

---

ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI  
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI  
**RENDICONTI**

---

FERDINANDO LOMBARDO

**Andamento e localizzazione delle mitosi durante la  
rigenerazione della retina di un Teleosteo adulto**

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,  
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 53 (1972), n.3-4, p.  
323-326.*

Accademia Nazionale dei Lincei

<[http://www.bdim.eu/item?id=RLINA\\_1972\\_8\\_53\\_3-4\\_323\\_0](http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1972_8_53_3-4_323_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.** — *Andamento e localizzazione delle mitosi durante la rigenerazione della retina di un Teleosteo adulto* (\*). Nota (\*\*) di FERDINANDO LOMBARDO, presentata dal Socio A. STEFANELLI.

SUMMARY. — The activity and localization of the mitoses in the retina of an adult Teleost (*Carassius auratus*) was checked at various periods after the removal of a quarter of neural retina. The mitotic activity starts at the 7th day and reaches high values at the end of the first month, then decreases and disappears two months later.

At the beginning of the restitutive process most of the mitoses are located in the *ora serrata*, but afterwards they are found near the cut borders, in the blastema. This shows that the blastema of the regenerating retina is mainly formed by cells coming from the *ora serrata*.

The constant presence of mitoses in the old retina suggests that the neuroblasts found here participate in the regeneration of the new retina.

The lack of mitoses in the pigmented epithelium (*tapetum*) indicated that this layer is not involved in the retinal regeneration.

In una precedente Nota sono stati descritti i fenomeni morfologici che si verificano in seguito all'asportazione di un quadrante di retina neurale in un Teleosteo adulto (*Carassius auratus* L.) fino alla completa rigenerazione morfologica e funzionale [1]. Nella presente Nota è riferito l'andamento dell'attività mitotica nel corso del processo rigenerativo nell'intento di precisare l'origine delle nuove cellule nervose.

Si rimanda alla precedente Nota per quanto riguarda la tecnica operatoria, i metodi di allevamento e l'allestimento dei preparati istologici; le presenti osservazioni sono completate dall'esame anche di due animali fissati al 14° giorno dopo l'operazione. I computi mitotici sono stati eseguiti su tutte le sezioni degli occhi di almeno una coppia di animali per ogni stadio considerato (7, 14, 30 e 70 giorni dopo l'operazione) e concernono i quadri di metafase ed iniziale anafase degli elementi più voluminosi (6  $\mu$  circa di diametro); le piccole mitosi (diametro di 4  $\mu$  circa) sono state escluse dai computi poichè esse sono presenti tra le cellule connettivali e sanguigne che si trovano nella camera del vitreo fino a 15 giorni dopo l'operazione. Nei computi sono state separate le mitosi rinvenute nel bordo anteriore (*ora serrata*) da quelle dei vari strati (nucleare esterno, nucleare interno e ganglionare) della retina rimasta *in situ* e da quelle della « zona lesa », che comprende le zone prive di stratificazione, localizzate presso i bordi della lesione e nell'abbozzo della nuova retina.

(\*) Lavoro eseguito nell'Istituto di Anatomia comparata dell'Università di Modena, Via Berengario 14, 41100 - Modena.

(\*\*) Pervenuta all'Accademia il 26 settembre 1972.

TABELLA

TEMPO	Bordo anteriore	Zona lesa	STRATI DELLA RETINA NEURALE			Epitelio pigmentato	TOTALE	
			ganglionare	nucleare interno	nucleare esterno			
7 gg . . . . .	101	0,5	1	4	10	0	117	
14 gg . . . . .	157	70,5	5	5,5	44	0	282	
30 gg . . . . .	51	210	2,5	4	67	0	335	
70 gg {	caso <i>a</i> . . . . .	25	202	4	7	78	0	316
	caso <i>b</i> . . . . .	13	0	0	3	25	0	41

I risultati delle medie ottenute dai computi mitotici sono ordinati nella Tabella; essi si prestano alle seguenti considerazioni:

1) I valori totali delle mitosi dimostrano che l'attività proliferativa esordisce presentando valori relativamente sostenuti (a 7 giorni) e raggiunge i massimi valori in tre settimane (a 30 giorni); dopo un mese e mezzo (a 70 giorni) l'attività mitotica si mantiene elevata nel caso (*a*) in cui il nuovo abbozzo retinico è indifferenziato, mentre è in estinzione quando è iniziata la stratificazione dell'abbozzo retinico (caso *b*).

2) La frequenza mitotica nel bordo anteriore è massima al 7° giorno (87%), ma poi va declinando progressivamente; viceversa l'attività mitotica nella zona lesa è un evento trascurabile al 7° giorno (< 1%), si afferma al 15° giorno (25%) e prevale dal 30° giorno in poi (63-64%), cioè durante la formazione del blastema e fin quando questo resta indifferenziato (caso *a* al 70° giorno).

3) Durante tutto il processo restitutivo le mitosi sono risultate assenti dall'epitelio pigmentato (*tapetum*); esse invece sono sempre presenti nei tre strati della retina neurale rimasta *in situ* (figg. 4-6 della Tavola I): scarse nello strato ganglionare (1-2%) e nello strato nucleare interno (1-3%), esse presentano una buona consistenza nello strato nucleare esterno (10-30%).

Il fatto che nel corso della rigenerazione della retina di *Carassius* l'attività mitotica inizialmente prevale sul bordo anteriore e successivamente sulla zona lesa (abbozzo della nuova retina), può significare che il bordo anteriore rappresenta la principale fonte di elementi indifferenziati che provvedono alla rigenerazione della nuova retina. Questa deduzione è in armonia con quanto è emerso durante la rigenerazione della retina in adulti di Anfibi urodela [2, 3, 4] ed Anuri [5]; pertanto si può affermare che negli Anamni adulti il bordo anteriore rappresenta la principale zona cambiale della retina: infatti recenti risultati, ottenuti con tecniche autoradiografiche sulla retina in sviluppo di Anfibi [6] e Teleostei [7] e su quella in rigenerazione

di un Urodelo [8], hanno documentato che l'accrescimento dell'area retinica è dovuto al differenziamento di elementi marginali (del bordo anteriore) e che il suo ispessimento avviene per migrazione di tali elementi.

Se il bordo anteriore rappresenta la zona cambiale della retina, esso dovrebbe subire qualche modificazione durante il processo rigenerativo. Nell'occhio di controllo (non operato) il bordo anteriore costituisce un sottile anello (70  $\mu$  di lunghezza) che in sezione appare costituito da una masserella di cellule con poco citosplasma e nuclei torbidi con cromatina finemente granulare (fig. 1); in seguito alla asportazione di un quadrante retinico il bordo anteriore non presenta modificazioni apprezzabili, a parte la comparsa di elementi in mitosi, al 7° giorno dopo l'operazione; al 15° giorno esso aumenta la sua estensione (125  $\mu$ ) (fig. 2) specie in prossimità della lesione, ed al 30° giorno si trasforma in un nastro ancor più largo (225  $\mu$ ) (fig. 3); ma al 70° giorno ritorna alle dimensioni di partenza, specie nel caso *b* in cui l'abbozzo della nuova retina è in differenziamento (80  $\mu$ ). Le modificazioni del bordo anteriore trovano un esatto riscontro con l'andamento dell'attività mitotica e ribadiscono che esso rappresenta la principale fonte degli elementi della nuova retina.

Al processo rigenerativo della retina nel Teleosteo adulto, però, partecipa anche la retina differenziata rimasta *in situ*: ciò è documentato dalla presenza di mitosi tra le cellule degli strati retinici, ed in particolare quelle dello strato nucleare esterno. Queste mitosi si trovano anche molto lontane dalla zona lesa, le loro fluttuazioni non presentano un determinato andamento durante la rigenerazione e restano numerose anche quando l'attività mitotica è estinta nell'abbozzo e in estinzione sul bordo anteriore (caso *b* a 70 giorni); tutti questi fatti fanno ritenere che esse non appartengono ad elementi migrati dal bordo anteriore, ma a quegli elementi i cui nuclei conservano aspetti di neuroblasta che sono stati descritti nella retina di Teleostei adulti [9]. La partecipazione di tessuto nervoso illeso alla rigenerazione della retina adulta dei Teleostei, estende al sistema nervoso periferico ed a tutti gli Anamni i risultati ottenuti nel nostro Istituto sulla rigenerazione del sistema nervoso centrale degli Anfibi adulti [10-11].

Va infine accennato che negli Anfibi urodela adulti, a differenza dell'opinione corrente [2-4], è stata sostenuta la possibilità che la rigenerazione della retina avvenga esclusivamente ad opera dell'epitelio pigmentato [12]; negli Anfibi anuri la partecipazione di questo strato alla rigenerazione, se esiste, è molto limitata [5]; nei Teleostei la completa assenza di mitosi tra le cellule dell'epitelio pigmentato esclude la possibilità di una partecipazione di questo alla formazione della nuova retina neurale.

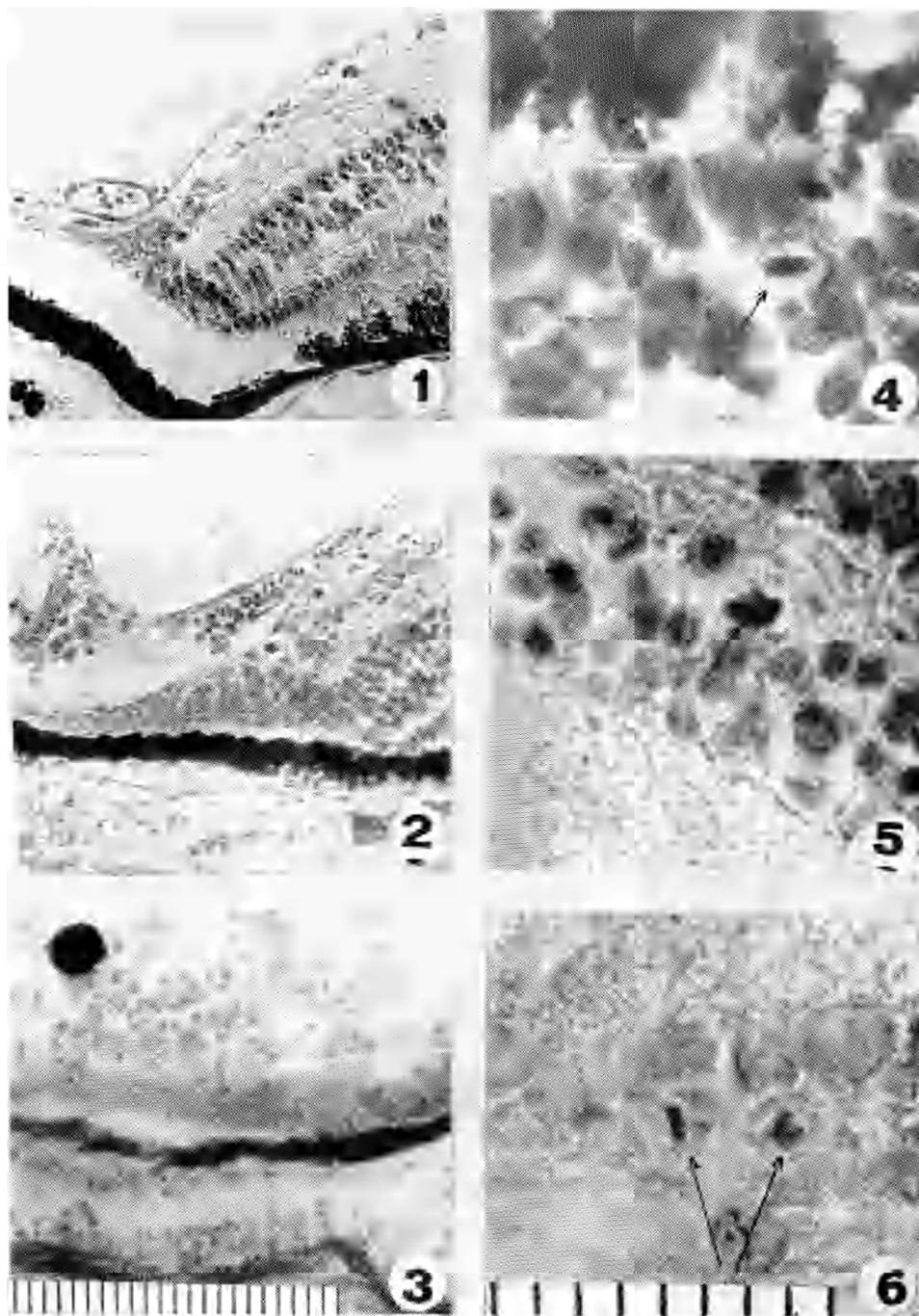
#### CONCLUSIONI

L'attività mitotica nella retina di un Teleosteo adulto è stata valutata a vari tempi dopo l'asportazione di un quadrante di retina neurale: essa inizia al termine della prima settimana, raggiunge i massimi valori al termine del primo mese, quindi decresce e si estingue due mesi più tardi.

Le mitosi sono inizialmente concentrate nel bordo anteriore della retina, quindi si trasferiscono ai bordi della lesione e nell'abbozzo della nuova retina: ciò dimostra che il bordo anteriore (*ora serrata*) rappresenta la principale fonte degli elementi che formano la nuova retina. La costante presenza di mitosi tra le cellule differenziate della retina rimasta *in situ* conferma che in questa sede restano nell'adulto neuroblasti che partecipano alla rigenerazione della nuova retina. L'assenza di mitosi nell'epitelio pigmentato (*tapetum*) non permette di ritenere che questo partecipi alla rigenerazione della retina.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] LOMBARDO F., « Rend. Acc. Naz. Lincei » (Ser. 8<sup>a</sup>), 45, 631-634 (1968).
- [2] GRIFFINI L. e MARCHIÒ G., « Riforma Medica », 5, 86-87, 92-93 (1889).
- [3] WACHS H., « Arch. Entw.-mech. Organ. », 46, 328-390 (1920).
- [4] HASEGAWA M., « Embryologia », 4, 1-32 (1958).
- [5] LOMBARDO F., « Arch. Ital. Anat. Embriol. », 74, 29-44 (1969).
- [6] HOLLYFIELD J. G., « Develop. Biol. », 18, 163-179 (1968); 24, 264-285 (1971).
- [7] HOLLYFIELD J. G., « J. Comp. Neurol. », 144, 373-380 (1972).
- [8] GAZE R. M. e WATSON W. E., in: *Growth of the nervous system*, Ciba Symp., 53-67 (Churchill, London, 1968).
- [9] BAFFONI G. M., « Boll. di Zool. », 24, 153-164 (1957).
- [10] MARINI M., « Riv. Neurobiol. » (Perugia), 14, 16-45 (1968).
- [11] LOMBARDO F. e SPAGNA A., « Riv. Neurobiol. » (Perugia), 16, 111-135 (1970).
- [12] STONE L. S., « J. Exptl. Zool. », 142, 285-307 (1959).



Aspetto del bordo anteriore nell'occhio di controllo (1) ed a 14 (2) e 30 (3) giorni dopo l'asportazione del quadrante di retina. Mitoi (*frece*) nello strato nucleare esterno (4), interno (5) e ganglionare (6).

(Ogni intervallo della scala in calce = 10  $\mu$ )