



CONTROL MUSCULAR DEL MOVIMIENTO

Prof. Edgar Lopategui Corsino
M.A., Fisiología del Ejercicio

 Web: <http://www.saludmed.com/>

 E-Mail: elopategui@intermetro.edu
elopateg@gmail.com

 Curso: <http://www.saludmed.com/fisiologiaejercico/fisiologiaejercicio.html>

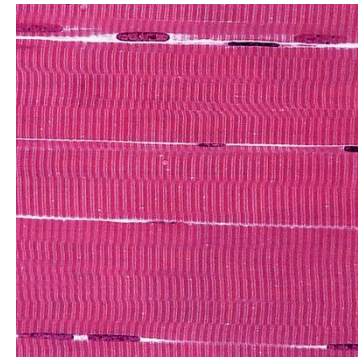
Objetivos de Aprendizaje

- Aprender los componentes básicos del músculo esquelético, la fibra muscular y la miofibrilla.
- Entender los eventos celulares que conducen a la acción muscular básica.
- Descubrir cómo los músculos funcionan durante el ejercicio.
- Considerar las diferencias en los tipos de fibras y su impacto en el rendimiento físico.
- Aprender cómo los músculos generen fuerza y movimiento al halar los huesos.

Tipos de Músculos

Esquelético, Voluntarios o Estriados

- Músculo voluntario; controlado conscientemente
- Sobre 600 a través del cuerpo



Cardíaco (Miocardio)

- Se controla por si mismo con la ayuda de los sistemas nervioso y endocrino
- Solamente en el corazón



Lisos o Involuntarios

- Músculo involuntario; controlado inconscientemente
- En la paredes de los vasos sanguíneos y órganos internos



FIBRA MUSCULAR

Fibras (células) musculares: *Representan las células individuales de los músculos esqueléticos.*

Fascículo: *Pequeños haces de fibras envueltos por una vaina de tejido conectivo, el perimisio.*

Sarcolema: *Membrana de plasma que rodea cada fibra muscular.*

Sarcoplasma: *Parte líquida (gelatinosa) de las fibras musculares*

Túbulos T: *Extensiones del sarcolema que pasan lateralmente a través de la fibra muscular. Camino para el transporte de líquidos extracelulares (glucosa, oxígeno, iones, etc.).*

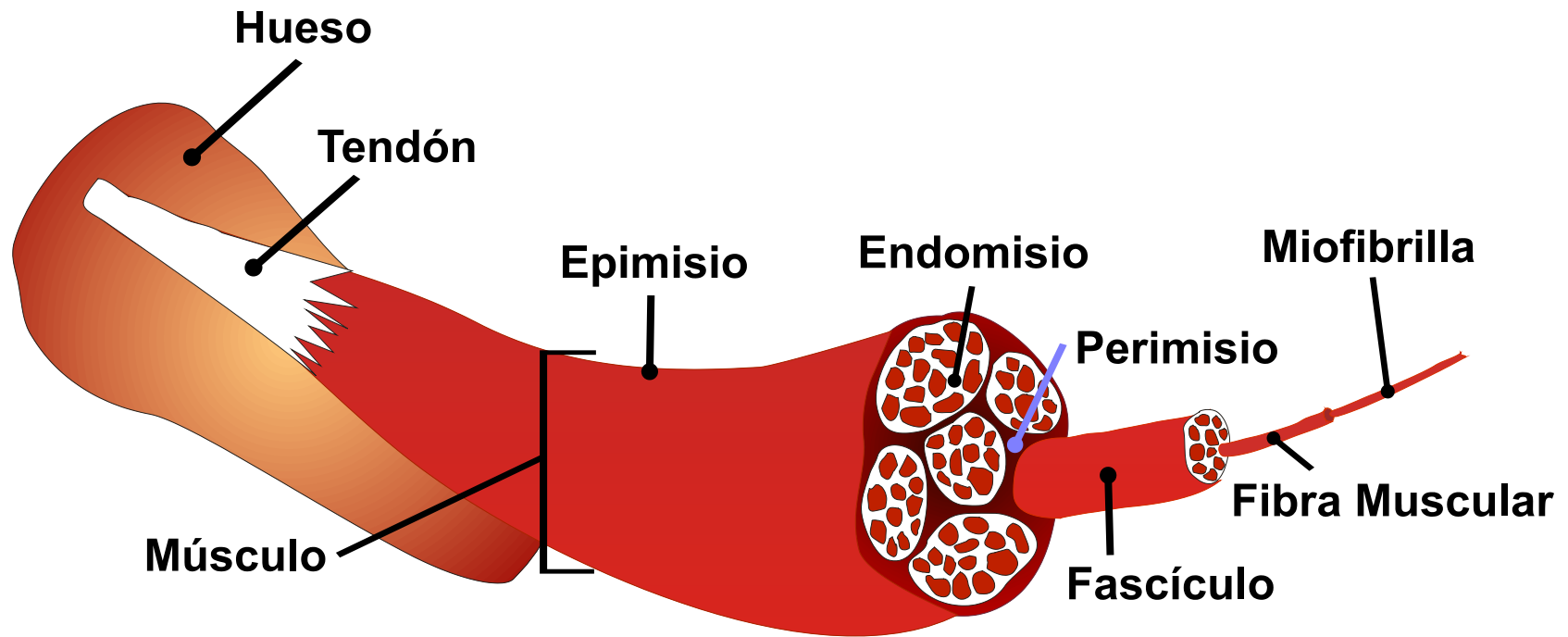
Retículo Sarcoplasmático: *Red Longitudinal de túbulos membranosos. Sirve como depósito para el calcio.*

Epimisio: *Tejido conectivo externo que recubre todo el músculo.*

Perimisio: *Tejido conectivo intermedio que recubre los fascículos.*

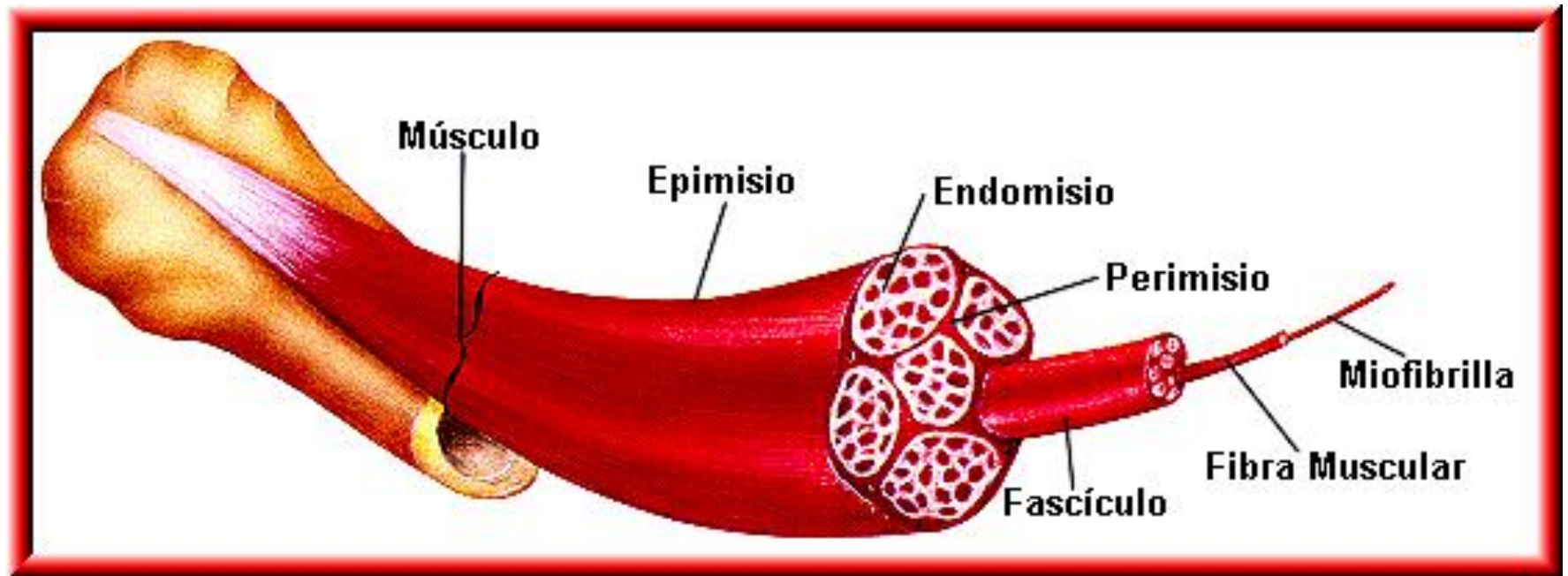
Endomisio: *Tejido conectivo interno que recubre las fibras o células musculoesqueléticas.*

LA ESTRUCTURA BÁSICA DEL MÚSCULO ESQUELÉTICO



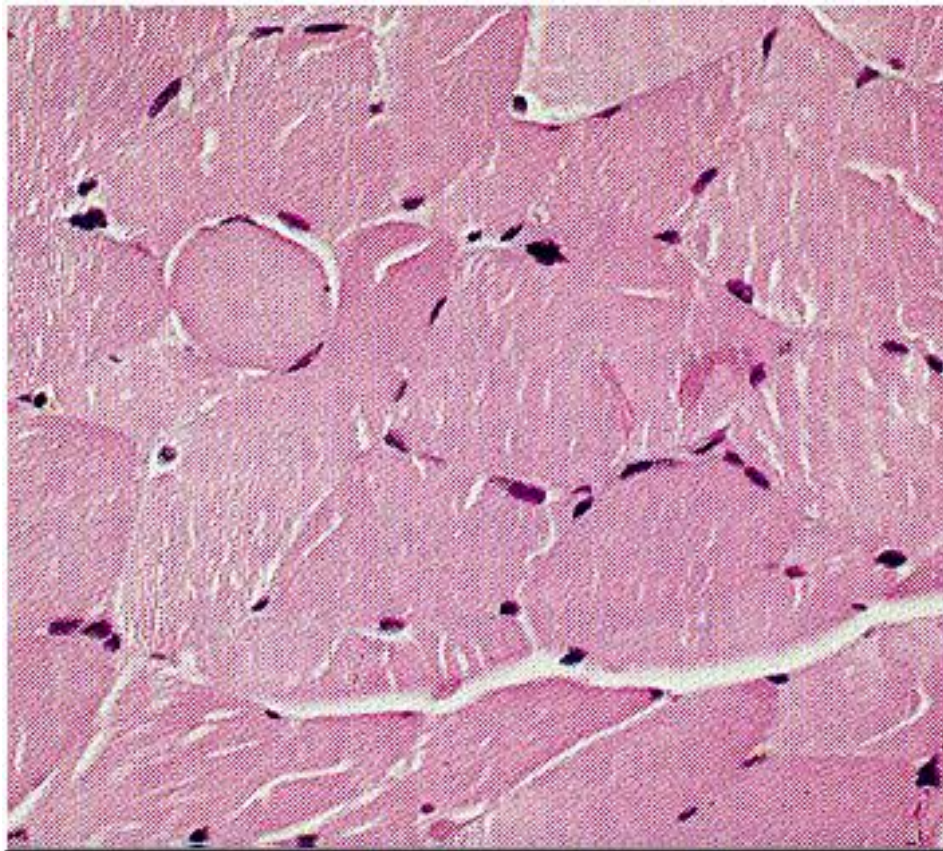
NOTA. Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. 29), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

LA ESTRUCTURA BÁSICA DEL MÚSCULO ESQUELÉTICO



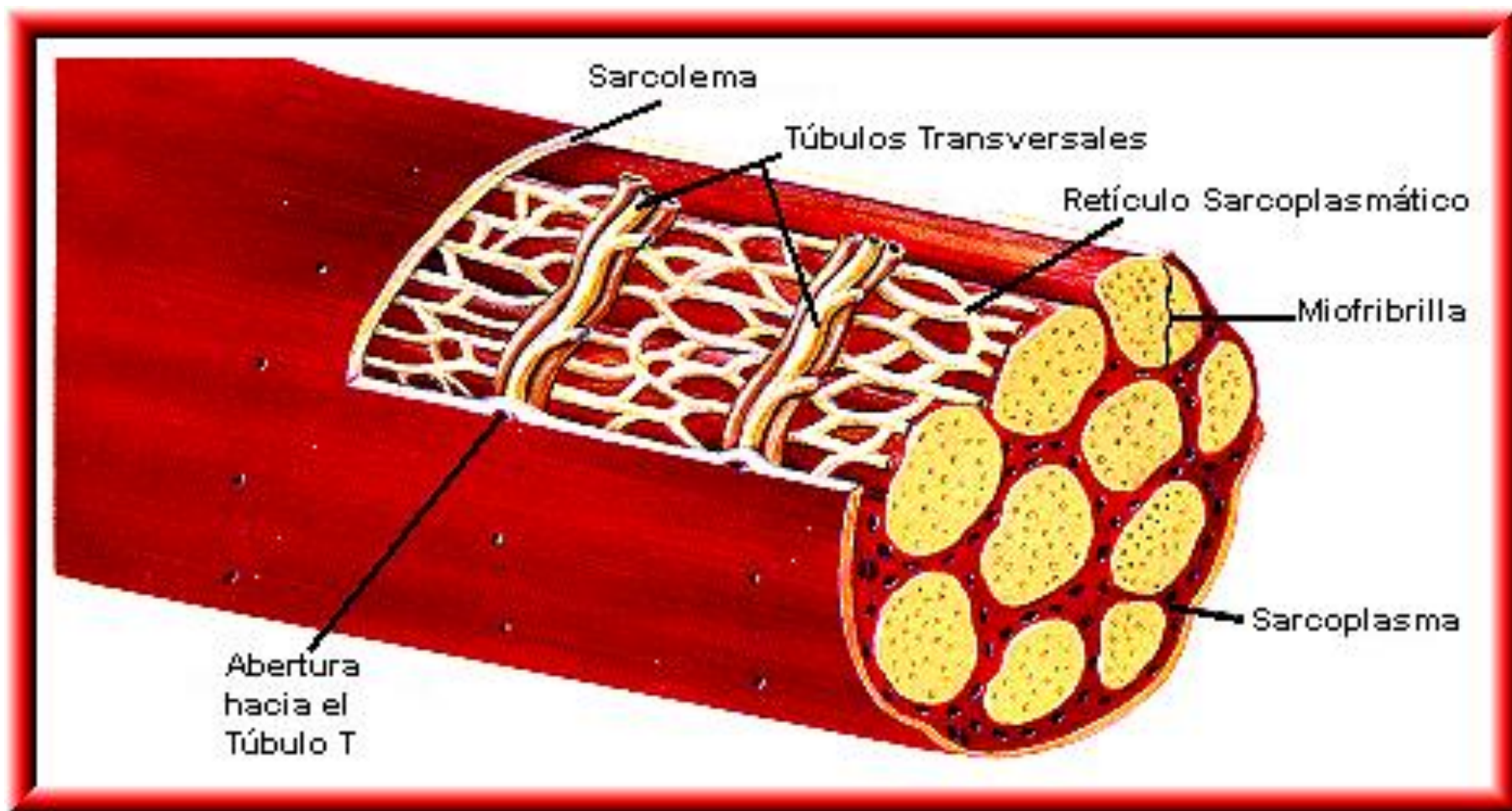
NOTA. Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. 27), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

FOTOMICROGRAFÍA DE UN CORTE TRANSVERSAL DE UN MÚSCULO ESQUELÉTICO



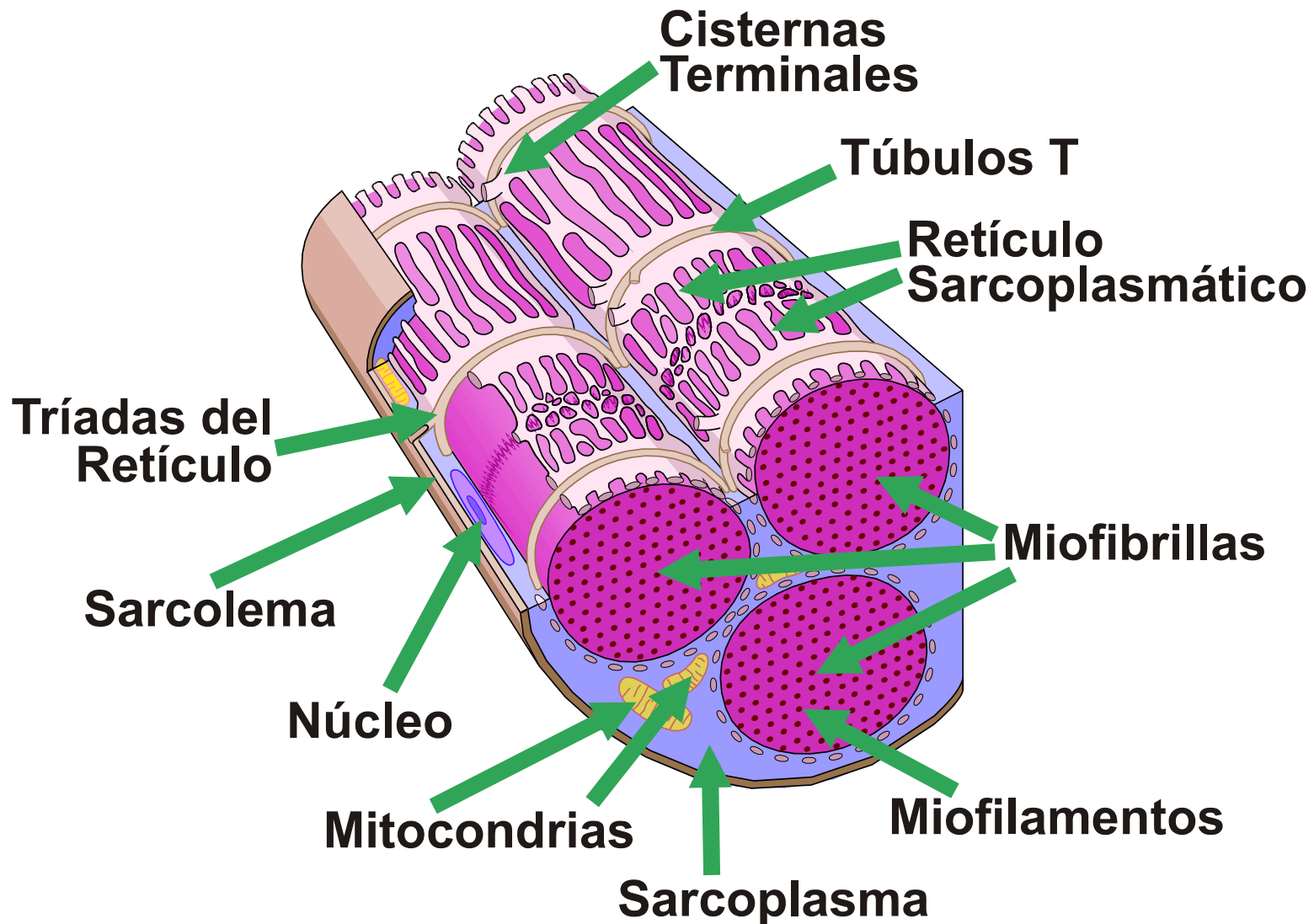
NOTA. Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. 27), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

LOS TÚBULOS TRANSVERSALES Y EL RETÍCULO SARCOPLASMÁTICO



NOTA. Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. 28), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

FIBRA MUSCULAR



Fibra Muscular

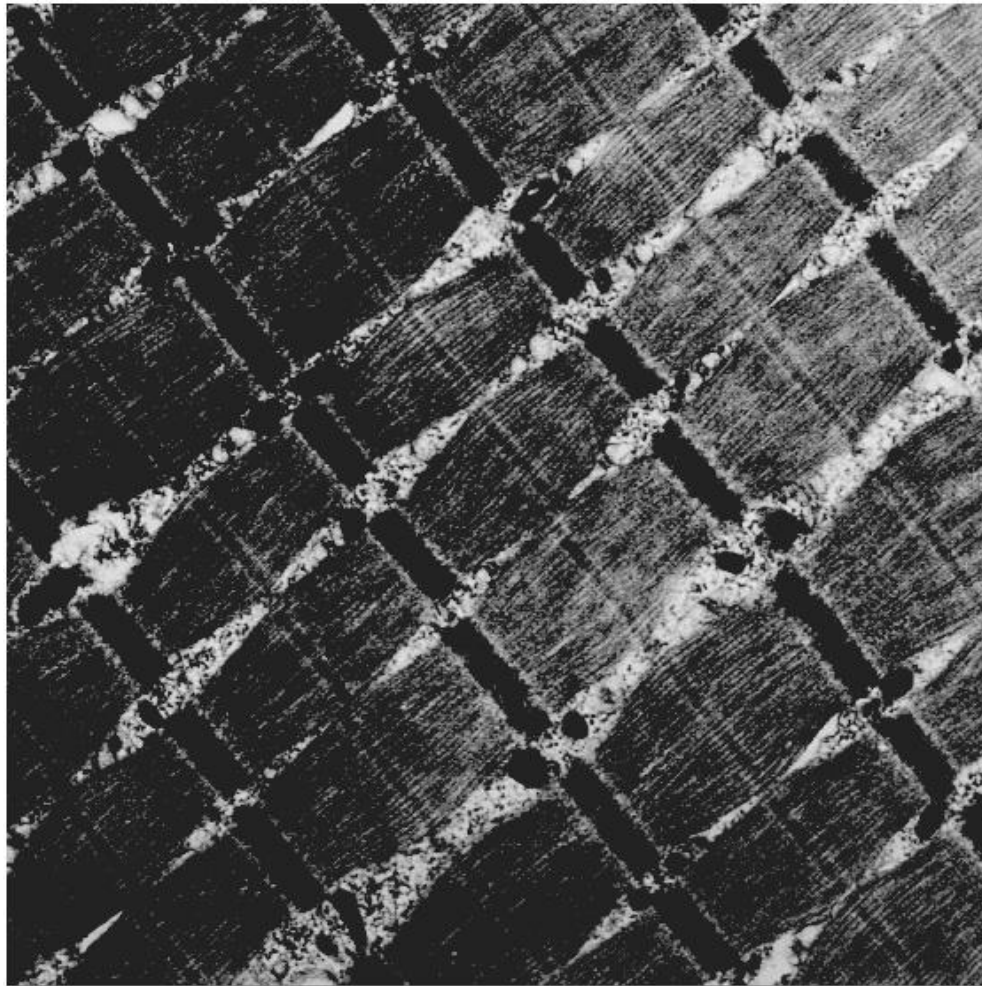
- Una célula muscular individual se conoce como fibra muscular.
- Una fibra muscular está envuelta por un plasma membranoso conocido como sarcolema
- El citoplasma de la fibra muscular se conoce como sarcoplasma.
- Dentro del sarcoplasma, los túbulos T permiten el transporte de sustancias a través de la fibra muscular.
- El retículo sarcoplasmático almacena calcio.

Miofibrilla: *Largos filamentos que contiene cada fibra musculoesquelética, los cuales representan los elementos contractiles de los músculos esqueletales.*

Miosina: *Miofilamentos más gruesos compuesto de dos hilos de proteínas enrollados. En el extremo de cada hilo se forma la Cabeza de Miosina.*

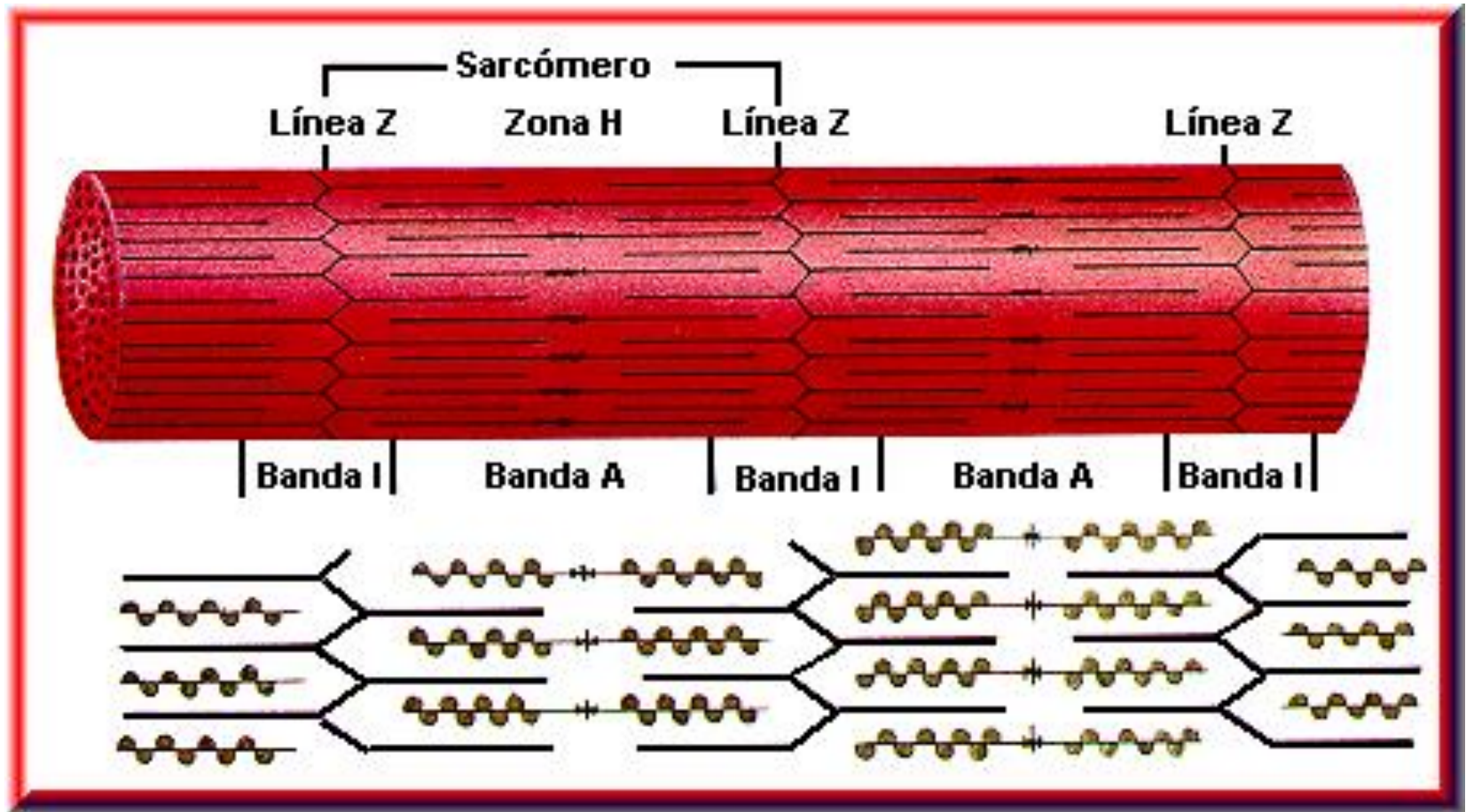
- Molécula de Actina: *Globulares, diseño helicoidal*
- Tropomiosina: *Tubular, se enrolla alrededor hilos de actina*
- Troponina: *Acopla con iones de calcio*

UNA MICROGRAFÍA ELECTRÓNICA DE MIOFIBROLLAS: *Obsérvese la Presencia de Estriaciones*



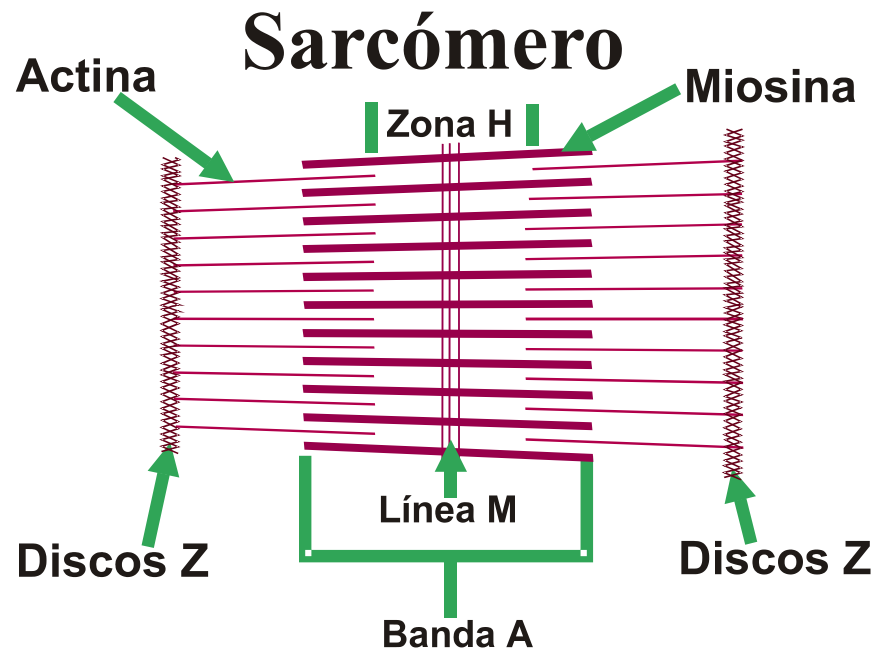
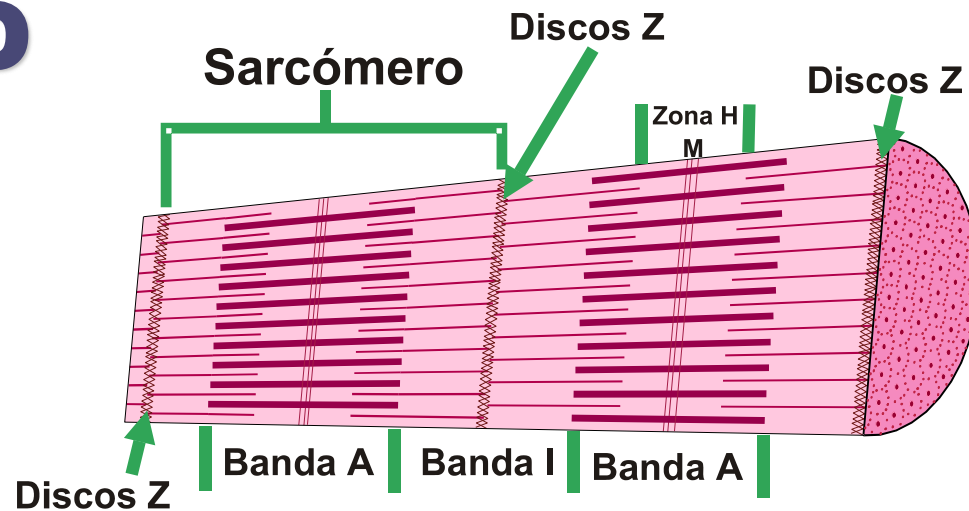
NOTA. Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. 28), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

LA UNIDAD FUNCIONAL BÁSICA ES EL SARCÓMERO: Contiene una Estructura Especializada de Actina y Miosina

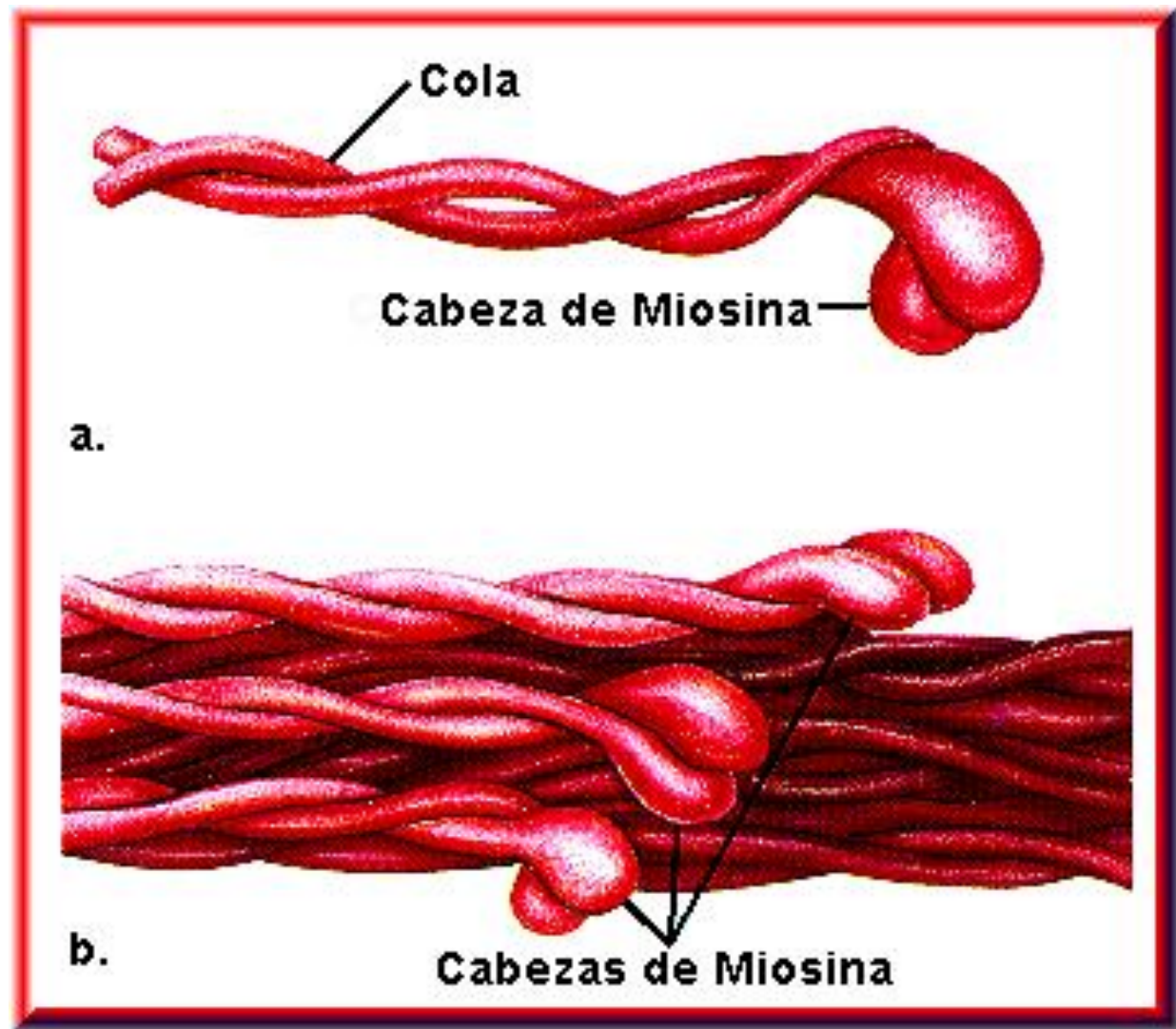


NOTA. Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. 29), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

SARCÓMERO

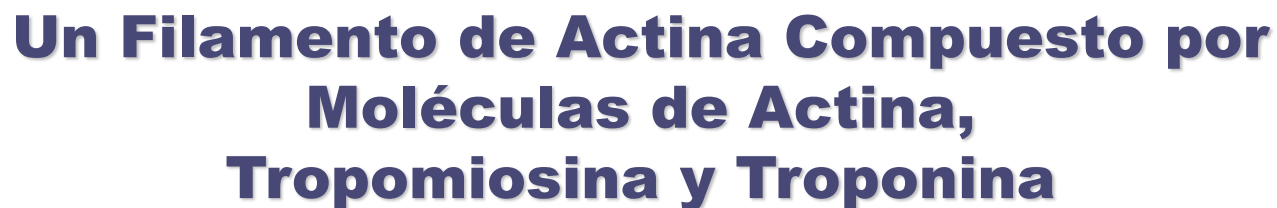


- (a) Una Molécula de Miosina
- (b) Un Filamento de Miosina



Este diagrama ilustra la estructura de un filamento de miosina. El filamento está representado como una barra horizontal con una textura de rayas transversales. Se muestran varias cabezas de miosina (estructuras en forma de U) que se extienden desde el filamento. Las etiquetas con flechas rojas indican las siguientes partes:

- Cabeza de Miosina**: Señala una de las cabezas de miosina.
- Moléculas de Miosina**: Señala una de las cabezas de miosina.
- Sitio de Unión para ATPase**: Señala un sitio de unión en la cabeza de miosina.
- Cola**: Señala la parte del filamento que no es la cabeza.
- Cabeza de Miosina**: Señala otra de las cabezas de miosina.
- Sitio de Unión para ATPase**: Señala otro sitio de unión en la cabeza de miosina.



NOTA. Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. 30), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

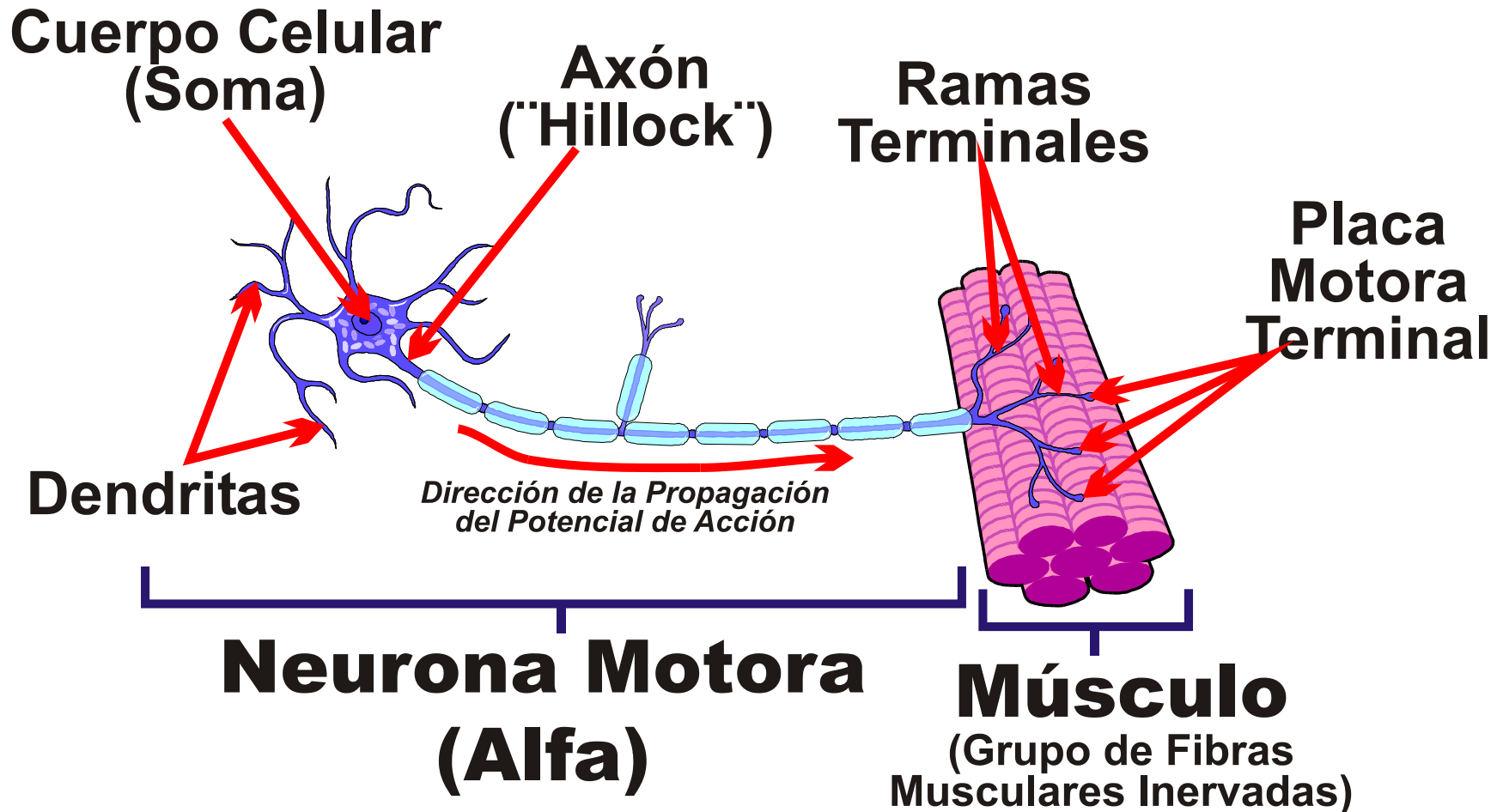
The diagram illustrates the molecular components of a sarcomere. It features two thin, grey, wavy lines representing the Z-discs. Between these Z-discs, there are two horizontal rows of blue spheres, each row containing 10 spheres, representing actin filaments. Yellow oval shapes, representing troponin, are positioned at the ends of the actin filaments where they attach to the Z-discs. Red arrows point from the labels 'Troponina' (top left), 'Tropomiosina' (top right), and 'Actina' (bottom center) to their respective components in the diagram.

Puntos Claves

Miofibrillas

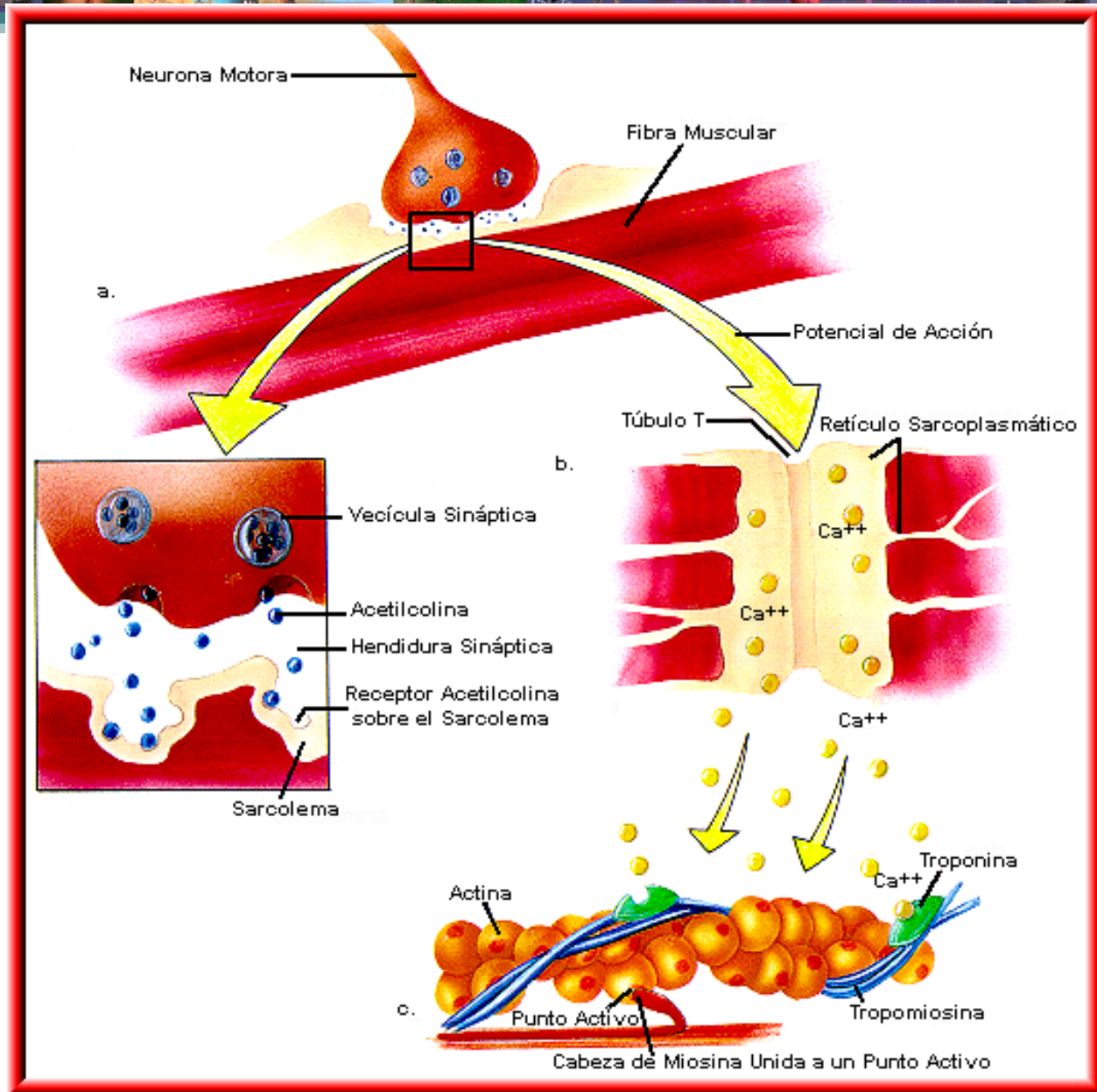
- Las miofibrillas son los elementos contractiles del músculo esquelético, con varios miles constituyendo un solo músculo.
- Las miofibrillas se componen de sarcómeros, las unidades más pequeñas de un músculo.
- Un sarcómero se compone de dos filamentos proteínicos, la miosina y actina, los cuales son los responsables de la contracción muscular.
- La miosina es un filamento grueso con una cabeza globular en un extremo.
- El filamento de actina—compuesto de actina, tropomiosina y troponina—se adhiere a un disco Z.

UNIDAD MOTORA:



Secuencia de Acontecimientos durante la Acción Muscular

Calcio: Se une a la Troponina - Levanta la Tropomiosina: Cabezas de miosina se unen a los puntos activos de la actina



- Impulso nervioso llega a los axones terminales
- Neurona motora secreta acetilcolina (ACh)
- ACh se fija sobre receptores en el sarcolema
- Genera potencial de acción en fibra muscular
- Libera iones de calcio (Ca^{++}) vía Túbulos:
Desde retículo sarcoplasmático hacia el sarcolema
- Ca^{++} se une con troponina sobre el filamento de actina
- Separa tropomiosina de los puntos activos en filamento de actina
- Cabezas de miosina se adhieren a puntos activos en el filamento de actina



Energía para la Acción Muscular

- La enzima ATPase se encuentra en la cabeza de la miosina
- ATPase descompone la molécula de ATP
- Productos: *ADP + Pi + Energía Libre/Útil*
- La energía liberada enlaza la cabeza de miosina con el filamento de actina
- Permite la acción muscular

© 2014 Pearson Education, Inc. or its affiliate(s). All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or by any information storage or retrieval system, without prior written permission from Pearson Education, Inc. or its affiliate(s).

- El calcio se agota
- El calcio es bombeado hacia el retículo sarcoplasmático para su almacenaje
- Son desactivadas la troponina y la tropomiosina
- Se bloquea el enlace de los puentes cruzados de miosina con los filamentos de actina
- Se interrumpe la utilización del ATP
- Filamemntos de miosina y actina regresan a su estado original de reposo/relajación

113

- (continua)*

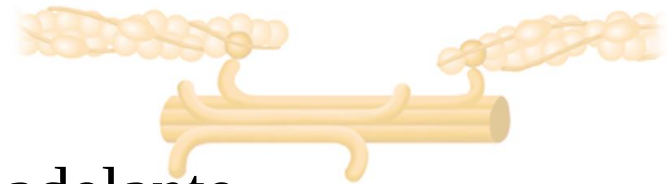
(continua)

5. El Ca^{2+} se une a la troponina en el filamento de actina y la troponina hala la tropomiosina de los sitios activos, permitiendo que las cabezas de la miosina se unan al filamento de actina.
6. Una vez se establezca un estado de unión fuerte con la actina, las cabezas de la actina se inclina, halando el filamento de actina (*ataque de potencia*).
7. Las cabezas de la miosina se unen con el ATP y la ATPase (que se encuentra en la cabeza de la miosina) degrada el ATP en ADP y P_i , liberando energía.
8. La acción muscular se detiene cuando el calcio se bombee fuera del sarcoplasma y regresa al retículo sarcoplasmático para su almacenamiento.



Teoría del Filamento Deslizante

- Cabeza de la miosina unido a punto activo en el filamento de actina (puente cruzado).
- Cabeza de la miosina se inclina hacia el brazo.
- Se arrastra/tira el filamento de actina.
- Se separa el punto activo.
- Gira hacia su posición original.
- Se une a un nuevo punto activo más adelante.
- Continúan estas uniones repetidas y ataque de fuerza: *Filamentos se deslizan uno a lo largo del otro (contracción).*
- Proceso continúa hasta que los extremos de la miosina lleguen a las líneas Z.
- Filamentos de actina sobresalen la Zona H.



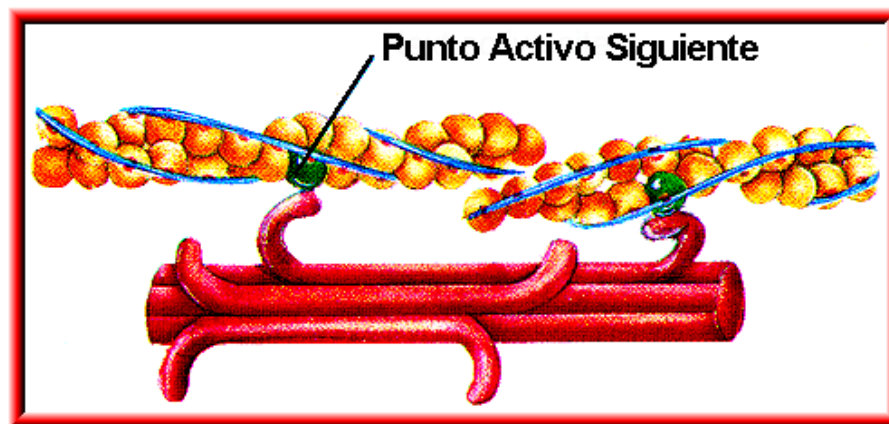
- Cuando se activan los puentes cruzados de la miosina, éstos se unen fuertemente con la actina, lo cual resulta en un cambio en los puentes cruzados.
- El cambio en los puentes cruzados causa que la cabeza de la miosina se incline hacia el brazo del puente cruzado y arrastren los filamentos de actina y miosina en direcciones opuestas.
- La inclinación de la cabeza de la miosina se conoce como *ataque de fuerza*.
- La tracción del filamento de actina más allá de la miosina resulta en el acortamiento muscular y generación de fuerza muscular.



Una Fibra Muscular Relajada



Una Fibra Muscular Contrayéndose

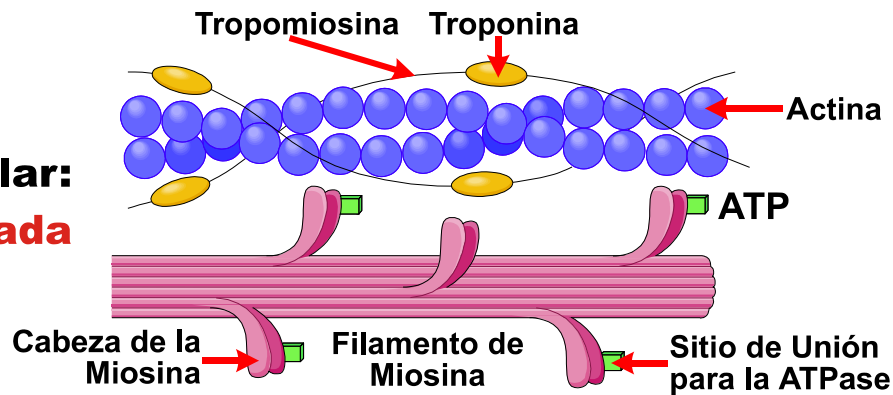


Una Fibra Muscular Completamente Contraída, Ilustrando la Acción de Trinquete Responsable del Deslizamiento de la Actina sobre la Miosina

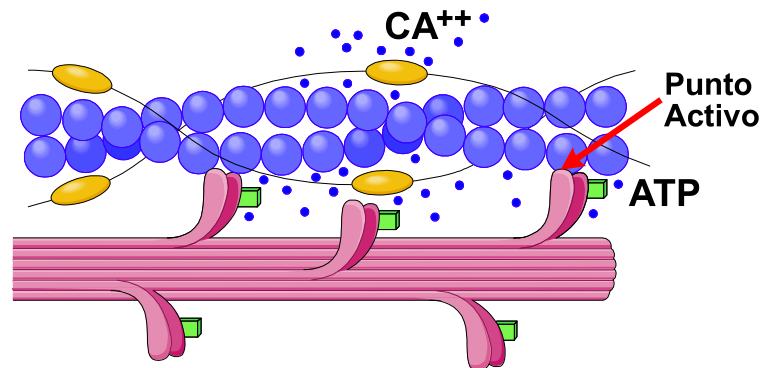
NOTA. Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. 32), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

FIBRA MUSCULAR QUE SE CONTRAE

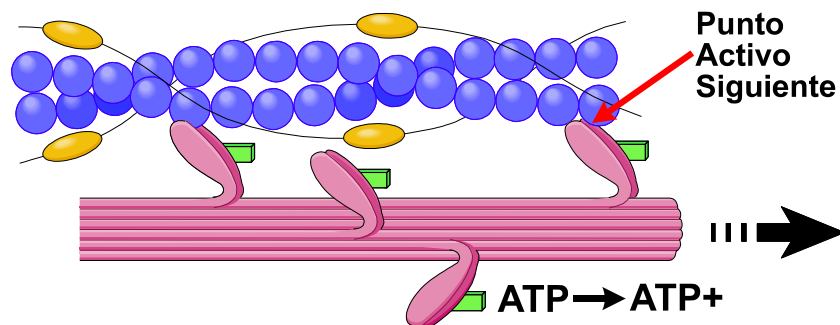
Fibra Muscular:
Relajada



Fibra Muscular:
Contrayéndose



Fibra Muscular:
Completamente Contraída



Acción de la Fibra Muscular

- La acción muscular se inicia por un impulso nervioso.
- El nervio libera ACh, la cual permite que sodio entre y depolarize la célula. Si la célula está suficientemente depolarizada, ocurre un potencial de acción que libera de los almacenes los iones de Ca^{2+} .
- Los iones de Ca^{2+} se unen con las moléculas de la troponina, lo cual levanta las moléculas de la tropomiosina fuera de los sitios activos en el filamento de actina. Estos sitios abiertos permiten que se unan a ellos las cabezas de la miosina.

(continua)

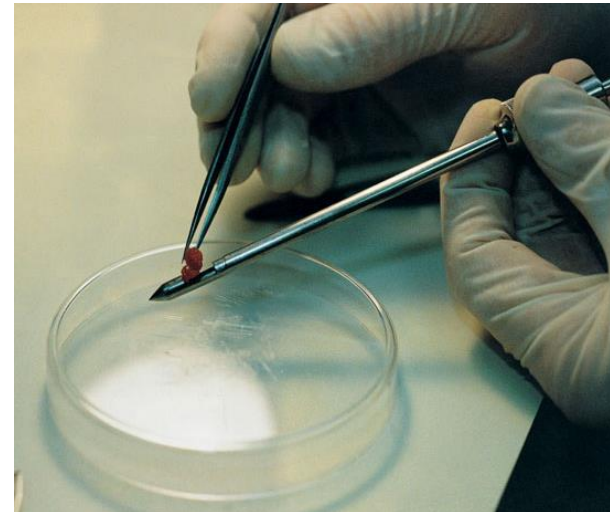
Acción de la Fibra Muscular

- Una vez la miosina se une a la actina, la cabeza se inclina y hala el filamento de actina, de manera que se puedan deslizar una sobre la otra.
- La acción muscular termina cuando el calcio es bombeado fuera del sarcoplasma hacia el retículo sarcoplasmático, para su almacenaje.
- La energía para la acción muscular es provista cuando la cabeza de la miosina se une al ATP. La APPase en la cabeza de la miosina descompone el ATP en una fuente de energía útil.



Biopsia Muscular

- Una aguja hueca se inserta en el músculo para tomar una muestra.
- La muestra se monta, congela, se corta en tajadas delgadas y se examina bajo el microscopio.
- Permite el estudio de las fibras musculares y los efectos del ejercicio agudo y entrenamiento físico sobre la composición de la fibra muscular.



Tipos de Fibras Musculares

- ❑ Contracción Lenta (CL) o “Slow Twitch” (ST)
- ❑ Contracción Rápida (CR) o “Fast Twitch” (FT):
 - *Contracción Rápida tipo a (CRa ó FTa)*
 - *Contracción Rápida tipo b (CRb ó FTb)*
 - *Contracción Rápida tipo c (CRc ó FTc)*



Fibras Musculares “Slow-Twitch” (ST):

- ♦ **Alta capacidad oxidativa (CHO y grasas):** *Elevada Tolerancia Aeróbica – Menor fatigabilidad*
- ♦ **Baja capacidad glucolítica (CHO):** *Baja Capacidad Anaeróbica*
- ♦ **Velocidad contractil:** *Baja (lento) – Menor fuerza*
- ♦ **Umbral de estímulo para tensión máxima:** *110 ms (lento)*
- ♦ **Unidad Motora:** *10–180 fibras por neurona motora - Pocas fibras - Menor fuerza*
- ♦ **Unidad Motora:** *Pequeño cuerpo celular – Menor velocidad*
- ♦ **Forma lenta de la miosina ATPase:** *Suministro de energía más lento*
- ♦ **Retículo sarcoplasmático menos desarrollado:** *Menor capacidad para liberar calcio – Menor velocidad contracción*
- ♦ **Distribución Cuerpo:** *50% se componen de fibras ST*
- ♦ **Reclutamiento:** *Mayor frecuencia que las fibras FTa*

Fibras Musculares “Slow-Twitch” (ST)

- Alta capacidad aeróbica (oxidativa) y tolerancia a la fatiga (baja fatigabilidad)
 - Baja capacidad anaeróbica (glucolítica) y fuerza generada por la unidad motora
 - Lenta velocidad contractil (110 ms para alcanzar la tensión pico) y miosina ATPase (forma lenta)
 - 10–180 fibras por neurona motora
 - Bajo desarrollo del retículo sarcoplasmático
- 
- A cartoon-style illustration of a male athlete with reddish-brown hair, wearing a blue long-sleeved shirt and yellow shorts. He is depicted in a dynamic pose, leaning forward with his right arm extended back and his left arm forward, suggesting he is running or sprinting. The background is plain white.



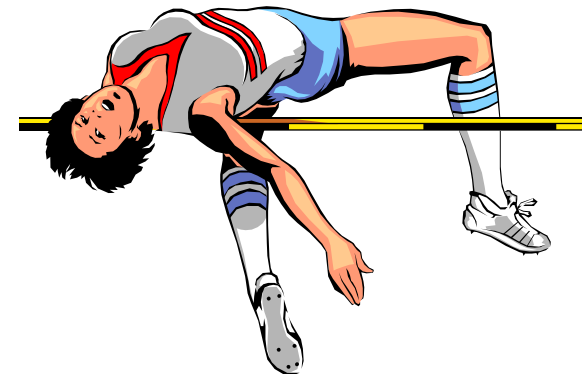
Fibras Musculares “Fast-Twitch” (FT):

- **Baja capacidad oxidativa (CHO y grasas):** *Baja Tolerancia Aeróbica – Mayor fatigabilidad*
- **Alta capacidad glucolítica (CHO):** *Elevada Capacidad Anaeróbica*
- **Velocidad contractil:** *Alta (rápido) – Mayor fuerza*
- **Umbral de estímulo para tensión máxima:** *50 ms (rápido)*
- **Unidad Motora:** *300–800 fibras por neurona motora - Muchas fibras - Mayor fuerza*
- **Unidad Motora:** *Grande cuerpo celular – Mayor velocidad*
- **Forma rápida de la miosina ATPase:** *Suministro de energía más rápido*
- **Retículo sarcoplasmático más desarrollado:** *Mayor capacidad para liberar calcio – Mayor velocidad contracción*
- **Distribución Cuerpo:** *25% (FTa), 22-24% (FTb), 1-3% (FTc)*
- **Reclutamiento:** *Mayor frecuencia FTa que FTb y FTc*



Fibras Musculares Fast-Twitch (FT_a)

- Moderada capacidad aeróbica (oxidativa) y tolerancia a la fatiga
- Alta capacidad anaeróbica (glucolítica) y fuerza generada por la unidad motora
- Rápida velocidad contractil (50 ms para alcanzar la tensión pico) y miosina ATPase (forma rápida)
- 300–800 fibras por neurona motora
- Alto desarrollo del retículo sarcoplasmático





Fibras Musculares Fast-Twitch (FT_a)

- Capacidad aeróbica (oxidativa): *Moderada*
- Capacidad anaeróbica (glucolítica): *Alta*
- Fatigabilidad: *Alta*
- Velocidad de la contracción: *Alta (Rapido)*
- Fuerza de la contracción: *Alta*
- Retículo sarcoplasmático: *Más desarrollado que ST*
- Distribución en Cuerpo: 25% compuesto de fibras FT_a
- Reclutamiento: *Mayor frecuencia que FT_b y FT_c*





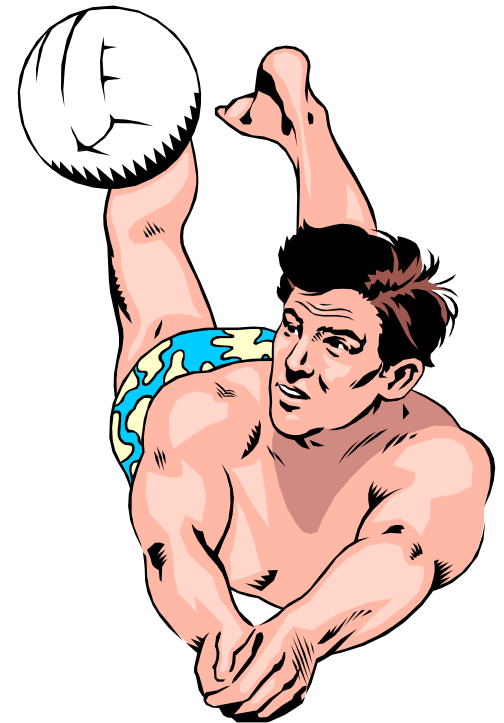
Fibras Musculares Fast-Twitch (FT_b)

- Baja capacidad aeróbica (oxidativa) y tolerancia a la fatiga (alta fatigabilidad)
- Alta capacidad anaeróbica (glucolítica) y fuerza generada por la unidad motora
- Alta velocidad contractil (50 ms para alcanzar la tensión pico) y miosina ATPase (forma rápida)
- 300–800 fibras por neurona motora
- Alto desarrollo del retículo sarcoplasmático



Fibras Musculares Fast-Twitch (FT_b)

- **Reclutamiento:** *No son activadas con facilidad por el sistema nervioso*
- **Distribución cuerpo:** 22-24% formado por fibras FTb



Fibras Musculares Fast-Twitch (FT_c)

- **Reclutamiento:** *Poco frecuente*
- **Distribución cuerpo:** 1-3% se compone de fibras FTc



113

Características	Tipo de Fibra		
	CL (ST)	CRa (FTa)	CRb (FTb)
Fibras por Neurona Motora	10-180	300-800	300-800
Tamaño de la Neurona Motora	Pequeña	Grande	Grande
Velocidad de la Conducción del Nervio	Lenta	Rápida	Rápida
Velocidad de Contracción (m/s)	50	110	110
Tipo de Miosina ATPase	Lenta	Rápida	Rápida
Desarrollo del Retículo Sarcoplasmático	Bajo	Alto	Alto
Fortaleza de la Unidad Motora	Baja	Baja	Alta
Capacidad Aeróbica (Oxidativa)	Alta	Moderada	Baja
Capacidad Anaeróbica (Glucolítica)	Baja	Alta	Alta

NOTA. Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. 36), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

- **ST= *Negras***
- **FTa = *No Teñidas***
- **FTb = *Gris***
- **FTc**

NOTA. Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. 34), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

¿Sabías que...?

La diferencia en el desarrollo de la fuerza entre las unidades motoras FT y ST se debe al número de fibras musculares por unidad motora y al mayor diámetro de las fibras FT.



113
 114
 115
 116
 117
 118
 119
 120
 121
 122
 123
 124
 125
 126
 127
 128
 129
 130
 131
 132
 133
 134
 135
 136
 137
 138
 139
 140
 141
 142
 143
 144
 145
 146
 147
 148
 149
 150
 151
 152
 153
 154
 155
 156
 157
 158
 159
 160
 161
 162
 163
 164
 165
 166
 167
 168
 169
 170
 171
 172
 173
 174
 175
 176
 177
 178
 179
 180
 181
 182
 183
 184
 185
 186
 187
 188
 189
 190
 191
 192
 193
 194
 195
 196
 197
 198
 199
 200
 201
 202
 203
 204
 205
 206
 207
 208
 209
 210
 211
 212
 213
 214
 215
 216
 217
 218
 219
 220
 221
 222
 223
 224
 225
 226
 227
 228
 229
 230
 231
 232
 233
 234
 235
 236
 237
 238
 239
 240
 241
 242
 243
 244
 245
 246
 247
 248
 249
 250
 251
 252
 253
 254
 255
 256
 257
 258
 259
 260
 261
 262
 263
 264
 265
 266
 267
 268
 269
 270
 271
 272
 273
 274
 275
 276
 277
 278
 279
 280
 281
 282
 283
 284
 285
 286
 287
 288
 289
 290
 291
 292
 293
 294
 295
 296
 297
 298
 299
 300
 301
 302
 303
 304
 305
 306
 307
 308
 309
 310
 311
 312
 313
 314
 315
 316
 317
 318
 319
 320
 321
 322
 323
 324
 325
 326
 327
 328
 329
 330
 331
 332
 333
 334
 335
 336
 337
 338
 339
 340
 341
 342
 343
 344
 345
 346
 347
 348
 349
 350
 351
 352
 353
 354
 355
 356
 357
 358
 359
 360
 361
 362
 363
 364
 365
 366
 367
 368
 369
 370
 371
 372
 373
 374
 375
 376
 377
 378
 379
 380
 381
 382
 383
 384
 385
 386
 387
 388
 389
 390
 391
 392
 393
 394
 395
 396
 397
 398
 399
 400
 401
 402
 403
 404
 405
 406
 407
 408
 409
 410
 411
 412
 413
 414
 415
 416
 417
 418
 419
 420
 421
 422
 423
 424
 425
 426
 427
 428
 429
 430
 431
 432
 433
 434
 435
 436
 437
 438
 439
 440
 441
 442
 443
 444
 445
 446
 447
 448
 449
 450
 451
 452
 453
 454
 455
 456
 457
 458
 459
 460
 461
 462
 463
 464
 465
 466
 467
 468
 469
 470
 471
 472
 473
 474
 475
 476
 477
 478
 479
 480
 481
 482
 483
 484
 485
 486
 487
 488
 489
 490
 491
 492
 493
 494
 495
 496
 497
 498
 499
 500
 501
 502
 503
 504
 505
 506
 507
 508
 509
 510
 511
 512
 513
 514
 515
 516
 517
 518
 519
 520
 521
 522
 523
 524
 525
 526
 527
 528
 529
 530
 531
 532
 533
 534
 535
 536
 537
 538
 539
 540
 541
 542
 543
 544
 545
 546
 547
 548
 549
 550
 551
 552
 553
 554
 555
 556
 557
 558
 559
 560
 561
 562
 563
 564
 565
 566
 567
 568
 569
 570
 571
 572
 573
 574
 575
 576
 577
 578
 579
 580
 581
 582
 583
 584
 585
 586
 587
 588
 589
 590
 591
 592
 593
 594
 595
 596
 597
 598
 599
 600
 601
 602
 603
 604
 605
 606
 607
 608
 609
 610
 611
 612
 613
 614
 615
 616
 617
 618
 619
 620

- La genética determina los tipos de neuronas motoras que inervan nuestras fibras musculares individuales.
- Las fibras musculares se especializan de acuerdo al tipo de neurona que las estimula.
- El entrenamiento de tolerancia, entrenamiento de fortaleza y la inactividad muscular puede resultar en reducidos cambios (menos de 10%) en el porcentaje de las fibras FT y ST.
- Se ha evidenciado que el entrenamiento de tolerancia reduce el porcentaje de las fibras FT_b, mientras aumenta la fracción de las fibras FT_a.
- El envejecimiento puede resultar en cambios en el porcentaje de las fibras FT y ST.

Fibras Musculares de Contracción Lenta y de Contracción Rápida

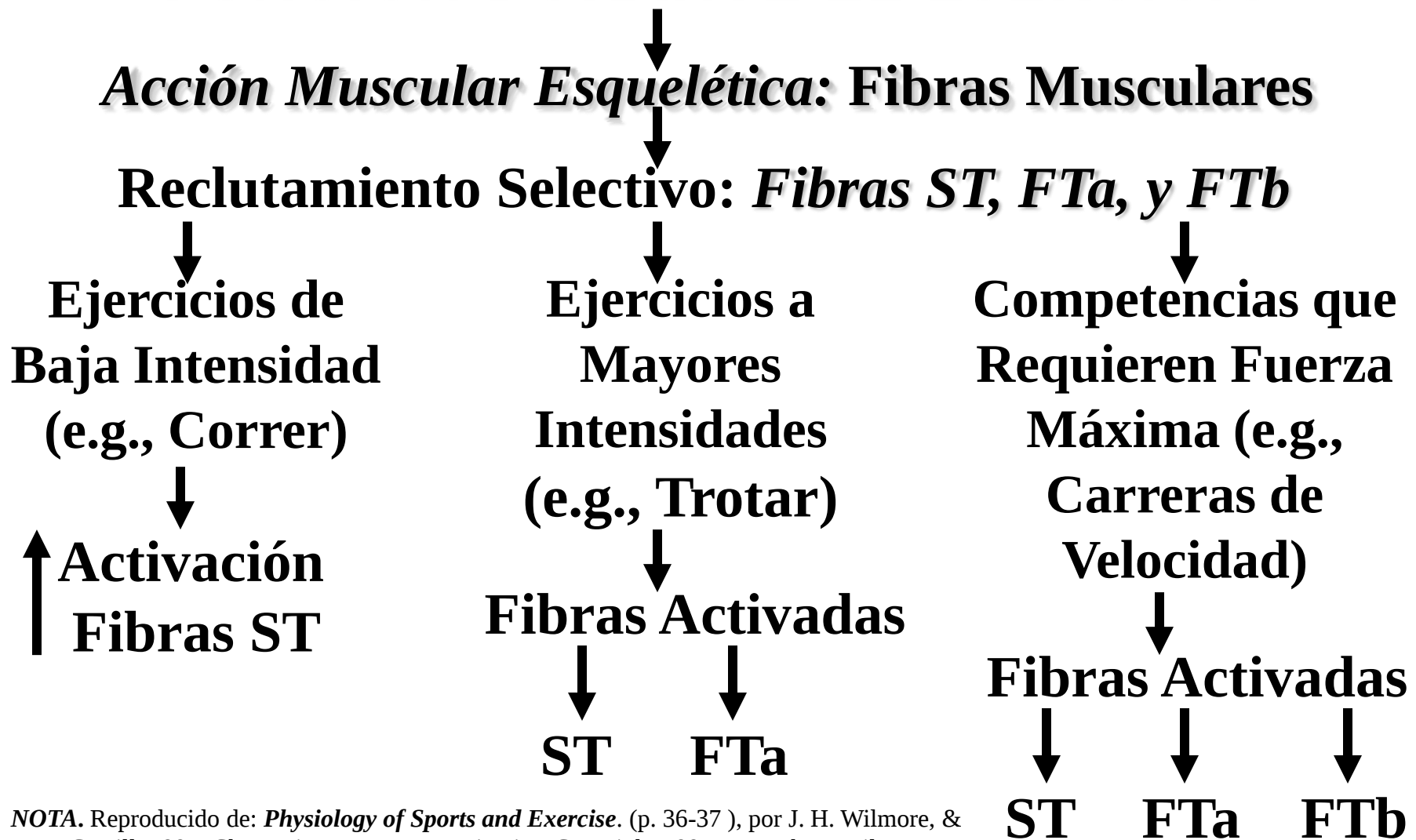
- Las unidades motoras que suplen las fibras FT son más grande (Ej: más fibras por unidad motora) que aquellas que suplen las fibras ST; por lo tanto, las unidades motoras FT pueden reclutar más fibras.
- Las fibras ST poseen una alta tolerancia aeróbica y están diseñadas para actividades de tolerancia de baja intensidad.
- Las fibras FT son mejores para las actividades anaeróbicas o explosivas.

- Para que una unidad motora pueda ser reclutada en la actividad, el impulso nervioso debe de alcanzar o exceder el umbral.
- Cuando esto ocurra, todas las unidades motoras actúan máximamente.
- Si no se satisface el umbral, ninguna de las fibras de la unidad se activaran.
- Más fuerza se produce al activar más unidades motoras.

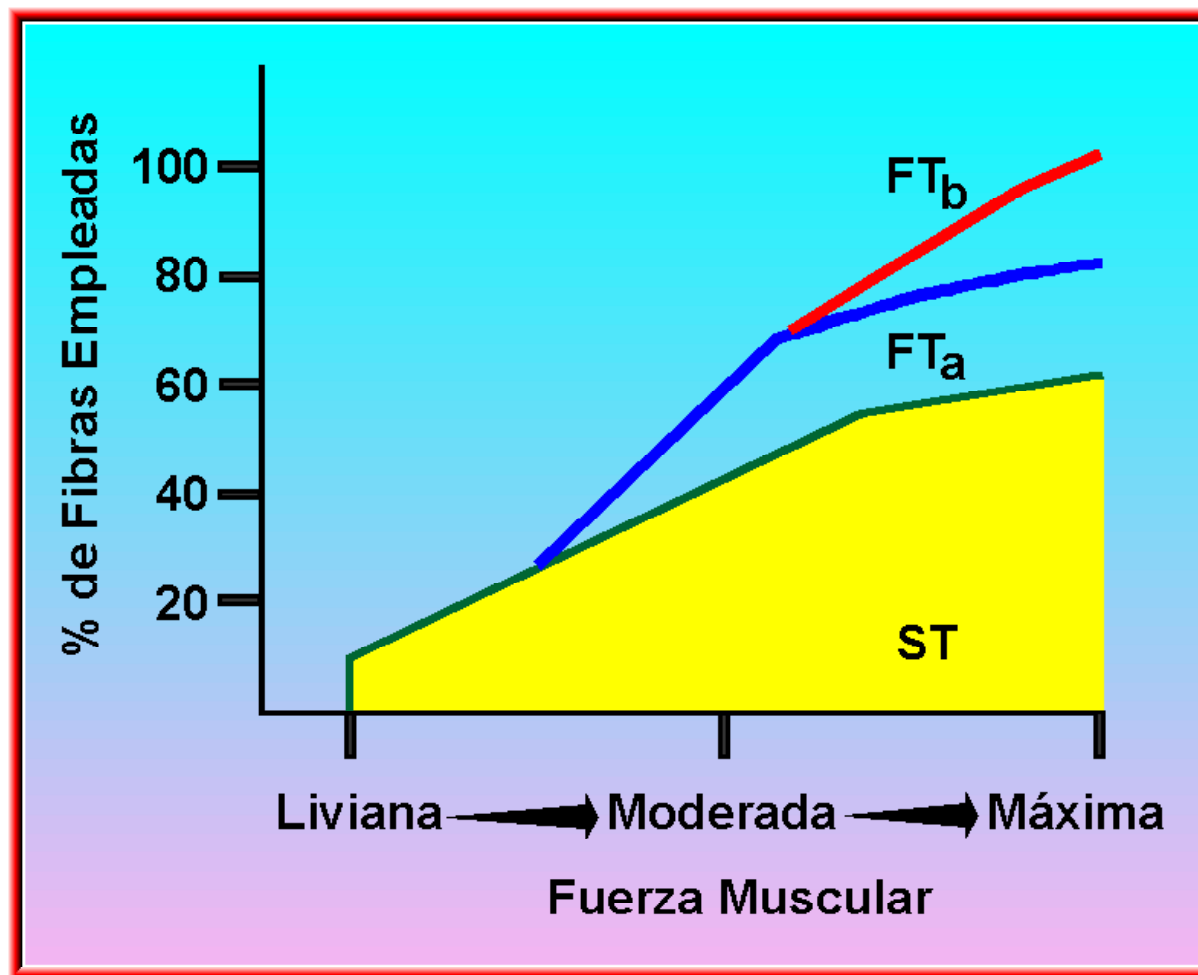
- El principio del reclutamiento ordenado postula que que las unidades motoras son activadas en un orden fijo, basado en su clasificación/rango en el músculo.
- El principio del tamaño postula que el orden del reclutamiento esta directamente relacionado con el tamaño de su neurona motora.
- La fibras ST, las cuales poseen unidades motoras más pequeñas, se reclutan antes que las fibras FT.



LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DURANTE EL EJERCICIO



NOTA. Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. 36-37), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

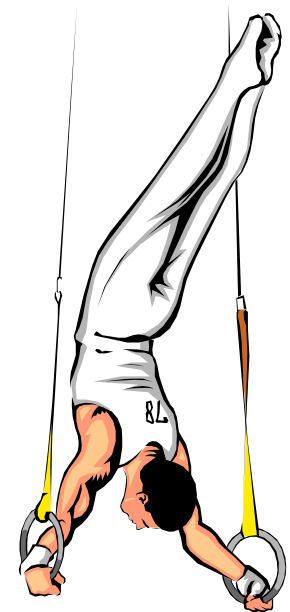
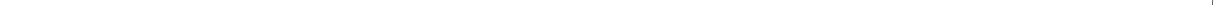


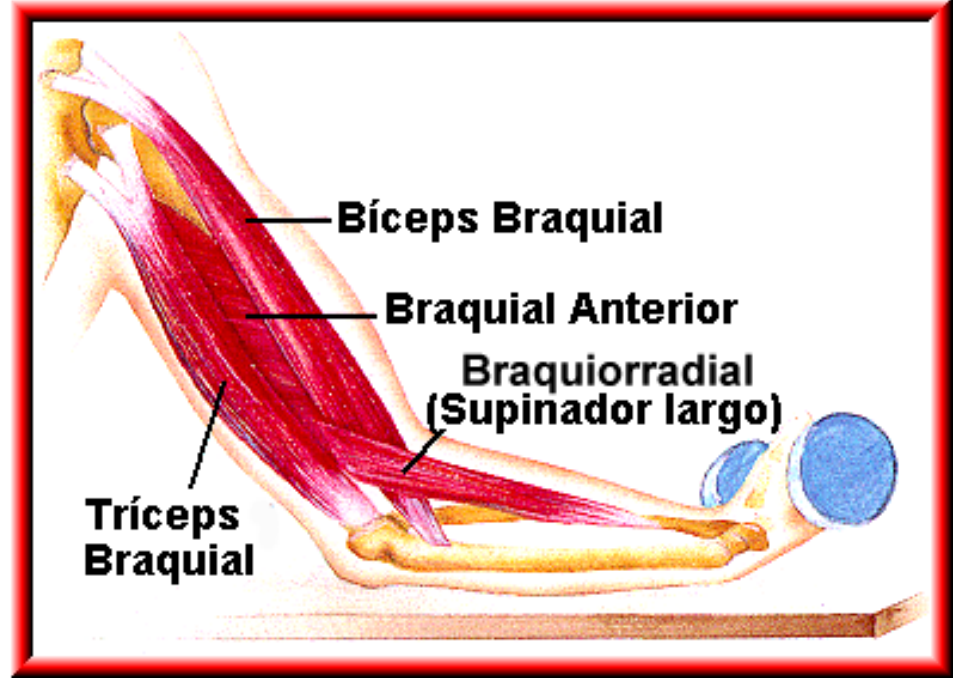
Reclutamiento en Forma de Rampa de las Fibras Musculares de Contracción Lenta (ST) y de Contracción Rápida (FT)

NOTA. Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. 37), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.



Facilitan la Acción de los Músculos Motores Primarios





NOTA. Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. 39), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

Acción Muscular: Generación de Tensión

Tipos/Clasificación

Concéntrica

Excéntrica

**Isométrica
(Estática)**

**Acortamiento
Muscular**

**Alargamiento
Muscular**

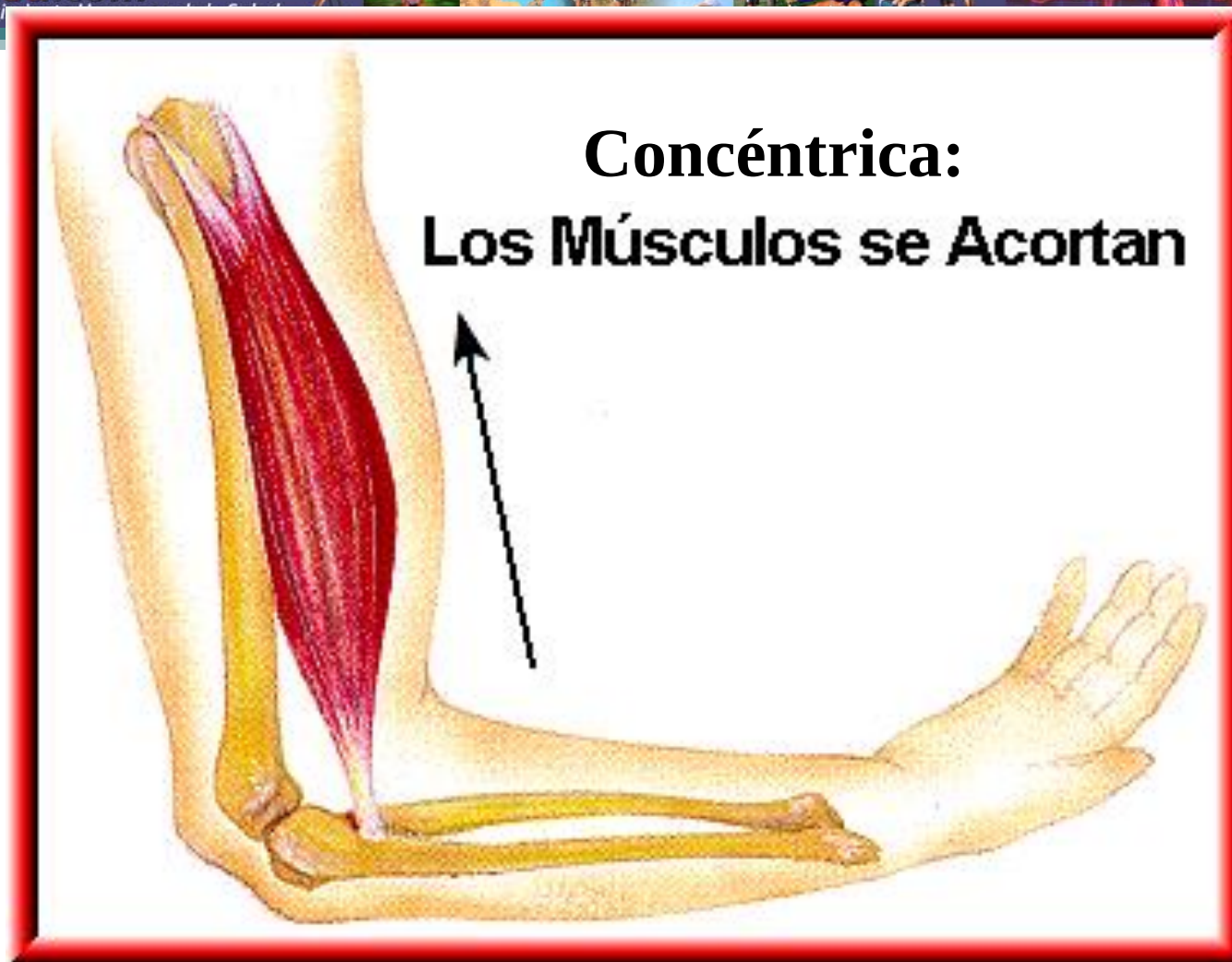
**No Cambia
(Invariable)**

**(Acción Principal de
los Músculos)**

***Longitud
Muscular***

***Ángulo
Articular***

**Produce Movimiento Articular
(Acción Dinámica)**



Filamentos de Actina (Delgados) se Arrastran Haciendo que se Aproximen, Incrementando su Sobreposición con los Filamentos de Miosina (gruesos)

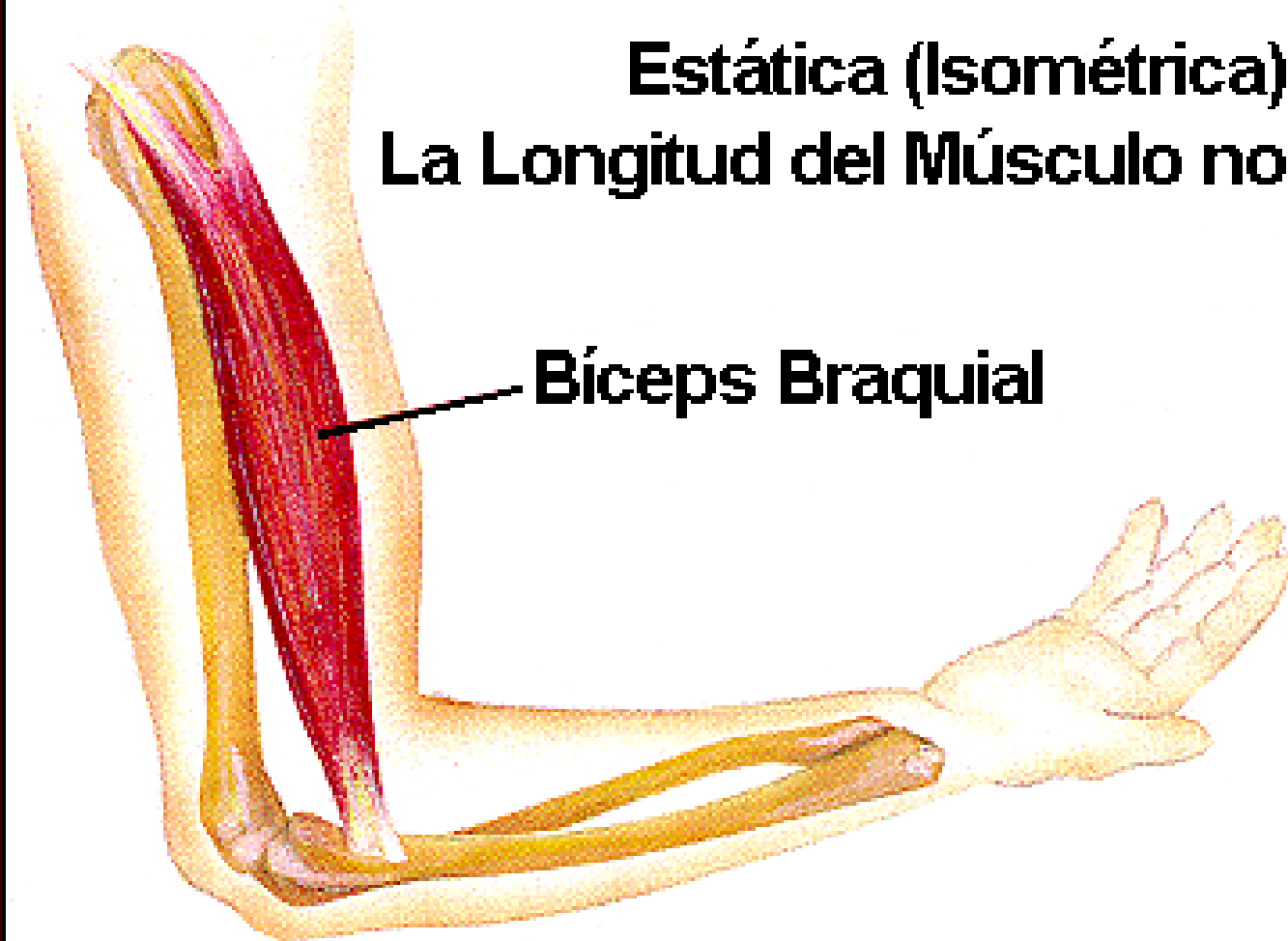
NOTA. Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. 39), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.



Los Filamentos de Actina (Delgados) se Separan

NOTA. Reproducido de: *Physiology of Sports and Exercise*. (p. 39), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics..Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

Estática (Isométrica): La Longitud del Músculo no Cambia

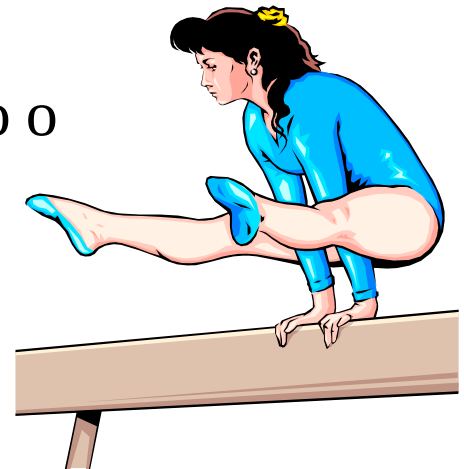


Bíceps Braquial

Durante las Acciones de los Músculos Estáticos, los Puentes Cruzados de Miosina se Forman y se Reciclan, pero la Fuerza es demasiado Grande para que los Filamentos de Actina se Muevan

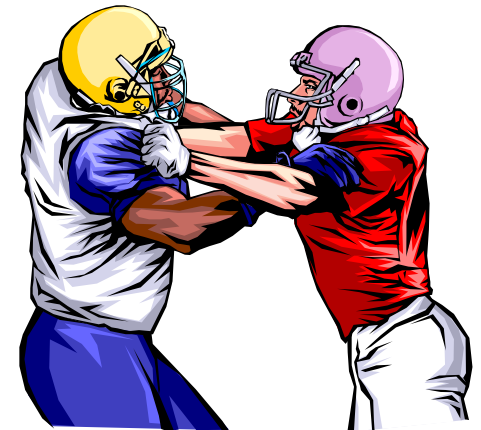
GENERACION DE FUERZA: Determinantes

- Número de unidades motoras activadas.
- Tipo de unidades motoras activadas (FT o ST).
- Tamaño del músculo.
- Longitud inicial del músculo cuando se activa (# de puentes cruzados en contacto con los filamentos de actina).
- Ángulo de la articulación (torque).
- Velocidad de acción del músculo (acortamiento o alargamiento).



Factores que Influyen en la Generación de la Fuerza

- Número de unidades motoras activadas
- Tipo de unidades motoras activadas (FT o ST)
- Tamaño del músculo
- Longitud inicial del músculo
- Ángulo de la articulación
- Velocidad de la acción muscular (acortamiento o alargamiento)



Uso de los Músculos

- Los músculos involucrados en el movimiento pueden ser clasificados como agonistas, antagonistas y sinergistas.
- Los tres tipos de acción muscular son concéntrica, estática y excéntrica.
- La producción de la fuerza aumenta al reclutar más unidades motoras.

(continua)

Uso de los Músculos

- Todas las articulaciones poseen un ángulo óptimo en la cuales los músculos que cruzan la articulación producen una fuerza máxima.
- El ángulo de fuerza máxima depende de la posición relativa de la inserción muscular en el hueso y la carga colocada sobre el músculo.
- La velocidad de la acción afecta la cantidad de fuerza producida.

MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN

Generación de Fuerza: Determinantes

Velocidad de Acción del Músculo

Acción Muscular

**Concéntrica
(Acortamiento)**

*Velocidad de
Accción*

**Alta:
0.8 m/s**

↓ Fuerza

**Baja:
0.2 m/s**

↑ Fuerza

**Isométrico
(Estático)**

*Velocidad de
Accción*

0.0 m/s

↑ Fuerza

**Excéntrico
(Alargamiento)**

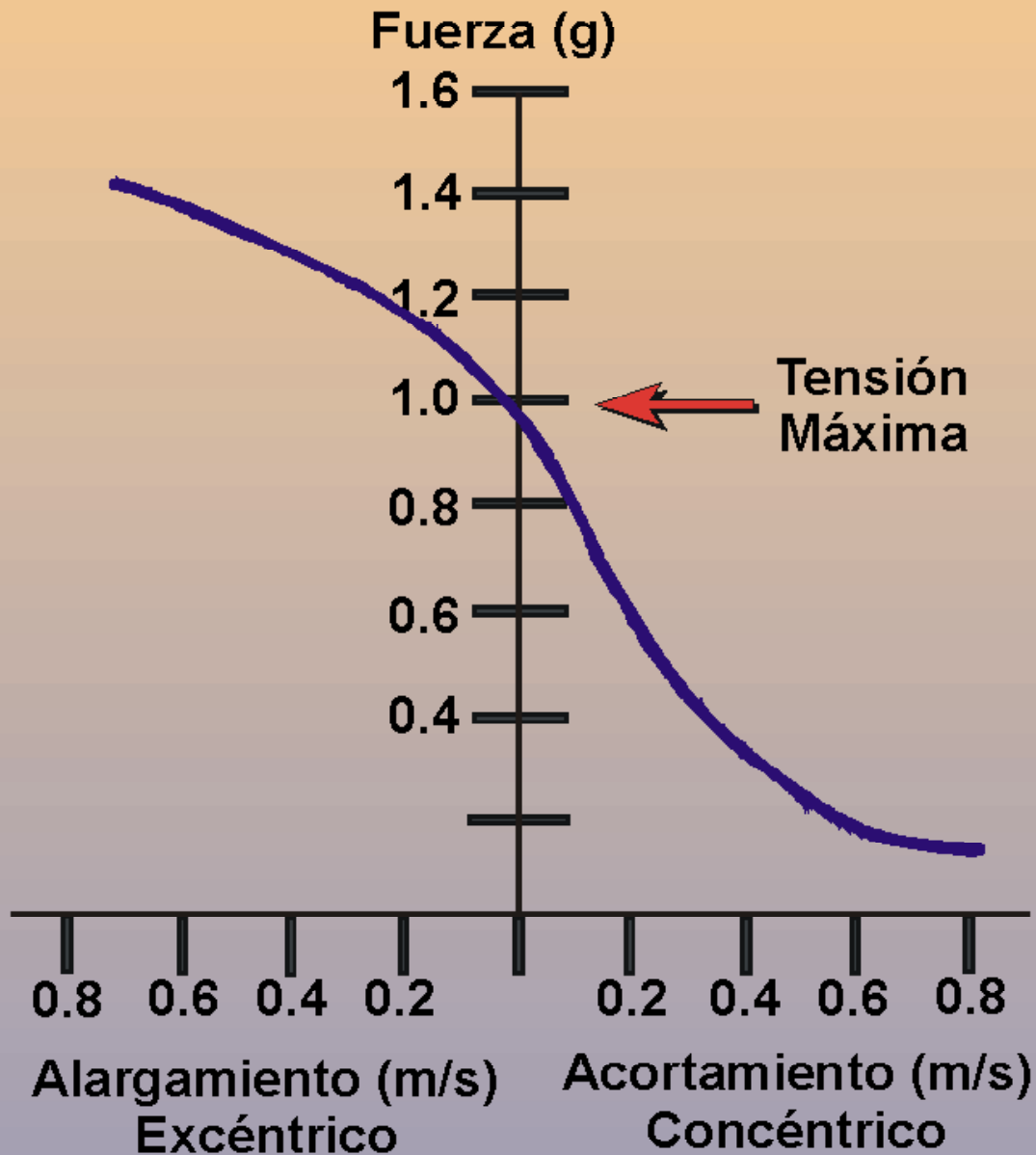
*Velocidad de
Accción*

**Alta:
0.8 m/s**

↑ Fuerza

**Baja:
0.2 m/s**

↓ Fuerza



Relación entre la Longitud del Músculo y la Producción de Fuerza
(Adaptado de: Åstrand & Rodahl, 1986, p. 44)