

Zeitschrift: Bulletin der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften = Bulletin de l'Académie suisse des sciences médicales = Bollettino dell' Accademia svizzera delle scienze mediche

Herausgeber: Schweizerische Akademie der Medizinischen Wissenschaften

Band: 30 (1974)

Artikel: Topographische Merkmale bestimmter Motoneurone im Rückenmark eines Teleostiers (*Tinca tinca* L.)

Autor: Goldscheider, H.G. / Yaargil, G.M.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-307977>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 01.05.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Physiologisches Institut der Universität Zürich
Vorsteher: Prof. O. A. M. Wyss

Topographische Merkmale bestimmter Motoneurone im Rückenmark eines Teleostiers (*Tinca tinca* L.)¹

H. G. GOLDSCHIEDER und G. M. YAŞARGIL

In vorliegender Untersuchung wurden die spinalen Motoneurone, die über das ipsilaterale Mauthner-Axon monosynaptisch aktiviert werden (primäre Einheiten), mit dem fluoreszierenden Farbstoff *Procion Yellow M4 RS* gefüllt, um Hinweise über die Art ihrer möglichen Verbindungen zu den benachbarten Moto- und Interneuronen (sekundäre Einheiten) zu erhalten (DIAMOND 1971).

Diese zuerst von STRETTON und KRAVITZ (1968) beschriebene Methode ist für eine solche Untersuchung besonders geeignet, da sich dieser iontophoretisch injizierbare Farbstoff intrazellulär bis in die feinsten Verzweigungen der Nervenzellen verteilt. Die Versuche wurden an mit MS 222 narkotisierten und mit Flaxedil paralysierten Schleien durchgeführt. Für die intrazellulären Ableitungen wurden drei abdominale Rückenmarksegmente freigelegt und die dazugehörigen Ventralnerven zur antidromen Aktivierung von Motoneuronen präpariert. Ihre orthodrome Aktivierung erfolgte durch Reizung des entsprechenden Mauthner-Axons, wobei die Reizschwelle mittels beidseitiger Registrierung der extrazellulären Mauthner-Zell-Antworten ständig kontrolliert wurde. Die antidrome Aktivierung der Einheiten diente ihrer intrazellulären Identifizierung als Motoneurone und die orthodrome Aktivierung via Mauthner-Axon der Bestimmung der Mauthner-Abhängigkeit. Die Glas-Mikroelektroden mit Aussendurchmesser der Spitze von etwa $1\ \mu\text{m}$ waren mit 6%iger Farbstofflösung gefüllt und wiesen einen elektrischen Widerstand von durchschnittlich 50 Megohm auf. Für die Iontophorese wurden Rechteckstromstöße von $4 \cdot 10^{-7}$ A Stärke und 0,5 sec Dauer mit einer Frequenz von 1/sec während 10 min appliziert.

Die elektrophysiologisch als primäre Einheiten identifizierten und auf Grund der $10\ \mu\text{m}$ -Serienschnitte fluoreszenzmikroskopisch rekonstruierten Motoneurone zeichnen sich aus durch erhebliche Grösse und dorsale Lage ihres Zellkörpers sowie durch das Verhalten ihres ventralen Ausläufers, welcher in weiter Entfernung vom Soma über einen wahrscheinlich dendritischen Sporn mit einer Mauthner-Axon-Kollaterale eine axo-dendritische Synapse bildet (DIAMOND und YAŞARGIL 1969); sofort danach wandelt sich der ventrale Ausläufer in ein myelinisiertes Axon um und verläuft nahe der

¹ Ausgeführt mit Unterstützung durch den Schweizerischen Nationalfonds (Kredit Nr. 3.266.69).

Mittellinie in kaudaler Richtung, bis er auf Höhe der ipsilateralen Vorderwurzel ohne Verzweigung das Rückenmark verlässt. Dieser ventrale Ausläufer der Motoneurone wurde verschiedentlich als Axon oder als Initialsegment bezeichnet, ist aber auch als Dendrit beschrieben worden (vgl. DIAMOND 1971). Letztere Ansicht ist durch elektronenmikroskopische Befunde stark gestützt (DIAMOND u. Mitarb. 1970). Wichtig dabei scheint die Beobachtung zu sein, dass der axonale Fortsatz des Ventraldendriten von der Mauthner-Axon-Kollaterale bis zur Vorderwurzel keine rückläufige Kollaterale aufweist. Im Gegensatz dazu gibt der Ventraldendrit selbst auf dem Weg zum Mauthner-Axon zwei nach lateral ziehende Äste ab, von denen der weiter dorsal liegende sich im lateralen Neuropil weiter aufspaltet, ohne erkennbare Beziehung zu anderen Zellen. Der andere Ventraldendriten-Ast hingegen endet an einer kleineren Zelle, und zwar an einem nach laterodorsal verlaufenden Dendriten nahe dem Soma einer noch nicht – ob Moto- oder Interneuron – identifizierten Zelle. Unter den übrigen Dendriten eines solchen Motoneurons fällt ein nach kaudal ziehender besonders auf, der mit einem lateral abgehenden Dendriten des nächsten grossen Motoneurons so eng Kontakt aufnimmt, dass das Vorkommen von dendro-dendritischen Synapsen zwischen den Motoneuronen dieser Gruppe in Erwägung zu ziehen ist.

Etude sur la topographie distinctive de certains neurones moteurs spinaux chez le téléostéen *Tinca tinca* L.

Dans les présentes recherches on a rempli d'un colorant fluorescent, le *Procion Yellow M4 RS*, les neurones moteurs spinaux, qui par l'intermédiaire de l'axone de Mauthner ipsilatéral sont activés par voie monosynaptique (unités premières), afin de mettre en évidence leurs relations possibles avec des neurones moteurs et intermédiaires avoisinants (unités secondaires) (Diamond 1971).

Cette méthode, décrite pour la première fois par STRETTON et KRAVITZ (1968), se prête particulièrement bien à de telles recherches, car le colorant est injectable et se fait transmettre par iontophorèse intracellulaire jusqu'aux plus fines ramifications des cellules nerveuses. Ces recherches ont été faites sur des tanches, narcotisées au MS 222 et paralysées à l'aide du Flaxedil. Comme dérivations intracellulaires, trois segments abdominaux de la moelle épinière furent mis à nu, et les nerfs ventraux correspondants, préparés pour obtenir une activation antidromique des neurones moteurs. Leur innervation orthodrome s'est faite par l'excitation de l'axone central de Mauthner correspondant. Simultanément le seuil d'excitation a été contrôlé par l'enregistrement bilatéral des réponses extracellulaires. L'activation antidromique a servi à identifier les neurones moteurs, et l'excitation orthodrome par l'axone de Mauthner à confirmer leur dépendance de ce dernier. Les microélectrodes en verre, d'un diamètre extérieur à la pointe de $1\ \mu\text{m}$, ont été remplies de la solution du colorant à 6%, présentant ainsi une résistance électrique de 50 mégohms environ. La iontophorèse fut appliquée par des courants rectangulaires de $4 \cdot 10^{-7}$ A et d'une durée de 0,5 sec, à une cadence de 1/sec durant 10 min.

Le neurone moteur, identifié par voie électrophysiologique comme unité première et reconstitué dans son ensemble à l'aide de coupes en série de $10\ \mu\text{m}$

d'épaisseur au microscope fluorescent, est caractérisé par sa taille remarquable, son noyau cellulaire en position dorsale, ainsi que par son prolongement ventral, qui à une grande distance du soma cellulaire, à l'aide d'un éperon dendritique forme une synapse axo-dendritique avec une collatérale de l'axone de Mauthner (DIAMOND et YAŞARGIL 1969). Ce prolongement ventral se transforme ensuite en axone myélinisé et poursuit son chemin près de la ligne médiane en direction caudale, jusqu'à ce qu'il quitte la moelle épinière à la hauteur de la racine antérieure ipsilatérale correspondante. Le prolongement ventral du neurone moteur a été qualifié soit d'axone, soit de segment initial, ou a été même décrit comme dendrite (DIAMOND 1971). Ce dernier point de vue a été confirmé surtout par les examens au microscope électronique (DIAMOND et coll. 1970). Nos observations ont démontré que l'axone myélinisé ne possède aucune collatérale rétrograde. Par contre, le prolongement dendritique ventral, avant de prendre contact avec l'axone de Mauthner, cède deux collatérales dont la plus dorsale se partage dans le neuropile latéral, sans relations visibles avec d'autres cellules, la plus ventrale par contre approche un dendrite à direction latérodorsale, émanant du soma d'une petite cellule, qui d'ailleurs n'est pas encore identifiée comme neurone moteur ou intermédiaire. Parmi les autres dendrites des neurones moteurs étudiés on en remarque surtout un qui passe en direction caudale et est en contact tellement étroit avec un dendrite latéral du neurone moteur voisin qu'il faut admettre l'existence de synapses dendrodendritiques entre neurones moteurs de cette catégorie des unités primaires.

Caratteristiche topografiche di certi motoneuroni nel midollo spinale del teleosteo *Tinca tinca* L.

Per il presente lavoro sperimentale i motoneuroni spinali, che vengono attivati per mezzo del cilindrase di Mauthner ipsilaterale per via monosinaptica (unità primarie), sono stati infiltrati con il colorante fluorescente *Procion Yellow M4 RS* per ottenere informazioni sulle modalità delle loro eventuali relazioni con i moto- ed interneuroni vicini (unità secondarie) (DIAMOND 1971).

Questo metodo, descritto per la prima volta da STRETTON e KRAVITZ (1968), è particolarmente appropriato per un tale esperimento, dato che il citato colorante, iniettibile iontoforeticamente, si distribuisce nello spazio intracellulare fino nelle più piccole ramificazioni delle cellule nervose. Agli esperimenti furono sottoposte delle tinte narcotizzate con MS 222 e paralizzate con Flaxedil. Per le derivazioni intracellulari furono messi a nudo tre segmenti del midollo spinale addominale ed i nervi ventrali ad essi appartenenti vennero preparati per l'attivazione antidroma dei motoneuroni in questione. La loro attivazione ortodroma fu realizzata grazie a stimolazione della parte caudale del rispettivo cilindrase di Mauthner. La soglia di eccitazione veniva aggiustata tramite registrazione bilaterale delle risposte extracellulari delle cellule di Mauthner. L'attivazione antidroma delle unità servì alla loro identificazione intracellulare quali motoneuroni e l'attivazione ortodroma attraverso il cilindrase di Mauthner servì alla determinazione della dipendenza dallo stesso. I microelettrodi di vetro, di un diametro esterno alla punta di

1 μm circa, erano riempiti di soluzione del colorante al 6% e agivano con una resistenza elettrica media di 50 megohm. La iontoforesi aveva luogo tramite impulsi di corrente a forma rettangolare, dell'intensità di $4 \cdot 10^{-7}$ A e di 0,5 sec di durata, applicati con una frequenza di 1/sec durante 10 min.

I motoneuroni identificati elettrofisiologicamente come unità primarie, rintracciati e ricostruiti grazie a microscopia per fluorescenza, da sezioni seriali (10 μm), si caratterizzano per le loro dimensioni e per la posizione dorsale del loro corpo cellulare, come pure per il comportamento del loro prolungamento ventrale. Quest'ultimo forma, a gran distanza dal soma, attraverso una spina probabilmente dendritica, una sinapsi asso-dendritica con una collaterale del cilindrase di Mauthner (DIAMOND e YAŞARGIL 1969). Immediatamente dopo, il prolungamento ventrale si trasforma in cilindrase mielinizzato e continua vicino alla linea mediana in direzione caudale, fino a quando esce, senza ramificarsi, dal midollo spinale all'altezza della radice anteriore ipsilaterale. Questo prolungamento ventrale dei motoneuroni fu denominato a varie riprese cilindrase, oppure segmento iniziale, ma anche descritto come dendrite (DIAMOND 1971). Quest'ultima opinione è rafforzata da studi con il microscopio elettronico (DIAMOND e coll. 1970).

Il lavoro presente dimostra che nel tratto fra la collaterale del cilindrase di Mauthner e la radice anteriore, il prolungamento assonale del dendrite ventrale non presenta nessuna collaterale ricorrente. Al contrario, il dendrite ventrale stesso, sul suo percorso verso il cilindrase di Mauthner, dà origine a due ramificazioni che si dirigono lateralmente. Quella localizzata più dorsalmente si ramifica ulteriormente nel neuropilo laterale, senza rapporti, identificabili, con altre cellule. Quello ventrale invece è rintracciabile fino ad un dendrite di decorso dorsolaterale, che ha origine in una piccola cellula nervosa, finora non identificata se moto- o se interneurone. Tra gli altri dendriti dei motoneuroni studiati ce n'è uno con decorso caudale, che merita particolare attenzione: è a così stretto contatto con un dendrite che parte lateralmente dal grosso motoneurone più vicino tanto da far supporre l'esistenza di sinapsi dendro-dendritiche tra i motoneuroni di questo gruppo.

Topographic features of certain motoneurons in the spinal cord of a teleost (*Tinea tinca* L.)

This study was undertaken to establish the topographic features of the spinal motoneurons which respond to the low frequency discharge of the ipsilateral Mauthner axon with a latency shorter than 1.0 msec, our aim being to find out whether any connections exist between these cells (primary units) and neighbouring moto- and/or interneurons (secondary units) (DIAMOND 1971).

Conventional intracellular recording technique was used, and combined with the fluorescent dye injection method of STRETTON and KRAVITZ (1968), a method particularly suited for such an investigation, since the iontophoretically injected dye (Procion Yellow M4 RS) spreads into the finest ramifications of the nerve cells. The experiments

were made on tench anaesthetized with MS 222 and paralyzed with Flaxedil. Three abdominal spinal cord segments were exposed and the ventral nerves prepared for antidromic activation of the motoneurons. The orthodromic activation of the latter was carried out by stimulating the ipsilateral Mauthner axon at a more caudal level; stimulus threshold was adjusted by extracellular recording of the Mauthner cell response. The purpose of the antidromic activation of the spinal units was to identify them as motoneurons, and the orthodromic activation by the Mauthner axon to reveal their Mauthner dependence. The glass microelectrodes – outer diameter at the tip of about $1\ \mu\text{m}$ – were filled with 6% dye solution, average electrical resistance being 50 megohm. For the iontophoresis, rectangular current impulses of $4 \cdot 10^{-7}$ A and 0.5 sec duration were applied at a frequency of 1/sec during 10 min.

The motoneurons, electrophysiologically identified as primary units and reconstructed fluorescent-microscopically on the basis of $10\ \mu\text{m}$ serial sections, are characterized by the considerable size and the dorsal position of their cell body, and by the course of their ventral branch, which, at some distance from the soma, forms an axo-dendritic synapse with a Mauthner axon collateral over a probably dendritic spine (DIAMOND and YAŞARGIL 1969), after which it changes into a myelinated axon and runs along close to the midline in caudal direction until it leaves the spinal cord at the level of the ipsilateral anterior root. The ventral branch of these motoneurons has been variously described: as axon or as initial segment, but also as dendrite (see DIAMOND 1971). The latter concept is strongly supported by electron microscopic findings (DIAMOND et al. 1970). The present study shows that the axon arising from this so-called ventral dendrite has no recurrent collateral from the level of the Mauthner axon collateral to that of the anterior root. The ventral dendrite itself, however, gives off two laterally running branches on the way to the Mauthner axon, of which the dorsal one splits into lateral neuropil without recognizable connection with other cells, whereas the ventral one can be traced to a dorsolaterally running dendrite arising from a small nerve cell which has not been identified as moto- or interneurone. Among the other dendrites of the motoneurons studied mention should be made of a caudally running dendrite which has come into such close contact with the laterally coursing dendrite of a neighbouring motoneurone of similar type that the possibility of a dendro-dendritic synapse between these motoneurons (primary units) cannot be precluded.

Diamond J.: The Mauthner Cell, in: *Fish Physiology*, Vol. 5, pp. 265–346. Academic Press, New York/London 1971.

Diamond J. und Yaşargil G. M.: Synaptic function in the fish spinal cord; dendritic integration. *Progr. Brain Res.* 31, 202–209 (1969).

Diamond J., Gray E. G. und Yaşargil G. M.: The function of the dendritic spine: An hypothesis. *Proc. 5th int. Meeting Neurobiol. 1969*, in: *Excitatory Synaptic Mechanisms* (P. Andersen and J. K. S. Jansen, eds.), Universitetsforlaget, Oslo 1970.

Stretton A. O. und Kravitz E. A.: Neuronal geometry: Determination with a technique of intracellular dye injection. *Science* 162, 132–134 (1968).

Adresse des Autors: Prof. Dr. G. M. Yaşargil, Physiologisches Institut der Universität Zürich, Rämistrasse 69, CH-8001 Zürich.