
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI
RENDICONTI

CLAUDIO PANZIRONI

**Tipologia neuronale negli emisferi telencefalici di due
Teleostei**

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 68 (1980), n.6, p. 561–566.*
Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1980_8_68_6_561_0>

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>

Biologia. — *Tipologia neuronale negli emisferi telencefalici di due Teleostei* (*). Nota di CLAUDIO PANZIRONI, presentata (**) dal Socio A. STEFANELLI.

SUMMARY. — Cytoarchitectonic and neuronal typology in telencephalic hemispheres of *Carassius auratus* and *Ictalurus nebulosus* were examined using the Golgi-Cox and Ramon Moliner staining methods. A wide complexity of neuronal patterns in the dorsal areas was observed; behavioural observations of many authors suggest that this complexity is due to the integration of olfactory and other sensitive stimulations.

L'esame della tipologia neuronale dell'encefalo, anche se non è per sè sufficiente a chiarire il significato e la funzione delle varie aree, fornisce tuttavia una considerevole quantità di dati i quali, integrati da osservazioni di altro tipo (studi effettuati con metodi degenerativi, studi comportamentali, elettrofisiologici, neuro-ecologici, comparativi etc.), permettono una discussione appropriata sulle omologie e sul ruolo dei vari distretti neurali.

Un approccio di questo tipo diviene poi estremamente interessante nel caso del telencefalo dei Vertebrati inferiori, ove i ben noti processi di eversione ed inversione (Ariens Kappers, 1908), ovvero di evaginazione (semplice e mista), eversione ed ispessimento localizzato (Nieuwenhuys, 1969) caratterizzano due distinte linee evolutive. Così somiglianze nella tipologia neuronale in aree evertite ed invertite (sensu Kappers) possono essere indizio di analogie funzionali ma anche di omologie topografiche (Ramon Moliner, 1963; Capanna, 1969; Capanna e Clairambault, 1970). In una tale ottica si è ritenuto interessante condurre uno studio sulla tipologia neuronale nel telencefalo di due specie di Teleostei: *Carassius auratus* ed *Ictalurus nebulosus*; la scelta di due specie con un adattamento ecologico simile e non lontane sistematicamente, quali appunto sono *Carassius* ed *Ictalurus*, è stata suggerita dal fatto che esistono numerose osservazioni di vario tipo con cui discutere ed interpretare i risultati delle analisi tipologiche.

Il materiale di studio è consistito in dodici esemplari della prima specie e nove della seconda; le osservazioni tipologiche sono state condotte in encefali impregnati con metodi alla Golgi: cinque encefali di *Carassius* sono stati trattati con il metodo di Ramon Moliner (1958), altri cinque più sette di *Ictalurus* con il metodo di Cox (1891); tutti questi preparati sono stati tagliati

(*) Lavoro eseguito nell'Istituto di Anatomia Comparata dell'Università di Roma.

(**) Nella seduta del 26 giugno 1980.

in sezioni di 40-70 micron di spessore. Inoltre, sono stati utilizzati preparati con il metodo di Bodian al proteinato d'argento e di Nissl al bleu di toluidina per il riconoscimento delle grandi aree la cui nomenclatura è stata effettuata modificando quella di Nieuwenhuys (1963).

Topografia delle grandi aree. La citoarchitettura degli emisferi permette di distinguere due aree separate tra loro da una zona relativamente libera da cellule; tali aree occupano una posizione dorso laterale e ventro mediale e possono indicarsi, rispettivamente, come area dorsale (D.) ed area ventrale (V.): esse corrispondono a ciò che Johnston (1911) ed Holmgren (1922) indicavano, rispettivamente, come primordio d'ippocampo ed area olfattoria. Le due aree sono a loro volta divisibili in sottozone caratterizzate, essenzialmente, dalla grandezza delle cellule e dalla loro densità (Nieuwenhuys, 1963; Bannister, 1973). L'area dorsale è divisa in quattro zone: dorso mediale (D.m.), dorso centrale (D.c.), dorso dorsale (D.d.) e dorso laterale (D.l.). Il confine tra D.m. e D.d. è segnato dal solco ipsiloniforme (S.y.), D.d. si estende tra questo e l'attacco del tetto membranoso (ovvero tenie marginali, T.m.), D.l. occupa una posizione abbastanza ristretta tra quest'ultimo ed il solco laterale, D.c. si trova in posizione centrale. D.m., in *Carassius*, se pure non molto estesa a causa della posizione del S.y., si presenta popolata da cellule che, dalle zone più rostrali fino ai livelli precommessurali, si dispongono in strati paralleli al bordo endimale; in *Ictalurus* ove D.m. è più estesa, non si nota alcuna disposizione del genere, inoltre la densità delle cellule è bassa, mentre è D.d. a mostrare il maggior addensamento. V. raggiunge la sua massima estensione a livello precommessurale, dopo la C.a. passa rapidamente nel diencefalo. Si può suddividere in una zona ventro dorsale (V.d.) ed una ventro laterale (V.l.) popolate da cellule di medie dimensioni che, in *Carassius*, si stratificano parallelamente al bordo endimale.

Tipologia neuronale. *Carassius*: nelle zone più rostrali non si notano apprezzabili differenze tra D.m. e D.d.: in entrambe le due aree si possono osservare neuroni tendenzialmente piriformi, leptodendritici (secondo la terminologia di Ramon Moliner, 1962) i quali spingono i loro dendriti poco spinosi verso le zone più centrali del telencefalo. Si riscontra, inoltre, una certa tendenza alla formazione di ammassi neuropilari nella regione superficiale periventricolare, specialmente nei pressi del S.y. (fig. 1). In D.c., invece, i neuroni sono tendenzialmente multipolari con dendriti discretamente spinosi (fig. 2). Più caudalmente D.m. manifesta una certa tendenza alla multipolarità, peraltro esistente anche in D.c. ma con pirenofori di dimensioni maggiori. In zona precommessurale la area ventrale è ben evidente e si mostra popolata da neuroni molto piccoli, con lunghi dendriti spinosi formanti fitti ammassi neuropilari; D.d. mostra sempre grossi neuroni piriformi (fig. 4), ma è anche evidente una componente multipolare: in ogni caso i dendriti sono di dimensioni maggiori e puntano verso le zone centrali, dove prendono origine le radici del fascicolo telencefalico laterale e del fascicolo telencefalico

mediale (F.t.l. e F.t.m.); in D.l. si rinvencono piccoli neuroni subependimali a dendriti brevi, sottili ma spinosi (fig. 6). In sezioni a livello postcommessurale, V. presenta piccoli neuroni multipolari che sembrano ricevere fibre da D.m.; tra D.m. e D.d. esistono dei neuroni multipolari le cui espansioni dendritiche tendono a riunirsi in due gruppi opposto polari (neuroni fusiformi) che paiono connettere queste due aree (fig. 3). A livello molto caudale si possono rinvenire dei neuroni bipolari, con pirenoforo in una zona di confine tra D.c. e V. che sembrerebbero collegare direttamente l'ipotalamo con le zone più centrali del telencefalo e che, quindi, data la loro posizione, potrebbero essere raggiunti e coordinare stimoli olfattori con impulsi di altro genere, come sostengono altri autori (Goldstein, 1905; Ariens Kappers, 1908; Nieuwenhuys, 1959, 1963, 1969; Ito, 1973; Finger 1975).

Ictalurus: le zone più rostrali degli emisferi telencefalici di questa specie mostrano una certa diversità tra D.m. e D.d.: questa ultima area mostra, nella sua parte più dorsale (fig. 7), dei grossi neuroni multipolari superficiali, leptodendritici; procedendo più lateroventralmente, essi tendono a divenire più piccoli e piriformi ed ad indirizzare le loro espansioni dendritiche verso le zone più centrali. D.m. risulta povera in neuroni: quelli presenti possiedono dendriti tozzi e spinosi (fig. 8); anche D.c. è occupata da elementi multipolari, più piccoli, però, di quelli presenti entro D.m. Procedendo in direzione caudale, D.c. presenta anche una componente piriforme i cui dendriti sono poco spinosi; in D.d. si possono osservare ancora ammassi neuropilari superficiali le cui fibre si esauriscono nell'ambito dell'area stessa e che, ancora più caudalmente si limitano ai pressi del S.y. Quando V. inizia ad essere ben evidente, si rinvencono dei neuroni « intermedi » (Capanna e Clairambault, 1974), vale a dire neuroni che hanno pirenoforo e disposizione dendritica intermedi tra bipolare e piriforme, oltre a questi esistono anche elementi multipolari di piccole dimensioni; tale aspetto è presentato anche da D.l. che mostra anche notevoli ammassi gliosi. Nelle sezioni più caudali si ritrovano anche in questa specie neuroni bipolari che associano aree ipotalamiche con D.l., ovvero con le parti più laterodorsali di V.

Sulla base delle osservazioni di questo lavoro emergono alcune diversità tra le due specie. Riguardo alla conformazione delle aree si può rilevare che D.m. è poco estesa in *Carassius*, mentre lo è in maniera notevole in *Ictalurus* ove, peraltro, non si osserva alcuna disposizione stratificata da parte delle cellule; D.d. è estesa in entrambe le specie, ma la differente posizione del S.y. e la diversa disposizione degli ammassi neuropilari (addensati nei pressi del S.y., in *Carassius*, estesi su tutta D.d. in *Ictalurus*), suggeriscono che il percorso seguito dallo sviluppo morfogenetico sia stato alquanto diverso tra le due specie. Per ciò che concerne la tipologia neuronale, è senz'altro l'area dorsale a mostrare una maggiore complessità citoarchitettica, sia in *Ictalurus*, ove si riscontra una certa prevalenza della componente multipolare, che in *Carassius*, ove sono i neuroni piriformi leptodendritici a prevalere. L'area ven-

trale va incontro ad un minor numero di differenziamenti morfologici, pertanto non presenta differenze di rilievo tra le sue specie.

In base ai preparati alla Golgi molti autori, in passato, hanno assegnato la maggior parte del telencefalo dei Teleostei al sistema olfattorio: Johnston (1911) ed Herrick (1922), in particolare, attribuirono a tale senso tutta la parte anteriore ed i due terzi di quella posteriore. Già però Goldstein (1905) ed Ariens Kappers (1908), avevano limitato l'estensione della parte olfattoria e di tale opinione sembra essere anche Nieuwenhuys (1962, 1963, 1969). Secondo le osservazioni di Ito (1973) su tratti olfattori in degenerazione nel telencefalo di carpa, D.m., D.c. e D.d. sarebbero libere da tali terminazioni che riguarderebbero soltanto parte di D.l. e V.; Finger, eseguendo osservazioni analoghe in *Ictalurus*, ha concluso che le terminazioni olfattorie interessano essenzialmente V., D.l. e la parte posteriore di D.c. (1975).

Tutti questi dati trovano riscontro a livello tipologico: infatti nelle aree sede di terminazioni olfattorie si riscontra una elevata spinosità da parte dei dendriti; il fatto che questi formino ammassi neuropilari indicherebbe che gli impulsi in arrivo vengano in qualche modo coordinati ed in tale funzione potrebbero avere importanza quei neuroni situati tra D.c. e V. (figg. 9-10) come coordinatori di due aree in cui le terminazioni olfattorie hanno un diverso significato funzionale. È interessante la possibilità di afferenze ipotalamo olfattorie (Sheldon, 1912; Finger, 1975) che darebbero notevole significato ai neuroni bipolari che sembrano connettere, appunto, aree ipotalamiche con D.l., come integratori di impulsi nervosi provenienti da distretti più caudali con stimoli olfattori.

Numerose osservazioni sperimentali stanno ad indicare che il Telencefalo dei Teleostei ha un ruolo importante in risposte comportamentali come l'aggressività e l'attività sessuale (Segaar, 1956, 1961, 1965; Segaar e Nieuwenhuys, 1963). Inoltre è dimostrato il ruolo del telencefalo di questi Vertebrati nel mantenimento della attenzione durante l'apprendimento (Savage, 1968 a, b; 1969 a, b, c) e come esso regoli comportamenti appresi ed emotivi (Bernstein, 1970) ed integri informazioni visive riguardanti la discriminazione dei colori (Bernstein, 1970). I risultati di questi lavori indicano che sono proprio quelle aree libere da terminazioni olfattorie le maggiori interessate all'elaborazione di risposte così complesse: si può perciò comprendere perchè siano queste aree quelle citoarchitettonicamente più complesse e si presentino così riccamente collegate tra di loro e con i distretti encefalici più caudali, tramite il F.t.m. (portatore di impulsi efferenti) e il F.t.l. (portatore di impulsi sia afferenti che efferenti).

Gli studi fatti in questo campo riguardano poche specie tra le più comuni, ma non si può escludere che ampliandosi il numero delle osservazioni, utilizzando il confronto tra specie ad ecologia ed etologia nettamente diverse, si riesca a stabilire una corrispondenza tra i tipi neuronali, le aree da essi occupate e la funzione specifica da essi svolta.

BIBLIOGRAFIA

- ARIENS KAPPERS C. U. (1908) - *Eversion and inversion of the dorsolateral wall in the different parts of brain*, « J. Comp. Neurol. », 18, 433-436.
- BANNISTER L. H. (1973) - *Forebrain structure in Phoxinus phoxinus a Teleost of Cyprinid family*, « J. f. Hirnf. », 14, 413-433.
- BERNSTEIN J. J. (1970) - *Anatomy and Physiology of the Central Nervous System*, in W. S. Hoar e D. J. Randall (Eds.), « Fish Physiology », 4, 2-20 (Academic Press, New York and London).
- CAPANNA E. (1969) - *Considerazioni sul telencefalo degli Anfibi*, « Rend. Accad. Naz. Lincei », ser. VIII, 9, 55-79.
- CAPANNA E. e CLAIRAMBAULT P. (1970) - *L'istologia del complesso strioamigdaloidico degli Anfibi anuri*, « Rend. Accad. Naz. Lincei », ser. VIII, 48, 377-383.
- CAPANNA E. e CLAIRAMBAULT P. (1974) - *Neuronal typology in the Anuran telencephalon, a Golgi study*, « Acta Anat. », 89, 321-332.
- COX W. (1891) - *Impregnation des centralen Nervensystem mit Quecksilbersalzen*, « Arch. Mikrosk. Anat. », 37, 16-21.
- FINGER T. E. (1975) - *The distribution of the Olfactory Tracts in the Bullhead Catfish, Ictalurus nebulosus*, « J. Comp. Neurol. », 161, 125-142.
- GOLDSTEIN F. (1905) - *Untersuchungen über das Vorderhirn und Zwischenhirn einiger Knochenfische*, « Arch. Anat. Mikrosk. », 66, 135-219.
- HERRICK C. J. (1922) - *Functional factors in the morphology of the forebrain of fishes*, Libro en Honor de S. Ramón y Cajal (Madrid), 1, 143-202.
- HOLMGREN N. (1933) - *Points of view concerning forebrain morphology in lower Vertebrates*, « J. Comp. Neurol. », 34, 391-459.
- JOHNSTON J. B. (1911) - *The telencephalon of Ganoids and Teleosts*, « J. Comp. Neurol. », 21, 489-591.
- ITO H. (1973) - *Normal and experimental studies on synaptic patterns in the Carp telencephalon, with special reference to the secondary olfactory terminations*, « J. f. Hirnf. », 14, 237-253.
- NIEUWENHUYIS R. (1959) - *The structure of the telencephalon of the Teleost Gasterosteus aculeatus*, « I en II Kon. Akad. v. Wetensch. », (Amsterdam), Proc. sec. sc. 62, 341-362.
- NIEUWENHUYIS R. (1962) - *Trends in the Evolution of the Actinopterygian Forebrain*, « J. Morph. », 111, 69-98.
- NIEUWENHUYIS R. (1963) - *The comparative anatomy of the Actinopterygian forebrain*, « J. f. Hirnf. », 6, 171-192.
- NIEUWENHUYIS R. (1969) - *A survey of the structure of the forebrain in Higher Bony Fishes (Osteichthyes)*, in J. M. Petra e A. C. R. Nobak (Eds.) « Comparative and Evolutionary Aspects of the Vertebrate Central Nervous System », Ann. N. Y. Acad. Sci., 167, 31-64.
- RAMON MOLINER E. (1958) - *A tungstate modification of the Golgi Cox method*, « Stain Techn. », 33, 19-29.
- RAMON MOLINER E. (1962) - *An attempt at classifying nerve cells on the basis of their dendritic pattern*, « J. Comp. Neurol. », 119, 211-227.
- RAMON MOLINER E. (1968) - *The morphology of dendrites*, in G. H. Bourne « The structure and function of the nervous tissue », 1, 205-267 (Academic Press, New York).
- SAVAGE G. E. (1968 a) - *The function of the telencephalon in the memory system of fish*, in D. J. Ingle « The Central Nervous System and Fish Behaviour », 127-138 (University of Chicago Press, Chicago).
- SAVAGE G. E. (1968 b) - *Temporal factors in avoidance learning in normal and forebrainless goldfish (Carassius auratus)* « Nature » (London), 218, 1168-1169.
- SAVAGE G. E. (1969 a) - *Telencephalic lesions and avoidance behaviour in the Goldfish (Carassius auratus)*, « Anim. Behav. », 17, 362-373.

- SAVAGE G. E. (1969 b) - *Positively reinforced behaviour and the forebrain in Goldfish*, « Nature » (London), 221, 878-879.
- SAVAGE G. E. (1969 c) - *Some preliminary observations on the role of the telencephalon in food reinforced behaviour in the Goldfish Carassius auratus*, « Anim. Behav. », 17, 760-772.
- SEGAAR J. (1956) - *Brain and instinct in Gasterosteus aculeatus*, « Koninkl. Akad. Wetensch. », 59, 738-749.
- SEGAAR J. (1961) - *Telencephalon and behaviour in Gasterosteus aculeatus*, « Behaviour », 18, 256-287.
- SEGAAR J. (1956) - *Behavioural aspects of degeneration and regeneration in fish brain: a comparison with higher Vertebrates*, « Progr. Brain Res. », 14, 143-231.
- SEGAAR J. e NIEUWENHUIS R. (1963) - *New Eto-physiological Experiments with male Gasterosteus aculeatus with anatomical comment*, « Anim. Behav. », 11, 331-344.
- SHELDON R. E. (1912) - *The olfactory tracts and centers in Teleosts*, « J. Comp. Neurol. », 22, 117-338.

SPIEGAZIONE DELLE TAVOLE I-II

TAVOLA I

- Fig. 1. - *Carassius*: particolare di una zona neuropilare superficiale nei pressi del S.y. (100×).
- Fig. 2. - *Carassius*: neuroni multipolari entro D.c. (400×).
- Fig. 3. - *Carassius*: neurone multipolare entro D.d., a livello postcommessurale (neurone fusiforme) (250×).
- Fig. 4. - *Carassius*: grosso neurone piriforme-multipolare entro D.d. a livello precommessurale (400×).
- Fig. 5. - *Carassius*: neurone bipolare che connette V. con D.l. (250×).
- Fig. 6. - *Carassius*: piccoli neuroni subependimali in D.l., a livello precommessurale (350×).

TAVOLA II

- Fig. 7. - *Ictalurus*: grossi neuroni multipolari superficiali, leptodendritici entro D.d. a livello alquanto rostrale (300×).
- Fig. 8. - *Ictalurus*: Interneurone tra V. e D.m. a livello precommessurale (250×).
- Fig. 9. - *Ictalurus*: neurone bipolare (in basso, a sinistra) che collega V. con D.c. a livello caudale (300×).
- Fig. 10. - *Carassius*: tre neuroni bipolari che connettono D.c., D.l. e le aree ipotalamiche a livello molto caudale (160×).
- Fig. 11. - *Carassius*: grosso neurone fusiforme profondo, entro D.d. (400×).



