21% (10,50 kg), Narváez María José 21% (11,13 kg) y Reina María José 21% (9,55 kg).



### Gráfico Nro 22. Peso muscular femenino

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE

Diseño: Luis Prieto

**ANÁLISIS:** Luego de aplicar los test antropométricos se determinó el peso muscular de Fransis Calupiña en 50% (26,23 kg), Pindo Diana 51% (25,26 kg), Narváez María José 51% (26,95 kg) y Reina María José 52% (23,80 kg).

#### 4.1.4. CORRELACIÓN ENTRE LA FUERZA ABSOLUTA Y EL DESARROLLO MUSCULAR.

##### 4.1.4.1. EQUIPO MASCULINO.

**Tabla Nro. 19. Correlación fuerza absoluta planos musculares-  
desarrollo muscular peso graso masculino.**

DESCRIPCIÓN	CORRELACIÓN
PLANO MUSCULAR PECHO PESO GRASO Correlación positiva débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	0,170600851
PLANO MUSCULAR ESPALDA PESO GRASO Correlación negativa media cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	-0,677030572
PLANO MUSCULAR BÍCEPS Y ANTEBRAZOS PESO GRASO Correlación positiva fuerte cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	0,941323564
PLANO MUSCULAR TRÍCEPS PESO GRASO No existe correlación alguna	-0,090762637
PLANO MUSCULAR HOMBROS PESO GRASO Correlación positiva fuerte cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	0,910137625
PLANO MUSCULAR PIERNAS PESO GRASO No existe correlación alguna	-0,049857358

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE

Diseño: Luis Prieto

**Tabla Nro. 20. Correlación fuerza absoluta planos musculares-  
desarrollo muscular peso óseo masculino**

DESCRIPCIÓN	CORRELACIÓN
PLANO MUSCULAR PECHO PESO GRASO Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	<b>-0,445977689</b>
PLANO MUSCULAR ESPALDA PESO GRASO No existe correlación alguna	0,067685138
PLANO MUSCULAR BÍCEPS Y ANTEBRAZOS PESO GRASO Correlación positiva débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	0,228184655
PLANO MUSCULAR TRÍCEPS PESO GRASO Correlación positiva fuerte cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	0,911755186
PLANO MUSCULAR HOMBROS PESO GRASO Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	-0,117647374
PLANO MUSCULAR PIERNAS PESO GRASO Correlación positiva considerable cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	0,885065561

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE

Diseño: Luis Prieto

Continúa

**Tabla Nro. 21. Correlación fuerza absoluta planos musculares- desarrollo muscular peso residual masculino.**

DESCRIPCIÓN	CORRELACIÓN
PLANO MUSCULAR PECHO PESO GRASO	0,823003662
<b>Correlación positiva considerable cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR ESPALDA PESO GRASO	-0,649151514
<b>Correlación negativa media cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR BÍCEPS Y ANTEBRAZOS PESO GRASO	0,062687016
<b>No existe correlación alguna</b>	
PLANO MUSCULAR TRÍCEPS PESO GRASO	-0,666370275
<b>Correlación negativa media cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR HOMBROS PESO GRASO	0,335627475
<b>Correlación positiva débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR PIERNAS PESO GRASO	-0,591566342
<b>Correlación negativa media cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	

**Fuente:** Equipo Físico culturismo ESPE  
**Diseño:** Luis Prieto

**Tabla Nro. 21. Correlación fuerza absoluta planos musculares- desarrollo muscular peso muscular masculino**

DESCRIPCIÓN	CORRELACIÓN
PLANO MUSCULAR PECHO PESO GRASO	0,743677451
<b>Correlación positiva media cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR ESPALDA PESO GRASO	-0,491416645
<b>Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una variable disminuye la otra</b>	
PLANO MUSCULAR BÍCEPS Y ANTEBRAZOS PESO GRASO	-0,038009311
<b>No existe correlación alguna</b>	
PLANO MUSCULAR TRÍCEPS PESO GRASO	-0,770561359
<b>Correlación negativa considerable cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR HOMBROS PESO GRASO	0,270290822
<b>Correlación positiva débil cuando exactamente en la medida que aumenta una variable disminuye la otra</b>	
PLANO MUSCULAR PIERNAS PESO GRASO	-0,707589132
<b>Correlación negativa media cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	

**Fuente:** Equipo Físico culturismo ESPE  
**Diseño:** Luis Prieto

Continúa

## 4.1.4.1.2. EQUIPO FEMENINO.

**Tabla Nro. 22. Correlación fuerza absoluta planos musculares- desarrollo muscular peso graso femenino**

DESCRIPCIÓN	CORRELACIÓN
PLANO MUSCULAR PECHO PESO GRASO Correlación positiva débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	0,435158931
PLANO MUSCULAR ESPALDA PESO GRASO Correlación positiva media cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	0,682745519
PLANO MUSCULAR BÍCEPS Y ANTEBRAZOS PESO GRASO Correlación positiva media cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	0,731617576
PLANO MUSCULAR TRÍCEPS PESO GRASO Correlación positiva media cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	0,529776112
PLANO MUSCULAR HOMBROS PESO GRASO Correlación positiva media cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	0,593196844
PLANO MUSCULAR PIERNAS PESO GRASO Correlación positiva media cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	0,734603596

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE  
Diseño: Luis Prieto

**Tabla Nro. 23. Correlación fuerza absoluta planos musculares- desarrollo muscular peso óseo femenino.**

DESCRIPCIÓN	CORRELACIÓN
PLANO MUSCULAR PECHO PESO GRASO Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una variable disminuye la otra	-0,375820429
PLANO MUSCULAR ESPALDA PESO GRASO Correlación positiva débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	0,290382374
PLANO MUSCULAR BÍCEPS Y ANTEBRAZOS PESO GRASO Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	-0,269939215
PLANO MUSCULAR TRÍCEPS PESO GRASO Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una variable disminuye la otra	-0,355081946
PLANO MUSCULAR HOMBROS PESO GRASO Correlación negativa media cuando exactamente en la medida que aumenta una variable disminuye la otra	-0,331315784
PLANO MUSCULAR PIERNAS PESO GRASO Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	-0,261421451

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE  
Diseño: Luis Prieto

Continúa

**Tabla Nro. 24. Correlación fuerza absoluta planos musculares- desarrollo muscular peso residual femenino.**

DESCRIPCIÓN	CORRELACIÓN
PLANO MUSCULAR PECHO PESO GRASO	-0,112826323
<b>Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una variable disminuye la otra</b>	
PLANO MUSCULAR ESPALDA PESO GRASO	0,464541923
<b>Correlación positiva débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR BÍCEPS Y ANTEBRAZOS PESO GRASO	0,070489249
<b>No existe correlación alguna</b>	
PLANO MUSCULAR TRÍCEPS PESO GRASO	-0,063575145
<b>No existe correlación alguna</b>	
PLANO MUSCULAR HOMBROS PESO GRASO	-0,023046629
<b>No existe correlación alguna</b>	
PLANO MUSCULAR PIERNAS PESO GRASO	0,065708801
<b>No existe correlación alguna</b>	

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE  
Diseño: Luis Prieto

**Tabla Nro. 25. Correlación fuerza absoluta planos musculares- desarrollo muscular peso muscular femenino**

DESCRIPCIÓN	CORRELACIÓN
PLANO MUSCULAR PECHO PESO GRASO	-0,210866329
<b>Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una variable disminuye la otra</b>	
PLANO MUSCULAR ESPALDA PESO GRASO	0,366781319
<b>Correlación positiva débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR BÍCEPS Y ANTEBRAZOS PESO GRASO	-0,074593702
<b>No existe correlación alguna</b>	
PLANO MUSCULAR TRÍCEPS PESO GRASO	-0,177224931
<b>Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una variable disminuye la otra</b>	
PLANO MUSCULAR HOMBROS PESO GRASO	-0,146238684
<b>Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una variable disminuye la otra</b>	
PLANO MUSCULAR PIERNAS PESO GRASO	-0,090255515
<b>No existe correlación alguna</b>	

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE  
Diseño: Luis Prieto

#### 4.1.5. CORRELACIÓN ENTRE LA FUERZA RELATIVA Y EL DESARROLLO MUSCULAR.

##### 4.1.5.1. EQUIPO MASCULINO.

**Tabla Nro. 26. Correlación fuerza relativa planos musculares- desarrollo muscular peso graso masculino.**

DESCRIPCIÓN	CORRELACIÓN
PLANO MUSCULAR PECHO PESO GRASO	0,038944518
<b>No existe correlación alguna</b>	
PLANO MUSCULAR ESPALDA PESO GRASO	-0,80583651
<b>Correlación negativa considerable cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR BÍCEPS Y ANTEBRAZOS PESO GRASO	0,86518289
<b>Correlación positiva fuerte cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR TRÍCEPS PESO GRASO	-0,244419728
<b>Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR HOMBROS PESO GRASO	0,876556846
<b>Correlación positiva considerable cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR PIERNAS PESO GRASO	-0,162935712
<b>Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE

Diseño: Luis Prieto

**Tabla Nro. 27. Correlación fuerza relativa planos musculares- desarrollo muscular peso óseo masculino**

DESCRIPCIÓN	CORRELACIÓN
PLANO MUSCULAR PECHO PESO GRASO	-0,418984454
<b>Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR ESPALDA PESO GRASO	0,158569366
<b>Correlación positiva débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR BÍCEPS Y ANTEBRAZOS PESO GRASO	0,315333705
<b>Correlación positiva débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR TRÍCEPS PESO GRASO	0,879284698
<b>Correlación positiva considerable cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR HOMBROS PESO GRASO	-0,108829552
<b>Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR PIERNAS PESO GRASO	0,86733349
<b>Correlación positiva considerable cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE

Diseño: Luis Prieto

Continúa

**Tabla Nro. 28. Correlación fuerza relativa planos musculares- desarrollo muscular peso residual masculino**

DESCRIPCIÓN	CORRELACIÓN
PLANO MUSCULAR PECHO PESO GRASO Correlación positiva considerable cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	0,760976477
PLANO MUSCULAR ESPALDA PESO GRASO Correlación negativa media cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	-0,700197114
PLANO MUSCULAR BÍCEPS Y ANTEBRAZOS PESO GRASO Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	-0,102490285
PLANO MUSCULAR TRÍCEPS PESO GRASO Correlación negativa media cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	-0,72021082
PLANO MUSCULAR HOMBROS PESO GRASO Correlación positiva débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	0,277362672
PLANO MUSCULAR PIERNAS PESO GRASO Correlación negativa media cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	-0,63264958

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE

Diseño: Luis Prieto

**Tabla Nro. 29. Correlación fuerza relativa planos musculares- desarrollo muscular peso muscular masculino**

DESCRIPCIÓN	CORRELACIÓN
PLANO MUSCULAR PECHO PESO GRASO Correlación positiva media cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	0,691542365
PLANO MUSCULAR ESPALDA PESO GRASO Correlación negativa media cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	-0,554903158
PLANO MUSCULAR BÍCEPS Y ANTEBRAZOS PESO GRASO Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	-0,18587802
PLANO MUSCULAR TRÍCEPS PESO GRASO Correlación negativa considerable cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	-0,798165512
PLANO MUSCULAR HOMBROS PESO GRASO Correlación negativa considerable cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	-0,798165512
PLANO MUSCULAR PIERNAS PESO GRASO Correlación negativa media cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra	-0,730864177

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE

Diseño: Luis Prieto

Continúa

### 5.1.5.2. FEMENINO.

**Tabla Nro. 30. Correlación fuerza relativa planos musculares- desarrollo muscular peso graso femenino**

DESCRIPCIÓN	CORRELACIÓN
PLANO MUSCULAR PECHO PESO GRASO	0,342934333
<b>Correlación positiva débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR ESPALDA PESO GRASO	0,648698756
<b>Correlación positiva media cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR BÍCEPS Y ANTEBRAZOS PESO GRASO	0,702992318
<b>Correlación positiva media cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR TRÍCEPS PESO GRASO	0,513323144
<b>Correlación positiva media cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR HOMBROS PESO GRASO	0,579658248
<b>Correlación positiva media cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR PIERNAS PESO GRASO	0,704443621
<b>Correlación positiva media cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE  
Diseño: Luis Prieto

**Tabla Nro. 31. Correlación fuerza relativa planos musculares- desarrollo muscular peso óseo femenino**

DESCRIPCIÓN	CORRELACIÓN
PLANO MUSCULAR PECHO PESO GRASO	-0,470104106
<b>Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una variable disminuye la otra</b>	
PLANO MUSCULAR ESPALDA PESO GRASO	0,269398862
<b>Correlación positiva débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR BÍCEPS Y ANTEBRAZOS PESO GRASO	-0,315631637
<b>Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR TRÍCEPS PESO GRASO	-0,374153426
<b>Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una variable disminuye la otra</b>	
PLANO MUSCULAR HOMBROS PESO GRASO	-0,349276518
<b>Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR PIERNAS PESO GRASO	-0,293562235
<b>Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una variable disminuye la otra</b>	

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE  
Diseño: Luis Prieto

Continúa

**Tabla Nro. 32. Correlación fuerza relativa planos musculares- desarrollo muscular peso residual femenino.**

DESCRIPCIÓN	CORRELACIÓN
PLANO MUSCULAR PECHO PESO GRASO	-0,221264268
<b>Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una variable disminuye la otra</b>	
PLANO MUSCULAR ESPALDA PESO GRASO	0,434569734
<b>Correlación positiva débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR BÍCEPS Y ANTEBRAZOS PESO GRASO	0,023613381
<b>No existe correlación alguna</b>	
PLANO MUSCULAR TRÍCEPS PESO GRASO	-0,08465458
<b>No existe correlación alguna</b>	
PLANO MUSCULAR HOMBROS PESO GRASO	-0,042204717
<b>No existe correlación alguna</b>	
PLANO MUSCULAR PIERNAS PESO GRASO	0,028491016
<b>No existe correlación alguna</b>	

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE

Diseño: Luis Prieto

**Tabla Nro. 33. Correlación fuerza relativa planos musculares- desarrollo muscular peso muscular femenino.**

DESCRIPCIÓN	CORRELACIÓN
PLANO MUSCULAR PECHO PESO GRASO	-0,314613455
<b>Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra</b>	
PLANO MUSCULAR ESPALDA PESO GRASO	0,339405644
<b>Correlación negativa media cuando exactamente en la medida que aumenta una variable disminuye la otra</b>	
PLANO MUSCULAR BÍCEPS Y ANTEBRAZOS PESO GRASO	-0,122180695
<b>Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una variable disminuye la otra</b>	
PLANO MUSCULAR TRÍCEPS PESO GRASO	-0,197694697
<b>Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una variable disminuye la otra</b>	
PLANO MUSCULAR HOMBROS PESO GRASO	-0,197694697
<b>Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una variable disminuye la otra</b>	
PLANO MUSCULAR PIERNAS PESO GRASO	-0,126746701
<b>Correlación negativa débil cuando exactamente en la medida que aumenta una variable disminuye la otra</b>	

Fuente: Equipo Físico culturismo ESPE

Diseño: Luis Prieto

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES

- La aplicación del test para determinar la fuerza absoluta varones de los diferentes planos musculares determino que el grupo muscular brazos es el más débil con un 10% a 12% de la fuerza total.
- La aplicación del test para determinar la fuerza absoluta femenino de los diferentes planos musculares determino que el grupo muscular hombros brazos es el más débil con un 8% a 12% de la fuerza total.
- En la determinación de la fuerza relativa al equipo femenino se pudo comprobar que plano muscular antebrazos tiene una fuerza negativa en relación a su peso corporal.
- En la determinación de la fuerza relativa al equipo femenino se pudo comprobar que plano muscular antebrazos, pecho espalda bíceps, tienen una fuerza negativa en relación a su peso corporal.
- Los resultados de las medidas antropométricas ayudaron a determinar las correlaciones entre la fuerza absoluta y relativa con el peso graso, óseo, residual y muscular en los diferentes planos musculares. Observándose en el equipo masculino un promedio del 10% peso graso, 22% peso óseo, 17% peso residual y 29% de peso muscular. Para el equipo femenino un promedio del 12% de peso graso, 16% peso óseo, 21% peso residual y 51% de peso muscular.

### RECOMENDACIONES

- Los test de evaluación para determinar la fuerza máxima y relativa siempre deben ser aplicados a lo largo de proceso de entrenamiento

este nos ayudara a determinar con exactitud el progreso y por ende a construir un entrenamiento mas científico.

- Los planos musculares más débiles deben obedecer al principio de prioridad es decir se deben dar principal importancia a esos planos musculares en los entrenamientos.
- La determinación de la fuerza relativa en los diferentes planos musculares es un indicador del nivel de fuerza en cada uno de ellos por ende debe ser tomado en cuenta por los entrenadores con un factor determinante.
- Las correlaciones establecidas deben ser aplicadas y tomadas en cuenta a fin de plantear un entrenamiento mas objetivo y entrenar en forma errónea.

## CAPITULO VI

## 6. PROPUESTA ALTERNATIVA.

6.1. TEMA: PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA DIRECCIONADO A LOS DIFERENTES PLANOS MUSCULARES. (ANEXO DVD CON EL PROGRAMA).



Gráfico Nro 23: Página inicio programa de entrenamiento de fuerza.

## FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Badillo, G. (1995). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza*. Barcelona: Inde.
- Bosco, C. (1994). *La valoración de la fuerza en el tests de Bosco*. Barcelona: Paidotribo.
- Brzycki, M. (1993). Strength testing: predicting in 1 RM from resps-to-fatigue. *JOHPERD*, 64:88-90.
- Caballero, C. P. (s.f.). Obtenido de [www.felipeisidro.com/...entrenamiento/metodologia\\_y\\_valoracion\\_fuerza...](http://www.felipeisidro.com/...entrenamiento/metodologia_y_valoracion_fuerza...)
- Cometti, G. (1989). *Métodos modernos de musculación*. Barcelona: Paidotribo.
- Dr.Kin. (02 de 11 de 2011). <http://www.drkin.com>. Obtenido de <http://www.drkin.com/2011/02/11/risque-de-combustion-spontanee-et-test-de-force/>
- Ehlenz, H. G. (1990). *Entrenamiento de la fuerza*. Barcelona: Martínez Roca.
- Farto, E. R. (agosto de 2001). [www.efdeportes](http://www.efdeportes.com/efd39/fzanat.htm). Obtenido de Aspectos metodológicos a tener en cuenta: <http://www.efdeportes.com/efd39/fzanat.htm>
- Frisancho, F. y. (1990). *Jarvis's Physical Examination and Health Assessment*. MICHIGAN.
- Goldspink. (1985). Malleability of the motor sistem: a comparative approach. *Jouernal of experimental muscle*, 115:375-391.
- Gonyea, W. (1980). Role of exercise in inducing increases is skeletal muscle fiber number. *Journal Apl. Physiology*, 48:412.
- Grosser, M. (1992). *Entrenamiento de la velocidad*. Barcelona: Martínez Roca.
- Hakkinen, K. (1985). factores influency trainability of muscular strength during short term and prolonged training. *NSCA*, 7(2):32-37.
- Hannertz, G. y. (1977). Firing rate and recruitment order of toe extensor motor units in different modes of voluntary contracción. *Journal of Physiology*, 264:865-879.
- Harre, D. M. (1994). *La capacidad de la fuerza y su entrenamiento*. Buenos Aires: Stadium.
- Heath, J. C. (1990). *Somatotipo desarrollo y Aplicaciones*. Cambridge: University Press.
- Kuznetsov, J. (1984). *Metodología del entrenamiento de la fuerza para deportistas de alto nivel*. Buenos Aires: Stadium.
- Lander, J. (1985). Maximums based on reps. *NSCAJournal*, 6:60-61.
- Lifestudio. (2009). *Lifestudio*. Obtenido de <http://santiliebana.blogspot.com/2009/01/indice-de-masa-corporal-sirve.html>
- MacDougall. (1995). *Educación física del deprotista*. Barcelona: Paidotribo.
- Malina, R. L. (1995). <http://g-se.com/es/antropometria/articulos/antropometria-718>. Obtenido de Antropometría.
- Malina, R. M. (1995). <http://g-se.com/es>. Obtenido de <http://g-se.com/es/antropometria/articulos/antropometria-718>

- Manno, R. (1991). *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo.
- Prampero, P. E. (1999). The energetics of anaerobic muscle metabolism: a. *Respiration Physiology 1*.
- Prampero, P. E. (2005). Sprint running: a new energetic approach. *The Journal of Experimental Biology*, 19.
- Tihany, J. (1989). *Fisiología y mecánica de la fuerza*.
- Vargas, R. (1998). *Teoría del Entrenamiento Diccionario de Conceptos*. Mexico D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Verjochanski, I. (1987). *Principios para el entrenamiento para atletas de elite*. Modern Athlete and Coach.
- Verkhoshansky, Y. (2002). *TEORIA Y METODOLOGÍA DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO*. BARCELONA: Paidotribo.
- Verkhoshansky, Y. (2002). *Teoría y metodología del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo.
- Weinneck, J. (2005). *Entrenamiento Total*. Barcelona: Paidotribo.
- Zatsiorsky, V. (1988). *Biomecánica de los ejercicios físicos*. Moscú: Raduga.