

OSSERVAZIONI SULLA INNERVAZIONE
DEL SISTEMA DI CONNESSIONE SENO-ATRIALE
ED ATRIO-VENTRICOLARE
DEL CUORE DEI MAMMIFERI (*)

GIUSEPPE VERGA

SUMMARIVM. — Subtiliores partes innervationis motoriae ac sensitivae totius systematis connexionis cordis mammiferorum Auctor describit, ostendens tales adesse anatomicas notas, quibus reflexae reactionis evenire possint.

Riferendomi ad una mia precedente pubblicazione in collaborazione col PALUMBI sulla innervazione del nodo seno-atriale della talpa; ripeto qui soltanto riassuntivamente i dati bibliografici che avevamo esposti in quella pubblicazione e che riguardavano tutto il sistema di connessione cardiovettore in generale.

Risulta dalla bibliografia che: secondo alcuni l'innervazione del tessuto nodale non avrebbe nessun carattere distintivo rispetto a quella del comune miocardio: a tale conclusione pervengono infatti DE GAETANI 1911, MORISON 1912, HOLMES 1921, ecc.

Altri autori usando una tecnica più fine hanno constatato che il tessuto specifico è più riccamente dotato di strutture nervose che non il circostante miocardio (DE WITT 1909, ENGEL 1910, OPPENHEIMER 1912, LAWRENTJEW 1930, SCAGLIA 1927, PACE 1931, 1932, 1934, ARPINO 1932, 1934, CHIODI 1932 e 1936, VITALI 1937, e da ultimo ABRAHAM 1940).

(*) Nota presentata dall'Accademico Pontificio Antonio Pensa nella Tornata dell'8 Giugno 1941.

Lavoro eseguito presso l'Istituto Anatomico della R. Università di Pavia.

Vi sono poi autori per i quali il tessuto specifico è non solo più ricco di strutture nervose che il circostante miocardio, ma è dotato di suoi particolari apparati nervosi (MEJKLEJOHN 1913, VITALI 1937, ecc.).

Infine altri autori, per la complessità d'innervazione del sistema specifico e per alcune sue caratteristiche morfologiche, sono giunti a paragonare l'apparato specifico ai fusi neuro-muscolari dei muscoli somatici (RETZER 1908, KEITH e MACKENZIE 1910, KENT 1914, VITALI 1937).

Altri invece negano decisamente questa interpretazione: principalmente vi si oppone il WILSON (1909) seguito da altri, pur annettendo al sistema il significato generale di organo neuro-muscolare.

Particolare rilievo meritano le notizie forniteci da alcuni dei ricercatori più recenti e che avendo ottenuti i reperti più fini hanno approfondito il problema dei rapporti fra fibre nervose e fibre muscolari specifiche del sistema di connessione.

SETO (1936) asserisce che nell'uomo tutte le fibre muscolari cardiache, tanto le comuni che le specifiche, vengono esclusivamente innervate per mezzo di reti terminali nervose, che nel cuore «non sembrano estese così fittamente come in altri tessuti... ma vi formano cordoni più o meno stretti» i quali, anastomizzandosi fra loro più volte, darebbero origine ad un plesso nervoso a maglie grossolane. Concorrerebbero alla formazione di questo reticolo terminale fibre simpatiche e vagali ed i prolungamenti di cellule nervose intramurali.

Nel fascio atrioventricolare si troverebbero molto più abbondanti che altrove fibre mieliniche molto grosse, di natura afferente o sensitiva. Inoltre le fibre muscolari specifiche «in modo spiccato e forse più riccamente che quelle comuni» sarebbero provviste di terminazioni sensitive. Riproduce a fig. 20, una di queste terminazioni che egli ascrive al secondo, fra i due tipi da lui riscontrati nel cuore; essa sarebbe rappresentata da numerose ramificazioni le quali, nella zona recettoria, terminerebbero liberamente.

VITALI (1936) ha riscontrato che ciascuna fibra del Purkinje, in *Ovis Aries*, sarebbe rivestita da una rete nervosa da cui partirebbero ramificazioni penetranti, non solo fra le cellule di cui la fibra risulta composta, ma anche nel citoplasma di tali cellule. Pertanto egli è propenso a ritenere che «l'apparato nervoso sopra descritto (nel quale le fibre del Purkinje esplicano una funzione analoga a quelle delle fibre muscolari del fascetto di WEISSMANN dei fusi neuro muscolari dei

muscoli volontari) sia un apparato neuro-muscolare di natura afferente».

Interessante da parte del ABRAHAM è la critica al « terminal - reticulum «di Seto» i cui disegni - egli dice - sono molto belli tecnicamente ma probabilmente rappresentano fatti completati con un po' di fantasia».

Infatti allo stesso ABRAHAM molte formazioni che ad un primo esame erano sembrate reticoli terminali, ad un più scrupoloso esame con ingrandimenti fino a 2400 diametri si manifestarono formate non da fibre anastomizzate, ma da fibre decorrenti su piani differenti l'una sopra dell'altra: risultandone plessi straordinariamente fini di tenpi fibrille.

Riguardo al problema ancora aperto del modo di terminare delle fibre intracardiache, ABRAHAM reputa che vi debbano essere terminazioni, come del resto è stato dimostrato dalla fisiologia e dalla farmacologia.

Nell'epicardio e nell'endocardio della zona del seno ha visto anche espansioni sensitive.

Pur senza essere in grado di prendere una posizione riguardo alla natura della funzione del tessuto nodale ritiene che la ricchezza di nervi della regione stessa non depona certo in favore della teoria miogena della conduzione dello stimolo.

La questione tanto dibattuta trovavasi a questo punto quando io e PALUMBI, in collaborazione, riprendemmo a studiare con fini metodi tecnici l'innervazione del nodo seno atriale della talpa la cui particolare ricchezza aveva già colpito l'attenzione di altri ricercatori. Le nostre ricerche portarono ai seguenti risultati:

1°) che al nodo del seno della talpa è annesso un ganglio e che questo ganglio è di natura simpatica;

2°) che al complesso rappresentato dal ganglio e dal nodo del seno giunge un ramo nervoso del plesso cardiaco costituito da fibre presumibilmente del nervo vago ed altre ortosimpatiche;

3°) che le fibre ortosimpatiche formano prevalentemente i plessi perivasali;

4°) che le fibre del vago in parte sono fibre pregangliari che si mettono in rapporto per mezzo di sinapsi neurosomatiche con le cellule del ganglio; in parte si distribuiscono largamente e direttamente nella compagine del nodo;

5°) che queste ultime fibre molto numerose e variamente disposte formano nel nodo un fittissimo plesso compenetrante il tessuto musco-

lare specifico di esso e che si risolvono negli interstizii fra le fibre muscolari del nodo ed anche intorno a queste in grovigli terminali assai intricati e bizzarri. Non esitammo a ritenere che questi grovigli costituiscono nel loro insieme un sistema espansionale periferico sensitivo che in qualche dettaglio ricorda il comportamento delle fibre nervose di alcuni corpuscoli terminali di senso (di quelli di WAGNER-MEISSNER, di quelli di KRAUSE-DOGIEL, dei corpuscoli dei RUFFINI, dei fusi neuro-muscolari) non però mai, come in questi, individuati in formazioni separate e distinte e tanto meno incapsulati;

6°) io ed il PALUMBI abbiamo anche chiaramente dimostrato che le fibre post-gangliari, che corrispondono ai neuriti delle cellule del ganglio annesso al nodo, si distribuiscono finemente anch'esse nel nodo e si mettono in stretto rapporto con le fibre muscolari. Le abbiamo interpretate come fibre eccitomotrici;

7°) altre fibre fini che si riducono a cilindrassi nudi formano plessi perivasali e furono da noi interpretate come fibre vasomotrici di natura ortosimpatica.

Prendendo come punto di partenza i risultati già da me ottenuti in collaborazione col PALUMBI riguardo alla innervazione del nodo senoatriale della talpa, ho riconfermato col corredo di nuove preparazioni i risultati ottenuti ed ho potuto mettere in evidenza nuove particolarità di dettaglio. Ma soprattutto ho esteso le ricerche a tutto il sistema cardiovettore della stessa talpa ed inoltre a tutto il sistema cardiovettore di altri mammiferi (bue, vitello, cane, riccio, ratto), prendendo in esame quindi anche il nodo di Tawara ed il fascio di His.

Oltre ai metodi comuni per l'allestimento di preparati di orientamento (ematossilina-eosina, MALLORY) ho usato altre tecniche particolarmente adatte per la differenziazione del sistema nervoso, quali il metodo della reazione nera di GOLGI, il metodo fotografico di CAJAL e quello al cloruro d'oro di RUFFINI. Ma a tali metodi, per la loro incostanza e spesso per la loro incompletezza, ho quasi sempre preferito il metodo di BIELSCHOWSKI nella modificazione PALUMBI, che mi ha permesso di ottenere risultati soddisfacenti nei vari animali.

Come materiale di ricerca mi sono servito di cuori di animali di grossa mole (vitello, bue, cane) e di animali più piccoli (ratto, talpa, riccio).

Nei primi ho proceduto all'isolamento, con la dissezione macroscopica, di lunghi tratti di apparato specifico (branche del fascio di His, nodi di Keith e Flack, di Tawara) che poi ho sottoposto ad una pronta fissazione dividendoli in numerosi frammenti di minori dimensioni.

Pur non avendo trascurato questo materiale ho preferito quello fornito da animali di piccola mole. Innanzi tutto per la facilità di poter disporre di un numero notevole di cuori e di poter così ottenere preparati migliori, secondo sezioni orientate nei diversi piani. Riesce così più facile controllare ripetutamente alcuni reperti e sorprenderne altri che, per meno favorevole orientamento dei piani di sezione, avrebbero potuto sfuggire all'osservazione (ad esempio le connessioni nervose tra gangli e nodi, alcune espansioni che solo in certe sezioni appaiono complete).

Inoltre negli animali di piccole dimensioni, come già ha osservato il CHIODI, il tessuto specifico rappresenta un settore del miocardio proporzionalmente più sviluppato che non negli animali di maggior mole.

Riguardo alla innervazione del nodo seno atriale della talpa ho ottenuto nuovi particolari strutturali anche più fini e completi di quelli già descritti nella nota precedente; ma nel complesso non posso che confermare quanto è stato da me affermato in collaborazione del PALUMBI e cioè che:

« I fatti che abbiamo messo in evidenza ci forniscono una documentazione morfologica abbastanza esauriente per confermare ed appoggiare il concetto che il nodo seno atriale sia un organo neuro-muscolare sensitivo motore, e che dal punto di vista funzionale ed anche per qualche somiglianza morfologica delle espansioni periferiche recettrici, l'analogia con l'apparato sensitivo motore della muscolatura somatica consistente nei così detti fusi neuro-muscolari non può non deve essere esclusa.

» Nell'uno e nell'altro caso abbiamo, in seno ad un organo muscolare (muscolo somatico in un caso, miocardio nell'altro), distinti settori di tessuto muscolare, che hanno caratteri particolari e che, oltre ad una innervazione motrice, sono provveduti anche di una cospicua innervazione sensitiva specificamente differenziata.

» Anche se le differenze fra apparecchio neuro-muscolare nodale ed apparecchio neuro-muscolare dei fusi sono abbastanza salienti

» non sono però sostanziali e del resto trovano, in parte almeno, spiegazione in quanto sono riferibili alla diversità morfologica e funzionale della muscolatura innervata e dalla diversa natura (nevrassiale e simpatica) della loro innervazione motrice.

» Infatti, se consideriamo il substrato muscolare, è evidente la più netta e demarcata individualità che hanno i fusi disseminati nei muscoli somatici in confronto al tessuto muscolare del nodo che si continua con il resto del sistema cardiovettoe e col comune tessuto miocardico. In rapporto a ciò anche le espansioni sensitive periferiche del nodo sono estese e diffuse a tutto l'organo invece di avere quel tipico, circoscritto carattere di individualità terminale che hanno le fibre sensitive dei fusi.

» Riguardo poi alla innervazione motrice, intercorre fra fusi e nodo la stessa differenza che intercorre fra tessuto muscolare striato somatico e tessuto miocardico; le fibre muscolari dei fusi sono innervate da fibre motrici di origine nevrassiale che terminano con le tipiche placchette terminali; invece al nodo, come al resto del miocardio, si distribuiscono a rete fini fibre simpatiche che traggono la loro origine dalle cellule di gangli simpatici, uno dei quali, nel caso speciale del nodo del seno della talpa, è intimamente connesso col nodo stesso tanto da risultarne un complesso caratteristico nodogangliare. La via motrice destinata ai fusi della muscolatura somatica proviene direttamente dal nevrasse; quella destinata al nodo è invece interrotta lungo il suo decorso dalla presenza di un ganglio simpatico. È appunto nel ganglio annesso al nodo che abbiamo messo in evidenza quelle caratteristiche sinapsi fra fibre pregangliari del vago e cellule nervose che abbiamo descritte ».

Ora con le mie nuove osservazioni sono giunto ad analoghe conclusioni anche, per quanto si riferisce all'innervazione del nodo atrio-ventricolare di «Talpa europea». Infatti anche nel nodo atrio-ventricolare ho potuto distinguere:

a) una parte effettrice costituita da fibre vagali pregangliari che contraggono sinapsi con le cellule nervose dei gangli simpatici che al nodo sono addossati; e da fibre post-gangliari che si distribuiscono variamente alle fibre muscolari specifiche del nodo. All'innervazione del nodo atrio-ventricolare appartengono anche fibre or-

tosimpatiche, vasomotrici, provenienti probabilmente dai gangli della catena;

b) una parte afferente recettrice costituita da fibre vagali che nel nodo danno luogo ad espansioni terminali che non sono individualizzate in formazioni separate, ma compenetrano diffusamente ed estesamente la trama muscolare nodale.

Nel fascio di His della talpa ho potuto osservare fibre probabilmente simpatiche formanti un plesso a larghe maglie a ridosso della muscolatura specifica; e fibre cerebro spinali che terminano con particolari espansioni terminali caratteristiche, sulla superficie di tali fibre muscolari.

Anche nel nodo di Tawara di ratto ho potuto distinguere fibre grosse mieliniche molto verosimilmente appartenenti al vago che costituiscono con le loro più fini espansioni un apparato sensitivo diffuso in tutto l'ambito nodale; e fibre nervose post-gangliari provenienti dai gangli annessi al nodo a funzione eccitomotrice.

Nel ratto, a differenza della talpa, anzichè un grosso ammasso gangliare simpatico addossato alla superficie del nodo, si hanno molti piccoli ganglietti e talora anche singole cellule nervose simpatiche sparse nell'interno del nodo.

Inoltre nel connettivo che sta immediatamente vicino al nodo ho potuto dimostrare speciali espansioni a gomitolato, tipo MEISSNER, di notevoli dimensioni.

Nel riccio il tessuto nodale (nodo di Tawara) è fornito di un ricco contingente nervoso che però non raggiunge l'enorme ricchezza di fibre nervose che si riscontra nei nodi della talpa.

Anche qui si hanno:

a) fibre simpatiche post-gangliari provenienti da gangli più o meno vicini al nodo stesso. Tali fibre costituiscono l'innervazione motrice del tessuto nodale;

b) fibre grosse probabilmente vagali che con il loro comportamento danno luogo ad un intreccio che ricorda, a parte differenze non sostanziali, quello espansionale descritto nei nodi della talpa.

Tali fibre poi in alcuni punti del tessuto nodale, danno luogo ad evidenti espansioni lamellari appiattite del tutto caratteristiche.

Nel loro complesso tutte le fibre di questa seconda categoria (b), costituiscono l'innervazione sensitiva del tessuto nodale.

Nel cane, nell'immediata vicinanza e talvolta anche nel mezzo del tessuto specifico (nodo di Tawara e fascio di His) ho osservato numerosi gangli nettamente simpatici ed evidenti plessi perivasali. Nel tessuto specifico del cane è poi visibile un fitto intreccio di fibre simpatiche e di fibre cerebro-spinali: queste ultime con il loro comportamento sembrano costituire un apparato nervoso, paragonabile a quello descritto per la talpa e perciò secondo me da ritenere quale apparato sensitivo diffuso nella trama nodale. Particolarmente ricca di fibre nervose appare nel cane la cosiddetta regione del seno (Sinus-gegend).

Infine nel fascio di His di vitello e di bue ho potuto dimostrare un enorme quantità di fibre nervose che raccolte in grossi fasci decorrono parallelamente ai cordoni degli elementi del Purkinje. Alcune fibre le più fini ed apparentemente amieliniche, sono di natura probabilmente simpatica e formano a ridosso delle fibre muscolari un intreccio a larghe maglie; altre più grosse con grosso manicotto mielinico sono di carattere cerebro-spinale ed appartengono con tutta probabilità al vago. Esse, dopo un decorso più o meno flessuoso e tortuoso, danno luogo nel connettivo intermuscolare del fascio a particolari groviglietti che hanno l'aspetto di terminazioni sensitive; talvolta poi danno luogo a vere espansioni capsulate e formanti quindi ben circoscritti ed individualizzati corpuscoli terminali alcuni dei quali non dissimili da quelli veduti dallo SCAGLIA.

Curioso e di significato non chiaro mi è risultato il fatto che né le fibre dell'una né quelle dell'altra categoria hanno il carattere di quelle espansioni che il VITALI ha descritto come nervose nel fascio di His del montone. Ad ogni modo, a differenza del VITALI, non ho mai potuto constatare la penetrazione di fibre nervose nell'interno delle cellule del Purkinje.

Pertanto, dalle mie attuali ricerche compiute ad integrazione di quanto avevo già notato in collaborazione col PALUMBI nel nodo seno-atriale della talpa; credo che si possa affermare che in tutto il sistema di connessione del miocardio, almeno dei mammiferi da me studiati (talpa, riccio, ratto, cane, bue, vitello) vi è un piano fondamentale di innervazione uniforme e costante costituito:

1°) da una parte effettrice di natura para-simpatica rappresentata da fibre pregangliari del vago; da gangli simpatici, in stretto rapporto col tessuto cardio vettore, che possono essere variamente disposti,

ma che sono costanti; da fibre post-gangliari che hanno ampia distribuzione e intime connessioni con gli elementi muscolari specifici del sistema;

2°) da un contingente di fibre vasomotrici con tutta probabilità ortosimpatiche;

3°) da una cospicua innervazione recettrice formata da fibre sensitive del vago.

Ho potuto poi dimostrare che, oltre alle espansioni sensitive diffuse nel complesso muscolare del sistema cardiovettore, si possono incontrare in alcuni settori del sistema stesso e in alcuni mammiferi (riccio, ratto, bue) anche espansioni terminali più differenziate ed individualizzate, alcune delle quali anche capsulate in modo da costituire veri corpuscoli di senso di vario tipo. Anche questi nuovi dati dimostrano chiaramente che in tutto il sistema vi sono morfologicamente tutti gli elementi per consentire l'istituirsi di riflessi; e non è da escludersi che i vari tipi di espansioni terminali sensitive siano l'espressione morfologica di riflessi di varia natura.