

Sulla funzione dei muscoli degenerati. Illa comunicazione. Lavoro meccanico e potenza / Guido Guerrini.

Contributors

Guerrini, Guido, 1878-
Royal College of Surgeons of England

Publication/Creation

[Florence] : [publisher not identified], [1906]

Persistent URL

<https://wellcomecollection.org/works/svhz3pue>

Provider

Royal College of Surgeons

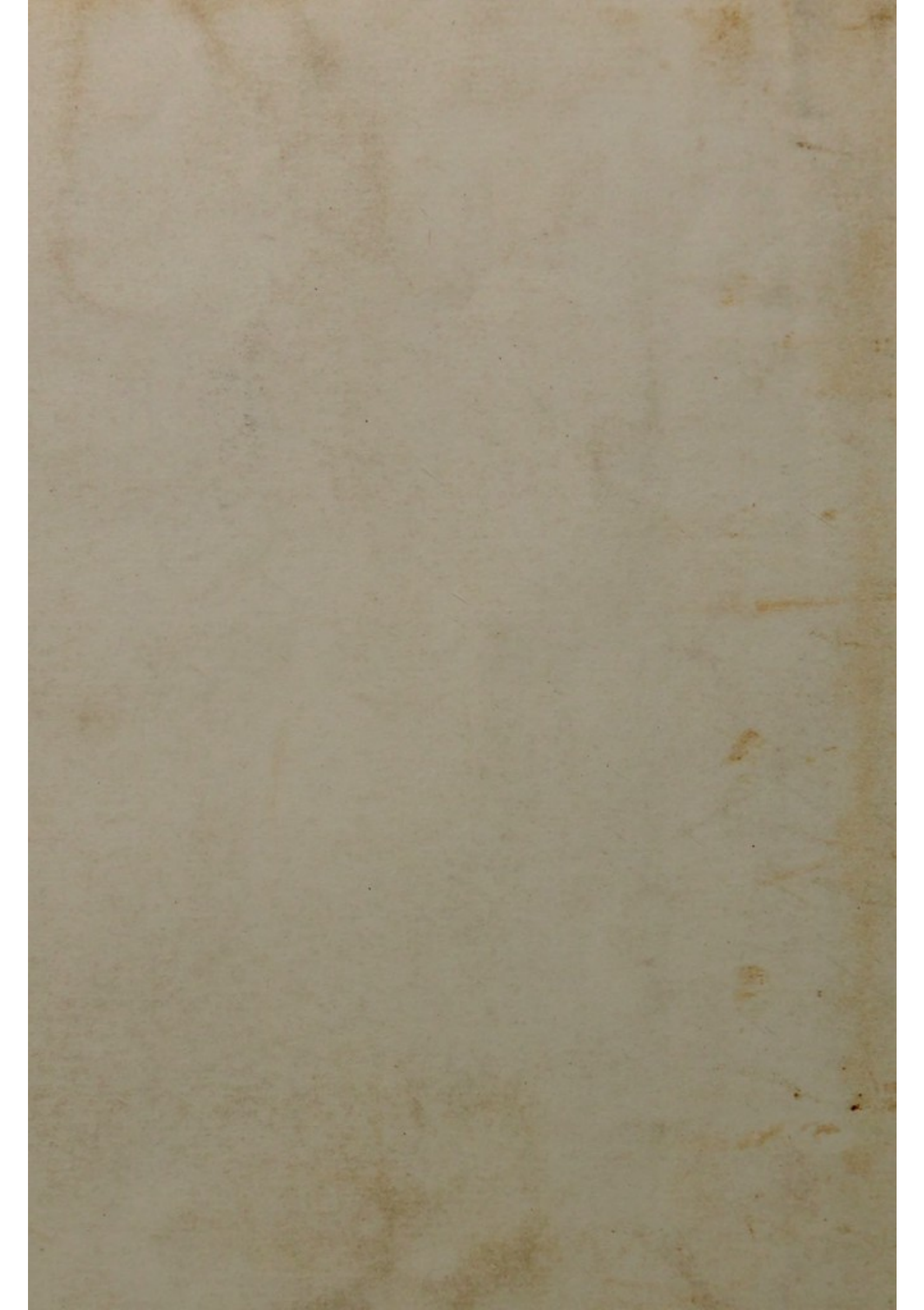
License and attribution

This material has been provided by This material has been provided by The Royal College of Surgeons of England. The original may be consulted at The Royal College of Surgeons of England. where the originals may be consulted. The copyright of this item has not been evaluated. Please refer to the original publisher/creator of this item for more information. You are free to use this item in any way that is permitted by the copyright and related rights legislation that applies to your use. See rightsstatements.org for more information.



Wellcome Collection
183 Euston Road
London NW1 2BE UK
T +44 (0)20 7611 8722
E library@wellcomecollection.org
<https://wellcomecollection.org>





96

(6)

[DALL'ISTITUTO DI PATOLOGIA GENERALE DELLA R. UNIVERSITÀ DI NAPOLI
DIRETTO DAL PROF. GINO GALEOTTI].

SULLA FUNZIONE DEI MUSCOLI DEGENERATI.

III^a Comunicazione. (Lavoro meccanico e potenza).

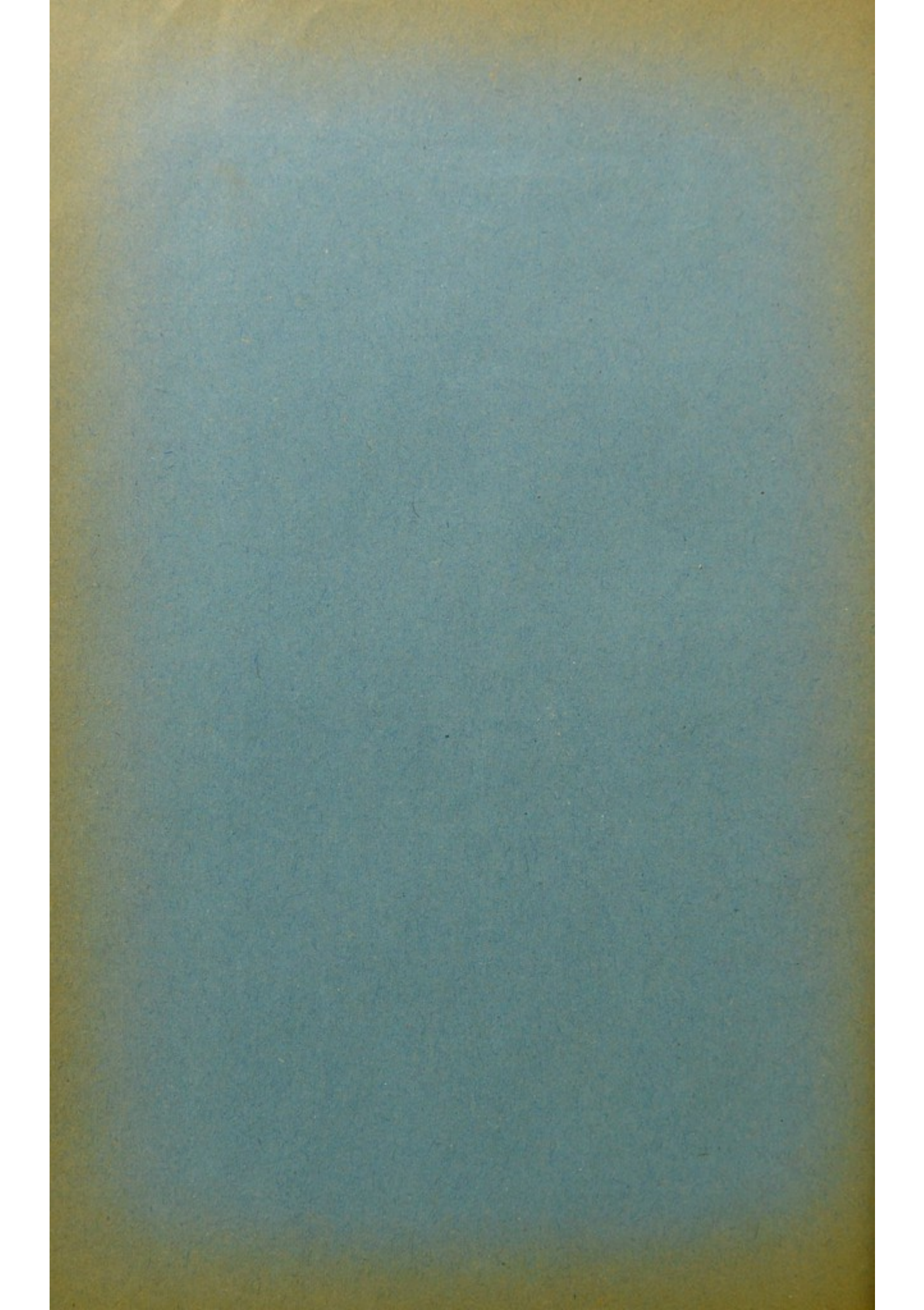
DOTT. GUIDO GUERRINI

LIBERO DOCENTE IN PATOLOGIA GENERALE.



Estratto dallo Sperimentale (Archivio di Biologia normale e patologica)

ANNO LX - FASC. III — MAGGIO-GIUGNO, 1906.



[DALL'ISTITUTO DI PATOLOGIA GENERALE DELLA R. UNIVERSITÀ DI NAPOLI
DIRETTO DAL PROF. GINO GALEOTTI].

SULLA FUNZIONE DEI MUSCOLI DEGENERATI.

III^a Comunicazione. (*Lavoro meccanico e potenza*).

DOTT. GUIDO GUERRINI

LIBERO DOCENTE IN PATOLOGIA GENERALE.

Gli effetti meccanici da considerare nella contrazione muscolare sono due:

1° Il *lavoro meccanico*, cioè il prodotto del peso sollevato per l'accorciamento del muscolo;

2° Il modo con cui un muscolo solleva un peso ad una certa altezza e ve lo mantiene per un certo tempo.

Mi sono occupato nelle presenti ricerche di ambedue le questioni, comparativamente nei muscoli normali e nei muscoli in degenerazione grassa. Espongo i risultati ottenuti nei due capitoli seguenti.

*
* * *

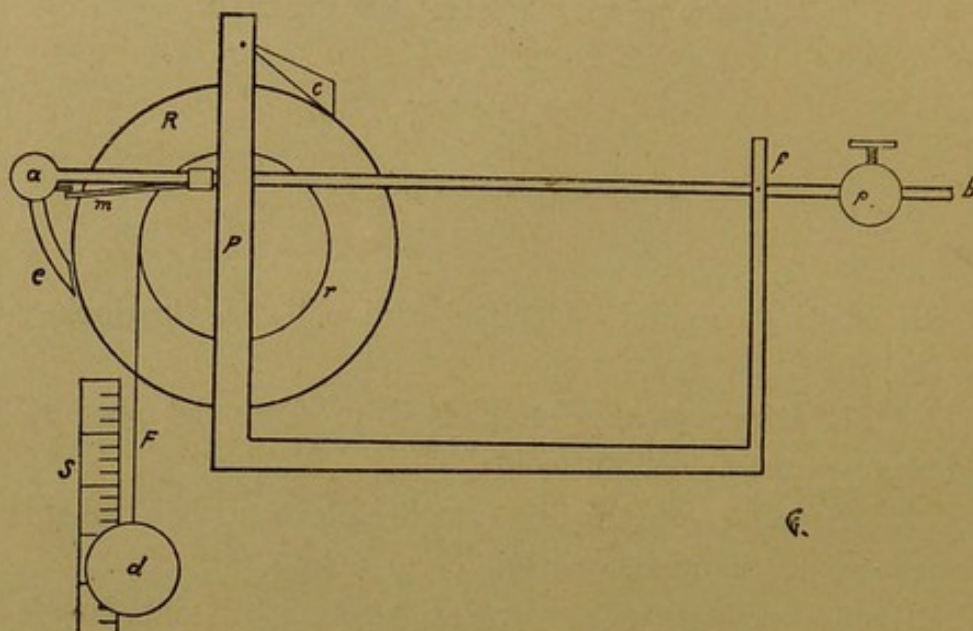
Il *lavoro meccanico*, anche per riguardo ad un muscolo ha il significato comune, e però si esprime in *grammicentimetri*.

La bibliografia dell'argomento è molto ricca e numerosa. È noto, ad esempio, che la quantità del *lavoro meccanico* muscolare può aumentare con l'aumentare del peso sino ad un massimo, al di là del quale il muscolo diventa incapace al lavoro. In altri termini, vi è per ogni muscolo un peso per il quale il lavoro è massimo. Il *Rosenthal* nei muscoli di rana ha stabilito che per pesi

di 50, 100, 150, 200, 250 gr. si possono avere altezze di sollevamento di 9, 7, 5, 2, 0 mm. e però lavori meccanici rispettivamente, di 450, 700, 750, 400,0 grammimillimetri.

Il *Fick* aggiunse che il lavoro meccanico aumenta gradatamente col decrescere del peso e che il muscolo fornisce più lavoro meccanico quando, contraendosi, muova masse inerti, le quali, per essere spostate, esigono che il muscolo raggiunga senza raccorciarsi un grado massimo di tensione.

Il *Marey* osservò che il lavoro meccanico aumenta per interposizione di un corpo elastico fra il muscolo e il peso da sollevare: il *Blix* che la forza di contrazione scema, se il muscolo venga di-



steso oltre la propria lunghezza normale, ed il *Santesson* che le contrazioni eseguite da un muscolo a tutto carico sono più alte di quelle eseguite con lo stesso peso caricato in appoggio; che la contrazione isotonica a carico diretto dà un maggior lavoro della eutonica; che il lavoro meccanico a carico diretto è maggiore che in sopraccarico.

Per calcolare il lavoro meccanico del quale un muscolo possa essere capace sono stati costruiti apparecchi. Il principio generale è questo: il muscolo contraendosi solleva un peso, una disposizione dell'apparecchio qualsiasi impedisce al peso di ricadere durante la fase espansoria del muscolo.

In questo modo sono costruiti i *collettori del lavoro* del *Fick*,

del *Broca* e del *Richet* e il *dinamometro* del *Fick*, l'*ergostato* del *Gärtner*, il *dinamometro a morsa* dell' *Hülss*, l'*ergometro a morsa* dello *Zuntz*, la *ruota* dell' *Hirn*, l' *apparecchio* del *Johanssohn* ecc. Tenendo conto di qualche imperfezione, o poca precisione, di questi apparecchi, mi sono studiato di costruirne anch'io uno nel quale le cause di errore note potessero essere eliminate.

R , è una ruota a finissimi denti non rappresentati nella figura; r è un piccolo tamburo montato sul perno P della ruota R , ab è una leva con fulcro in f , la quale porta nella sua porzione fb una serie di forellini i quali servono alla connessione del muscolo, ed in a il dente mobile e ribattuto per la leva m su R ; C , è un dente di arresto; p un peso mobile che può scorrere su fb , d è un peso connesso al tamburo r per mezzo del sottilissimo filo F . S è una scala graduata. La contrazione muscolare è tradotta per la leva ab in una rotazione di R sul proprio asse, e conseguentemente di r , onde un avvolgimento di F su r e un innalzamento di d sulla scala.

P ed f sono montati su pietra: p , serve a bilanciare ab per maniera che il peso di af e il peso di fb si equilibrino a vincenda. Poi che per effetto del peso p i tratti af ed fb si equilibrano, la leva, sollevata dalla contrazione muscolare, non può ritornare da se alla propria posizione normale, ma vi deve essere ricondotta volta per volta. Questo si ottiene facilmente per semplice trazione di un filo fissato in a . Qualsiasi altro mezzo (molla, peso ecc.) rappresenterebbe per il muscolo uno sforzo da compiere e però una cospicua causa di errore nella valutazione del lavoro meccanico fatto in base agli spostamenti del peso d sulla scala S .

Le dimensioni dell'*ergometro* sono rispettivamente le seguenti:

raggio della ruota R .	cm.	4
» del tamburo r	»	2,50
lunghezza della leva nel tratto af .	»	12,5
» » » » » fb	»	3

* * *

Ho sperimentato su rane esculente. Ho provocato al solito la degenerazione grassa istillando soluzioni di fosforo all' 1 % in olio di mandorle. Ho usato il muscolo gastrocnemio.

Ho tenuto conto volta per volta del peso del muscolo, della sua lunghezza, della temperatura di esperimento. Circa il peso, basti ricordare le ricerche note della *Gaule* che calcolò nel gastrocnemio di rane un minimo di gr. 0,235 per un peso corporeo di 23 grammi e un massimo di gr. 0,540 per un peso corporeo di 38 gr., nelle femmine; ed un minimo di gr. 0,365 per un peso di 23 gr. ed un massimo di gr. 0,600 per un peso corporeo di 35 grammi nei maschi adulti, in condizioni normali. La *Gaule* ottenne anche, nelle femmine, una *forza assoluta minima* di 320 ed una *forza assoluta massima* di 650 in gastrocnemi rispettivamente di gr. 0,235 e gr. 0,530 e un *lavoro massimo* di 6000 a un *lavoro minimo* di 1200 per gastrocnemi rispettivamente di gr. 0,460 e di gr. 0,365. Nei maschi, invece, una *forza assoluta minima* di 420 e un *lavoro minimo* di 2100 per gastrocnemi di gr. 0,460 e una *forza assoluta massima* di 800 e un *lavoro massimo* di 6,600 per gastrocnemi rispettivamente di gr. 0,600 e gr. 0,460.

Notevole, infine, la osservazione del *Cash* per cui nelle rane, nel mese di marzo, la durata della contrazione muscolare può salire rispettivamente: nell' *ioglosso* da 0",205 a 0",8; nel *semimembranoso* e *gracile* da 0",108 a 0",26; nel *bicipite femorale* da 0",104 a 0",40; nel *gastrocnemio* da 0",20 a 0",4-0",5.

Ho usato muscoli staccati e stimolazioni quasi sempre *dirette*. È noto che il *Bernstein* ha dimostrato che negli stimoli indiretti il muscolo si stanca assai prima che il nervo.

Nelle stimolazioni dirette ho usato rane curarizzate e non curarizzate.

Ho usato come stimolo la corrente indotta. Ho adoperato stimoli di sola apertura.

Stimolando un muscolo alternativamente con stimoli di chiusura e di apertura si inscriverebbero di fatto in uno, due diagrammi differenti: l'uno per le contrazioni di chiusura, l'altro per le contrazioni di apertura. È noto che le contrazioni di chiusura scemano in altezza più rapidamente e scompaiono più presto.

Ho usato stimolazioni isocrone e ritmiche. Ricerche del *Santesson* hanno dimostrato che aumentando l'intensità dello stimolo, da prima aumenta: poi diminuisce il lavoro meccanico muscolare: ricerche del *Bernstein* che la frequenza degli stimoli fino a un certo

limite aumenta il lavoro, che al di là di questo limite il lavoro meccanico diminuisce.

Il *Preyer* sostenne che fra muscolo e stimolo esiste un rapporto di legge miofisica analoga alla legge psicofisica preconizzata dal *Fletcher* ed il *Mendelssohn* che il lavoro decresce quando aumenta l'eccitabilità muscolare.

Il *Maggiore*, il *Lombard*, il *Broca*, il *Richet* hanno dimostrato che influiscono considerevolmente sul lavoro il peso di carica, la frequenza degli stimoli ed il ritmo delle contrazioni.

La capacità dinamica muscolare è stata studiata ripetutamente in condizioni fisiologiche e in condizioni patologiche. Il *Patrizi* ha dimostrato nell'uomo che la curva quotidiana dell'energia muscolare coincide con la curva quotidiana della temperatura. Altri ha studiato l'azione del massaggio e delle applicazioni idroterapiche (*Maggiore*, *Vinai*). Altri l'azione del caldo e del freddo (*Patrizi*); altri l'azione di particolari sostanze: cocaina, noce di kola, saccharosio (*Mosso U.*); altri l'azione dell'aria compressa (*Zenoni*).

Il *Lombard* trovò che l'alcool e l'aumento della pressione atmosferica aumentano la capacità muscolare dinamica e che invece la diminuiscono: il digiuno, la fatica, la diminuita pressione atmosferica e l'aumento della temperatura.

Il *Treves*, in ricerche fatte con l'ergografo, ha mostrato che si deve tener conto più della quantità di lavoro effettuata per ogni singola contrazione che delle altezze rispettive di queste, e che per valutare il lavoro totale di una serie di contrazioni occorre che il muscolo possa fornire ad ogni contrazione il suo lavoro massimo. Per fare ciò, occorre anzitutto determinare lo stimolo massimo: poi, il peso che a tutto carico dà la quota di maggior lavoro.

* * *

Per contenere la mia ricerca entro condizioni costanti, ho scelto un procedimento sperimentale unico e quello ho seguito comparativamente per i muscoli normali e per i muscoli degenerati.

Riguardo al peso ho preferito un grammo. Esperimenti con pesi maggiori, mi hanno dato un lavoro totale press' a poco identico a quello con un grammo, salvo naturalmente volta per volta una

minor quota di elevazione. E questo nei muscoli normali e nei degenerati, indifferentemente.

Analogamente, poco influiscono sulla quantità del lavoro totale mutazioni di peso ad esperimento in corso. Aumentando il peso, diminuiscono l'altezza e il numero dei sollevamenti; diminuendo il peso, accade il contrario. Ma la quantità del lavoro totale rimane, ripeto, complessivamente la stessa.

Per la frequenza degli stimoli ho usato di norma due stimolazioni al minuto. Rallentando gli stimoli a 45 secondi, 60 secondi, 75 secondi non si inducono influenze sul decorso e sulla quantità del lavoro. Ravvicinando invece gli stimoli i muscoli degenerati entrano facilmente in quello stato di contrattura del quale ho già avuto occasione di occuparmi in altre ricerche pubblicate.

E a me, d'altra parte, interessava che nel diagramma del lavoro non si sovrapponevano, eventualmente, fatti dovuti piuttosto alla fatica.

Quando gli stimoli portati al muscolo si susseguono a conveniente intervallo le contrazioni muscolari procedono, nel muscolo staccato, in rapporto prevalente con l'esaurimento materiale di esso. Quando, invece, gli stimoli siano troppo vicini, allora si aggiunge all'esaurimento suddetto l'azione specifica di quei diversi prodotti del catabolismo muscolare la cui azione ha così gran parte come è noto, nel fenomeno della fatica.

Come ho detto, ho usato di norma solamente stimoli d'apertura. Ora, nei muscoli in degenerazione grassa, la soglia dello stimolo, come ho già mostrato altrove, oscilla facilmente entro certi limiti. Quindi, per uguagliare le condizioni di esperimento, dovetti usare di uno stimolo certamente efficace per il muscolo leso. Esso equivaleva ordinariamente con l'indotto a 18,5, ma nei protocolli delle esperienze sono indicati i particolari.

Procedeva con questo stimolo sino a che il muscolo reagisse. Poi, a mano a mano, aumentavo lo stimolo sino a che il muscolo si esaurisse. Nei protocolli delle esperienze sono indicate le progressioni dello stimolo che equivalevano ordinariamente a 2 cm. di spostamento dell'indotto.

Altri particolari dell'esperimento (camera umida, pinza, elettrodi) non ripeto perchè furono quelli che si usano di norma.

Riassumo brevemente dal protocollo delle esperienze:

Esperimento I. — Rana esculenta normale, temperatura dell'ambiente $+12^{\circ}\text{C.}$, temperatura del ranaio $+10^{\circ}\text{C.}$, gastrocnemio peso: gr. 0,380; lunghezza: cm. 2,3; volume: cmc. 0,50001.

Rana curarizzata. Eccitazione diretta. Distanza iniziale del rocchetto secondario: 18,2; spostamenti successivi: 16 (alla 90^{a} stimolazione); 14 (alla 150^{a} stimolazione); 12 (alla 200^{a} stimolazione). Peso gr. 1; stimoli a $30''$ di intervallo; lunghezza della leva dell'ergometro: tratto AF: cm. 12,5; da F all'attacco del muscolo cm. 0,6. Numero delle contrazioni 212. Lavoro meccanico totale 451,7. Rapporto del lavoro meccanico totale con 1 gr. di muscolo: 1180,87; con 1 cm., in lunghezza: 196,39; con 1 cmc. in volume: 752,83.

Il diagramma del lavoro è riassunto nella tavola I a pag. 442.

Esperimento II. — Rana esculenta, normale. Temperatura dell'ambiente $+18^{\circ}\text{C.}$ Temperatura del ranaio $+12^{\circ}\text{C.}$ Gastrocnemio: peso: gr. 0,378; lunghezza: cm. 2,2; volume: 0,6.

Rana curarizzata. Eccitazione diretta. Distanza iniziale del rocchetto secondario: 18,5. Spostamenti successivi alle stimolazioni 95^{a} (16) 148^{a} (14) 203^{a} (12). Stimoli a $45''$ di intervallo; lunghezza della leva dell'ergometro: tratto AF: cm. 12,5; da F all'attacco del muscolo: cm. 0,6. Lavoro meccanico totale in gr.: cm. 431,2. Rapporto del lavoro meccanico con 1 gr. di muscolo in peso: 1140,74; 1 cm. in lunghezza: 196; 1 cmc. in volume: 718,66.

Esperimento III. — Rana esculenta normale. Temperatura dell'ambiente $+13^{\circ}\text{C.}$ Temperatura del ranaio $+12^{\circ}\text{C.}$ Gastrocnemio: peso: gr. 0,430; lunghezza: cm. 2,5; volume cmc. 0,59.

Rana curarizzata. Eccitazione diretta. Distanza iniziale del rocchetto secondario 18,2. Spostamenti successivi alle stimolazioni 100^{a} (16), 152^{a} (14), 205^{a} (12). Stimoli a $30''$ di intervallo; lunghezza della leva dell'ergometro come sopra. Numero delle contrazioni 227. Lavoro meccanico totale 460,2. Rapporto del lavoro meccanico con 1 gr. in peso: 1070,23; 1 cm. in lunghezza: 184,08; 1 cmc. in volume: 776,61.

Esperimento IV. — Rana esculenta normale. Temperatura dell'ambiente $+12^{\circ}5\text{C.}$ Temperatura del ranaio $+10^{\circ}5\text{C.}$ Gastrocnemio: lunghezza: cm. 2,3; peso: gr. 0,455; volume cmc. 0,6.

Rana non curarizzata. Eccitazione diretta. Distanza iniziale del rocchetto secondario 18,2. Spostamenti successivi alle stimolazioni: 110^{a} (16); 160^{a} (14); 180^{a} (12); 210^{a} (10). Peso 1 gr. Stimoli a $60''$ di intervallo; lunghezza della leva dell'ergometro come sopra. Nu-

mero delle contrazioni 248. Lavoro meccanico totale 486,5. Rapporto fra il lavoro meccanico e 1 gr. in peso : 1069,02 ; 1 cm. in lunghezza : 210,65 ; un cme. in volume : 810,83.

Esperimento V. — Rana esculenta normale. Temperatura $+12^{\circ}$ C. Temperatura del ranaio $+10^{\circ}$ C. Stimoli a 45". Stimolo iniziale a 18,5.

Esperimento VI. — Rana esculenta normale. Temperatura $+14^{\circ}$ C. Temperatura del ranaio $+12^{\circ}$ C. Stimoli a 30". Stimolo iniziale con R.S. a 17,8.

Esperimento VII. — Rana esculenta normale. Temp. $+14^{\circ}$ C. Temperatura del ranaio $+12^{\circ}$ C. Stimoli a 30". Stimolazione iniziale a 18,5.

Esperimento VIII. — Rana esculenta normale. Temp. $+12^{\circ}$ C. Temperatura del ranaio $+10^{\circ}$ C. Stimoli a 60". Stimolazione iniziale a 17,8.

Le altre condizioni sperimentali sono le medesime per ogni esperimento.

Negli esperimenti V e VIII le rane non erano curarizzate. Gli spostamenti del rocchetto sono stati: Esperimento V alle contrazioni : 102 (16), 140 (14), 150 (12), 200 (10). Esperimento VI alle contrazioni : 115 (16), 149 (14), 200 (12). Esperimento VII alle contrazioni : 150 (16), 194 (14), 203 (12). Esperimento VIII alle contrazioni : 199 (16), 204 (14). Riassunto delle quote :

TABELLA I.

Indicazione sperimentale		Esperimento			
		V	VI	VII	VIII
Dimensione del muscolo in esperimento.	lunghezza...	2. 5	2. 2	2. 3	2. 2
	peso.....	0. 480	0. 477	0. 469	0. 473
	volume	0. 52	0. 60	0. 52	0. 61
Num. delle contrazioni		240	233	215	218
Lavoro meccanico totale		472	444. 9	485. 5	462. 5
Rapporto del lavoro meccanico con	1 grammo...	983. 33	990. 97	103. 5. 19	978. 22
	1 cm.....	148. 88	215. 87	211. 08	210. 23
	1 cme di muscolo	907. 69	719. 5	933. 65	758. 19

Esperimento IX. — Rana esculenta. Muscoli in notevole grado di degenerazione grassa. Quantità totale di Ph. istillata: gr. 0,0030. Temp. dell'ambiente $+12^{\circ}5$ C. Gastrocnemio: lunghezza cm. 2,3; peso: gr. 0,395; volume: cmc. 0,6.

Rana curarizzata. Stimolazione diretta. Distanza iniziale del rocchetto: 18. Spostamenti successivi alle stimolazioni: 80 (Rs. 16), 110 (14), 120 (12). Peso: 1 gr. Stimoli a 60" di intervallo; lunghezza della leva dell'ergometro: tratto AF cm. 12,5; da F all'attacco del muscolo: cm. 0,6. Numero delle contrazioni 121. Lavoro meccanico totale 170,4. Rapporto del lavoro meccanico totale con 1 gr. di muscolo: 431,37; con 1 cm. in lunghezza: 74,09; con 1 cmc. in volume: 284.

Il diagramma del lavoro è riassunto nella Tav. I a pag. 442.

Esperimento X. — Rana esculenta. Muscoli in avanzatissimo grado di degenerazione grassa. Quantità di Ph. istillata totale: grammi 0,0045; temperatura dell'ambiente $+12^{\circ}$ C. Gastrocnemio: lunghezza: cm. 2,3; peso: gr. 0,304; volume: cmc. 0,6.

Rana curarizzata. Stimolazione diretta. Distanza iniziale del rocchetto secondario: 18. Spostamenti successivi alle stimolazioni 21 (16), 40 (14), 58 (12), 71 (10), 83 (6), 104 (4). Peso 1 gr. stimoli a 60" di intervallo; lunghezza della leva dell'ergometro: come sopra. Numero delle contrazioni 107. Lavoro meccanico totale 150,6. Rapporto del lavoro meccanico totale con 1 gr. di muscolo: 392,19; con 1 cmc. 65,49; con 1 cmc. 251.

Esperimento XI. — Rana esculenta. Muscoli in notevole grado di degenerazione grassa. Quantità di Ph. istillata totale: gr. 0,004. Temperatura dell'ambiente $+12^{\circ}5$ C. Gastrocnemio: lunghezza: cm. 2,2; peso gr. 0,495; volume: cm. 0,6.

Rana curarizzata. Stimolazione diretta. Distanza iniziale del rocchetto: 18,5. Spostamenti successivi alle stimolazioni: 40 (a 16), 65 (14), 97 (12), 109 (10). Rocchetto. Peso 1 gr. Stimoli a 45" di intervallo. Lunghezza della leva dell'ergometro: come sopra. Numero delle contrazioni 122. Lavoro meccanico totale 173,6. Rapporto del lavoro meccanico totale con 1 gr. di muscolo: 330,50; 1 cm. di muscolo: 78,90; 1 cmc. di muscolo: 289,23.

Esperimento XII. — Rana esculenta. Muscoli in notevole grado di degenerazione grassa. Quantità di Ph. istillata totale gr. 0,004. Temperatura dell'ambiente $+14^{\circ}5$ C. Gastrocnemio: lunghezza: centimetri 2,5; peso: gr. 0,487; volume: cmc. 0,5.

Rana non curarizzata. Stimolazione diretta. Distanza iniziale del

rocchetto : 17,8. Spostamenti successivi alle contrazioni 40 (16), 66 (12), 90 (10), 111 (8). Peso 1 gr. Stimoli a 60'' di intervallo. Dimensioni della leva dell'ergometro : come sopra. Numero delle contrazioni 96. Lavoro meccanico totale 186,3. Rapporto fra il lavoro meccanico totale e 1 gr. di muscolo : 384,54 ; 1 cm. di muscolo : 465,8 ; 1 cmc. di muscolo : 372,6.

Esperienza XIII. — Rana esculenta. Muscoli in avanzatissimo grado di degenerazione ; quantità di Ph. instillata totale gr. 0,004 ; temperatura dell'ambiente $+ 12^{\circ}5$ C, $+ 11^{\circ}$ C. Gastrocnemio. Distanza iniziale del rocchetto : 18,5. Spostamenti successivi alle contrazioni : 30 (10), 45 (14), 68 (12), 88 (10), 103 (8), 110 (6). Stimoli a 45'' di intervallo.

Esperimento XIV. — Rana esculenta. Muscoli in avanzatissimo grado di degenerazione. Quantità totale di Ph. istillata gr. 0,0032 ; temperatura dell'ambiente $+ 14^{\circ}$ C. Gastrocnemio. Distanza iniziale del rocchetto 17,9. Spostamenti successivi alle stimolazioni : 13 (16), 26 (14), 41 (12), 63 (10), 80 (8), 88 (6), 105 (4), 200 (2). Stimoli a 40'' d' intervallo.

Esperimento XV. — Rana esculenta. Muscoli in notevole grado di degenerazione. Quantità di Ph. istillata totale : 0,004. Temperatura dell'ambiente $+ 14^{\circ}$ C. Distanza iniziale del rocchetto : 17,5. Spostamenti successivi alle stimolazioni : 60 (16), 99 (14), 103 (12), 110 (10). Stimoli a 45'' di intervallo.

Esperimento XVI. — Rana esculenta. Muscoli in notevole grado di degenerazione grassa. Quantità di Ph istillata totale : 0,005. Temperatura dell'ambiente $+ 12^{\circ}5$ C. Distanza iniziale del rocchetto 18,5. Spostamenti successivi alle stimolazioni 99 (16), 105 (14), 119 (12). Stimolazioni a 60'' di intervallo.

Esperimento XVII. Rana esculenta. Muscoli in lieve grado di degenerazione. Quantità di Ph. istillata totale : gr. 0,002. Temperatura dell'ambiente $+ 14^{\circ}$ C. Distanza iniziale del rocchetto : 18,5. Spostamenti successivi alle stimolazioni 88 (16), 104 (14), 125 (12), 160 (10). Stimoli a 60'' di intervallo.

Esperimento XVIII. — Rana esculenta. Muscoli in lieve grado di degenerazione. Quantità di Ph. istillata totale : 0,004. Temperatura del ranaio 14,5. Distanza iniziale del rocchetto 17,7. Spostamenti successivi alle stimolazioni 80 (16), 99 (14), 100 (12). Stimoli a 30'' di intervallo.

Esperimento XIX. — Rana esculenta. Muscoli in lieve grado di degenerazione grassa. Quantità di Ph. istillata totale : gr. 0,005. Temperatura dell'ambiente $+ 13^{\circ}2$ C. Distanza iniziale del rocchetto a

18,2. Spostamenti successivi alle stimolazioni 67 (16), 85 (14), 101 (12), 110 (10). Stimoli a 25" di intervallo.

Esperimento XX. — Rana esculenta. Muscoli in lieve grado di degenerazione. Quantità di Ph. istillata: 0,002. Temperatura dell'ambiente + 15°5. Distanza iniziale del rocchetto 18,9. Spostamenti successivi alle stimolazioni 84 (16), 100 (14), 125 (12). Stimoli a 40" di intervallo.

Riassumo le esperienze nella tavola seguente. Le condizioni sperimentali non indicate sono identiche per tutte le prove.

TABELLA II.

Espe- rienza	Dimensioni del muscolo			Numero delle contraz.	Lavoro meccan. totale	Lavoro meccanico in rapporto con		
	lunghezza	peso	volume			1 cm.	1 grammo	1 cmc.
XIII	2.5	0.482	0.6	116	165.0	66	342.34	275
XIV	2.3	0.465	0.6	122	160.4	69.70	366.45	267.23
XV	2.2	0.465	0.65	112	170.3	76.55	384.74	283.83
XVI	2.3	0.485	0.6	120	176.9	76.92	364.75	294.83
XVII	2.8	0.479	0.61	126	185.5	66.27	387.26	304.89
XVIII	2.2	0.470	0.6	102	181.9	82.68	303.19	301.5
XIX	2.2	0.465	0.6	129	188.1	83.22	400.21	301.8
XX	3.1	0.501	0.65	133	203.1	65.68	405.38	312.6

Esaminiamo ora i diagrammi del lavoro prima per i muscoli normali, poi, per i muscoli degenerati. Nel diagramma del lavoro ottenuto nei muscoli normali, è notevole innanzi tutto che ad una prima discesa rapida succede una serie di elevazioni alquanto più basse che non le prime, ma tali che poi conservano per molto tempo un'altezza pressochè costante.

Infatti nell'esperimento I mentre in 28 contrazioni si sale da una elevazione di cm. 3,5 a una elevazione di cm. 4,2, occorrono 20 contrazioni per ridiscendere ad una elevazione di cm. 3,5 e 174 contrazioni per scendere fino alla inattività muscolare. Nell'esperi-

mento II, occorrono 25 contrazioni per salire da una elevazione di cm. 3,4 ad una elevazione di cm. 4,2; 35 contrazioni per ridiscendere a un sollevamento di cm. 3,4 e 148 contrazioni per scendere fino all'inattività muscolare.

Ho detto sopra per qual ragione e per che cautela sperimentale abbia raccolto diagrammi di lavoro e non curve di fatica. Ma poichè queste nel loro inizio, cioè quando non sia ancor cospicua la raccolta dei prodotti del catabolismo muscolare, possono rappresentare in certo modo anch'esse un diagramma di lavoro, così ho cercato anche se esista un rapporto fra i miei diagrammi e le curve del *Kronecker* e tra i miei diagrammi e le curve all'ergografo per un riguardo che dirò più innanzi.

Il *Kronecker* sperimentando su rane, usando stimoli massimali e pesi non superiori a 50 grammi, iscrivendo come ordinate a un'ascissa le altezze singole di sollevamento e congiungendo gli estremi superiori delle verticali equidistanti, ottenne complessivamente una linea retta. Chiamò differenza di fatica la differenza di altezza fra due ordinate vicine ed aggiunse che la differenza è una costante, che diminuisce progressivamente con l'aumentare dell'intervallo interposto fra stimolo e stimolo, e che resta costante per varii pesi purchè restino costanti gli intervalli fra stimolo e stimolo. Il *Kronecker* riassunse il fatto nella formula:

$$y^n = y^1 - nD$$

dove D è la differenza di fatica; y^1 la prima delle ordinate, y^n l'altezza di un'altra ordinata qualsiasi; n , il numero delle ordinate che precedono y^n .

Il *Tiegel*, sperimentando con stimoli deboli (stimolazioni sottomassimali) confermò i risultati del *Kronecker* aggiungendo che la differenza di fatica aumenta col diminuire dell'intensità dello stimolo.

Paragonando, i miei diagrammi con le curve ottenute con l'ergografo, è notevole la coincidenza del così detto fenomeno della scala.

Il fenomeno, osservato per primo dal *Fick* per i muscoli dello scheletro e dal *Bowditch* per il muscolo cardiaco fu poi confermato dal *Waller*, dal *Carvallo* e dal *Weiss*, dal *Müller*, dal *Jen-*

sen, dallo *Stewart*, dalla *Joteyko*. Sulla esistenza del fatto non è dubbio. Dubbio è invece sulla interpretazione di esso. Restando al fenomeno nei muscoli esangui, il *Bowditsch* lo interpretò con l'ipotesi che vada scemando gradatamente la resistenza che deve vincere la contrazione.

Il *Richet* considerò il fenomeno come un fatto di addizione latente, il *Mosso* come un aumento di eccitabilità, quasi che il succedersi delle scosse serva al muscolo di massaggio, il *Broca* ed il *Richet* come una forma immediata di allenamento, il *Kokstmann* e lo *Schenck* come una diminuzione dell'interferenza fra i due processi contrattorio ed espansorio e per un maggiore allungamento di questo.

Senza entrare nell'interpretazione del fatto resta notevole la coincidenza tra i miei *diagrammi di lavoro* e le *curve di fatica*; il che del resto non ha dello strano quando si pensi, per le ragioni accennate, alla relativa rassomiglianza che esiste tra la prima parte di una *curva di fatica* e un *diagramma di lavoro*.

Passando al diagramma di lavoro ottenuto nei muscoli in degenerazione grassa, si rilevano i seguenti fatti: che esso è più basso e notevolmente più breve che nei muscoli normali, il che significa in altre parole che uguali restando l'intensità dello stimolo, il peso del carico e le dimensioni del muscolo, il muscolo degenerato eleva a volta a volta il peso di carica di un'altezza minore e che a parità di condizioni il muscolo leso non è capace che di un assai minor numero di contrazioni.

Così ad esempio, mentre nei diagrammi di rane normali si possono avere sollevamenti massimi di cm. 4; 4,1; 4,2 (*Esperimenti I*, sollevamenti 22-34; *Esperimento II*, sollevamenti 23-36) nei diagrammi di muscoli degenerati i sollevamenti massimi non si elevano al disopra di cm. 3,4; 3,5; 3,6 (*Esperimento IX*, sollevamento 7; *Esperimento X*, sollevamenti 4-11); che mentre i muscoli normali danno una media di 215 sollevamenti (massimo: 248 *Esperimento IV*; minimo: 212, *Esperimento I*) i muscoli degenerati danno una media di 114 sollevamenti (massimo: 133, *Esperimento XIX*; minimo: 96, *Esperimento XII*); che mentre i muscoli normali danno una media di lavoro totale di gr. cm. 458,8 (massimo: 486,5. *Esperimento IV*; minimo: 431,2. *Esperimento II*)

i muscoli degenerati danno una media solamente di 176,8 (massimo 203,1, *Esperimento XX*, minimo 150.6, *Esperimento X*) ed infine che rapportando il lavoro meccanico totale a 1 gr. in peso a 1 cm. in lunghezza a 1 cmc. in volume di massa muscolare, si ottengono i seguenti risultati:

TABELLA III.

Lavoro totale calcolato per		Muscoli	
		normali	degenerati
1 gr.	massimo	1180. 87	431. 37
	minimo	978. 22	303. 19
	media	1084. 54	307. 28
1 cm.	massimo	215. 87	83. 22
	minimo	184. 08	65. 49
	media	119. 97	74. 36
1 cmc.	massimo	907. 69	289. 23
	minimo	718. 66	251
	media	813. 17	270. 11

Altri due fatti costantemente evidenti per i muscoli degenerati è una maggiore irregolarità nell'ampiezza dei sollevamenti singoli, la mancanza e la minor durata nei diagrammi del lavoro del fenomeno della scala.

Il primo fatto assume talvolta un valore considerevole. Mentre nei muscoli normali le differenze massime fra un sollevamento e l'altro, quale che sia la porzione del diagramma, non oltrepassa 2-3 mm. *Esperimento I*, elevazioni: 1,2; 5,6; 6,7; 7,8. *Esperimento II*, elevazioni: 1,2; 6,7; 8,9; 15,16; 18,19; 31,32;

39,40 ecc.) nei muscoli degenerati queste differenze possono raggiungere qualche volta 5, 9, 12, 14 mm. (*Esperimento IX*, elevazioni: 1,2; 3,4; 4,5; 7,8; 11,12; *Esperimento X*, elevazioni: 16,17).

Il fenomeno della scala che nei muscoli normali si estende per 27,28 sollevamenti (*Esperimento I* dal sollevamento 1 al 28; *Esperimento II*, dal sollevamento 1 al 27) nei muscoli degenerati o manca (*Esperimenti XII, XIII, XIV, XV, XVI, XVII, XVIII*) o interessa solamente 7,8 sollevamenti (*Esperimento X* dal sollevamento 1 al sollevamento 7, *Esperimento XI* dal sollevamento 1 al sollevamento 8).

I due fatti sono evidentemente la ripercussione nel campo del lavoro meccanico di quello che ho già mostrato in ricerche antecedenti sulla soglia dell'eccitazione ed il fenomeno della scala pure in muscoli in degenerazione grassa.

Dal che giunsi alla conclusione: 1° che mentre nel muscolo normale a stimolazioni successive identiche purchè fatte a sufficienti intervalli corrispondono costantemente scosse uguali per ampiezza e per forma, nei muscoli degenerati, a stimolazioni successive identiche rispondono saltuariamente scosse di ampiezza e di forma diversa. 2° che mentre nei muscoli normali la ripetizione fatta a brevi intervalli di una identica stimolazione provoca un aumento di eccitabilità, il che si esplica nel tracciato col fenomeno della scala, nei muscoli degenerati, ciò non avviene. Qualche volta anzi si può avere precisamente il fenomeno opposto. Col ripetersi degli stimoli le singole scosse si fanno sempre più brevi. 3° da questo appare che mentre nel muscolo normale l'eccitabilità persiste con una notevole costanza di grado, nei muscoli degenerati, invece, essa oscilla saltuariamente entro limiti assai ampi.

Resta dunque come più inerente al lavoro meccanico il doppio fatto fondamentale: minore ampiezza dei sollevamenti singoli — minor numero dei sollevamenti possibili. Onde il fatto complessivo della minor quantità di lavoro meccanico.

La diminuzione del lavoro meccanico raggiunge estremi considerevoli. La tabella III che riassume il fatto rapportandolo singolarmente all'unità di lunghezza, di peso, di volume del muscolo normale e del degenerato, dimostra il fatto chiaramente.

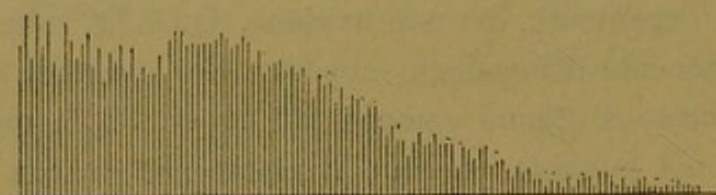
Mentre 1 cm. di muscolo normale può dare 119,97 gr. cm. di lavoro meccanico, 1 cm. di muscolo degenerato dà solamente 74,36; mentre 1 gr. di muscolo normale può dare 1084,54 di lavoro meccanico, 1 gr. di muscolo degenerato dà solamente 367,28; mentre 1 cmc. di muscolo normale può dare 813,17 gr. cm. di *lavoro meccanico*, il muscolo degerato dà solamente 270,11.

Ma da che può dipendere questa diminuita capacità del muscolo al lavoro meccanico?

Le cagioni possono esser diverse: la distruzione di elementi contrattili, la insufficienza dei materiali di consumo, la maggiore difficoltà del restauro; e su di questo ritornerò. Intanto, riassumo la seconda parte della ricerche e riporto nei due schemi seguenti i diagrammi di lavoro di un muscolo normale e di un muscolo degenerato.



I. Diagramma del lavoro di un muscolo normale (ergometro; peso = 1 gr.; altezze dei sollevamenti in cm. — *Curva rimpicciolita della metà*). *Esperimento I.*



II. Diagramma del lavoro di un muscolo in degenerazione grassa. (Condizioni sperimentali come sopra). *Esperimento IX.*

*
* * *

Intorno all'altra proprietà meccanica dei muscoli che in un precedente lavoro ho chiamato *potenza del muscolo*, ho condotto le seguenti ricerche:

Ho misurato comparativamente in muscoli normali e in degenerati la superficie integrale della curva tetanica (usando per ogni

esperimento pesi e stimoli similari e condizioni per quanto è possibile identiche nel processo dell'esperimento) sulla formula:

$$(1) \quad S = \frac{h}{2} \{y_1 + 2(y_2 + y_3 + y_4 \dots y_n) + y_{n+1}\}$$

avvertendo che nel mio caso poichè il tetanogramma interseca l'ascissa in due punti (inizio e termine del tetanogramma) y_1 e y_{n+1} essendo $= 0$, la formula (1) va modificata in:

$$(2) \quad S = h(y_2 + y_3 \dots + y_n).$$

Gli esperimenti furono fatti così: ad un muscolo gastrocnemio veniva applicata una leva miografica (leva di *secondo grado*). Ad una certa distanza dal fulcro era connesso il tendine del gastrocnemio ed il peso da sollevare. Questo fu sempre di 50 grammi.

In questo modo tutte le ordinate, per ogni singolo tetanogramma, e perciò, complessivamente, il valore della superficie integrale, erano moltiplicate per il rapporto fra la lunghezza totale della leva (dalla punta al fulcro cm. 16.8) e la lunghezza della porzione di questa compresa tra il fulcro e l'attacco del peso e del muscolo (cm. 1.5). In tal modo potevo ottenere la vera superficie integrale della contrazione. L'uso della leva era necessario per il fatto che a mano a mano che si procede nell'ordine dei tetanogrammi, la superficie integrale iscritta nella curva scende a valori via via così bassi che ne sarebbe impossibile la comparazione con il metodo grafico diretto.

La stimolazione veniva fatta ai due capi muscolari con gli indotti di una slitta normale. La distanza del rocchetto secondario era normalmente a 18.5. I tetanogrammi erano presi dopo ugual tempo di riposo (5' fra il 1° e il 2°; 10' fra il 2° e il 3°; 15' fra il 3° e il 4°; 20' rispettivamente: fra il 4° e il 5°; fra il 5° e il 6°; fra il 6° e il 7°).

Prima dell'esperimento, determinavo la lunghezza, il peso e il volume del muscolo. La quantità che ho chiamato: *potenza del muscolo* sono state riportate singolarmente a questa unità di misura.

Tutte le cifre sono state divise per 100 a fine di renderle più semplici e conseguentemente più dimostrative.

TABELLA IV.

Esperimento	Potenza del muscolo			
	Totale	in rapporto con		
		1 cm.	1 gr.	1 cmc.
I. tetano 1	70	25	156	117
» 2	35	12	78	58
» 3	14	5	32	24
» 4	12	4	27	20
» 5	9	3	21	15
» 6	3	3	8	6
» 7	2	0.8	5	3
II. tetano 1	60	20	129	100
» 2	30	10	65	50
» 3	14	4	31	24
» 4	12	4	26	20
» 5	5	1	11	8
» 6	3	1	6	5
III. tetano 1	68	24	158	114
» 2	28	10	67	46
» 3	17	6	41	29
» 4	13	4	31	22
» 5	4	1	10	7
» 6	3	1	7	5
» 7	2	0.7	5	3
IV. tetano 1	67	23	145	102
» 2	36	12	75	60
» 3	14	4	31	23
» 4	9	3	21	16
» 5	5	1	11	8
» 6	3	1	6	5
» 7	2	0.7	4	3
V. tetano 1	67	22	142	112
» 2	31	10	66	52
» 3	19	6	40	32
» 4	14	4	29	23
» 5	4	1	10	8
» 6	3	1	6	5
VI. tetano 1	82	26	169	137
» 2	36	12	74	60
» 3	17	5	34	29
» 4	11	3	22	18
» 5	5	1	11	8
» 6	3	1	7	6

Esperimenti I, II, III, IV, V, VI. — Riassunto dei calcoli.

Esaminando i risultati delle esperienze, risulta innanzi tutto che a parità di condizioni la *potenza muscolare* nel primo tetanogramma oscilla per ogni esperimento entro limiti abbastanza vicini per unità di muscolo simili. Cioè: con una media di 23 massimo 26 (Esp. VI): minimo 20 (Esp. II) per 1 cm. di lunghezza di muscolo; con una media di 149 (massimo 169 (VI); minimo 129 (II)) per 1 gr. di massa muscolare; con una media di 118 (massimo 137 (VI): minimo 101 (II) per 1 cmc. di volume muscolare.

Altrettanto dicasi rispettivamente per il 2°, 3°, 4°, 5°, 6°, 7° tetanogramma le cui quote sono riassunte qui sotto:

TABELLA V.

Per 1 cm.....	11	5	3.5	2	2	0.75
Per 1 gr.	72	36	26	13	7	4.5
Per 1 cmc.....	53	26	19	11	5.5	3
Tetano	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.

Ma l'esame della tabella suggerisce un'altra considerazione e cioè che man mano che si procede nella serie successiva dei tetani le superfici integrali delle curve diminuiscono considerevolmente, sebbene non in modo uniforme e indipendentemente dalla durata dei periodi di riposo interposti fra tetano e tetano.

Ma la differenza fra le superfici integrali di due tetanogrammi successivi oltre che rappresentare la diminuzione della potenza muscolare, è anche un indice dell'esaurimento del muscolo e della diminuita capacità di questo al restauro.

Per i muscoli degenerati ho ottenuto:

Esperienza VII. — Rana esculenta con muscoli in degenerazione grassa di grado considerevole. Quantità totate di Ph. istillata 0,0032 grammi. Condizioni sperimentali come sopra, per le rane normali.

Esperimenti VIII, XII, XIII, XIV, XVII. — Rane come sopra. Muscoli in considerevole grado di degenerazione. Quantità totale di Ph. inoculata rispettivamente gr. 0,0045 (VIII); 0,0032 (XII); 0,0025 (XIII); 0,0020 (XIV); 0,0030 (XVII).

Riassunto dei calcoli:

TABELLA VI.

Esperimento	Potenza muscolare			
	Totale	in rapporto a		
		1 cm.	1 gr.	1 cmc.
VII. tetano 1...	15	5	32	25
» 2...	1	0.6	3	2
VIII. tetano 1...	14	5	31	24
» 2...	1	0.6	3	2
XII. tetano 1...	15	5	33	25
» 2...	1	0.6	3	2
XIII. tetano 1...	16	6	32	24
XIV. tetano 1...	14	5	33	24
» 2...	1	0.6	3	2
XVII. tetano 1...	13	4	30	23
» 2...	0.5	0.3	2	1

Esperimenti IX, X, XI, XV, XVI. — Rane come sopra. Muscoli in degenerazione grassa. Quantità totale di Ph. inoculata, rispettivamente: grammi 0,0032 (IX); 0,0045 (X); 0,0022 (XI); 0,0030 (XV); 0,0030 (XVI).

Riassunto dei calcoli:

TABELLA VII.

Esperimento	Potenza muscolare			
	Totale	in rapporto a		
		1. cm.	1 gr.	1 cmc.
IX. tetano 1...	31	11	62	50
» 2...	14	5	31	26
» 3. .	9	3	20	10
X. tetano 1..	29	10	61	50
» 2..	13	4	30	25
» 3...	7	2	12	8
XI. tetano 1..	19	7	3	2
» 2..	12	3	15	9
» 3 ..	6	2	12	8
XV. tetano 1...	17	5	31	25
» 2 ..	12	3	20	10
» 3. .	3	1	5	3
» 4...	0.5	0.3	2	1
XVI. tetano 1..	19	7	3	2
» 2..	12.	3	15	9
» 3...	1	0.6	4	2

Anche nei muscoli in degenerazione grassa esiste, dunque, una certa proporzione fra le *potenze muscolari* del primo tetanogramma. Ma nelle tabelle sperimentali sono stati muscoli che hanno reagito a 3-4 tetani successivi (IX, X, XI, XV, XVI) ed altri che hanno

reagito o soltanto ad uno (XIV) o soltanto a due (VII VIII, XII, XIII, XIV, XVII). Il fatto è in dipendenza probabilmente col grado raggiunto dalla degenerazione, onde comprendendo in un primo gruppo i muscoli capaci sino al 3°-4° tetano e in un secondo i muscoli esauriti già dopo il primo o il secondo, risulta che i muscoli del primo gruppo danno al primo tetano una *potenza muscolare* compresa tra un massimo di 31 (IX) ed un minimo di 17 (XV) (media 24) mentre i muscoli del secondo gruppo danno al primo tetano una *potenza* compresa fra 16 (XIII) e 14 (XIV) (media 15).

Nei muscoli del primo e del secondo gruppo esiste, poi, come per i muscoli normali una decrescenza progressiva delle quote della *potenza* a mano a mano che si avvanza nella successione dei tetanogrammi.

Riassumo in questa tabella le medie calcolate per le singole potenze.

TABELLA VIII.

Tetano	per 1 cm.	per 1 gr.	per 1 cmc.
I.	7	46	26
II.	2	15	13
III.	1.5	12	6
IV.	0.3	2	1

Si noti che nei muscoli degenerati i riposi fra un tetano e l'altro sono stati i medesimi che per i muscoli normali.

Onde, in fine, passo al confronto tra muscoli normali e degenerati.

Nelle mie ricerche anteriori sulla funzione dei muscoli degenerati, già conclusi riferendomi al tetano, che la elevazione massima dei tetanogrammi è molto minore nei muscoli degenerati di quello che sia nei normali e che il tempo necessario per il ritorno all'ascissa è nel muscolo degenerato assai più lungo che nel normale.

E riferendomi alla fatica conclusi che un tempo di riposo che è sufficiente per un muscolo normale perchè la provocazione di una seconda fatica non risenta della precedente, non è, invece, sufficiente più quando il muscolo sia degenerato.

In queste mie ricerche presenti è indirettamente una conferma del fatto.

Ma torno al confronto dei tetanogrammi dei muscoli normali e dei degenerati.

Il primo fatto dunque è questo: che per il muscolo degenerato la *potenza muscolare* è, a parità di condizioni ed a muscolo appena staccato, assai minore che per il muscolo sano. Mentre, infatti, la *potenza muscolare* è nella curva del primo tetano: 70 per il muscolo normale; per il muscolo degenerato raggiunge appena 23.

Nei muscoli degenerati come nei normali la *potenza muscolare* è nel secondo tetano minore che nel primo; ma fatto il confronto della differenza, risulta che questa è assai maggiore nei muscoli degenerati che nei normali.

Infatti, mentre nei muscoli normali la *potenza* del primo tetano è 70 e quella del secondo 32, con una decrescenza di circa la metà, nei muscoli degenerati le due quote sono rispettivamente: 15 e 1, cioè la *potenza* del secondo tetano è $\frac{1}{15}$ di quella del primo.

E ragguagliando, in fine, nella loro somma le *potenze muscolari* di tutti quanti i tetanogrammi, mentre i muscoli normali danno una media di 141 i muscoli degenerati danno appena 15, cioè circa $\frac{1}{10}$ della *potenza muscolare* normale.

* * *

Stabilito che nel muscolo degenerato le condizioni necessarie al lavoro sono diminuite nella maniera indicata dalle cifre sopra riportate per il *lavoro meccanico* e per la *potenza del muscolo*, rimarrebbe ora la interpretazione del fatto.

Quali possono essere le cagioni per cui nel muscolo degenerato diminuisce in così alto grado il *lavoro meccanico* e la *potenza del muscolo*?

I fattori che si devono considerare sono i seguenti:

- 1) una diminuzione in numero degli elementi contrattili ancora capaci di funzionare;
- 2) una diminuzione della capacità di funzione nei singoli elementi muscolari contrattili;
- 3) una diminuzione nella quantità dei materiali anabolici contenuti nel muscolo;
- 4) una diminuita capacità del muscolo ad utilizzare questi materiali;
- 5) una diminuita capacità muscolare al restauro cioè a quel complesso di processi anabolici che ripristinano la funzionalità muscolare.

In appoggio dei due primi fattori sta già il fatto osservato da me nelle ricerche anteriori più volte citate, che il tetanogramma di un muscolo degenerato non raggiunge mai nella sua elevazione massima la elevazione di un tetanogramma normale.

Per valutare meglio il primo fattore occorre tener conto principalmente delle lesioni anatomiche del muscolo degenerato, e tornerò sull'argomento pubblicando il risultato di ricerche in corso. Per valutare meglio il secondo bisognerebbe anzi tutto risolvere la questione se la deformazione contrattile degli elementi muscolari sia sempre massimale o no.

Non entro nella questione così intimamente legata col meccanismo intrinseco della deformazione dei dischi, della quale mi sono incidentalmente occupato in ricerche anteriori sulla durata del *tempo di eccitazione latente* nei muscoli degenerati, concludendone che probabilmente il processo degenerativo rende più lenti e più difficili quegli scambi fra sarcoplasma e dischi, onde risulta la deformazione di questi e conseguentemente la contrazione.

Vero è che in organismi monocellulari (per esempio, nelle amebe) la degenerazione induce di norma una diminuzione delle capacità funzionali anche per riguardo alla contrattilità. Ma bisogna tener conto della enorme differenza di dimensioni tra la massa di uno di questi organismi e la massa di un elemento muscolare e della possibilità che nel muscolo degenerato si alteri e rompa un certo numero di dischi o, secondo l'ipotesi del *Galeotti*, che diminuisca la permeabilità delle singole pareti di essi, onde sarebbero

impossibili le variazioni del potenziale elettrico e la tensione superficiale del disco.

Non si deve, pertanto, escludere che a diminuire complessivamente la funzione dei muscoli degenerati non possano entrare, ciascuno per sè, i due fattori sopra indicati.

Il terzo ed il quarto fattore possono avere un argomento in appoggio nel fatto che, a parità di condizioni, il primo tetano di un muscolo degenerato dura assai meno che il tetano omologo ottenuto su un muscolo normale. Mentre il quinto fattore può, a sua volta, ottenere un considerevole argomento in conferma nel fatto che la differenza fra la *potenza* di due tetanogrammi successivi è assai maggiore nel muscolo normale, pur lasciando intercorrere fra tetano e tetano in ambedue i casi lo stesso riposo.

Solamente va bene avvertito che in tal caso il restauro muscolare deve essere interpretato in un senso assai lato, cioè tanto nel complesso dei fatti anabolici che nel complesso dalle eliminazioni dei prodotti del catabolismo.

Appunti bibliografici.

- BERNSTEIN, Ueber die Arbeitsleistung der Muskeln. (Arch. für Physiol., 1880); Die Energie des Muskels als Oberflächeenergie. (Pflüger's A., 1901).
- BIEDERMANN, Elektrophysiologie. Jena, Fischer, 1895.
- BROCA, Les transformations d'énergie dans l'organisme. (Congrès internat. de physique. Paris, 1900).
- BRODIE, The work of muscle. (Journal of Physiol., 1894-1895).
- CHAUVEAU, La dépense énergétique respectivement engagée dans le travail positif et le travail négatif des muscles. (C. R. de la Soc. de Biol., 1896; La lois de l'équivalence dans les transformations de la force chez les animaux. (C. R. de la Soc. de Biol., 1896).
- ENGELMANN, Ueber den Ursprung der Muskelkraft. Leipzig, Engelmann, 1893.
- FICK, Untersuchungen ueber Muskelarbeit. Basel, 1867.
- FEUERSTEIN, Zur Lehre von der absoluten Muskelkraft (Pflüger's A., 1888).
- GAD, Einige Grundgesetze des Energienumsatzes im thätigen Muskel. (Ber. der Preuss. Acad., 1893).

- GALEOTTI, Ricerche di elettrofisiologia secondo i criteri dell' elettrochimica. (Zeitschr. für allgem. Pathol., 1906).
- GUERRINI, Sulla funzione dei muscoli degenerati (I^a nota: tetano, fatica, soglia dell' eccitazione). Sperimentale, 1905.
- (II^a nota: tempo dell' eccitazione latente). Sperimentale, 1905.
- HEIDENHEIN, Mechanische Leistung. Leipzig, 1864.
- HENRY, Sur le travail statique du muscle. (C. R. de la Soc. de Biologie, 1903).
- HERZEN, L'activité musculaire et l'équivalence des forces. (Revue scient., 1887).
- IMBERT, Sur le mécanisme de la contraction musculaire. (C. R. de la Soc. de Biol. 1895); Le mécanisme de la contraction musculaire déduit de la considération des forces de tension superficielle. (Arch. de Physiol. norm. et pathol. 1897).
- KEISER, Zur Analyse der Zuckungskurve des quergestreiften Muskels. (Zeitschr. für Biol. 1896); Untersuchungen ueber die Natur der bei der Contraction des quergestreiften Muskels wirksamen Kräfte. (Zeitschr. für Biol., 1896); Untersuchungen ueber den Ursprung der Muskelkraft. (Zeitschr. für Biol., 1898).
- KRIES (VON), Untersuchungen zur Mechanik des quergestreiften Muskels. (Arch. f. physiol., 1895).
- ROSENTHAL, Ueber die Arbeitsleistung der Muskeln. (Arch. für Physiol., 1880).





