

El tono vascular y el mecanismo de la acción vasotónica del esplácnico

por

Juan Negrín y López

Investigaciones de estos últimos años han dado actualidad al problema de cómo se efectúa y qué factores intervienen en la regularización del tono de los vasos. Aumenta el interés de esta cuestión la circunstancia de que al mismo tiempo se ventile el problema de si dicha regularización es puramente nerviosa, o si median productos de secreción interna, especialmente de las suprarrenales. En nuestra opinión, y fundándonos en razones que expondremos detalladamente en el curso de esta Memoria, es preciso, antes de pronunciar un juicio definitivo, revisar y completar los argumentos experimentales en que se apoyan los defensores de una u otra doctrina. Iniciamos con este estudio una serie de trabajos encaminados a este fin, y nos proponemos en este primer ensayo analizar concretamente hasta qué punto depende de impulsos centrales transmitidos por el esplácnico la tonicidad normal de los vasos y capilares por él inervados. A la competencia del Tribunal sometemos nuestra labor, solicitando un benévollo juicio.

PRIMERA PARTE

El tono vascular

Los vasos poseen una cierta tonicidad, es decir, un determinado estado de tensión de sus paredes capaz de aumentar o disminuir según las circunstancias. Este *tono vascular* está sometido a la acción del sistema nervioso de la vida vegetativa, que obra sobre él por medio de nervios denominados, respectivamente, vasoconstrictores y vasodilatadores. Además, actúan sobre el tono vascular diversos productos de secreción interna, a los cuales se han atribuido efectos tonorreguladores.

Stephen Hales (1) fué el primero que por el año 1773 puso de manifiesto la propiedad de las arterias de poder cambiar de calibre merced a su contractilidad. Uno de los experimentos más ingeniosos de los realizados por Hales, y que le condujeron a dicho resultado, consistía en intercalar entre los dos cabos de la aorta seccionada un tubo de latón en T, e inyectar por él, con una presión igual o superior a la tensión aórtica normal, una determinada cantidad de agua. Observando la cantidad de sangre que salía de los vasos intestinales seccionados, encontró que el flujo disminuía con el agua fría y aumentaba con el agua caliente. Examinando, además, la acción de algunas substancias como el alcohol, la infusión de corteza de quina y otras más, pudo apreciar que algunos agentes producen vasoconstricción y disminuyen el flujo, mientras que otros provocan vasodilatación y, por lo tanto, lo aumentan.

La propiedad misma de las arterias de poder contraerse, había sido observada ya con anterioridad por Verschuir (2), quien demostró que, tanto en la arteria crural como la carótida del perro, se pueden provocar contracciones locales irritándolas con la punta de un escalpelo.

Thomson (3) vió que las arteriolas de la pata de la rana se contraen cuando se las excita pinchándolas con una aguja, resultados que confirmó Wharton Jones (4) comprimiendo ligeramente estas arterias por medio de unas pinzas.

Iguales efectos obtuvo Hastings (5) excitando vasos de mayor calibre, como la aorta abdominal del conejo y otros vasos del mismo animal y del perro y gato. Reinarz y Burdach (6) lograron deformar un cilindro de cera introducido en un trozo de arteria de buey o de caballo por acción

(1) Hales: *Statistical Essays*, 1773, vol. II, cit. por Leonard Hill en *Schäfer Text-book of Physiology*, tomo II, pág. 130, año 1900.

(2) Verschuir: *Dissertatio medica inauguralis de arteriarum et venarum vi irritabiliti*, 1766, cit. por Vulpian, *Leçons sur l'appareil vasomoteur*, tomo I, página 41, año 1875.

(3) Thomson: *Traité médico-chirurgical de l'inflammation*, pág. 57, cit. por Milne Edwards, *Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée de l'homme et des animaux*, tomo IV, pág. 207 y siguientes.

(4) Wharton Jones: *On the State of Blood and Blood-Vessels in Inflammation*, *Cuy's Hospital Reports*, 2.^a serie, tomo VII, pág. 9, cit. por Vulpian, página 42.

(5) Hastings: *Disputatio physiologica inauguralis de vi contractili vasorum*, Edimburgo, 1818. *A Treatise on Inflammation of the Mucous Membrane of the Lungs*, 1894, pág. 24 y sig., cit. por Milne Edwards, pág. 208.

(6) Reinarz y Burdach: *Traité de Physiologie*, tomo VI, pág. 233, cit. por M. Ed.

espontánea de la contracción de dicho vaso. James Paget (1) observó que si se excitan los vasos de la piel del ala de un murciélagos frotando en sentido transversal sobre la vena y arteria, sin lesionar los tejidos, se aprecia una contracción lenta que puede producir hasta el cierre completo de los vasos, que al cabo de unos minutos se dilatan nuevamente y llegan a adquirir un calibre mayor que el primitivo. Vulpian (2) confirmó y completó los resultados de los investigadores precedentes. Marey (3) y Petrowsky (4), estudiaron el conocido efecto de la excitación mecánica sobre el cutis humano. Con posterioridad un sinnúmero de autores han corroborado los hechos anteriormente expuestos, aunque sin añadir detalle alguno de importancia.

Mas no tan sólo la excitación mecánica es capaz de producir una contracción de las arterias, sino que las corrientes eléctricas, el frío y diversos agentes químicos, obran de la misma manera. Después de ensayos infructuosos de Nysten (5), logró Wedemeyer (6) provocar disminuciones de calibre en la aorta de la rana excitándola con corrientes galvánicas; y los hermanos Weber (7), por medio de corrientes farádicas, lograron disminuir el calibre de la aorta hasta un sexto de su grosor primitivo. En cuanto al frío, es un hecho de experiencia diaria que bajo su acción los vasos se contraen; y según hemos expuesto más arriba, Hales demostró experimentalmente su exactitud; E. H. Weber (8) fué el primero que explicó los cambios de color de la piel, palidez y enrojecimiento como efectos de la vasoconstricción y dilatación. El estudio detallado de la acción

(1) James Paget: *Lectures on the Inflammation* (London Medical Gazette, 1850, cit. por Vulpian, pág. 43).

(2) A. Vulpian: *Sur la contractilité des vaisseaux de l'oreille chez les lapins* (Comptes rendus de la Société de Biología, 1856, pág. 186). *Expériences sur la contractilité des vaisseaux* (Comptes rendus de la Société de Biología, 1858, pág. 3).

(3) Marey: *Mémoire sur la contractilité vasculaire*, Annales des Sciences naturelles, 4.^a serie, tomo IX, pág. 68, año 1858.

(4) Petrowsky: *Verhalten der Haut gegen leichte mechanische Reizung*. Centralblatt für die medizinische Wissenschaften, pág. 401, año 1873.

(5) Nysten: *Recherches de Physiologie et de chimie pathologique*, 1811, página 325, cit. por Vulpian, pág. 55.

(6) Wedemeyer: *Untersuchungen über den Kreislauf des Blutes*, pág. 180, cit. por Vulpian.

(7) Ed. Weber y E. H. Weber: *Über die Wirkungen welche die magneto, electrische Reizung der Blutgefäße bei labenden Thieren hervorbringt*, Muller's: *Archiv für Anatomie und Physiologie*, 1847, pág. 234.

(8) E. H. Weber: *Physiologisch Untersuchungen*, Leipzig, 1820, cit. por L. Hill en *Schäfer Textbook of Physiology*, pág. 130.

de diversas substancias químicas nos llevaría demasiado lejos del asunto concreto de esta Memoria.

Los hechos que acabamos de mencionar no son exclusivos de las arterias, sino que se observan también en mayor grado en las venas y capilares.

Stricker (1), principalmente, ha sido quien más contribuyó a demostrar la contractilidad de estos últimos, que durante mucho tiempo fué negada por la mayoría de los fisiólogos.

Desde luego, no sólo las razones expuestas, que se cimentan todas ellas en los efectos de excitaciones de diferente género, abonan la contractilidad vascular, sino que existe otra serie de argumentos de los que haremos breve reseña.

Ya Hunter (2) había hecho notar que la dimensión circunferencial de una arteria es menor después de la muerte, y atribuyó, acertadamente, esta variación a un efecto de la contractilidad vascular.

Parry (3) analizó esmeradamente este fenómeno, y vió que las arterias de un animal muerto, después de una constricción pasajera, vuelven a su calibre primero, y a veces lo superpasan.

Finalmente, como prueba decisiva de la contractilidad arterial, pueden considerarse las variaciones rítmicas y contracciones que se observan en los vasos de algunos animales, hecho que había sido ya encontrado por Wallaeus (4), Stenon (5), Lower (6) y Lancisi (7) en los extremos de las venas cava y pulmonares. Senac suponía (8) que todas las arterias debían poseer movimientos rítmicos, y afirmaba que las arterias son verdaderos corazones y que tienen iguales funciones e idénticos movimientos a los de éste.

(1) Stricker: *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften*, tomos LI, LII y LIV.

(2) Hunter: *Sur le sang, l'inflammation, etc.* («*Oeuvres complètes*», t. CXI, página 194), cit. por Vulpian, pág. 329.

(3) Parry: *An experimental Inquiry into the Nature of the Arterial Pulse*, 1816, pág. 60, cit. por Vulpian, pág. 330.

(4) Wallaeus: *Epistola ad G. Bartholinum de motu chyli et sanguinis*, 1660 (*Opera omnia medica*, pág. 254), cit. por Vulpian, pág. 74.

(5) «Stenon: *Stenonis ex variorum animalium sectionibus hinc inde factis excerptae observationes circa motum cordis, auricularum et venae cavae*» (*Bartholini: Acta medica Hafniensia*, 1673, t. II), cit. por Vulpian, pág. 74.

(6) Lower: *Tractatus de corde*, págs. 53, 68, 73 y 81.

(7) Lancisi: *De motu cordis et aneurismatibus*, pág. 211, cit. por Vulpian, página 75.

(8) Senac: *Traité sur l'estructure du cœur*, 2.^a ed., t. II, pág. 193.

Nuestro compatriota Turró (1) recoge en parte este aserto de Senac al exponer su teoría acerca del papel que en la circulación desempeñan los vasos, el cual, a su entender, no es puramente pasivo, sino que coadyuva a la función cardíaca.

Todo lo expuesto, y un considerable número de observaciones y experimentos más, aseguran la existencia de un poder de contracción de las arterias, venas y capilares, al cual se debe, en último término, el tono vascular.

Surge inmediatamente una cuestión, y es la de saber si dicho tono es de origen autóctono o se debe a impulsos enviados por el sistema nervioso central, o bien si está sostenido por la acción de productos endocrinos específicos, cuya continua y lenta descarga en la sangre surtiría los efectos de un activador de la tensión de los vasos. Pero ante todo nos es indispensable analizar la acción que el sistema nervioso tiene sobre el tono vascular.

Henle (2) y otros observadores acusaron la presencia de filamentos nerviosos en las paredes de los vasos. Stilling (3) dió a estos nervios el nombre, que actualmente llevan, de vasomotores, atribuyéndoles como función el mantener el tono y regular las contracciones de las arterias, venas y capilares; pero la evidencia experimental de este hecho no fué dada hasta once años después por Cl. Bernard.

Los primeros experimentos que se conocen acerca de la acción del sistema nervioso sobre los vasos, fueron debidos a Porfour du Petit (4), quien encontró que la sección del simpático cervical producía un enrojecimiento de la conjuntiva, por lo que afirmaba que el interestal—nombre que en su época recibía el simpático cervical—suministra espíritus a la conjuntiva, a las glándulas y a los vasos que se encuentran en estas partes; y añade más adelante: «el relajamiento de estas partes—después de la sección del nervio—es tan evidente, que casi siempre se produce una ligera inflamación de la conjuntiva por hinchamiento de los vasos».

(1) Turró: *Teoría mecánica de la circulación sanguínea*, 1882.

(2) Henle: *Allgemeine Anatomie*, págs. 690, 525; Leipzig, año 1841, cit. por Hill, pág. 131.

(3) Stilling: *Physiologische Untersuchungen über die Spinalirritations* páginas 163, 275, año 1840, cit. por Hill, pág. 131.

(4) Porfour du Petit: *Mémoire dans lequel il est démontré que les nerfs intercostaux fournissent des rameaux qui portent des esprits aux yeux* («Mémoires de l'Académie des Sciences», 1727, pág. 1). *Lettres concernant des réflexions sur les découvertes faites sur les yeux*, París, 1732, cit. por Vulpian, página 5.

Cruikshanks (1) y Arnemann (2) confirmaron los resultados de Petit en el perro, y describieron sus efectos sobre la membrana nictitans y el aspecto general del globo ocular, pero sin describir ninguno de ellos con claridad la acción directa sobre los vasos.

Dupuy d'Alfort (3) fué, sin duda, el primero que demostró con experimentos exentos de objeciones, que el sistema nervioso posee una acción directa sobre los vasos, aunque, como veremos, sin darle una interpretación exacta; Dupuy extirpaba los ganglios cervicales superiores del simpático del caballo, y observaba un enrojecimiento de la conjuntiva, elevación de temperatura en la base de las orejas y en la frente, sudores de las orejas, frente y nuca. Sin embargo, Dupuy no pensó en una acción directa sobre la vascularización, sino que dedujo de sus experimentos que los nervios simpáticos ejercen una gran influencia sobre las funciones nutritivas, fundándose en que al par que dichos fenómenos, que consideraba debidos a una alteración de la nutrición, se podían apreciar al cabo de algún tiempo un adelgazamiento del animal, pérdida del apetito, trastornos respiratorios, infiltración de las extremidades, etc. En resumen: este investigador, si bien señaló las modificaciones de la circulación arterial y capilar subsiguientes a la extirpación de los ganglios cervicales superiores, no logró establecer la relación de efecto a causa existente entre las alteraciones circulatorias observadas y la intervención experimental.

Brachet (4), trabajando sobre perros, obtuvo resultados análogos a los de Dupuy, cortando el nervio formado por la unión del pneumogástrico y del simpático (atribuyendo a este último los efectos que se observaban por sección del otro), que decía debidos a una parálisis de los capilares sanguíneos. John Reid (5) hizo notar también los efectos congestivos que

(1) Cruikshanks: *Experiments on the Nerves, particularly on their reproduction, and on the Spinal Marrow of Living Animals* (*Philosophica Transactions of the Royal Society*, t. XVII, 1795, pág. 512), cit. por Vulpian.

(2) Arnemann: *Versuche ber die Regeneration der Nerven*. Göttingen, 1797, cit. por Vulpian, pág. 6.

(3) Dupuy d'Alfort: *Observations et expériences sur l'enlèvement des ganglions gutturaux des nerfs trispalachiques sur les chevaux* (*Journal de médecine de Leroux*, 1816, pág. 340), cit. por Vulp., pág. 5.

(4) Brachet: *Recherches expérimentales sur les fonctions du système nerveux ganglionnaire*, 2.^a ed., 1837, pág. 431, cit. por Vulpian, pág. 8.

(5) John Reid: *An experimental Investigation into the functions of the Eighth Pair of Nerves, of the Glos-pharyngeal, Pneumogastric, and Spinal Accessory*. (*The Edinburgh Medical and Surgical Journal*, t. XLIX, 1838, página 132.) *On the Effects of Lesion of the Trunk of the Ganglionic System of Nerves in the Neck upon the Eyeball and its Appendages* (*Ibid*, 1839, página 6), cit. por Vulpian, pág. 11.

sobre la conjuntiva ocular producía la sección del nervio simpático-cervical-vago en el perro, y atribuía dichos efectos a un proceso inflamatorio.

Cuando Henle (1) descubrió los elementos musculares de los vasos no vaciló en atribuir al sistema nervioso una acción sobre esta musculatura, y recordó que ya Valentin creía haber visto contraerse a los vasos por excitación de los nervios correspondientes. Hablando de la parálisis de los vasos decía Henle: «Cuando se seccionan los nervios de un miembro, o están paralizados, o, finalmente, cuando el sistema nervioso se encuentra en un estado de postración general, tanto los músculos como los vasos se relajan con frecuencia, pudiendo producirse infiltraciones que se asemejan a la inflamación. Ya hemos dicho anteriormente que Stilling, siguiendo la misma vía inductiva que Henle, había llegado a admitir la existencia de nervios vaso-motores, a los que apadrinó con este nombre.

M. Schiff (2), y su discípulo F. Meyer (3), indicaron la marcha que siguen los nervios vaso-motores, así como los efectos de su sección, y Axmann (4) parece haber demostrado que es el simpático el que suministra los nervios que rigen la contractilidad de las arterias.

Por la somera reseña que hemos hecho se ve que existían numerosos antecedentes acerca de la inervación muscular antes de que fuera dada una demostración categórica y concluyente por Cl. Bernard.

El primer trabajo de Cl. Bernard (5) data del año 1851, y se ocupa de la influencia del gran simpático sobre la sensibilidad y la calorificación. En él demuestra que después de la sección del simpático cervical se hace más activa la circulación en los vasos de las orejas del conejo aumentando el calor y la sensibilidad. Más tarde (6) completa sus experiencias, y atribuye erróneamente al simpático una acción directa sobre la calorificación. Por fin, hacia el año 1852, descubrieron Cl. Bernard (7) y Brown-

(1) Henle: *Vochenschrift für die gesammte Heilkunde*, 1840, núm. 21, página 329, cit. por Vulpian, pág. 12.

(2) M. Schiff: *De vi motoria Baseos encephali*. Bockenhemii, 1845, cit. por Vulpian, pág. 16.

(3) F. Meyer: *Paralyseos nervi trigemini*. Francfort-sur-le-Mein, 1847, citada por Vulpian, pág. 16.

(4) Axmann: *Thèse physiologique sur l'influence du système nerveux ganglionaire*. Berlin, 1847, cit. por Vulpian, pág. 17.

(5) Cl. Bernard: *Influence du grand sympathique sur la sensibilité et la calorification*. (*Comptes rendus de la Sté. Biol.*, 1851, pág. 163.)

(6) Cl. Bernard: *De l'influence du système nerveux grand sympathique sur la chaleur animale*. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 29 marzo 1852.)

(7) Cl. Bernard: *Sur les effects de la section de la portion céphalique du gran sympathique*. (*Comptes rendus de la Soc. de Biol.*, 1852, pág. 168.)

Sequard (1), simultáneamente, e independiente el uno del otro, la acción que la excitación eléctrica del cabo superior del simpático cervical produce sobre los vasos, encontrando que se origina una vaso-constricción que Brown-Sequard describe en la siguiente forma: «Si se aplica una corriente galvánica a la porción superior del simpático seccionado en el cuello, los vasos de la cara y de las orejas empiezan a contraerse después de cierto tiempo, aumentando lentamente su contracción, que al final es tan evidente que llegan a adquirir su estado normal, e incluso a estrecharse más. La temperatura y la sensibilidad disminuyen en la cara y en la oreja, y vuelve a ser en el lado paralizado igual a la del lado normal. Cuando deja de actuar la corriente galvánica, los vasos se dilatan de nuevo y reaparecen los fenómenos descubiertos por el doctor Bernard.»

También Waller (2) llegó independientemente a idénticos resultados, si bien excitando, no el simpático, sino la región cilio-espinal de la medula, cuya extirpación, según había descubierto Budge (3), producía vaso-dilatación.

No sólo las arterias y arteriolas poseen una inervación vaso-constrictora, sino que también ha sido posible poner de manifiesto su presencia en los capilares. Kahn y Steinach (4) han observado al microscopio el comportamiento de los capilares de la membrana nictitans de la rana cuando se excita el simpático, y han comprobado así la acción directa de este último sobre dichos capilares.

También las venas tienen una inervación denominada veno-motora, demostrada primeramente por Goltz (5), quien halló que en el reflejo vaso-motor que lleva su nombre, producido golpeando el vientre de una rana, tanto las venas como las arterias se dilatan *ad maximum*. Mall (6) vió que si se liga la aorta inmediatamente por debajo del sitio de donde parte la arteria subclavia, y se excita entonces el esplácnico, se contraen

(1) Brown-Sequard: *Philadelphia Medical Examiner*, 1852, pág. 490, citada por Hill, pág. 131.

(2) Waller: *Nuvème mémoire sur le système nerveux. (Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 1853, t. XXXVI, pág. 381.)

(3) Budge: *De l'influence de la moelle épinière sur la chaleur de la tête. (Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, t. XXXVI, pág. 378, 1853.)

(4) E. Steinach und R. H. Kahn: *Echte Kontraktilität und motorische Innervation der Blutkapillaren. (Pflügers Archiv.*, t. XCVII, pág. 105), cit. del *Zentralblatt für Physiologie*, t. XVII, pág. 457, año 1904.

(5) Goltz: *Virchows Archiv*, t. XXIX, pág. 399, 1864, cit. por Hofmann en *Nagel Handbuch der Physiologie*, t. I, pág. 290, año 1909.

(6) Mall: *Der Einfluss der System der Vena portae auf die Vertheilung des Blutes. (Archiv. für Physiologie*, año 1892, págs. 408-454.)

las venas del sistema porta, vaciando su contenido en el corazón derecho, a lo cual ha objetado Velich (1) que aun después de la ligadura existen anastomosis sobre los vasos de las partes superior e inferior del cuerpo, y que, por lo tanto, los resultados obtenidos por Mall son susceptibles de otra explicación, objeción a la cual se ha adherido Mares (2). Pero aparte de los argumentos mencionados existen otros de un valor menos discutible, como son el experimento de Ranvier (3), consistente en comprimir con el filo de la uña la vena de la oreja del conejo, con lo cual se produce una dilatación del vaso en su parte periférica. Cavazzani y Manca (4) han demostrado que cuando se excitan los esplácnicos se contraen las venas del hígado perfundido, según se ve midiendo el volumen de sangre que circula por unidad de tiempo. François-Franck y Hallion (5), por medio de un método pletismográfico, obtuvieron idénticos resultados, y Thompson (6) demostró excitando el ciático en perros y conejos que «los músculos de las venas cutáneas de las extremidades de perros y conejos pueden ser obligados a contraerse». Bankroff (7) y Ducceschi (8), trabajando en perros, ratas y conejos localizados, han confirmado los resultados de Thompson después de haber tomado toda clase de precauciones para evitar posibles reflejos vaso-motores. Por lo que antecede se ve que la existencia de una inervación constrictora de todos

(1) Velich: *Über das Verhalten des Blutkreislaufes nach Unterbindung der Aorta.* (*Pflügers Archiv.*, t. XCV, pág. 264), cit. del *Zentralblatt für Physiologie*, t. XVII, año 1904, pág. 334.

(2) Mares: *Bemerkungen zur Arbeit Velichs «Über das Verhalten», etc.* (*Pflügers Archiv.*, t. XCVII, pág. 567), cit. del *Zentralblatt für Physiologie*, t. XVII, pág. 827, año 1904.

(3) Ranvier: *Les nerfs vaso-moteurs des veines.* (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, t. CXX, pág. 19, año 1895.)

(4) Cavazzani y Manca: *Contribution à l'étude de l'innervation du foie. Les nerfs vaso-moteurs des ramifications portes hépatiques.* (*Archiv. Italienne de Biologie*, t. XXIV, pág. 33.) *Nouvelle contribution à l'étude de l'innervation du foie.* (*Ibid.*, t. XXIV, pág. 294.)

(5) François-Franck y Hallion: *Recherches experimentales sur l'innervation vaso-motrice du foie: 1.º mémoire, historique et technique.* (*Archiv. de Physiol.*)

(6) Thompson: *Ueber die Abhängigkeit der Ciliervenen von motorischen Nerven.* (*Arch. für Physiologie*, pág. 102, año 1893.)

(7) Bankroff: *The venomotor nerves of the hind limb.* (*American Journal of Physiologie*, t. I, pág. 477), cit. del *Centralblatt für Physiologie*, t. XII, año 1899.

(8) Ducceschi: *Contribution à la Physiologie du système veineux.* (*Arch. Ital. de Biol.*, t. XXXVII, pág. 139.)

los vasos, arterias, capilares y venas, ha sido suficientemente demostrada.

Mas aparte de la inervación vaso-constrictora de que nos acabamos de ocupar, existen nervios cuya excitación es capaz de producir una dilatación de los vasos. Y aquí fué nuevamente Cl. Bernard el que puso fuera de dudas su existencia.

Ludwig (1) había demostrado que la sección del nervio lingual paraliza la secreción de la glándula submaxilar, y que su excitación producía una abundante secreción de saliva, hecho que completó Czermak (2), encontrando que la excitación del gran simpático produce un ligero aumento de secreción, al que sigue una paralización completa. Cl. Bernard (3) halló que la acción del lingual se debe a la presencia de ciertas ramas nerviosas que dicho nervio recibe por la cuerda del timpano, y con ocasión de estas investigaciones pudo poner de manifiesto que la cuerda del timpano es un nervio vaso-dilatador, que su excitación hace que la circulación de la glándula submaxilar se haga más intensa, las venas se ensanchen y se hagan perceptibles una infinidad de vasos antes invisibles. Con anterioridad a Cl. Bernard, Schiff (4), había sospechado la existencia de nervios vaso-dilatadores, pero sin aportar ningún argumento experimental válido.

Respecto a la existencia de nervios dilatadores de los capilares, Siawello (5) ha pretendido haber demostrado su existencia en la lengua de la rana, pues la excitación del nervio glosofaríngeo iría seguida de una vaso-dilatación activa de los capilares. Según Hallion y Comte (6), y

(1) Ludwig: *Zeitschrift für rationelle Medizin*, 1851, cit. por Vulpian, página 146.

(2) Czermak: *Beiträge zur Kenntnis der Beihilfe der Nerven zur Speichel-secr.* (*Sitzungsberichte, d. k. Acad.*, 1857, t. XXV, pág. 3), cit. de Vulp., 147.

(3) Cl. Bernard: *Leçons sur la Physiologie et la Pathologie du Système nerveux*, 1858, t. II, pág. 144. *Des variations de couleur dans le sang veineux des organes glandulaires, suivant leur état de fonction ou de repos* (*Comptes rendus de l' Acad. des Sciences*). *De l'influence de deux ordres de nerfs qui déterminent les variations de couleur de sang dans les organes glandulaires* (*Comptes rendus de l' Acad. des Sciences*, 1858. *Journal de Brown-Sequard*, 1858, t. I, página 649).

(4) Bernard Schiff: *Ueber motorische Lahmung der Zunge* (*Arch. f. Physiologie. Heilkunde*, 1851, pág. 679), cit. por Vulpian, pág. 153.

(5) Siawello: *Physiologie Russe*, t. I, pág. 187, año 1899, cit. por Hofmann en *Hagel Handbuch der Physiologie*, t. I, pág. 290, año 1909.

(6) Hallion y Comte: *Vaso-constriction avec rougeur de la peau, particulièrement sous l'influence du froid* (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, pág. 977, año 1899).

Houch y Ballantyne (1), mientras las arteriolas se contraen por acción de los vaso-constrictores, los capilares se ensanchan, pero los resultados de estos autores pueden interpretarse por efecto puramente mecánico sin necesidad de acudir a una improbable acción dilatadora sobre los capilares, contrapuesta a la que ejercen sobre las arterias, venas y arteriolas.

Hemos visto, pues, que el sistema vascular posee una doble inervación de efectos contrarios. No nos entretendremos en exponer cuáles son los centros nerviosos en que se coordinan dichas acciones contrapuestas, ni por medio de qué serie de reflejos se realiza esta coordinación, pues aparte de que la bibliografía referente a cualquiera de estos dos puntos llenaría por sí sola un extenso volumen, lo que en esta Memoria nos interesa particularmente es el estudio de los factores que intervienen en la regulación periférica del tono vascular. Pero antes de comenzar nuestro análisis debemos ocuparnos de lo que se debe acerca de centros reguladores del tono situados en el vaso mismo, así como de las facultades de los vasos de regular automáticamente su tonicidad.

El tono autónomo de los vasos

De los autores que han estudiado los efectos paralíticos de la sección de los nervios vaso-tónicos diversos han tenido en cuenta su duración, entre otros, Jonh Reid (2), Schiff (3), Cl. Bernard (4), Budge (5), Van der Beke Callenfels (6), Ogle (7), etc., pero el primero en presumir la existencia de «dispositivos que pueden sostener un moderado tono vascular, aparte de los grandes centros nerviosos», fué Goltz (8). Fundamentaba su

(1) Houch y Ballantyne: *Preliminary note on the effects of changes in ex-terminal temperature on the circulation of blood in the skin (Journal of the Boston Society of medical Sciences, t. III, pág. 330)*, cit. del *Centralblat für Physiologie*, t. XIII, año 1900, pág. 708.

(2) Jonh Reid: *Edinburgh Medical Journal*, año 1839, cit. por Langley en *Schäfer Textbook of Physiologie*, t. II, pág. 657.

(3) Schiff: *Leçons sur la Physiologie de la digestion*; Turín, 1867.

(4) Cl. Bernard: *Leçons sur le système nerveux*, t. II; París, 1858.

(5) Budge: *Über die Bewegung der Iris*; Braunschweig, 1855; cit. por Langley.

(6) Van der Beke Callenfels: *Zeitschrift für rationnelle Medizin*, 1855, pág. 157; cit. por Langley.

(7) Ogle: *Med. Chirurgical Transaction*, t. XLI y LII; cit. por Pye-Smith en el *Journal of Physiologie*, t. VIII, pág. 25.

(8) Goltz: *Über die Funktionen des Lendenmarkes des Hundes (Pflügers Arch.*, t. VIII, pág. 491).

hipótesis en el comportamiento de los vasos del pene, argumentando en la siguiente forma: «Si el tono normal de los vasos del pene dependiera exclusivamente de los impulsos del cerebro y de la medula, entonces debería producirse una relajación completa de estos vasos; es decir, una erección tan pronto como, con presión arterial normal, se seccionaran todas las comunicaciones nerviosas del pene con la medula... No obstante, después de esta intervención, lejos de producirse una erección crónica, se observa un relajamiento persistente del pene. Las cavernas vasculares de éste conservan un fuerte tono aun después de interrumpidos todos los puentes nerviosos de relación con los centros. El tono depende, por lo tanto, de un dispositivo periférico, cuya base anatómica creo ha de encontrarse en los ganglios de los vasos del pene».

«Si nos vemos precisados a formular una hipótesis semejante para los vasos del pene, me parece probable que los restantes vasos del cuerpo estén provistos de un dispositivo similar.»

Hemos traducido íntegramente los párrafos más importantes del trabajo de Goltz por el interés que en sí encierran, pues constituyen un antecedente importante de los trabajos que luego realizó con el fin de comprobar su presunción. Y, efectivamente, en trabajos posteriores (1-2) logró completar su hipótesis, según se ve por los párrafos que a continuación reproducimos.

«Doy la mayor importancia al hecho de que el tono de los vasos depende principalmente de determinados dispositivos terminales que residen en los vasos mismos o en sus proximidades inmediatas. He demostrado mi aserto con una serie numerosa de experimentos, de todos los cuales se deduce que la sección de un nervio, sea cual sea, no paraliza indefinidamente el tono de una parte periférica, sino que, por el contrario, en una zona paralizada de esta manera, termina por restablecerse... Por ejemplo: una extremidad en la que se han seccionado todos sus nervios, regula independientemente su tono vascular por medio de los aparatos terminales que en ella se encuentran.»

Dos discípulos de Goltz, Gergens y Werber (3), añadieron nuevos argumentos a las ideas de su maestro observando el comportamiento de los vasos de la rana después de destruir por completo su sistema nervioso central, y terminan asegurando como demostrada «la existencia de tono

(1) Goltz: *Über gefässerweiternde Nerven* (*Pflügers Arch.*, t. IX, pág. 181).

(2) Goltz: *Über gefässerweiternde Nerven, Zweite Abhandlung*, en colaboración con Preusberg y Gergens (*Pflügers Arch.*, t. II, pág. 52).

(3) Gergens y Werber: *Ueber lokale Gefässnerven-Centren* (*Pflügers Arch.*, t. XIII, pág. 52).

en animales privados del sistema nervioso central, y que, por lo tanto, carecen de todos los influjos tonorreguladores que de allí proceden».

El primitivo *experimentum crucis* de Goltz, habrá consistido en demostrar que el aumento de temperatura subsiguiente a la sección del ciático desaparece al cabo de algún tiempo, pudiendo ofrecer los vasos una reacción local a la excitación mecánica y eléctrica, y a los cambios de temperatura, aún en aquellos casos en que la extremidad sólo está unida al resto del cuerpo por medio de los vasos. Los resultados obtenidos respecto a la restauración del tono de los vasos de la oreja del conejo después de la sección del simpático cervical, son contradictorios Pye-Smith (1), que observó los efectos de dicha sección hasta dos años después de haberla practicado, niega que se logre restablecer el calibre de los vasos y que reaparezcan sus contracciones rítmicas espontáneas; pero Roever (2), Paneth (3), Vulpian (4), Schiff, Van der Beke Callenfels y otros autores, han visto que los vasos vuelven al estado de tonicidad primitivo en un periodo de tiempo que oscila entre unos días y un par de meses. De lo que sucede con el esplácnico nos ocuparemos en el próximo capítulo.

De todas maneras, el tono muscular autónomo no es de por sí suficiente para sostener la circulación, a no ser que se tomen precauciones especiales. Si la medula se extirpa trozo a trozo, como han hecho Goltz y Ewald (5) en el perro, y con anterioridad Gergens y Werber en la rana, entonces puede el tono periférico ser suficiente para que perdure la circulación. También se obtiene idéntico resultado anemiando lentamente la medula, tal como lo han hecho Asher y Arnold (6), quienes han podido demostrar que la presión arterial en perros y conejos alcanza una altura de 30 a 40 milímetros de mercurio, después de que ha muerto por anemia el tejido nervioso del animal. La existencia de nervios vasodilatadores y del tono periférico vascular, están perfectamente acordes con la idea ex-

(1) Pye-Smith: *Observations upon the persistent effects of division of the cervical sympathetic*. (*The Journal of Physiologie*, t. VIII, pág. 25, año 1887.)

(2) Roever: *Kritische und experimentelle Untersuchung des Nervehinnflusses auf die Erweiterung der Blutgefässse*. Rostock, 1869, cit. por Paneth.

(3) Paneth: *Einige Versuche betreffend die Innervation der Ohrgefässse bei Kaninchen* (*Centralblatt für Physiologie*, t. I, pág. 272, año 1887).

(4) Vulpian: *Leçons sur l'Appareil vaso-moteur*, pág. 94; Paris, 1875.

(5) Goltz y Ewald: *Der Hund mit verkürztem Rückenmark* (*Pflügers Arch.*, t. LXIII, pág. 389, año 1896).

(6) Asher y Arnold: *Fortgesetzte Untersuchungen Über die Innervation der Atmung und des Kreislaufes nach Unblutiger Auschaltung centraler Theile* (*Zeitschrift für Biologie*, t. XL, pág. 271), cit. del *Physiologisches Centralblatt*, t. XIV, pág. 447, año 1901.

presada por Biedermann (1) de que la existencia de nervios inhibidores suele coincidir con la posesión de un tono autónomo por parte de la estructura inervada.

Ha sido discutido en qué sitio reside la propiedad de tonicidad, y si bien se admite que los ganglios simpáticos envían una cierta excitación tónica permanente a las paredes del vaso, no es menos cierto, según veremos, que, aparte de dichos impulsos tónicos, posee el vaso una tonicidad automática, como lo demuestra el comportamiento de éste cuando se seccionan los haces simpáticos postganglionares.

En el trabajo antes mencionado de Goltz y Ewald, se cita el de un perro al que, después de haberle extirpado completamente la medula y haberse restablecido el tono vascular, le seccionaron el ciático de un lado y obtuvieron en la extremidad correspondiente un aumento de temperatura y un enrojecimiento que desapareció al cabo de unos días, y que puede interpretarse como debido a la desaparición de los efectos del tono ganglionar. Sin embargo, dicho experimento admite otra interpretación, pues el enrojecimiento y la elevación de la temperatura puede atribuirse a la excitación de los vasos dilatadores, irritados al seccionar el ciático y que no habían degenerado después de la extirpación de la medula por conservar su centro trófico, bien en los ganglios espinales o en los simpáticos.

Langley (2) discute estos y otros argumentos que han sido expuestos en pro del automatismo de los ganglios periféricos, y saca la siguiente conclusión: «En conjunto, los hechos conducen a admitir que los ganglios autónomos, después de ser separados del sistema nervioso del animal, no ejercen una acción tónica considerable sobre la musculatura lisa, aunque es posible que ejerzan una ligera acción.»

Queda por saber a qué estructura de la pared del vaso hemos de atribuir la tonicidad. Prescindimos expresamente de exponer el estado actual de la discusión acerca de si existen o no elementos nerviosos celulares en las paredes de los vasos, por ser ésta una materia sobre la cual carecemos en absoluto de experiencia propia.

Bernstein (3) admite como posible la existencia de un tono de las cé-

(1) Biedermann: *Beiträge zur Kenntniss der Reflexfunction des Rückenmarkes* (*Pflügers Arch.*, t. LXXX, pág. 437, año 1900).

(2) Langley: Art. «Automatis of peripheral ganglia» en el cap. «The sympathetic and other related systems of nerves», en *Schäfer Textbook of Physiology*, t. II, pág. 676.

(3) Bernstein: *Versuche zur Innervation der Blutgefäße* (*Pflügers Arch.*, t. XV, pág. 575).

lulas miovasculares. En realidad, ni siquiera el tono de la musculatura estriada parece depender totalmente y de una manera exclusiva de la inervación simpático-autónoma, pues según han demostrado Negrin y von Brucke (1), si se extirpa unilateralmente el simpático abdominal de los gatos, no se nota ninguna diferencia en la tonicidad muscular de ambas extremidades. F. B. Hofmann (2), fundándose en sus experiencias hechas en invertebrados, admite también la posibilidad de un tono propio de las células musculares, independientemente del sistema nervioso. En fin: podría quizás pensarse, según conjeturamos, en que la tonicidad depende de las llamadas «substancias receptivas». No fundamentamos aquí nuestra sospecha, porque creemos estar en vías de aportar argumentos experimentales de valor más efectivo que los hasta ahora existentes, y la exposición de estos últimos nos alejaría con exceso de nuestro asunto. Bayliss (3), al ocuparse del tono arterial de las arteriolas, piensa que éste puede estar sostenido por los cuatro factores siguientes:

- 1.º La propiedad natural de la musculatura estriada de hallarse en un estado permanente de tonicidad parcial.
- 2.º Los impulsos vasoconstrictores continuos emitidos por la excitación tónica de los centros vasoconstrictores.
- 3.º La contracción que produce la adrenalina cuando se encuentra en la sangre al actuar sobre los vasos capilares inervados por el simpático; y
- 4.º La contracción con que responden los vasos a la fuerza normal distensora de la presión arterial.

SEGUNDA PARTE

El esplácnico como nervio vaso-tónico

Una vez adelantadas las generalidades que anteceden acerca de la contractilidad, la inervación y el tono vascular, nos incumbe, en la segunda parte de esta Memoria, entrar de lleno en el estudio de uno de los

(1) Negrin y von Brucke: *Zur Frage nach der Bedeutung des Sympathikus für den Tonus der Skelettmuskulatur* (*Pflügers Arch.*, t. CXLIV, p. 55).

(2) Hofmann: Comunicación hecha en el VI Congreso de Fisiología, cit. por Hofmann en Nagel, *Handbuch der Physiologie*, t. I, pág. 307.

(3) Bayliss: *Principles of General Physiology*, 2.ª edición, pág. 704, año 1918.

nervios vaso-reguladores más importantes del organismo: el esplácnico. A este fin examinaremos su capacidad vaso-tónica y haremos el análisis de su mecanismo. Empezaremos viendo cuáles son los efectos de la sección de uno o más esplácnicos; luego veremos qué consecuencias tiene su excitación, y finalmente discutiremos qué factores son los que condicionan la función tónica de dicho nervio.

A) Efectos de la sección de los esplácnicos

Requiere especial mención la disposición anatómica de los esplácnicos en los animales de experimentación, pues del cuidado en que se tenga la disposición y reparto de estos nervios depende muchas veces el éxito de la intervención experimental.

El esplácnico del perro ha sido descrito por Ellenberger y Sturm (1) y por Biedl (2); de las descripciones de estos autores y de nuestra propia experiencia se desprende que para seccionar todas las ramas de dicho nervio es indispensable buscarlas inmediatamente después de la salida del diafragma, pues de lo contrario, escapan algunos filetes a la operación.

Los primeros estudios del comportamiento de la presión arterial, después de la sección del esplácnico, se deben a Ludwig y Cyon (3), Von Bezold y Bewer (4) y Asp (5), todos los cuales encontraron que dicha sección trae consigo un notable descenso de la presión arterial. Asp encuentra que dicho descenso es en el perro inferior al del conejo, y lo atribuye a que en el primero, el tubo intestinal es más corto que en el segundo.

Con posterioridad a estos autores no nos es conocido ningún estudio analítico de conjunto sobre esta materia, y como los trabajos originales no nos son asequibles, hemos realizado una serie de experimentos a fin de adquirir una experiencia personal y de completar en lo posible los da-

(1) Ellenberger y Sturm: *Systematische und topographische Anatomie des Hundes*, Leipzig, 1891.

(2) Biedl: *Beiträge zur Physiologie der Nebenniere, Die Innervation der Nebenniere* (Pflügers Arch. t. LXVII, pág. 453, año 1897).

(3) Ludwig y Cyon: *Berichte der sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften*, año 1866, cit. por Luciani, *Fisiología humana*, ed. esp. I, pág. 317.

(4) Von Bezold y Bever: *Untersuchungen aus dem Physiologischen. Laboratorium in Würzburg*, año 1867, cit. por Luciani, pág. 317.

(5) Asp: *Sächsisch Berichte*, t. XIX, pág. 141, año 1867, cit. por Hofmann, pág. 306.

tos que poseemos. Los animales de experimentación usados por nosotros han sido perros y conejos; como anestésicos hemos utilizado cloralosa para los primeros, y uretano, reforzado, a veces con éter, para los segundos.

Tanto en el perro como en el conejo, se observa al hacer el corte de los nervios un pequeño aumento (no constante), debido, según creemos, a la excitación que el traumatismo produce en el nervio.

Si se secciona un solo nervio, no siempre se produce descenso, y si lo hay, suele acentuarse al hacer la sección del segundo. En la figura primera reproducimos una gráfica de las variaciones de la presión arte-

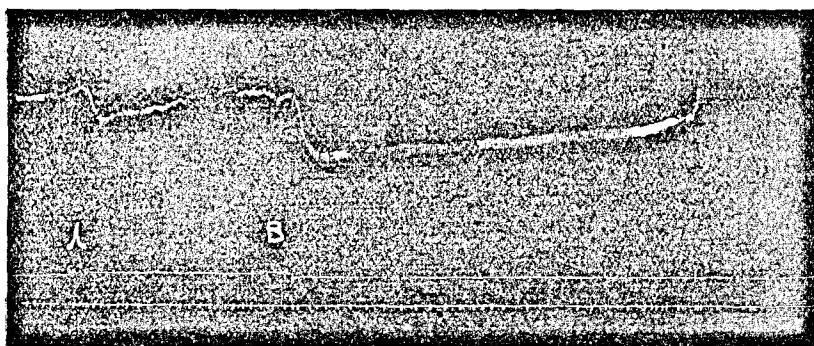


FIG. 1

Sección de los esplácnicos de un conejo. En A se secciona el esplácnico izquierdo; en B, el derecho

rial de un conejo a medida que se le van seccionando los esplácnicos. En A, al cortar el esplácnico izquierdo, se observa primeramente un aumento de breve duración, que va seguido de un descenso; mas al cabo de unos dos minutos, la presión arterial alcanza el nivel primitivo. La sección del esplácnico derecho va seguida de un nuevo descenso; éste es más intenso y duradero, pero que de todas maneras no dura más allá de cuatro minutos. Es éste un caso en que, según demuestra la gráfica, la disminución general del tono de los vasos intestinales es de una duración extremadamente corta. Como el presente, tenemos un gran número de experimentos más, y, por lo tanto, no se nos alcanza cómo han sido dadas cifras de ocho y más días para el restablecimiento completo del tono vascular después de la sección de dichos nervios (1).

(1) Véase Hill en el cap. «The mechanism of the circulation» en *Schäfer Textbook of Physiology*, t. I, pág. 138.

En el perro suele ser, efectivamente, menor el descenso de presión arterial subsiguiente a la esplacnicotomía. La gráfica segunda permite apreciar por simple inspección de la marcha de la presión en qué momentos se realizaron los cortes, pues se aprecian breves alteraciones de la tensión arterial, según se ve en esta gráfica, y en la siguiente, el descenso de presión es menos apreciable en el perro que en el conejo. Además, en el perro se presenta a veces el descenso cierto tiempo después de la sección (fig. 3).

En general, nuestra experiencia es la de que si se opera con esmero, puede algunas veces reducirse el descenso de presión y se logra que el

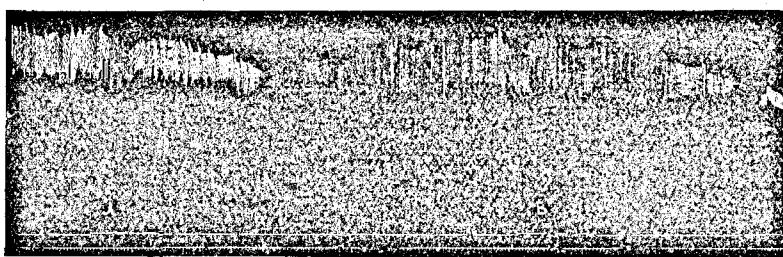


FIG. 2

Sección de los esplácnicos de un perro. En A, sección del derecho; en B, del izquierdo

restablecimiento general del tono sea bastante rápido. Tenemos la impresión, y el asegurarlo tendría que ser objeto de ulteriores estudios, de que en el sistema ganglionar simpático-autónomo-abdominal puede subsistir, por lo menos parcialmente, la acción tónica del esplácnico, lo cual se opone a las ideas de Langley, expuestas en la primera parte de esta Memoria. Nos reservamos el volver a tratar en otra ocasión acerca de este punto con más prolividad, porque juzgamos que las ideas hoy dominantes respecto al influjo que la sección de los esplácnicos puede ejercer sobre la presión arterial no son del todo exactas, lo cual no sería extraño, si se tiene en cuenta que las investigaciones de detalle referentes a este asunto datan de hace unos cincuenta años, y en esa época no eran conocidas las fuentes de error susceptibles de alterar los resultados experimentales.

B) Efectos de la excitación de los esplácnicos

El primer estudio acerca de la excitación de los esplácnicos fué realizado por Johansson (1), quien, por consejo de Ludwig, y en el laboratorio de este último, llevó a cabo un trabajo sobre la acción de los vaso-motores, después de seccionar los nervios cardíacos cerebro-espinales, obteniendo, en lo que se refiere a la acción del esplácnico, los siguientes resultados:

«Cuantas veces se prolongaba una excitación eficaz más de cinco segundos, si se anotaba la variación de presión producida hasta su desapa-

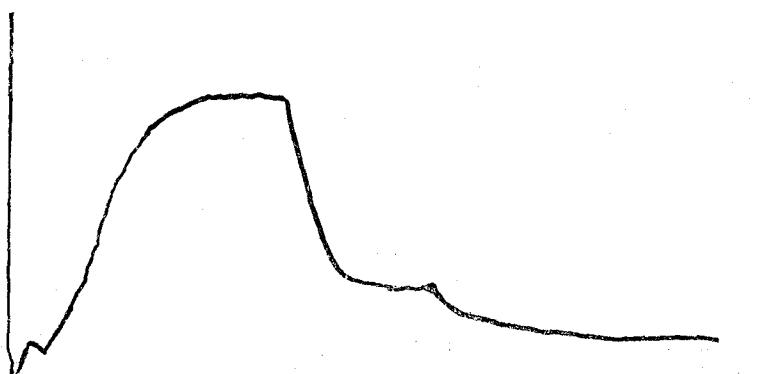


FIG. 4

Esquema de Johansson sobre la marcha de la presión arterial, después de excitar el esplácnico. El trabajo de este autor fué hecho sin registrar la presión arterial, empleando la simple anotación de la altura que alcanzaba el mercurio en el manómetro

rición, es decir, hasta que la presión, aumentada por la excitación del nervio, volvía a la altura que tenía antes de excitarle, se obtenían curvas de tipo coincidente, tomando el tiempo como abscisa y las presiones como ordenadas.

»Si se toma como abcisa la presión media, antes de la excitación, la curva de la variación de la presión es la representada por la fig. 4. A partir del cero se eleva la presión bruscamente y en línea recta, pero pronto se retrasa la velocidad del ascenso, que llega a pararse e incluso a cambiar de dirección, aunque sólo transitoriamente, puesto que de nue-

(1) Johansson: *Die Reizung der Vaso-motoren nach der Lähmung der cerebro spinalen Herzenerven* (Arch. für Physiologie, año 1891, pág. 103).

vo se inicia el ascenso con un crecimiento acelerado, aproximándose con velocidad retardada y asintóticamente a un máximum. Los trozos de la rama ascendente de la curva, caracterizados por una inflexión, pueden designarse con los nombres de pie, descenso, ascenso rápido y descenso rápido.»

»Una vez que ha cesado la tendencia a subir, se produce un descenso, al principio con velocidad creciente, y luego más lentamente, hasta que en la proximidad de la abscisa parece estancarse, para volver a bajar de nuevo al cabo de algún tiempo.»

Respecto a la interpretación de sus resultados nada avanza Johansson. Bayliss y Starling (1) y Mall (2) confirmaron los resultados de Johansson, sin encontrar tampoco explicación plausible. Lehndorff (3) fué el primero que intentó con cierto éxito hallar una explicación al singular comportamiento de la presión arterial después de excitar los esplácnicos. Trabajando bajo la dirección de Starling investigó este autor qué factores son los que intervienen en las variaciones de las presiones arteriales después de la excitación del esplácnico, partiendo de que podían ser de tres clases; factores de origen reflejo, o bien variaciones del estado de contracción de los vasos, o, finalmente, variación de la energía del corazón durante la excitación. Estudiando el comportamiento de los vasos y del corazón llegó Lehndorff a las siguientes conclusiones:

«Primero aumenta la presión arterial a causa de la contracción de los vasos motivada por la excitación. A pesar de que la contracción persiste, desciende la presión o se suspende por lo menos su continuo ascenso, porque la capacidad del corazón es insuficiente; mas de nuevo vuelve a aumentar la presión con velocidad acelerada, porque el corazón empieza a trabajar con mayor energía. La presión se mantiene aumentada aun después de terminada la excitación y de que ha desaparecido la contracción de los vasos, porque el corazón continúa durante algún tiempo latiendo con gran vigor.»

No indica Lehndorff a qué sería debida la alteración de la capacidad funcional del corazón como consecuencia de la excitación del esplácnico,

(1) Bayliss y Starling: *Observations on venous pressures and their relationship to capillary pressures.* (*Journal of Physiology*, t. XIV, año 1894, página 159.)

(2) Mall: *Der Einfluss des Systems der Neva portae auf die Vertheilung des Blutes.* (*Arch. für Physiologie*, año 1892, pág. 409.)

(3) Lehndorff: *Über die Ursachen der typischen Schwankungen des allgemeinen Blutdruckes bei Reizung der Vaso-motoren.* (*Arch. für Physiologie*, año 1908, pág. 362.)

ya que no es posible admitir que dicho nervio tenga una acción directa sobre el músculo cardíaco. Cabe desde luego suponer una acción refleja de mecanismo un tanto complicado o más bien una adaptación del corazón, con efectos de hipercompensación, al aumento de trabajo que supone el crecimiento de las resistencias musculares periféricas debidas a la contracción.

Elliot (1), estudiando la regulación nerviosa de las suprarrenales en el gato, se ocupó también de las variaciones de presión arterial después de la excitación de los esplácnicos, y encuentra que en animales psíquicamente excitados la excitación de los esplácnicos, con frecuencia, deja de producir el descenso secundario, atribuyendo a una descarga de adrenalina insignificante dicho efecto. El aumento secundario sería originado por el incremento de secreción de la medula de los adrenes.

Von Anrep (2) intentó ver en el perro si los efectos que según Lehn-dorff tiene la excitación del esplácnico sobre el corazón y los vasos, pueden o no ser debidos a secreción de adrenalina. A fin de suprimir toda acción refleja sobre el corazón, seccionaba los pneumogástricos y extirpaba los ganglios estrellados. La ligadura de las suprarrenales de un lado evitaba la aparición de la curva típica excitando el nervio de dicho lado. La supresión de la ligadura hacia reaparecer los efectos habituales. El pulso dejaba de acelerarse cuando se excitaba después de la ligadura. En cuanto a la acción periférica pudo demostrar Von Anrep, por medio de plethysmogramas y onogramas, después de enervar respectivamente las extremidades y el riñón, que era debida a la adrenalina, pues si bien con suprarrenales intactas aumentaba primeramente el volumen de la extremidad, para disminuir inmediatamente mientras duraba el aumento de presión secundario, en cambio, después de ligar las suprarrenales se correspondían perfectamente el aumento de presión arterial y el del volumen de la extremidad. Por lo tanto, los cambios de los vasos periféricos que Bay-liss (3) atribuía a una reacción local de los vasos sería debido, en este como en otros casos (4), a una intervención de la adrenalina. Von Anrep

(1) Elliot: *The control of the suprarenal glands by the aplanchnic nerves.* (*Journal of Physiology*, t. XLIV, pág. 374, año 1912.)

(2) Von Anrep: *On the part played by the suprarenals in the normal vascular reactions of the body.* (*Journal of Physiology*, t. XLV, página 307, año 1912-13.)

(3) Bayliss: *On the local reactions of the arterial wall to changes of internal pressure.* (*Journal of Phys.*, t. XXVIII, pág. 220, año 1902.)

(4) Von Anrep: *On local Vascular reactions and their interpretation.* (*Journal of Physiology*, t. XLV, pág. 319, año 1912-13.)

resume diciendo que la fase secundaria va acompañada de constricción de los vasos sanguíneos periféricos y de aceleración y aumento del tono cardíaco, aun después de la denervación. El aumento secundario y todos los fenómenos concomitantes son debidos a la descarga de adrenalina en la circulación y no se presentan después de extirpar ambas cápsulas suprarrenales.

Gley y Quinquaud (1) en una serie de recientes trabajos han intentado echar por tierra los resultados e interpretaciones de Elliot y Von Anrep. Según Gley y Quinquaud, ni la adrenectomía, ni la destrucción de la substancia medular, ni la ligadura de los troncos venosos lumbo-suprarrenales, cambiaría la gráfica típica subsiguiente a la excitación de los esplácnicos. Los resultados contradictorios obtenidos por los otros autores serían debidos a la lesión de los esplácnicos.

Pearlman y Swale Vincent (2), en vista de los resultados de Gley y su colaborador, reanudaron el estudio de esta cuestión, trabajando con gatos, perros y conejos, y procurando descartar todas las posibles fuentes de error, encontrando desde un principio que existen diferencias notables en las gráficas que se obtienen, según el animal y las condiciones en que éste se encuentra. Por de pronto, el anestésico modificaría considerablemente el tipo de la gráfica. Así la administración de curare y de cloroformo impediría la aparición del descenso primario, razón a la cual se debería el que las gráficas obtenidas por Von Anrep en el perro (anestesiado con una mezcla de alcohol, cloroformo y éter) no presentaran la particularidad mencionada. En cuanto al influjo que la ligadura de los vasos de los adrenes pueda tener sobre el aspecto de la curva de la presión arterial, coinciden Pearlmann y Vicent con Elliot y Von Anrep. Si ligan las venas lumboadrenales, no se observan ni el descenso primario ni el ascenso secundario, y esto no puede ser atribuible a una lesión de los esplácnicos producida al efectuar la operación de ligar los vasos, porque los autores preparan primero cuidadosamente la región adrenal para llevar a

(1) Gley y Quinquaud: *Influence de la sécretion surrénales sur les actions vaso-motrices dépendant du nerf splanchnique.* (*Comptes rendus de l'Acad. des Scienc.*, t. CLVII, pág. 66, año 1913.)

Des rapports entre la sécretion surrénales et la fonction vaso-motrice du nerf splanchnique. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, t. CLXII, pág. 86, año 1916.)

La fonction des surrénales. 1. Du rôle physiologique supposé de l'adrénaline. (*Journal de Physiologie et de Pathologie Générale*, t. XVII, pág. 807, año 1918.)

(2) Pearlman y Vicent: *The function of the chromaphil Tissues.* (*Endocrinology*, t. III, pág. 121.)

cabo la ligadura; excitan después el esplácnico antes de ligar; ligan; vuelven a excitar el esplácnico; quitan la ligadura y repiten la excitación, suprimiendo así el error posible que pudiera acarrear una eventual destrucción de algunos filetes del esplácnico. Respecto al estado de los vasos periféricos confirman estos autores los resultados de Von Anrep.

C) Nuestras experiencias acerca de los efectos de la excitación de los esplácnicos

Según se ve por la exposición que hemos hecho de los trabajos más recientes sobre los efectos de la excitación de los esplácnicos, existe una contradicción absoluta en los resultados obtenidos por diferentes investigadores. La razón de esta contradicción estriba probablemente en diferencias de las condiciones experimentales en que actuaban los experimentadores. Y, en efecto, es de presumir que tanto las diferencias de intensidad de la excitación, como la presencia de mayor o menor cantidad de adrenes accesorios, puede influir sobre el aspecto general de las gráficas obtenidas. Pensando en ello hemos acometido el estudio de esta cuestión con la técnica y resultados que a continuación exponemos.

Técnica.—Hemos trabajado en conejos y perros, empleando como anestésico para los primeros, uretano para los perros, cloralosa y excepcionalmente la cloretona. A fin de evitar trastornos reflejos de origen bulbo-medular, seccionábamos previamente los pneumogástricos. Las intervenciones y manipulaciones en la región adrenal las hacíamos por vía lumbar, con lo cual se evitan las alteraciones reflejas de presión que origina el contacto con los intestinos y otros órganos intraperitoneales. Los esplácnicos han sido siempre seccionados inmediatamente por debajo de su salida del diafragma. Ha sido casi siempre excitado el esplácnico izquierdo, por ser sabido, desde los trabajos de Kahn (1), que ramas de dicho nervio van a ambas suprarrenales, lo cual no sucede con el esplácnico derecho.

La ligadura de las venas lumbo-suprarrenales era, unas veces permanente, otras no. La intensidad de las excitaciones se variaba entre amplios márgenes.

Resultados.—En general, se han confirmado los resultados de Johansson, Lehndorff, von Anrep y los demás autores en lo referente al aspecto

(1) Kahn: *Zuckerstich und Nebennieren* (*Pflügers Arch.*, 139, pág. 209, año 1911).

de la gráfica de la expresión arterial después de excitar los esplácnicos. Pero además se ha visto que cuando la excitación es débil, es menos aparente que el aspecto típico de la gráfica, que se acentúa a medida que incrementa la intensidad de la excitación. Principalmente el segundo aumento es el que mayor altura alcanza en relación con el crecimiento de intensidad de la excitación, observándose que a medida que se aproxima el carrete secundario al primario, en el aparato de inducción, es mayor el ascenso secundario.

El aspecto general de la marcha de la presión arterial después de excitar los esplácnicos en el perro, se puede ver perfectamente en la figu-

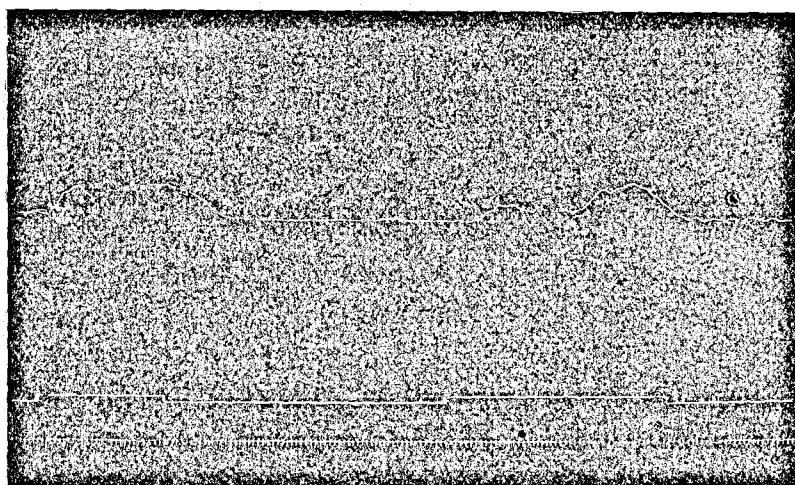


FIG. 6

Conejo anestesiado con uretano. Sección de ambos esplácnicos y excitación del esplácnico izquierdo

ra 5; la del conejo en las figs. 6 y 7. Un hecho digno de mención es que con frecuencia el segundo aumento va acompañado de una aceleración de los latidos del corazón y de un incremento de su poder de contracción, como lo atestiguan algunas de las gráficas que presentamos, especialmente la correspondiente a la fig. 8.

Respecto al aspecto de la gráfica, cuando se ligan las suprarrenales, ya hemos dicho que nuestros resultados son opuestos a los de Gley, concordando, por consiguiente, con los de Von Anrep y Swale Vincent. La gráfica de la fig. 9 es prueba evidente de lo que decimos. En la primera, procedente de un perro anestesiado con cloralosa, se ve que cuando se excita en B, en E y en H, el aumento de presión es muy

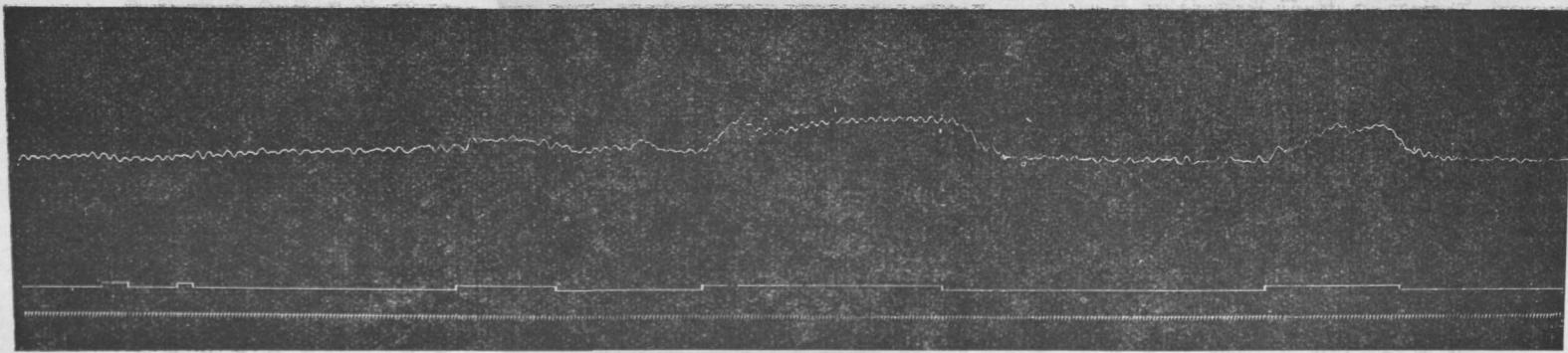


FIG. 7

Conejo anestesiado con éter. Sección de ambos esplácnicos y excitación del izquierdo

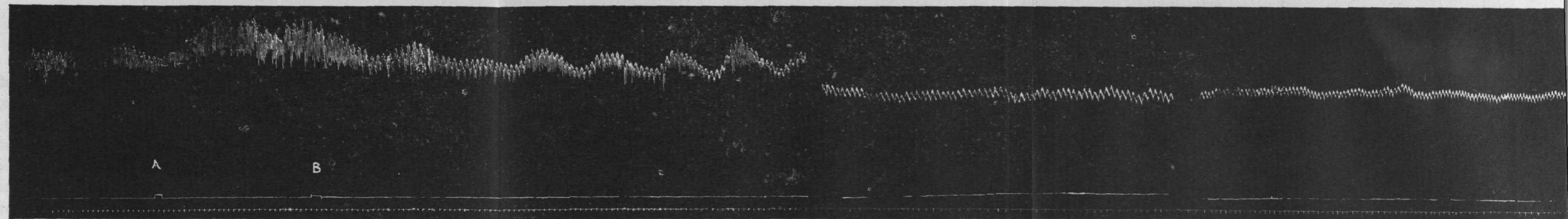


FIG. 3.—Sección de los esplácnicos de un perro. En A, sección del derecho; en B, del izquierdo. La aparición del descenso es bastante tardía

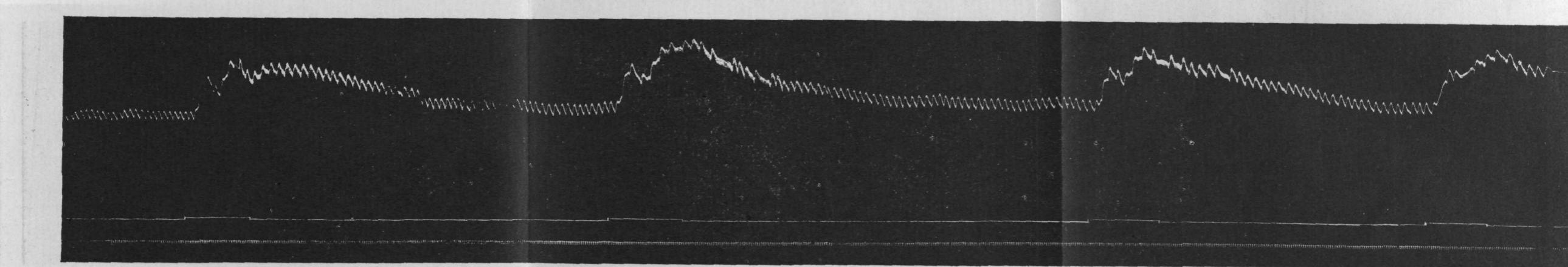


FIG. 5.—Perro clorolasolado al cual se le han seccionado los esplácnicos. Excitación del esplácnico izquierdo con corriente de intensidad media. El efecto de las excitaciones de idéntica intensidad y de duración aproximadamente igual es casi constante

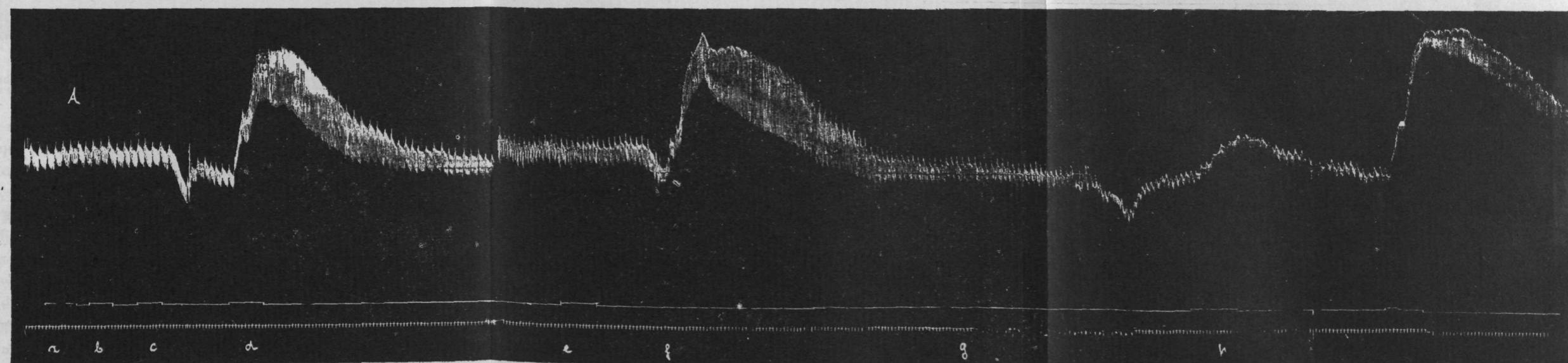


FIG. 9.—Perro anestesiado con cloralosa. Sección de ambos esplácnicos. Excitación del derecho. A y G, se ligan las venas lumbo-adrenales; B, E y H, momentos en que se excita, estando ligadas las venas suprarrenales; D e I, excitaciones del esplácnico sin ligadura

reducido y no presenta el segundo aumento. En cambio, las excitaciones en E y en I son de efectos más intensos, y la gráfica presenta los rasgos típicos de la excitación de los esplácnicos. Otra particularidad digna de hacerse resaltar, y que hemos observado con gran frecuencia, aunque nunca con tanto relieve como en la gráfica que reproducimos, es el aumento espontáneo F de la presión arterial, después de aflojar las ligaduras que comprimían las venas suprarrenales. Constituye esto una prueba irrefutable: primero, de que en nuestros experimentos permanecía funcionalmente íntegra la inervación del adrén, a pesar de las ligaduras; y

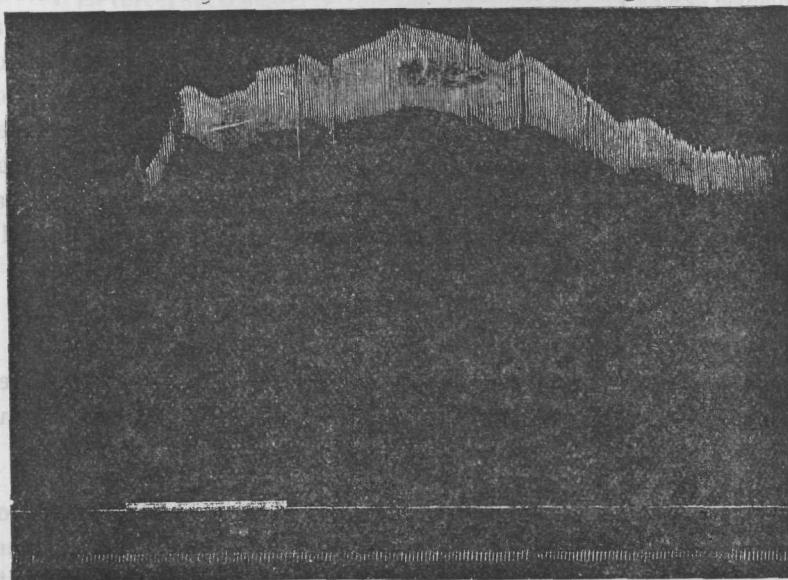


FIG. 8

*Perro cloralizado. Excitación del esplácnico izquierdo, después de esplacnicotomía doble
Se observa durante el segundo ascenso un aumento de las contracciones cardíacas*

segundo, de que la excitación del esplácnico produce una descarga tal de adrenalina, que ésta, por sí sola, y sin necesidad de la vasoconstrictora por acción nerviosa, origina un aumento tan crecido, duradero de la presión arterial, como el que produciría la evitación del esplácnico con adrenes intactos y no ligados.

Una gráfica obtenida con un perro anestesiado con cloretona podría quizás darnos la clave de por qué difieren los resultados obtenidos por Gley de los nuestros y los de otros autores. En efecto, en la primera parte de la gráfica vemos que a pesar de estar ligadas ambas venas suprarrenales, el aumento de presión subsiguiente a la excita-

ción de los esplácnicos presenta la típica muesca característica de la acción de la adrenalina. Después de mucho buscar el porqué, logramos averiguar que esta singularidad era debida a que en este experimento sólo habíamos ligado la parte de la vena que desemboca en la cava, y habíamos dejado sin ligar la parte periférica del vaso; y efectivamente, tan pronto realizamos la doble ligadura, desapareció la inflexión de la curva y el ascenso secundario. Al parecer, se había establecido una especie de circulación de reflujo, por donde escapaba adrenalina que al penetrar en la circulación general provocaba los efectos mencionados. Quizá por los defectos de un *modus operandi* similar podríamos explicarnos los experimentos de Gley en que ha practicado la ligadura de las venas, si bien este autor hace notar expresamente que coloca dos ligaduras, una delante y otra detrás del órgano. Mas para aquellos casos en que Gley y Quinquaud practican la adrenéctomía o destruyen por cauterización la medula suprarrenal, no vemos por ahora otra explicación más que la posibilidad de que estas intervenciones fueran técnicamente incompletas. Por otra parte, cabe pensar en la presencia de tejido cromófilo accesorio.

D) Resumen y discusión de los hechos expuestos acerca del poder vasotónico del esplácnico, y en general del mecanismo del tono vascular.

Hemos visto, en primer término, que la sección de ambos esplácnicos no siempre va seguida de un descenso de la presión arterial, y que cuando éste se produce es con frecuencia pasajero. La contradicción evidente de nuestros resultados con los de Ludwig y Cyon, Asp y von Bezold y Bever, depende, probablemente, de las diferentes condiciones experimentales. Nosotros hemos trabajado siempre con animales profundamente anestesiados, y hemos realizado las intervenciones operatorias por vía extraperitoneal. Nada tendría de particular en la divergencia de los resultados, fuera debida a efectos de *shock* operatorio, producido en los experimentos de los autores antedichos, pues si bien ignoramos la técnica exacta empleada por ellos, es de presumir, dada la época en que efectuaron sus trabajos, que no ofrecerían garantías contra los efectos del *shock* operatorio. Y, en efecto, en el transcurso de nuestros experimentos, hemos tenido ocasión de observar que cuando la anestesia no es perfecta, o se desgarra el peritoneo y se injuria involuntariamente la masa intestinal, se producen descensos de presión arterial a veces considerables y bas-

tantes duraderos. Si admitimos como fundamentada nuestra explicación, hemos de convenir en que de los cuatro factores que Bayliss supone intervienen en el mantenimiento del tono vascular, el segundo, referente a los impulsos vasoconstrictores continuos emitidos por la excitación tónica de los centros vasoconstrictores, desempeña un papel secundario. Una solución definitiva de esta cuestión podría quizás darla el estudio de las corrientes de presión de los nervios vasomotores; mas por dificultades técnicas aun no del todo vencidas, no nos ha sido dado resolver aún este delicado e importante problema.

El tercer factor que, según Bayliss, regularía el tono vascular, sería «la contracción que produce la adrenalina cuando se encuentra en la sangre al actuar sobre los vasos capilares inervados por el simpático». Es éste un punto que requiere un análisis más detenido. Pero ante todo conviene poner en claro en qué forma habría que entender una supuesta acción vaso-tónica de la adrenalina: si actuando en una forma constante y permanente como la da a entender Biedl (1) al decir «que el sostenimiento y la regulación tónica en toda la extensión del sistema nervioso simpático es una función de la secreción interna del sistema adrenal», para lo cual habría que admitir que «la secreción de la parte intracapsular del sistema adrena se vierte constantemente en la circulación general, al través de la vena suprarrenal, de tal manera, que la sangre contiene siempre una determinada cantidad de adrenalina, y que existe, por lo tanto, una adrenalinemia fisiológica» (2). O si admitimos que la secreción adrenal sólo tiene lugar, por lo menos de una manera efectiva, en aquellas circunstancias en que necesidades del organismo o condiciones fisiológicas determinadas lo requieran. Esta última teoría ha sido enunciada con mayor o menor claridad por diferentes autores, y con más precisión por Hoskins (3), quien admite que los adrenes sólo desempeñan un papel secretor regulador de la circulación en casos de necesidad. Estableciendo una analogía con las demás secreciones del organismo, mejor conocidas, hay que convenir en que esta última hipótesis es la más aceptable, pues todos los órganos secretores poseen períodos de reposo casi completo al lado de períodos de intensa actividad.

Contra la primera hipótesis habla no sólo la circunstancia de que constituiría un tipo de secreción sin análogo en el resto del organismo, sino

(1) Biedl: *Innere Sekretion*, 2.^a ed., t. II, pág. 30, año 1913.

(2) Biedl: *Ibid.*, pág. 21.

(3) Hoskins: *The Relation of the adrenal Glands to the Circulation of the blood*, *Endocrinology*, t. I, pág. 292, año 1917.

que existen un sinfín de hechos que la contradicen directamente, y que, a nuestro entender, han sido utilizados sin fundamento suficiente para rebatir la segunda teoría. En efecto: se ha tratado de encontrar un argumento en contra de la intervención de la adrenalina en la regulación del tono arterial, en el hecho de que la ligadura o extirpación de las cápsulas suprarrenales no produce, según gran número de autores, un efecto inmediato sobre la presión arterial. Lewandowsky (1) observó que la presión arterial de cuatro conejos y de un perro, a los que había extirpado ambas cápsulas suprarrenales, no bajaba de un periodo de tiempo de veinte a treinta minutos después de la extirpación. Camus y Langlois (2), Young (3), Hoskins (4), Austmann y Halliday (5), y últimamente Gley y Quinquaud (6), han confirmado los resultados de Lewandowsky. Por otra parte, Strehl y Weiss (7) observaron, en cambio, después de adrenectomía, un descenso considerable de la presión arterial; y Bazett (8), recientemente en un estudio muy minucioso y detenido de esta cuestión, encuentra que, si bien el descenso de presión arterial es extraordinariamente lento, éste se produce, llegando a alcanzar un 30 ó 40 por 100, entre las diez y ocho y las veinticuatro horas; y si se producen estímulos sensibles a los cuales el animal reacciona con un aumento de presión arterial, entonces, pasado este momento, se inicia el descenso con mayor rapidez, lo cual, a nuestro juicio, constituye un hecho de gran importancia teórica,

(1) Lewandowsky: *Zur Frage der innere Sekretion der Nebenniere und Niere*, *Zeitsch. für klin. Medizin*, t. XXXVII, pág. 135, año 1899, cit. por Gley.

(2) Camus y Langlois: *Sécrétion surrénales et pression sanguine*. (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. LII, pág. 210, año 1900.)

(3) Young: *Internal secretion of the suprarrenal. Experiments with the blood stream from the suprarrenal glands of the dog*. (*Journal of Physiology*, tomo XXXVII.)

(4) Hoskins y Mac Clure: *The relation of the adrenal glands to blood pressure*. (*American of Physiology*, t. XXX, pág. 192.)

(5) Austmann y Halliday: Trabajo inédito referido por Swale Vincent en *Recent views as to the function of the adrenal bodies*, *Endocrinology*, t. I, página 140, año 1917.

(6) Gley y Quinquaud: *La sécrétion surrénal d'adrenaline n'est pas nécessaire au maintien de la pression artérielle*. (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. LXXXII, pág. 1.175, año 1919.)

(7) Strehl y Weiss: *Beiträge zur Physiologie der Nebenniere*. (*Pflügers Arch.*, t. LXXXVI, pág. 107, cit. *Centralblatt für Physiologie*, t. XV, pág. 418, año 1902.)

(8) Bazett: *The time relation of the blood-pressure changes after excision of the adrenal glands, with some observations on blood volume changes* (*Journal of Physiology*, 53, 300, 1920).

pues parece indicar que la ausencia de adrenalina necesaria para reforzar el tono después de un esfuerzo anormal originaría la aceleración de la disminución del tono vascular. Nosotros hemos observado en una serie de animales con adrenectomía doble, crónica, a los cuales, con otros fines que el del presente trabajo, medíamos la presión arterial, que la presión no rebasa generalmente de 40 milímetros de mercurio, siendo así que normalmente la presión arterial del conejo oscila alrededor de 80 a 100 milímetros de mercurio. Esta observación nuestra, perfectamente acorde con los experimentos de Bazett, habla en pro de una acción tonorreguladora de la adrenalina.

Los hechos que anteceden nos permiten sentar las siguientes

CONCLUSIONES

Primera. El descenso de presión arterial provocado por la sección de los esplácnicos es pasajero y puede incluso faltar.

Segunda. Los impulsos nerviosos de origen central ejercen un papel secundario en el sostenimiento del tono vascular.

Tercera. El descenso primario y ascenso secundario que se observa después de excitar los esplácnicos, es debido a una descarga de adrenalina.

Cuarta. La parte medular de los suprarrenales juega un papel importante en la regulación del tono vascular.

Quinta. Este papel no hay que concebirlo como el de una acción permanente, que sería sin igual en la fisiología de todos los órganos secretores.

Sexta. De igual carácter y permanencia parece carecer la acción tonorreguladora de origen central, por lo menos en el área inervada por el esplácnico.

Séptima. Independientemente del sistema nervioso y de la secreción adrenal, puede el sistema vascular sostener su tonicidad propia, lo cual constituye una propiedad general inherente a la musculatura lisa.