



CORSO ALLENATORI DI BASE

Sistema muscoloscheletrico

Luca Gatteschi

Fiduciario medico Comitato Regionale Toscano FIDAL

Medico squadra nazionale A maschile calcio

Società Italiana Nutrizione Sport e Benessere

Direttore Sanitario “Centro Gianfortuna” Firenze

luca.gatteschi@gmail.com

Tessuto osseo

Funzioni

- Sostegno
- Protezione
- Metabolismo minerali (Calcio, Magnesio)
- Produzione elementi figurati del sangue

Tessuto osseo

- Ossa Lunghe
- Ossa Piatte
- Ossa Brevi







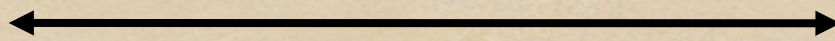
Articolazioni

- Punto di connessione tra diversi segmenti ossei
- Due o più superfici ossee contrapposte
- Strutture accessorie (capsula, legamenti, menischi)

Articolazioni

Funzioni

Stabilità

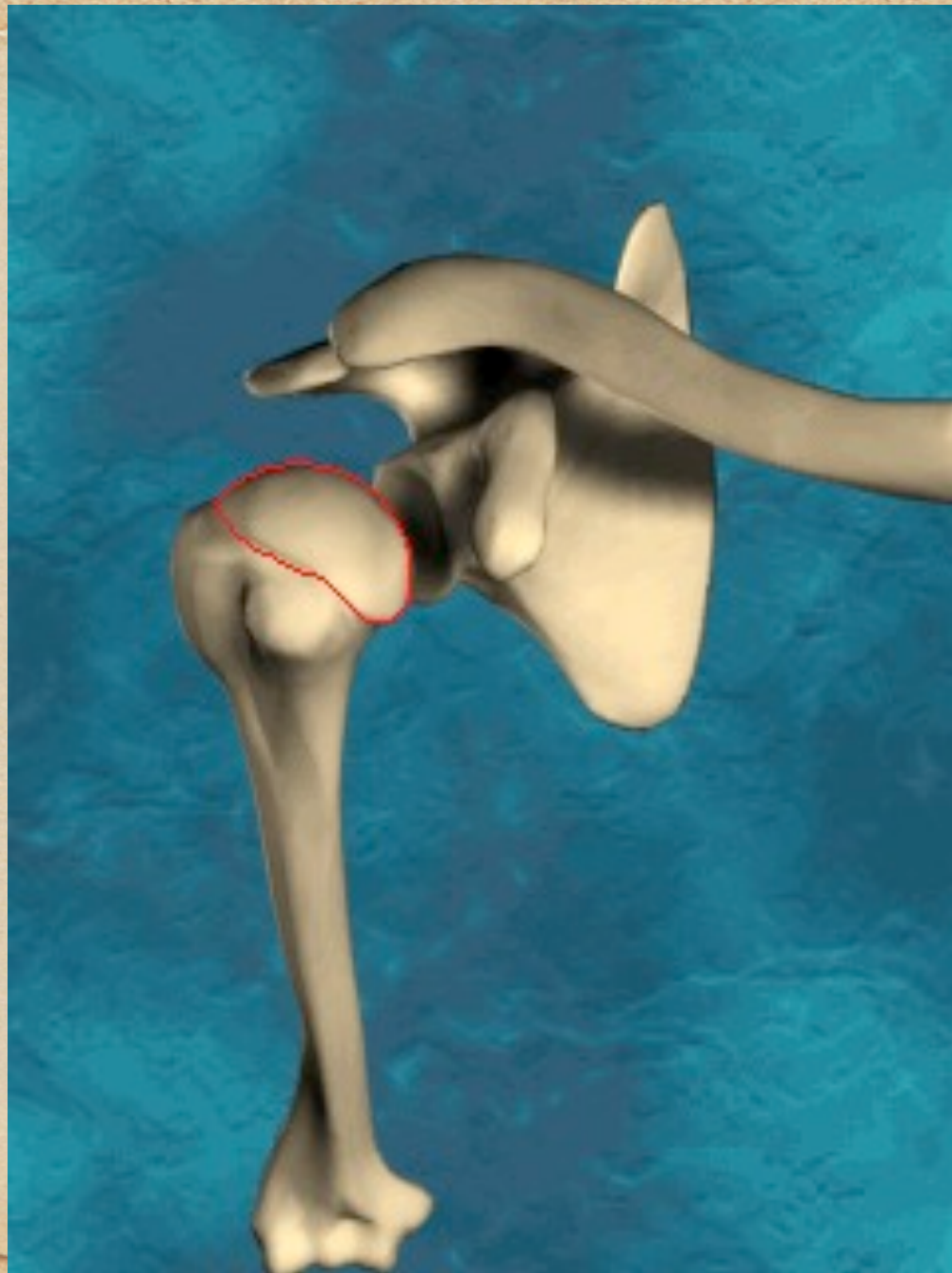


Mobilità

Sínartrosí

Tipi

Díartrosí

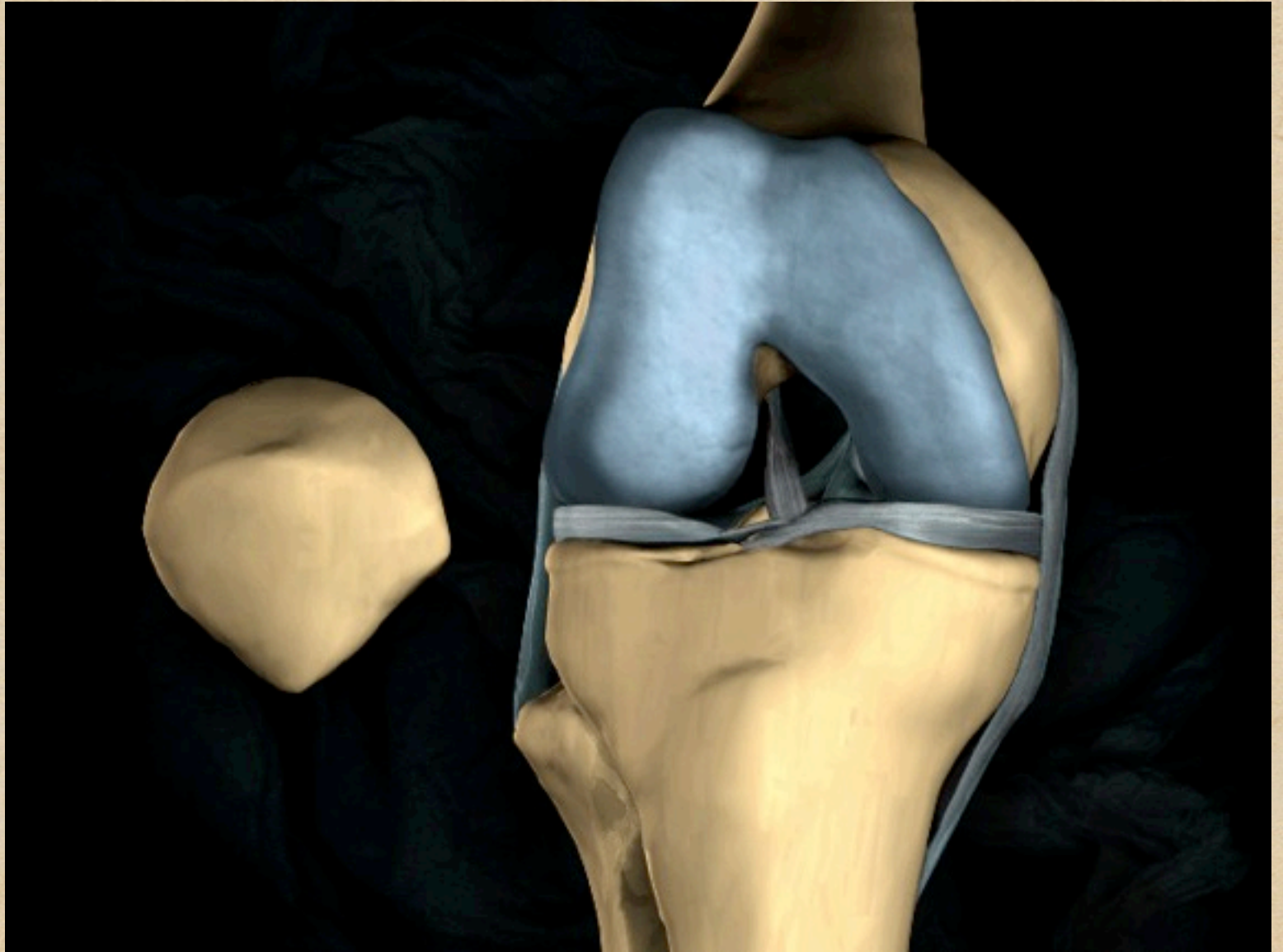


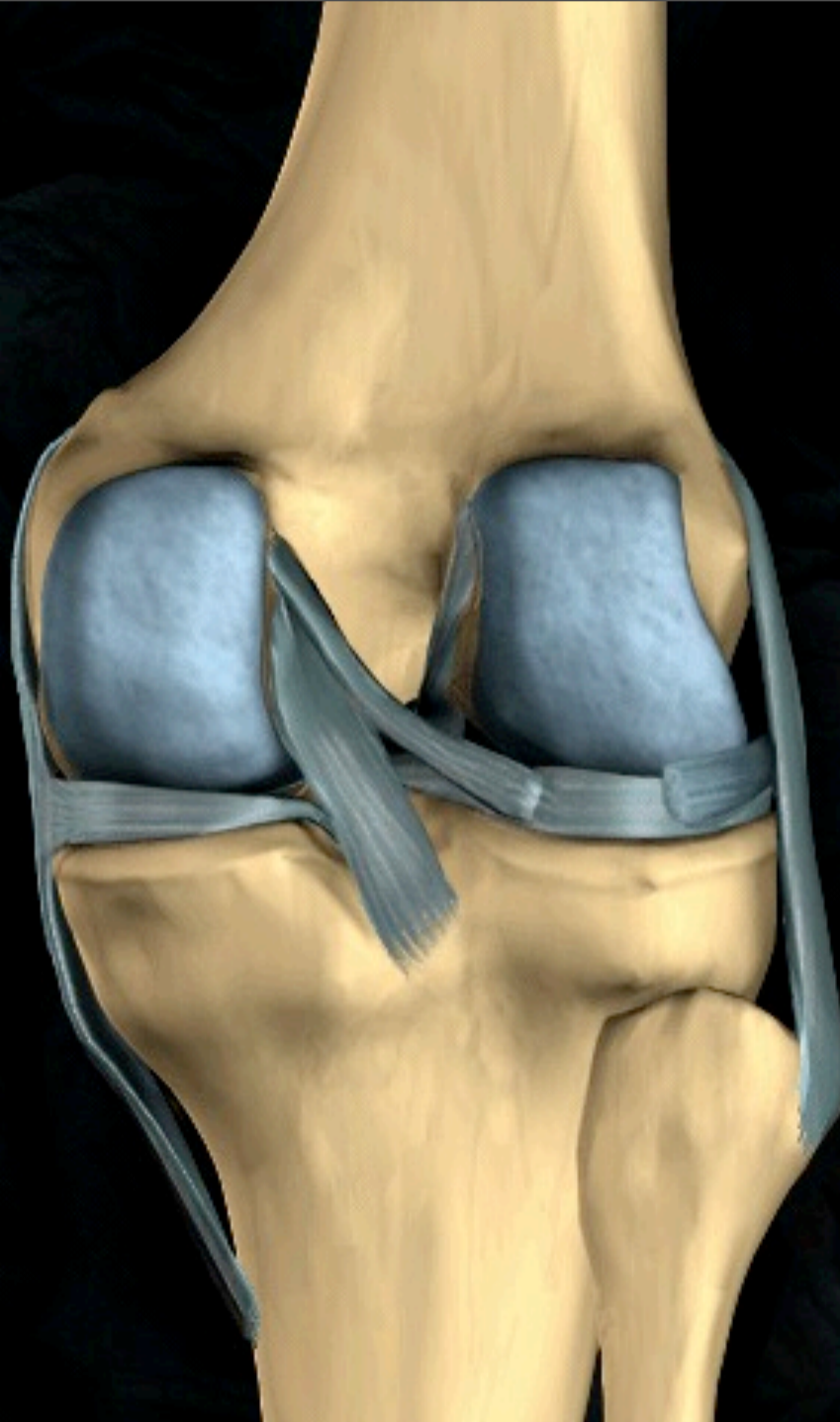


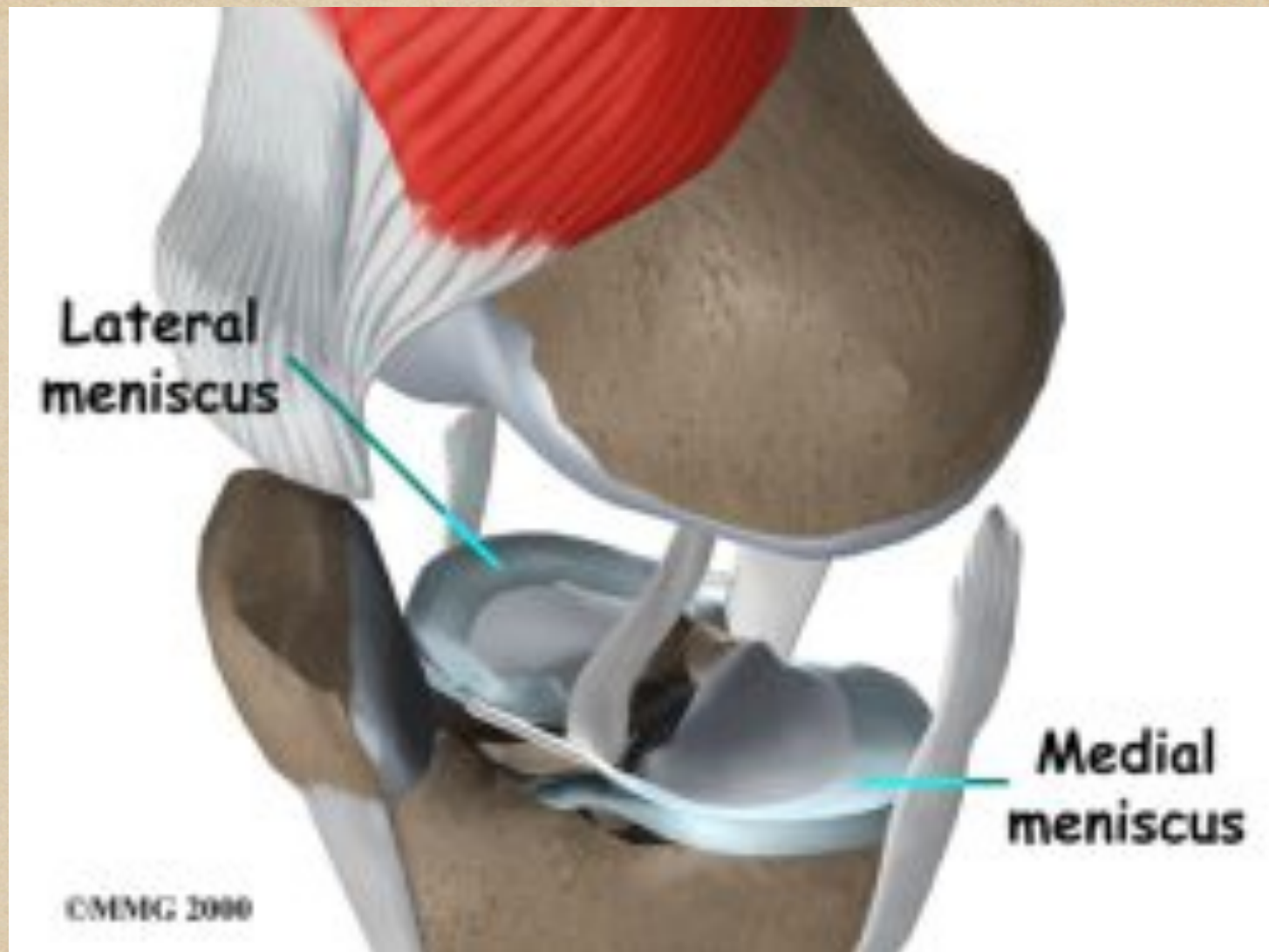
Interactive Skeleton - Sports & Kinetic



©1999 Primal Pictures Ltd.











Muscolo

Tipi

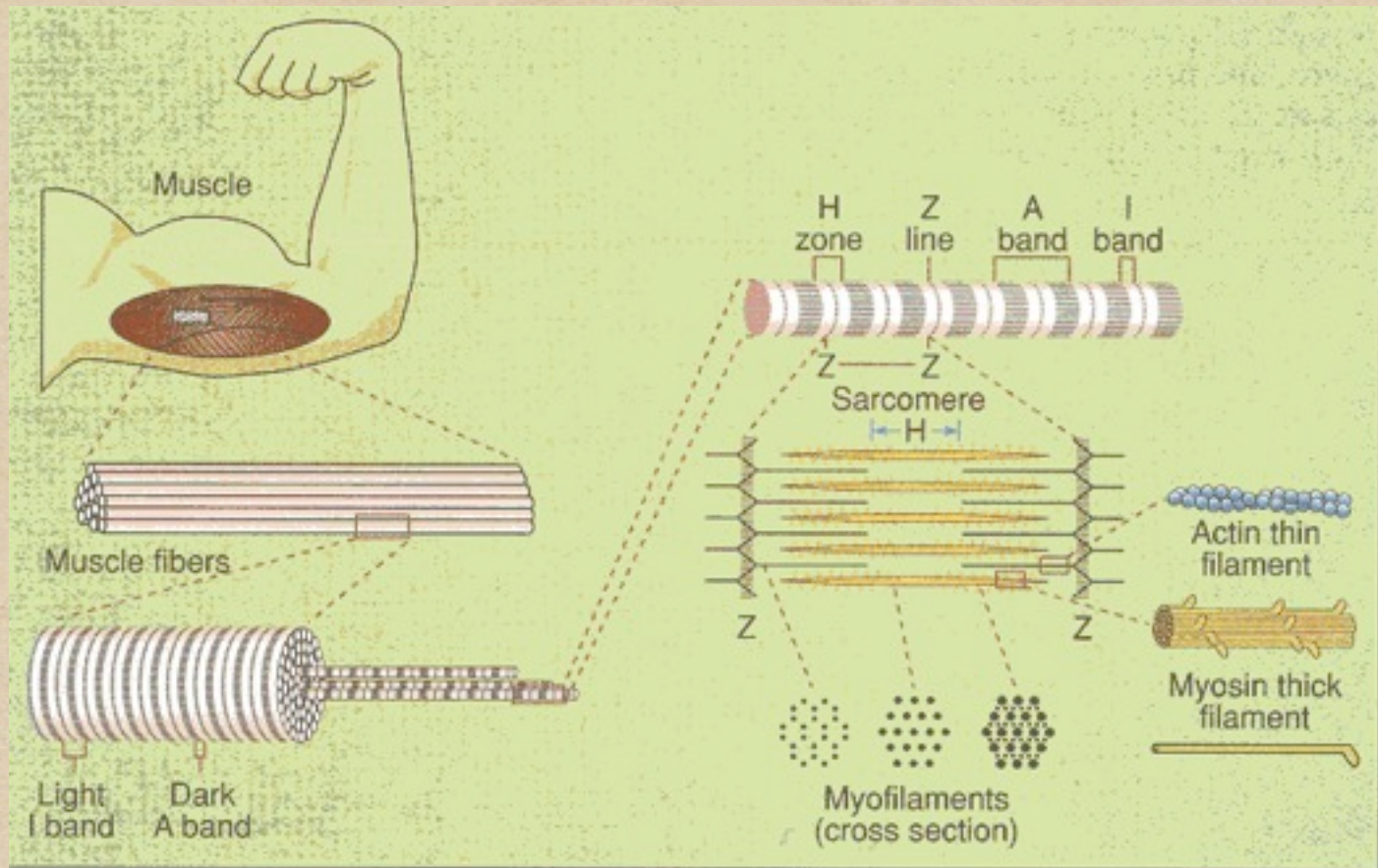
- Muscolo liscio
- Muscolo cardiaco (striato involontario)
- Muscolo scheletrico (striato volontario)

Muscolo

Caratteristiche

- Eccitabilità
- Contrattilità
- Estensibilità
- Elasticità

Sistema muscolotendineo



Sistema muscolotendineo

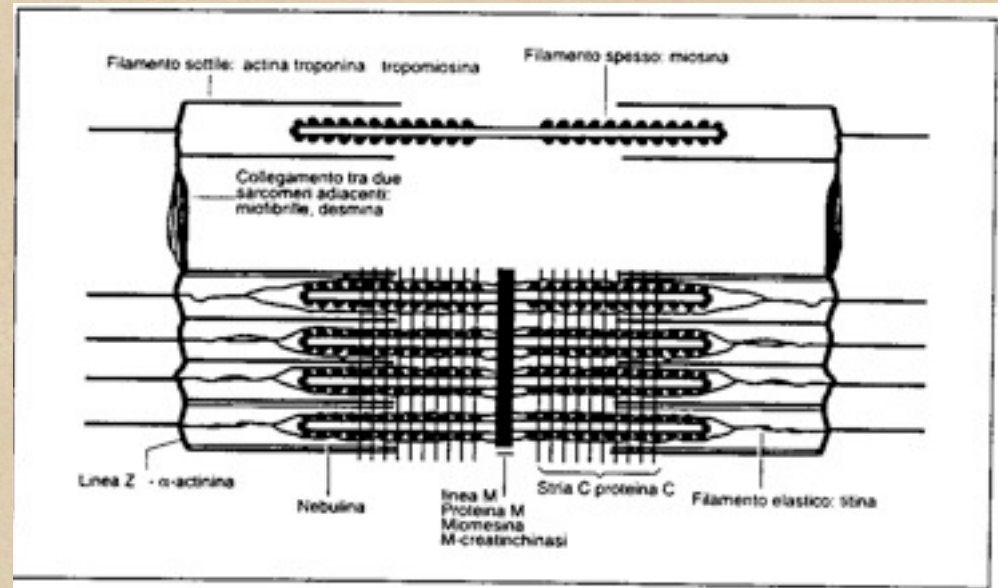
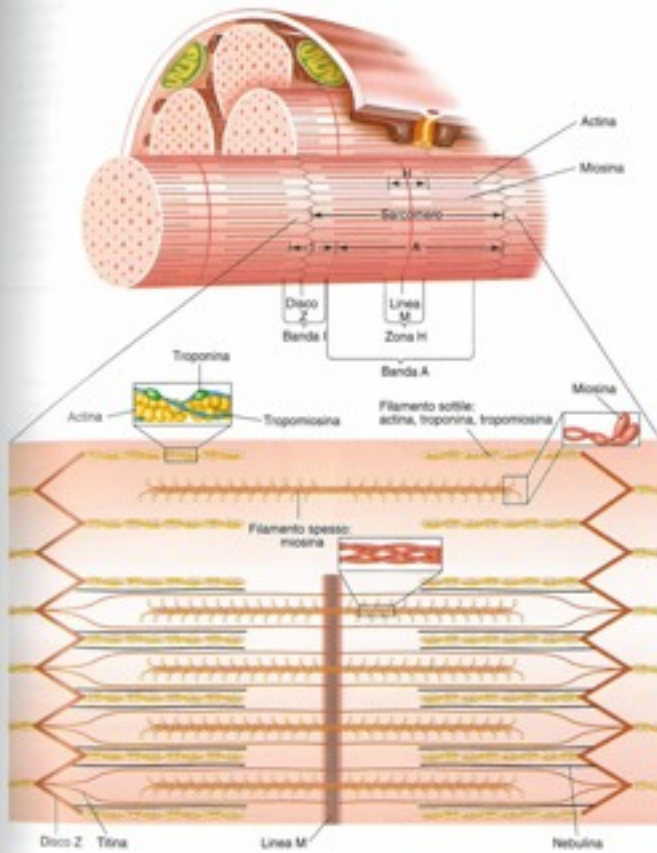
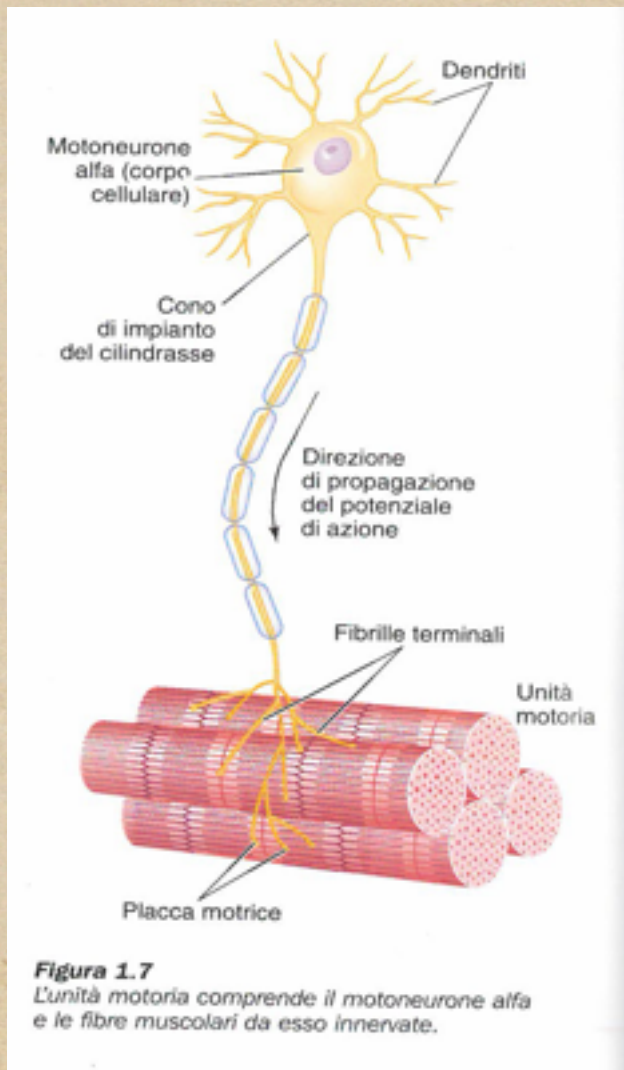


Figura 1.5
L'unità funzionale fondamentale di una miofibrilla è il sarcomero, che contiene un dispositivo specializzato di filamenti di actina e miosina. Il ruolo della titina è quello di posizionare il filamento di miosina in maniera tale da mantenere una uguale distanza tra i filamenti di actina. La nebulina è spesso denominata la "proteina di sostegno", in quanto rappresenta il sostegno che stabilizza la posizione dell'actina.

Sistema muscolotendineo



- L'azione muscolare è innescata da un impulso di un nervo motorio. Il nervo motorio rilascia ACh, che apre le porte degli ioni nella membrana muscolare, lasciando entrare il sodio nella cellula muscolare (depolarizzazione). Se la cellula è sufficientemente depolarizzata, viene avviato un potenziale di azione e parte l'azione (contrazione) del muscolo.
- Il potenziale di azione viaggia lungo il sarcolemma, quindi attraverso il sistema tubulare e, infine, induce il reticolo sarcoplasmatico a rilasciare gli ioni calcio immagazzinati.
- Gli ioni calcio si legano alla troponina; la troponina, poi, solleva le molecole di tropomiosina dai siti attivi del filamento di actina; l'apertura di questi siti permette la formazione di un legame forte tra le teste di miosina e l'actina.
- Appena si è consolidato il legame con l'actina, la testa di miosina si inclina e tira il filamento di actina in maniera che i due filamenti scorrano l'uno sull'altro. L'inclinazione della testa di miosina rappresenta la fase cosiddetta utile (power stroke).
- L'azione muscolare richiede la fornitura di energia. La testa di miosina si lega all'ATP e l'ATPasi, che si trova sulla testa, scinde l'ATP in ADP e P_i , liberando l'energia necessaria per la contrazione.
- L'azione muscolare termina quando il calcio viene restituito dal sarcoplasma al reticolo sarcoplasmatico, dove verrà nuovamente immagazzinato. Anche questo processo, che porta al rilasciamento e alla creazione di un legame debole tra le teste di miosina e i siti attivi, richiede energia, che viene fornita sempre dall'ATP.

Sistema muscolotendineo

TABELLA 1.2

Caratteristiche strutturali e funzionali dei tipi di fibra muscolare

Caratteristiche	Tipo di fibra		
	ST	FT _a	FT _b
Numero delle fibre per motoneurone	10-180	300-800	300-800
Dimensione del motoneurone	Piccola	Grande	Grande
Velocità di conduzione nervosa	Lenta	Rapida	Rapida
Velocità di contrazione (ms)	110	50	50
Tipo di ATPasi miosinica	Lenta	Rapida	Rapida
Sviluppo del reticolo sarcoplasmatico	Basso	Elevato	Elevato
Forza dell'unità motoria	Bassa	Elevata	Elevata
Capacità aerobica (ossidativa)	Elevata	Moderata	Bassa
Capacità anaerobica (glicolitica)	Bassa	Elevata	Elevata

Da Close (1967)

Fibre muscolari: classificazione/i

Aspetto

Rosse, Bianche

Attività ATPasica

I, IIA, IIB.

Proprietà
metaboliche

SO, FOG, FG.

Tipi di Miosina

MHC I, IIa, IIx IIb.

Tipi di Fibre

Tipo I

Alta densità capillari, elevato contenuto
mioglobina, mitocondri, lipidi.

Elevata resistenza alla fatica, bassi livelli forza.

Meccanismo energetico prevalentemente aerobico

Tipi di Fibre

Tipo II a

Elevato contenuto in glicogeno, mitocondri,
ATPasi.

Buona resistenza alla fatica, moderata
produzione di forza.

Meccanismo energetico aerobico/anaerobico
lattacido

Tipi di Fibre

Tipo II b

Elevato contenuto in glicogeno, ATPasi.

Bassa resistenza alla fatica, elevata
produzione di forza.

Meccanismo energetico anaerobico

Tipo II c

Presenti in minima parte nel muscolo normale.

Forma immatura delle IIa e IIb.

Tipi di Fibre

PRIMA



POI

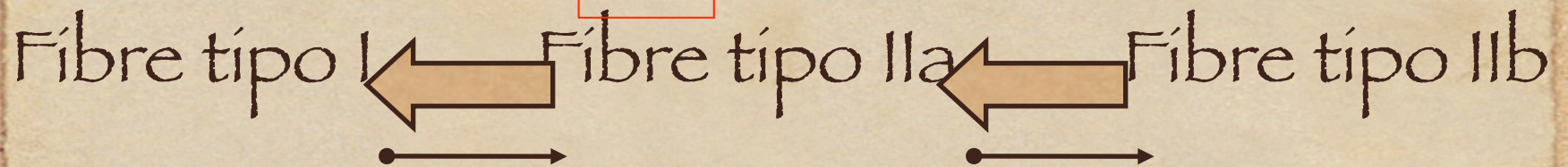


TABELLA 1.3

Percentuali ed aree delle sezioni trasverse di fibre a contrazione lenta (ST) e rapida (FT) in specifici muscoli di atleti di sesso maschile e femminile

Atleta	Sesso	Muscolo	%ST	%FT	Area della sezione trasversa (mm ²)	
					ST	FT
Velocisti	M	Gastrocnemio	24	76	5,878	6,034
	F	Gastrocnemio	27	73	3,752	3,930
Mezzofondisti	M	Gastrocnemio	79	21	8,342	6,485
	F	Gastrocnemio	69	31	4,441	4,128
Ciclisti	M	Vasto laterale	57	43	6,333	6,116
	F	Vasto laterale	51	49	5,487	5,216
Nuotatori	M	Deltoide posteriore	67	33	—	—
Solleventori di pesi	M	Gastrocnemio	44	56	5,060	8,910
	M	Deltoide	53	47	5,010	8,450
Triatleti	M	Deltoide posteriore	60	40	—	—
	M	Vasto laterale	63	37	—	—
	M	Gastrocnemio	59	41	—	—
Canoisti	M	Deltoide posteriore	71	29	4,920	7,040
Lanciatori di peso	M	Gastrocnemio	38	62	6,367	6,441
Non-atleti	M	Vasto laterale	47	53	4,722	4,709
	F	Gastrocnemio	52	48	3,501	3,141

Architettura muscolare

Muscoli paralleli

Muscoli pennati

Muscoli bipennati

Muscoli paralleli complessi
(fibre in serie)

Muscoli paralleli complessi (fibre in serie)

Fibre brevi

Giunzione miotendinea ad un solo estremo

Trasmissione **F** intrafibre

Trasmissione **F** laterale

Architettura muscolare

Maggior lunghezza relativa fasci muscolari in sprinter rispetto fondisti

Ereditarietà

?

Allenamento

Rapporto tra lunghezza fasci e spessore muscolare

Aumento lunghezza fasci in animali in seguito a stretching cronico

Architettura muscolare

Correlazione negativa tra angolo di pennazione e lunghezza fasci

Angolo di pennazione inferiore in elite sprinter

Diversa “conformazione muscolare” tra sprinter e fondisti:
differenza significativa nella regione superiore del quadricipite
ma non nella porzione distale.

Motoneuroni

Alfa: S, FR, FF

Gamma: piccoli, ossidativi

Correlazione inversa dimensioni-attività
ossidativa

Neuroni sensitivi

Dimensioni variabili

Correlazione diretta dimensioni-attività
ossidativa

Disallenamento

Immobilizzazione: muscolo

I

Riduzione del volume della fibra muscolare

Riduzione di numero e volume dei mitocondri

Riduzione del peso muscolare totale

Riduzione del numero capillari (ST)

Immobilizzazione: muscolo

II

Aumento del tempo di contrazione muscolare

Riduzione della produzione di tensione muscolare

Riduzione nel livello energetico basale (ATP e glicogeno)

Decremento più rapido dell'ATP muscolare durante esercizio

Incremento della concentrazione di lattato muscolare durante esercizio

Riduzione della sintesi proteica

Immobilizzazione: muscolo

III

Immobilizzazione 72 ore: 14-17% delle dimensioni fibra muscolare

Maggiore degenerazione delle fibre lente rispetto a quelle rapide

Atrofia muscolare selettiva (angolo articolare, lunghezza muscolare)

Circonferenza muscolare: sottostima del grado di atrofia

Immobilizzazione: muscolo

Migliore conservazione del livello di forza dopo periodo prolungato inattività nel caso allenamento eccentrico o concentrico/eccentrico che solo concentrico.

Allenamento

Risposte iniziali

Sincronizzazione

Inibizione

NeoSintesi Miosina

Allenamento

Adattamenti

Microtraumi

Risposte locali

Myogenic Progenitor Cells

(cellule satellite)

2-5% mionuclei totali

Side Population

0.2% mionuclei totali

Risposte Locali

Myogenic Progenitor Cells

Quiescent nel muscolo a
(cellule satellite)

↓
riposo

possono essere attivate da
Dopo attivazione le MPCs proliferano e migrano
segnali
verso sito lesione/microtrauma per
conseguenti danno cellulare
riparare/sostituire miofibre danneggiate,
fondendosi tra loro o con miofibre esistenti

Risposte Locali

Fusione Myogenic Progenitor Cells e miociti esistenti

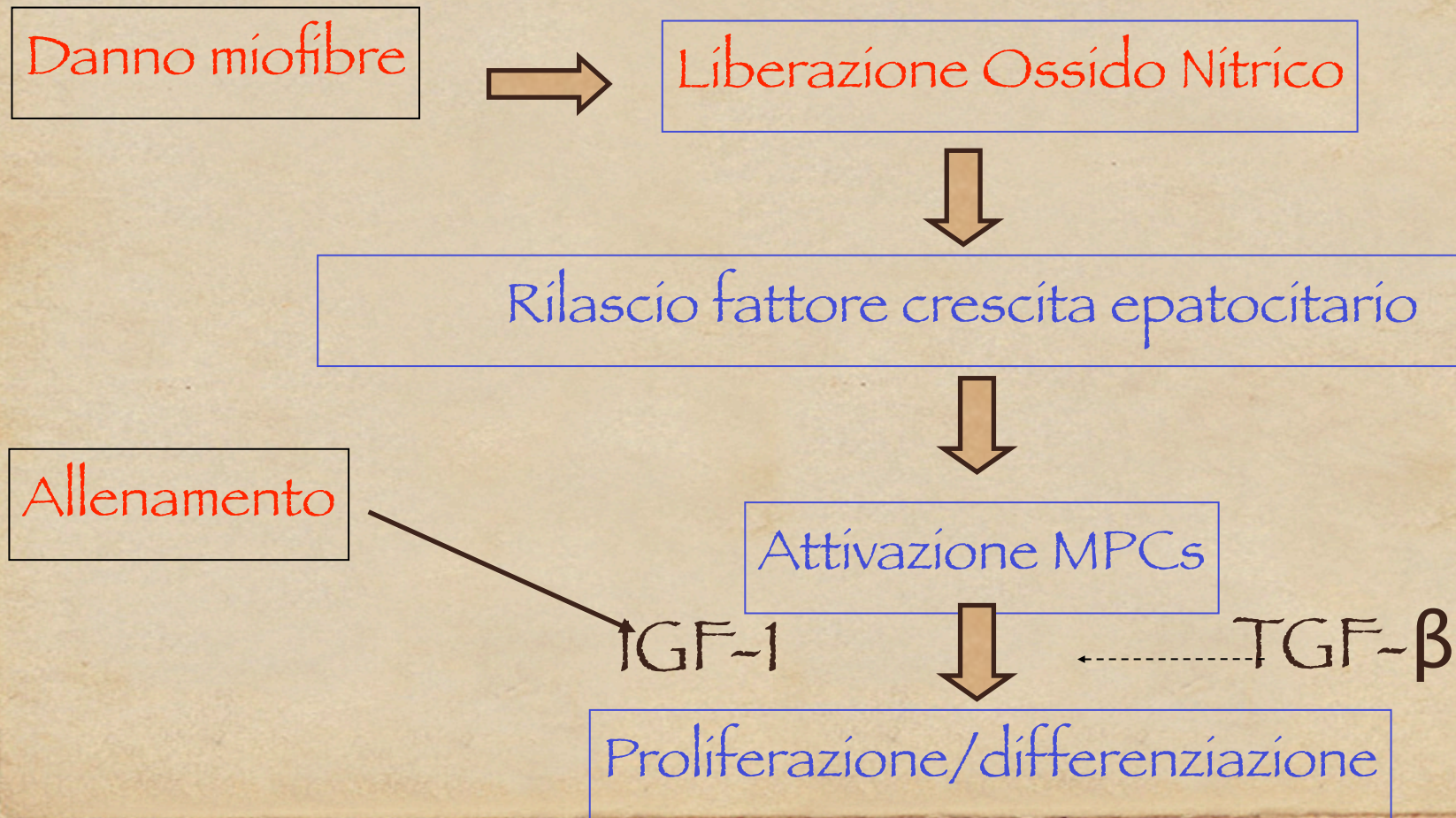


Incremento area sezione trasversa

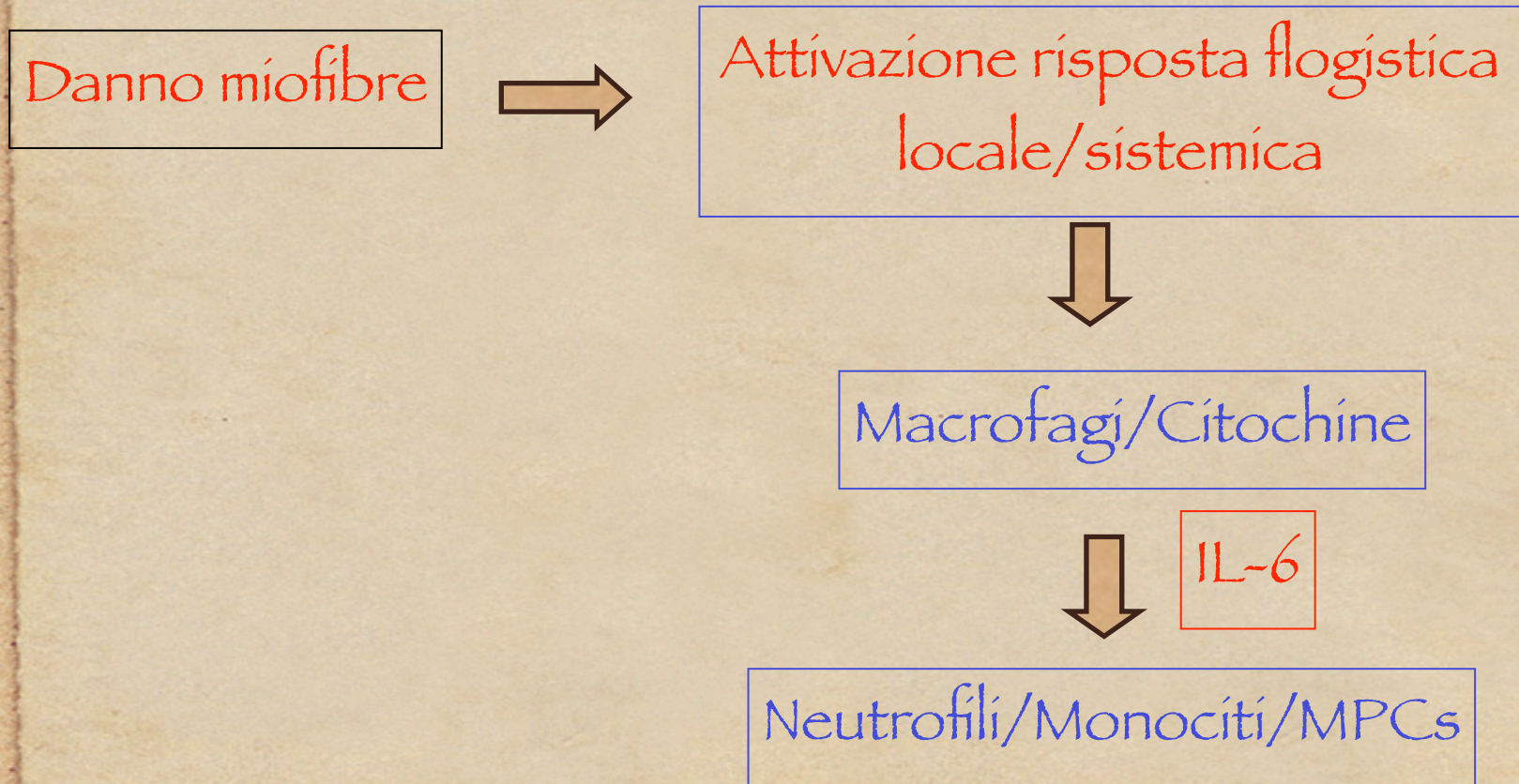
Teoria dominio mionuclei

Rapporto definito tra volume citoplasma e numero mionuclei

Risposte Locali



Risposte Locali



Risposte Sistemiche

Testo

Risposte Sistemiche

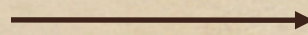
Testo

Esercizio intenso

Risposte Sistemiche

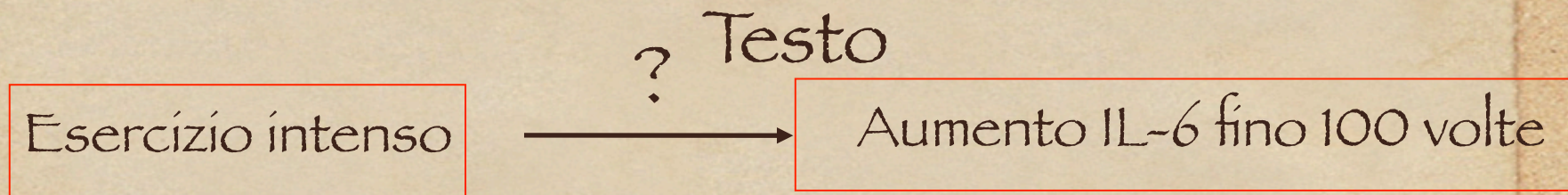
Testo

Esercizio intenso

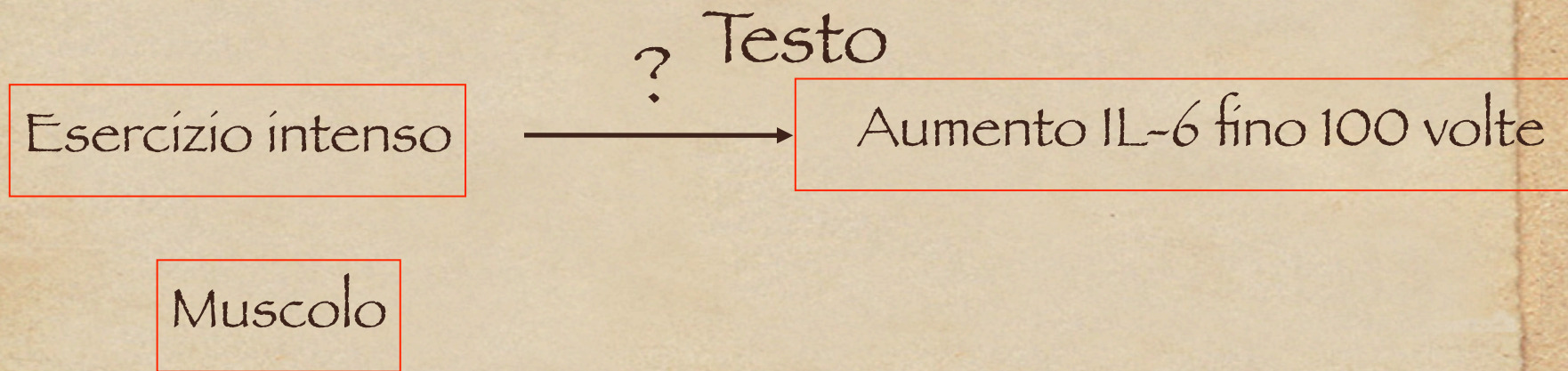


Aumento IL-6 fino 100 volte

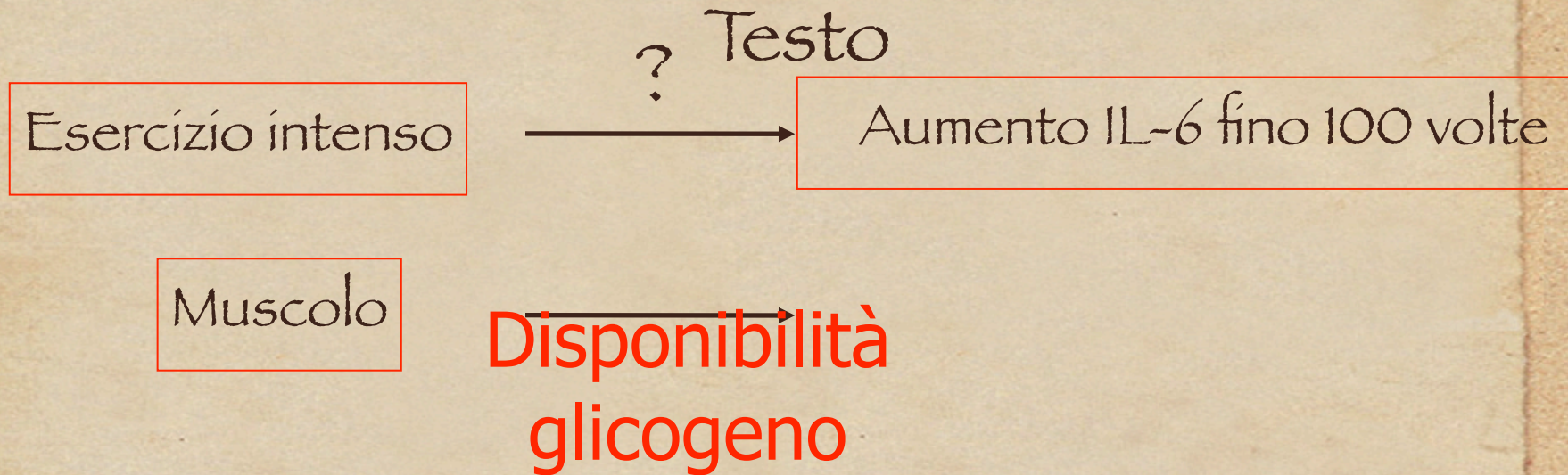
Risposte Sistemiche



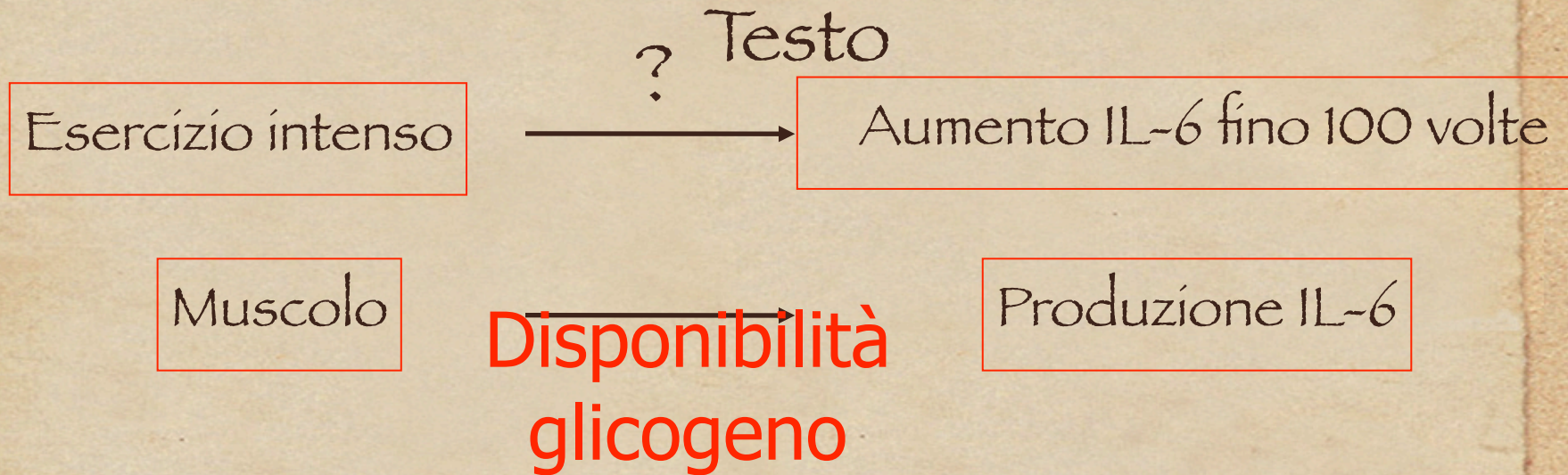
Risposte Sistemiche



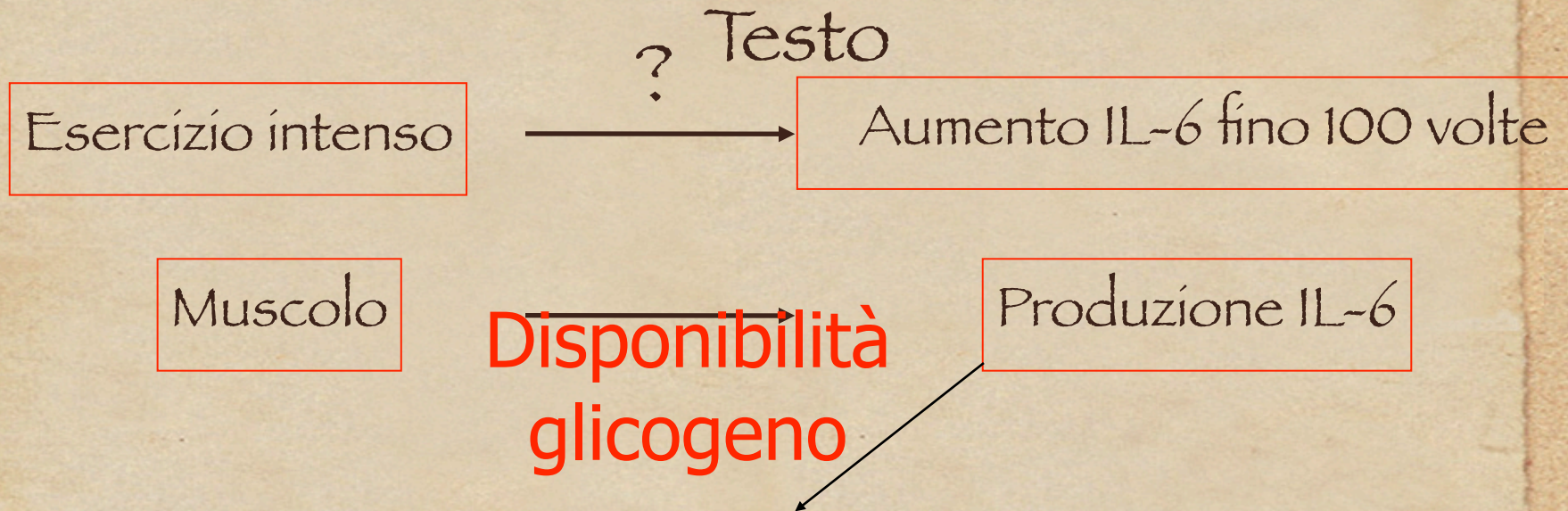
Risposte Sistemiche



Risposte Sistemiche



Risposte Sistemiche



Risposte Sistemiche



Risposte Sistemiche

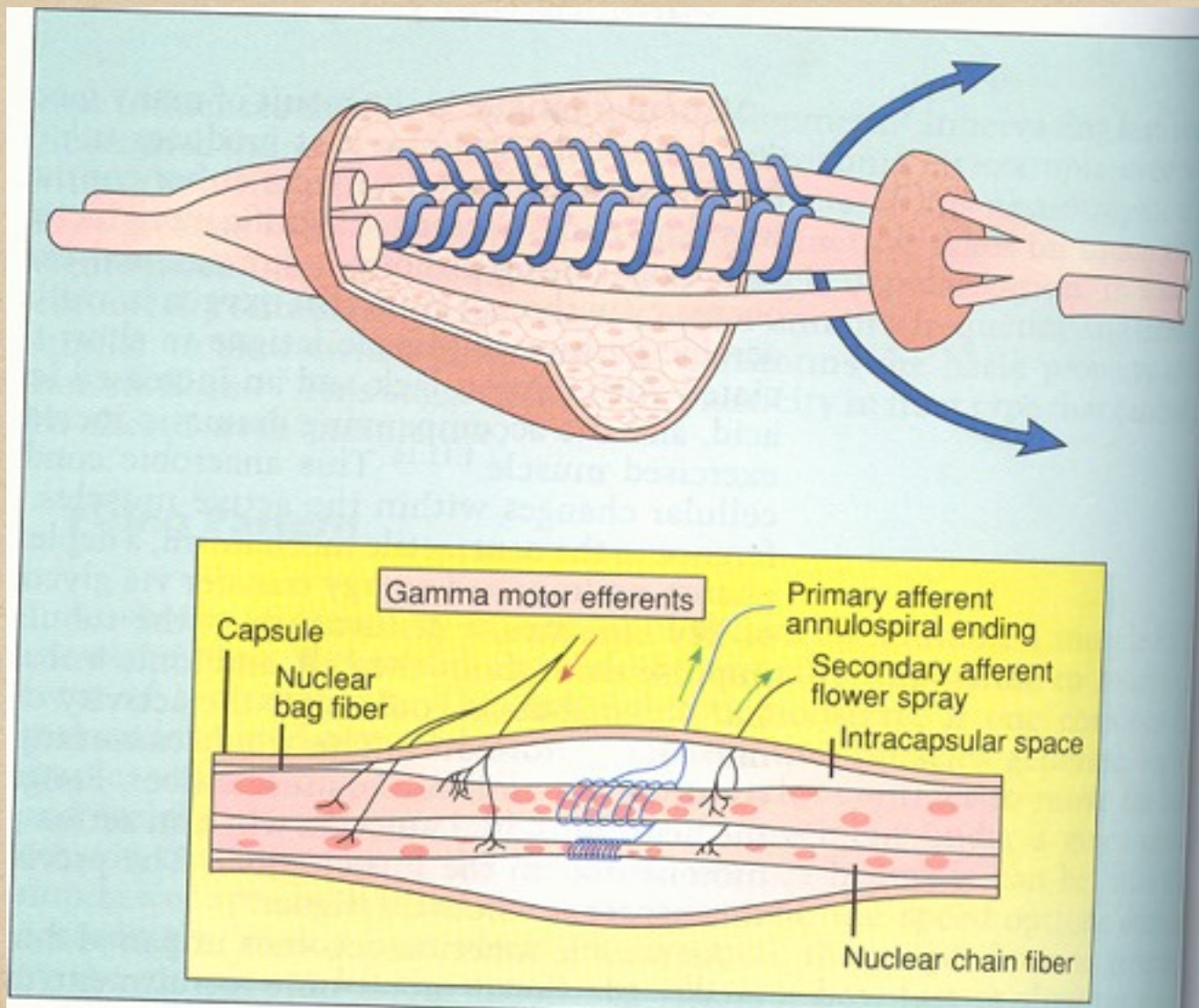


Risposte Sistemiche



Sistema propriocettivo

Sistema propriocettivo



Fusi neuromuscolari

Recettori di stiramento

Disposti in parallelo

Formati da 4-20 fibre muscolari

Rispondono ad uno stiramento eccessivo con una contrazione
(riflesso miotatico)

Primarie

Fibre sensitive centrali

Secondarie

Velocità allungamento

Lunghezza muscolare

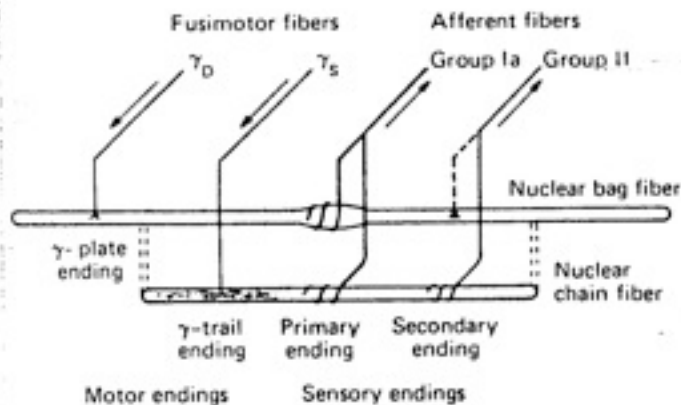
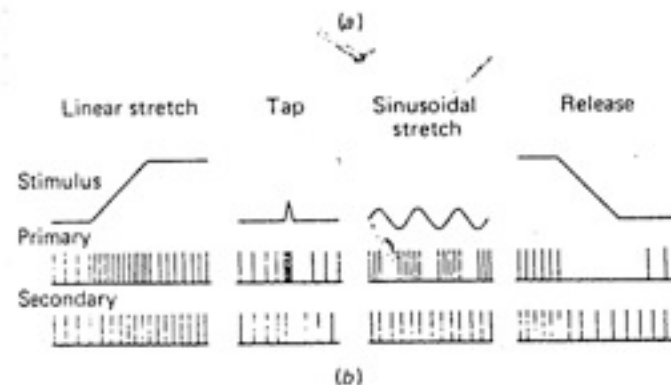
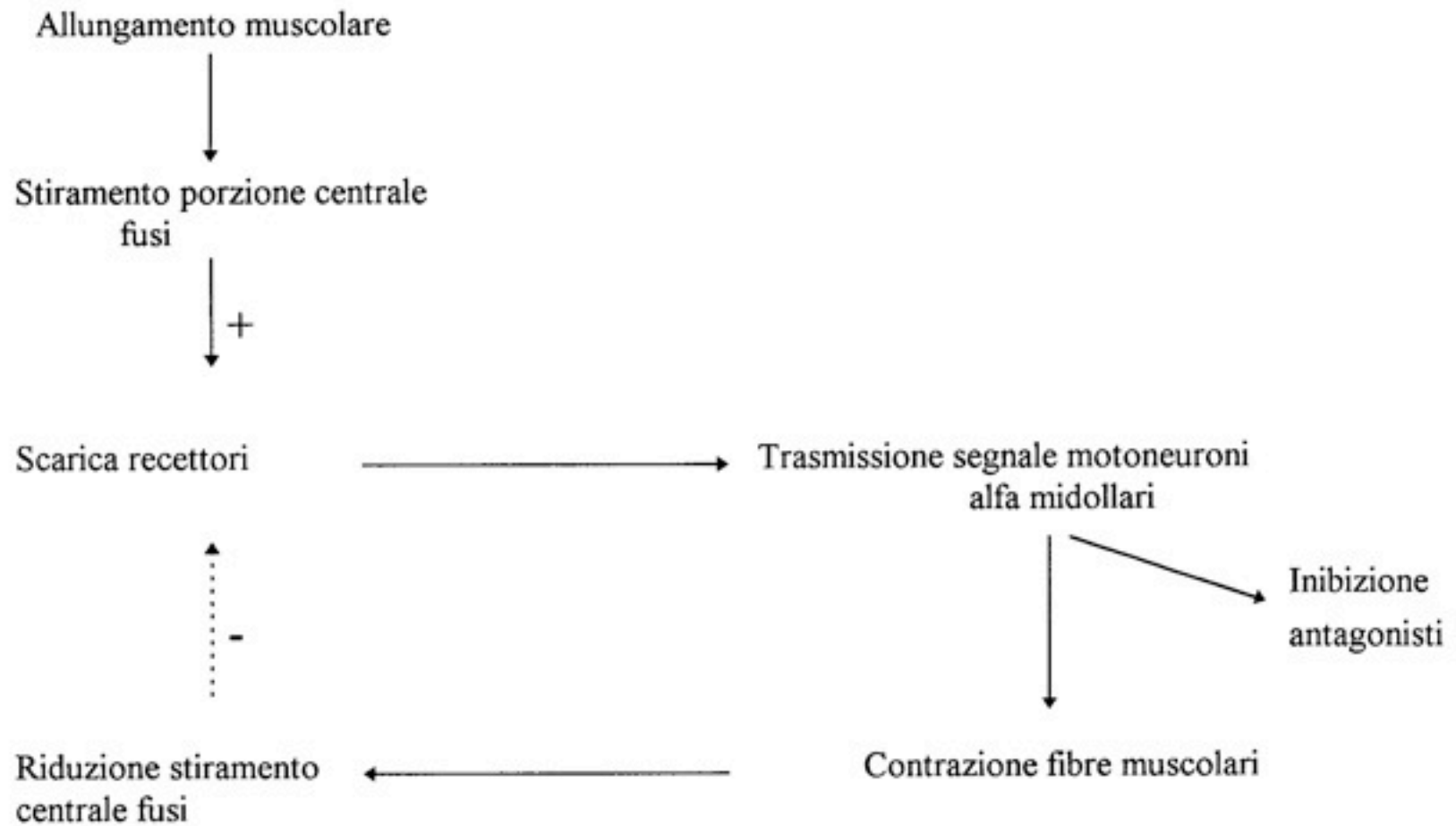


Figure 3-14

(a) Diagram of the mammalian muscle spindle mechanoreceptors showing the main functional component involved in the transduction of muscular displacement into a receptor potential that is considered to be the direct governor of the afferent discharge pattern (γ_D = dynamic gamma axon; γ_S = static gamma axon). (From Rudford, 1972.)

(b) Diagrammatic comparison of the responses of "typical" primary and secondary endings to various stimuli. The responses are drawn as if the muscle were under moderate initial stretch and as if there were no fusimotor activity. (From Matthews, 1964.)



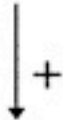


II

Scarica fibre motorie gamma



Stiramento porzione centrale
fusi



Scarica recettori



Trasmissione segnale motoneuroni
alfa midollari



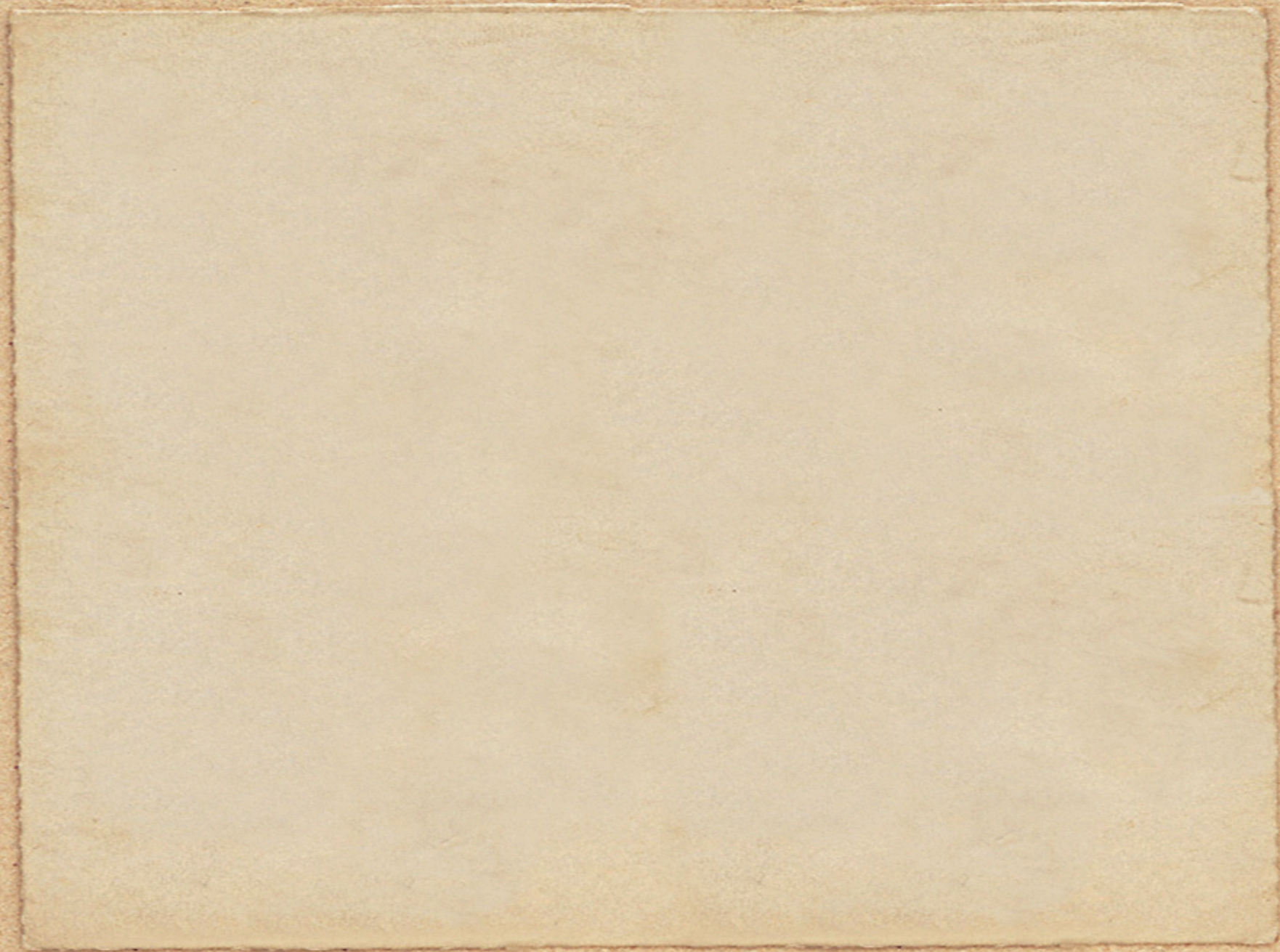
Inibizione
antagonisti

Riduzione stiramento
centrale fusi



Contrazione fibre muscolari





Coattivazione alfa-gamma

Coattivazione alfa-gamma

Motoneurone alfa



Contrazione
fibre extrafusali



Attività muscolare

Coattivazione alfa-gamma

Motoneurone alfa



Contrazione
fibre extrafusali



Attività muscolare

Motoneurone gamma



Contrazione
fibre intrafusali



Aggiustamento
sensibilità fuso

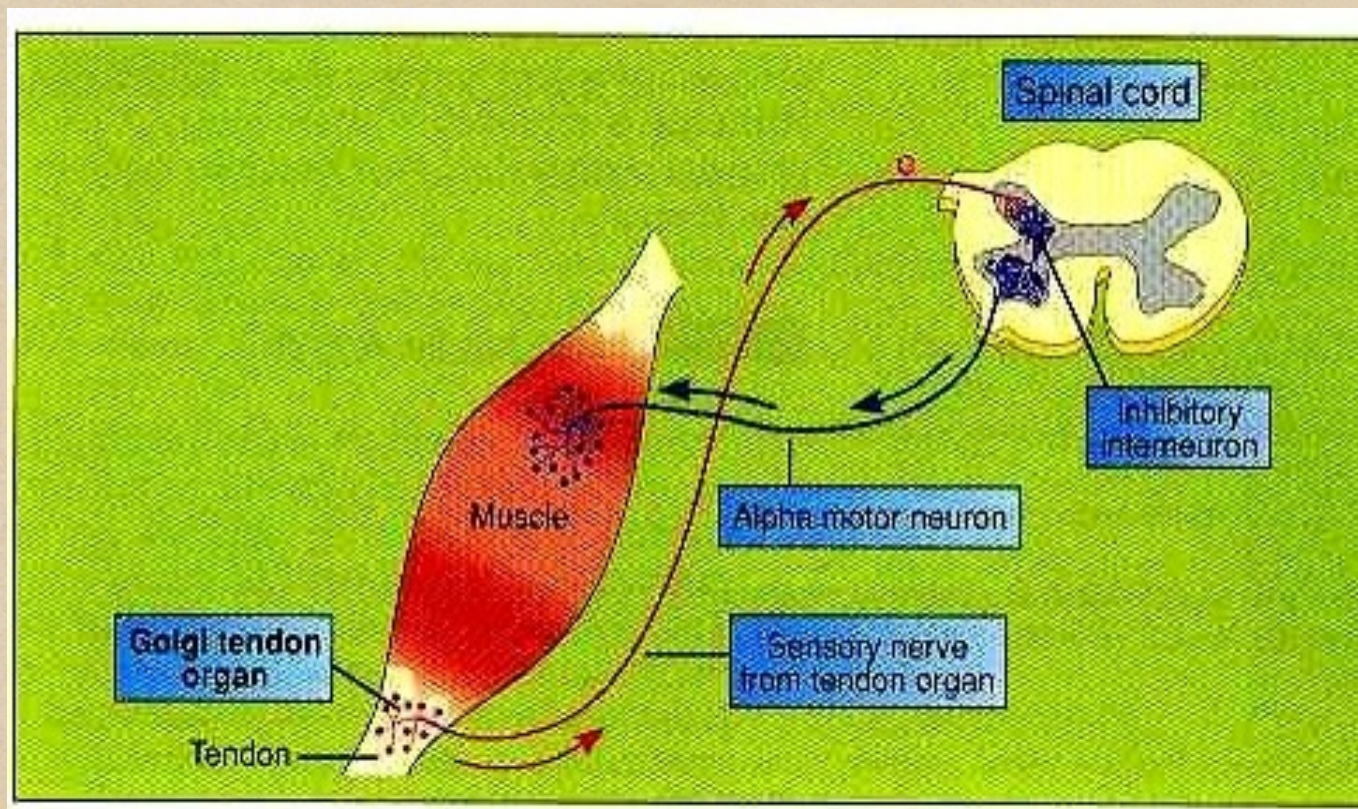
Organi muscolotendinei

Recettori di tensione

Disposti in serie

Formati da 5-25 fibre tendinee

Rispondono ad una tensione eccessiva inibendo la contrazione



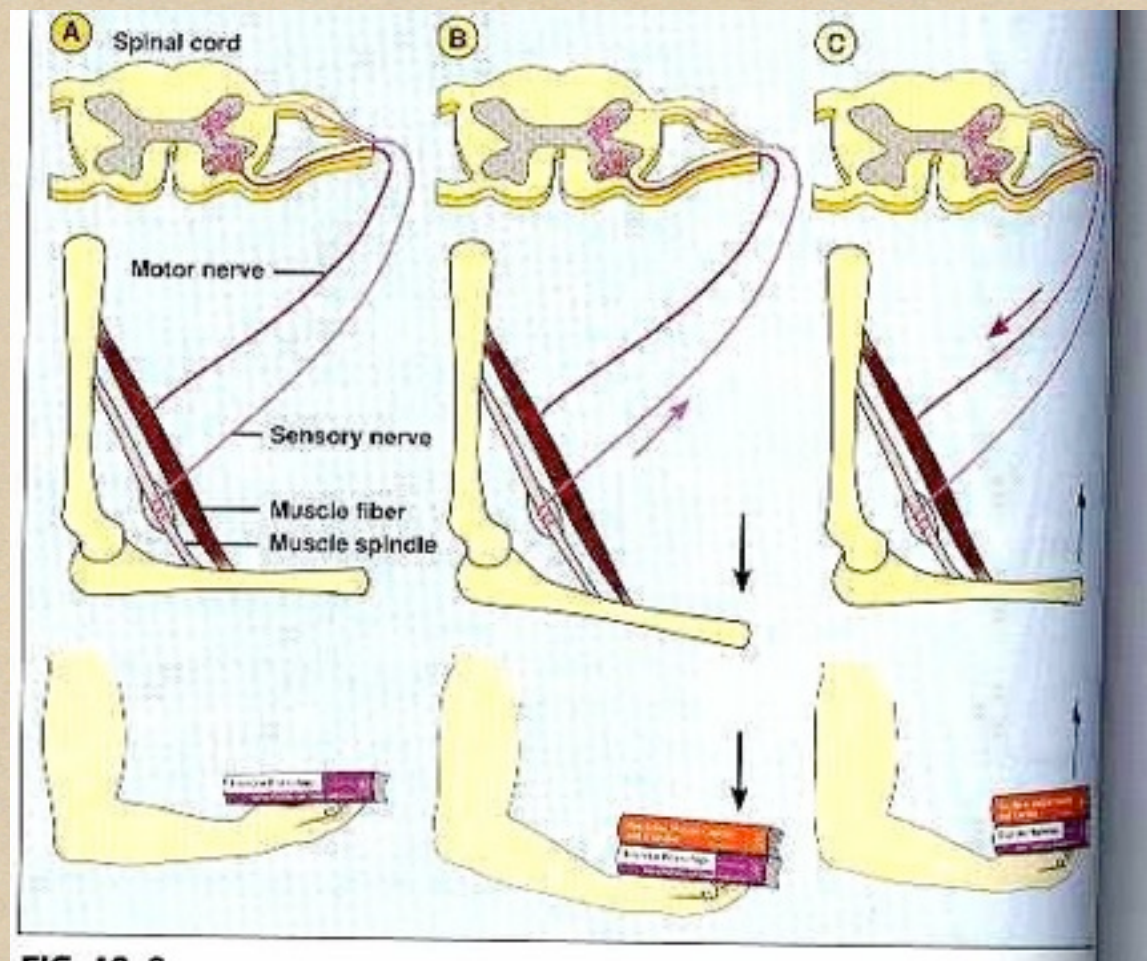


FIG. 10.9

Sistema propriocettivo e muscolo

Afferenze sensitive da LCA
a
Vasto Mediale Obliquo

F_{atica}

P_{ost} A_{ctivation} P_{otentiation}



Rate of speed development



Accelerazione



Contrazione muscolare

F_{atica}

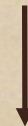
P_{ost} A_{ctivation} P_{otentiation}



Rate of speed development



Accelerazione



Motoneuroni

Alfa: S, FR, FF

Gamma: piccoli, ossidativi

Correlazione inversa dimensioni-attività ossidativa

Neuroni sensitivi

Dimensioni variabili

Correlazione diretta dimensioni-attività ossidativa

Motoneuroni

PLASTICITA'

Caratteristiche del tessuto tendineo

Tessuto altamente fibroso con apporto ematico scarso che con il passare degli anni si riduce ulteriormente, cosicché si sviluppano alterazioni degenerative che lo rendono più soggetto alle lacerazioni se sottoposto a sforzi ripetitivi

Scarse capacità di adattamento all'allenamento e di riparazione in caso di lesione da sovraccarico

Facilmente perde la capacità di scorrimento per adesione ai tessuti circostanti

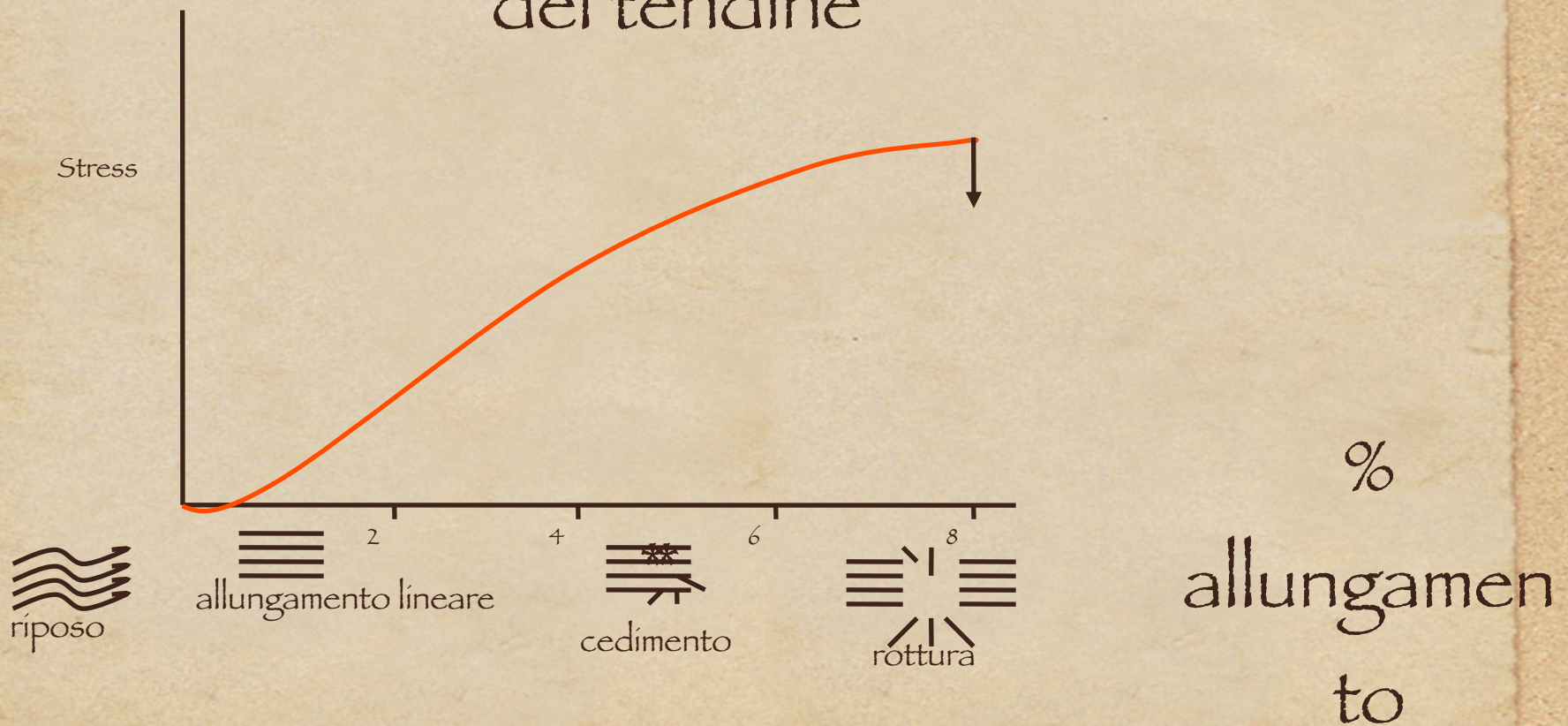
Caratteristiche anatomofunzionali del tendine

La funzione principale dei tendini è trasmettere all'osso su cui si inseriscono la forza creata dal muscolo, rendendo così possibile il movimento articolare.

Per eseguire tale funzione in maniera efficace i tendini devono essere in grado di resistere a tensioni elevate in un range limitato di allungamento e con una minima deformazione.

Patologia tendinea

Comportamento meccanico
del tendine





venerdì 13 marzo 15



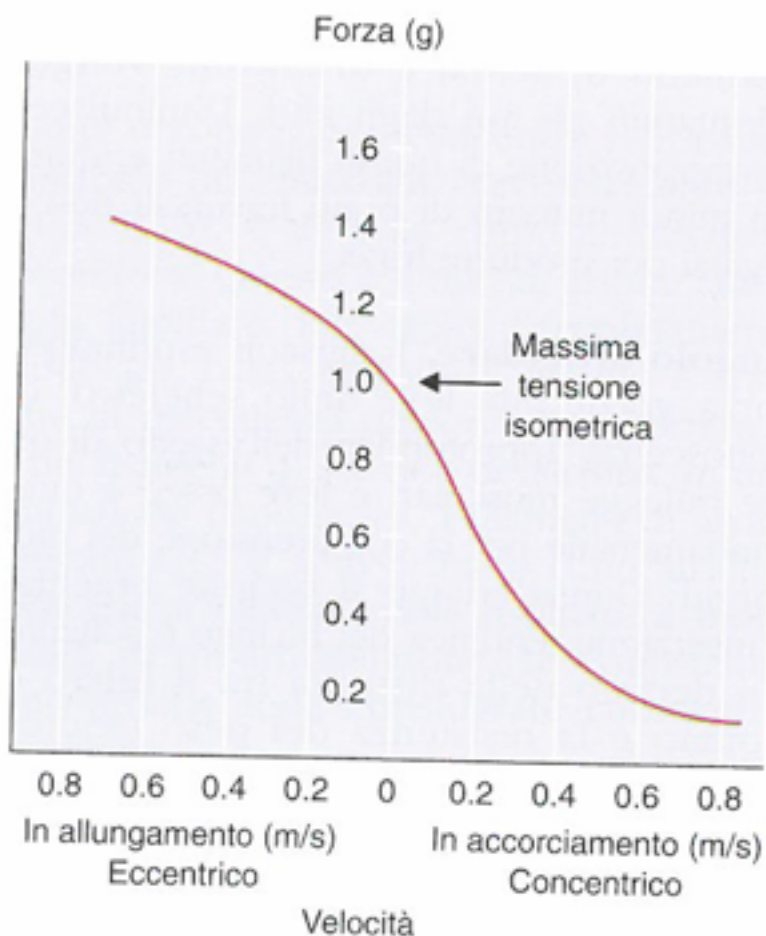


Figura 1.17

La relazione tra allungamento e accorciamento del muscolo. Si noti che la capacità del muscolo di esprimere forza è maggiore durante contrazioni eccentriche (in allungamento) che non durante contrazioni concentriche (in accorciamento).

I muscoli coinvolti in un movimento possono essere classificati come agonisti (primi motori), antagonisti (oppositori) o sinergici (assistenti).

Ci sono tre tipi principali di contrazione muscolare: la contrazione concentrica, in cui il muscolo si accorcia; la contrazione statica, in cui il muscolo agisce ma l'angolo dell'articolazione non si modifica; e la contrazione eccentrica, in cui il muscolo si allunga.

La produzione di forza può essere aumentata attraverso il reclutamento di un maggior numero di unità motorie.

La produzione di forza può essere "massimizzata" se il muscolo viene allungato del 20% prima dell'azione. A questa lunghezza, risultano ottimali sia la quantità di energia immagazzinata sia il numero di ponti trasversi di actina-miosina legati.

Per tutte le articolazioni, esiste un angolo ottimale in cui i muscoli che agiscono sull'articolazione producono la forza massima. Questo angolo dipende dalla posizione relativa delle inserzioni muscolari sull'osso e dal carico posto sul muscolo.

Anche la velocità di azione influisce sulla quantità di forza prodotta. Per la contrazione concentrica, la forza massima può essere raggiunta con contrazioni più lente. Più ci si avvicina a velocità nulla (situazione statica), maggiore è la forza prodotta. Con contrazioni eccentriche, invece, movimenti più veloci permettono di generare una maggiore quantità di forza.

NEW
“STRENGTH” ?



NEW “STRATEGY” ?

NEW

“STRENGTH” ?



NEW “STRATEGY” ?



*“Quando il saggio indica la luna lo
stolto guarda il dito”*

- ◆ “La realtà è fatta di circonferenze, ma noi vediamo soltanto linee rette”



Leonardo da Vinci