



ISTITUTO « CARLO FORLANINI »  
CLINICA FISIOLÓGICA DELLA R. UNIVERSITÀ DI ROMA  
DIRETTORE: PROF. E. MORELLI

---

R. FERRETTI, E. COSTANTINI

**VARIAZIONI DELL'IRRORAZIONE POLMONARE  
INDOTTE DA PARTICOLARI CONDIZIONI MECCANICHE**

NOTA I<sup>a</sup>

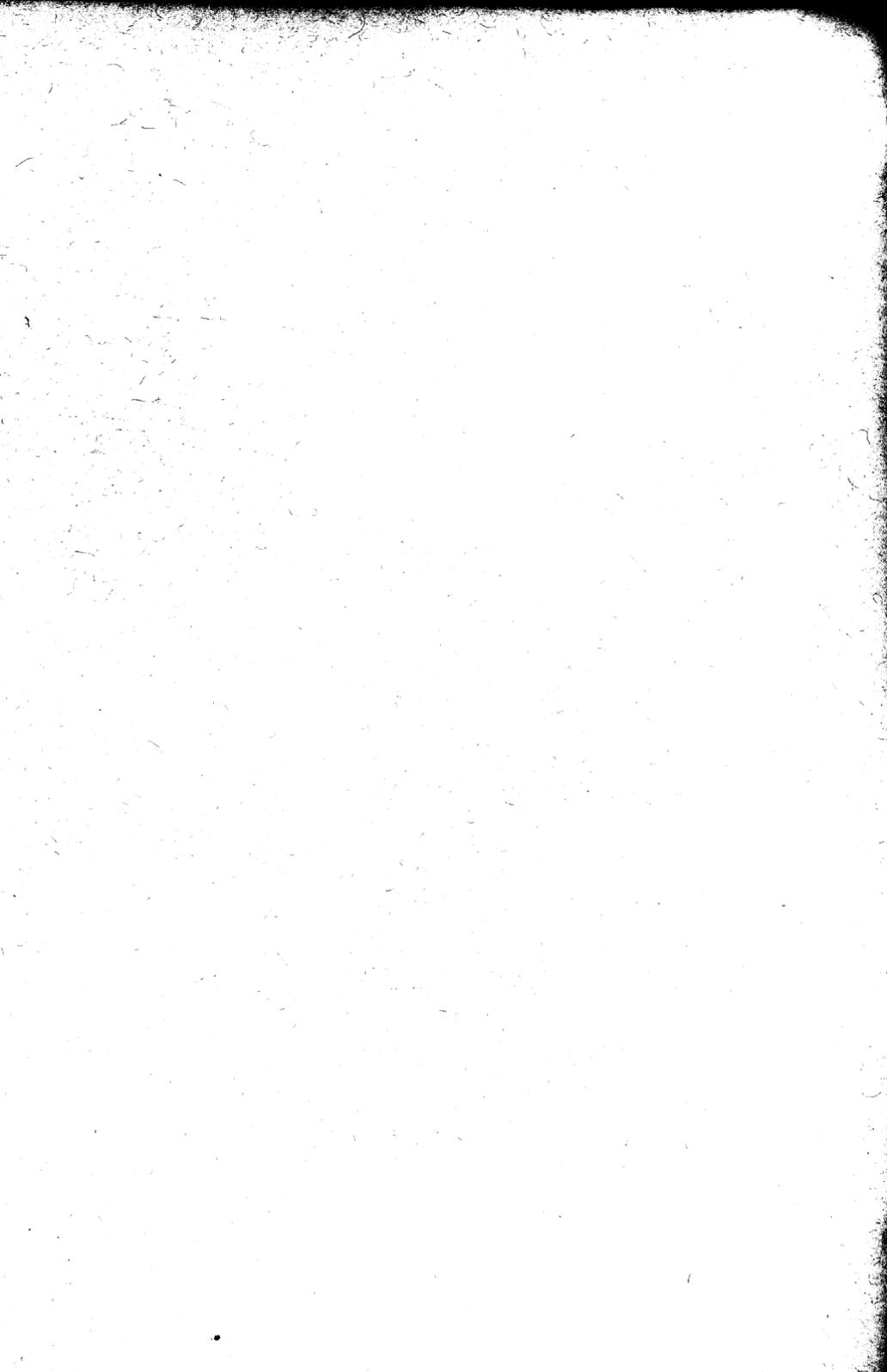
**LA TACHIPNEA - LA SOSPENSIONE DEL RESPIRO - LA IPERDI-  
LATAZIONE POLMONARE PROVOCATA (RICERCHE SPERIMENTALI)**

*Estratto da ANNALI DELL'ISTITUTO « CARLO FORLANINI »*  
Anno III, N. 11-12, Pag. 929-941



ROMA  
TIPOGRAFIA OPERAIA ROMANA  
Via Emilio Morosini, 17

1939-XVIII



VARIAZIONI DELL'IRRORAZIONE POLMONARE  
INDOTTE DA PARTICOLARI CONDIZIONI MECCANICHE

NOTA I.<sup>a</sup> — LA TACHIPNEA — LA SOSPENSIONE DEL RESPIRO —  
LA IPERDILATAZIONE POLMONARE PROVOCATA.  
(*Ricerche sperimentali*)

Dott. R. FERRETTI

Dott. E. COSTANTINI

Riteniamo necessario prima di esporre lo scopo ed i limiti delle presenti ricerche fare alcuni richiami fisiologici sulla regolazione della funzione dei capillari in genere e particolarmente di quelli alveolari, e di passare in rapida rassegna i principali elementi di ordine meccanico che influenzano la circolazione in questi ultimi.

La corrente sanguigna nei capillari è regolata da alcuni fattori che possiamo distinguere in attivi, cioè inerenti a particolari possibilità funzionali dei capillari stessi, e in altri di natura meccanica, e che il capillare subisce passivamente.

I primi sono rappresentati dalla contrattilità e dal tono della parete.

È ammesso dalla maggior parte degli AA. che in via generale i capillari sono provvisti di potere contrattile dal quale viene particolarmente regolata la progressione della corrente sanguigna dalle sezioni postarteriolarì a quelle venulari. Secondo alcuni AA. (ROUGET, MAYER, VIMTRUP, KROGH, STEINACH, KAHN, KUKULKA, HENNEN, REHBERG, BENSLEY) tale potere dipenderebbe dalle cosiddette cellule di ROUGET che formando intorno all'endotelio vasale una specie di strato muscolare discontinuo, e potendosi contrarre, determinerebbero restringimenti e dilatazioni del capillare; per altri (STRICKER, GOLUBEW, TARCHANOFF, KAHN, POLLAK), le modificazioni di calibro sarebbero legate a variazioni fisico-chimiche con imbibizione e disimbibizione degli endoteli.

Il tono delle pareti del capillare è l'elemento che regola in modo particolare l'adattamento del sistema dei piccoli vasi al fabbisogno sia del complessivo organismo che dei singoli distretti. È per questa peculiare proprietà che nella vita ordinaria una gran parte dei capillari rimangono collabiti senza che tale fatto vada a turbare la funzione emodinamica nè quella degli scambi ematotissurali, che possono efficacemente svolgersi attraverso ai tronchicini più grossi e a quella parte dei capillari veri rimasti beanti; in condizioni di maggiore bisogno, cioè quando sia necessario un aumento della portata circolatoria, vengono ad aprirsi i capillari chiusi ed aumentano di calibro quelli già aperti. Tale adattamento è regolato da fattori nervosi, umorali e meccanici.

Mentre non è possibile ancora dire se i capillari sono o no dotati di una innervazione propria, è ormai accertato ed ammesso da molti AA. (KROGH,

LOWEN, REHEBERG, LEMAIRE, WERNOË, ZAK, ecc.) che esistono riflessi nervosi capaci di modificare sensibilmente lo stato funzionale di essi.

Sembra però che i fattori che regolano l'adattamento dei piccoli vasi siano fondamentalmente di ordine umorale. È noto che nel sangue esistono sostanze vasocostrittrici come l'adrenalina, la vasopressina e forse la simpatina (DALE, RICHARDS, HARTMANN, EVANS, MALOCHOWSKI, MICHALEK, COLLE, MAC DONALD, SCHLAPP, KROGH, BURN); d'altra parte nei tessuti si producono, dai vari processi metabolici, sostanze ad azioni vasodilatorie come l'istamina (BARCROFT, KAT, CANNON, KROGH, QUENU), per cui il prevalere di uno o dell'altro gruppo determinerà vasocostrizione o vasodilatazione.

Dei fattori meccanici alcuni sono di ordine generale e sono legati allo stato tensivo delle arterie e del sistema venoso, altri invece sono di natura extravasale. Dato che il capillare è provvisto di una parete molto sottile e scarsamente resistente e dato che in esso la pressione sanguigna è bassa, è facile capire che ogni azione esteriore possa ripercuotersi sul suo stato funzionale; se ciò si verifica in un tessuto compatto come è quello di un muscolo, ove le variazioni di calibro e di corrente sono in rapporto al suo stato di contrazione o di riposo, dovrà a maggior ragione verificarsi nel polmone, organo a maglie larghe e continuamente deformato dal gioco respiratorio.

Volendo ora esaminare le ripercussioni dell'attività respiratoria sulla circolazione dei piccoli vasi polmonari, occorre ricordare che nel polmone la circolazione si svolge attraverso due sistemi ben distinti, quello nutritizio e quello dell'ematosi. Il primo che decorre nella parte interstiziale e lungo le formazioni rigide dell'organo, scarsamente risente delle azioni meccaniche inerenti al movimento respiratorio. In condizioni del tutto diverse viene a trovarsi invece il sistema dell'ematosi costituito essenzialmente dalla fittissima rete dei capillari alveolari. A parte il fatto che secondo alcuni AA. questi sono sprovvisti di un proprio potere contrattile (assenza di cellule del ROUGET-VIMTRUP secondo POLICARD), non vi è ormai alcun dubbio che nella loro regolazione funzionale assumano grande importanza le condizioni meccaniche inerenti all'alveolo e all'equilibrio toracopolmonare complessivo. La parete dell'alveolo, costituendo il loro naturale sostegno, ne può modificare il decorso a seconda che si trovi in stato di retrazione o di distensione; nel primo caso cioè nell'alveolo retratto, i capillari si addosseranno gli uni agli altri formando angolature e flessuosità per le quali la corrente sanguigna arteriolare troverà una resistenza superiore a quella che si avrebbe se essi presentassero un decorso normale come nell'alveolo disteso. Inoltre la trazione parietale anche nel riposo respiratorio esercita una certa aspirazione sulle sottili pareti dei piccoli vasi determinando un allargamento del loro lume, il che favorirà il passaggio del sangue dalle arteriole ai capillari.

Dunque è da ammettere che nel polmone retratto una gran parte dei capillari venga esclusa dal circolo, mentre nel polmone normalmente disteso vengono ad aprirsi molti di quelli che nella prima condizione rimangono collabiti; però una distensione eccessiva e prolungata riducendo il calibro dei piccoli vasi, potrebbe, come ritiene MORELLI, rappresentare un danno circolatorio.

Durante le fasi respiratorie le ripercussioni dei fattori meccanici sono ancora maggiori. All'inizio dell'inspirazione, nell'interno dell'alveolo per la sua rapida distensione si costituisce una certa depressione che man mano viene saturata dal progressivo ingresso di aria; in questo primo momento quindi, i capillari alveolari sottoposti a due forze aspirative opposte, una esterna legata alla trazione parietale, l'altra interna provocata dalla detensione endoalveolare, aumenteranno di calibro favorendo così il passaggio

di sangue dalle arteriole ad essi mentre ne ostacoleranno il deflusso verso le venule.

Nell'inspirazione invece sui capillari alveolari agiscono due forze compressive in senso opposto, una determinata dall'abbassamento della parete toracica e l'altra dall'aumento della pressione endoalveolare, che provocando una riduzione del loro calibro faciliteranno lo scarico del sangue verso le venule rendendone nello stesso tempo più difficile l'afflusso dalle arteriole.

Dunque in eupnea l'inspirazione favorisce il riempimento del sistema capillare mentre l'espiazione ne facilita lo scarico verso le venule. Così le altre modalità di respiro, inspirazione forzata e rapida o lenta o profonda, colpo di tosse, sospensione del respiro, si ripercuoteranno sulla circolazione dei piccoli vasi polmonari in maniera diversa a seconda che provochino una azione compressiva o un'azione aspirante sull'alveolo.

Un altro elemento del quale bisogna tener conto, nella valutazione dei fattori di ordine meccanico che interferiscono sulla regolazione della circolazione nei piccoli vasi del polmone, è rappresentato dallo stato funzionale del mediastino. Per l'azione ventosante dei due polmoni e per l'attività parietale si determina nel mediastino uno stato detensivo permanente che aumenta nell'inspirazione e diminuisce nell'espiazione. Non essendo le vene polmonari provviste di valvole questo regime tensivo può far risentire la propria azione fino alle ultime formazioni venulari del piccolo circolo, influenzando così sullo scarico dai capillari alle venule.

\* \* \*

Con il presente lavoro ci siamo prefissi di riprodurre sperimentalmente alcune particolari condizioni meccaniche respiratorie del polmone e precisamente, la tachipnea, la sospensione del respiro e la iperdistensione polmonare al fine di studiare in ciascuna di esse lo stato della circolazione dei piccoli vasi polmonari.

L'animale da esperimento è stato il cane; il metodo che abbiamo adottato per tale studio è quello dell'inchiostro di Cina già usato da MONALDI e Collaboratori (GUGLIELMETTI, FERRETTI, COSTANTINI) in una serie di ricerche condotte su cani e su scimmie per stabilire il comportamento dei piccoli vasi nel polmone sottoposto a collasso. Questi AA. osservarono che nel polmone normalmente disteso l'inchiostro di Cina, introdotto per via endovenosa secondo la tecnica suggerita da MONALDI, è visibile sotto forma di piccole zolle nere o di lunghe e sottili striscie di piccoli granuli, questi ultimi a loro volta possono presentarsi o come minuscole micelle o come piccoli aggruppamenti; la distribuzione ad ammassi od a striscie sembra, secondo gli AA. essere in rapporto ai vasi, mentre quella granulare sembra invece essere in rapporto con elementi cellulari. Nel polmone collassato la distribuzione granulare diminuisce in modo proporzionale al grado della retrazione polmonare ed aumentano gli ammassi di pigmento; per tale fatto e per altre considerazioni gli AA. ritengono che debba esistere una stretta relazione tra distribuzione delle particelle di inchiostro di Cina e stato funzionale dei piccoli vasi del polmone. Concludono pertanto che nel polmone in collasso un gran numero di capillari entra in stato di collabimento, mentre i tronchicini più grossi che rimangono aperti al circolo assicurano il regolare svolgersi dell'emodinamica.

Tenendo presenti i risultati ora descritti, prima di iniziare le singole esperienze abbiamo studiato in 4 cani, non sottoposti ad alcun intervento, il comportamento nel polmone normalmente disteso dell'inchiostro di Cina usato con la tecnica seguente: iniezione nella vena di una delle zampe posteriori

del cane di 40-50 cc. di una sospensione di inchiostro di China all'1 % in liquido di Ringer, uccisione dell'animale mediante colpo di pistola tra il 2 ed il 3° minuto dopo l'inizio dell'iniezione.

Le indagini sistematiche sono state condotte su 12 soggetti: in 4 abbiamo provocato la tachipnea, in 4 la sospensione del respiro, negli altri la iperdistensione polmonare.

Le tecniche adottate nelle diverse esperienze e quella anatomo-istologica sono state le seguenti:

*Tachipnea.* — L'animale veniva posto per circa 30 m' in una piccola stanza surriscaldata e chiusa ermeticamente. In tal modo la respirazione del cane subiva un notevole aumento della frequenza raggiungendo i 50-60 atti respiratori al m'. Tale frequenza veniva ulteriormente aumentata sino a 70-80 atti respiratori al m', facendo correre velocemente l'animale per 10 m', dopo di che lo si immobilizzava rapidamente sul lettino operatorio, si iniettavano quindi in una vena della zampa posteriore 50 cc. di sospensione di inchiostro di China all'1 % in liquido di Ringer e si sacrificava l'animale mediante colpo di pistola tra il 2° ed il 3° minuto dopo l'inizio dell'iniezione praticandone immediatamente l'autopsia.

*Sospensione del respiro.* — Per ottenere la sospensione del respiro ci siamo serviti di una maschera di gomma sottile a perfetta tenuta, costruita in modo da potersi applicare come una comune museruola e che una volta adattata al muso dell'animale vi aderisse completamente impedendogli in modo assoluto la respirazione.

L'esperienza veniva condotta nella seguente maniera: immobilizzato il cane sul lettino operatorio si procedeva ad una accurata fasciatura del muso in modo che la respirazione fosse possibile solo per le vie nasali. Si eseguiva quindi la iniezione di sospensione di inchiostro di China all'1 % in liquido di Ringer e 40"-50" prima di sacrificare l'animale si applicava la maschera su descritta. Anche in questo gruppo di ricerche l'animale veniva ucciso mediante colpo d'arma da fuoco alla tempia 3' dopo l'inizio dell'iniezione; subito dopo si praticava l'autopsia.

*Iperdistensione.* — Previa anestesia locale si eseguiva una incisione di 2-3 cm. lungo la linea mediana del collo fino a scoprire la trachea; inciso un anello di questa vi si introduceva una sonda di gomma del diametro di 5 mm. e aperta alle due estremità. L'estremità esterna della sonda veniva quindi collegata con una bombola di ossigeno per mezzo della quale si provocava un'iperpressione nell'interno dell'albero bronchiale e quindi degli alveoli. In tali condizioni, si iniettava la sospensione di inchiostro di China e si sacrificava l'animale con la solita tecnica, quindi se ne praticava la autopsia.

#### a) *Tecnica anatomo-istologica.*

Prima di aprire il torace si procedeva alla legatura della trachea al disopra del giugulo. Successivamente aperto il torace con la tecnica abituale si estraevano in blocco gli organi endotoracici dopo avere legato i grossi vasi. Dopo avere lavato il pezzo si eseguiva un primo esame esterno macroscopico.

Il blocco cardio-polmonare si fissava intero in alcool a 75°. Dopo 18 ore circa veniva sezionato. Si aprivano dapprima la trachea e i grossi bronchi, successivamente si tagliavano i lobi secondo il piano passante per l'asse maggiore.

I pezzi per l'istologia, in genere in numero di sei per ogni caso, si prelevavano in corrispondenza di tre punti per ogni polmone: parte distale, regione dell'ilo, e nel pieno parenchima del lobo inferiore.

I pezzi così scelti si ponevano ancora a fissare in alcool a 90°. Le sezioni di ogni pezzo si coloravano con ematossilina ed eosina e con la sola eosina. Questa ultima colorazione semplice si presta assai bene per un rapido apprezzamento anche di minime tracce di pigmento, mentre la doppia colorazione è più utile per il riconoscimento degli elementi sui quali si depositano i granuli di inchiostro di China.

Per giudicare dell'eventuale diverso comportamento dell'inchiostro di China nel polmone sottoposto alle varie condizioni sperimentali, abbiamo paragonato i preparati istologici ottenuti nelle diverse esperienze con quelli dei soggetti non trattati, non essendo possibile realizzare gli elementi di confronto nello stesso animale.

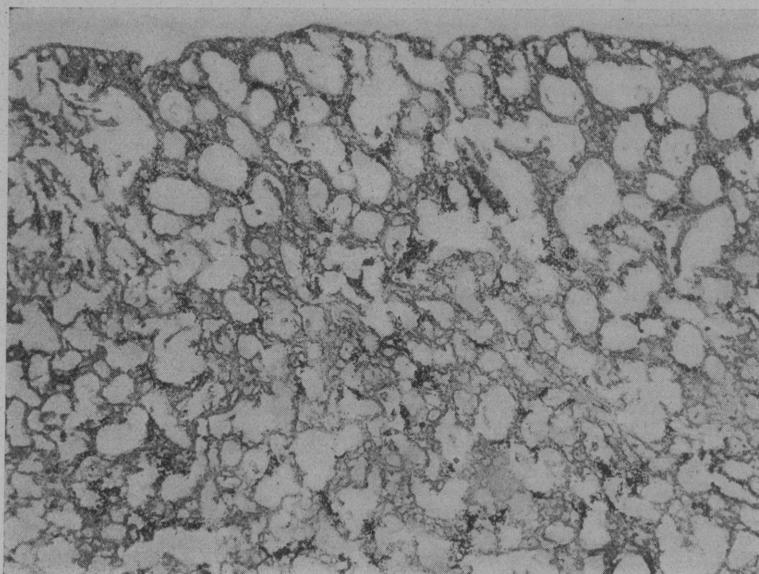


Fig. 1.

Polmone normalmente disteso di cane. Si noti la distribuzione omogenea dell'inchiostro di china a granuli ed a piccoli ammassi.

Tralasciando di riportare in dettaglio tutti i protocolli sperimentali, ci limitiamo solo a descriverne i risultati.

I reperti istologici del polmone dei soggetti non sottoposti ad alcun intervento (polmone normale), fig. n. 1, sono del tutto sovrapponibili a quelli già osservati, nelle stesse condizioni sperimentali, da MONALDI. La distribuzione del pigmento dell'inchiostro di China è sotto forma granulare più o meno omogenea, con presenza di piccoli ammassi o di striscie di granuli. La distribuzione ad ammassi ed a striscie sembra essere disposta lungo i setti o in corrispondenza della parete dei vasi o nell'interno di essi, quella granulare sembra avere rapporto con gli elementi delle pareti alveolari, infatti quasi costantemente si dispone lungo la parete dell'alveolo formando come una specie di coroncina.

In tutti gli animali sottoposti a tachipnea i polmoni hanno presentato lo stesso aspetto macroscopico; all'apertura del torace essi si mostravano semiretratti ma non uniformemente, in alcuni punti erano maggiormente acquattati in altri punti meno; la loro superficie era liscia di colorito roseo

con alcune zone più scure. Il quadro istologico è stato in tutti simile e l'inchiostro di China ha avuto una eguale modalità di distribuzione.

A piccolo ingrandimento, come si osserva nella microfotografia n. 2, gli alveoli polmonari si presentano in genere lievemente afflosciati, raccolti attorno a degli spazi rotondeggianti che un accurato esame rivela come ultime diramazioni bronchiolari fortemente distese.

La quantità del pigmento è alquanto minore di quella che si riscontra nel polmone normale, la distribuzione è sotto forma granulare specie in corrispondenza delle pareti degli alveoli raccolti intorno ai bronchioli iperdistesi; mancano gli accumuli, si osservano solo dei piccoli raggruppamenti di granuli

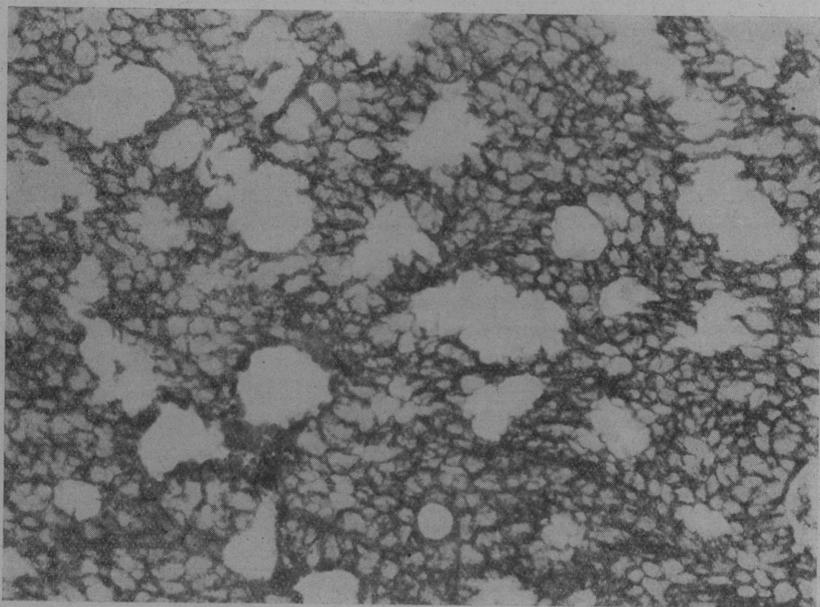


Fig. 2.

Caratteristico aspetto del polmone sottoposto a tachipnea.

ma in scarsa quantità (fig. 3). L'aspetto è abbastanza omogeneo in tutti i tratti di parenchima osservati e si accentua nelle zone nelle quali si è fatta maggiormente risentire l'azione della tachipnea. Non si osserva la distribuzione a coroncina caratteristica dell'alveolo normalmente disteso.

Anche nei soggetti sottoposti a sospensione del respiro si è avuto in via generale uno stesso quadro macroscopico ed istologico.

All'apertura del torace i polmoni si presentavano semiretratti di colorito rosso roseo con alcune zone di varia grandezza di color rosso scuro. Al taglio erano di consistenza normale salvo in corrispondenza dei punti di color rosso scuro dove la consistenza era aumentata per infarcimento di sangue. In due casi si sono osservate delle piccole ecchimosi sottopleuriche.

Istologicamente a piccolo ingrandimento si riscontrano numerosi spazi rotondeggianti rappresentati dalle ultime diramazioni bronchiolari iperdistese; all'intorno di esse gli alveoli sono parzialmente affloscati e con aspetto atelattasico; in altri punti invece si notano rotture dei setti alveolari e focolai emorragici. Tale quadro però non è uniforme, ai territori che mostrano le

alterazioni ora descritte si alternano zone di parenchima normale o quasi normale. Si ha una forte replezione vasale da parte dei vasi di medio e grosso calibro, mentre non si riscontra un sensibile aumento di sangue in quelli di piccolo calibro; sempre a piccolo ingrandimento il pigmento appare in quantità sensibilmente minore che nel cane normale, mostra una distribuzione prevalentemente a piccoli raggruppamenti di granuli, e lo si riscontra abbastanza copioso entro i grossi vasi contenenti sangue. Nei tratti dove l'azione della sospensione del respiro si è fatta maggiormente sentire, specialmente in due casi nei quali anche il reperto macroscopico era più spiccato, si rileva una accentuazione del quadro su descritto e cioè un maggior ravvicinamento

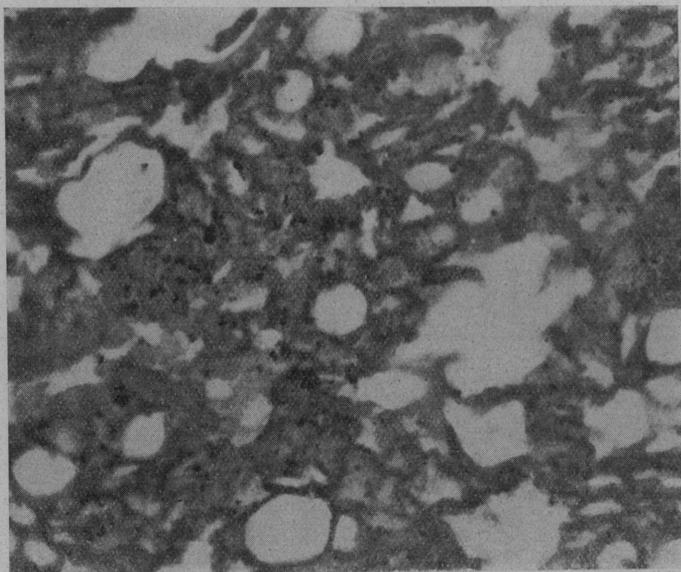


Fig. 3.

Polmone sottoposto a tachipnea. Osservare la distribuzione dell'inchiostro di china prevalentemente granulare in corrispondenza degli alveoli parzialmente afflosciati.

delle pareti alveolari con la scomparsa quasi completa dell'aria endoalveolare, per cui in queste zone il polmone assume l'aspetto di un collasso di grado notevole o meglio di una atelettasia molto accentuata; in queste zone il pigmento si riscontra in quantità maggiore e sempre con distribuzione prevalentemente a piccoli ammassi di granuli. In corrispondenza dei punti emorragici l'aspetto istologico differisce alquanto: si ha un infarcimento ed un riempimento di sangue da parte di tutti gli alveoli mentre i bronchioli dilatati in genere ne restano vuoti: a livello di tali punti il pigmento è scarso ed a distribuzione granulare.

Nei soggetti nei quali fu praticata la iperdistensione polmonare si è avuto un quadro macroscopico e microscopico molto caratteristico ed uniforme.

All'apertura del torace i polmoni si presentano fortemente espansi, non si acquattano ma fuoriescono dalla breccia toracica. Sono di colorito pallido, con superficie rossa pallida liscia e regolare. Nelle parti più distali, dove questo aspetto è più accentuato, si costituiscono delle vere e proprie formazioni di enfisema bolloso.

All'esame esterno non si riconosce la presenza di pigmento.

Al taglio si percepisce la consistenza cotonosa tipica dell'enfisema, ma non si riscontrano particolari lesioni.

All'esame microscopico eseguito a piccolo ingrandimento il parenchima polmonare presenta una notevole distensione a carico di tutti gli alveoli, i cui setti appaiono rotti in alcuni punti. Oltre le pareti alveolari anche le ultime diramazioni bronchiolari si presentano fortemente dilatate talchè solamente un accurato esame a più forte ingrandimento e con la doppia colorazione li fa riconoscere per tali: la forma di essi rimane però sempre abbastanza regolarmente rotondeggiante (fig. 4).

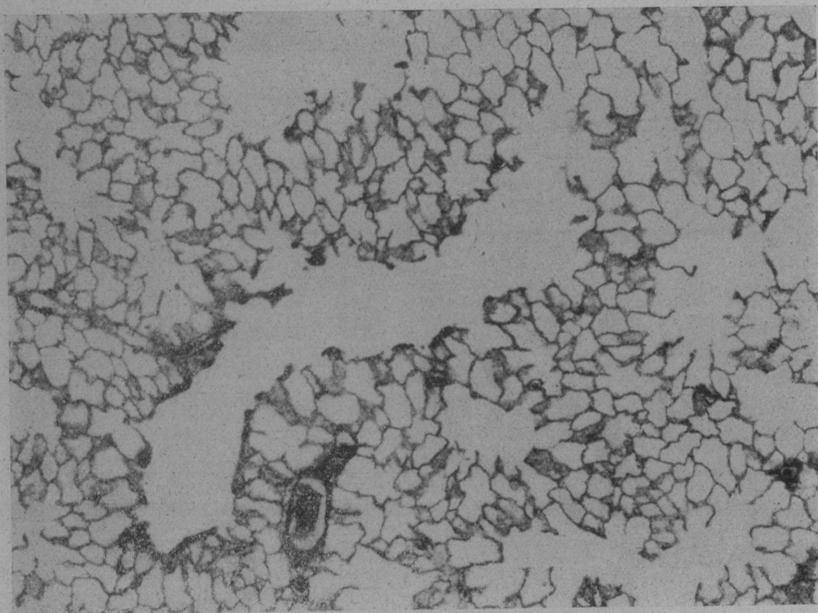


Fig. 4.

Caratteristico aspetto del polmone sottoposto ad iperdistensione. Forte dilatazione delle ultime ramificazioni bronchiali ed iperdistensione delle pareti alveolari con parziale rottura di esse.

Sempre a piccolo ingrandimento si apprezza facilmente la scarsa quantità totale del pigmento: a più forte ingrandimento si scorgono solo pochi granuli di inchiostro di China a livello delle pareti alveolari, manca del tutto anche a livello dei setti interlobulari ed in corrispondenza delle pareti vasali, la distribuzione ad ammassi ed a striscie (fig. 5).

Tale aspetto è uniforme in tutti i tratti osservati e si accentua nelle parti più distali e nei territori dove maggiormente si è fatta risentire l'azione della iperdistensione come per esempio nelle zone bollose.

In questi tratti la quantità di pigmento è ancora minore, si ha solo una scarsa quantità di granuli molto fini a distribuzione non continua.

\*\*\*

Dalle presenti indagini non intendiamo trarre alcuna deduzione per quanto riguarda l'irrorazione sanguigna del polmone nei confronti dell'uomo, perchè non è possibile rapportare le condizioni di esperimento attuate nei

cani ai diversi momenti fisiologici dell'individuo umano. Tuttavia ci sembra di poter desumere qualche osservazione sul valore di alcune condizioni meccaniche polmonari nei rapporti con lo stato funzionale dei piccoli vasi. Infatti se pure è vero che molti elementi di natura diversa intervengono nel regolare il passaggio dei colloidi dal lume vasale ai tessuti, e anche a modificare lo stato di sospensione colloidale delle singole micelle dell'inchiostro di China, non può non ammettersi un intimo rapporto tra stato della corrente circolatoria e reperto dell'inchiostro di China nel viscere.

Durante la tachipnea il complessivo equilibrio toraco-polmonare viene ad essere alterato. La parete toracica assume un atteggiamento prevalente-

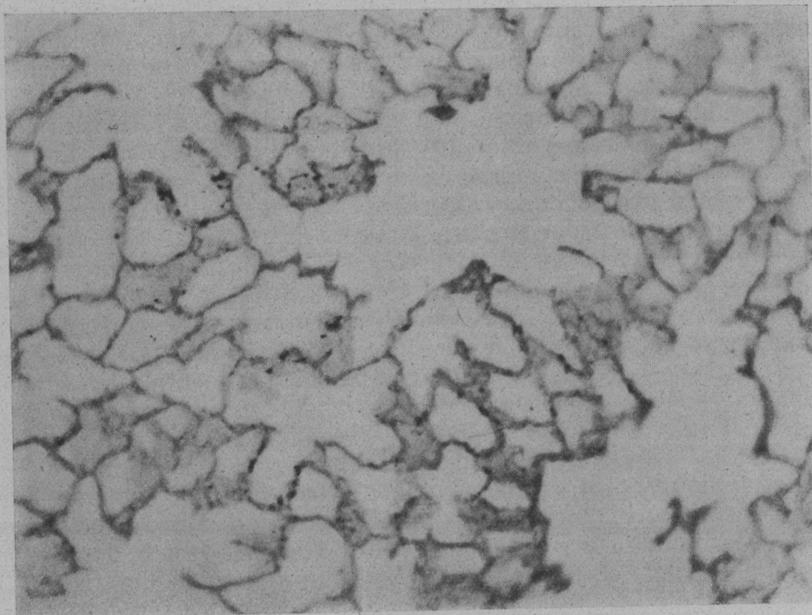


Fig. 5.

Polmone sottoposto ad iperdistensione.  
È evidente la distribuzione finemente granulare dell'inchiostro di China.

mente inspiratorio, e dato il cospicuo aumento della frequenza, non può compiere escursioni normali ma solo limitate per cui ne deriva un respiro superficiale con conseguente turbamento della ventilazione polmonare; vi saranno quindi gruppi alveolari, specie quelli più periferici, nei quali l'aria non fa a tempo a pervenirvi o vi perviene in scarsa quantità. Quando queste condizioni si protraggono per un certo tempo, per il graduale riassorbimento del contenuto aereo già preesistente, si determinerà un afflosciamento più o meno accentuato di questi alveoli. I nostri preparati danno una dimostrazione abbastanza evidente di tale comportamento: in essi infatti si osservano accanto a zone di parenchima normalmente disteso altre nelle quali intorno ai bronchioli iperdilatati gli alveoli appaiono parzialmente afflosciati. È indubbio che la circolazione nei piccoli vasi debba risentire in modo notevole sia dell'alterata attività respiratoria, che delle modificate condizioni meccaniche inerenti agli alveoli dei singoli territori polmonari; le ripercussioni saranno diverse a secondo che i capillari appartengano a zone parenchimali distese o semiretrate. Per le prime si può ritenere che per la maggiore azione

aspirante, esplicita dalla attività parietale, venga favorito l'afflusso di sangue dalle arteriole ai capillari, senza peraltro che sia ostacolato lo scarico da questi nelle venule in quanto lo stato detensivo del mediastino o rimane immutato o può anche essere accentuato: da ciò ne deriva un aumento di velocità di corrente in senso globale. In condizioni diverse vengono a trovarsi i capillari dei territori polmonari in semiretrazione. Su questi l'azione parietale, non essendo compensata dalla loro dilatazione, si applica direttamente su tutte le formazioni cedevoli e quindi anche sulle pareti dei vasellini alveolari, sui quali inoltre si esercita un'altra forza aspirativa agente in senso opposto; cioè quella determinata dallo stato detensivo presente nell'interno dello spazio alveolare residuo; la conseguenza sarà una eterogenea dilatazione di essi con aumento del loro calibro, e quindi facile richiamo di sangue dalle arteriole: contemporaneamente sarà difficoltà il passaggio di sangue verso le venule per il che oltre al maggiore afflusso si avrà anche un rallentamento di corrente della massa sanguigna.

La modalità di distribuzione dell'inchiostro di China osservata nei nostri preparati sembra avvalorare quanto abbiamo finora esposto. La distribuzione prevalentemente granulare, e la quantità del pigmento lievemente inferiore a quella che generalmente si osserva nel polmone normale, possono significare che la gran parte dei capillari rimangono aperti al circolo e che in essi come anche nei tronchicini più grossi si verifichi un aumento di corrente. La maggiore quantità di pigmento riscontrata a livello dei territori semialelettasici può essere invece espressione di rallentamento di corrente.

Circa la sospensione del respiro occorre fare alcune riserve. Vogliamo prima di tutto precisare che le nostre condizioni sperimentali non sono affatto paragonabili ad una sospensione volontaria del respiro come generalmente si svolge nell'individuo umano; inoltre bisogna tener presente che la stessa tecnica è stata, per le evidenti difficoltà incontrate, poco precisa; noi infatti iniettavamo la sospensione di inchiostro di China quando l'animale respirava ancora normalmente e solo dopo poco più di 2 m'. se ne sospendeva il respiro. Ciò comporta come conseguenza, che una prima deposizione del pigmento a livello del polmone sia avvenuta in condizioni perfettamente normali, e che solo in un secondo tempo l'inchiostro di China che si trovava ancora in circolo si è fissato quando effettivamente si erano stabilite le alterazioni del circolo polmonare in dipendenza delle modificate condizioni della meccanica respiratoria. Quindi si può dire che in effetti nei nostri casi solo questo secondo quadro, che potremo chiamare di sovrapposizione, è presumibilmente legato alle modificazioni funzionali dei piccoli vasi del polmone indotte dalle condizioni sperimentali. Dall'esame dei numerosi preparati abbiamo creduto di poter rilevare che questo quadro di sovrapposizione, che specialmente si osserva nei territori che più hanno risentito dell'alterata funzione respiratoria, sia caratterizzato da una prevalente distribuzione a piccoli raggruppamenti di granuli di pigmento. Tale aspetto potrebbe forse indicare uno stato iperemico dei tronchicini vasali precapillari e capillari, ipotesi questa che forse può essere avvalorata dal fatto che anche i grossi e medi vasi presentano una evidente e notevole iperemia.

È logico pensare che nelle condizioni sperimentali da noi riprodotte si debba verificare oltre ad un forte ostacolo al progredire del sangue verso le formazioni capillari e da queste alle venule, anche un aumento del calibro dei piccoli vasi con rallentamento di corrente. Infatti mentre da una parte la parete toracica si porta o tende violentemente a portarsi in posizione inspiratoria, dall'altra il polmone, data la scarsa quantità di aria in esso contenuta, ha ridotto enormemente la propria capacità dilatatoria, per cui la cospicua azione aspirativa che ne deriva non essendo compensata dal contenuto gas-

so endopolmonare, andrà direttamente ad abbattersi su tutti gli elementi polmonari e quindi anche sul sistema vasale deformandone gli elementi più cedevoli ed ostacolando lo scarico del sangue dai capillari alle venule.

Una dimostrazione a questa interpretazione potrebbe essere costituita oltre che dalle numerose soffusioni emorragiche sottopleuriche, che spesso si sono osservate nei nostri animali, anche dalla costante dilatazione delle ultime diramazioni bronchiali e dalla frequente rottura di molti capillari.

Nella iperdistensione appare evidente la esclusione dal circolo di una discreta quantità di capillari, i pochi superstiti con ogni probabilità presentano un calibro minore di quello ordinario e ciò spiegherebbe la scarsa distribuzione granulare. La mancanza degli accumuli e dei piccoli ammassi può far pensare ad una riduzione da stiramento del lume anche dei tronchicini più grossi del sistema dei piccoli vasi.

### RIASSUNTO

Gli AA. nell'intento di studiare le variazioni dell'irrorazione polmonare indotte da alcune particolari condizioni meccaniche toraco-polmonari (tachipnea, sospensione del respiro e iperdistensione polmonare provocata) hanno eseguito una serie di ricerche sperimentali sui cani adottando il metodo dell'inchiostro di China. Avendo osservato che a ciascuna di queste condizioni corrisponde oltre che un caratteristico reperto istologico, anche una diversa distribuzione dell'inchiostro di China, ritengono che le varie condizioni sperimentali da essi provocate determinano sensibili e differenti modificazioni dello stato funzionale del sistema dei piccoli vasi del polmone.

### RÉSUMÉ

Les Auteurs, pour étudier les variations de l'irrigation pulmonaire dues à certaines conditions mécaniques thoraco-pulmonaires particulières (tachypnée, arrêt de la respiration et hyperdistension pulmonaire provoquée) ont effectué une série de recherches expérimentales sur le chien, par la méthode de l'encre de chine. Ayant observé que chacune de ces conditions correspondait, outre à un tableau histologique caractéristique, également à une distribution différente de l'encre de chine, pensent que les diverses conditions expérimentales réalisées par eux, déterminent des modifications sensibles et variables de l'état fonctionnel du système des petits vaisseaux pulmonaires.

### ZUSAMMENFASSUNG

Zwecks einer Untersuchung der Variationen der Lungendurchblutung ausgelöst durch einige besondere mechanische Bedingungen des Thoraxes und der Lungen (Tachipnea, Unterbrechung der Atmung und künstlich erzeugte Hyperausdehnung), führten Verf. an Hunden eine Reihe experimenteller Versuche unter Anwendung der Tuschemethode aus. Da Verf. beobachteten dass, jeder einzelnen dieser Bedingungen, ausser einem charakteristischen histologischen Befund, auch eine verschiedene Verteilung der Tusche entsprechen, sind sie der Meinung, dass die verschiedenen künstlich hervorgerufenen Veränderungen funktionelle Veränderungen des kleinen Lymphgefäßsystems auslösen.

## SUMMARY

The authors, studying the variations of the pulmonary vascularization induced by certain thoracic-pulmonary mechanical conditions (tachypnea, suspension of respiration and provoked hyperdistension of the lung), have carried out a series of researches upon dogs, adopting the Chinese ink method. Having observed that these conditions correspond to a diverse distribution of the Chinese ink, as well as to characteristic histological conditions, they retain that the various experimental conditions provoked by them determine noticeable and diverse modifications on the functioning of the system of small blood-vessels in the lung.

## RESUMEN

Los AA., con objeto de estudiar las variaciones de la irrigación, pulmonar motivadas por algunas condiciones mecánicas toraco-pulmonares particulares (taquipnea, suspensión de la respiración e hiperdistensión pulmonar provocada) han verificado una serie de investigaciones experimentales en pezzos utilizando el método de la tinta china; habiendo observado que a cada una de estas condiciones corresponde, además de un hallazgo histológico característico, una distribución diferente de la tinta china, sostienen que las distintas condiciones experimentales por ellos provocadas determinan sensibles y diferentes modificaciones del estado funcional del sistema de pequeños vasos del pulmón.

## BIBLIOGRAFIA

- BARCROFT e KATO. — Effects of functional activity in striated muscle and the submaxillary gland. « Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. » 207, 149, 1915.
- BENSLEY e VIMTRUP. — On the nature of the Rouget Cells. « Anat. Rec. » 1928.
- BURN e DALE. — The vasodilatator action of histamine and its physiological significance. « Journal of Physiol. » 61, 1185, 1926.
- CANNON. — Organization for physiological hœmoeostasis. « Physiological reviews » 9 luglio 1929.
- COLLE, M. DUKE ELDER e S. DUKE ELDER. — The action of drugs on the vascular and muscular factors controlling the intra ocular pressure. « Journ. of Physiol. » LXXI, 1, 1931.
- DALE H. — Croonian lectures on some chemical factors in the control of the circulation. « The Lancet », 1929 giugno p. 1179, 1233, 1285.
- DALE e RICHARDS. — The vasodilatation reaction of histamine and of some other substances. « Journ. of Physiol. » 52, 110, 1918.
- GOLUBEW. — Beiträge zur Kenntnis der Capillargefäße des Frosches. « Arch. f. mikroskop. Anat. », 5, 1869.
- HARTMANN EVANS, MALOCHOWSKI e MICHALEK. — Effect of sympathetic nerve stimulation upon the capillaries and fibres of skeletal muscles. « Am. J. Physiol. », 85, 99, 1928.
- HEENEN. — Beobachtungen über die Beeinflussung der Capillarweite. « Z. exper. med. » 32, 455, 1923.
- KAHN e POLLAK. — Die active Verengerung des Lumens der capillaren Blutgefäße. « Pflügers Arch. f. ges. Physiol. », 226, 799, 1931.
- KROGH A. — Anatomie und Physiologie der capillaren. 2<sup>o</sup> Ed. Berlino J. Spinger 1929.
- ID. — On the cutaneous and pulmonary respiration of the frog. « Skand. Arch. Physiologie » 15, 1904.

- KROGH e REBERG. — Sur l'influence de l'hypophyse sur la tonicité des capillaires. « C. R. Soc. Biol. » 87, 461, 1922.
- KUKULKA. — Ueber die mikroskopisch feststellbaren Veränderungen der Gefäßcapillaren, « Z. exper. Path. u. Therap. » 21, 332, 1920.
- LEMAIRE. — Recherches clinique sur le mode de perception des douleurs viscérales. 1<sup>o</sup> Comm. « Bull. Acad. Roy. méd. de Belgique » V S VI, 158, 1926.
- LOVEN. — Ueber die Erweiterung von Arterien in folge einer Nervenirregung. « Verh sächs. Ges. Wiss. Math. physik. Klasse » 1866, 85.
- MAC DONALD e SCHLAPP. — « Journ. of Physiol. » LXII 1926.
- MAYER. — Die muskularisierung der capillaren Blutgefäße. « Sitz. Ber. d. Wiener. Akad. d. Wiss. math. naturw. » Kl. 93, 45, 1886.
- ID. — « Anat. anz. » 21. 422, 1902.
- MONALDI V. — Fisiopatologia dell'apparato respiratorio nella tubercolosi polmonare. II Ed. Roma, 1937.
- ID. — Di una nuova modalità di studio della irrorazione sanguigna del polmone. « Annali. Ist. C. Forlanini » n. 1, 1938.
- MONALDI, GUGLIELMETTI, COSTANTINI. — Prime ricerche sperimentali sull'irrorazione sanguigna del polmone sottoposto a pnt. « Ann. Ist. C. Forlanini » n. 2, 1938.
- MONALDI, FERRETTI, COSTANTINI. — La circolazione nei piccoli vasi del polmone sottoposto a pnt. artificiale. « Ann. Ist. C. Forlanini » Anno II. n. 11, 12.
- MORELLI E. — La fisiopatologia del pnt. artificiale. « Rassegna Clinico Scientifica » 1928.
- POLICARD. — Le poumon, Masson Ed. Paris. 1938.
- QUENU. — « Bull e Mém. D. I. Soc. d. Chirg. » XLIII 2<sup>o</sup> parte 2169, 1917.
- ID. — « C. R. Soc. Biol. » pag. 858, 1918.
- ROUGET. — Memoire sur le développement de la tunique contractile des vaisseaux. « Arch. Physiol. norm e Path » 5, 656, 1873.
- ID. — Sur la contractilité des capillaires sanguins « C. R. Acc. Sc. » 79, 559, 1873.
- STEINACH e KAHN. — Echte Contractilität und motorische Innervation der Blutcapillaren. « Pflugers Arch. f. ges. Physiol. », 97, 105, 1903.
- STRICKER S. — Studien über Ban und Leben der capillaren Blutgefäße. « Sitzgeber Akad. Wiss. Wien. math. naturwiss » Kl II 52, 379, 1865.
- ID. — Untersuchungen über die Contractilität der Capillaren. « Sitzgsber Akad. Wiss. Wien. math. naturwiss » Kl III 74, 313, 1879.
- TARCHANOFF. — Beobachtungen über contractile Elemente in dem Blut- und Lymph- capillaren. « Pflugers Arch. f. ges. Physiol. » 407, 1874.
- VIMTRUP. — Beiträge zur anatomie der capillaren. Über contractile Elemente in der Gefäßwand der capillaren. « Z. Anat. » 65, 150, 1922.
- VIMTRUP. — « Z. anat » 68, 469, 1923.
- WERNOE. — Le réflexe naso-oculaire vasodilatatoire et sa valeur diagnostique. « Arch. Psychiatr. » Copenhague, 2, 385, 1927.
- ZAK. — Ueber vasomotorische Zonen bei Erkrankungen des Aorta. « Arch. inn. Med. » 4, 209, 1922.

58768



~~334600~~

