

34

Il Socio Comm. Jacopo MOLESCHOTT presenta alla Classe, a nome dell'Autore sig. Dott. Angelo Mosso, Professore di Materia medica e di Farmacologia nella R. Università, la seguente Memoria

SULLE VARIAZIONI LOCALI

DEL POLSO

NELL'ANTIBRACCIO DELL'UOMO

INTRODUZIONE.

Questo lavoro è uno studio delle trasformazioni che può subire la forma del polso, quando si modifica localmente lo stato dei vasi sanguigni, mentre rimane immutata l'energia e la frequenza delle contrazioni cardiache.

La dottrina del polso presentava su questo argomento una vasta lacuna che invano avremmo aspettato venisse colmata dallo studio degli apparecchi schematici, se per mezzo di una innovazione nel metodo non si fosse resa possibile nell'organismo vivente l'analisi dei fenomeni sfigmici che si riferiscono alla vitalità dei vasi. I fisiologi, che erano riusciti ad imitare diligentemente la forza impulsiva del cuore, e la circolazione del sangue in un sistema di tubi elastici, non potevano in alcuna maniera riprodurre fuori dell'organismo i fenomeni del polso che dipendono dalla contrazione e dal rilassamento delle pareti vasali, dall'aumento o dalla diminuzione della elasticità di un tessuto vivente.



Per discernere con maggior sicurezza quali fenomeni del polso abbiano un'origine centrale e quali dipendano da una modificazione periferica dei vasi, ricorsi all'artificio di scrivere sotto il polso dell'antibraccio che serviva ad una esperienza anche il tracciato dell'antibraccio opposto. Questo modo semplicissimo di confronto ed il metodo che adoperai per scrivere il polso, mi aprirono un campo non ancora esplorato di ricerche nella fisiologia della circolazione.

Se parrà necessario, farò più tardi la critica categorica di alcune teorie emesse in questi ultimi tempi sulla natura del polso. Per ora mi limiterò ad accennare i difetti capitali delle medesime, lasciando che i fatti dimostrino come esse siano incapaci di spiegare molti fenomeni essenziali del polso, se pure non vi si trovano in aperta contraddizione.

Per rendere a me stesso meno grave il dubbio di essere caduto in qualche errore nella interpretazione dei tracciati, volli riprodurre esattamente per mezzo della fotolitografia una collezione dei medesimi, che raccomando vivamente alla critica ed allo studio dei colleghi.

Sono lieto di cogliere quest'occasione per ringraziare i signori studenti ROTH, GARZENA, RATTONE, ROBUTTI e quegli altri loro condiscipoli che si compiacquero di prendere parte alle presenti esperienze, che eseguii nelle scorse vacanze autunnali.



*Descrizione dello strumento adoperato
per scrivere il polso.*

Accennerò, prima di ogni altra cosa, le condizioni richieste dalle mie esperienze. Questa semplice enumerazione spero basterà per dispensarmi da una critica minuta dei molteplici sfigmografi che furono adoperati fino ad oggi nelle ricerche sul polso. Noi vedremo infatti che nessuno era capace di rispondere a molti problemi che formano oggetto delle presenti indagini dove era necessario:

I. Una registrazione continua che permetta di seguire per più ore di seguito e senza interruzione tutte le trasformazioni che può presentare contemporaneamente la forma e la frequenza del polso nell'uomo.

II. Una applicazione sicura ed invariabile dello sfigmografo per cui movendosi il corpo, levandolo o riapplicandolo lo strumento, siano sempre identiche le condizioni dell'esperienza.

III. Che sia costante la pressione sopra i vasi sanguigni di cui scrivesi il polso, malgrado che varii in essi considerevolmente la copia del sangue, mentre che si contraggono, o si dilatano le loro pareti secondo le varie contingenze degli esperimenti.

IV. Che l'applicazione dello sfigmografo sopra due estremità del corpo, permetta senza muovere l'apparecchio di far agire sui vasi delle medesime gli eccitamenti termici, meccanici, chimici od elettrici che devono essere oggetto di studio.

V. Che sotto il tracciato del polso preso sulle due antibraccia possa scriversi contemporaneamente quello delle carotidi o delle gambe, l'impulso cardiaco, il tracciato della respirazione, la misura del tempo, e tutte le



indicazioni che possono occorrere in una serie di esatte esperienze fisiologiche.

Tali condizioni essendo indispensabili per uno studio diligente sulla forma del polso, invece di scrivere, come s'era fatto prima, i movimenti delle arterie in un punto determinato del corpo, preferii di scrivere i cambiamenti di volume che subiscono insieme tutti i vasi di una estremità, come, ad esempio, l'antibraccio quando penetra in essi una ondata sanguigna.

Non rifarò la storia dei primi tentativi fatti con questo metodo da PIÉGU, CHELIUS e particolarmente da A. FICK, perchè essi vennero svolti in una mia precedente memoria (1), ed in un lavoro assai pregevole del Dottor F. FRANCK (2), che raccomando vivamente alla attenzione del lettore. Le seguenti ricerche, benchè siano eseguite per mezzo di uno strumento analogo a quello che FRANCK adoperò nel Laboratorio di MAREY, se ne distinguono per lo scopo affatto differente cui sono dirette. Infatti, mentre FRANCK esaminò con diligenza le lente modificazioni di volume della mano, che io avevo studiato nell'antibraccio col pletismografo, e non si occupò della forma del polso; in questo lavoro io studierò esclusivamente le modificazioni molto più rapide di volume dipendenti dalla contrazione del cuore, che costituiscono il polso dell'antibraccio, e cercherò pel contrario di evitare che nei miei tracciati si rendano manifeste quelle altre variazioni di volume maggiori e più lente, che dipendono dalla co tra-

(1) A. Mosso. *Sopra un nuovo metodo per scrivere i movimenti dei vasi sanguigni nell'uomo*. Torino, 1875, pag. 6.

(2) F. FRANCK. *Du volume des organes dans ses rapports avec la circulation du sang*. Travaux du Laboratoire de M. MAREY. Paris, 1876.

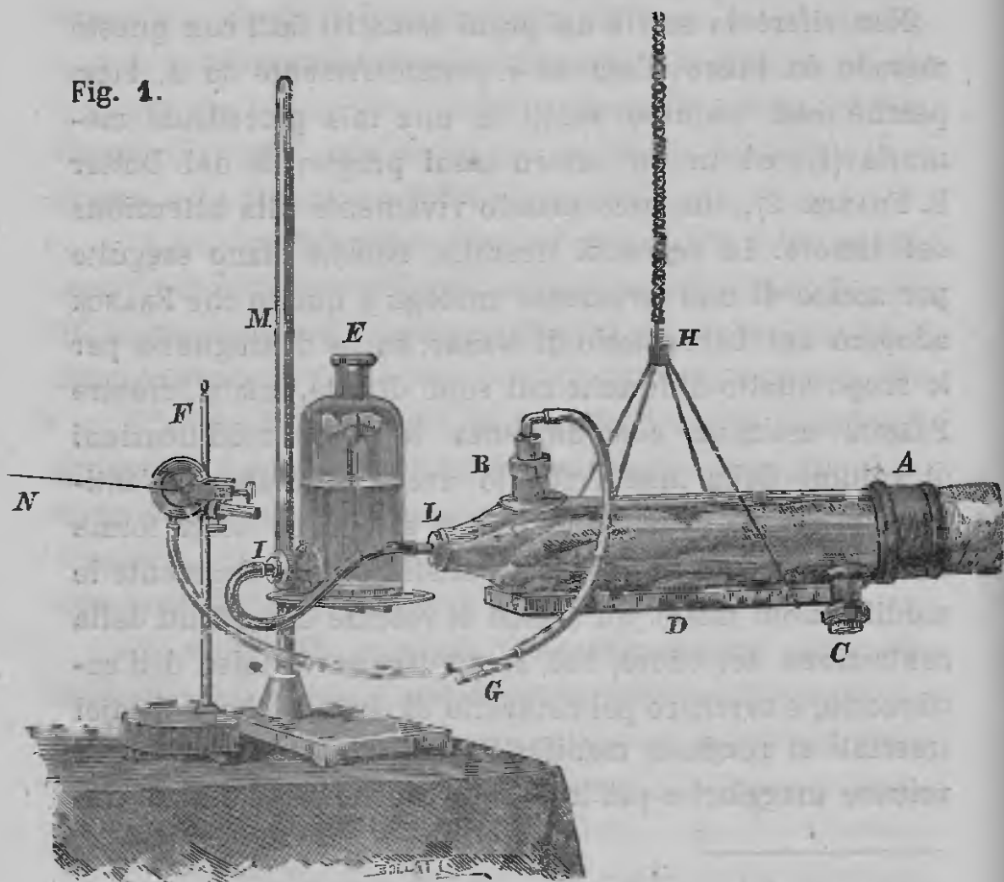


38

zione o dal rilassamento dei vasi, e che non si possono registrare completamente senza deformare la curva del polso.

A tale scopo mi servo di cilindri di vetro come quelli che adopero per mio pletismografo e che trovansi già preparati in commercio con una apertura *B* superiore ed una inferiore *C*, vedi fig. I, ad uso di refrigeratori per la chimica. Introduco l'antibraccio nel cilindro e lo chiudo presso al gomito con un manicotto *A* di gomma elastica, come faccio col pletismografo.

Fig. 1.



Sospendo l'apparecchio alla vólta della stanza per lasciare liberi i movimenti del corpo. Per la sospensione mi servo di una catenella di ferro *H*, nei cui anelli per



mezzo di un piccolo uncino metallico, fisso l'apparecchio all'altezza voluta. Riempio quindi il cilindro con acqua tiepida fino alla base dell'imboccatura *B*, larga oltre 20 mm. Ad ogni contrazione cardiaca, nel momento in cui penetra un'ondata di sangue nell'antibraccio, si produrrà un aumento di volume del medesimo che solleva il livello dell'acqua nell'imboccatura *B*. L'aria contenuta nello spazio soprastante verrà leggermente compressa e per mezzo di un tubo elastico *G* verrà trasmesso questo movimento ad un timpano *F* di MAREY, che scrive colla sua leva *N* le singole pulsazioni sopra la carta affumicata di un cilindro rotante.

Ho già fatto notare in due precedenti lavori (1) che esistono nell'antibraccio e nel cervello dell'uomo dei restringimenti e delle dilatazioni periodiche dei vasi, che hanno la più grande rassomiglianza coi movimenti delle piccole arterie descritti per la prima volta da SCHIFF nell'orecchio del coniglio. Durante le variazioni di volume, che corrispondono a questi mutamenti dei vasi nell'antibraccio, è naturale che l'acqua dovrà elevarsi od abbassarsi nell'imboccatura *B*, e se questi movimenti dei vasi sono abbastanza grandi, potranno elevare od abbassare di tanto la membrana del timpano registratore da deformare i tracciati che la leva scrive sul cilindro affumicato.

Valga come esempio di queste variazioni normali del volume il tracciato 31, Tav. II, il quale mostra quanto possano essere grandi le ondulazioni presentate delle curve delle due antibraccia anche nello stato di pro-

(1) Memoria citata pag. 31. — GIACOMINI e MOSSO. *Esperienze sui movimenti del cervello nell'uomo*. Archivio per le scienze mediche anno I, fasc. 3, 1877, pag. 261.



40

fonda quiete, quando ci serviamo di un apparecchio con una sola apertura per lo spostamento dell'acqua. Le due linee *D*, *S* furono scritte contemporaneamente; all'antibraccio destro corrisponde la lettera *D*, ed al sinistro *S*.

Tutti i tracciati della presente memoria sono scritti da sinistra verso destra. Se credo inutile di avvertire che durante la registrazione di questi tracciati le antibraccia ed il corpo rimanevano immobili, devo però soggiungere che difficilmente trovai altre persone le quali avessero un sistema di vasi tanto irrequieto quanto il sig. GROLLERO. Infatti, nel maggior numero dei casi, il volume dell'antibraccio rimane invariabile per un tempo assai lungo, quando si riesce di conservare l'animo in una calma perfetta. Trattandosi però nelle mie esperienze di produrre delle profonde modificazioni nel volume dell'antibraccio, per evitare che la colonna liquida eseguisse dei movimenti troppo grandi nell'imboccatura del cilindro, ciò che avrebbe deformato i tracciati, e alterata la pressione dell'acqua alla superficie dei vasi, pensai di trasformare lo strumento adoperato da FRANCK in uno *sfigmografo a pressione costante*.

Per riuscire in tale scopo aggiungo al cilindro un apparecchio di compensazione.

Quando trattasi di misurare contemporaneamente alle variazioni del polso anche il valore dei mutamenti di volume dell'antibraccio, mi servo senz'altro del mio pletismo-grafo, aggiungendovi semplicemente all'imboccatura superiore, lasciata fino a mezzo piena di aria, un tubo che trasmette i movimenti del polso ad un timpano di MAREY, che li registra e ingrandisce colla sua leva. Nel maggior numero dei casi, per rendere meno complicate le esperienze, adoperai come apparecchio di compensazione una boccia



E di vetro della capacità superiore ad un litro, che, per mezzo di un'apertura inferiore *I*, comunica largamente coll'acqua del cilindro *BC* in cui sta immerso l'antibraccio. Si ha così un sistema di due vasi comunicanti nei quali può variarsi a piacimento il livello del liquido, elevando od abbassando la boccia sopra il supporto *M* che la sostiene. Disposto in ordine l'apparecchio per modo che il livello dell'acqua nei due vasi trovisi nel piano che passa verso la metà dell'imboccatura *B* del cilindro, si capisce che ad ogni aumento nel volume dell'antibraccio si produrrà uno spostamento dell'acqua verso la boccia *E*.

Ma siccome le maggiori variazioni di volume non oltrepassano i 30 o i 40 centim. cubi, così non sarà possibile, atteso la grande superficie della boccia *E*, che l'acqua si elevi notevolmente nell'imboccatura *B* del cilindro. Viceversa poi verranno compensati con un afflusso di acqua nel cilindro i cambiamenti di volume che produconsi durante una contrazione dei vasi.

Però l'ondata sanguigna che penetra ad ogni sistole cardiaca nell'antibraccio non avendo tempo di spostare una quantità corrispondente di acqua nella boccia, produce un'elevazione del liquido nel collo *A* del cilindro, che spingendone l'aria nel timpano a leva scrive sul tamburo rotante la forma del polso. — La carta affumicata movendosi con una velocità costante ottenuta per mezzo del regolatore Foucault, si ha pure il vantaggio di registrare contemporaneamente la frequenza del polso. Infatti l'orologio motore di cui mi servivo imprimendo al tamburo la velocità di 42 centimetri al minuto, si può molto facilmente determinare la frequenza del polso quando si conta il numero delle pulsazioni in una determinata lunghezza del tracciato.



Come si vede, il mio apparecchio differisce da quello di FRANCK: 1° per ciò che introduco in esso tutto l'antibraccio invece della mano; 2° per la sospensione del cilindro atta ad evitare l'influenza dei movimenti del corpo; 3° per ciò che si può misurare il valore reale dei cambiamenti di volume col pletismografo; 4° perchè esso funziona conservando costante la pressione alla superficie dei vasi sanguigni.

Nella necessità di applicare un nome a questo strumento, che ci liberi dall'incomodo di una lunga perifrasi, lo chiamerò *idrosfigmografo*, perchè ci serviamo dell'acqua per raccogliere e scrivere i cambiamenti di volume che accompagnano il polso.

I risultati ottenuti coll'idrosfigmografo dimostreranno chiaramente come esso soddisfi a tutte le condizioni formulate nel principio di questo capitolo, e spero gli otterranno il favore dei medici e dei fisiologi che intendono eseguire delle ricerche esatte sul polso. Sebbene sembri a primo aspetto che i tracciati ottenuti, registrando i cambiamenti di volume dell'antibraccio ad ogni pulsazione del cuore, non possano esattamente paragonarsi ai tracciati che danno gli altri sfigmografi applicati sopra una arteria, l'osservazione dimostra però che la forma delle pulsazioni è del tutto identica. Anzi, mi riuscì spesso di ottenere coll'idrosfigmografo dei tracciati assai belli, sopra persone dove il polso della radiale era così debole da rendere inutile ogni tentativo fatto con un buon sfigmografo di MAREY costruito da VERDIN colle più recenti modificazioni. Non è raro di vedere nei cambiamenti di volume dell'antibraccio alcune particolarità che non si pronunciano egualmente bene nei tracciati degli sfigmografi ordinari; e finalmente un altro vantaggio sta in ciò



che l'idrosfigmografo ci rappresenta più completamente l'essenza e la natura del polso. Studiando solo in un punto collo sfigmografo i movimenti dell'arteria alla superficie del corpo, si è trascinati con troppa facilità nella credenza che il polso riveli essenzialmente il passaggio di un'onda come semplice forma di movimento, mentre che l'idrosfigmografo misurando la massa del sangue, che penetra nei vasi, ci dà un'immagine più reale del polso. Ritorrerò in appresso su questo argomento, per ora basta avvertire che il principio stesso su cui è fondato l'idrosfigmografo ci obbliga nello studio del polso di subordinare il concetto di un'onda che percorre i vasi (nel senso che danno i fisici a questa forma di movimento) all'idea di un'ondata sanguigna che movendosi penetra e si infrange nel sistema dei vasi.

PARTE PRIMA

GENERALITÀ SULLA FORMA DEL POLSO.

Tutti conoscono per propria esperienza la mobilità somma del sistema vasale. Basta pensare alla facilità con cui si dilatano e si contraggono i vasi di alcune regioni della pelle, come nel volto, alle guancie ed agli orecchi per immaginare subito che simili variazioni locali nello stato dei vasi debbano modificare localmente la forma del polso. Se generalmente non ci accorgiamo nelle condizioni ordinarie dei piccoli cambiamenti di colore che subisce la pelle delle mani, ciò dipende esclusivamente dalla disposizione anatomica dei vasi che rende tali mutamenti della



44

circolazione meno percettibili all'occhio. L'idrosfigmografo che è uno strumento assai più sensibile dell'occhio e del tatto ci mostra che nell'antibraccio anche in condizioni del tutto normali, si producono delle importanti e continue modificazioni nella circolazione del sangue.

È precisamente su queste varianti, per così dire fisiologiche del polso, che io intendo di fissare la nostra attenzione. Se non ci riuscirà di poter districare l'intreccio complicato delle cause da cui esse dipendono, ne trarremo qualche utile insegnamento intorno alla natura delle elevazioni che osservansi nella curva del polso.

Quando ci mettiamo a considerare una collezione di tracciati sfigmografici ottenuti con qualsiasi metodo sopra più persone, o su di un medesimo individuo, in differenti circostanze, la prima cosa che ci colpisce è l'aspetto variabile che ha il profilo delle pulsazioni. — Prescindendo dai mutamenti che possono succedere nella frequenza, tratterò prima di alcune modificazioni nella forma del polso che furono fino ad oggi assai poco studiate, e che dobbiamo conoscere preventivamente, perchè producendosi in condizioni del tutto normali potrebbero indurci in errore nella interpretazione dei tracciati sfigmografici.

*Sui mutamenti del polso
per influenza dell'attività cerebrale.*

Dopo che io misurai per la prima volta col pletismo-grafo la contrazione dei vasi sanguigni che si manifesta nell'antibraccio durante l'attività cerebrale, diminuzione che vidi più tardi essere accompagnata da un aumento di volume del cervello, due distinti sperimentatori, il



signor BASCH di Vienna (1) ed il signor FRANCK di Parigi (2), hanno emesso l'uno il dubbio che la diminuzione di volume dell'antibraccio dipendesse da un abbassamento della pressione arteriosa, l'altro che l'aumento di volume del cervello fosse prodotto da una contemporanea modificazione del respiro. Ho già da tempo fatte numerose osservazioni sui movimenti del cervello nell'uomo, le quali confermarono che alla contrazione dei vasi nell'antibraccio durante un lavoro della mente corrisponde un afflusso maggiore di sangue agli emisferi cerebrali, e che tale aumento di volume non dipende in alcun modo dalla respirazione. — Sebbene queste esperienze, che tratterò più estesamente in una terza Memoria sui movimenti del cervello, bastino per impugnare le obbiezioni fattemi da BASCH e FRANCK, noi troveremo in questo capitolo sul polso ragione sufficiente per convincersi che durante l'attività cerebrale si produce una contrazione dei vasi nell'antibraccio, e conseguentemente un aumento della pressione sanguigna.

Tralascio la descrizione dei preparativi richiesti per l'applicazione dell'idrosfigmografo, perchè possono facilmente immaginarsi da chiunque abbia un po' di pratica nel maneggio degli strumenti fisiologici. Dirò solo, che dovendo studiare il polso nelle due antibraccia, oltre alla posizione simmetrica del corpo, si deve anzitutto badare a ciò che la persona soggetta all'esperienza sia adagiata comodamente, colle braccia sospese in modo da non ri-

(1) v. Basch. *Die volumetrische Bestimmung des Blutdrucks am Menschen* — *Medizinische Jahrbücher*, 1876, IV.

(2) F. FRANCK. *Recherches critiques et expérimentales sur les mouvements alternatifs d'expansion et de resserrement du cerveau*. *Journal de l'anatomie et de la physiologie de Ch. ROBIN*, 1877, p. 301.



46

chiedere alcuno sforzo muscolare. Generalmente trovai inutile di appoggiare il braccio: le persone abituate a queste esperienze potevano resistere per delle ore intere colle braccia sospese senza affaticarsi menomamente. Servendosi di sostegni, devesi procedere con maggiore cautela, perchè essi prestano un punto di resistenza su cui preme ora più ora meno il braccio, producendo involontariamente delle variazioni nell'afflusso del sangue. — Variazioni, le quali possono divenire considerevoli quando trattasi di una forte pressione fatta involontariamente in corrispondenza dell'arteria omerale od ascellare.

Ora ecco una prima osservazione eseguita sopra il sig. GARZENA. — Scrivendo il polso delle due antibraccia, mi servii pel lato sinistro del pletismografo come apparecchio di compensazione onde poter misurare contemporaneamente le variazioni di volume; a destra eravi semplicemente la boccia a pressione costante, di cui ho parlato descrivendo l'idrosfismografo. — Il sig. GARZENA era immobile ed aspettavasi tranquillamente di veder scomparire le ultime tracce delle modificazioni prodotte nel polso dell'antibraccio sinistro per mezzo del bendaggio elastico di ESMARCH. Quantunque si fosse ristabilita la circolazione sanguigna da circa mezz'ora, il polso era ancora differente ed alquanto più elevato a sinistra in seguito della precedente anemia.

Nel momento in cui il tracciato del polso tocca la prima freccia a sinistra (fig. I, Tav. I) lo prego di moltiplicare mentalmente 8 per 17. Poco dopo vediamo che il polso si modifica profondamente; quando enuncia il prodotto faccio una seconda freccia.

Il pletismografo, applicato sul cilindro di sinistra, segna una diminuzione di 4 centimetri cubici per l'antibraccio



sinistro quando è terminata l'operazione. — Il dicrotismo, specialmente nel braccio destro, è divenuto più palese, ed il polso è meno elevato per la contrazione dei vasi che fece scemare il volume dell'antibraccio. — L'impulso del cuore, benchè sia divenuto più potente, come spesso ebbi ad osservare in altre esperienze, non produce una elevazione maggiore del polso: ma all'opposto osservasi un abbassamento del medesimo pel cambiamento di elasticità dei vasi che accompagna la loro contrazione. — Osservando i tracciati, si vede che la curva diastolica non scende più allo stesso livello di prima, ma conservasi alquanto più elevata.

Sebbene questa variazione possa a primo aspetto riferirsi ad un aumento della frequenza nelle contrazioni cardiache, ammettendo che la parte del polso corrispondente alla diastole non ebbe più il tempo di eseguirsi completamente, incalzata dalla sistole successiva: quando si considerano più attentamente i tracciati, vedesi che in realtà è un'altra la causa di questo fenomeno, il quale dipende da un mutamento nell'elasticità dei vasi, che cambiò il profilo e la forma di ogni singola pulsazione.

Dopo questa prima esperienza noi procederemo certo assai guardinghi nello stabilire i rapporti che passano fra la pressione del sangue e lo stato dei vasi. Le ricerche sulla pressione sanguigna tentate per mezzo del pletismografo dal BASCH incontrano delle serie difficoltà nello stato variabile dei vasi sanguigni in differenti provincie del corpo. — La proposizione emessa da BASCH in principio delle sue esperienze, che cioè un aumento della pressione debba dilatare i vasi, non può essere vera che per alcune regioni assai limitate, perchè qualora tutti i vasi si dilatassero, siccome non abbiamo che una quantità limitata



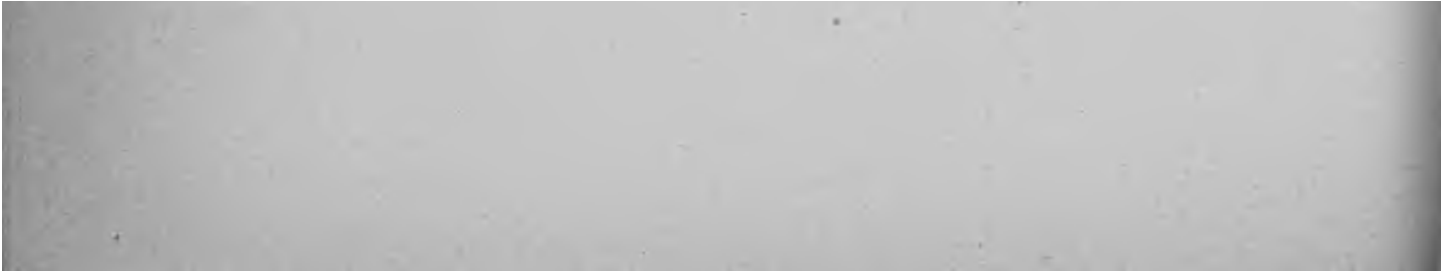
48

di sangue, dovrebbe immediatamente scemare la pressione. Qui incontriamo del resto un caso in cui il volume dell'antibraccio diminuisce, malgrado che aumenti contemporaneamente l'energia dell'impulso cardiaco e la pressione del sangue.

Potrei riferire una lunga serie di tracciati sulle modificazioni del polso durante l'attività cerebrale, perchè era questo un esperimento che ripetei spesso volentieri dinanzi ai colleghi ed agli amici che onorarono d'una loro visita le mie ricerche. — Ecco due altre esperienze (tracc. 2 e 4, Tav. I) fatte sopra il sig. CAUDANA Agostino alle 9. 56 di sera del giorno 19 settembre, mentre esso stava profondamente tranquillo coll'antibraccio sinistro nell'idrosfigmografo (1). In *F* gli propongo di moltiplicare 8 per 9. La seconda pulsazione non scende più allo stesso livello delle precedenti: e modificasi dopo l'altezza delle medesime in modo da formare come una scala discendente fino alla 7^a pulsazione. — Il polso diviene alquanto più celere, e la forma del medesimo è radicalmente cambiata. La punta tricuspide più o meno ottusa, che osservasi durante il riposo dell'animo, trasformasi in una punta acuminata con pendio sinuoso e meno ripido verso l'ascissa nella parte diastolica della curva, come osservasi quando producesi localmente una contrazione delle pareti vasali.

Poco dopo il polso riprende la forma normale. Non arresto il cilindro affumicato, e come vedesi nel tracciato 3 scritto nel minuto successivo, il profilo delle pul-

(1) In queste osservazioni, come in altre che vengono dopo, i tracciati furono scritti dal basso verso l'alto; nella riproduzione fotografica non volli correggere la loro posizione, perchè ad una esatta interpretazione dell'esperienza basta di conoscere l'ordine con cui essi vennero scritti leggendo i numeri posti in margine.



sazioni è lo stesso di prima. Nel tracciato 4 gli propongo in 1 una moltiplicazione più difficile con un numero di due cifre che mi sfuggi dalla memoria. Anche in questo esperimento si ripeté lo stesso fenomeno. Dopo due o tre secondi il polso diviene più piccolo ed alquanto più celere, scompare la cuspide che sorgeva prima come sopra una specie di altipiano, la punta si aguzza durante l'attività cerebrale e rendesi manifesto un numero maggiore di ondulazioni sulla parte discendente della curva.

Sono dolente di non aver avuto fino ad oggi i mezzi per misurare con esattezza il tempo, per così dire, latente che trascorre fra l'istante in cui si percepisce un suono od afferrasi una questione, e quello in cui si manifesta la prima reazione nel sistema circolatorio. È questo un argomento del più grande interesse per la psicologia che studierò in una prossima serie di ricerche sulla natura dei movimenti riflessi nel sistema vasale e sulla rapidità con cui essi produconsi nella veglia o nel sonno, nello stato fisiologico o sotto l'influenza di agenti speciali. —

Noi vediamo frattanto nell'esperienza precedente che ad una tensione maggiore dell'animo corrisponde una trasformazione del polso che dura più a lungo (tracc. 4).

Le osservazioni che ho fatto sul polso, per dimostrare l'influenza che ha sopra di esso l'attività cerebrale, confermarono nell'uomo sano quanto WOLFF aveva già veduto per le emozioni nei pazzi.

In una serie memorabile di ricerche che egli pubblicò nella sua Memoria intitolata: *Characteristick des Arterienpuls. Leipzig 1865.* — Dopo aver mostrato come egli prendesse tutte le precauzioni perchè l'ammalato fosse assolutamente tranquillo, soggiunge: « basta che l'ammalato voglia parlare perchè già si cambi la frequenza del polso.



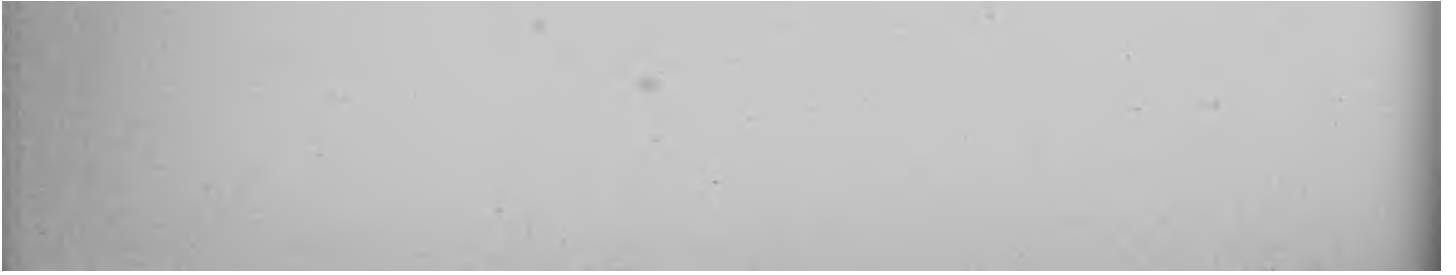
50

La disposizione dell'ammalato ad esprimere un desiderio, a fare un'osservazione, principalmente le impressioni, e l'attenzione che va sempre più svegliandosi, e soprattutto lo sforzo che precede o che segue una emozione od una eccitazione interna, tuttociò si traduce nel polso in una maniera infallibile. — Il fenomeno più costante nella emozione sta in ciò che il polso è alterato essenzialmente nel suo ritmo ».

Benchè i tracciati presi da WOLFF siano del tutto identici alle modificazioni che noi trovammo nello stato normale, egli fu però troppo esclusivo nell'attribuire queste variazioni unicamente al cuore: e certo, dopo aver constatato per mezzo del pletismografo una diminuzione assai notevole nel volume dell'antibraccio ed un aumento nell'energia delle contrazioni cardiache, non può mettersi in dubbio che la contrazione dei vasi sia un fattore assai importante dei mutamenti che si osservano in tali circostanze nella forma del polso indipendentemente dal ritmo.

Tralascio di riferire altri esempi d'un fenomeno che mi era divenuto tanto familiare, che spesso nel decorso di un'esperienza, come possono attestarlo il sig. GARZENA, il sig. ROTH e CAUDANA, che sono le persone che ho meglio studiate, mi accorgevo quando, nella quiete profonda dell'animo, destavasi involontariamente la loro attività cerebrale per mezzo di qualche idea che presentavasi senza causa conosciuta alla loro attenzione. —

Dopo le numerose esperienze che ho fatto sopra questo argomento credo di poter stabilire come regola generale che « l'emozione che si produce passando dalla quiete profonda all'attività cerebrale è sempre accompagnata da una modificazione del polso ». Questa legge non esclude punto il fatto, che a me pure capitò assai spesso di ve-



rificare, cioè che durante un lavoro intellettuale prolungato ed intenso non si osservi alcuna modificazione del polso. — Ciò succede particolarmente in coloro che si soggettano per la prima volta all'esperienza, nel cospetto di molte persone, o quando si prende un certo interesse per la riuscita dell'esperimento, e sempre insomma quando non si dà tempo di passare gradatamente allo stato della più assoluta tranquillità, prima di eseguire un lavoro mentale.

Questi casi non formano una eccezione, ma costituiscono una regola, la quale ci dice, che, se la nostra attenzione è vivamente eccitata da una causa qualsiasi, si rende meno manifesto o del tutto impercettibile il passaggio della mente ad un altro lavoro intellettuale. — E ciò perchè si effettuarono prima ed esistono già tutte le modificazioni dei vasi, del ritmo e dell'energia del cuore che accompagnano l'attività del cervello. —

L'importanza somma che ha la quiete per studiare i rapporti che passano fra la circolazione del sangue, le emozioni dell'animo e le sensazioni incoscienti si manifesta, meglio che altrove, nel sonno, dove ogni stimolo che colpisce i nostri sensi produce una profonda modificazione del polso, anche quando la sensazione che ne risulta è così debole che non riesce a rompere il sonno ed imprimere una traccia nella memoria. — Siccome la maggior parte delle seguenti esperienze vennero eseguite nella state e molte nel pomeriggio, ebbi spesso occasione di osservare le trasformazioni che caratterizzano la sonnolenza, e la reazione che succede nel polso quando, offuscata nel sonno la coscienza, veniamo svegliati, oppure ci destiamo spontaneamente. Riferisco un solo esempio delle modificazioni che subisce il polso nel sonno, perchè avrò occasione di trattenermi più a lungo sopra



52

di questo argomento in un libro che sto ora scrivendo intorno alla fisiologia del sonno.

CAUDANA è un giovane robusto sui 26 anni, il quale da lungo tempo trovasi così abituato alle mie indagini, che dorme colla più grande facilità, specialmente quando è coricato comodamente in un letto, come succede per l'appunto in questa esperienza, che è la continuazione della precedente. Circa 10 minuti dopo avere scritto il tracciato del polso normale nella veglia (tracciato 3, Tav. I) m'accorgo dal rumore della respirazione che dorme profondamente. Infatti, scoprendogli il volto, su cui egli erasi prima tirato il lenzuolo, non reagisce in alcun modo tranne che per mezzo di una leggiera contrazione dei vasi nell'antibraccio. — Il tracciato 5, Tav. I, rappresenta la forma del polso nel sonno profondo: il suo aspetto è così differente da quello che aveva poco prima nella veglia (tracciato 3) che io non ho bisogno di tradurre con parole questa variazione. Nel minuto successivo mi avvicino al suo orecchio e lo chiamo per nome sottovoce nel punto *E*: trascorso un minuto ripeto nuovamente sotto voce il nome di Agostino nel punto *D*.

Quantunque egli non si destasse, e mancasse ogni traccia di movimento riflesso tanto al volto quanto alle estremità, producesi una variazione profonda del polso. Considerando i tracciati 6 e 7 noi vediamo che anche qui trascorre un certo tempo fra l'istante dell'eccitazione e quello in cui appare il movimento riflesso della contrazione vasale.

Il leggiero aumento nella frequenza dei battiti cardiaci non è certo l'unica causa di questa variazione nella forma del polso che dipende, a parer nostro, essenzialmente dalla contrazione dei vasi sanguigni, che è un fatto caratteristico e facilmente determinato dal pletismografo.



Quando CAUDANA fu sveglio mi assicurò di aver dormito profondamente, e di non essersi punto accorto che io lo avessi chiamato per nome o fatto rumore.

Per non moltiplicare troppo gli esempi dell'influenza che le più leggiere emozioni hanno sulla forma del polso, riferisco ancora due tracciati presi sopra CAUDANA mentre, egli essendo completamente sveglio (tracciati 9 e 10, Tav. I), l'orologio suonava mezzanotte e le ribatteva nel minuto successivo.

Avverto che il suono della campana è piuttosto forte e che l'orologio era appeso a poca distanza dal letto. Il tracciato 8 rappresenta il polso normale della veglia nel minuto che precedeva la prima suonata.

La variazione nei tracciati sfigmografici è così evidente che io non ho bisogno di altre parole per dimostrare la facilità e prontezza con cui riflettesi nei vasi e sul cuore l'azione degli stimoli esterni.

Il fatto che anche nella veglia, mentre siamo distratti ed è sospesa l'attività cerebrale, si producono più facilmente i movimenti riflessi, si ripete colla più grande costanza nel sonno dove i più leggieri eccitamenti producono una forte contrazione dei vasi e una profonda modificazione del polso.

Le esperienze che ho fatto sopra me stesso per vedere l'influenza del dolore sulla forma del polso, confermarono così pienamente i risultati ottenuti dal Prof. P. MANTEGAZZA nelle sue memorabili indagini *Sull'azione del dolore* (*Gazzetta medica lombarda*, 1866), che io non credetti opportuno di sottoporre a dure prove alcuni amici, che si erano offerti spontaneamente per tale studio.



Variazioni nell'energia del polso.

Ho già prima accennato come i vasi sanguigni presentino talora in condizioni del tutto fisiologiche movimenti, i quali producono delle ondulazioni molto cospicue nei tracciati sfigmografici. Oltre a queste lente variazioni di volume che dipendono dal tono dei vasi, noi dobbiamo ora occuparci di altre modalità del polso che sono prodotte dalla differente energia del cuore. Questo fenomeno, che osservai per la prima volta nel sig. CAUDANA sotto l'influenza dell'aria compressa (1), lo vidi ripetersi più tardi in altre persone che trovavansi apparentemente nello stato normale il più completo, senza che mi sia fino ad ora riuscito di determinare le condizioni fisiologiche da cui esso dipende.

Ho attribuito queste variazioni alla differente energia dell'impulso cardiaco, perchè non so spiegarmi in altro modo un indebolimento sommo del polso nelle due antibraccia mentre non sono mutate le condizioni dell'esperienza, e manca una corrispondente contrazione dei vasi.

Siccome è questo un fenomeno che si rivelò egualmente bene e forse meglio in uno studio che io ho fatto testè sui movimenti del cervello nell'uomo, ritornerò più estesamente in una prossima Memoria su tale argomento; per ora mi terrò alla semplice descrizione del fatto, non essendomi riuscito di ottenere in tali casi contemporaneamente al polso dell'antibraccio anche il tracciato dell'impulso cardiaco al torace da cui attendo la soluzione definitiva ed inconcussa di tale problema. —

(1) A. Mosso. *Sull'azione fisiologica dell'aria compressa*. Torino, 1877, pag. 28.



Ecco un'esperienza fatta sopra il sig. GARZENA, il giorno 8 di ottobre, dove scrissi contemporaneamente il polso delle due antibraccia. Dopo fatta colazione il polso nello stato normale ha la forma indicata nel tracc. 11, Tav. II. Il polso essendo eguale nei due lati presento per brevità solo quello del lato destro. Eseguisco una pressione di 20 centimetri d'acqua, impiantando sul cilindro un grosso tubo di vetro che riempio di liquido, come trovasi descritto a pag. 72. Scrivo il polso durante la pressione, ed ottengo il tracciato 12. Cessata la pressione della colonna liquida, che durò circa 15 minuti, e ritornati alle condizioni di prima, il polso è molto più piccolo, tracciato 13, ed in esso è più manifesta l'influenza della respirazione. — La diminuzione del polso e le forti oscillazioni respiratorie essendo per me un fatto anormale che erasi mai presentato così distinto, per eguali pressioni nelle esperienze precedenti, mi venne tosto il dubbio che si trattasse di qualche impedimento meccanico alla circolazione. L'esame attento della posizione mi fece però tosto escludere il concetto di una compressione sui grossi vasi, tanto più che il braccio era sospeso liberamente nell'aria senza alcun appoggio in vicinanza del gomito o dell'ascella. — Avvertii il sig. GARZENA del fenomeno, e lo pregai di rimanere immobile, conservandosi appoggiato col dorso alla seggiola. Il polso aumentò nel minuto successivo. Dopo scritto il tracciato 14 mi accorsi che nell'antibraccio sinistro erano pure meno forti ed elevate le pulsazioni: per evitare ogni differenza, dovuta alla ineguaglianza degli strumenti registratori, mi servii del medesimo timpano per scrivere il tracciato 15 di sinistra che, come vedesi, è notevolmente più piccolo. Frattanto l'indebolirsi del polso procedeva così rapidamente che 3 o 4 minuti dopo, applicando il medesimo



56

timpano al tubo dell'antibraccio destro, ottenni una linea quasi retta, dove erano appena accennate le pulsazioni per mezzo di leggiere ondulazioni (tracciato 16).

In questa esperienza ebbi nuovamente comodo di convincermi della squisitissima sensibilità che hanno i vasi per qualsiasi mutamento che succede nella pressione alla superficie del corpo, anche quando le variazioni sono così piccole da essere impercettibili al senso il più delicato. — Si ripete qui lo stesso fenomeno che avevo già osservato sopra il sig. CAUDANA nell'aria compressa, e col sig. GROLLERO alla pressione ordinaria, che cioè la resistenza presentata dalla membrana elastica del timpano basta a far scomparire in certi casi ogni movimento dell'acqua nell'idrosfigmografo. — Il polso non è cessato, ed appare anzi distintissimo, quando si lascia l'acqua del cilindro liberamente in comunicazione coll'atmosfera: ma esso è talmente infievolito, che non può più vincere la resistenza della membrana elastica per estrinsecarsi, ed appena si mette il tubo in comunicazione col timpano a leva scompare immediatamente.

Credo inutile soggiungere che tale resistenza doveva essere assai piccola. — I miei timpani erano ricoperti da un foglio elastico discretamente sottile, che devo alla gentilezza del sig. VERDIN, meccanico del Prof. MAREY: del resto la camera d'aria nell'imboccatura del cilindro era così spaziosa che non si comprende come potessero rimanere impedito le pulsazioni, qualora esse non fossero divenute d'una debolezza estrema. Ho già dimostrato in un precedente lavoro, sui movimenti del cervello (1), come

(1) A. Mosso. *Introduzione ad una serie di esperienze sui movimenti del cervello nell'uomo*. Archivio per le scienze mediche. Vol. I, pag. 237, 1876.



il polso dei vasi si manifesti sempre meglio nel punto dove è minore la resistenza che incontra ad esternarsi. Il polso non manca, come potei convincermene tastando l'arteria omerale, solo che ad ogni dilatazione delle arterie viene cacciata dalle vene una quantità corrispondente di sangue che impedisce al polso di tradursi nella sua pienezza dalla parte del timpano. — Ritornai al braccio sinistro, ed anche in esso non era più possibile di scrivere il polso. Strinsi il braccio con un nastro sopra il gomito per produrre una compressione delle vene superficiali: il polso divenne alquanto più elevato, benchè fosse di gran lunga inferiore ai tracciati precedenti. Vedendo che una più forte compressione arrestava la circolazione del sangue, dovetti contentarmi di aspettare. Il sig. GARZENA non aveva alcuna sensazione del mutamento succeduto nel suo polso, e sebbene paresse anche lui in pensiero per questo fenomeno, che io non sapevo a cosa attribuire, fu solo dopo cessata la forte compressione attorno all'antibraccio destro che il polso divenne più elevato, conservandosi anche dopo alcuni minuti più piccolo nel braccio sinistro, come vedesi nel tracciato 17 scritto col medesimo timpano. Dopo benchè il signor GARZENA non mutasse di posizione il polso andò successivamente aumentando come lo attestano i tracciati 18 e 19, scritti 15 minuti dopo il tracciato 16.

La seguente osservazione venne eseguita sopra il signor CAUDANA. Mentre eravamo in procinto di fare una esperienza sulla respirazione, ed il polso aveva nello stato normale la forma indicata dal tracciato 20, una sua parente del contado entrò per sbaglio nella stanza e vedendolo coperto di strumenti colle due braccia nell'idrosfigmografo mandò un grido di paura. Il polso modificavasi



58

immediatamente come lo indica il tracciato 21. Nel minuto successivo esso aveva la forma che vedesi nel tracciato 22. Dopo 3 minuti, come lo indica il tracciato 23, avvicinavasi rapidamente al tipo primitivo.

Mi capitò spesso di osservare, che il polso sopra una medesima persona ed in condizioni normali presentò successivamente 1, 2, 3, 4 elevazioni catacrotiche. Se noi ci domandiamo da quale causa possa dipendere un simile fenomeno, dobbiamo prima di ogni altra cosa escludere il concetto che si tratti di onde, le quali percorrono ripetutamente i vasi dal centro verso la periferia. In questo caso dovrebbero supporre che la velocità colla quale si propagano queste onde sia, nel quarto caso, quadrupla del primo. Ipotesi questa, che trovasi evidentemente in opposizione con tutto ciò che si conosce intorno alla propagazione delle onde, ed a cui dobbiamo rinunziarvi senz'altro. Assai più consentaneo ai fatti è invece il supporre che simili elevazioni siano dovute alla elasticità del sistema vasale, giacchè sappiamo che le pareti dei vasi dopo essersi dilatate per un'onda che le distende, possono, in forza della elasticità, ritornare sopra loro stesse ed eseguire un certo numero di oscillazioni. Le sinuosità corrispondenti a queste oscillazioni, che osservansi nel tracciato del polso, avendo già ricevuto da LANDOIS, che ne fece uno studio assai diligente, il nome di *elevazioni per elasticità*, mi servirò anch'io di questa denominazione e rimando il lettore alle sue interessanti esperienze (1). Nel caso in cui tutte le elevazioni per elasticità sono eguali in altezza e vanno gradatamente scemando, non so con quale criterio LANDOIS possa distinguerne una fra esse

(1) L. LANDOIS, *Die Lehre vom Arterienpuls*. Berlin, 1872, pag. 160.



dovuta non più all'elasticità, ma ad un'onda che parte dal centro (*Rückstoßwelle*). Le ricerche fatte col nitrato di amilo mi hanno dato occasione di analizzare con qualche maggior diligenza questo fenomeno. Vedendo che le pulsazioni dell'antibraccio, scritte per mezzo dell'idrosfigmografo, presentano nella loro parte discendente un margine assai più frastagliato ed irregolare che non quelle ottenute con altri metodi di registrazione, mi era nato nel principio il dubbio, che le ondulazioni osservate potessero dipendere o da un tremore dei muscoli o da vibrazioni della colonna liquida. Dovetti però tosto convincermi che tali vibrazioni sussistono realmente nei vasi anche nello stato normale e che possono farsi scomparire con varii mezzi, mentre rimangono inalterate tutte le condizioni esterne dell'esperienza.

Nel passaggio dal policrotismo al dicrotismo, e da questo ritornando al policrotismo non è solo il numero delle elevazioni che cambia, ma è la stessa posizione delle medesime che va successivamente modificandosi. Cosicchè, mentre abbiamo nel dicrotismo una unica elevazione secondaria che produce si verso la metà di una pulsazione, quando le predette elevazioni diventano più numerose esse compariscono già verso la punta di ogni pulsazione, e si ripetono decrescendo in numero di 4 o 5 senza che sia più possibile di riconoscere alcuna traccia di una elevazione maggiore nel punto del primitivo dicrotismo. Variazioni corrispondenti benchè meno distinte si osservano anche nel tracciato della carotide che fu scritto insieme a quello dell'antibraccio.

Questa esperienza dimostra che la causa di queste variazioni sfigmiche è riposta nei vasi, e che le oscillazioni dipendono secondo ogni verosimiglianza dalle proprietà elastiche delle pareti vasali.



Forma del polso a digiuno e dopo colazione.

Nel corso delle precedenti indagini mi capitò spessissimo di dover interrompere qualche esperienza per riprenderla dopo fatta colazione. — Il mutamento che producesi in questo caso nella forma del polso, nel breve intervallo di un'ora o due, è così cospicuo, che io dovetti senz'altro pensare all'influenza che il cibo esercita sull'energia del cuore e sul tono dei vasi.

Ecco un esempio, il quale basterà a dimostrare come un simile fenomeno dovesse imporsi all'osservazione di chicchessia. — Il signor RIVA, studente di medicina, nello stato di profonda quiete, ha verso le 11 il polso indicato dal tracciato 24, Tav. II. Alle 2 pomeridiane ritornato al laboratorio, dopo fatta colazione, lo stesso antibraccio presenta nelle medesime condizioni una forma di polso del tutto differente, come nel tracciato 25, Tav. II.

La frequenza del polso, che prima era di 68 al minuto, nel secondo tracciato fu di 86.

Constatato ripetutamente questo fenomeno con osservazioni analoghe, mi accinsi dopo ad appurarlo istituendo una serie metodica di ricerche in cui ho cercato di eliminare ogni altra influenza sul polso, eccetto quella del cibo.

A tale scopo invitavo successivamente alcuni amici a far colazione con me; scrivevo un primo tracciato mentre eravamo ancora digiuni, e dopo fatta insieme una colazione frugale che fu talora abbondante, ma sempre parca di vino, si prendeva nell'ora successiva un altro tracciato. Credo inutile soggiungere che non trascurai alcuna precauzione per riapplicare esattamente l'idrosfigmografo nello stesso modo onde conservare quanto più fosse possibile inalterate le condizioni dell'esperimento. La diffe-



renza che osservasi nel polso è del resto così grande e talmente costante per la sua naturalezza, che certo non verrà in mente ad alcuno di supporre un qualche errore.

I tracciati 26, 27 e 28 nella tavola II rappresentano un'esperienza fatta col Dottore ALBERTOTTI nel giorno 24 settembre. Dopo essere egli rimasto parecchie ore al tavolino lavorando col microscopio, alle ore 1,35 pomerid., mentre era ancora digiuno dalla sera precedente, il polso aveva la forma indicata dal tracciato 26 colla frequenza di 84 battiti al minuto. Facciamo insieme una colazione piuttosto abbondante con pane, carne, frutta e vino e ci tratteniamo discorrendo, evitando ogni movimento, e lo stesso passeggiare od uscire dalla stanza.

Alle 3,20 pomeridiane riapplico l'idrosfigmografo sull'antibraccio destro: il polso sebbene conservi la frequenza di prima, cioè di 84 al minuto, presenta un'elevazione dicrotica assai pronunciata nella parte discendente della pulsazione che troviamo prima diritta o leggermente ondulata (tracciato 27).

Per avere una conoscenza più estesa delle modificazioni che succedono nello stato dei vasi in seguito alla introduzione di nuovo nutrimento nel corpo, quando nell'organismo si è già fatto sentire lo stimolo della fame, o di un forte appetito, ho scritto anche i movimenti così detti *spontanei* dei vasi. — Presi cioè qualche tracciato del polso chiudendo la comunicazione dell'acqua in cui sta immerso l'antibraccio colla boccia di compensazione dell'idrosfigmografo. Avevo così il vantaggio di scrivere contemporaneamente anche le ondulazioni che presentano i tracciati pei lenti moti di contrazione o di rilassamento che produconsi nei vasi senza causa conosciuta. Ripetendo simili osservazioni ad ogni esperienza, potei convincermi



62

che le ondulazioni nei tracciati del volume dell'antibraccio, le quali corrispondono ai movimenti così detti *spontanei* dei vasi, sono assai più grandi e frequenti dopo colazione di quanto non siano a digiuno. Il tracciato 28 rappresenta queste ondulazioni del volume dopo colazione, che a digiuno erano del tutto impercettibili.

Sopra di me il mutamento del polso è anche più profondo. — Mentre a digiuno e dopo una lunga seduta agli esami il polso aveva la frequenza di 56 battiti al minuto e la forma indicata dal tracciato 29, Tav. II: dopo la colazione fatta col Dottore ALBERTOTTI alle ore 3,40 dava 86 pulsazioni al minuto, e presentava tre elevazioni catacrotiche (1) assai manifeste (tracciato 30).

Ho detto poco sopra che i movimenti spontanei sono più frequenti e maggiori dopo colazione: questa regola non deve però ritenersi come assolutamente vera in tutti i casi. Vediamo infatti nel tracciato 30 che tali ondulazioni sono poco manifeste sopra di me, mentre rimane chiuso il tubo che comunica coll'apparecchio di compensazione: invece nel sig. GROLLER esse appaiono fortissime anche a digiuno come si vede nel tracciato 31 dove ho scritto contemporaneamente il polso delle due antibraccia.

Nel giorno successivo eseguisco un'esperienza col Dott. PAGLIANI adoperando le medesime precauzioni. Alle 2,25 pomeridiane scrivo il tracciato del mio amico che può considerarsi come digiuno, non avendo mangiato che un

(1) Con questa denominazione proposta, la prima volta da LANDOIS, vengono designate quelle elevazioni che si producono nella curva del polso corrispondente alla diastole cardiaca. LANDOIS, Op. citata, pag. 108.



po'di pane con frutta verso le 8 antimeridiane. La frequenza è di 60 al minuto e le pulsazioni hanno la forma indicata nel tracc. 32, Tav. III. — Si fa insieme una buona colazione e dopo un'ora ed un quarto il Dottore PAGLIANI ha nel medesimo antibraccio un dicrotismo molto pronunciato del polso, colla frequenza di 80 battiti (tracciato 33). Esce quindi dal laboratorio per bere una tazza di caffè. Alle 4,55 pomeridiane riapplicato l'idrosfigmografo trovo che il polso ha la medesima forma di prima, con forti ondulazioni nel volume dell'antibraccio (tracc. 34).

Il mio polso, tracc. 35, Tav. III, che a digiuno era uniforme e regolare colla frequenza di 60 battiti al minuto, dopo fatta colazione presenta alle 4,20 pomeridiane un tricrotismo assai caratteristico ed ha la frequenza di 90 battiti al minuto (tracciato 36).

Ho detto che ero digiuno: tale espressione non è esatta nello stretto senso della parola, perchè tanto in questa, quanto nell'esperienza precedente, avevo preso verso le 8 antimeridiane una tazza di caffè-latte con un panino; prima però che giungesse l'ora dell'esperienza mi sentivo piuttosto fame che appetito: e lo stesso dicasi dei miei amici, i quali aspettavano con grande desiderio la colazione.

Potrei aggiungere i tracciati di altre numerose esperienze, in alcune delle quali si osservò egualmente bene, ed in altre fu meno distinta l'influenza del cibo. Questi pochi esempi bastano però a darci un'immagine assai più chiara di questo fenomeno di quanto non si fosse prima osservato od almeno pubblicato nelle ricerche fatte collo sfigmografo di MAREY.

Le modificazioni profonde che subisce il polso (lasciando per ora in disparte i mutamenti nella frequenza)



64

possono dipendere da una variazione nell'energia del cuore o da una variazione nello stato dei vasi. I pochi tentativi che ho fatto col cardiografo di MAREY per scervere la parte che è dovuta al cuore, mentre accennarono ad un aumento nell'energia di questo muscolo, mi lasciarono la convinzione, che una parte non meno importante nei mutamenti del polso sia dovuta ad una variazione nello stato dei vasi. Noi vediamo infatti come l'altezza delle pulsazioni, eccettuato il caso del Dottore PAGLIANI, si conserva presso a poco eguale prima e dopo la colazione: il che prova che l'impulso cardiaco, il valore e l'energia delle pulsazioni non si sono modificati notevolmente. Ciò che variò è la forma e il tipo del polso.

La punta più acuminata delle singole pulsazioni dopo il cibo e la comparsa del dicrotismo, o del tricrotismo, nella parte della curva che corrisponde alla diastole cardiaca, accennano ad un aumento nel tono dei vasi ed alla maggior resistenza che essi oppongono colla loro contrazione al passaggio del sangue.

PARTE SECONDA

VARIAZIONI LOCALI DEL POLSO

Influenza delle azioni termiche.

Le seguenti esperienze vennero tutte eseguite col metodo dell'osservazione bilaterale per distinguere le variazioni locali del polso in un braccio da quelle generali, che producevansi pei cambiamenti rapidi e prolungati della temperatura sopra il lato opposto. Nel principio



tentai di raffreddare l'acqua in cui stava immerso il braccio ricoprendo la superficie esterna del cilindro con frammenti di ghiaccio, cui mescolai qualche volta del sale. Dovetti però tosto abbandonare questo metodo per l'ineguale distribuzione della temperatura. Difatti il termometro immerso nell'acqua del cilindro segnava appena un abbassamento di pochi gradi, quando tutta la superficie dell'antibraccio che stava in contatto col vetro dava già una molesta sensazione di freddo intenso. Sebbene io avessi un grande interesse a non mutare l'acqua in cui stava immerso l'antibraccio, per poter seguire in tutte le loro fasi i cambiamenti del polso e misurare contemporaneamente col pletismografo i cambiamenti di volume che succedono nelle due antibraccia, dovetti rinunciare a questo metodo di raffreddamento; nè meno felici riuscirono i tentativi del riscaldamento esterno. L'artificio di servirmi di cilindri così grandi che la superficie dell'antibraccio rimanesse abbastanza lontana dalle pareti del vaso, che solo poteva ovviare tale inconveniente, fece nascere altre difficoltà per la registrazione del polso che mi obbligarono di rinunciare all'uso del pletismografo. Ricorsi perciò al metodo più semplice espediente di mutare l'acqua nel cilindro levando il tappo dell'imboccatura *C* tutte le volte che volevo variare la temperatura di uno degli antibracci. — Un termometro diviso in decimi di grado che attraversava il tappo *L* del cilindro, restando permanentemente immerso nell'acqua, segnava la temperatura ambiente di ciascuna estremità. Incomincio con alcune osservazioni dove era assai moderato il cambiamento della temperatura e proseguirò successivamente fino a quelle esperienze dove l'azione termica divenne così energica da produrre una



66

paralisi dei vasi. Il Dott. BAJARDI nel giorno 27 luglio alle ore 4. 15 pom. aveva eguale il polso nelle due antibraccia, come si vede nel tracc. 37, Tav. III; la temperatura dell'acqua era circa 33° in tutti due i cilindri.

Sostituisco dell' acqua a 25° nel cilindro di sinistra, ed il polso si modifica nelle due estremità. A sinistra l'abbassamento delle pulsazioni è molto più notevole che a destra, dove pure è sensibile una diminuzione. — Tracciato 38, Tav. III.

Due minuti dopo il termometro di sinistra segna 25,7, quello di destra 32,6, il polso dal lato normale ha di nuovo la forma di prima, in quello più freddo è sempre minore l'altezza delle pulsazioni, e più apparente il dicrotismo. Levo l'acqua fredda a sinistra: la sostituisco con acqua calda a 37°. Dopo un minuto il polso è pressochè uguale nelle due antibraccia colla forma primitiva (tracciato 39). Ripeto ancora una volta la medesima esperienza: abbasso la temperatura fino a 20°,9 ed ottengo una diminuzione più notevole del polso (tracciato 40). Sostituisco l'acqua calda alla fredda: a sinistra è 37°,7 a destra 32°,1 ed ho egualmente una elevazione maggiore del polso (tracciato 41).

Faccio un' esperienza sopra di me stesso coll'assistenza del sig. ROTH (tracciato 42, Tav. III). Nello stato normale il dicrotismo è più spiccato a sinistra: la temperatura dell'acqua è 33° in tutti due i cilindri. Incomincio coll'azione del caldo, immergendo l'antibraccio destro nell'acqua a 43°. Dopo due minuti è già scomparso il dicrotismo da questo lato ed il policrotismo nell'antibraccio opposto, dove si fa più elevata la pulsazione (tracciato 43).

Immergo il braccio sinistro nell'acqua a 20°, il polso si modifica nelle due estremità, divenendo considerevol-



mente più piccolo a sinistra (tracciato 44). Il pletismo-grafo segna una diminuzione di 4 centimetri cubici pel braccio sinistro. Verso dell'acqua a 35° sull'antibraccio sinistro ed ottengo da questo lato delle pulsazioni più alte con apice ottuso. La temperatura nel lato opposto era già discesa a 38°, 2.

La mancanza del dicrotismo in una delle due estremità è anche più manifesta nella seguente esperienza fatta sopra mio fratello il giorno 28 luglio. Il primo tracciato 46, Tav. IV, fu preso alle 8,30 ant. e rappresenta il polso normale nelle due braccia dopo una leggiera colazione.

Non sapendo perchè a sinistra sia meno pronunciato il dicrotismo, per assicurarmi che questa differenza non dipende dai timpani, scrivo alternativamente il polso ora con l'uno ed ora con l'altro timpano ed ottengo sempre la medesima differenza. Faccio dopo agire il freddo. Mentre il braccio sinistro sta immerso nell'acqua ad 11°, il polso ha la forma indicata dal tracciato 46, Tav. IV.

Oltre alla grande piccolezza delle pulsazioni noi vediamo essere divenuta assai palese l'influenza della respirazione. — Anche quando la temperatura è già salita a 18° a sinistra, ed è 34°,3 a destra, le pulsazioni sono ancora sempre piccolissime nella parte raffreddata.

Nell'istante successivo riempio il cilindro di sinistra con acqua a 40°. Il polso si modifica in tutte due le estremità. A sinistra divenne molto più elevato, a destra scomparì il tricrotismo che osservavasi prima. Anche 10 minuti più tardi conservasi ancora sempre lo stesso carattere, e manca a sinistra ogni traccia del dicrotismo, che è pronunciatissimo a destra (tracciato 48, Tav. IV).

Nelle esperienze che vennero esposte fin qui fu relativamente assai breve il tempo in cui si fece agire il



68

freddo od il caldo; riferisco ora una esperienza fatta sopra di me che si protrasse circa due ore e nella quale ottenni un raffreddamento della pelle di gran lunga superiore ai precedenti. Essendomi servito per tali esperienze di un miscuglio refrigerante fatto con ghiaccio e sale applicato alla superficie del cilindro, le indicazioni del termometro non segnano esattamente la temperatura dell'antibraccio, perchè la parte superiore del medesimo che toccava le pareti del cilindro veniva troppo rapidamente raffreddata in confronto dell'acqua ambiente.

Avevo con questo metodo il vantaggio di poter scrivere le modificazioni successive del polso, e di misurare nello stesso mentre anche l'aumento o la diminuzione di volume, che subisce l'antibraccio nelle varie fasi dell'esperienza. Tralascio per ora di prendere in considerazione i cambiamenti di volume determinati col pletismografo per l'azione del freddo sull'antibraccio, perchè intendo di trattare prossimamente con una memoria speciale questo interessante argomento: tanto più che per determinare i valori assoluti di questi mutamenti bisogna calcolare per mezzo di esperienze apposite la correzione dovuta ai cambiamenti di capacità e di volume del cilindro dell'idrosfigmografo, e dell'acqua alle temperature corrispondenti.

Il tracc. 49, Tav. IV rappresenta il polso normale nelle due antibraccia. Alle ore 5,20 pom. viene ricoperto il cilindro con ghiaccio e sale. — Tale operazione si eseguisce senza dare scosse al cilindro: mentre altri sono incaricati di leggere la temperatura, di scrivere le variazioni di volume dell'antibraccio sinistro segnato dal pletismografo, e di sorvegliare gli apparecchi registratori. Non potendo riferire tutta la lunga serie dei tracciati scritti in questa esperienza, riproduco i tracciati 50 e 51, che danno una



immagine del polso, quando il termometro di sinistra segnava 22° e successivamente 17° . Il tracciato 52, Tav. IV, rappresenta il polso delle due antibraccia nel punto in cui la temperatura raggiunse il suo minimo in questa esperienza. Il termometro di sinistra segnava $13^{\circ}, 8$, quello di destra $34^{\circ}, 0$. Come si vede la variazione del polso per abbassamento della temperatura è del tutto locale, e nel lato opposto riscontrasi appena con molta difficoltà una qualche differenza.

Credo presso che inutile di avvertire che questa non era la temperatura reale della pelle la quale doveva essere molto più fredda, per quanto si può giudicare dalla sensazione di dolore che provavo nella parte dell'antibraccio in contatto col vetro. — A questo punto feci levare il miscuglio frigorifico che copriva il cilindro e si cominciò a versare dell'acqua calda sopra il medesimo. Ore 6,10.

Il polso andò successivamente aumentando e prese la forma indicata nel tracciato 53, Tav. IV.

In tutte le osservazioni che stanno in questa parte della Tavola IV il tracciato del braccio sinistro trovasi sotto quello del braccio destro. Alle 6,15 scrivo il tracciato 54: e alle 6,25 il tracciato 55. — La pelle nella parte superiore dell'antibraccio che era in contatto colle pareti del cilindro, e su cui fu tanto energica l'azione del freddo da produrre dolore, mentre prima aveva un color livido, è ora intensamente arrossata. In tutta l'estremità, ma più particolarmente all'apice delle dita provo un leggero formicolio, con sensazione di caldo. Continuasi intanto a versare acqua riscaldata a 40° sul cilindro. — Alle 6,30 scrivo il tracciato 56 in cui si vede che va già diminuendo la paralisi dei vasi, mentre si mantiene quasi costante il polso nell'antibraccio opposto. Alle ore 6,35 prendo il



70

tracciato 57 dal solo lato sinistro. Suspendo quindi l'osservazione per un quarto d'ora, in cui contraggo ripetutamente la mano, stringendo fortemente il pugno e muovendo le dita che erano alquanto indolenzite. Alle 6,50 scrivo un'ultima curva, tracciato 58, da cui risulta che il polso ha ripreso nell'antibraccio sinistro la forma che aveva un'ora prima.

L'influenza che lo stato dei vasi esercita sulla forma del polso risulta troppo evidente perchè sia necessario di trattenersi con ulteriori parole. — Per mettere meglio in luce l'importanza di questo fatto soggiungerò solo che noi vedremo ricomparire la medesima forma semplice e molto elevata del polso tutte le volte che produrremo in qualche modo una paralisi dei vasi. Se invece della temperatura, come abbiamo fatto in questa esperienza, noi ci serviamo della compressione dei vasi o meglio ancora del bendaggio di ESMARCH per ottenere un arresto nella circolazione del sangue, noi vedremo egualmente le pulsazioni dell'antibraccio divenire più elevate e più semplici: come ancora durante le inalazioni pel nitrito di amilo, nella febbre e sempre dove si produce un rilassamento notevole dei vasi. Pare che le piccole arterie non possano resistere come prima all'impeto dell'ondata sanguigna che viene dal cuore: le pareti divenute più cedevoli, si dilatano oltre misura, e non sono più capaci di reagire colla loro elasticità sull'onda che li percorre.

*Influenza della compressione dei vasi
sulla forma del polso.*

Il problema di ricercare le modificazioni che subisce il polso in una parte del corpo, quando alla superficie della medesima vengono compressi i vasi in modo da



mettere un ostacolo graduato ed uniforme alla circolazione del sangue, si presenta qui per la prima volta come un oggetto speciale di studio. — Noi troviamo però già in un lavoro di MAREY intorno alla *pressione e velocità del sangue* (1), un tracciato dal quale risulta, che aumentando successivamente la pressione esterna alla superficie della mano, le pulsazioni della medesima divengono prima più alte, poi si abbassano e finalmente scompaiono del tutto. Ho citato questa osservazione per dare a MAREY il titolo di priorità che gli tocca, benchè in tale serie di esperienze essendo la sua attenzione esclusivamente rivolta alla misura manometrica della pressione nelle arterie dell'uomo (che cercava determinare per mezzo di una contropressione fatta alla superficie della mano), egli non siasi occupato della forma del polso, e non abbia cercato di introdurre nel suo apparato registratore quelle modificazioni che erano più acconcie per ottenere un'immagine fedele delle pulsazioni della mano. Invece di servirmi come MAREY di un manometro metallico e dell'aria compressa, preferii di produrre l'aumento della pressione per mezzo di una colonna d'acqua elevata sul cilindro in cui sta immerso l'antibraccio e che trasmette superiormente le sue oscillazioni ad un timpano registratore. L'idrosfigmografo si presta assai bene per simili studi: basta infatti di applicare un tubo sull'imboccatura *B* e di elevare successivamente in esso il livello dell'acqua, per avere tutte le condizioni necessarie ad una tale esperienza. — Per non deformare le pulsazioni ebbi cura di scegliere un tubo di vetro a pareti sottili che avesse un diametro di poco inferiore a quello dell'imboccatura *A*.

(1) *Travaux du Laboratoire de M. MAREY. Année 1876, pag 318.*



Un pezzo di tubo elastico messogli intorno come un colletto, serviva a fissarlo secondo il metodo BUNSEN. — Per riempirlo esattamente di acqua fino al punto segnato sul tubo bastava di sollevare gradatamente la boccia sull'asta del sostegno *M*, ed affinchè un aumento della pressione non facesse uscire l'acqua dall'idrosfigmografo spingendola sotto il manicotto, vi passavo sopra parecchi giri di un tubo elastico sottile, lasciando in posto questa legatura per essere in condizioni analoghe nelle osservazioni successive.

Ecco una prima esperienza fatta sopra il sig. CAUDANA Agostino il 22 settembre (tracc. 59, Tav. V). Osservando il tracciato normale delle due antibraccia, scorgesi facilmente una differenza nella elevazione del polso che dipende dalla ineguale sensibilità dei due timpani, come potei facilmente convincermene alternando i medesimi. Scritto il primo tracciato, impianto il tubo verticale lungo circa ventidue centimetri e chiuso alla estremità superiore da un tappo elastico attraversato da un tubo di vetro. Sollevo la boccia *E* di compensazione sullo stativo *M* in modo da ottenere una colonna d'acqua alta 20 centimetri sopra il livello primitivo. La camera d'aria, che rimane fra la superficie del liquido e il tappo, è approssimativamente eguale alla camera d'aria che esisteva prima nel collo del cilindro. Assicuratomi che la pressione intorno al gomito basta per impedire l'uscita dell'acqua senza stringere troppo, imbocco il tubo di gomma che comunica col timpano a leva e scrivo il tracciato delle due braccia (tracc. 60, Tav. V). Il rinforzarsi del polso, che già si vedeva distintamente coll'occhio nel tubo verticale e la comparsa del dicrotismo, sono due fatti così spiccati che non può nascere dubbio sul nesso che unisce



questi due fenomeni coll'aumento della pressione esterna alla superficie dei vasi. — Nell'antibraccio sinistro, che serve come termine di confronto, non si produsse alcun mutamento, tranne che è divenuta alquanto più manifesta l'influenza della respirazione.

Nel giorno 13 settembre un'esperienza eguale fatta col medesimo apparecchio e sulla stessa persona mi diede invece un tricrotismo abbastanza spiccato. Il tracciato 61, Tav. V, rappresenta il polso dell'antibraccio destro prima dell'esperienza. Durante la pressione di 20 centim. d'acqua (tracc. 62, Tav. V) le ondulazioni irregolari e molteplici che osservansi nella parte diastolica di ogni singola pulsazione si trasformano in un tricrotismo assai pronunciato, mentre il polso diviene due o tre volte maggiore per l'ostacolo meccanico messo alla circolazione del sangue.

Nello studio dell'influenza, che pressioni più elevate possono esercitare sulla forma del polso, impiegai un tubo di vetro del diametro di circa 20 mm. lungo 1 metro, in cui per mezzo di un'asticella di ferro facevo scorrere un tappo che portava un lungo tubo di gomma. Potevo così modificare a piacimento l'altezza della colonna liquida elevando la boccia *E*, che sta in comunicazione col grande cilindro di vetro: ed una volta raggiunta la pressione desiderata, abbassavo coll'asticella metallica il tappo di gomma fino a limitare una camera d'aria press'a poco sempre eguale. Questo metodo mi recava il vantaggio di graduare la pressione esterna con sufficiente esattezza, risparmiandomi una serie di manualità nelle quali potevansi facilmente alterare le condizioni dell'esperienza.

Scritto ancora una volta il tracciato normale 63, produco un aumento di pressione elevando fino a 50 cen-



timetri la colonna dell'acqua nel tubo verticale, il tricrotismo si trasforma in un dicrotismo dei più spiccati e diviene assai minore l'altezza delle pulsazioni (tr. 64, T. V).

Riconduco immediatamente dopo la pressione a 20 centim. d'acqua e ricompare un tricrotismo anche più spiccato di prima (tracc. 65, Tav. V).

Un fatto non meno interessante è questo che, oltre al numero minore delle oscillazioni eseguite dalle pareti dei vasi, si osserva anche una modificazione nel tempo e nel modo con cui si succedono. Infatti, osservando il tracciato 64 si scorge facilmente che la elevazione del dicrotismo producesi notevolmente più tardi di quanto non succeda prima o dopo, sotto una pressione di 20 centim. Noi vediamo cioè spostarsi sulla linea delle ascisse quelle oscillazioni dei vasi, che, secondo le teorie ora accettate con maggior favore dai medici, sarebbero dipendenti dalle onde che percorrono il sistema delle arterie procedendo dal cuore.

La misura cronometrica di questo spostamento delle elevazioni catacrotiche sopra la linea delle ascisse sembrano una delle ricerche più interessanti sulla natura del polso, e spero di potermi presto accingere ad una tale serie di indagini.

Accennai già nel precedente capitolo come anche nello stato normale succeda facilmente di trovare il dicrotismo assai manifesto in un lato del corpo mentre esso manca nel braccio opposto. Questo fatto, che depone così chiaramente contro l'ipotesi di un'origine centrale del dicrotismo, trova una evidente conferma in quest'ultima esperienza.

Vedendo, che per mezzo di un'azione locale si possono modificare profondamente le note più caratteristiche del



polso, producendo una, due, tre elevazioni catacrotiche in una estremità, senza mutar punto la forma del polso nell'altra omologa, non vorremo certo riporre nel cuore o nell'aorta la causa di queste modificazioni: ma riterremo che il dicrotismo e il tricrotismo sono un fatto locale dipendente dallo stato dei vasi.

La pressione che si produce nell'interno del cilindro, siccome tende a cacciare fuori l'antibraccio con uno sforzo che è tanto più grande, quanto maggiore è l'altezza della colonna liquida, onde impedire uno spostamento dell'estremità ed una perdita dell'acqua, dovetti cambiare in tali esperienze il modo di fissazione del braccio. A tale scopo adoperei lo stesso metodo di cui erasi già servito MAREY nella memoria sopracitata.

Presi un manicotto molto sottile di gomma elastica e legatolo all'imboccatura del cilindro, lo invaginati nell'interno del medesimo, per modo che l'aumento stesso della pressione lo facesse combaciare sempre più fortemente alla superficie dell'antibraccio. Per impedire che la parte rimasta libera fra il braccio ed il bordo del cilindro si distendesse soverchiamente, e facendo ernia sotto di una forte pressione potesse creparsi, la ricoprii con molti giri di una fascia di tela assai resistente.

Ripiegato quindi ad angolo retto l'avanbraccio rendevo l'apparecchio inamovibile per mezzo di una grondaia di legno imbottita, che prendendo punto d'appoggio dietro il gomito veniva legata solidamente al cilindro. In questo modo producevasi una contropressione alla parte posteriore del braccio in corrispondenza del gomito che controbilanciava qualsiasi pressione dell'acqua nell'interno del cilindro.

Aumentando successivamente la pressione alla super-



76

ficie dell'antibraccio in modo da ottenere una serie di tracciati fra 0 ed 1 metro di acqua, constatati il fatto già osservato da MAREY, che il polso nel principio cresce di altezza e che raggiunto un certo limite diminuisce successivamente fino a scomparire del tutto. Sarebbe assai difficile il voler stabilire un rapporto per mezzo di cifre, perchè nelle varie persone si osservano delle differenze notevolissime, secondo che è maggiore o minore l'energia delle contrazioni cardiache e della pressione sanguigna. Infatti, mentre noi vediamo per esempio che una pressione di 50 centim. bastava già nel sig. CAUDANA per trasformare il tricrotismo in dicrotismo e ritardare l'elevazione dicrotica del polso: pel sig. ROTH, che è assai più robusto, ci volle una pressione di molto maggiore.

Il signor ROTH presentava nello stato normale il polso indicato dal tracciato 66. Sotto una pressione di 70 centimetri d'acqua diede il tracciato 67. A 1 metro di pressione ottengo il tracciato 68. Mentre in tali condizioni il polso del signor CAUDANA nell'esperienza precedente era scomparso quasi completamente, noi vediamo in questo caso che esso conserva ancora un'altezza considerevole, perchè nel signor ROTH è maggiore la pressione sanguigna. Anche a m. 1,50 il polso non è ancora scomparso del tutto, come lo si vede nel tracciato 69, dove rimane appena una traccia delle pulsazioni. Solo a m. 1,60 la pressione esterna dell'acqua fa equilibrio all'interna del sangue ed impedisce la produzione del polso nell'antibraccio.

Nel signor GARZENA, dopo un'abbondante colazione fatta bevendo vino di Marsala, il polso solleva colla più grande facilità una colonna d'acqua di 80 centim., scrivendo le pulsazioni più elevate che io abbia mai ottenuto in tutte le mie esperienze (tracc. 71., Tav. V). Il polso scritto im-



mediatamente prima e dopo la compressione è rappresentato dai tracciati 70 e 72.

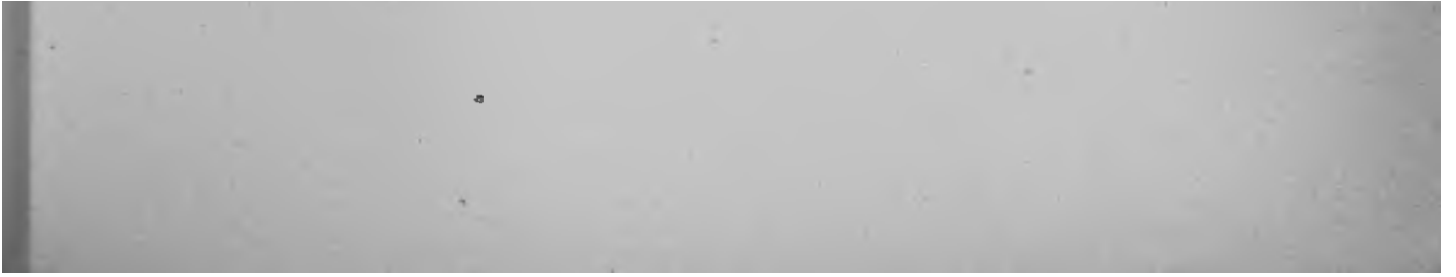
Per eliminare il dubbio che le trasformazioni osservate nel polso dipendano da oscillazioni della membrana elastica, che chiude il cilindro presso il gomito, abbandonai l'uso del manicotto elastico e mi servii come mezzo contentivo di un mastice fatto con gesso, biacca ed olio, come quello che adoperano i vetrai. Riempito con esso il vano che rimane presso il gomito fra la pelle e l'imboccatura del cilindro, vi passavo sopra parecchi giri con una fascia di tela per rendere più solida la chiusura dell'apparecchio. Il tracciato precedente del sig. GARZENA fu scritto con questo metodo.

L'aderenza di questo mastice alla pelle e la sua consistenza non essendo tali da impedire l'uscita dell'acqua, quando sotto una forte pressione spostavasi leggermente l'antibraccio, ricoprii in altre esperienze il manicotto elastico con un grosso strato di creta da scultore per evitare le oscillazioni della membrana.

E sempre anche in queste circostanze non variò l'aspetto dei tracciati: per cui si può conchiudere, che il dicrotismo e il policrotismo osservati nel polso, sono fenomeni che hanno loro sede nei vasi, e che le variazioni studiate precedentemente non dipendono dalle oscillazioni elastiche dell'apparecchio.

Quanto al modo con cui si producono i mutamenti del polso sotto un aumento successivo della pressione, non è difficile di accennarne fin d'ora le cause, benchè io ritenga che tale argomento sia degno di ulteriori ricerche.

Quando la colonna liquida non è troppo elevata, il polso cresce di ampiezza, perchè la pressione esterna aumenta le resistenze nei capillari e mette un ostacolo al movi-



78

mento del sangue nelle piccole arterie. L'impeto con cui l'ondata sanguigna arriva nelle arterie trasformasi, per così dire, tutto in una pulsazione delle medesime, mentre prima una parte notevole di forza consumavasi a far circolare la massa del sangue sormontando la resistenza che opponevano i piccoli vasi.

Siccome però è minimo l'aumento della pressione esterna che basta per mettere ostacolo alla circolazione del sangue nei capillari, così ne avverrà che, oltrepassato un certo limite, ogni aumento successivo della pressione renderà più difficili le oscillazioni elastiche dei vasi, e diventando successivamente maggiore la resistenza che incontrano le pulsazioni, si raggiungerà presto un altro limite nel quale il sangue non potrà penetrare nei vasi dell'antibraccio, perchè la pressione esterna controbilancia quella del sangue.

(*Continua*).

