

# LA RÉGÉNÉRATION DES FIBRES MUSCULAIRES STRIÉES DANS L'ASTACUS SAXATILIS (\*)

Doct. **PIERA MAPELLI**

(Institut d'Anatomie et Physiologie comparées de la R. Université de Milano,  
dirigé par le prof. RINA MONTI).

RÉSUMÉ DE L'A.

(Avec 2 planches)

La régénération des fibres musculaires striées a été minutieusement étudiée chez les animaux supérieurs, tandis qu'aucune expér. n'a été faite chez les animaux inférieurs, dont, si l'on connaît bien le pouvoir régénératif, on ne connaît rien du processus à travers lequel s'effectue la régénération des tissus.

C'est pourquoi j'ai cru utile d'engager des expér. pour observer de près les différentes phases régénératives des fibres musculaires striées dans l'*Astacus saxatilis*.

En parcourant la vaste littérature qui traite de ces phénomènes, il est aisé de remarquer l'évolution qu'ont subie les vieilles opinions, bientôt modifiées, ou remplacées par de nouvelles doctrines et de nouvelles théories, déduites des innombrables expér. qu'on a faites sur des animaux appartenant aux différentes classes de l'échelle zoologique.

On a cru pendant longtemps qu'un vrai pouvoir régénératif des fibres musculaires faisait défaut, vu qu'elles étaient classifiées parmi les éléments perpétuels qui cessent de se multiplier en une période assez précoce de la vie embryonnaire, avant que les éléments aient atteint leurs caractères définitifs. De nos jours, au contraire, grâce aux nombreuses expér. sur différents animaux, on ne saurait douter qu'il existe pour les fibres nerveuses aussi une véritable capacité régénérative, qui se manifeste par des modalités différentes, suivant les différents animaux.

Les recherches les plus anciennes là-dessus remontent à WEISMANN, PEREMESKO, NEUMANN, GUSSENBAUER, qui virent la reconstitution d'un nouveau tissu; et plus précisément NEUMANN eut

---

(\*) *Atti Soc. ital. Sc. natur.*, LXVIII, 121-136, 1929 (VII).

à constater la formation de nouvelles fibres de la substance contractile des moignons des fibres excisées, en observant à leur bout des bourgeons terminaux en forme de massue destinés, à travers une lente différenciation, à fournir de nouvelles fibres. Il constata aussi dans ces faits régénératifs une fissuration longitudinale de quelques vieilles fibres musculaires pour en fournir de nouvelles.

D'autres AA. pensent, au contraire, que la régénération commence par réaction des cellules du pérymysium interne.

KRASKE, BERGKAMMER et MOTTA-COCCO ont vu de nouvelles fibres prendre leur origine des noyaux du sarcolemme des fibres placés dans la zone lésée. À l'appui de ces recherches vinrent ensuite celles de PERRONCITO qui observa, en un premier temps, la cicatrisation des blessures du tissu musculaire moyennant un tissu conjonctif activement prolifère et, en temps successifs, la substitution partielle ou totale de ce tissu cicatriciel de la part de nouvelles fibres musculaires, qui prennent leur origine de vieilles fibres par bourgeonnements terminaux et latéraux.

Au contraire d'autres expérimentateurs prétendaient que ces faits régénératifs n'étaient que de simples mouvements de réaction à des causes externes, destinés, par conséquent, à disparaître en stades successifs. NAVILLE a suivi, qui expérimenta sur des grenouilles, en observant des modalités différentes dans le processus régénératif suivant l'âge de l'animal soumis à examen. GALEOTTI et LEVI constatèrent en urodèles et reptiles un véritable processus de différenciation du tissu musculaire aux approches de la lésion, et successivement la réintégration de nouveaux éléments cellulaires, que MARGO, quelque temps auparavant, avait nommés sarcoblastes, destinés à produire de nouvelles fibres musculaires. SCHMINCKE a vu, chez les tritons, un même aspect des processus régénératifs, tandis qu'il remarquait dans les poissons une scission longitudinale des vieilles fibres.

AMATI et LOCATELLI reprirent enfin ces recherches d'une façon systématique. Le premier expérimenta sur des lapins en observant dans la zone lésée, au bout des fibres excisées, des bourgeons en massue, que NEUMANN avait déjà observés et qui se différencient, par stades successifs, en fibres adultes. LOCATELLI observa la régénération des fibres musculaires striées dans le chien, en constatant la formation de cellules fuselées ou sarcoblastes aux dépens du vieux tissu, lesquelles, se mettant en rapport avec les vieilles fibres et s'orientant d'une façon exacte, en viennent, par des transformations successives,

à réintégrer les fibres perdues. Dans les différentes phases évolutives, LOCATELLI a constaté que, tandis que les noyaux préexistants dans les fibres excisées se multiplient par division directe, en produisant les sarcoblastes, ceux-ci prolifèrent successivement par caryokinèse, en augmentant par là le nombre des éléments qui se différencient en fibres striées.

Toutes ces recherches regardent, en général, des animaux supérieurs, tandis que l'on a tout à fait négligé les invertébrés. C'est sur eux que j'ai engagé des expér., en choisissant comme matériel les Décapodes et, plus précisément, l'*Astacus saxatilis*, qui constitue une espèce commune et facile à garder en aquariums communs.

De la masse imposante musculaire de l'abdomen de ces animaux j'ai fait une étude anatomique et histologique, suivant les données de SCHMIDT pour la partie anatomique, et celles de RETZIUS pour les observations histologiques.

Ayant fait ces constatations, j'ai initié mes expér. en pratiquant des lésions dans la masse musculaire, sacrifiant ensuite les animaux opérés, par intervalles plus ou moins longs: depuis quelques heures à un mois après la lésion.

Dans ces expér. je n'ai pas négligé quelques facteurs qui influent considérablement sur l'allure des processus régénératifs. C'est ainsi que j'ai pratiqué les lésions du tissu musculaire de façon à ne pas exciser la couche supérieure de l'hypoderme pour éviter d'éventuels processus d'infection; j'ai eu soin ensuite de ne pas léser la chaîne ganglionnaire, qui se rassemble dans un sillon médian de la même masse musculaire, pour éviter une moindre réactivité du tissu même, à cause de l'interruption du système nerveux central.

J'ai aussi considéré comme facteur non négligeable la position et la manière de pratiquer la lésion, tâchant de laisser les tissus environnant la blessure en conditions favorables pour une hâtive régénération.

J'ai aussi fait cas de la température du milieu, dont on connaît désormais l'influence sur les activités fonctionnelles dans les animaux homéothermes; influence qui n'est pas moins évidente sur les animaux hétérothermes, mais qui subit des variations suivant leur espèce. C'est ainsi que j'ai constaté que chez les Décapodes les processus régénératifs se manifestent avec une plus grande vitesse en été qu'en hiver. Dans cette dernière saison ces phénomènes se vérifient avec un retard considérable. C'est pourquoi les résultats de mes expér. sont ceux que j'ai obtenus aux mois d'été.

A ces facteurs il faut en ajouter d'autres: tels que l'âge de l'individu, la quantité et le genre de nutrition, la période de la mue, durant laquelle, grâce à la grande activité de tout l'organisme, qui tend à augmenter, les pertes subies sont aussi plus rapidement réparées.

Une fois contrôlée et vérifiée l'influence de ces facteurs sur les processus régénératifs, j'ai introduit les résultats obtenus en un tableau général pour donner une idée plus claire de l'allure du phénomène.

Les fibres musculaires, aussitôt après la lésion, se rétrécissent en donnant à la blessure un aspect cunéiforme. Cet espace est, en un premier temps, occupé par du tissu connectif cicatriciel, sans empêcher l'activité régénérative du tissu musculaire: ce que quelques AA. ont contesté.

En même temps au bout des fibres excisées, disparaît la striation transversale et la disposition fibrillaire longitudinale, par un processus de différenciation histologique: un tissu plasmodial se forme alors dans cette zone et, au microscope, il se présente comme une masse protoplasmique uniforme, sur le fond de laquelle se détachent, en grand nombre, des noyaux (Pl. I, fig. 2).

On y remarque aussi des faits génératifs sporadiques, où la lésion a profondément altéré l'agencement des fibres, en provoquant le phénomène de sarcolyse et, par conséquent, une dégénérescence plasmi-co-nucléaire.

Ce n'est que dans ces zones que l'on remarque une migration de leucocytes, qui y sont attirés par des produits de désintégration cellulaire, pour accomplir leur action phagocytaire. On n'a pas donc un aussi grand amas de leucocytes que l'on a vérifié pour d'autres animaux; l'on a, au contraire, une réaction immédiate du tissu musculaire. Douze heures après la lésion on relève aisément, dans la masse plasmodiale, une forte augmentation de noyaux, bien visibles par leur intense coloration (Pl. I, fig. 1): noyaux qui ont émigrés envers la zone régénérative pour réparer au traumatisme et qui ont ensuite proliféré dans le tissu plasmodial.

Cette active prolifération cellulaire, qui tend à rétablir rapidement l'intégrité anatomique se manifeste toujours dans l'*Astacus* par amitose, dont j'ai pu saisir les différentes phases de division nucléaire, (Pl. I, fig. 2) et non par earyokinèse dont je n'ai jamais aperçus des mouvements chromatiniques qui puissent en dévoiler le commencement.

Une fois cette prolifération arrivée, l'on remarque dans la masse plasmodiale un gros amas de noyaux, différemment disposés et ayant

des aspects et des formes différentes. De gros noyaux arrondis on passe graduellement, par formes intermédiaires, à de petits noyaux pyriformes qui révèlent leur récente scission. La chromatine s'y présente différemment groupée; les nucléoles sont aussi évidents.

En un temps successif, l'on remarque qu'autour de ces noyaux se dessine une bande protoplasmique pour former de nouveaux éléments cellulaires, qui se séparent entre eux et s'orientent suivant la direction des vieilles fibres, en séries linéaires (Pl. II, fig. 2).

Ceux-ci prennent une forme légèrement fuselée; le protoplasma y est encore uniforme et le noyau de vésiculeux se fait ellipsoïde. Formés de la sorte, ils envahissent la région occupée par le conjonctif cicatriciel et le remplacent presque entièrement. Cette migration arrivée après qu'ils se sont définitivement placés, ces nouveaux éléments cellulaires prennent de vrais caractères de sarcoblastes; ils s'étendent remarquablement jusqu'à s'approcher entre eux; le protoplasma n'est plus uniforme, mais présente une mince disposition fibrillaire longitudinale, qui annonce une première différenciation vers l'évolution fibrillaire définitive.

A ce point du processus régénératif aucun cas ne s'est présenté pour moi d'observer des divisions cellulaires; ce qu'a constaté, au contraire, M. le LOCATELLI, lorsque les sarcoblastes s'étaient déjà spécifiés. Après l'examen de nombre de préparations, je suis entrée dans la conviction que cette reprise d'activité cellulaire qui se manifeste chez les mammifères, est remplacée chez les Décapodes par une forte augmentation des éléments cellulaires, qui s'est faite aux premières phases de réaction du tissu.

Au bout de huit jours le tissu connectif cicatriciel, qui occupait en un premier temps tout l'espace de la blessure, est remplacé par les sarcoblastes, qui ont envahi toute la zone régénérative; du tissu connectif on n'aperçoit que de petits fragments entre ces mêmes sarcoblastes, qui se révèlent à des préparations colorées par le mélange trichromique de Cajal.

Arrivés à un complet arrangement et entassés les uns sur les autres, les sarcoblastes présentent une ultérieure différenciation: des stries transversale y paraissent; les noyaux, qui jusqu'alors avaient une position centrale, deviennent en prévalence marginaux, atteignant ainsi les caractères définitifs de fibre musculaire.

A régénération complète, la lésion n'est reconnaissable au microscope que par l'allure irrégulière des nouvelles fibres, qui n'ont ja-

mais un cours régulier et parallèle comme celui des vieilles fibres. En contrôlant les préparations par séries, on remarque que la cicatrisation de la blessure se fait plus rapidement et d'une façon plus complète dans les couches profondes que dans les couches superficielles, à cause de la forme évasée que prend cette même blessure.

Dans l'*Astacus* une régénération complète se vérifie aussi, quelle que soit l'étendue de la blessure; ce que l'on n'obtient pas toujours dans les animaux supérieurs, pour lesquels le temps nécessaire à la réintégration du tissu dépasse celui qu'exigent les animaux que j'ai expérimentés.

Voici le résumé des résultats obtenus.

1) Au bout des fibres excisées un processus de différenciation se manifeste: disparition des stries transversal et de la fibrillation longitudinale.

2) Les noyaux qui existent dans les fibres excisées donnent origine à de nouveaux éléments cellulaires par amitose.

3) Ces derniers, ayant pris les caractères de sarcoblastes, s'orientent suivant la direction des vieilles fibres.

4) Ensuite les sarcoblastes s'entassent et se différencient en fibres adultes.

5) La régénération du tissu musculaire strié dans l'*Astacus* est toujours complète, quelle que soit l'étendue de la blessure.

### *Explication des planches*

#### Planche I.

Fig. 1. Faisceau de fibres en régénération. Passage et augmentation rapide des noyaux dans la zone régénérative. Coloration par hématoxyline *Delafield*. M. K. oc. 3 Oby 2.

Fig. 2. Zone régénérative avec noyaux différemment orientés et en voie de division directe. Coloration par hématoxyline *Delafield*. M. K. Oc. 4. comp. ob. semiapoc. 1.15, de KORISTKA.

#### Planche II.

Fig. 1. Spécialisation et séparation des sarcoblastes, parmi lesquels se détachent plus intensément colorés les leucocytes amoéboïdes. Coloration par carmalum M. K. oc. 4 comp. ob. semiapoc. 1.15, de Kor.

Fig. 2. Orientation et rapprochement des sarcoblastes. Reconstruction des fibres musculaires par l'apparition de la fibrillature longitudinale. Coloration par carmalum. M. K. oc. 4 comp. ob. semiapoc. 1.15, de Kor.

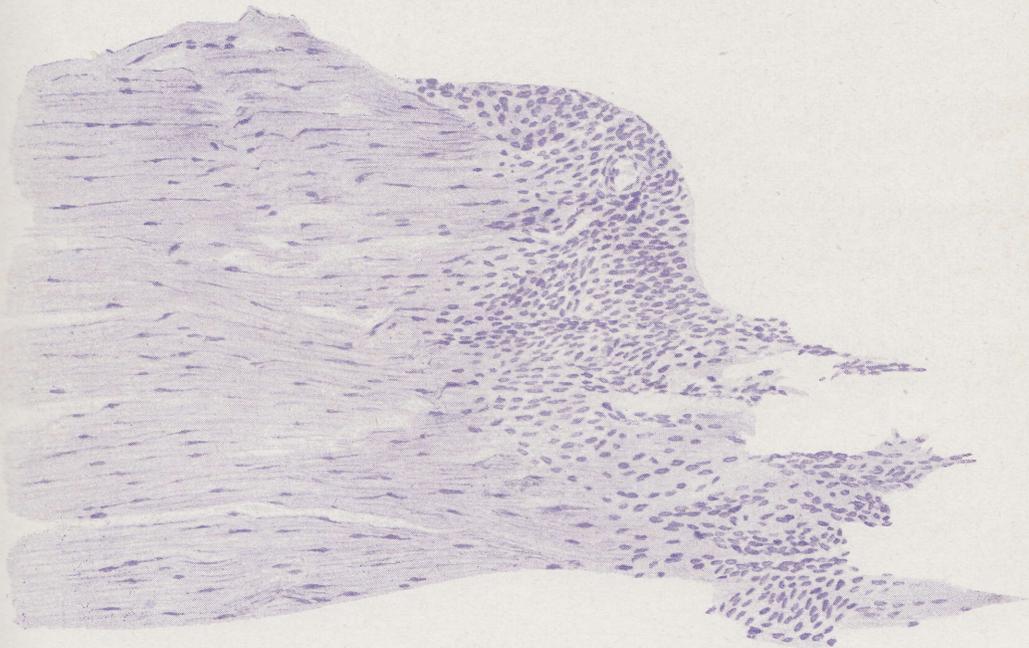


Fig. 1

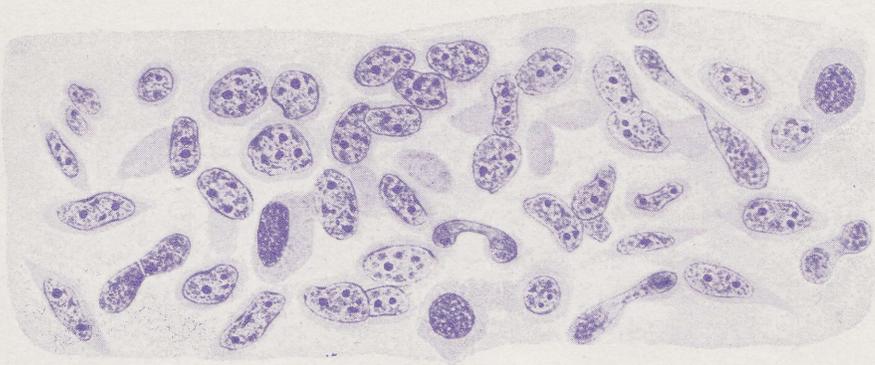


Fig. 2



Fig. 1

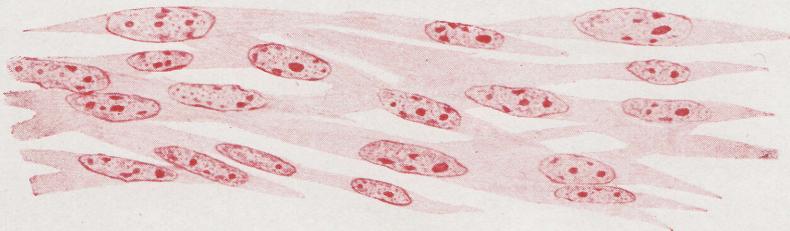


Fig. 2