قسم فسيولوجيا الجهد البدني
كلية علوم الرياضة والنشاط البدني – جامعة الملك سعود

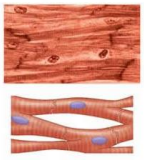
الجهاز العضلي الهيكلي

وظائف أعضاء الجهد البدني – 221 فجب
عبدالعزيز الدايل

1

العضلات القلبية

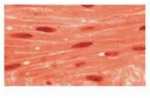
- مركزية النواة (احادية أو ثنائية)
- مخططة
- لا إرادية
- لا تتطلب تحفيز من الجهاز العصبي لكي تنقبض (ذاتية الإيقاع)
- أسطوانية الشكل وألياقها متفرعة ومتصلة من خلال أقراص مدمجة تسمح بمرور النشاط الكهربائي في جميع أنحاء العضلات
- تسترخي بعد كل انقباض لتجنب التعب



3

العضلات الملساء أو الناعمة أو الحشوية

- وحيدة النواة
- غير مخططة
- لا إرادية
- خلايا مغزلية الشكل ، وعادة ما توجد في خطوط متوازية تشكل صفائح
- توجد في تجويف جدران الأوعية الدموية وأجهزة الجسم المختلفة
- إنقباضاتها بطيئة (بطيئة الخلجة) لكن تحملها عالي (مقاومة للتعب)



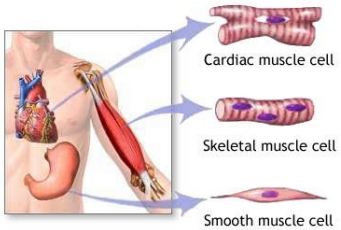
4

العضلات الهيكلية

- متعددة النوى
- مخططة
- إرادية
- ألياقها اسطوانية الشكل وطويلة تمتد على طول العضلة
- تستطيع إجراء عدة إنقباضات بدون إسترخاء مما يزيد فرص التعب العضلي

5

أنواع العضلات



2

TABLE 9.3 Comparison of Skeletal, Cardiac, and Smooth Muscle

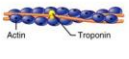
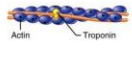
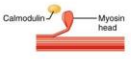
CHARACTERISTIC	SKELETAL	CARDIAC	SMOOTH
Body location	Attached to bones or (some facial muscles) to skin	Walls of the heart	Single-unit muscle in walls of hollow visceral organs (other than the heart); multiunit muscle in intrinsic eye muscles, airways, large arteries
Cell shape and appearance	Single, very long, cylindrical, multinucleate cells with obvious striations	Branching chains of cells; uni- or binucleate; striations	Single, fusiform, uninucleate; no striations

Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Table 9.3.1

6

TABLE 9.3 Comparison of Skeletal, Cardiac, and Smooth Muscle

CHARACTERISTIC	SKELETAL	CARDIAC	SMOOTH
Site of calcium regulation	Troponin on actin-containing thin filaments	Troponin on actin-containing thin filaments	Calmodulin in the sarcoplasm
			
Presence of pacemaker(s)	No	Yes	Yes (in single-unit muscle only)
Effect of nervous system stimulation	Excitation	Excitation or inhibition	Excitation or inhibition
Speed of contraction	Slow to fast	Slow	Very slow
Rhythmic contraction	No	Yes	Yes in single-unit muscle
Response to stretch	Contractile strength increases with degree of stretch (to a point)	Contractile strength increases with degree of stretch	Stress-relaxation response
Respiration	Aerobic and anaerobic	Aerobic	Mainly aerobic

Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Table 9.3.4

7

TABLE 9.3 Comparison of Skeletal, Cardiac, and Smooth Muscle

CHARACTERISTIC	SKELETAL	CARDIAC	SMOOTH
Presence of gap junctions	No	Yes; at intercalated discs	Yes; in single-unit muscle
Cells exhibit individual neuromuscular junctions	Yes	No	Not in single-unit muscle; yes in multiunit muscle
Regulation of contraction	Voluntary via axon terminals of the somatic nervous system	Involuntary; intrinsic system regulation; also autonomic nervous system controls; hormones; stretch	Involuntary; autonomic nerves, hormones, local chemicals; stretch
Source of Ca^{2+} for calcium pulse	Sarcoplasmic reticulum (SR)	SR and from extracellular fluid	SR and from extracellular fluid

Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Table 9.3.3

8

خصائص العضلات

- التهيج (**Irritability**): قدرة العضلات على تلقي المحفزات و الاستجابة لها
- الانقباض (**Contractility**): قدرة العضلات على الانقباض من خلال الاستجابة للتحفيز
- التمدد (**Extensibility**): قدرة العضلات على التمدد والاستطالة
- المرونة (**Elasticity**): قدرة العضلات على العودة إلى طولها الطبيعي بعد التمدد
- التكيف (**Adaptability**): قدرة العضلات على التكيف (التغير) مع التدريب

9

9

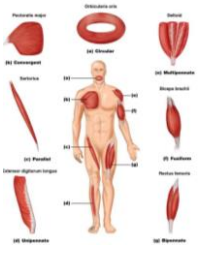
العضلات الهيكيلة

- **يوجد في جسم الإنسان 660 عضلة هيكلية**
- **تشكل ما يقرب من 45% من وزن الجسم**
- **تعتبر ناقل ومخزن ومستهلك رئيس للطاقة**
- **مثبت للمفاصل وداعم لقوام الجسم من خلال الأوتار والأربطة**
- **عضو أساسي في الحركة**
- **تتكون العضلة تقريبا من 75% ماء و 20% بروتين و 5% أملاح غير عضوية.**

10

10

أشكال العضلات الهيكلية

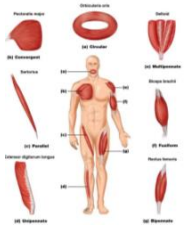


- **الدائرية**
  - **تظهر في شكل دائري وعادة ما تكون العضلات العاصرة التي تحيط بفتحة مثل الفم**
- **المتقاربة أو الثلاثية**
  - **يكون منشأها اوسع من مدغمها مما يسمح لها بانتاج أقصى قوة ممكنة (عضلات الصدر)**
- **المتوازية**
  - **تعمل بشكل متوازي، ليست قوية لكن تحملها عالي (الخياطية – الترقوية)**

11

11

اشكال العضلات الهيكلية



- **الريشية: (أحادية وثنائية ومتعددة الأوتار)**
  - **لديها عدد كبير من الألياف العضلية لكل وحدة. تنتج قوة كبيرة لكن تتعب بسهولة (الرسغ والفخذية المستقيمة والدالية)**
- **المغزلية:**
  - **تأخذ شكل مغزلي بحيث يكون بطن العضلة أعرض من أطرافها (العضدية ذات الرأسين)**

12

12

متقاربة: منشأها اوسع من مدغمها مما يسمح لها بإنتاج أقصى قوة ممكنة

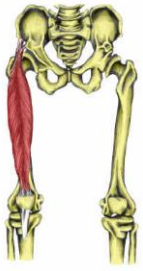
13

13

متوازية: تعمل بشكل متوازي، ليست قوية لكن تحملها عالي (الخياطية ، الترقوية)

14

14



ريشية (ثنائية الأوتار): لديها عدد كبير من الألياف العضلية لكل وحدة. تنتج قوة كبيرة لكن تتعب بسهولة (الرسغ والفخذية المستقيمة والدالية)

15

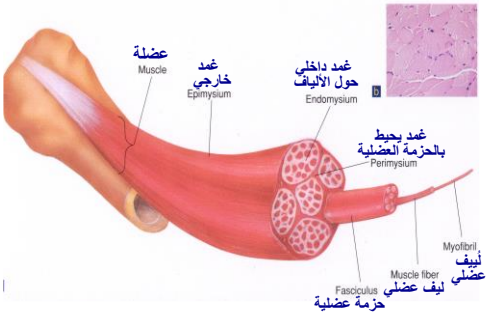
15

مغزلية: تأخذ شكل مغزلي بحيث يكون بطن العضلة أعرض من اطرافها (العضدية ذات الرأسين)

16

16

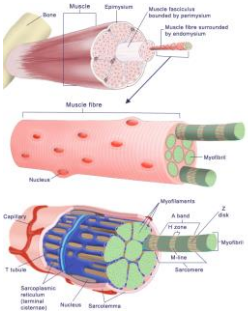
تركيب العضلة الهيكلية



17

17

تركيب العضلة (تابع)

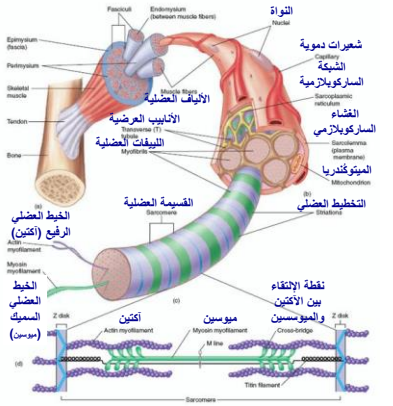


- الغمد الخارجي المحيط بالضعلة
- العضلة
- غمد يحيط بالحزمة العضلية
- حزمة عضلية
- غمد داخلي يحيط بالألياف العضلية
- ألياف عضلية
- الشبكة الساركوبلازمية
- لبيفات عضلية

18

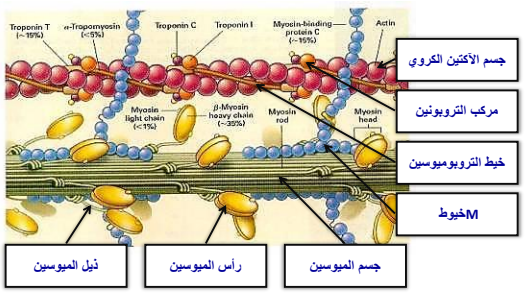
18

الليفة العضلية



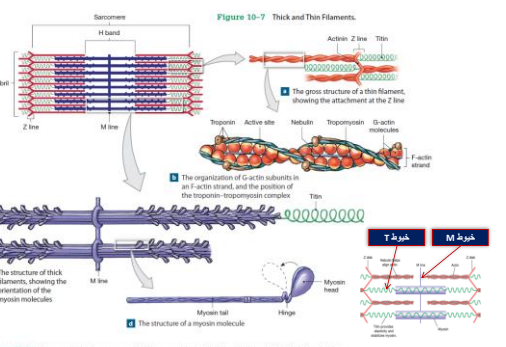
19

تركيب الآكتين والميوسين



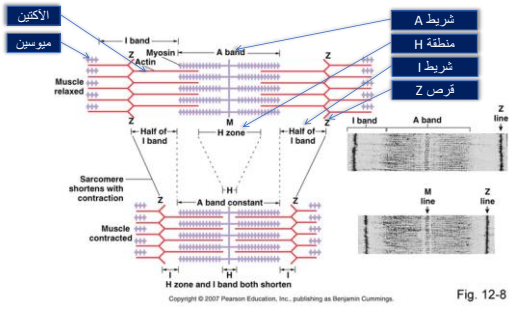
20

تركيب الآكتين والميوسين



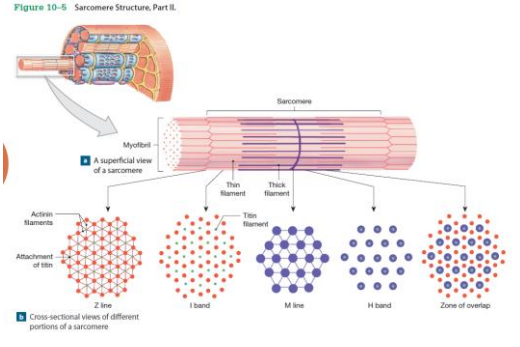
21

المناطق داخل القسيمة العضلية



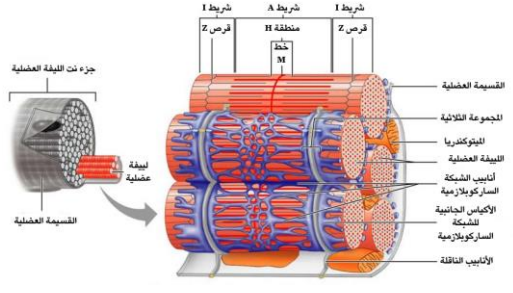
22

المناطق داخل القسيمة العضلية (تابع)



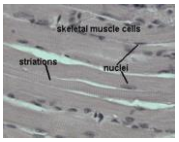
23

الشبكة السركوبلازمية



24

المكونات الرئيسة للخلية العضلية



- النواة: مركز التحكم في الخلية
- الغمد الليفي العضلي: استقبال المثيرات من الجهاز العصبي
- الليفة العضلية: يحتوي على الخيوط البروتينية المسؤولة عن الانقباض العضلي
- أنابيب T: نشر الاستقطاب من غشاء الخلية إلى داخل الخلية والتي تحفز الشبكة الساركوبلازمية على إفراز الكالسيوم
- الشبكة الساركوبلازمية: تخزين وإفراز الكالسيوم
- الميتوكوندريا: المكان الرئيس لإنتاج الطاقة

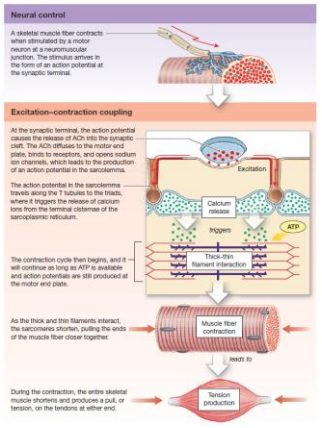
25

25

الانقباض العضلي

المستوى العصبي

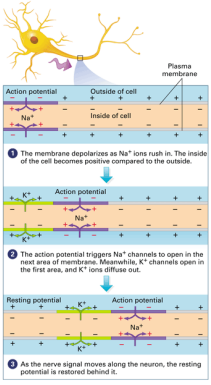
المستوى العضلي



26

26

استقطاب الخلية

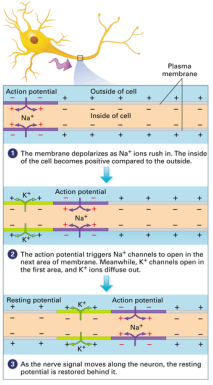


- الخلية في حالة استقطاب يعني أن الأيونات السالبة تتركز داخل الغشاء الخلوي مقارنة بخارجها (بما يقارب 65 - 85 ميللي فولت بالسالب)، وينشأ هذا الاستقطاب عن طريق تحريك الأيونات عبر الغشاء الخلوي بإخراج أيونات البوتاسيوم (الموجبة) إلى خارج الخلية للحفاظ على تركيز أيوني سالب داخل الخلية. يمثل هذا الوضع الراحة في الخلية، وتكون مستعدة لاستقبال المحفز بشرط أن يجتاز عتبة ما تُدعى بعتَبَة التحفيز

27

27

استقطاب الخلية (تابع)



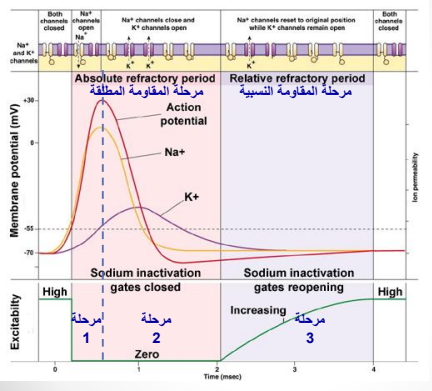
- عند وصول المحفز وتجاوزه عتبة التحفيز فإن قنوات الصوديوم تفتح فاسحة المجال لحدوث إزالة الاستقطاب بدخول أيونات الصوديم إلى داخل الخلية والتي تتمثل في تغيير مقدار جهد الغشاء الخلوي إلى ما يقرب +40 ميللي فولت داخل الخلية وهذا يسمح بإنتقال السيال للمنطقة المجاورة
- يعود الإستقطاب عندا يزول المحفز أو يقل عن عتبة التحفيز وعندها تُغلق قنوات الصوديوم وتفتح قنوات البوتاسيوم لتضخ الأيونات الموجبة خارج الخلية من أجل عودة الإستقطاب

28

28

الجهد الكهربائي

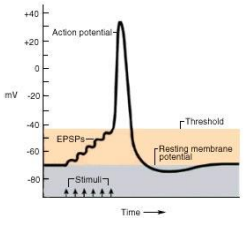
1. تفتح قنوات أيونات الصوديوم لتسمح بضخ مزيد من الأيونات إلى داخل الخلية.
2. بداية إنغلاق قنوات ايونات الصوديوم وتفتح قنوات البوتاسيوم. في هذه المرحلة تكون قنوات الصوديوم المغلقة غير قابلة للتحفيز
3. بداية عودة تركز الأيونات السالبة داخل الخلية وتكون في مرحلة المقاومة النسبية للتحفيز



29

29

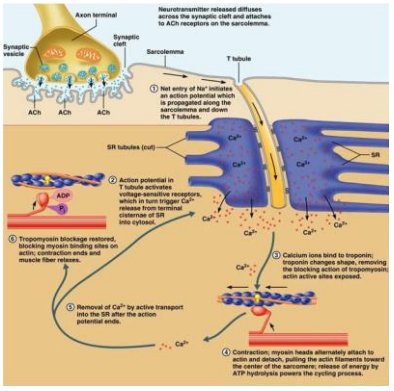
قانون الكل أو لاشيء All or none Law



- الليفة العضلي إما ان تنقبض كليا (كامل الليفة) أو لا تنقبض
- عندما ينتقل فرق الجهد داخل الخلية العضلية فإنها تنقبض بكامل قوتها
- عندما يتحفز العصب الحركي فإن جميع الألياف العضلية المتصلة به تنقبض
- تعتمد القوة العضلية الناتجة من أي تحفيز على عدد الوحدات الحركية المشتركة في الانقباض

30

30

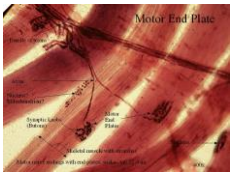


مراحل الانقباض العضلي

31

31

خطوات الإنقباض العضلي 1

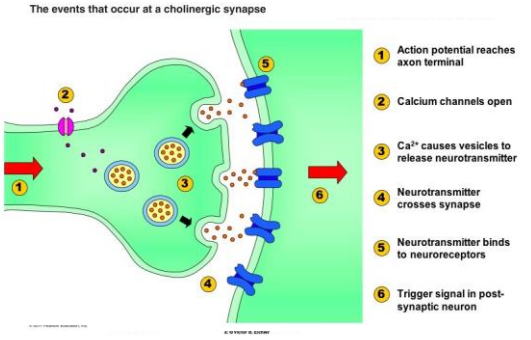


- عند وصول السيال العصبي لنهاية العصب الحركي، يفتح قنوات ايونات الكالسيوم التي تسنحث افراز موصلات عصبية في النهاية العصبية للعصب الحركي تسمى أستيل كولين Acetylcholine
- تفرز هذه المادة في منطقة الإلتقاء العصبي العضلي من الحويصلات المشبكية
- تشتبك مادة الأستيل كولين مع مستقبلات عصبية في الغشاء الساركوبلازمي المحيط بالليفة العضلية من أجل إحداث زوال استقطاب في الغشاء عن طريق فتح قنوات الصوديوم لدخول ايونات الصوديوم

32

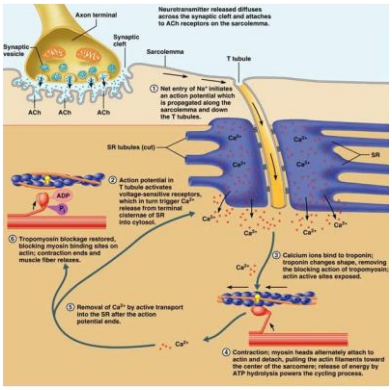
32

نقطة الاتصال العصبي العضلي



33

33



تشكل جسور الالتقاء بين الآكتين والميوزين

34

34

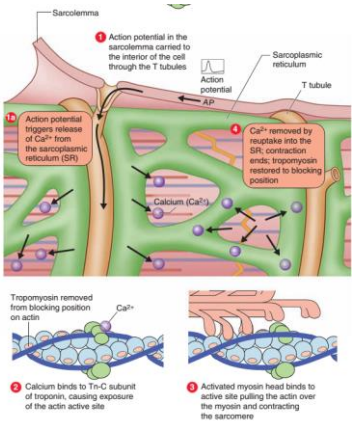
خطوات الإنقباض العضلي 2

- يمتد زوال الاستقطاب على طول غشاء الليفة العضلية حتى يصل للأنابيب الناقلة والتي من خلالها تستحث الأكياس الجانبية للشبكة الساركوبلازمية لإطلاق ايونات الكالسيوم ++C داخل القسيمة العضلية

- في ظل وجود تركيز عالي من ايونات الكالسيوم، تنجذب ايونات الكالسيوم إلى مستقبلات محددة ضمن مركب التربونين وتغيير شكله مما يؤدي إلى تحرك التروبوميوزين لتظهر مواقع إلتقاء الميوزين بالأكتين

35

35

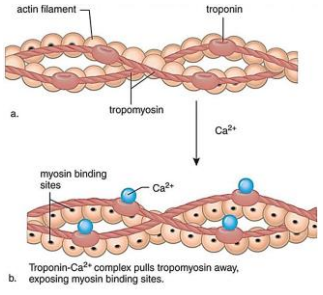


يمتد زوال الاستقطاب على طول غشاء الليفة العضلية حتى يصل للأنابيب الناقلة والتي من خلالها تستحث الأكياس الجانبية للشبكة الساركوبلازمية لإطلاق ايونات الكالسيوم ++C داخل القسيمة العضلية

36

36

مناطق إلتقاء الميوسين في الآكتين



في ظل وجود تركيز عالي من ايونات الكالسيوم تنجذب ايونات الكالسيوم إلى مستقبلات محددة من التربونين وتغيير شكله مما يؤدي إلى تحرك التروبوميوزين لتظهر مواقع إلتقاء الميوزين بالأكتين

37

37

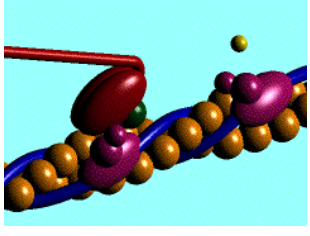
خطوات الإنقباض العضلي 2 (تابع)

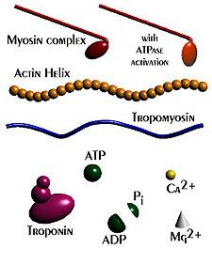
- تَحرر مركب الطاقة ATP الموجود على رأس الميوزين يؤدي إلى إلتصاق رأس الميوزين بمواقع إلتقائه بالأكتين وتحركه لسحب الأكتين للداخل بإتجاه خط M وهذا يتشكل جسور متقاطعة بين الأكتين والميوزين ويحدث ما يعرف بنظرية انزلاق الخيوط العضلية

- ينفصل رأس الميوزين عن مواقع إلتقائه في جسم الأكتين (بوجود مركب الطاقة ADP) ليلتصق مرة آخرى بموقع آخر من الأكتين وتستمر العملية مع وجود تركيز عالي من ايونات الكالسيوم وتوفر الطاقة اللازمة ATP لإلتقصاق وانفصال الميوزين بالاكتين

38

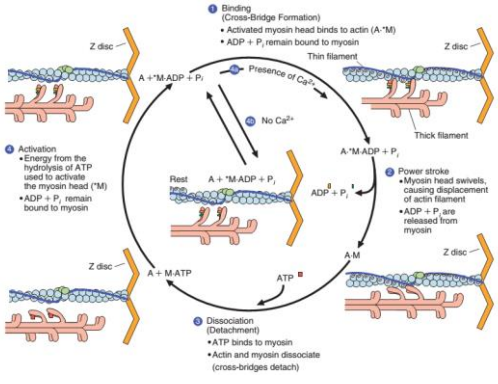
38





39

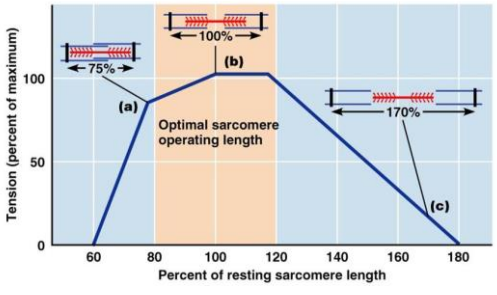
39



40

40

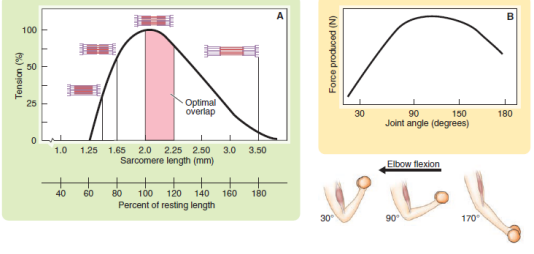
علاقة القوة بطول القسيمة العضلية



41

41

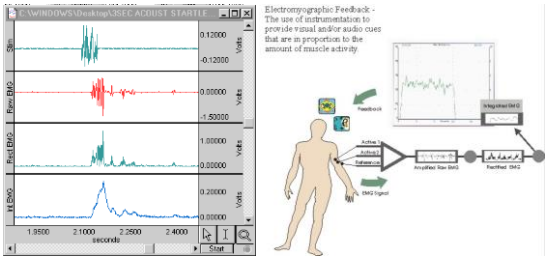
علاقة القوة بزاوية انقباض العضلة



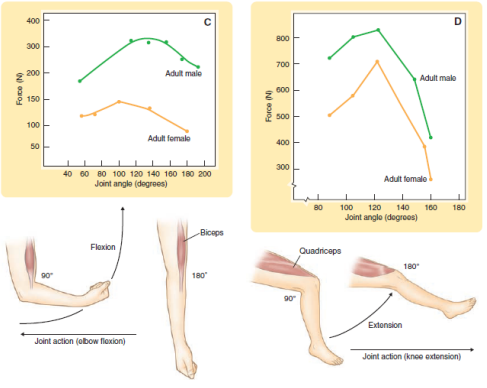
42

42

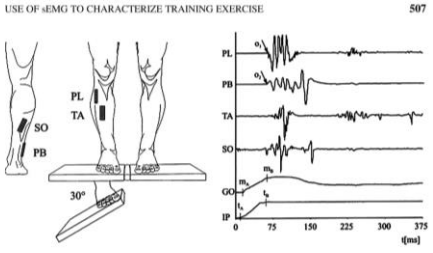
تسجيل النشاط الكهربائي للعضلة EMG



44

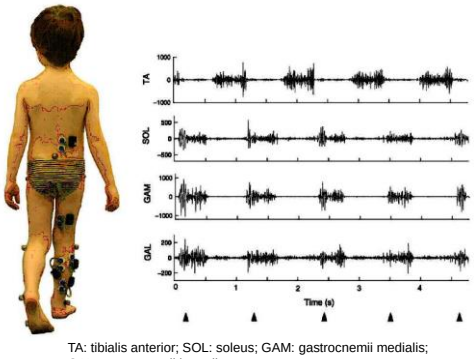


43



PL: peroneus longus; PB: peroneus brevis; TA: tibialis anterior;
SO: soleus; GO: the inversion angle

46



TA: tibialis anterior; SOL: soleus; GAM: gastrocnemii medialis;
GAL: gastrocnemii lateralis

45

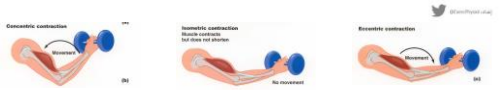
أبرز استخدامات تسجيل النشاط الكهربائي للعضلة في علوم الرياضة

- التماثل (Symmetry): بالرغم من أن بعض الرياضات تتطلب اختلاف في خصائص العضلات حول محاور الجسم المختلفة (الطولي والعرضي والسهمي)، فإن التوازن بين مهم للحد من الاصابات الرياضية (10% الحد الأقصى للتباين)
- التوافق (Coordination): القدرة على التحرك بكفاءة وتنسيق بين المجموعات العضلية المختلفة علامة التوافق والتناغم بين اجزاء الجسم وهذا يقلل مخاطر الإصابة
- التسلسل المثالي أو الأفضل في الحركة (Optimized Sequence): التجميع المثالي والتنقل بين القوة العضلية الناتجة من مجموعات عضلية مختلفة يؤدي حركة أكثر قوة في الاتجاه الصحيح الأمر الذي يتطلب التسلسل الدقيق في تحفيز الوحدات الحركية. أي خطأ في التوقيت، كأن تحفز وحدات حركية في قبل الوقت المناسب أو متأخرة عن الوقت المناسب سيزيد من خطر الإصابة
- تحديد ذروة النشاط (Peak Activity): قياس الحد الأقصى للنشاط العضلي يساعد على التعرف على قدرات العضلات المختلفة وانماط التحفيز للوحدات الحركية وبالتالي يزيد من كفاءة وفعالية برامج التدريب للوصول للحد الأقصى بدون التعرض لخطر الاصابة
- توفير معايير (Norms) مستندة على ادلة قابلة للقياس والتحقق

47

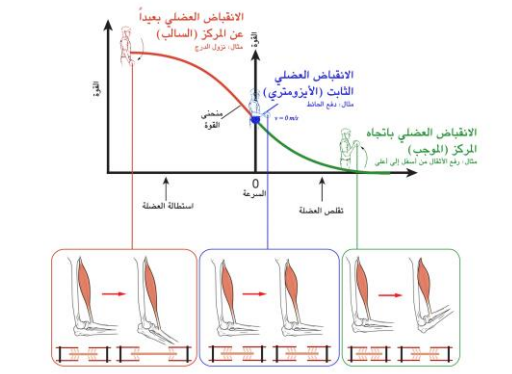
أنواع الانقباض العضلي

الإنقباض العضلي الثابت (Isometric)	انقباض عضلي ينتج عنه زيادة في توتر العضلة وحركة في وحدة النسيج العضلي (Sarcomere) لكن طول العضلة يبقى بدون تغير يذكر (مثال: دفع الحائط)
الانقباض العضلي المتحرك (Isotonic)	انقباض عضلي ينتج عنه تغير في طول العضلة وحركة في وحدة النسيج العضلي لكن توتر العضلة يبقى بدون تغير يذكر (معظم الحركات الرياضية تعتمد على الانقباض العضلي المتحرك)
اتجاه الانقباض المتحرك	• باتجاه مركز العضلة (Concentric) وفيه يقصر طول العضلة (مثال: رفع ثقل) • بعيداً عن مركز العضلة (Eccentric) وفيه تطول العضلة (مثال: نزول الدرج)
سرعة الانقباض المتحرك	• مقاومة وسرعة انقباض متغيرة • مقاومة وسرعة انقباض ثابتة (Isokinetic) خلال كامل مدى الحركة (مثال: حركة الذراعين داخل الماء أثناء سباحة الصدر)



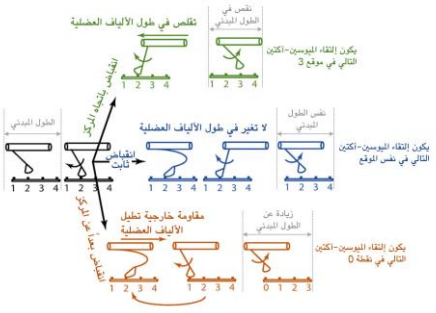
48

منحنى علاقة القوة بالسرعة



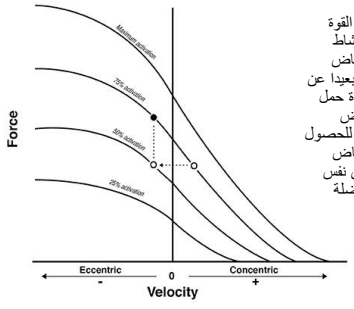
49

حركة الخيوط البروتينية داخل وحدة النسيج العضلي أثناء الانقباض العضلي



50

تأثير الحمل على منحنى علاقة القوة بالسرعة



- لتعويض الفرق بين مقدار القوة الناتجة عند نفس مقدار النشاط العصبي للعضلة بين الانقباض باتجاه المركز والانقباض بعيدا عن المركز، يمكن إضافة زيادة حمل بحدود 20% اثناء الانقباض العضلي بعيدا عن المركز للحصول على قوة متقاربة مع الانقباض العضلي باتجاه المركز عن نفس مقدار النشاط العصبي للعضلة

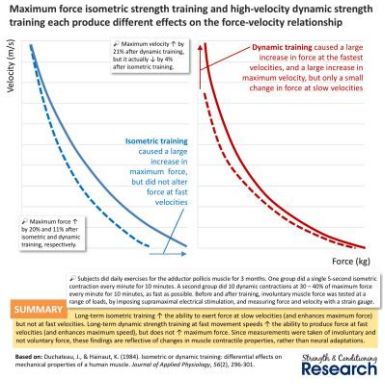
51

ملخص لخصائص دورة انزلاق خيوط الأكتين والميوسين

نوع الانقباض	الطاقة المستخدمة	القوة المنتجة	التغير في طول الألياف	تأثير السرعة على القوة
الانقباض باتجاه المركز	جزيء أدينوسين ثلاثي الفوسفات	2 بيكونيوتن	تقصر بحوالي 5 نانومتر	القوة تنقص مع زيادة السرعة 1 بيكونيوتن أثناء السرعة العالية 3 بيكونيوتن أثناء السرعة المنخفضة
الانقباض الثابت	جزيء أدينوسين ثلاثي الفوسفات	3 بيكونيوتن	ثابت نسبيا	لا يوجد حركة
الانقباض بعيداً عن المركز	جزيء أدينوسين ثلاثي الفوسفات	ن × 1 إلى 4 بيكونيوتن ن هو عدد مرات الإلتقاء والانفصال بين الأكتين والميوسين	تطول بحوالي 5-20 نانومتر	القوة تزيد مع زيادة السرعة 3 بيكونيوتن أثناء السرعة المنخفضة 4 بيكونيوتن أثناء السرعة العالية

52

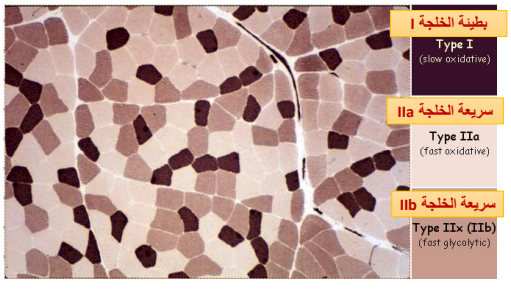
تأثير تدريب الانقباض العضلي الثابت والمتحرك على القوة والسرعة



- التمارين العضلية الثابتة ترفع مقدار القوة 20% والمتحركة 11%
- التمارين العضلية الثابتة تخفض القوة اثناء السرعة العالية 4% والمتحركة ترفع القوة اثناء السرعة العالية 21%

53

أنواع الألياف العضلية



54

أنواع الألياف العضلية

- بطيئة الخلجة I (مرتفعة التأكسد): لديها قدرة أكسدة عالية مع انخفاض في نشاط ATPase (بطء في دورة حدوث الجسور المتقاطعة) وتتميز بقدرتها على مقاومة التعب
- سريعة الخلجة IIa (منخفضة التأكسدة): لديها قدرة اكسدة منخفضة مع ارتفاع في نشاط ATPase (سرعة في دورة حدوث الجسور المتقاطعة) وتتميز بقدرتها المتوسطة على مقاومة التعب العضلي
- سريعة الخلجة IIb (مرتفعة تحلل السكر): لديها قدرة تحلل سكر عالية مع ارتفاع في نشاط ATPase (سرعة في دورة حدوث الجسور المتقاطعة) وتتميز بإنخفاض قدرتها على مقاومة التعب العضلي

55

55

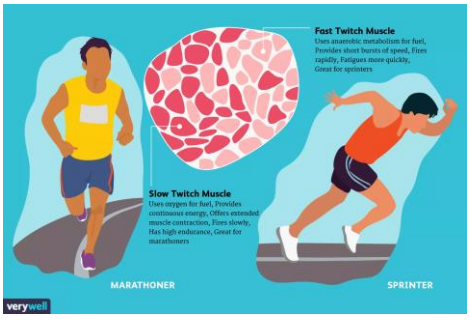
مقارنة أنواع الألياف العضلية

	بطيئة الخلجة I	سريعة الخلجة IIa	سريعة الخلجة IIb
المصدر الرئيس لإنتاج (ATP)	تأكسد الدهون	تأكسد الجلوكوز	تحلل الفوسفات
الميتوكوندريا	كثير	كثير	قليل
الشعيرات الدموية	كثير	كثير	قليل
محتوى الميوجلوبين	عالي (احمر)	عالي (احمر)	قليل (ابيض)
نشاط الإنزيم الحال للسكر	منخفض	متوسط	عالي
محتوى الجليكوجين	منخفض	متوسط	عالي
معدل التعب	بطئ	متوسط	سريع
نشاط ATPase في الميوسين	منخفض	عالي	عالي
سرعة تقلص العضلة	بطئ	سريع	سريع
قطر الليف العضلي	صغير	متوسط	كبير
حجم الوحدة الحركية	صغير	متوسط	كبير
حجم الألياف العصبية المحركة	صغير	متوسط	كبير
تنحية ايون الكالسيوم C^{++}	بطيء	سريع	سريع

56

56

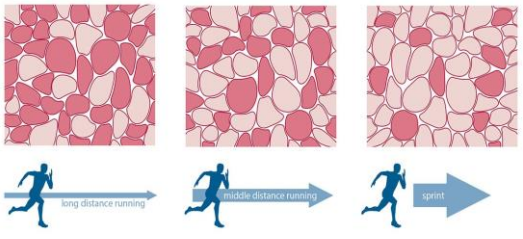
الألياف سريعة الخلجة مفضلة في الألعاب التي تتطلب سرعة عالية بينما بطيئة الخلجة في الألعاب التي تحمل عالي



57

57

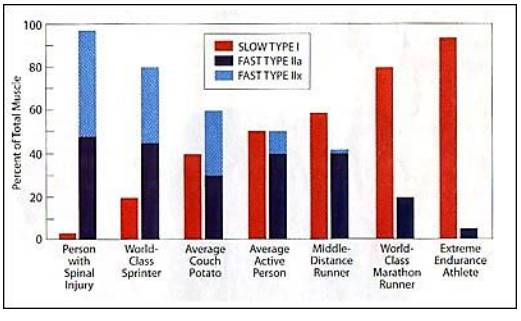
نسبة توزيع الألياف العضلية حسب نوع الرياضة



58

58

نسبة الألياف العضلية لدى مجموعة من الرياضيين وبعض الحلات (٪)



59

59

مقارنة نسبة الألياف بطيئة الخلجة في العضلة المتسعة (الفخذية) الوحشية والعضلة الدالية

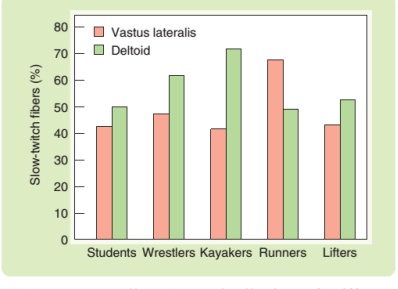
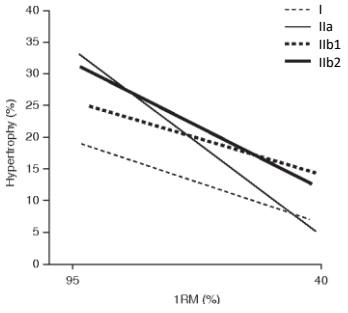


FIGURE 17.19. Fiber Type Distribution of Different Muscle Groups Among Athletes.

60

60

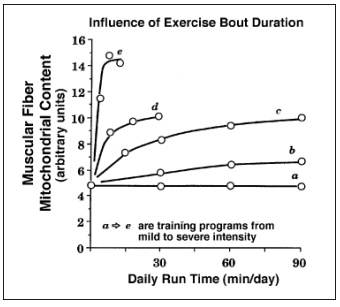
العلاقات بين نسبية زيادة حجم الألياف العضلية من أنواع I و IIa و IIb والشدة النسبية للتكرار الأقصى 1RM



61

61

تأشير شدة التدريب على محتوى الميتوكندريا في الألياف العضلية

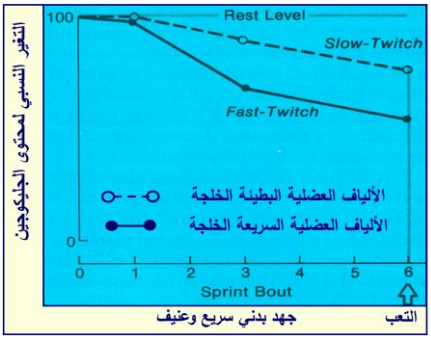


- *a* at 40% VO_2 max
- *b* at 50% VO_2 max
- *c* at 70% VO_2 max
- *d* at 85% VO_2 max
- *e* at 100% VO_2 max

62

62

التغير في محتوى الألياف العضلية السريعة والبطيئة الخلجة من الجليكوجين بعد جرعات متتابعة من الجهد البدني العنيف والقصير حتى التعب

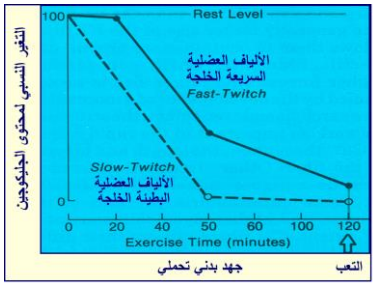


د. هزاع الهزاع

63

63

التغير في محتوى الألياف العضلية السريعة والبطيئة الخلجة من الجليكوجين بعد جهد بدني تحملي حتى التعب



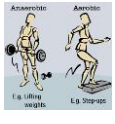
د. هزاع الهزاع

64

64

تأثير التدريب على النسيج العضلي

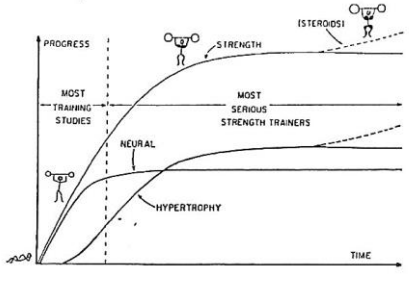
تأثير التدريب الهوائي	تأثير التدريب اللاهوائي (المقاومة)
• يزيد كثافة الشعريات الدموية داخل العضلات • يزيد عدد الميتوكوندريا • يزيد تصنيع الميوجلوبين (خضاب العضلات) • يطور التحمل و القوة و مقاومة التعب • قد تحويل ألياف سريعة الخجلة IIb (الجلوكوز) إلى سريع الخلجة IIa (فوسفات)	• تضخم العضلات (يرجع في معظمه إلى مساحة المقطع العرضي للكل الألياف) • يزيد الميتوكوندريا • يزيد عدد الليبيفات العضلية • يزد حجم مخازن الجليكوجين • يزيد كثافة النسيج الضام



65

65

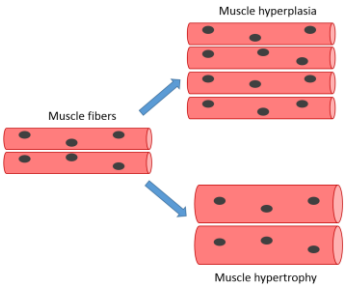
الأدوار النسبية للتكيف العضلي والعصبي لتدريب المقاومة



66

66

التضخم العضلي والأنسجة العضلية



67

67

العوامل المؤثرة على قوة العضلات

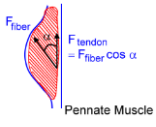
1. **عوامل فسيولوجية**
   1. عدد الوحدات الحركية
   2. نمط التنشيط للوحدات الحركية (متزامن وغير متزامن)
   3. مبدأ حجم الوحدات الحركية (منخفضة عتبة التحفيز تنقبض أولا)
   4. نشاط الوحدات الحركية المثبطة في قشرة الدماغ
   5. عمل المنعكسات الحسية العصبية (المغازل العضلية واجسام جولجي)
   6. طول العضلة
   7. التأخير في الكهروميكانيكية (من بداية إنشاء فرق الجهد حتى حدوث الانقباض)
   8. العمر (~20% تقل عند 60سنه)

68

68

العوامل المؤثرة على قوة العضلات

2. **عوامل تشريحية**
   1. عدد الوحدات الحركية
   2. نوع الليف العضلي (سريع الخلجة مقابل بطيئ الخلجة)
   3. حجم المقطع العرضي للعضلة (محل خلاف!)
   4. نسبة الأنسجة الدهني
   5. شكل العضلة (العضلات الريشية)

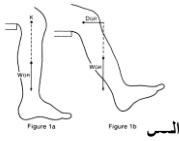


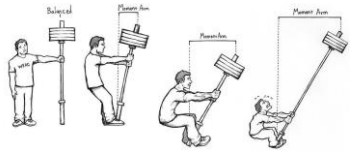
69

69

العوامل المؤثرة على قوة العضلات

3. **عوامل ميكانيكية**
   1. معامل الاحتكاك في المفصل
   2. الطاقة المرنة المخزنة
   3. نوع الانقباض الحركي (ثابت أو متحرك)
   4. العزم اللحظي المسافة بين القوة إلى محور الـ

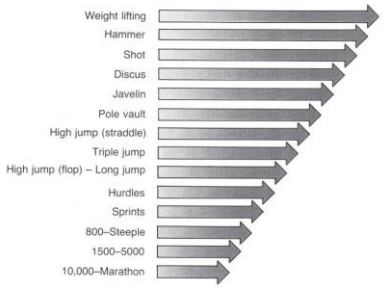




70

70

تمثيل مساهمة القوة العضلية في الرياضات المختلفة

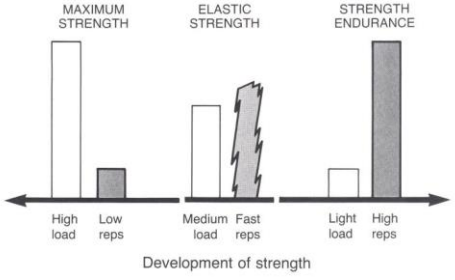


Representation of maximum strength contribution to various athletic events

71

71

تأثير تكرار وشدة التدريب على زيادة القوة

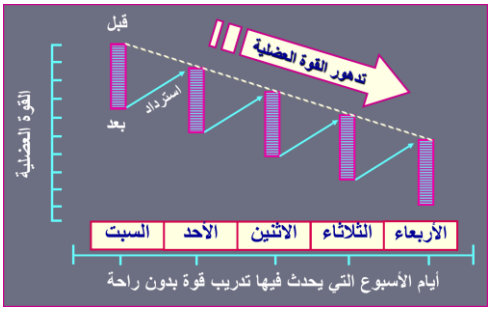


Development of strength

72

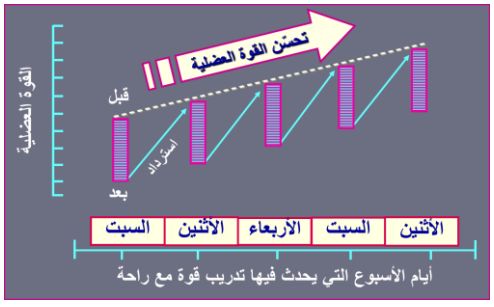
72

تدريب قوة عضلية مجهد بدون راحة



73

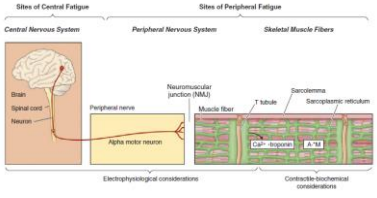
تدريب قوة عضلية مجهد مع راحة



74

التعب العضلي

- يحدث التعب العضلي عندما لا تستطيع العضلة الإستمرار في رفع أو المحافظة على إنتاج القوة العضلية أو التسارع العضلي
- ظاهرة حدوث التعب معقدة وغير مفهومة بشكل كامل
- يمكن تقسيم التعب من حيث مكان حدوثة إلى:
  - مركزي: يشمل الدماغ والحبل الشوكي
  - محيطي: يشمل أي مكان في الجهاز العضلي



75

التعب العضلي (تابع)

- **التعب العضلي المركزي قد يحدث بسبب:**
  - خلل في الخلايا العصبية
  - تثبيط للجهد الارادي في قشرة الدماغ الحركية
  - العوامل النفسية
- **التعب العضلي المحيطي قد يحدث بسبب:**
  - على مستوى الموصل العصبي العضلي وتشمل:
    - تثبيط في نهاية العصب الطرفي
    - استنزاف في النواقل الصعبي (اسيتيل كولين)
    - تغيير في روابط تشابك النواقل العصبية مع المستقبلات
  - على مستوى الشبكة الساركوبلازمية والأنابيب الناقلة وتشمل:
    - تثبيط في افراز ايونات الكالسيوم
    - عدم قدرة ايونات الكالسيوم بالانجذاب الى مركب التروبونين
  - على مستوى الليفات العضلية (الاكتين والميسوسين) وتشمل:
    - استنزاف مركب ATP
    - استنزاف مركب فوسفات الكرياتيين أو الجلاكوجين
    - تراكم نواتج العمليات الأيضية (مثل حمض اللاكتيك والأس الهيدروجيني)

76

الفرق بين نمط التغير في القوة نتيجة التعب العضلي بين الانقباضات الثابته والمتحركة

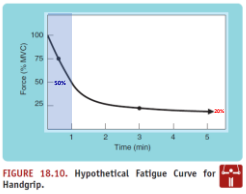


FIGURE 18.10. Hypothetical Fatigue Curve for Handgrip.

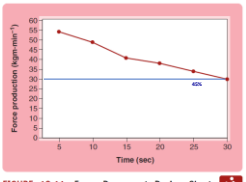


FIGURE 18.11. Force Decrement During Short-Term, High-Intensity Exercise (30 sec WAT).

77

الأسباب المحتملة للتعب العضلي

نوع النشاط	السبب المحتمل للتعب العضلي
• رياضات التحمل كالجري والتدريج والسباحة لمسافات طويلة • الأنشطة البدنية الهوائية دون الأقصى	نضوب الجليكوجين تراكم أيون الهيدروجين تثبيط أيض السكر انخفاض اطلاق أيونات الكالسيوم ++Ca من الشبكة الساركوبلازمية تداخل (اضطراب) في عمل أيونات الكالسيوم المقترن بالتروبونين عدم تشكيل جسور تلاقي الاكتين مع الميوسين
• الأنشطة البدنية اللاهوائية المتدرجة إلى الجهد الأقصى • الانقباضات العضلية المتحركة	*بالإضافة إلى المسببات المحتملة السابقة:* نضوب مركب فسفوات الكرياتين داخل العضلة
• الانقباضات العضلية الثابته	نضوب مركب فسفوات الكرياتين داخل العضلة تراكم أيون الهيدروجين تثبيط أيض السكر انخفاض اطلاق أيونات الكالسيوم ++Ca من الشبكة الساركوبلازمية تداخل (اضطراب) في عمل أيونات الكالسيوم المقترن بالتروبونين انسداد تدفق الدم تثبيط القشرة الحركية عن طريق الألياف العصبية الحسية في العضلات عدم تشكيل جسور تلاقي الاكتين مع الميوسين

78

اسئلة ونقاش

نهاية المحاضرة

79

79