

日水研年報, (6) : 203-216, 1960.

Ann. Rept. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab., (6) : 203-216, 1960.

硬骨魚におけるマウスナ細胞と游泳行動に関する研究

内橋 潔・島村初太郎・本田厚子

A Study on the Mauthner Cell in Teleosts in Relation to the Swimming Behavior

BY

KIYOSHI UCHIHASHI, HATSUTARO SHIMAMURA AND ATSUKO HONDA

Abstract

The state of development of the Mauthner cell in Medulla oblongata was observed for about 100 forms of Japanese teleosts (Table 1), and its relation to the swimming behavior was discussed. Our result may be summarised as follows:

1. The development of Mauthner's cell and the location in Medulla oblongata are different for each form of the fishes examined (Table 2, Plat 1-6).
2. The Mauthner cell was observed to be well developed, in fishes seeking bait by means of tastic, odour and acoustic sense at night (Table 2).
3. In the fishes not well adapted for swimming or of very sluggish behavior, the Mauthner cell was not discovered (Table 2).
4. In the fishes of an anguilliform body and swimming by undulating the body in curves of large amplitude, the Mauthner cell was remarkably developed. Still more, both in front and in the rear of this cell, there were one or two pairs of large nerve-cells which resemble to Mauthner's cell (Table 2, Plate 1; 2-3).

I. 緒 言

マウスナ細胞は魚類とくに硬骨魚の延髄中央部にある。すなわち、第7神経および第8神経の入る部位より内側で、内側縦束の外側部に存在する巨大な2個の単網状神経細胞である(第1図1)。これらは両棲類とくに有尾類の一部と両棲類の発生初期においても一般的にみられるが、1859年、L. MAUTHNER が魚の延髄中にはじめて発見命名したものである。その後本細胞の形態と機能について、BECCARI (1907)、MARUI (1918)、BARTELMEZ (1915, 1920)、TIEGE (1931)、BARTELMEZ, HOERR (1933)、RETZLAFF (1954)の業績があり、また KAPPERS (1936)は脊椎動物の延髄の比較解剖学の研究の中に、これらの文献を引用し、HEALEY (1957)は魚類の生態研究の中にGRAHAM 及び O' LEARY (1941)のマウスナ細胞の電気生理学的研究の結果を引用している。これらによると魚類のマウスナ細胞の発達は魚類の游泳行動と関係があり、聴神経、側線神経、三叉神経等の感覚器官からの刺激を脊髄に向つて長くのびたこの細胞の軸索突起を通じて、尾部や鱗部の筋肉へ伝達し、この刺激により筋肉からの刺激を抑制し、またこれらの逆の

作用すなわち筋肉や鱗からの刺激を感覚中枢へ伝達し、またこの刺激によつて、受容器からの刺激を制御する機能をもつているといわれている。

今回筆者等は日本産硬骨魚約100種の脳髓の連続切片標本により本細胞の形態を観察し、そして魚類の行動との関係を比較検討してみた。

II. 材料および方法

材料として用いた魚類は次表の通りで(第1表*), いずれも成体で、その新鮮なものを常法によつて解剖のうえ脳髓を摘出し、それを10%のホルマリン液に固定し、セロイジンまたはパラフィンで包埋し、10~25 μ の連続切片を作製した。染色はバルカルミン法**, ヘマトキシリンエオジン法*** 及びクレバー法****を使用した。

Table 1

Species	Japanese name	Staining method†	Sectionning thick (μ)
<i>Konosirus punctatus</i>	Konoshiro	P.-W.	20
<i>Etrumeus micropus</i>	Urumeiwashi	"	"
<i>Clupea pallasii</i>	Nishin	P.-W. & K.	"
<i>Sardinops melanosticta</i>	Maiwashi	"	"
<i>Harengula zunasi</i>	Sappa	P.-W.	"
<i>Engraulis japonica</i>	Katakuchiiwashi	P.-W. & K.	"
<i>Oncorhynchus nerka</i> var. <i>nerka</i>	Berizake	P.-W.	"
<i>Oncorhynchus tschawytscha</i>	Masunosuke	"	"
<i>Oncorhynchus gorbuscha</i>	Karafutomasu	P.-W. & K.	25, 10
<i>Oncorhynchus keta</i>	Sake	P.-W.	"
<i>Oncorhynchus masou</i> var. <i>ishikawae</i>	Yamame	"	"
<i>Oncorhynchus kisutch</i>	Ginzake	"	"
<i>Salmo gairdnerii irideus</i>	Nijimasu	"	"
<i>Salvelinus pluvius</i>	Iwana	"	"
<i>Salvelinus malma</i>	Oshorokoma	"	"
<i>Salvelinus fontinalis fontinalis</i>	Kawamasu	"	"
<i>Plecoglossus altivelis</i>	Ayu	P.-W. & H.-E.	20, 10
<i>Hypomesus olidus</i>	Wakasagi	P.-W. & K.	"
<i>Argentina semifasciata</i>	Nigisu	P.-W.	20
<i>Maurollicus japonicus</i>	Kyurieso	P.-W. & H.-E.	20, 10
<i>Saurus undosquamis</i>	Maeso	P.-W.	20
<i>Acheilognathus lanceolata</i>	Yaritanago	P.-W. & H.-E.	20, 10
<i>Pseudogobio esocinus</i>	Kamatsuka	"	"
<i>Tribolodon hakonensis hakonensis</i>	Ugui	P.-W. K. & H.-E.	"
<i>Karassius auratus</i>	Funa	"	"
<i>Cyprinus carpio</i>	Koi	"	"
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	Dojyo	"	"
<i>Parasilurus asotus</i>	Namazu	"	"
<i>Pelteobagrus undiceps</i>	Gigi	P.-W. & H.-E.	"

* 分類法は松原(1955) 魚類検索表による。

** 東大脳研法: ホルマリン固定後ミューラー液浸漬, ワイゲルト・ヘマトキシリンで髄鞘神経を染色, 弁色後アンモニヤカルミンで細胞を染色する。

*** マイヤー・ヘマトキシリンと水溶エオジンの二重染色の常法。

**** ホルマリン固定後, ラキソールファーストブルー M.B.S. で髄鞘神経を染色後クレジール・エヒト・ヴァイオレットで二重染色する。

Species	Japanese name	Staining method†	Sectionn- ing thick (μ)
<i>Anguilla japonica</i>	Unagi	P.-W., K. & H.-E.	20, 10
<i>Astroconger myriaster</i>	Maanago	P.-W.	20
<i>Muraenesox cinereus</i>	Hamo	P.-W. & K.	20, 10
<i>Mystriophis porphyreus</i>	Murasakiumihebi	P.-W.	20
<i>Cololabis saira</i>	Sanma	"	"
<i>Hemiramphus sajori</i>	Sayori	"	"
<i>Prognichthys agoo</i>	Tobiuo	"	"
<i>Zeus japonicus</i>	Matodai	"	"
<i>Mugil cephalus</i>	Bora	"	"
<i>Sphyaena pinguis</i>	Akakamasu	"	"
<i>Channa argus</i>	Kamuruchii	P.-W. & K.	20, 10
<i>Betta splendens</i>	Togyo	P.-W.	20
<i>Thunnus thynnus</i>	Kuromaguro	"	25
<i>Katsuwonus pelamis</i>	Katsuo	"	"
<i>Euthynnus affinis yaito</i>	Suma	"	20
<i>Scomber japonicus</i>	Masaba	P.-W. & K.	20, 10
<i>Scomberomourus niphonius</i>	Sawara	P.-W.	20
<i>Trichirurus lepturus</i>	Tachiuo	"	"
<i>Coryphaena hippurus</i>	Shiira	"	"
<i>Trachurus japonicus</i>	Maaji	"	"
<i>Arctoscopus japonicus</i>	Hatahata	"	"
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	Ishidai	"	"
<i>Upeneus bensasi</i>	Himeji	P.-W. & K.	20, 10
<i>Priacanthus macracanthus</i>	Kintokidai	P.-W.	20
<i>Doderleinia berycoides</i>	Akamutsu	"	"
<i>Lateolabrax japonicus</i>	Susuki	P.-W.	"
<i>Coreoperca kawamebari</i>	Oyanirami	"	"
<i>Argyrosomus argentatus</i>	Ishimochi	"	"
<i>Sillago sihama</i>	Kisu	"	"
<i>Epinephelus fario</i>	Nominokuchi	"	"
<i>Mylio macrocephalus</i>	Kurodai	"	"
<i>Chrysophrys major</i>	Madai	"	"
<i>Gnathagnus elongatus</i>	Aomishima	"	"
<i>Callionymus lunatus</i>	Numerigoichi	"	"
<i>Ammodytes personatus</i>	Ikanago	"	"
<i>Stichaeus grigorjewi</i>	Nagazuka	"	"
<i>Allolepis hollandi</i>	Norogenge	K.	10
<i>Mogurnda obscura</i>	Donko	P.-W.	20
<i>Cryptocentrus filifer</i>	Itohikihaze	"	"
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	Mahaze	"	"
<i>Chaeturichthys hexanema</i>	Akahaze	P.-W. & K.	20, 10
<i>Odontamblyopus rubicundus</i>	Warasubo	P.-W.	20
<i>Ditrema temmincki</i>	Umitanago	"	"
<i>Taius tumifrons</i>	Kidai	"	"
<i>Parapristipoma trilineatum</i>	Isaki	"	"
<i>Halichoeres pociilpterus</i>	Kyusen	P.-W. & K.	20, 10

Species	Japanese name	Staining method†	Sectionning thick (μ)
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	Kawahagi	P.-W.	20
<i>Navodon modestus</i>	Umazurahagi	P.-W. & K.	20, 10
<i>Fugu niphobles</i>	Mafugu	P.-W.	20
<i>Fugu rubripes</i>	Torafugu	"	"
<i>Fugu vermicularis</i>	Kusafugu	"	"
<i>Sebastes inermis</i>	Mebaru	"	"
<i>Sebastes marmoratus</i>	Kasago	"	"
<i>Sebastolobus macrochir</i>	Kichiji	P.-W. & K.	20, 10
<i>Inimicus japonicus</i>	Oniokoze	P.-W.	20
<i>Pleurogrammus azonus</i>	Hokke	"	"
<i>Hexagrammos otakii</i>	Ainame	P.-W. & K.	20, 10
<i>Cociella crocodila</i>	Inegochi	P.-W.	20
<i>Platycephalus indicus</i>	Kochi	"	"
<i>Furcina ishikawai</i>	Sarasakajika	P.-W. & K.	20, 10
<i>Podothecus sachi</i>	Tokubire	"	"
<i>Chelidonichthys kumu</i>	Hobo	P.-W.	20
<i>Lepidotrigla micropiera</i>	Kanagashira	"	"
<i>Cyclolumpus asperrimum</i>	Konpeito	"	"
<i>Crystallias matsushimae</i>	Abachan	K. & H.-E.	10
<i>Paralichthys olivaccus</i>	Hirame	P.-W.	20
<i>Hippoglossus stenolepis</i>	Ohyo	"	"
<i>Hippoglossoides dubius</i>	Akagarei	"	"
<i>Limanda herzensteini</i>	Magarei	"	"
<i>Tanakius kitaharai</i>	Yanagimushigarei	"	"
<i>Glyptocephalus stelleri</i>	Hireguro	"	"
<i>Gadus macrocephalus</i>	Tara	"	"
<i>Theragra chalcogramma</i>	Suketodara	P.-W. & K.	20, 10
<i>Lophius litulon</i>	Kianko	P.-W.	20
<i>Pterophryne histrio</i>	Hanaokoze	P.-W. & K.	20, 10

†, Abbreviations of staining method as follows:

P.-W.: Pal-weigert staining method

K.: Klüver staining method

H.-E.: Hematoxylin-eosin staining method

III. 観察結果と考察

筆者等が採用した染色方法では、その形態および内部の微細構造などを詳細に観察することは出来なかつたが、約 100 種にもわたつて、マウスナ細胞の発達状態を概観しえたので、魚類のもつ固有の游泳行動とマウスナ細胞の状態をあわせみることが出来 (第 2 表)、従来研究されて来たこの細胞の機能と形態の關係について若干の知見を加えることが出来た。

1) 硬骨魚におけるマウスナ細胞の形態と発達状態は魚種によつて、その外部形態、脳形が異つていて同様に、その大きさもまちまちで、その所在位置は一般に第 7 神経、および第 8 神経が延髄に入る附近の中心部ではあるが、魚種によつて必ずしも一定していない。筆者等の使用した作製標本の範囲では細胞の所在位置と形態については、種の固有の行動とは特に關係がみられなかつた。また所在位置の変化についても従来の研究者達の業績ではふれていない。

2) HEALEY (1957) によれば、底棲魚および尾の未発達魚種ではマウスナ細胞が甚だ未発達かまたは

欠いているとのべているが、筆者等が採用した固定染色の方法では、必ずしも底棲性には関係がなく、コンベトウ (*Cyclolumpus asperillum*), ハナオコビ (*Pterophryne kistrio*), アバチヤン (*Crystallias matsushimae*) 等の如く水中を殆ど游泳せず、運動の極めて鈍い種においてのみ延髄内にマウスナ細胞と判定すべき細胞を見出せなかつた。

3) イシダイ (*Oplegnathus fasciatus*), ウナギ (*Anguilla japonica*), ドチヨウ (*Misgurnus anguillicaudatus*), ホツケ (*Pleurogrammus azonus*), タチウオ (*Trichiurus lepturus*), ムラサキウミヘビ (*Mystriophis porphyreus*), スケトウダラ (*Theragra chalcogramma*), タラ (*Gadus macrocephalus*), ナマズ (*Parasilurus asotus*), ハモ (*Muraenesox cinereus*), マアナゴ (*Astroconger myriaster*) などのマウスナ細胞はよく発達している (第2表)。これらの種はいずれも夜行的な索餌行動をなす。またこれらのうちでも体形が細長く、游泳の場合体をくねらせて運動する種、すなわちウナギ (*Anguilla japonica*), ムラサキウミヘビ (*Mystriophis porphyreus*), ドチヨウ (*Misgurnus anguillicaudatus*), ナマズ (*Parasilurus asotus*), ハモ (*Muraenesox cinereus*), ワラスボ (*Odontamblyopus rubicundus*), タチウオ (*Trichiurus lepturus*), マアナゴ (*Astroconger myriaster*) などのマウスナ細胞は前述のようによく発達しているのは勿論であるが、マウスナ細胞の附近にマウスナ細胞と類似形態をもつ巨大細胞が1対または2対存在する (第1図 2, 3)。この細胞については従来の業績には何ら記載がなく、その機能についてはわからないが、その所在位置、種の体形と行動をあわせ考えると、はなはだ興味ある問題で、その説明は今後の研究にまたねばならない。

以上の結果からみると、筆者等の知り得た範囲では、魚類のマウスナ細胞の発達状態の如何は、その行動と次のような関係にあるものである。すなわちマウスナ細胞のよく発達している種は尾部を繊細微妙に徐々に且つ正確に運動する必要ありとみられる種で、その逆の場合は発達が悪い。またこの細胞をまったく欠いている種は、尾柄及び尾鰭の運動の極めて少ないものに限られている。夜行性であり且つ尾柄部及び、尾鰭を波状的に動かす種においては非常によく発達し、他魚種と異なり、マウスナ細胞の附近にこれとよく似た形態の巨大細胞をもっているのは注目し値する。つぎに、種の行動が主として視覚にたよることなく、側線感覚や嗅味聴覚の感覚にたよって行動する一部の夜行性魚にマウスナ細胞が発達していることは、本細胞の機能について注目すべきことであろう (第2表)。

Table 2.

Species	Japanese name	Mauth. cell †	Swimming behavior ††
<i>Konosirus punctatus</i>	Konoshiro	—	D. G.
<i>Etrumeus micropus</i>	Urumeiwashi	+	D. G.
<i>Clupea pallasii</i>	Nishin	—	D. G.
<i>Sardinops melanosticta</i>	Maiwashi	—	D. G.
<i>Harengula zunshi</i>	Sappa	+	D. G.
<i>Engraulis japonica</i>	Katakuchiiwashi	+	D. G.
<i>Oncorhynchus nerka</i> var. <i>nerka</i>	Benizake	+	G.
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	Masunosuke	—	G.
<i>Oncorhynchus gorbuscha</i>	Karafutomasu	+	G.
<i>Oncorhynchus keta</i>	Sake	—	G.
<i>Oncorhynchus masou</i> var. <i>ishikawae</i>	Yamame	+	D.
<i>Oncorhynchus kisutch</i>	Ginzake	+	G.
<i>Salmo gairdnerii irideus</i>	Nijimasu	+	D. G.
<i>Salvelinus pluvius</i>	Iwana	—	D.
<i>Salvelinus malma</i>	Oshorokoma	—	G.
<i>Salvelinus fontinalis fontinalis</i>	Kawamasu	—	D. G.

Species	Japanese name	Mauth. Cell †	Swimming behavior ††
<i>Plecoglossus altivelis</i>	Ayu	---	D.
<i>Hypomesus olidus</i>	Wakasagi	++	D.
<i>Argentina semifasciata</i>	Nigisu	++	
<i>Maurolicus japonicus</i>	Kyurieso	++	D. N.
<i>Saurus undoquamis</i>	Maeso	+	D.
<i>Acheilognathus lanceolata</i>	Yaritanago	++	
<i>Pseudogobio esocinus</i>	Kamatsuka	+?	D. T.
<i>Tribolodon hakonensis hakonensis</i>	Ugui	-	D.
<i>Karassius auratus</i>	Funa	---	D.
<i>Cyprinus carpio</i>	Koi	+	D. N.
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	Dojyo	+++○	N. T.
<i>Parasilurus asotus</i>	Namazuo	+++○	N. A.
<i>Pelteobagrus undiceps</i>	Gigi	++	N. A.
<i>Anguilla japonica</i>	Unagi	+++○	N.
<i>Astroconger myriaster</i>	Maanago	++ ○	N.
<i>Muraenox cinereus</i>	Hamo	++ ○	N.
<i>Mystriophis porphyreus</i>	Murasakiumihebi	+++○	N.
<i>Cololabis saira</i>	Sanma	-	G.
<i>Hemiramphus sajori</i>	Sayori	+++○	
<i>Prognichthys agoo</i>	Tobiuo	----?	D. G.
<i>Zeus japonicus</i>	Matodai	+	
<i>Mugil cephalus</i>	Bora	-	D. G.
<i>Sphyaena pinguis</i>	Akakamasu	---	D. G.
<i>Channa argus</i>	Kamuruchii	+++	N.
<i>Betta splendens</i>	Togyo	-	D.
<i>Thunnus thynnus</i>	Kuromaguro	---	D.
<i>Katsuwonus pelamis</i>	Katsuo	-	D. G.
<i>Euthynnus affinis yaito</i>	Suma	---	
<i>Scomber japonicus</i>	Masaba	---	D. G.
<i>Scomberomourus nipponius</i>	Sawara	---	
<i>Trichiurus lepturus</i>	Tachiuo	+++○	N.
<i>Coryphaena hippurus</i>	Shiira	+	G.
<i>Trachurus japonicus</i>	Maaji	++	G.
<i>Arctoscopus japonicus</i>	Hatahata	-	D. N.
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	Ishidai	+++	D. N. T.
<i>Upeneus bensasi</i>	Himeji	++	
<i>Priacanthus macracanthus</i>	Kintokidai	---	N.
<i>Doderleinia berycoides</i>	Akamutsu,	++	
<i>Lateolabrax japonicus</i>	Susuki	+	N.
<i>Coreoperca kawamebari</i>	Oyanirami	-	D.
<i>Argyrosomus argentatus</i>	Ishimochi	---	N.
<i>Sillago sihama</i>	Kisu	+	N.
<i>Epinephelus fario</i>	Nominokuchi	---	N.
<i>Mylio macrocephalus</i>	Kurodai	---?	N.
<i>Chrysophrys major</i>	Madai	+	N.
<i>Gnathagnus elongatus</i>	Aomishima	---	

Species	Japanese name	Mauth. cell †	Swimming behavior ††
<i>Callionmus lunatus</i>	Numerigochi	---	
<i>Ammodytes personatus</i>	Ikanago	----	
<i>Stichaeus grigorjewi</i>	Nagazuka	++	N.
<i>Allolepis hollandi</i>	Norogenge	×	
<i>Mogurnda obscura</i>	Donko	---	
<i>Cryptocentrus filifer</i>	Itohikihaze	—	
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	Mahaze	++	
<i>Chaeturichthys hexanema</i>	Akahaze	+	N.
<i>Odontamblyopus rubicundus</i>	Warasubo	++ ○	N.
<i>Ditrema temmincki</i>	Umitanago	+	N.
<i>Taius tumifrons</i>	Kidai	----	
<i>Parapristipoma trilineatum</i>	Isaki	---	N.
<i>Halichoeres poecilipterus</i>	Kyusen	----	D.
<i>Stephanolepis cirrhiifer</i>	Kawahagi	++	
<i>Navodon modestus</i>	Umazurahagi	++	
<i>Fugu niphobles</i>	Mafugu	---	
<i>Fugu rubripes</i>	Torafugu	----	
<i>Fugu vermicularis</i>	Kusafugu	----	
<i>Sebastes inermis</i>	Mebaru	—	
<i>Sebastesus marmoratus</i>	Kasago	---	
<i>Sebastolobus macrochir</i>	Kichiji	---	
<i>Inimicus japonicus</i>	Oniokoze	----	N.
<i>Pleurogrammus azonus</i>	Hokke	—	N.
<i>Hexagrammos otakii</i>	Ainame	+	
<i>Cociella crocodila</i>	Inegochi	+	N. T.
<i>Platycephalus indicus</i>	Kochi	—	N. T.
<i>Furcina ishikawai</i>	Sarasakajika	—	
<i>Podothecus sachi</i>	Tokubire	—	
<i>Chelidonichthys kumu</i>	Hobo	---	
<i>Lepidotrigla micropiera</i>	Kanagashira	---	
<i>Cyclolumpus asperrimum</i>	Konpeito	×	
<i>Crystallias matsushimae</i>	Abachan	×	
<i>Paralichthys olivaccus</i>	Hirame	----	
<i>Hippoglossus stenolepis</i>	Ohyo	---	
<i>Hippoglossoides dubius</i>	Akagarei	----	
<i>Limanda herzensteini</i>	Magarei	----	
<i>Tanakius kitaharai</i>	Yanagimushigarei	----	N.
<i>Glyptocephalus stelleri</i>	Hireguro	+	N.
<i>Gadus macrocephalus</i>	Tara	+++	N.
<i>Theragra chalcogramma</i>	Suketodara	+++	N.
<i>Lophius litulon</i>	Kianko	+	
<i>Pterophryne histrio</i>	Hanaokoze	×	

†, Mark of Mauth. cell as follows:

- × : Not discovered.
- ‡‡ : Very well develop.
- ‡ : Well develop.
- +: Moderate.
- : Not well develop.
- : Small in shape.
- : Very small in shape.
- : Large nerve-cells discovered.

††, Abbreviation of swimming behavior as follows:

- D.: Daytime swimming fishes.
- N.: Noctanal fishes.
- G.: Group-swimming fishes.
- T.: Taste feeling fishes.
- A.: Acaustic feeling fishes.

IV. 摘 要

日本産硬骨魚類約 100 種の延髄のマウスナ細胞の発達状態を比較し、その游泳行動との関係を検討した。その結果は次の通りである。

1. マウスナ細胞の発達状態およびその所在位置は、魚種によつて異なる。
2. 嗅、味覚、聴覚にたより、夜間索餌する種のマウスナ細胞は、非常によく発達している。
3. 水中で殆ど游泳行動をしない魚、またその行動が極めて緩徐な種においては、マウスナ細胞を発見出来なかつた。
4. 体形が細長く、そしてその游泳行動において体を波状に動かすような魚のマウスナ細胞は、発達が非常によい。さらに本細胞の前後に本細胞と形態が酷似する 1 対乃至 2 対の神経細胞が見られる。

文 献

- BECCARI, N. (1907). Ricerche sulle cellule e fibre del Mauthner e sulle loro connessioni in pesci ed anfibi. (*Salmo fario*, *S. irideus* e *Salamandria perspicillata*). *Arch. ital. di anat. e diembriol.*, 6: 660.
- MARUI, K. (1918). On the finer structure of the synapse of the Mauthner cell with especial consideration of the "Golgi net" of Bethe, nervous terminal feet and the nervous pericellular terminal net of held. *J. Comp. Neurol.*, 30(2): 127.
- RETZLAFF, E. (1954). Neurohistological basis for the functioning of paired half-centers. *J. Comp. Neurol.*, 101(2): 407.
- (1957). A mechanism for excitation and inhibition of the Mauthner's cells in teleost: A histological and neurophysiological study. *J. Comp. Neurol.*, 107(2): 209.
- KAPPERS, A., HUBER, G. C., CROSBY, F. C. (1936). *The comparative anatomy of the nervous system in vertebrates, and man.* 1 & 2. The Mac Millan Co., N. Y.
- HEALEY, E. G. (1957). The nervous system. *The physiology of fishes.* 2: Academic press inc., N. Y.
- 内 橋 潔 (1953). 脳髄の形態より見た日本産硬骨魚類の生態学的研究。日水研研究報告, (2).

Plate I.

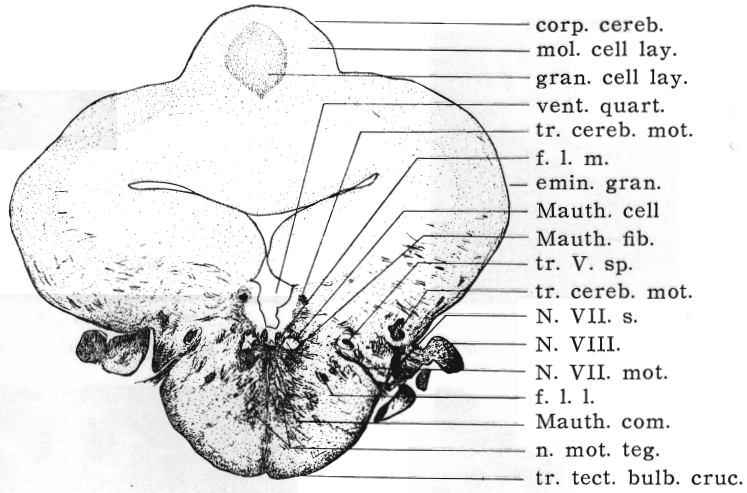
1. Transverse section through the region of entrance of the VII motor nerve.
2. Transverse section through the region of Mauthner's cell.
3. Transverse section through the region of large nerve-cell resembled to the Mauthner cell.
4. 5. Transverse section through the region of Mauthner's cell.

Plate II-VI.

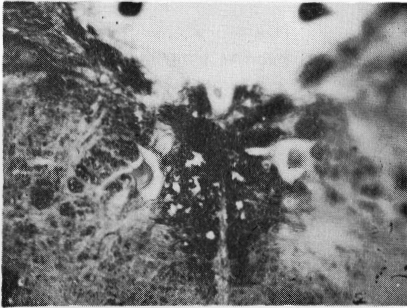
- 6.-45. Transverse section through the region of Mauthner's cell.

Abbreviations used in the explanation of figures:

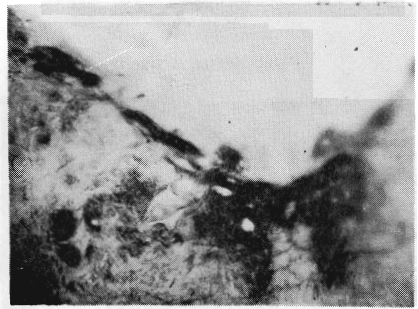
<i>corp. cereb.</i>	corpus cerebelli
<i>emin. gran.</i>	eminentia granularis
<i>f. l. l.</i>	fasciculus longitudinalis lateralis
<i>f. l. m.</i>	fasciculus longitudinalis medialis
<i>gr. cell l.</i>	granule cell layer
<i>Mauth. cell</i>	Mauthner's cell
<i>Mauth. com.</i>	Mauthner's commissura
<i>Mauth. fib.</i>	Mauthner's fibre
<i>mol. cell l.</i>	molecular cell layer
<i>N. VII. m.</i>	nerve VII motor
<i>N. VII. s.</i>	nerve VII sensory
<i>N. VIII.</i>	nerve VIII
<i>n. mot. teg.</i>	nucleus motorius tegmenti
<i>tr. V. sp.</i>	tractus V-spinalis
<i>tr. cereb. mot.</i>	tractus cerebello motorius
<i>tr. tect. bulb. cruc.</i>	tractus tecto-bulbalis cruciatus
<i>vent. quart.</i>	ventriculus quartus



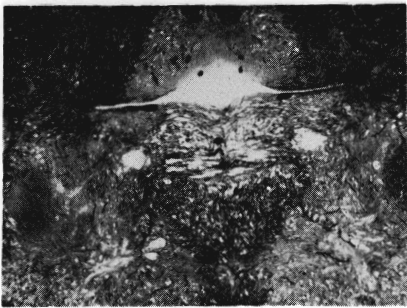
1. Tachiuo P-W. $\times 15$
 (*Trichiurus lepturus*).



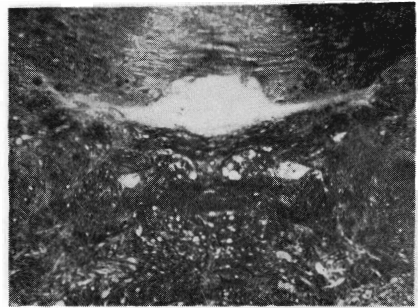
2. Unagi P-W. $\times 140$
 (*Anguilla japonica*)



3. Unagi P-W. $\times 1405$
 (*Anguilla japonica*)



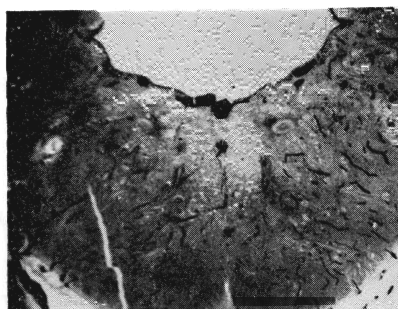
4. Urumeiwashi P-W. $\times 40$
 (*Etrumeus micropus*)



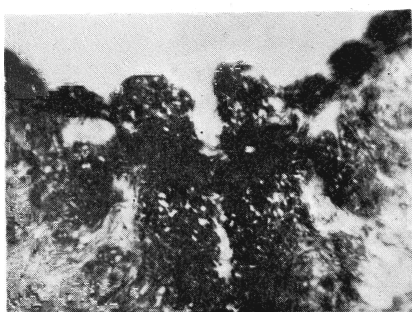
5. Maiwashi P-W. $\times 70$
 (*Sardinops melanosticta*)



6. Yamame P.-W. $\times 100$
(*Oncorhynchus masou* var. *ishikawae*)



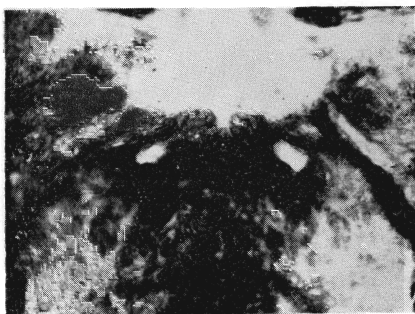
7. Nijimasu P.-W. $\times 85$
(*Salmo gairdnerii irideus*)



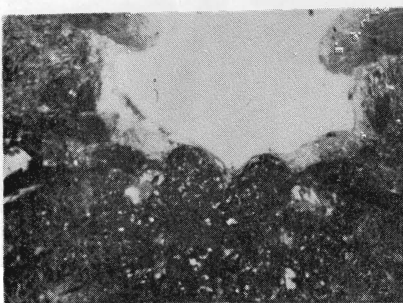
8. Ayu P.-W. $\times 360$
(*Plecoglossus altivelis*)



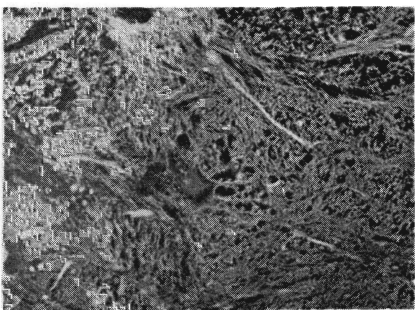
9. Nigisu P.-W. $\times 60$
(*Argentina semifasciata*)



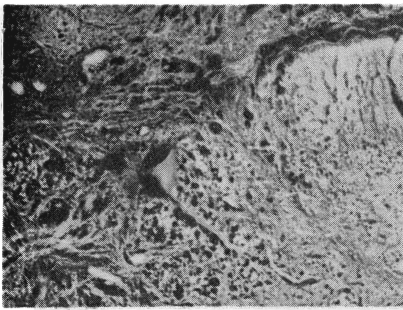
10. Kiyurieso P.-W. $\times 250$
(*Mawrolics japonicus*)



11. Maeso P.-W. $\times 80$
(*Saurus undosquamis*)



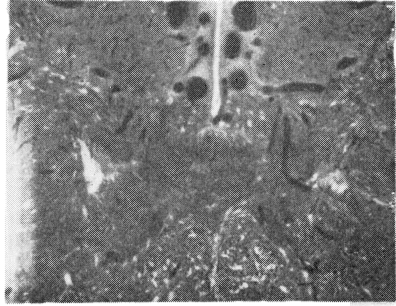
12. Ugui K. $\times 500$
(*Tribolodon hakonensis hakonensis*)



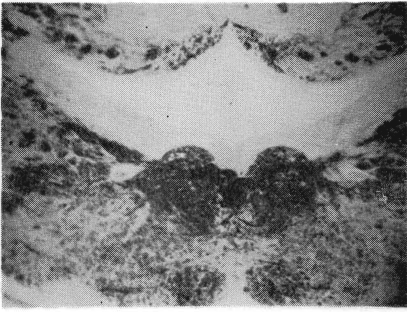
13. Funa K. $\times 500$
(*Carassius auratus*)



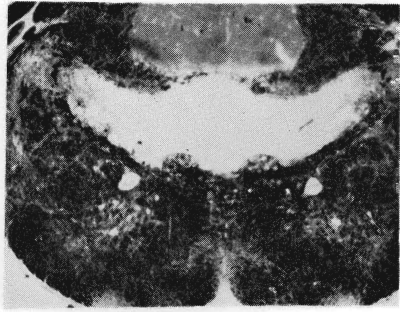
14. Koi K. $\times 500$
(*Cyprinus carpio*)



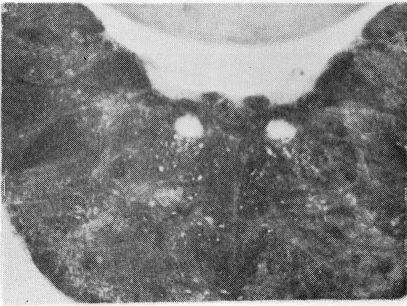
15. Namazu P.-W. $\times 50$
(*Parasilurus asotus*)



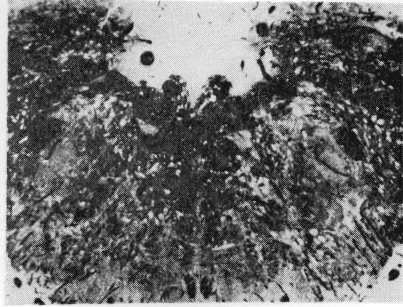
6. Hamo P.-W. $\times 100$
(*Muraenesox cinereus*)



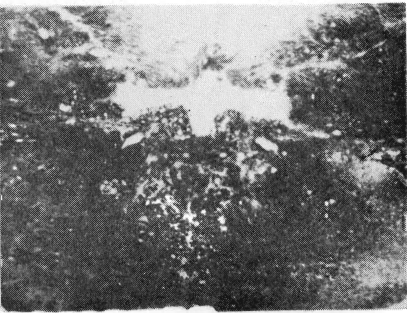
17. Murasakiimihebi P.-W. $\times 80$
(*Mystriophis porphyreus*)



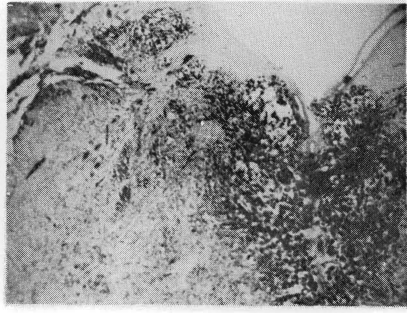
18. Sayori P.-W. $\times 70$
(*Hemiramphus sajori*)



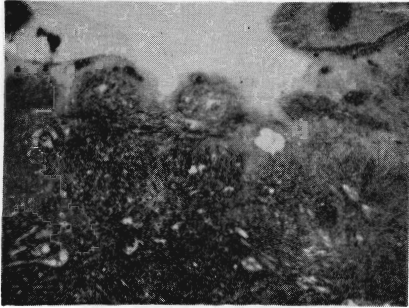
19. Matodai P.-W. $\times 70$
(*Zeus japonicus*)



20. Akakamasu P.-W. 100
(*Sphyræna pinguis*)



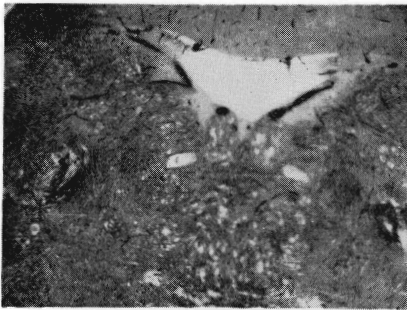
21. Kuromaguro P.-W. $\times 250$
(*Thunnus thynnus*)



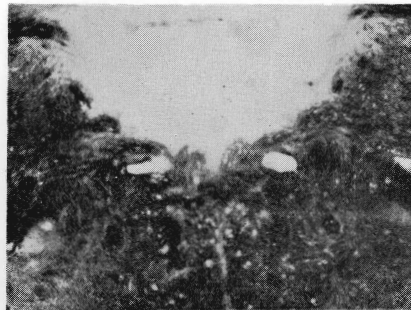
22. Katsuo P.-W. $\times 50$
(*Katsuonus pelamis*)



23. Suma P.-W. $\times 50$
(*Euthymus affinis yaito*)



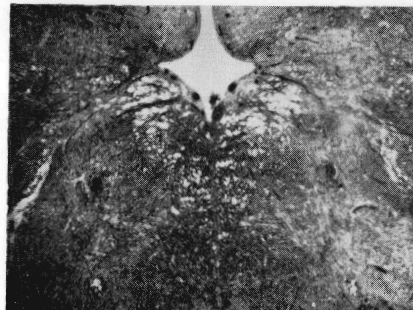
24. Maaji P.-W. $\times 70$
(*Trachurus japonicus*)



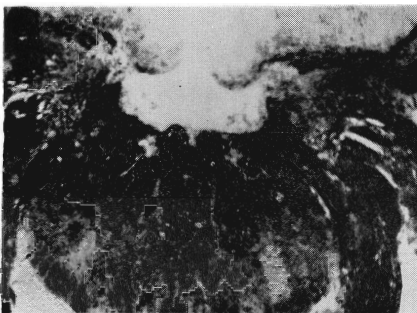
25. Ishidai P.-W. $\times 60$
(*Oplegnathus fasciatus*)



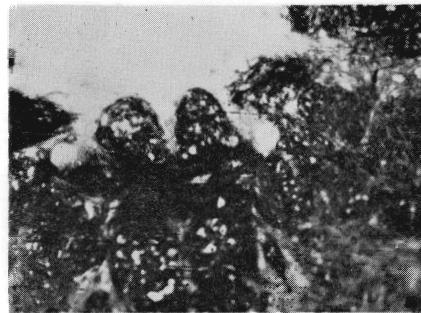
26. Himeji P.-W. $\times 50$
(*Upeneus bensasi*)



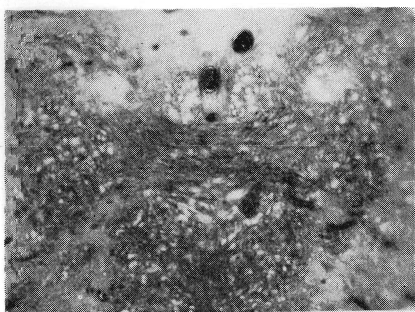
27. Kintokidai P.-W. $\times 80$
(*Priacanthus mauracanthus*)



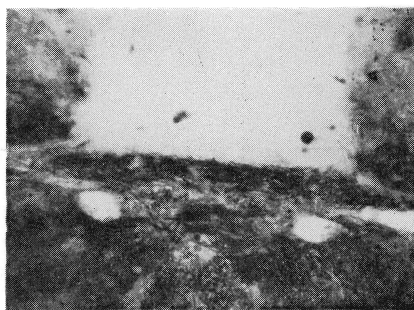
28. Akamutsu P.-W. $\times 80$
(*Dodorleimia berycoides*)



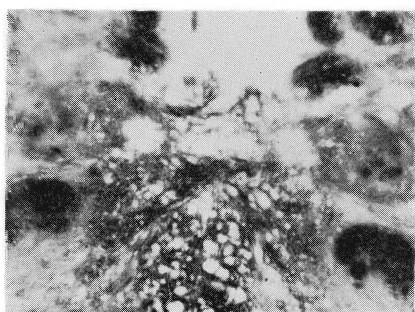
29. Oyanirami P.-W. $\times 130$
(*Coreoperca kawamebari*)



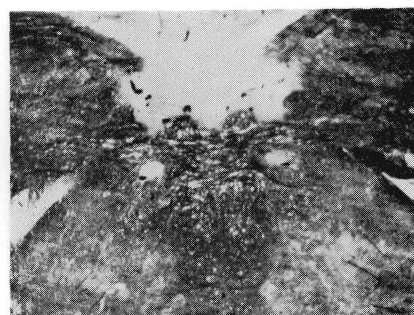
30. Nominokuchi P.-W. $\times 150$
(*Epinephelus fario*)



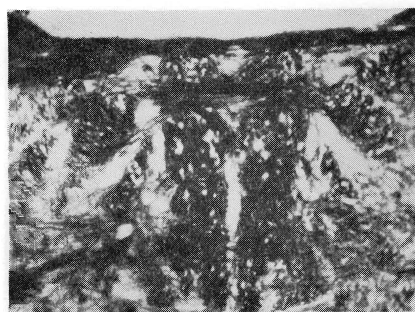
31. Mahaze P.-W. $\times 200$
(*Acanthogobius flavimanus*)



32. Akahaze P.-W. $\times 600$
(*Chaeturichthys hexanema*)



33. Umitanago P.-W. $\times 80$
(*Ditrema temmincki*)



34. Kiyusen P.-W. $\times 400$
(*Halichoeres poecilipterus*)



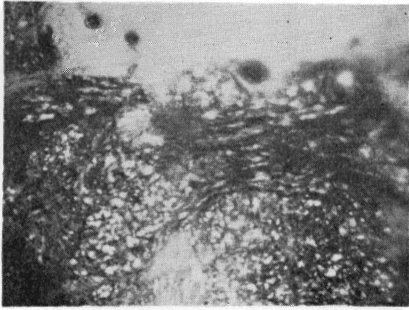
35. Kawahagi P.-W. $\times 40$
(*Stephanolepis cirrhifer*)



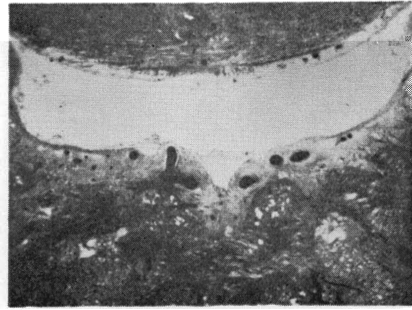
36. Umazurahagi P.-W. $\times 50$
(*Navodon modestus*)



37. Mebaru P.-W. $\times 90$
(*Sebastes inermis*)



38. Kasago P.-W. $\times 200$
(*Sebastescus marmoratus*)



39. Hokke P.-W. $\times 40$
(*Pleurogrammus azonus*)



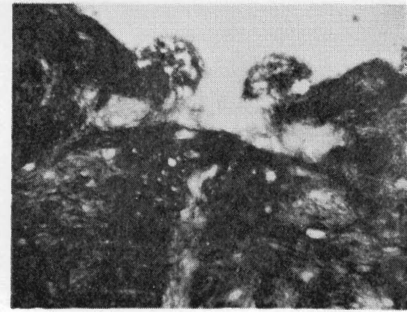
40. Ainame P.-W. $\times 70$
(*Hexagrammos otakii*)



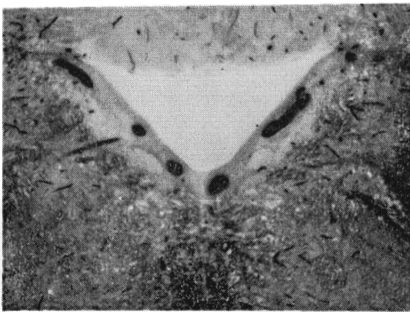
41. Hirame P.-W. $\times 50$
(*Paralichthys olivaccus*)



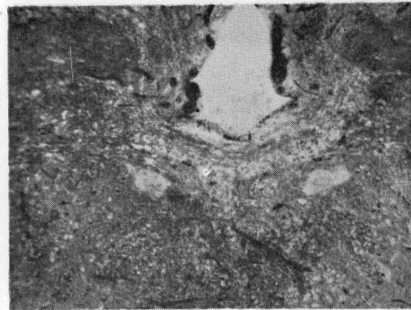
42. Akagarei P.-W. $\times 100$
(*Hippoglossoides dubius*)



43. Magarei P.-W. $\times 550$
(*Limanda herzensteini*)



44. Hireguro P.-W. $\times 300$
(*Glyptocephalus stelleri*)



45. Tara P.-W. $\times 60$
(*Gadus macrocephalus*)