

74. Gian Luigi GATTI. — **Studio delle modificazioni indotte sullo sfigmogramma centrale e periferico del cane da chiusure meccaniche dei vasi.**

Riassunto. — Particolare attenzione è stata prestata nell'analisi del tracciato sfigmico, ad un gruppo di accidenti del tratto diastolico, che, sotto azione di farmaci o di particolari condizioni morbose muta di forma e di posizione.

Fra le teorie che sono state proposte quella più largamente seguita interpreta queste oscillazioni come la manifestazione grafica di un'onda o la somma di una serie di onde di riflessione.

Un decisivo contributo a favore di questo punto di vista è stato recentemente portato da Müller con i suoi esperimenti sul cane. Nel presente lavoro sono stati presi in esame gli esperimenti di questo e di tutti gli autori che, seguendo la tecnica delle chiusure temporanee dei vasi, si erano occupati dell'argomento.

Esperimenti condotti su trenta cani hanno dimostrato che:

1) per chiusure effettuate a distanze superiori ai 25-30 centimetri, l'accidente che nello sfigmogramma segue l'onda C o onda dicrota e precede le ondulazioni presistoliche, varia di forma al variare della distanza alla quale viene effettuata la chiusura;

2) per chiusure effettuate a distanze inferiori ai 25-30 centimetri dalla capsula registratrice, l'onda C1 scompare sul tratto diastolico e a volte viene sostituita da una concavità, mentre appaiono variazioni di forma a carico del tratto sistolico;

3) vi è un rapporto costante tra velocità di trasmissione dell'onda sfigmica, distanza alla quale vengono effettuate le chiusure, scomparsa o modifica dell'onda C e comparsa di accidenti a forma di rilievo sullo sfigmogramma.

Da tutto quanto detto sopra si ritiene di poter concludere che l'onda C1 è effettivamente un'onda di riflessione e la sua forma e posizione sullo sfigmogramma è determinata dalle particolari condizioni del letto circolatorio alla periferia.

Résumé. — Au cours de l'analyse du tracé du sphygmogramme artériel, l'ensemble des dénivellations qui peuvent être enregistrées sur le tracé diastolique ont été l'objet d'une étude particulièrement attentive, en raison des modifications importantes que leur aspect et leur position peut revêtir dans différents états pathologiques.

Parmi les interprétations qui ont été proposées, l'on a particulièrement retenu l'hypothèse qui considère ces oscillations comme le résultat d'une ou de plusieurs ondes de réflexion.

Les expériences portant sur les modifications du sphygmogramme consécutives à l'occlusion temporaire des troncs artériels, se sont montrées susceptibles d'apporter de nouveaux éléments de discussion, et c'est la raison pour laquelle l'auteur, à la suite en particulier des observations fondamentales de Müller, a été conduit à en reprendre systématiquement l'étude.

Les observations portant sur 30 chiens ont mis en évidence les faits suivants :

1) dans les essais où l'occlusion est réalisée à une distance supérieure à 25-30 cm du point d'enregistrement du sphygmogramme, la dénivellation qui suit l'onde C et précède les ondulations présystoliques — C1 ou onde dicrote — présente une modification de sa forme dont l'aspect varie selon la distance;

2) dans les essais où l'occlusion est réalisée à une distance inférieure à 25-30 cm du point d'enregistrement du sphygmogramme, l'onde C1 disparaît du tracé diastolique, ou elle fait parfois place à une concavité tandis qu'apparaissent des modifications de la forme du tracé systolique;

3) la disparition ou l'altération de l'onde C1, et la formation d'altérations qui se superposent au tracé diastolique du sphygmogramme dépendent à la fois de la distance qui sépare les points d'enregistrement et d'occlusion et de la vitesse de transmission de l'onde sphygmique.

D'une manière générale, les expériences permettent de conclure que l'onde C1 représente effectivement une onde de réflexion; dont la forme et la position dépendent des conditions particulières des résistances périphériques.

Summary. — During the analysis of the arterial sphygmogram tracing, the spikes that can be observed on the diastolic tracing have been the object of a particularly careful study because of the considerable changes appearing in their aspect and position under various pathologic conditions.

Among the proposed interpretations stress has been laid on the possibility of these oscillations being the result of one or many reflection waves.

Tests concerning the sphygmogram modifications, following the

temporary occlusion of the artery, made it possible to consider other elements. Hence, a new systematic study (by the Author) based on Müller's fundamental observations.

Tests on 30 dogs yielded the following evidence:

1) where the occlusion was effected at more than 25-30 cm distance from the sphygmogram registration point, the declivity following the C wave and preceding the presystolic ondulation — C1 or dikrotic wave — shows a change of its form which again changes according to distance;

2) where the occlusion was effected at less than 25-30 cm distance from the sphygmogram registration point, the C1 wave disappeared altogether from the diastolic tracing, sometimes giving place to a depression, while some typical changes of the systolic tracing form set in;

3) disappearance or alteration of the C1 wave and formation of alterations superimposed on the sphygmogram diastolic tracing depend on the distance between registration and occlusion points and on the transmission speed of sphygmie wave.

The conclusion would seem to be warranted that C1 wave effectively represents a reflection wave and its shape and position depend on the particular conditions of the peripheral resistances.

Zusammenfassung. — In der ateriensphygmographischen Kurvenanalyse sind die diastolische Wellen ins besondere untersucht gewesen, für die Bedeutung dass ihre Form und Stellung verschiedene pathologische Zustände gezeigt hat.

Unter den vorgeschlagenen Auffassungen wurde insbesondere die Hypothese, dass diese Schwankungen für eine oder verschiedene Rückstoffwellen darstellen, gehalten.

Die Versuchen in denen die Sphygmogrammänderungen die die zeitweilige Schlüsse des Arterinstammes folgen, studiert werden waren, können neue Diskussionelemente bringen. Auf diesen Grund und ins besondere die Hauptbeobachtungen von Müller folgend, hat der Author dieses Studium systematisch fortgeführt.

Die Experimente wurden auf 30 Hunden geführt:

1) In den Versuchen, wo der Schluss ferner als 25-30 cm von der Sphygmogrammregistrierungstell getan wurde, die Ungleichheit die die C Welle folgt und der C 1 presystolischen Ondulationen oder dikrotische Welle vorangeht, hat eine Veränderung die, der Entfernung gemäss, korrespondiert.

2) In den Versuchen, wo der Schluss näher als 25-30 cm von der Sphygmogrammregistrierungstell getan wurde, verschwindet die C 1 Welle von den diastolischen Kurven, wo sie zuweilen eine Depression bewirkt, und erscheinen einige charakterische Änderungen der systolischen Kurvenform.

3) Die C 1 Welle Verschwindung oder die Veränderung und die Bildung der Änderugnen die sich an den Sphygmogramm diastolischen Wellen darüberlegen, sind von der Entfernung zwischen die Registrierung und Schlusstell und von der Transmissiongeschwindigkeit der sphygmischen Wellen streng abhängig.

Aus den Experimenten kann man zuschliessen, dass die C 1 Welle wirklich eine Reflektionwelle darstellt.

L'esame dello sfigmogramma arterioso ha dato luogo, a cominciare dai primi tracciati raccolti da MAREY ⁽¹⁾ nel 1863 e dai successivi di FRANK ⁽²⁾ e i suoi allievi WEZLER ⁽³⁾ e JUNGSMANN ⁽⁴⁾ a diverse interpretazioni sul significato della sua forma.

Recentemente, dal punto di vista clinico DONZELOT ⁽⁵⁾ in Francia, JOHNSON ⁽⁶⁾ in Gran Bretagna, DUCHOSAL ⁽⁷⁾ e MORET ⁽⁸⁾ in Svizzera hanno studiato il comportamento del polso arterioso nelle varie affezioni cardiovascolari, mentre interessanti studi sperimentali venivano compiuti da WIGGERS ⁽⁹⁾ negli Stati Uniti e da MÜLLER ⁽¹⁰⁾ e la sua scuola in Svizzera.

Negli ultimi anni nuove indagini sono state rese possibili dal perfezionamento degli apparecchi di registrazione, che hanno consentito di effettuare più precisi confronti fra dati sperimentali e clinici, argomento delle ricerche di HAMILTON ⁽¹¹⁾, REMINGTON ⁽¹²⁾ e ALEXANDER ⁽¹³⁾ negli Stati Uniti.

La messa a punto di alcuni accorgimenti tecnici che ci avevano consentito di studiare l'effetto vasomotorio di alcuni farmaci nell'uomo ⁽¹⁴⁾ ci ha indotto a iniziare delle ricerche sfigmografiche sull'animale da laboratorio allo scopo di individuare il ruolo che giocano le resistenze periferiche sulla forma dello sfigmogramma. La relazione che segue, pertanto, rappresenta una parte fisiologica introduttiva a più vaste ricerche sull'azione dei farmaci vasoattivi e alla interpretazione di quelle modifiche sfigmografiche che vengono registrate durante la loro azione nell'organismo umano.

ANALISI DELLO SFIGMOGRAMMA CENTRALE.

Mancando una particolareggiata descrizione dello sfigmogramma del cane nella letteratura ed essendosi MÜLLER ⁽¹⁰⁾, l'autore che ha più a lungo approfondito l'argomento, limitato a distinguere dei tratti anziché degli accidenti nel tracciato dell'onda sfigmica (Vorwellen, Hauptwelle, Nachwelle e Zwischenstück), abbiamo ritenuto opportuno adoperare per lo sfigmogramma del cane la stessa terminologia che è stata proposta per quello umano avendo notato come i due sfigmogrammi fossero sovrapponibili.

In linea del tutto generale possiamo riconoscere nello sfigmogramma centrale due punti facilmente identificabili: 1) l'inizio della fase ascendente che rappresenta il momento espulsivo del cuore e che coincide negli sfigmogrammi raccolti sull'aorta ascendente al primo tono del cuore; 2) l'incisura che segna la fine della contrazione sistolica e corrisponde, sempre nell'aorta ascendente, al secondo tono.

Questi punti ci consentono di riconoscere nello sfigmogramma due parti, la prima corrispondente alla contrazione sistolica che va dall'inizio della fase ascendente all'incisura, la seconda dall'incisura all'inizio della fase ascensionale dell'onda successiva e corrispondente alla diastole.

Ad un oggettivo esame e al di fuori di tutti i tentativi di interpretazione, possiamo tuttavia osservare alcuni accidenti che compaiono sia sul tratto sistolico che sul tratto diastolico dello sfigmogramma. Non tutti gli autori sono d'accordo sulla nomenclatura, preferendo alcuni dare un nome ai singoli accidenti [BRANWELL ⁽¹⁵⁾] e altri denominarli colle lettere dell'alfabeto [DONZELOT ⁽⁵⁾], ma al di fuori di queste divergenze vi è un accordo di massima nell'identificare i punti di repere dello sfigmogramma. Vi si può distinguere: 1) una o due onde che precedono la grande salita sistolica; 2) un rapido innalzamento della curva (*anacrotic slope* di Branwell) interrotto a volte da una piccola incisura (*anacrotic depression*); 3) un primo picco (*percussion wave* o picco B di Donzelot); 4) un secondo picco (*tidal wave* o picco B1) a cui fa seguito la fase discendente del tracciato; 5) una incisura seguita a volte da due piccole ondulazioni (*water hammer effect*); 6) un rilievo arrotondato (*dicrotic wave* o onda C); 7) una grande discesa interrotta da rilievi (C1) che si identificano con le onde di riflessione (*reflected waves*).

ANALISI DELLO SFIGMOGRAMMA PERIFERICO.

Le modificazioni del tracciato sfigmico che si riscontrano alla periferia hanno dimostrato che il polso periferico altro non è che il polso

centrale modificato dalle proprietà fisiche del sistema vasale, dalla somministrazione dell'onda stazionaria (*standing wave*) al polso centrale e dagli accidenti provocati dalle « onde di riflessione ». Infatti confrontando il polso centrale col polso periferico è possibile notare che: 1) la fase ascendente è generalmente lineare e priva di accidenti; 2) l'incisura viene sostituita da una larga depressione concava; 3) l'onda dicrota appare arrotondata e priva di quelle piccole oscillazioni che a volte si notano nel polso centrale dopo l'incisura; 4) sovente appaiono delle vibrazioni secondarie sulla discesa diastolica.

Per quanto concerne « le proprietà fisiche del sistema » di cui si è detto sopra, tutti gli autori sono d'accordo nel limitare queste influenze ad una forma più sinusoidale del tracciato di quanto non sia quello del polso centrale e pertanto restano come dominanti per le modifiche registrate i concetti della onda stazionaria (*standing wave*) e delle « onde di riflessione »

Va per altro notato che in ultima analisi anche « l'onda stazionaria » può, grosso modo, considerarsi come la estensione del concetto delle onde di riflessione, infatti essa si formerebbe secondo HAMILTON ⁽¹¹⁾ che ne è stato il primo assertore, per una generale oscillazione della colonna sanguigna tra le valvole semilunari aortiche e la biforcazione delle iliache, o lo sfioccamento della femorale al ginocchio, e ondeggierebbe attorno ad un « nodo » posto, secondo Hamilton a livello del diaframma e secondo ALEXANDER ⁽¹³⁾ a livello delle biforcazioni renali.

Come si vede il problema delle modifiche della forma del tracciato sfigmico si accentra soprattutto attorno allo studio delle onde di riflessione.

ONDE DI RIFLESSIONE.

WIGGERS ⁽¹⁶⁾ registrando sfigmogrammi a varie altezze sull'albero circolatorio e sotto azione di alcuni farmaci aveva visto comparire sul tracciato delle modificazioni che apparivano legate al livello al quale erano state fatte le registrazioni e ha chiamato per primo questi accidenti « onde di riflessione » (*reflected waves*). FRANK e WEZLER ⁽¹⁷⁾ hanno trovato che operando chiusure sull'albero circolatorio si provocava l'aumento del picco sistolico e hanno interpretato questo aumento come effetto del sommarsi delle onde di riflessione.

Di fronte a queste « prove dirette » stanno poi le « prove indirette » di DOWN ⁽¹⁸⁾ che ha dimostrato la mancanza di onde di riflessione alla periferia in caso di stenosi aortica con scarsa gittata sistolica e quelle

di HAMILTON ⁽¹⁹⁾ e di ALEXANDER ⁽²⁰⁾ che, impiegando vasodilatatori hanno constatato l'apparire di un « polso centrale », privo di accidenti diversi da quelli del polso carotideo, alla periferia.

Ma una prova decisiva dell'influenza delle onde di riflessione doveva essere data da MÜLLER ⁽¹⁰⁾ colla dimostrazione di un rapporto costante tra chiusure e comparsa delle onde di riflessione. Le sue ricerche erano per altro condotte attraverso un metodo cruento da lui studiato per cui il vaso veniva leso nei vari punti dove si effettuavano le registrazioni, lasciando sussistere la possibilità di un intervento del fattore traumatizzante nel corso dell'esperimento.

Ci è sembrato pertanto utile riprendere in modo sistematico le esperienze di MÜLLER ⁽¹⁰⁾ e di tutti gli altri autori, che si erano occupati deliberatamente o incidentalmente del problema delle onde di riflessione e in generale dell'effetto delle chiusure temporanee dei vasi, allo scopo di vedere se fosse possibile conciliare dati ottenuti in tempi e con metodi diversi e individuare le modalità e le eventuali leggi colle quali i fenomeni descritti si verificavano.

A questo scopo ci è sembrato particolarmente utile e interessante introdurre nella sperimentazione di laboratorio un sistema di registrazione da noi precedentemente descritto ⁽²¹⁾ e impiegato in clinica per lo studio dello sfigmogramma umano ⁽²²⁾.

MATERIALI E METODI.

Riprendendo i concetti di Müller abbiamo scelto l'aorta come l'arteria che, data la sua lunghezza e la direzione pressoché rettilinea del percorso, meglio si presta agli esperimenti di chiusura e di registrazione sfigmografica. Il cane, data la sua mole e la facilità con la quale è possibile effettuare i rilievi, è stato scelto come soggetto di studio.

Sono stati impiegati cani sia maschi che femmine di peso volutamente variabile dai 7 kg ai 30, in narcosi cloralosica, al fine di evitare interferenze possibili dovute alle variazioni di circolo provocate dai barbiturici come hanno messo in rilievo BOVET, CARPI e VIRNO ⁽²³⁾ nelle loro ricerche sulla emodinamica cerebrale.

L'apparecchio da noi usato per la registrazione degli sfigmogrammi è uno sfigmografo da noi già precedentemente descritto ⁽²¹⁾ e basato sul principio dei cristalli piezoelettrici. L'innovazione essenziale consiste nella sostituzione di un contatto rigido tra cristallo e cute con una membrana elastica sotto pressione, ciò che si è ottenuto impiegando due capsule di Marey messe in comunicazione tra loro da un tubo di materia

plastica dentro il quale si stabilisce una pressione misurabile con un manometro a mercurio. Una delle capsule (capsula esplorante) viene appoggiata sull'arteria mentre la seconda, che riceve le oscillazioni raccolte dalla prima poggia su un pulsante di materia plastica fissato alla lamina metallica del cristallo piezoelettrico. In parallelo a questa è a

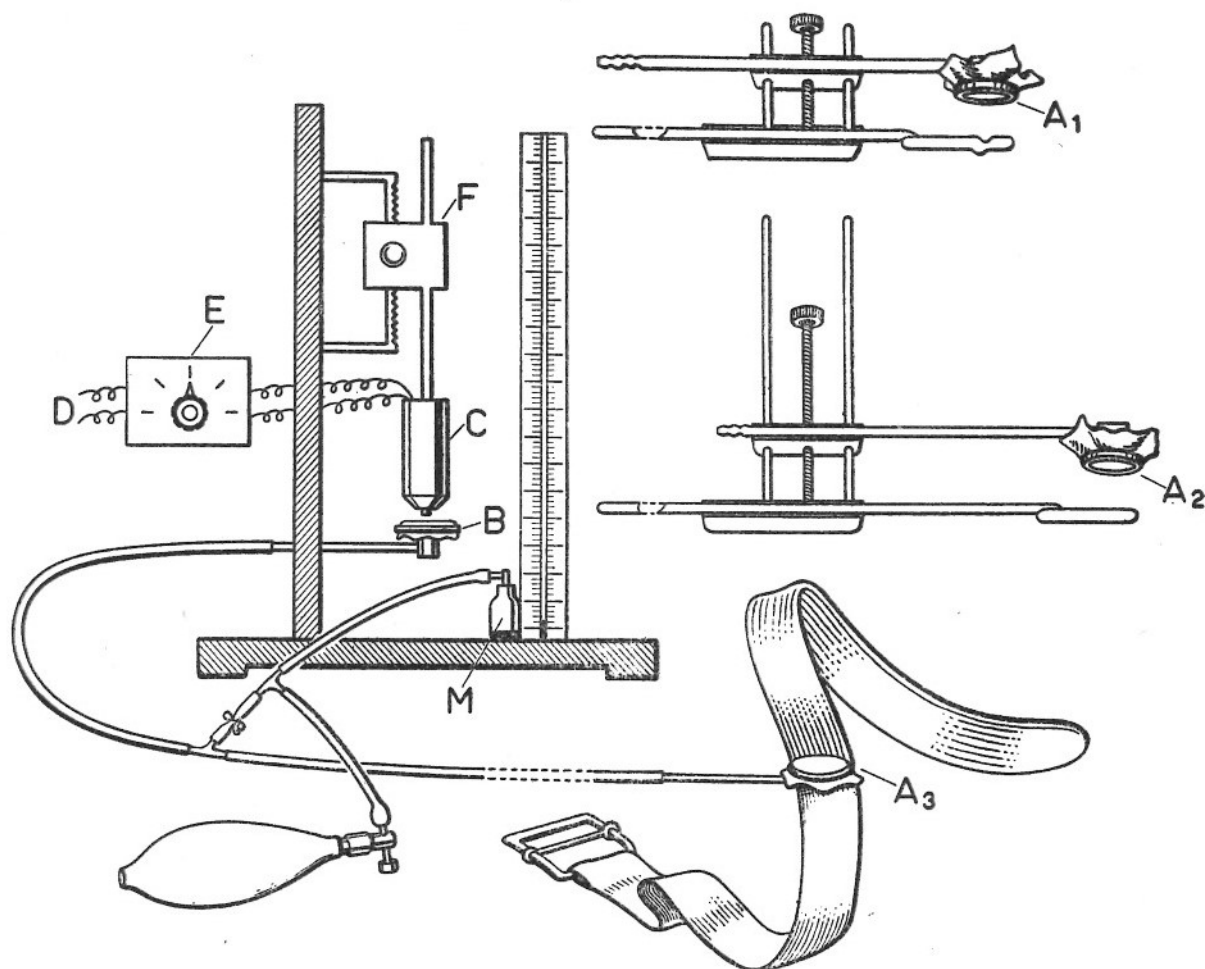


Fig. 1. - Sfigmografo a quarzi piezoelettrici e a pressione controllata. A 1, A 2, capsule esploranti montate sugli appositi sostegni per la sperimentazione sull'animale; A 3, capsula esplorante per ricerche cliniche; B, capsula di Marey che raccoglie le vibrazioni della capsula esplorante; C, cristallo piezoelettrico; E, capacità; D, attacco all'elettrocardiografo; F, vite micrometrica per stabilire il contatto tra capsula e cristallo; M, manometro a mercurio per il controllo della pressione nel sistema.

un elettrocardiografo a due penne a scrittura diretta viene fissata una capacità in rapporto colla resistenza di ingresso dell'amplificatore.

Le capsule esploranti sono state montate su appositi supporti costruiti a somiglianza di grosse pinze regolabili con una vite micrometrica che hanno consentito di adattare lo strumento alle varie arterie che erano oggetto di studio (vedi fig. 1).

La pressione introdotta nel sistema è stata di 60 mm di Hg. e cor-

risponde a quella che, secondo SAHLI (²⁴), è necessario sia esercitata sulla parete arteriosa per percepire palpatoriamente il polso.

Tutti gli interventi sull'addome sono stati fatti per via extraperitoneale, al fine di evitare, per la caduta di pressione, variazioni dello sfigmogramma dell'aorta addominale. La registrazione dell'aorta tora-

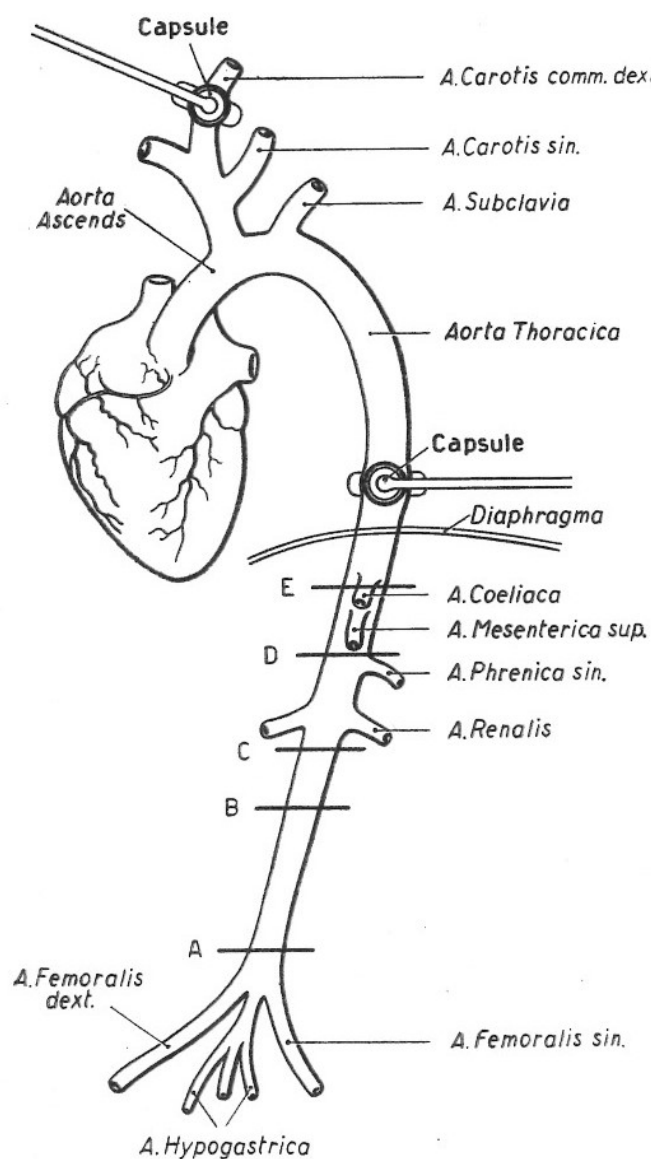


Fig. 2. - Schema della circolazione aortica. Sono riprodotte le capsule esploranti fissate nei punti di registrazione e i livelli A, B, C, D, E, ai quali sono state effettuate le chiusure.

cica, sia ascendente che discendente è stata effettuata introducendo le capsule nello spazio intercostale previa applicazione della respirazione artificiale all'animale.

Le chiusure, effettuate sia con pinze di Pean che con la pressione digitale, sono state fatte a varie altezze, dalla carotide alle femorali. La fig. 2 illustra schematicamente la posizione delle capsule registratrici a vari livelli (A, B, C, D, E) ai quali sono state effettuate le chiusure.

I valori della velocità di trasmissione dell'onda sfigmica sono stati

ottenuti registrando contemporaneamente lo sfigmogramma alla aorta ascendente e gli sfigmogrammi ai vari livelli.

Controlli sono stati eseguiti con metodo cruento registrando gli sfigmogrammi mediante un catetere introdotto nella carotide e spinto a varie altezze nell'albero circolatorio. Il catetere era collegato con un elettromanometro Statham, un trasduttore capace di tramutare le variazioni di pressione in variazioni di resistenza, costituente l'elemento variabile di un ponte di Wheatstone.

Sia il nostro sfigmografo che l'elettromanometro erano collegati ad un elettrocardiografo Galileo a due penne scriventi a inchiostro.

RISULTATI

A) *Lo sfigmogramma normale del cane.*

Mancando una particolareggiata descrizione dello sfigmogramma del cane sono stati studiati in condizione normale, i tracciati sfigmici raccolti ai diversi livelli del letto arterioso nell'intento di confrontare i tracciati del cane con quelli dell'uomo e si è stabilita la validità dei tracciati raccolti con la tecnica della registrazione applicata all'esterno dei vasi e la loro corrispondenza con i tracciati ottenuti con la tecnica manometrica che comporta l'introduzione di un catetere nell'arteria.

I tracciati sono stati raccolti sui trenta cani in vari punti e costantemente sulla carotide a cinque centimetri dall'inserzione sternoclavicolare, sull'aorta ascendente a uno, due centimetri dalla biforcazione dell'arteria brachio-cefalica, alla aorta discendente, a tre centimetri dal diaframma, all'aorta addominale in un punto intermedio tra la biforcazione delle renali e quella delle iliache, alla femorale all'uscita del canale inguinale, alla brachiale a cinque centimetri dalla fossa sotto-ascellare e alla pedidia della zampa posteriore.

In molti animali sono stati inoltre simultaneamente registrati a livello della femorale lo sfigmogramma col nostro apparecchio e quello ottenuto con l'elettromanometro sia allo stesso punto che in punti simmetrici sulle due femorali.

In accordo con i risultati pubblicati da MÜLLER ⁽¹⁰⁾ possiamo concludere in linea generale che si ritrovano nel tracciato sfigmografico del cane, le stesse forme e gli stessi accidenti notati nel tracciato dell'uomo.

Esistono però, fra un animale e l'altro differenze individuali che sono state riprodotte nella fig. 3. I quattro tracciati scelti nella serie dei

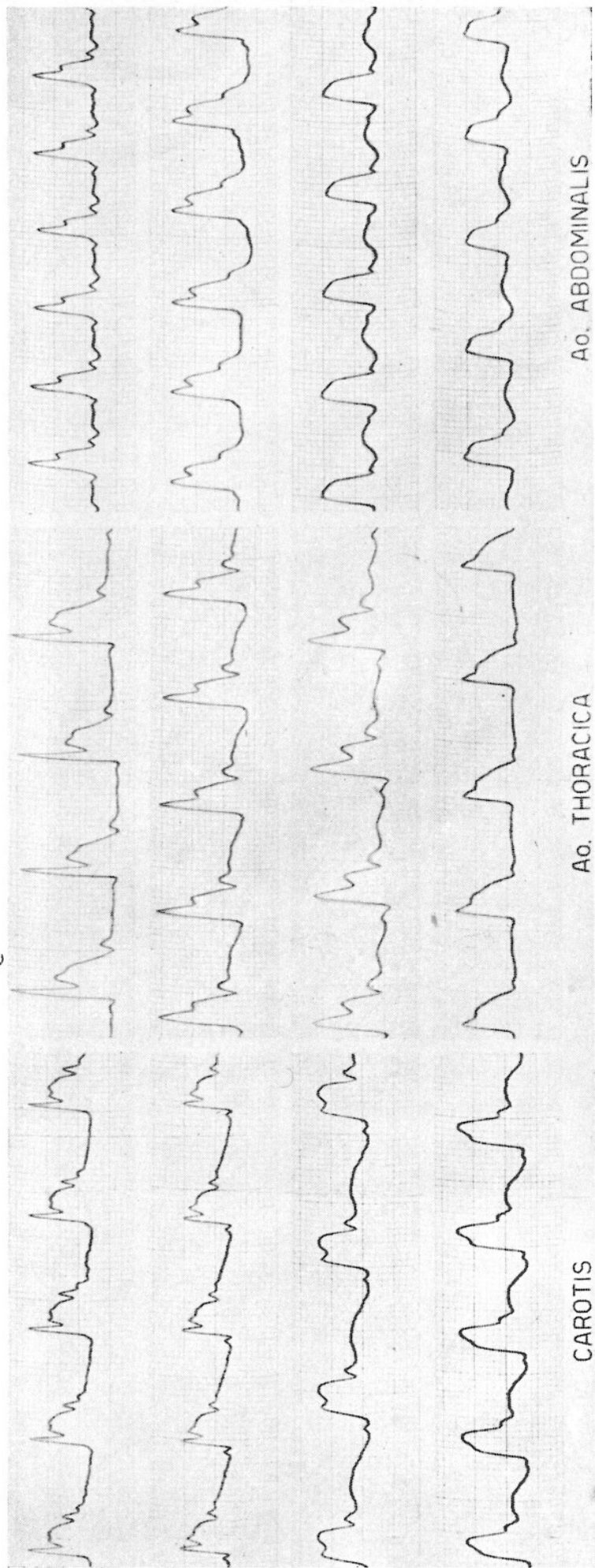


Fig. 3. - Quattro tipi caratteristici di sfigmogrammi del cane. I primi appartengono a cani giovani, gli ultimi a cani piuttosto vecchi e nel caso del quarto ad un animale in cui, al tavolo anatomico, sono state riscontrate lesioni delle valvole aortiche a carattere stenotico.

trenta cani esaminati corrispondono ai quattro tipi che più sovente sono stati riscontrati.

I primi due gruppi sono stati ottenuti in cani particolarmente giovani e vigorosi e possono essere considerati normali anche per la loro somiglianza con il tracciato sfigmografico dell'uomo. Gli ultimi due corrispondono a sfigmogrammi di animali più vecchi e nel caso dell'ultimo di questi ad un animale che al tavolo anatomico ha mostrato disfunzioni aortiche a carattere stenotico.

Fatte queste premesse possiamo notare come in tutti e quattro i gruppi appaiono delle caratteristiche legate al livello di registrazione dello sfigmogramma.

Il tracciato carotideo presenta un picco B ben accentuato nei due primi gruppi, meno nel terzo e addirittura spostato sul tratto anacrotico nel quarto. Il *plateau* sistolico è sempre piuttosto pianeggiante e il picco B 1 ben individuabile. L'incisura è piuttosto alta e il tratto dicrotico scende gradatamente verso l'inizio dell'onda successiva.

Il tracciato toracico presenta il tratto sistolico più piramidiforme. Anche nel caso di animali del quarto gruppo è evidente la trasformazione che, in questo caso, è anche più accentuata mutandosi il picco B da incidente anacrotico in sommità dell'onda. L'incisura si abbassa e l'onda C (onda dicrota) acquista una forma più arrotondata mentre il tratto sistolico si appiattisce sulla linea isoelettrica.

Il tracciato addominale accentua ancora maggiormente l'aspetto piramidiforme del tratto sistolico mentre l'incisura tende a rialzarsi sulla linea isoelettrica.

Sulla base di queste osservazioni si è potuto procedere alla chiusura meccanica temporanea dei vasi e alla registrazione dello sfigmogramma sia della carotide che della toracica discendente notando le modificazioni di forma che di volta in volta apparivano.

B) *Effetto delle chiusure momentanee delle arterie sulla forma dello sfigmogramma.*

Nel corso delle esperienze di registrazione dello sfigmogramma del cane siamo stati colpiti dall'importanza delle modifiche che possono seguire la somministrazione endovenosa di farmaci vasodilatatori e vaso-costrittori e anche dai cambiamenti notevoli nella forma che si osservano ad ogni variare delle condizioni suscettibili di modificare il tono vasomotorio: diminuzione o aumento della temperatura del corpo, shock traumatico, tipo della narcosi e anche la semplice laparatomia.

Volendo indagare sulla sensibilità della reazione, appare già molto chiaramente come la semplice occlusione temporanea di una delle arterie renali — che interessa al massimo il 12% del flusso totale — sia suscettibile di produrre caratteristiche alterazioni del tracciato raccolto alla carotide. Questa constatazione ci ha indotti a considerare in modo sistematico l'effetto di chiusure vasali realizzate a diversa distanza dal punto di registrazione.

A questo scopo pertanto, fissate due capsule esploratrici, una sulla carotide e l'altra sull'aorta toracica discendente si sono effettuate chiusure ai vari livelli, come appare dalla fig. 2.

La riproduzione degli sfigmogrammi ottenuti in un'esperienza assai significativa riassume compiutamente i dati ottenuti.

Dall'esame della fig. 4 si osserva:

1) *sulla carotide:*

A) effettuando la chiusura alle iliache cioè a 43 cm (livello A della fig. 2) un generale rialzo del tratto diastolico e un appiattirsi dell'onda C 1 senza che il tratto sistolico muti forma;

B) effettuando l'occlusione a 37 cm (livello B), si nota il solito rialzo del tratto diastolico sulla linea isoelettrica, il persistere immutato del tratto sistolico e un appiattimento ancora maggiore dell'onda C 1.

C) effettuando la chiusura a 32 cm (livello C), solito rialzo del tratto diastolico, tratto sistolico immutato, e l'onda C più accentuata, mentre non si ritrova sul tracciato l'onda C 1;

D) effettuando la occlusione a 27 cm (livello D) lo sfigmogramma cambia notevolmente di aspetto, in questo caso, oltre al generico rialzo del tratto diastolico anche il tratto sistolico appare mutato in quanto il picco B 1, equipara il picco B in altezza. Nel tratto diastolico il posto occupato dall'onda C 1 viene sostituito da una concavità;

E) effettuando una chiusura a cm 24 (livello E) le modifiche riscontrate appaiono anche più evidenti: il picco B 1 supera in altezza il picco B e tutto il tratto diastolico appare rialzato sulla linea isoelettrica.

2) *sulla aorta toracica discendente:*

A) effettuando la chiusura a cm 28 (livello A) si hanno modificazioni soprattutto a carico del tratto sistolico come si è notato, per una corrispondente distanza tra capsula e chiusura, sulla carotide (livello D) con un picco B 1 che tende a raggiungere l'altezza del picco B;

B) effettuando la chiusura a cm 22 (livello B) le modifiche a carico del tratto sistolico si accentuano e B 1 raggiunge il livello del picco B. Gli effetti ben corrispondono a quelli registrati sulla carotide per una eguale distanza (livello E);

C) effettuando una chiusura a cm 17 (livello C) persiste il mutamento del tratto sistolico che tende a stabilire una specie di plateau (lo sfigmogramma risente della registrazione effettuata in un momento in cui la pressione differenziale era piuttosto forte);

D) effettuando la chiusura a 12 cm (livello D) il tratto sistolico appare notevolmente modificato e il picco B 1 supera in altezza il picco B tanto che questo appare come una leggera incisura sul tratto anacrotico. Lo sfigmogramma risente naturalmente in toto della vicinanza della chiusura alla capsula registratrice;

E) effettuando una chiusura a cm 9 (livello E) si nota il prevalere del picco B che si allarga alla sua base e raggiunge un livello superiore al normale mentre il picco B 1 appare come una piccola incisura sul tratto catacroto del tracciato. Anche in questo caso la vicinanza della occlusione alla capsula mette in evidenza una curva sfigmica alterata in toto.

Le registrazioni alla aorta toracica discendente come si è notato risentono della vicinanza delle occlusioni alla capsula e pertanto le difficoltà aumentano nel valutare le modificazioni, per altro in linea generale è chiaramente visibile come le alterazioni di forma prevalgano nel tratto sistolico e coincidano con quelle riscontrate sulla carotide per uguali distanze.

DISCUSSIONE

Dai tracciati riprodotti e descritti appare evidente che, mentre da un lato vi sono dei punti fissi che non mutano al variare della distanza alla quale viene effettuata l'occlusione (l'inizio della ascesa sistolica e l'incisura) dall'altro lato vi è una porzione dello sfigmogramma che varia costantemente nel contorno della forma (il tratto diastolico) e una che varia solamente quando l'occlusione è praticata a meno di 27 cm dalla capsula esplorante (il tratto sistolico).

La serie di esperienze condotte su trenta cani hanno dimostrato che, entro minime variazioni (tra cm 30 e 25) quest'ultimo dato è costante.

Inoltre, mentre nel tratto sistolico le variazioni riscontrate sono

rappresentate da un aumento dei picchi B e B1 o da un appiattimento della leggera concavità del *plateau* sistolico, le variazioni che si riscontrano nel tratto diastolico sono più imponenti. In caso di occlusioni tra 43 e 27 cm di distanza dalla capsula esplorante l'onda C 1 si modifica appiattendosi e scomparendo sul tracciato, mentre rilievi vengono a formarsi sullo sfigmogramma sempre più vicini all'incisura a mano a mano che la distanza tra la capsula esplorante e l'occlusione diminuisce fino che nelle registrazioni a distanze minori di 27 cm l'onda C 1 viene sostituita da una concavità come appare con molta evidenza nel tracciato carotideo riportato alla fig. 4 quadro D.

In termini cronologici, considerando il seguito delle onde che si susseguono nel ciclo di un'unica pulsazione, i dati raccolti mostrano come le modifiche apportate allo sfigmogramma dalle chiusure, modifiche che si svolgono a carico del tratto sistolico fino a influenzare la forma del picco B o onda di percussione quando la chiusura è vicina, vengono a manifestarsi con un ritardo sempre più marcato a mano a mano che si aumenta la distanza tra il punto di registrazione e l'occlusione.

A conferma della supposizione secondo la quale gli accidenti che compaiono sullo sfigmogramma in seguito a chiusure sulle arterie sono dovuti a vere e proprie onde di rimbalzo, sta il fatto che onde antidromiche e onde dirette vengono a propagarsi alla stessa velocità.

Per quanto concerne la velocità di propagazione delle onde in senso dromico il confronto tra registrazioni effettuate contemporaneamente con due capsule poste sul vaso a sufficiente distanza — per esempio sulla aorta ascendente e sull'aorta addominale — hanno consentito di effettuare precise determinazioni. Prendendo ad esempio la serie di sfigmogrammi registrati sull'aorta ascendente, sulla discendente toracica e sulla addominale riprodotti nella fig. 5 si nota un ritardo di 0,04 secondi nella trasmissione dell'onda dalla aorta ascendente alla toracica su una distanza di 20 cm; di 0,032 tra la toracica e l'addominale su una distanza di 16 cm; e un ritardo di 0,075 secondi tra la ascendente e la addominale per una distanza di 37,5 cm.

I dati ottenuti confermano regolarmente che la velocità di trasmissione dell'onda dalla radice dell'aorta alla biforcazione delle iliache varia secondo gli animali da un minimo di 400 cm ad un massimo di 600 cm per secondo e che non vi è una sensibile differenza tra la velocità di un segmento e l'altro del letto della aorta. Tali dati si accordano con quelli trovati da MÜLLER ⁽¹⁰⁾ e quelli noti per l'uomo.

Nel caso delle modifiche allo sfigmogramma provocate dalle occlu-

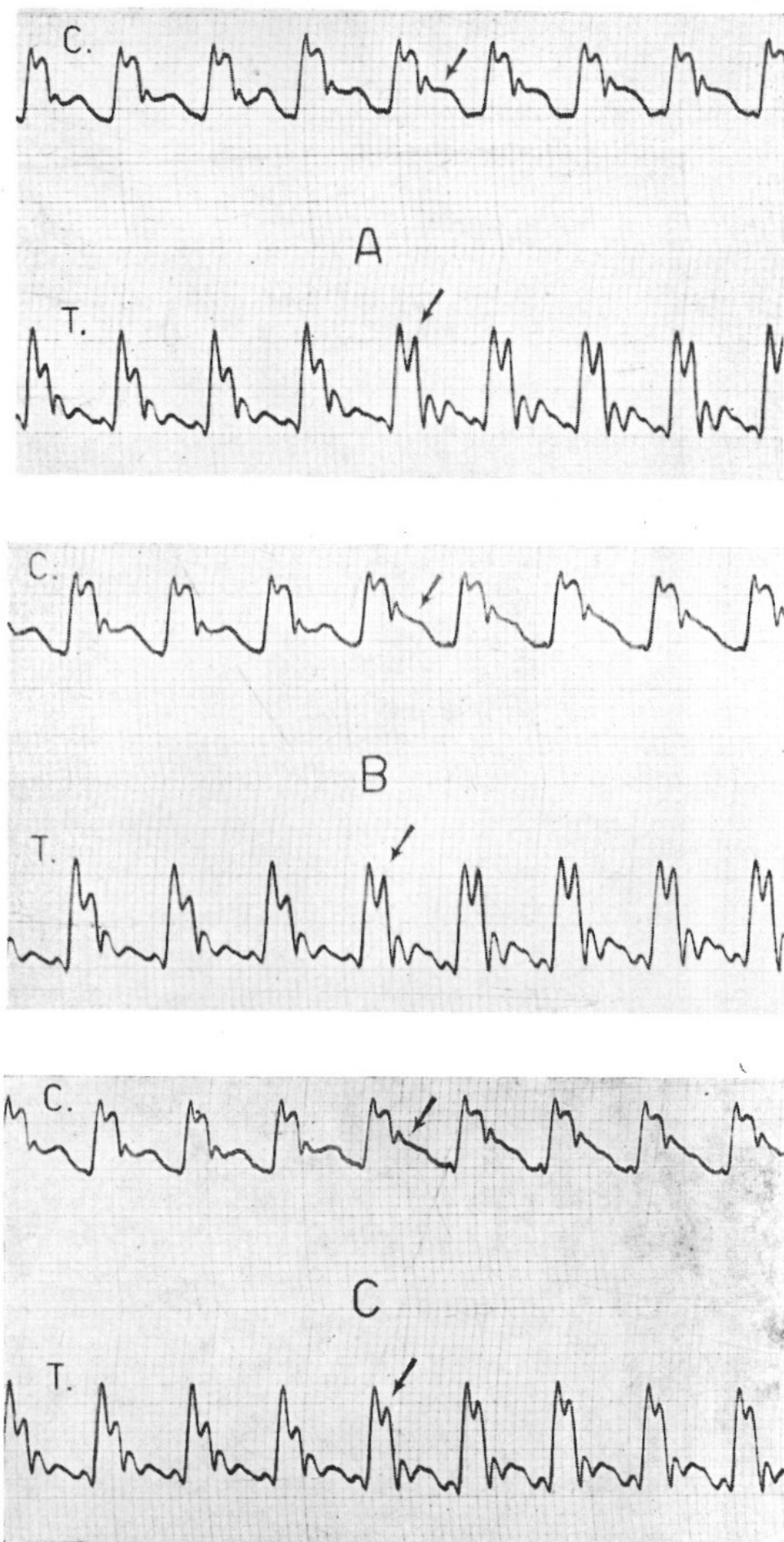
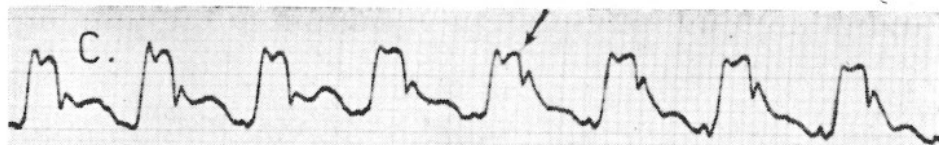
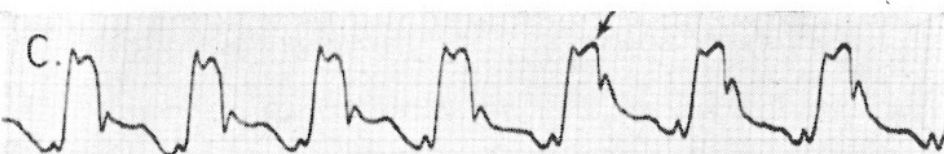


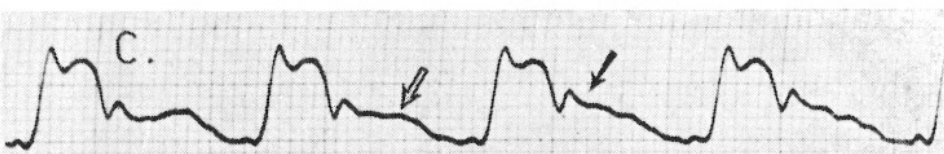
Fig. 4. - Sfigmogrammi registrati alla carotide e alla toracica. Spostamento dell'onda di riflessione sul tracciato sfigmico in rapporto alla distanza delle chiusure. C, carotide; T, toracica; A, B, C, D, E, livelli a cui sono state effettuate le chiusure (vedi fig. 2); F, registrazione dello stesso sfigmogramma del quadro C a maggiore



D



E



F



velocità (8 cm. al secondo). La freccia indica il punto in cui cade l'onda di riflessione dopo le chiusure. Nel quadro F la freccia chiara indica la posizione dell'onda di riflessione prima della chiusura.

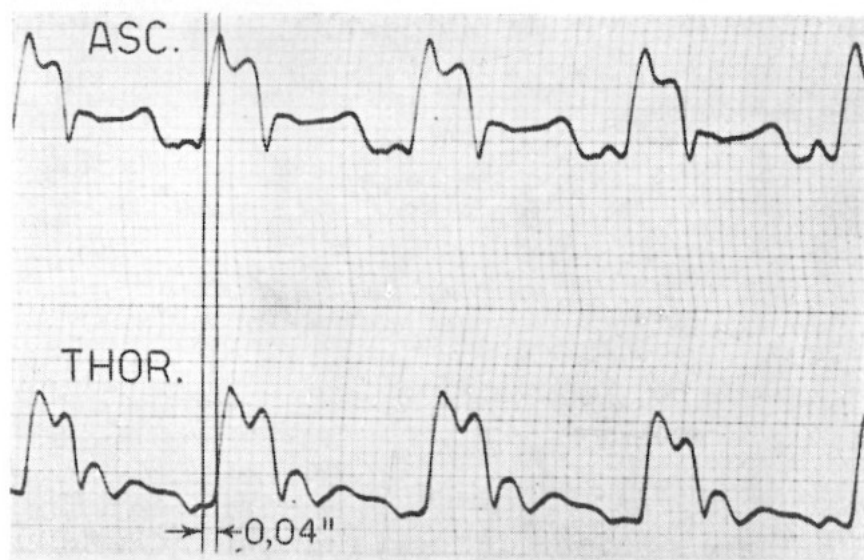


Fig. 5. - Misure di velocità di trasmissione dell'onda sfigmica nell'albero aortico. Asc, aorta ascendente; Thor, aorta toracica; Abd, aorta addominale. I grafici illustrano i tempi intercorsi tra il passaggio di un punto del tratto sfigmico (il punto di incontro del terzo medio col terzo inferiore della ascesa sistolica) in due sezioni diverse dell'albero aortico. Ogni quadratino è uguale a 0,025 secondi.

sioni temporanee praticate e descritte, l'ipotesi che esse siano dovute ad onde di riflessione presuppone il fatto che il ritardo col quale compaiono sul tracciato sfigmico venga a corrispondere alla somma dei tempi necessari allo spostamento del picco B successivamente in senso dromico dalla capsula di registrazione all'ostacolo e in direzione antidromica dall'ostacolo alla capsula.

Quindi se v corrisponde alla velocità di trasmissione dell'onda, velocità che è facilmente determinabile come si è dimostrato, e d la distanza fra il punto di registrazione e il punto di chiusura, l'ipotesi dell'onda di rimbalzo presuppone che il tempo t che trascorre tra l'inizio della salita sistolica e la comparsa dell'accidente sia

$$t = \frac{2d}{v}$$

La figura schematica 6 che riassume le nostre esperienze dimostra come effettivamente l'ipotesi è stata confermata dalla sperimentazione, mentre la fig. 4 dà la rappresentazione fotografica di una esperienza originale.

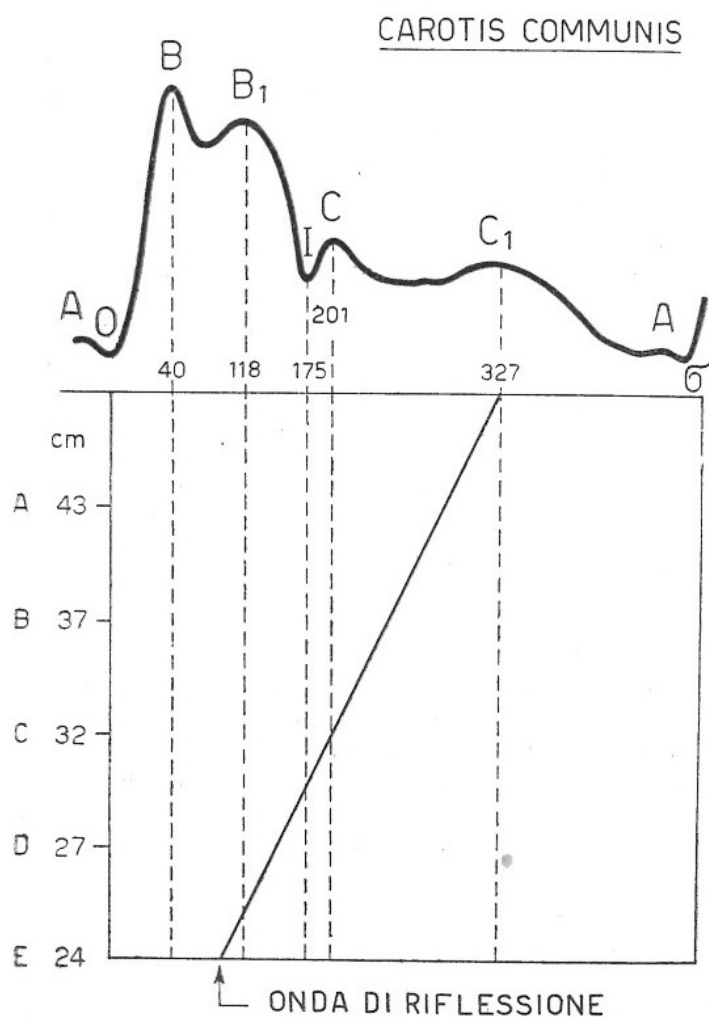
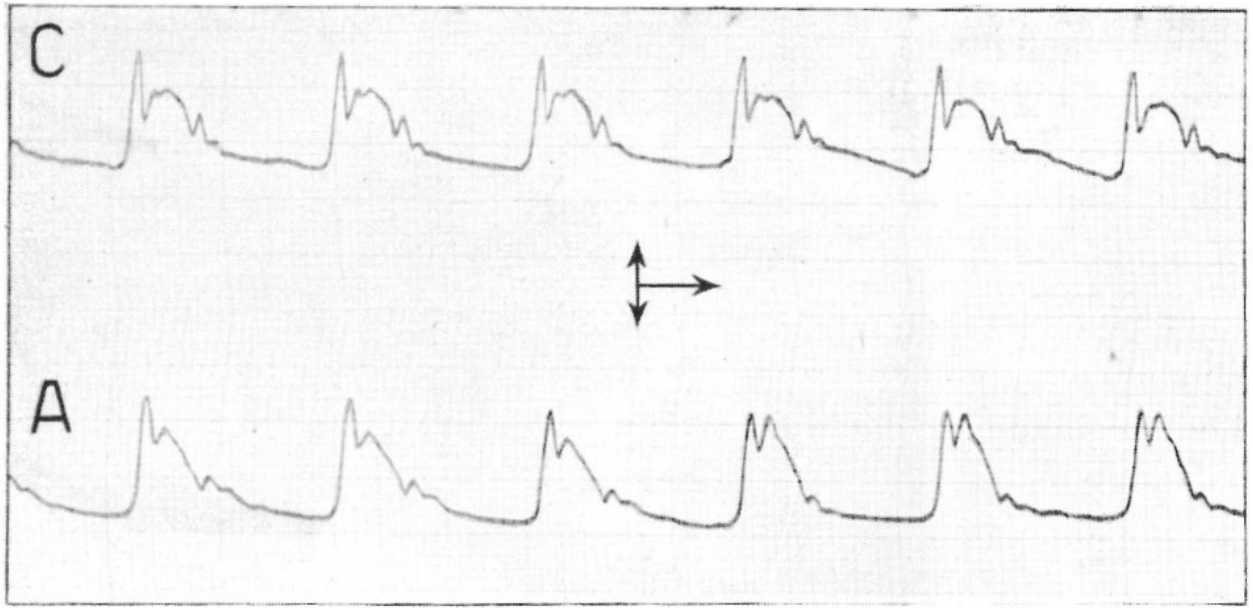
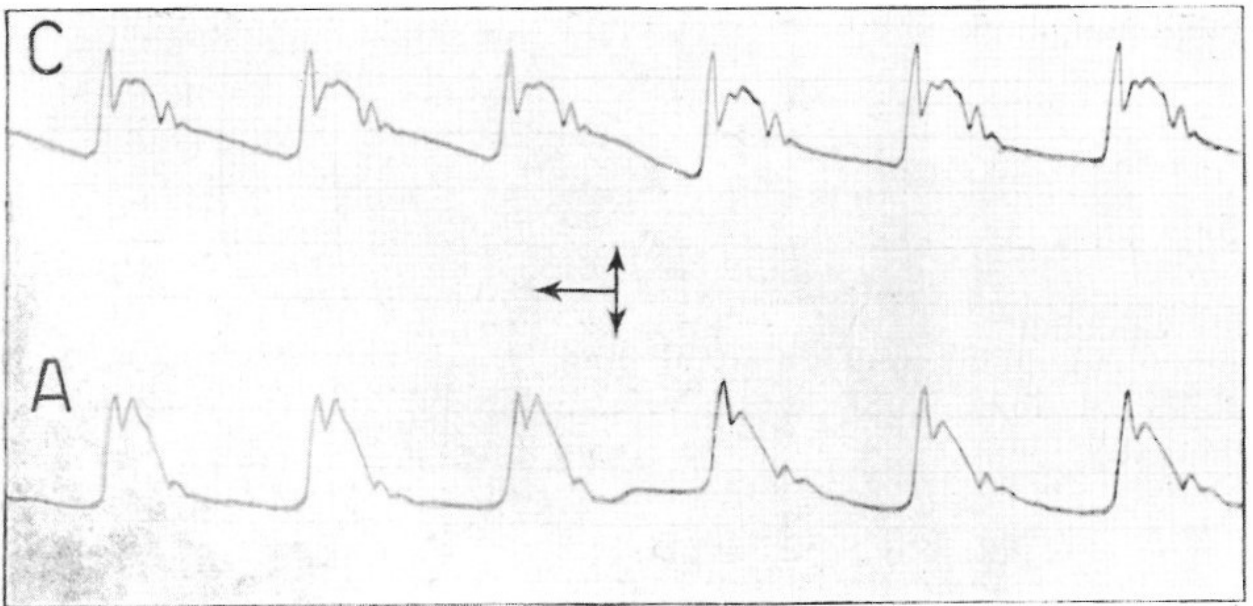


Fig. 6. - Schema dello sfigmogramma carotideo. A, onda pre-sistolica; B, picco B o percussione wave; B₁, picco B₁ o main wave; I, incisura; C, onda C o onda di crota; C₁, onda di riflessione. Sull'ordinata le distanze alle quali vengono praticate le occlusioni corrispondenti ai livelli A, B, C, D, E della fig. 2; sulla ascissa il tempo in sigma. Il grafico illustra il punto del tracciato sfigmico su cui viene a iscriversi l'onda di riflessione.

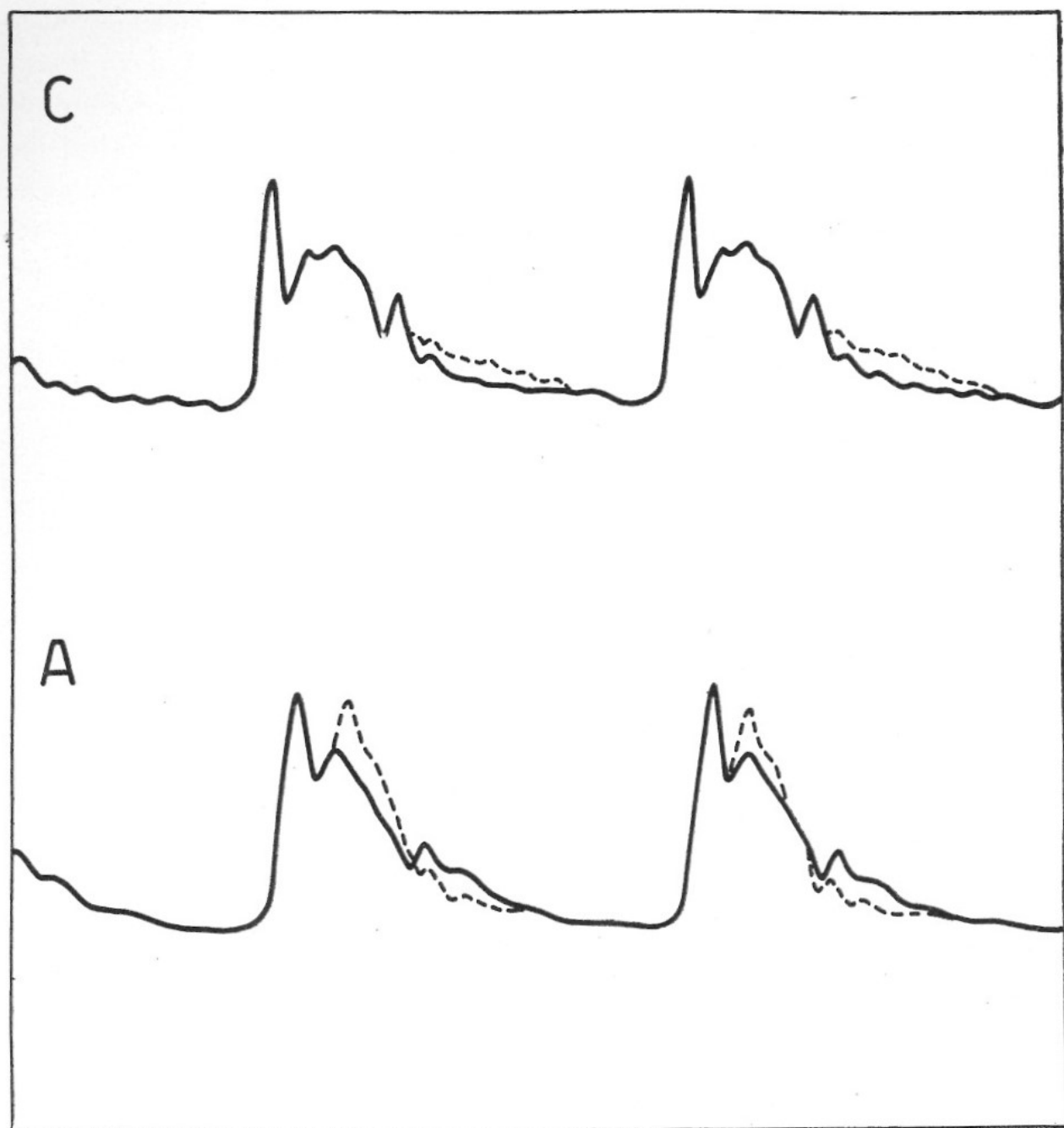


1



2

Fig. 7. - Effetto di una chiusura dell'aorta addominale sulla forma del tracciato sfigmografico. L'effetto della stessa chiusura è stato registrato contemporaneamente sulla carotide e sulla addominale. Nel quadro 1 si nota la trasformazione dei due tracciati dopo l'apertura. Il quadro 3 è la rappresentazione schematica che si ottiene dalla sovrapposizione dei due tracciati ottenuti prima (linea continua —) e dopo (linea punteggiata) della chiusura, che è stata effettuata a cm. 43 dalla capsula



3

esplorante carotidea e a cm. 22 da quella addominale. E' evidente come per una chiusura lontana si abbia (tracciato carotideo) una modifica del tratto diastolico e per una chiusura vicina (tracciato addominale) una modifica del tratto sistolico. A, addominale; C, carotide. La freccia verticale indica il punto in cui è stata effettuata la chiusura e la freccia orizzontale il tratto in cui l'arteria rimane chiusa.

Da quanto detto sopra ci sembra di poter concludere che poiché dall'esame della successione degli sfigmogrammi si osserva un vero e proprio regolare spostamento dell'onda C 1 dalla sua iniziale sede sul tratto diastolico verso l'inizio del tratto sistolico, l'onda C 1 deve essere effettivamente la rappresentazione grafica sullo sfigmogramma delle onde di riflessione dovute agli ostacoli che il sangue incontra spingendosi dal cuore verso la periferia e compare in un punto della curva sfigmica che è direttamente proporzionale alla distanza a cui si trova l'ostacolo dal punto di registrazione e alla velocità di trasmissione dell'onde.

Roma. — Istituto Superiore di Sanità - Laboratorio di Chimica Terapeutica.

BIBLIOGRAFIA

- (¹) MAREY E. J. - « La circulation du sang » - Paris, (1863).
 - (²) FRANK O. - Zeitschr. f. Biol., 46: 444 (1903).
 - (³) WEZLER K. e BÜGER A. - Arch. Exper. f. Pathol. u. Pharmak., 183: 387 (1936).
 - (⁴) JUNGSMANN H. e ROHR H. - Plüg. Arch. f. Ges. Physiol., 258: 47 (1933).
 - (⁵) DONZELOT E., MEIER HEINE A. e CATRAIN E. - Presse Med., 62: 379 (1954).
 - (⁶) JOHNSON C. A. - Surg. Gynecol. and Obstetric, 93: 735 (1951).
 - (⁷) DUCHOSAL P. W., FERRERO C., LEUPIN A. e URDANETA E. - Am. Heart J., 51: 864 (1956).
 - (⁸) MORET P. e ODIER J. - Cardiologia, 30: 134 (1957).
 - (⁹) WIGGERS C. J. - Circul. Res., 4: 4 (1956).
 - (¹⁰) LASZT L. e MÜLLER A. - Helvetica Physiol. Acta, 9: 55 (1951); 10: 1 (1952).
 - (¹¹) HAMILTON W. F. e DOWN P. - Am. J. Physiol., 125: 48 (1939).
 - (¹²) REMINGTON J. W., WOOD E. H. - Am. J. Physiol., 183: 654 (1955).
 - (¹³) ALEXANDER R. S. - Circul. Res., 1: 145 (1953).
 - (¹⁴) BOVET D. e GATTI G. L. - Rend. Istituto Sup. Sanità, 19: 907 (1956).
 - (¹⁵) BRANWELL J. C. e KING H. - « The principles and practice of cardiology ». - New York, 1942.
 - (¹⁶) WIGGERS C. J. - « Pressure pulse in the cardiovascular system ». - New York 1928.
 - (¹⁷) FRANK O. e WEZLER K. - Zeitschr. f. Biol., 91: 439 (1931).
 - (¹⁸) DOW P. - Am. J. Physiol., 131: 432 (1940).
 - (¹⁹) HAMILTON W. F. - Am. J. Physiol., 141: 235 (1944).
 - (²⁰) ALEXANDER R. S. - Fed. proc., 11: 738 (1952).
 - (²¹) GATTI G. L. e BOVET D. - Rend. Acc. Lincei VIII, 21: 128 (1956).
 - (²²) BOVET D. e GATTI G. L. - Sett. Med., 45: 9 (1957).
 - (²³) BOVET D., CARPI A. e VIRNO M. - Atti I Riun. Fisiop. Circol. Cefalico. Firenze 1958 (in corso di stampa).
 - (²⁴) SAHLI H. - Abderhalden Handbuch der Biol. Arbeitsmethoden, V/4: 1775, Leipzig 1927.
-