

コイの心拍数,心電図および呼吸機能に対する麻酔剤2-フェノキシエタノールの影響

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
巻/号	5410
掲載ページ	p. 1737-1746
発行年月	1988年10月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



コイの心拍数、心電図および呼吸機能に対する麻酔剤 2-フェノキシエタノールの影響

山光俊一, 板沢靖男

(1988年5月9日受付)

Effects of an Anesthetic 2-Phenoxyethanol on the Heart Rate, ECG and Respiration in Carp

Shunichi Yamamitsu* and Yasuo Itazawa*

Heart rate, ECG and respiratory parameters were measured with carp of about 600 g during various stages of anesthesia induced with 400-800 ppm solution of 2-Phenoxyethanol.

In 400 ppm solution, deep sedation, tachycardia, shortening of QT₁, increase in ventilation frequency and slight decrease in oxygen consumption were observed. In 600 ppm solution, disappearance of tachycardia, extension of time elements of ECG, decrease in all respiratory parameters were observed. In anesthesia induced with 400-600 ppm solution, fish recovered from anesthesia by irrigation with fresh water containing no anesthetic.

In 800 ppm solution, progressive bradycardia, remarkable extension of time elements of ECG and decrease in voltage elements of ECG, drops to almost zero in respiratory parameters owing to cessation of ventilation movement were observed and fish did not recover from anesthesia by irrigation with fresh water.

Decease of fish caused by 2-Phenoxyethanol of 800 ppm was considered to be owing to anoxia induced by paralysis of the respiratory center.

2-フェノキシエタノール (2-Phenoxyethanol) は魚類の細菌性疾病に対する化学治療剤として van Duijn¹⁾ によって報告され, Idler *et al.*²⁾ によって麻酔効果のあることが報告されている。本薬物の魚類に対する至適麻酔濃度あるいは麻酔時の行動変化については, Shedeve *et al.*³⁾ および関沢⁴⁾ が, 魚体内の吸収・分布・排泄については今村ら⁵⁾ がそれぞれ報告しているが, 魚の呼吸機能や心機能に及ぼす影響については十分に解明されていない。本研究では様々な濃度の 2-フェノキシエタノール麻酔下でコイの心電図および呼吸機能の変化を調べ, さらに高濃度の麻酔液による鰓の強制灌流の効果についても検討した。

実験方法

2-フェノキシエタノール麻酔下のコイの心電図と呼吸 水温 24.0~25.5°C で 1 週間飼育した体重 520~660 g (平均 593 g) のコイ *Cyprinus carpio* 15 個体を用いた。魚の囲心腔に心電図導出用のコード (芯径 0.2 mm) を 2 本装着し, さらに魚の口腔と鰓腔に採水用カ

ニューラを装着した後呼吸室に収容し (Fig. 1-A), 酸素のほぼ飽和した水 (正常水) を約 800 ml·min⁻¹ の割合で通水しつつ約 48 時間順致した。

麻酔液の濃度は 400, 600 および 800 ppm の 3 段階とし, いずれも十分に酸素を飽和させた。順致終了後, 呼吸室への流入水を麻酔液に切り替え, 2 時間後に再び正常水に切り替えて 6 時間そのままの状態に保った。測定は麻酔液に切り替える 10 分前 (以下正常時と呼ぶ) に 1 回, 麻酔液に切り替えて (以下麻酔期と呼ぶ) 5 分, 30 分, 1 時間, 1 時間 30 分, 2 時間後に各 1 回, 再び正常水に切り替えて 5 分, 30 分, 1 時間, 1 時間 30 分, 2 時間, 3 時間, 4 時間, 5 時間, 6 時間後に各 1 回, 計 15 回行った。

測定項目は心拍数, 心電図, 鰓蓋運動の頻度, 呼吸室への流入水, 流出水, 口腔水および鰓腔水の酸素分圧である。心電図は心電計 (フクダ電子, FD-12A) により, 時定数 2.0 秒で記録した。心拍数は心電図から, 鰓蓋運動の頻度は目視で計測し, 水の酸素分圧は IL メーター (IL-113 S1 型) で測定した。心電図諸要素, 酸素消費量,

* 九州大学農学部水産学科 (Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Hakozaki, Higashi, Fukuoka 812, Japan).

毎分総換水量および鰓における酸素摂取率の求め方は前報⁹⁾と同様である。実験中の水温は 24.5~25.5°C であった。

2-フェノキシエタノールによる鰓の強制灌流 体重 570~650 g (平均 602 g) のコイ 5 個体に心電図導出用の電極および強制灌流用のゴム製マウスピースを装着し、呼吸室に収容して 24 時間順致した (Fig. 1-B)。順致終了後、灌流水を麻酔液に切り替えて 2 時間灌流し、その後再び正常水に切り替えて 4 時間灌流した。測定項目は心拍数、心電図諸要素および酸素消費量である。測定は正常時に 1 回、麻酔液灌流に切り替えて 5 分、30 分、1 時間、1 時間 30 分、2 時間後に各 1 回、再び正常水の灌流に切り替えて 5 分、30 分、1 時間、1 時間 30 分、2 時間、3 時間、4 時間後に各 1 回、計 13 回行った。麻酔液の濃度は 800 ppm、水温は 24.5~25.5°C、灌流量は 800 ml·min⁻¹ であった。

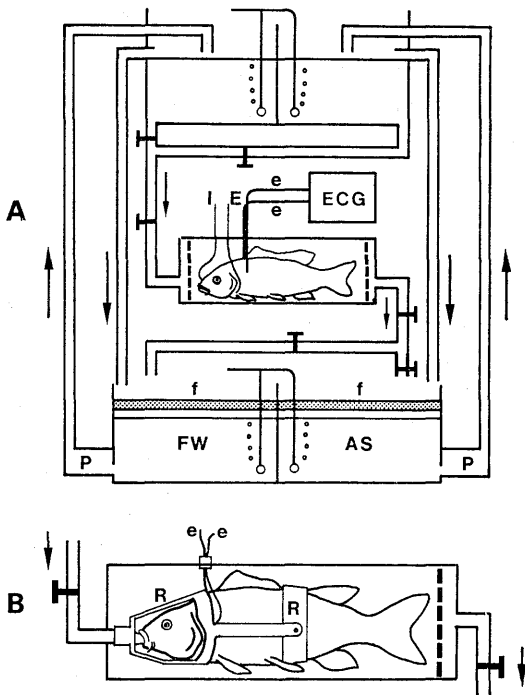


Fig. 1. A: Arrangement of apparatus used for the experiment. I and E: cannulae for inspired water and expired water; e: electrodes for recording ECG; ECG: ECG amplifier; f: filter; FW: fresh water; AS: anesthetic solution; P: pump; Arrows indicate the direction of water flow. B: The diagram of apparatus used for the experiment of forced branchial irrigation. R: Neoprene restrainer for fixing the irrigator to fish mouth.

結 果

2-フェノキシエタノール麻酔下のコイの心電図と呼吸 正常時の心拍数、心電図諸要素および呼吸機能諸要素の測定結果を Table 1 に示し、麻酔期および再び正常水の灌流に切り替えた後の各項目の変化を Fig. 2~4 に示す。

麻酔期の初期には発期には発揚や洗浄運動が頻繁に観察され、やがて魚は平衡を失って横転した。麻酔導入開始から魚が横転に陥るまでの時間は、400 ppm で 5~10 分、600 ppm で 5 分、800 ppm では 2~5 分であった。

心拍数は麻酔導入後 5 分に顕著に増加した。400 ppm では最も大きく増加し、麻酔期中は頻脈が持続した。通水を正常水に切り替えると、30 分後に若干減少したが、その後は再び増加した状態が続いた。600 ppm では麻酔導入の 30 分後に頻脈が消失し、正常時よりやや増加した状態が続いた。通水を正常水に切り替えると、30 分後に著しく増加し、以後は次第に減少したが正常時のレベルに復することはなかった。800 ppm では麻酔導入の 30 分後に頻脈が消失して正常時よりも減少し、通水を正常水に切り替えても減少を続け、4 時間後に心拍動が認められなくなった (Fig. 2-A)。

P_i は麻酔期に次第に延長した。通水を正常水に切り替えると、400 ppm および 600 ppm では正常時よりやや高いレベルまで回復したが、800 ppm では 30 分以後に顕著に延長した (Fig. 2-B)。

Table 1. Heart rate, ECG elements and respiratory parameters of carp resting in fresh water without the anesthetic acclimated at 25°C. Values are expressed in $\bar{X} \pm SE$. Numbers in parentheses indicate the number of fish examined

Flow rate	(ml·min ⁻¹)	800
Heart rate	(ml·min ⁻¹)	27.4 ± 2.6 (14)
P _i	(s)	0.045 ± 0.002 (13)
PQ _i	(s)	0.101 ± 0.003 (13)
QRS _i	(s)	0.067 ± 0.003 (13)
QT _i	(s)	0.516 ± 0.018 (13)
P _v	(mV)	0.15 ± 0.03 (13)
QRS _v	(mV)	0.74 ± 0.17 (13)
T _v	(mV)	0.20 ± 0.05 (13)
ST/QRS el.*	(%)	5.3 ± 2.8 (3)
dep.*	(%)	13.1 ± 3.1 (5)
V _f	(min ⁻¹)	20.1 ± 3.0 (14)
V̇ _{O₂}	(ml·min ⁻¹)	0.52 ± 0.07 (14)
V̇ _G	(ml·min ⁻¹)	184.1 ± 31.0 (14)
U	(%)	61.8 ± 3.8 (14)

* el.: ST elevation; dep.: ST depression; ST/QRS are calculated as follows. ST/QRS=100 (ST elevation or depression/QRS voltage)

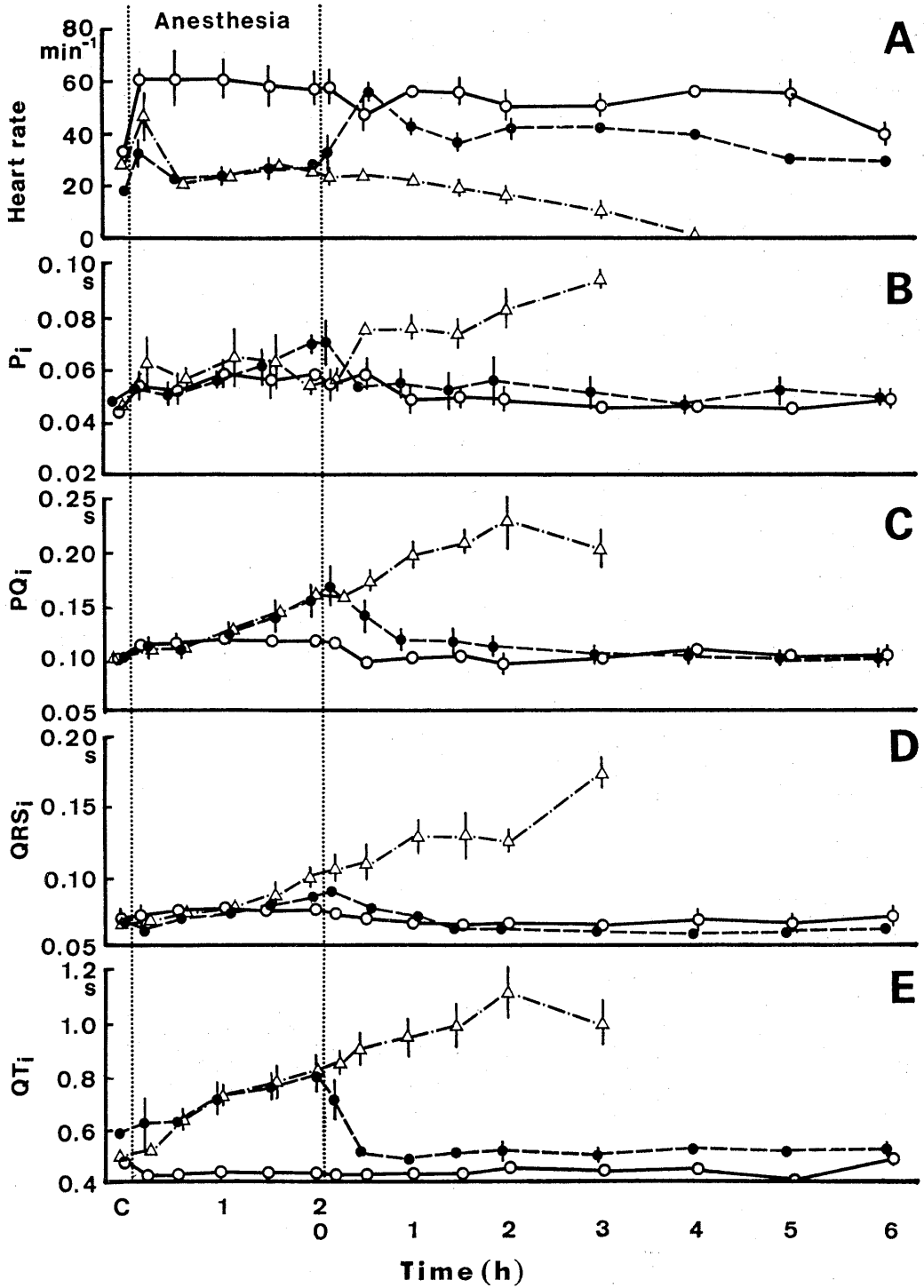


Fig. 2. Changes in heart rate and time elements of ECG of carp before, during and after anesthesia with 400 ppm (○—○), 600 ppm (●—●) and 800 ppm (△--△) of 2-Phenoxyethanol. C: the value before anesthesia. Values are expressed in $\bar{X} \pm \text{SE}$.

PQ_i は麻酔期に延長し、特に 600 ppm および 800 ppm では顕著であった。通水を正常水に切り替えると、400 ppm では直ちに正常時のレベルに復し、600 ppm では 3~4 時間後にはほぼ正常時のレベルに復したが、800

ppm では延長が続いた (Fig. 2-C)。

QRS_i は初期にはあまり変化しなかったが、600 ppm および 800 ppm では 1 時間後に延長を開始した。通水を正常水に切り替えると、400 ppm では 1 時間後、600

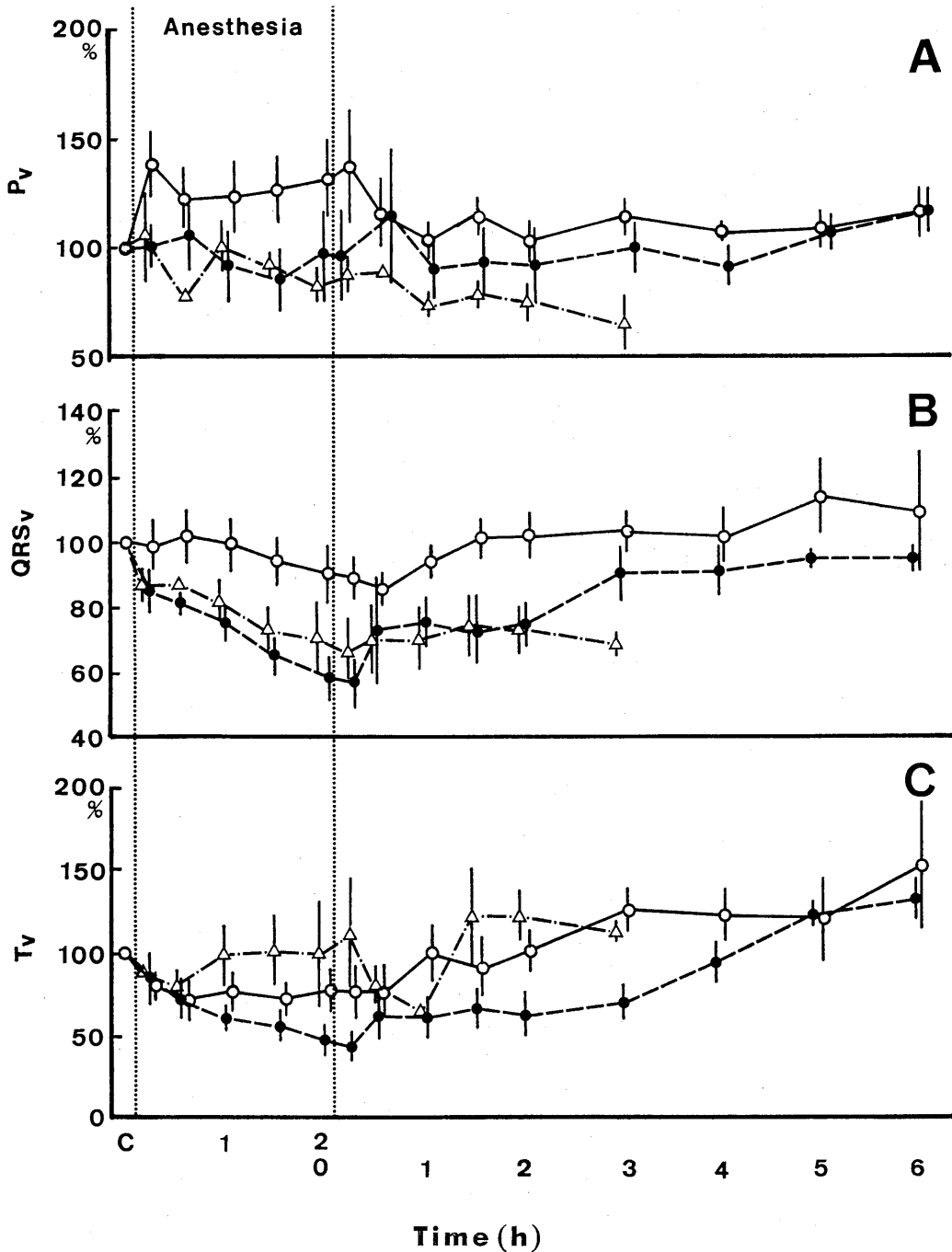


Fig. 3. Changes in relative values of voltage elements of ECG of carp before, during and after anesthesia with 400 ppm (○—○), 600 ppm (●—●) and 800 ppm (△--△) of 2-Phenoxyethanol. C: the value before anesthesia. Values are expressed in $\bar{X} \pm SE$.

ppm では 2 時間後には正常時のレベルに復した。800 ppm では正常水に切り替えても延長が続いた (Fig. 2-D)。

QT_i は、400 ppm では短縮し、600 ppm および 800 ppm では顕著に延長した。通水を正常水に切り替えると、400 ppm では短縮した状態が続き、600 ppm では 30 分後に正常時よりも短縮した。800 ppm では正常水に切り替えても延長が続いた (Fig. 2-E)。

P_v は、400 ppm では増高し、600 ppm および 800 ppm では麻酔期の後半に若干減高した。通水を正常水に切り替えると、400 ppm および 600 ppm ではほぼ正常時のレベルに復し、800 ppm では次第に減高した (Fig. 3-A)。

QRS_v は麻酔期に減高したが、特に 600 ppm および 800 ppm で顕著であった。通水を正常水に切り替えると、400 ppm では次第に正常時のレベルに復した。600 ppm では回復傾向は見られたが正常時のレベルに復することはなかった。800 ppm では回復傾向は見られず、心拍動停止前には R-S 脚の分裂や A-V block などが生じた (Fig. 3-B)。

T_v は 400 ppm および 600 ppm では減高し、800 ppm では 1 時間後にはほぼ正常時のレベルに復した。波形には位相の逆転あるいは単相性波から 2 相性波への変化などが見られた。通水を正常水に切り替えると、400 ppm および 600 ppm では次第に回復し、800 ppm では 1 時間後に減高したが後には正常時より増高した。波形は麻酔期と逆の過程を経て概ね正常時の型に復した (Fig. 3-C)。

鰓蓋運動の頻度 (V_f) は、400 ppm では直ちに増加し、魚が横転した後も顕著に増加した状態が続いた。通水を正常水に切り替えると、5 分後にさらに増加したがその後は次第に減少した。600 ppm では麻酔導入後 5 分で顕著に増加したが、魚が横転した後は著しく減少し、しばしば鰓蓋の細かな痙攣が観察された。通水を正常水に切り替えると、30 分後に顕著に増加し、1 時間後に魚が平衡を回復した後は次第に減少した。800 ppm では横転後は鰓蓋運動が急速に減少して麻酔導入後 1 時間 30 分で 0 となり、2 時間後に通水を再び正常水に切り替えても回復しなかった (Fig. 4-A)。

酸素消費量 (\dot{V}_{O_2}) は麻酔期中に顕著に減少した。400 ppm では麻酔導入後 1 時間で約 66% まで減少した。通水を再び正常水に切り替えると直ちに増加し、6 時間後にはほぼ正常時のレベルに復した。600 ppm では麻酔導入後 1 時間で約 18% まで減少したが、以後は若干回復した。通水を再び正常水に切り替えると、30 分後に顕著に増加し、1 時間 30 分後にはほぼ正常時のレベルに復したが、後には再び増加した。800 ppm では麻酔導入後 1

時間で約 2% まで急速に低下し、2 時間後に通水を再び正常水に切り替えても回復しなかった (Fig. 4-B)。

毎分鰓換水量 (\dot{V}_G) は、400 ppm では麻酔導入後 1 時間で約 68% まで減少し、以後は次第に回復した。通水を正常水に切り替えると 5 分後に著しく増加し、その後は次第に減少して 6 時間後にはほぼ元のレベルに復した。600 ppm では麻酔導入後 30 分～1 時間 30 分の間は顕著に減少し、その後は次第に回復して 2 時間後にはほぼ正常時のレベルに復した。通水を正常水に切り替えると、30～60 分後に顕著に増加し、その後次第に減少したが 6 時間後でもなお正常時より高い値であった。800 ppm では 5 分後に一過性に増加したが、以後は急速に減少して 1 時間後には 0 となり、通水を再び正常水に切り替えても回復しなかった (Fig. 4-C)。

鰓における酸素摂取率 (U) は、400 ppm では麻酔導入後 30 分で正常時よりも上昇したが、2 時間後にはほぼ正常時のレベルであった。通水を正常水に切り替えると、30 分後に正常時より低下したが、以後は次第に上昇して 2 時間後にはほぼ正常時のレベルに復した。600 ppm では麻酔期中は次第に低下し、1 時間 30 分後に正常時の 53% に至った。通水を正常水に切り替えると、5 時間後には正常時とほぼ同じレベルに復した。800 ppm では急速に低下して 1 時間 30 分後に $17.0 \pm 13.4\%$ となった。通水を正常水に切り替えると若干上昇したが、正常時の値の 50% を超えることはなかった (Fig. 4-D)。

2-フェノキシエタノールによる鰓の強制灌流 麻酔導入前の心拍数、心電図諸要素および酸素消費量の測定結果を Table 2 に示し、麻酔期および再び正常水に切り替えた後の各項目の経時的変化を Fig. 5～6 に示す。なお比較のために、前項の 800 ppm 液における浸漬麻酔の結果を併せて示した。

鰓を強制灌流した場合は、強制灌流をしない場合に比べて麻酔導入前の値が異なっていた。すなわち心拍数が約 2.3 倍高く、心電図では PQ_i が長く、 P_v 、 QRS_v および T_v の平均値が大きかった。ただし有意差 ($p < 0.05$) の認められたのは PQ_i のみであった。また酸素消費量には殆んど差がなかった。

心拍数は麻酔期の初期には増加し、後に正常時よりも減少した。正常水の灌流に切り替えると、1 時間後にはほぼ正常時のレベルに復した (Fig. 5-A)。

心電図の時間的諸要素では、 P_i 、 QRS_i および QT_i は浸漬麻酔の場合とほぼ同様の変化の傾向を示したが、 PQ_i は麻酔の初期に顕著な延長を示した。これらの時間的諸要素は、正常水の灌流に切り替えると 1 時間以内にはほぼ正常時のレベルに復した (Fig. 5-B～E)。

電位的諸要素では、 P_v の増高および T_v の減高が認められた。正常水の灌流に切り替えると 5 分～2 時間後ま

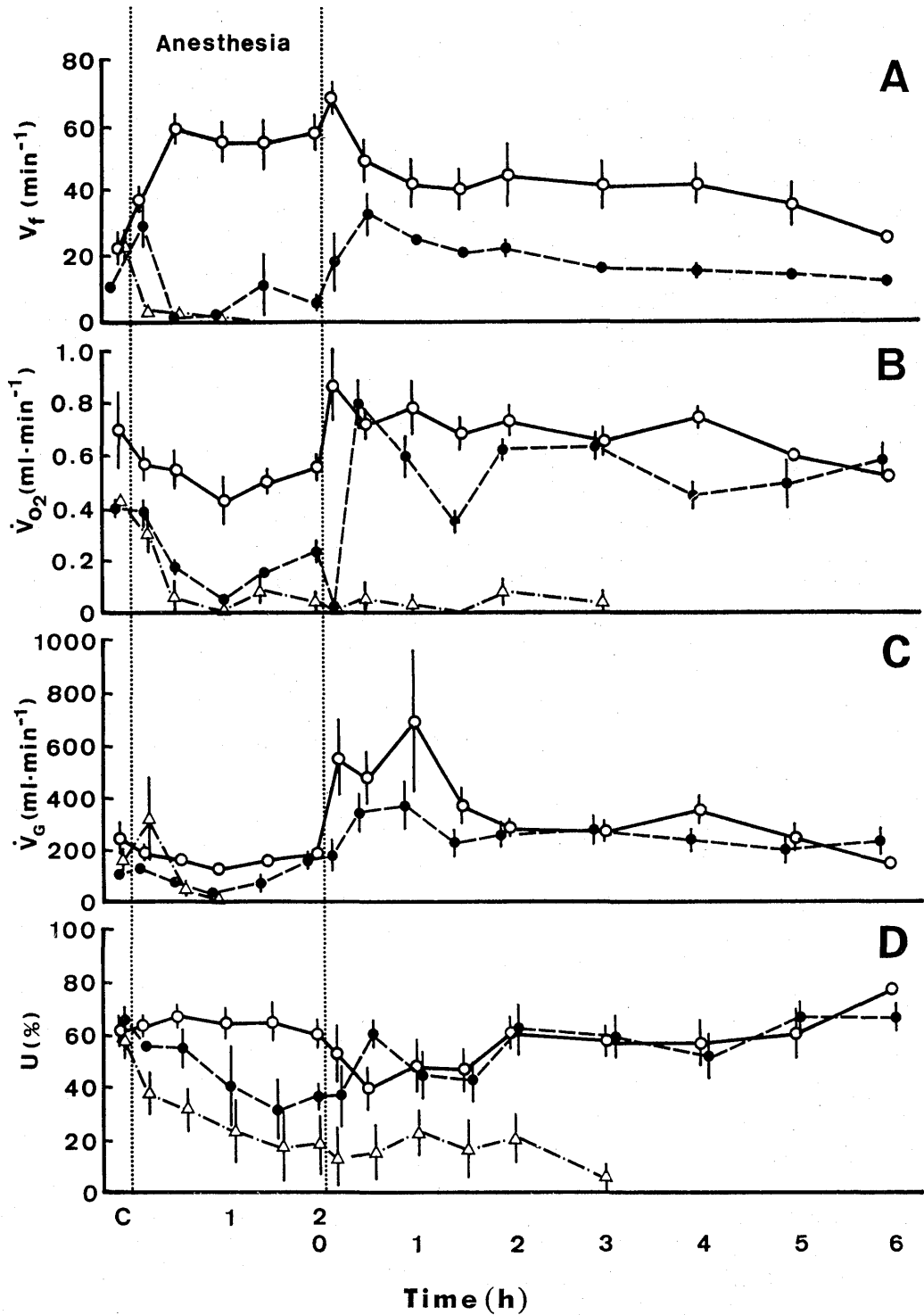


Fig. 4. Changes in ventilation frequency (V_f), oxygen consumption (\dot{V}_{O_2}), minute volume of ventilation (\dot{V}_G), and oxygen utilization (U) of carp before, during and after anesthesia with 400 ppm (\circ — \circ), 600 ppm (\bullet — \bullet) and 800 ppm (\triangle — \triangle) of 2-Phenoxyethanol. C: the value before anesthesia. Values are expressed in $\bar{X} \pm \text{SE}$.

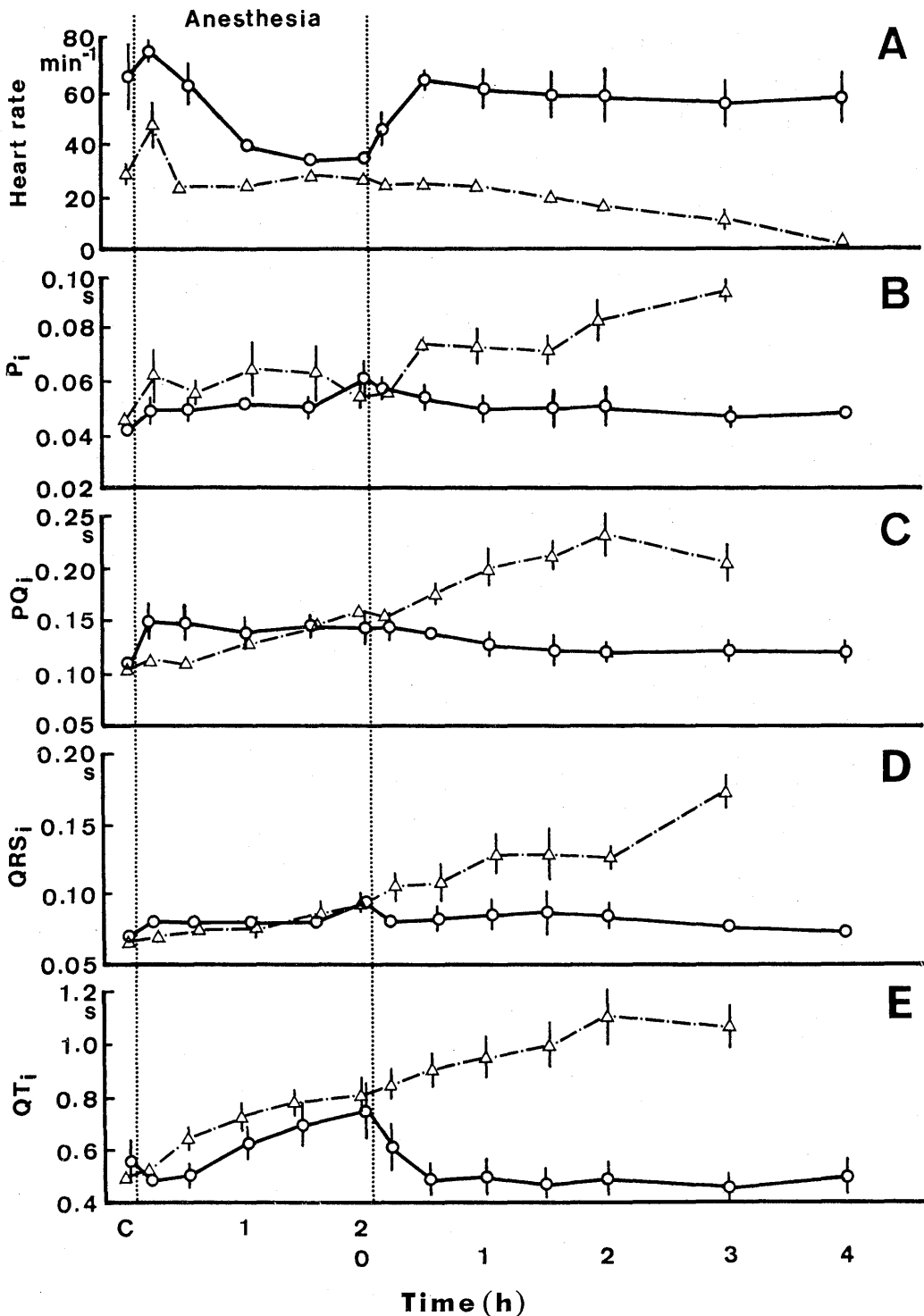


Fig. 5. Changes in heart rate and time elements of ECG of carp before, during and after anesthesia under forced branchial irrigation (○—○) and without branchial irrigation (△---△) under anesthesia with 800 ppm solution of 2-Phenoxyethanol. C: the value before anesthesia. Values are expressed in $\bar{X} \pm \text{SE}$.

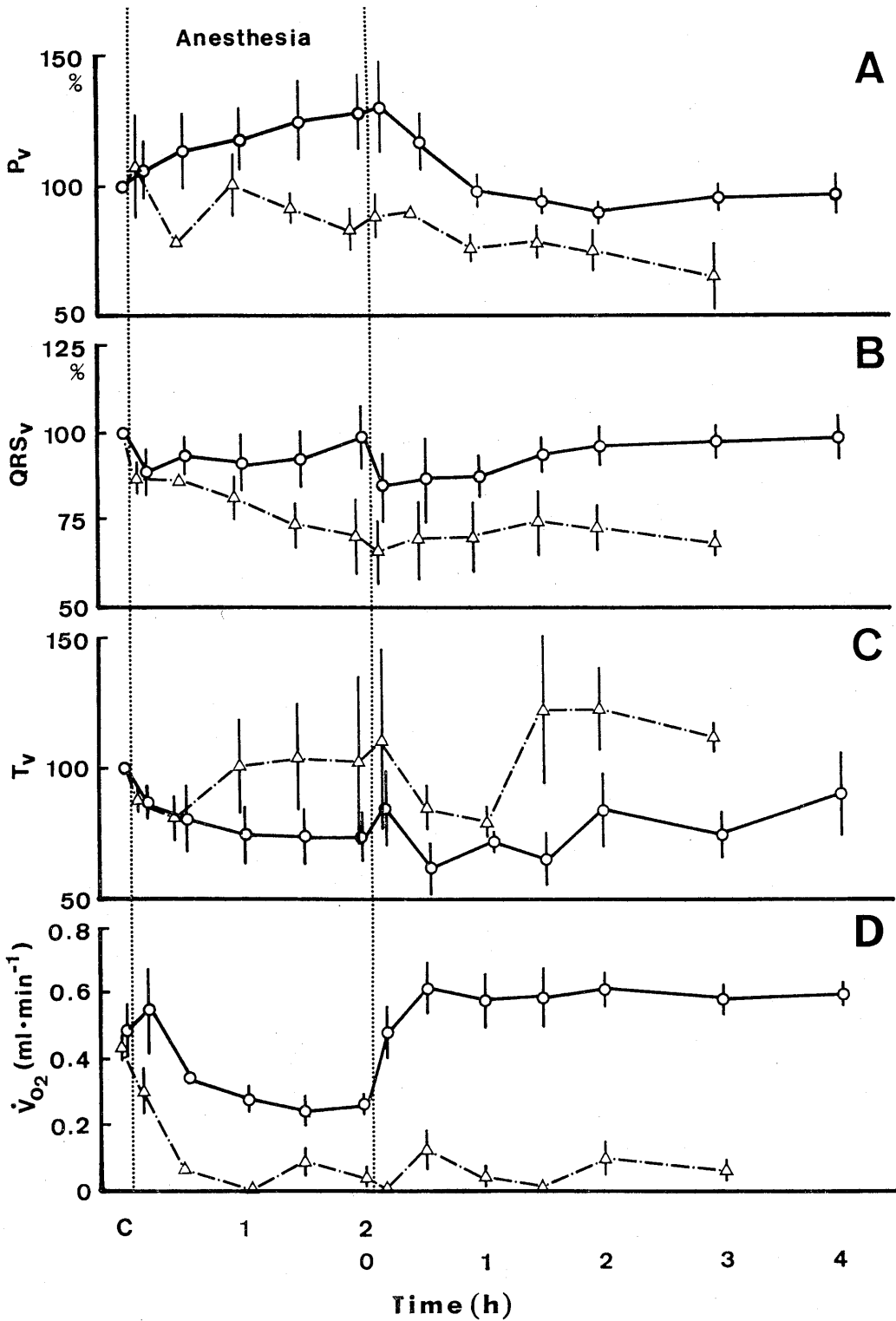


Fig. 6. Changes in relative values of voltage elements of ECG and oxygen consumption of carp before, during and after anesthesia under forced branchial irrigation (○—○) and without branchial irrigation (△--△) under anesthesia with 800 ppm solution of 2-Phenoxyethanol. C: the value before anesthesia. Values are expressed in $\bar{X} \pm \text{SE}$.

Table 2. Heart rate, ECG elements and oxygen consumption of carp acclimated at 25°C during forced branchial irrigation. Values are expressed in $\bar{X} \pm SE$. Numbers in parentheses indicate the number of fish examined

Irrigation rate (ml·min ⁻¹)	800
Heart rate (min ⁻¹)	63.0 ± 13.1 (5)
P _i (s)	0.043 ± 0.002 (5)
PQ _i (s)	0.110 ± 0.003 (5)
QRS _i (s)	0.070 ± 0.004 (5)
QT _i (s)	0.557 ± 0.087 (5)
P _v (mV)	0.26 ± 0.06 (5)
QRS _v (mV)	2.26 ± 0.98 (5)
T _v (mV)	0.61 ± 0.08 (5)
ST/QRS el. (%)	24.1 ± 11.1 (2)
dep. (%)	8.4 ± 0.5 (5)
\dot{V}_{O_2} (ml·min ⁻¹)	0.50 ± 0.08 (5)

で電位的諸要素の減高が認められた (Fig. 6-A~C)。

酸素消費量 \dot{V}_{O_2} は麻醉期には正常時の約 50% 程度まで減少したが、正常水の灌流に切り替えると直ちに増加して 30 分後に正常時よりも増加した (Fig. 6-D)。

正常水の灌流に切り替えて 4 時間後に魚を水槽に移し、1 週間その後の様子を観察したが異常は見られなかった。

考 察

コイおよびニジマスでは、MS-222 やウレタンなどで麻醉すると麻醉導入の初期に心拍数が増加するが、これは麻醉薬によって迷走神経による心臓の抑制的支配が解除されるため⁷⁻¹⁰⁾と考えられている。本実験でも、麻醉導入の 5 分後に麻醉液の濃度とは無関係に心拍数が一過性に増加したが、麻醉が 30 分を超えると、600 ppm および 800 ppm では頻脈が消失した。そして酸素消費量、毎分鰓換水量および鰓における酸素摂取率などが極度に減少し、鰓蓋運動も殆んど停止した。関沢ら¹¹⁾はコイについて、高濃度の 2-amino-4-phenylthiazol で麻醉すると呼吸中枢の自動能失調が起こることを報告している。また竹田ら¹²⁾は、高濃度の MS-222 麻醉によって呼吸が停止したコイでは、酸素消費量および動脈血中の酸素分圧が著者に低下することを報告している。これらのことから、麻醉導入初期の頻脈は迷走神経の抑制的支配が解除されたため、後期における頻脈の消失は呼吸機能の麻痺による酸素欠乏のためと考えられる。

関沢ら¹¹⁾は、高濃度の 2-amino-4-phenylthiazol 麻醉下のコイでは、呼吸が停止しても心拍動が持続することを報告している。本実験でも、致死濃度である 800 ppm 液に曝露したコイは麻醉導入後 30 分で呼吸機能が殆んど停止したが、心臓の拍動はその後も持続した。従って

高濃度麻醉下では、麻醉導入後 30 分~1 時間で呼吸中枢の機能が極度に低下するが、心臓の自動能はあまり影響されないものと思われる。

心電図の時間的諸要素は麻醉期に顕著に変化した。心房の脱分極時間 (P_i) は麻醉導入の初期に延長し、房室間の興奮伝播時間 (PQ_i) および心室の脱分極時間 (QRS_i) は、600 ppm~800 ppm では麻醉が 1 時間を超えると顕著に延長した。心室の電氣的収縮時間 (QT_i) は 400 ppm では短縮し、600 ppm~800 ppm では顕著な延長を示した。コイやニジマスでは、MS-222 やウレタン麻醉下の初期に一過性の頻脈に伴って P_i, QRS_i および QT_i の延長および PQ_i の短縮が起こることが報告されている。⁷⁾ また、窒息状態にあるコイでは、窒息の進行に伴って心拍数が減少し、同時に P_i, QT_i の延長および PQ_i の短縮が起こることが報告されている。⁷⁾ 本実験では、麻醉導入後 5 分で心拍数が正常時よりも著しく増加したが、酸素消費量は大きな減少を示さなかった。しかし、麻醉が 1 時間以上になり、PQ_i, QRS_i および QT_i の延長が顕著になった時点では、酸素消費量および毎分鰓換水量が最も著しく低下した。これらのことから、麻醉導入の初期には頻脈に伴って心筋の興奮速度が増加するが、2-フェノキシエタノールの濃度が 600 ppm 以上の場合には、麻醉導入の約 1 時間後には呼吸中枢の麻痺によって心筋が酸素欠乏状態に陥り始め、興奮速度が低下したと考えられる。

MS-222 麻醉下のコイやニジマスでは、P 波の増高、QRS 群の減高あるいは T 波の増高、平底化あるいは逆転などが起こり、⁷⁾ さらにニジマスでは麻醉期中に血漿中の無機塩類イオンの濃度が変化することが報告されている。^{13,14)} 本実験でも、麻醉期には P 波の増高 (400 ppm 液中)、QRS 群の減高 (600 ppm および 800 ppm 液中)、T 波の減高 (400 ppm および 600 ppm 液中) などが見られた。これは血液中の無機塩類イオンの濃度変化や血液中の酸素分圧の変化などによるものと考えられるが、そのいずれによるものかは本実験の結果からはわからない。

呼吸室への通水を正常水に再び切り替えると、400 ppm 液および 600 ppm 液の場合は酸素消費量、鰓換水量および心拍数が顕著に増加した。これは体内に蓄積した麻醉薬を排泄するためと、麻醉中の呼吸機能の低下によって生じた酸素債を返済するための代償作用の両者によるものと考えられる。

400 ppm および 600 ppm 液による麻醉からの回復については、心電図の時間的諸要素は次第に正常時のレベルに復したが、600 ppm 液の場合は回復に時間を要した。これから、麻醉が深くなるほど体内に蓄積した麻醉薬の排泄にも時間がかかり、麻醉期中の酸素債も大きく

なることが推察される。一方、電位的諸要素では QRS_v および T_v が後に正常時よりも増高した。MS-222 やウレタンで麻酔したコイおよびニジマスでは、心電図棘波の変動は麻酔期中よりも回復期の方が大きく、⁷⁾ また MS-222 で麻酔したニジマスでは、麻酔覚醒後の尿排泄量および尿中の無機塩類イオンの量が増加し、¹³⁾ 血液中の K^+ および Mg^{2+} も増加する¹⁴⁾ ことが知られている。本実験で QRS_v および T_v が後に正常時よりも増高したのは、回復過程における体液中の無機塩類イオン量の変化によるものと思われる。

鰻を強制灌流した場合は強制灌流をしない場合に比べて、麻酔導入前の心拍数が多く心電図では PQ_i が延長した。竹田ら¹²⁾ はコイについて、正常水で鰻を強制灌流すると強制灌流をしない場合に比べて、動脈血中の酸素分圧が高く、二酸化炭素分圧が低いことを報告している。また魚類では、血圧の上昇、水中の酸素分圧の低下あるいは二酸化炭素分圧の上昇によって鰻および偽鰻中の受容器の放電頻度が増加し、¹⁰⁾ 心拍数が減少する¹⁰⁾ こと、水中あるいは鰻への灌流液の酸素分圧を低下させると迷走神経の放電頻度が増加すること、¹⁰⁾ 迷走神経心臓枝の切断が心拍動を促進すること¹⁰⁾ などが報告されている。以上の諸知見を総合して、本実験における心拍数増加の主な原因は、鰻の強制灌流による動脈血の酸素分圧上昇および二酸化炭素分圧低下が迷走神経の緊張を低下させ、心臓に対する迷走神経の抑制的支配を弱めたためと思われる。

心電図の電位的諸要素の平均値も、強制灌流をしない場合に比べて大きかった。この原因としては、心臓の収縮力の増大¹⁷⁾ あるいは電極の位置の相違、^{7, 18)} などが可能性として考えられるが、現在のところ不明である。

竹田ら¹²⁾ はコイの鰻を MS-222 水溶液で強制灌流した場合、動脈血の酸素分圧、酸素含量、酸素飽和度および pH 値などが灌流を行わない浸漬麻酔の場合に比べて高く保たれたことを報告している。本実験でも 800 ppm の濃度では、灌流しなかった魚は麻酔期に呼吸機能が著しく低下し、通水を正常水に切り替えても回復せずに斃死したが、鰻を強制灌流した魚では、麻酔期間中の酸素消費量の著しい減少が防止され、さらに正常水で鰻を灌流することによって魚は速やかに回復した。これは魚の取り扱いや外科手術の際に鰻を麻酔液で灌流することによって麻酔期における窒息が防止され、覚醒時に正常水で灌流することによって体内に蓄積した麻酔薬が速やか

に排泄されることを示している。また本薬物による通常の浸漬麻酔においては、水温 25°C に順致した体重 600 g 前後のコイの場合、約 400 ppm 程度であれば魚の呼吸機能が安全に保たれ、かつ深い麻酔状態が保たれるものと考えられる。

謝 辞

心電計を貸与して頂いた山光次郎医学博士に深く感謝の意を表する。

文 献

- 1) C. Van Duijn: Diseases of Fishes. 1st ed., Water Life, London, 1956, p. 55.
- 2) D. R. Ideler, J. R. McBride, R. E. E. Jonas, and N. Tomlinson: *Can. J. Biochem. Physiol.*, **39**, 1575-1584 (1961).
- 3) H. S. Shedev, J. R. McBride, and U. H. M. Fagerlund: *J. Fish. Res. Bd. Canada.*, **20**, 1435-1440 (1963).
- 4) 関沢泰治: 実験動物としての魚類 (江上信雄編), ソフトサイエンス社, 東京, 1981, pp. 174-188.
- 5) 今村(小島)はるみ, 隆島史夫, 吉田多摩夫: 日水誌, **53**, 1339-1342 (1987).
- 6) 山光俊一, 板沢靖男: 日水誌, **54**, 751-759 (1988).
- 7) 難波憲二: 魚類心電図の内外諸要因による変化に関する研究, 学位論文, 東京大学, 東京, 1978, pp. 22-45, 152-175.
- 8) D. J. Randall: *Nature*, **195**, 506-507 (1962).
- 9) G. Shelton and D. J. Randall: *Comp. Biochem. Physiol.*, **7**, 237-250 (1970).
- 10) 羽生 功: 魚の呼吸と循環 (日本水産学会編), 恒星社厚生閣, 東京, 1978, pp. 37-50.
- 11) 関沢泰治, 菊池孝彦, 鈴木 明: *Japan. J. Ichthyol.*, **18**, 128-138 (1971).
- 12) 竹田達右, 山崎圭子, 板沢靖男: 日水誌, **53**, 1701-1709 (1987).
- 13) J. B. Hunn and W. A. Wilford: *Comp. Biochem. Physiol.*, **33**, 805-812 (1970).
- 14) A. Soivio, K. Nyholm, and M. Huhti: *J. Fish Biol.*, **10**, 91-101 (1977).
- 15) C. Daxboeck and G. Holeton: *Can. J. Zool.*, **56**, 1254-1259 (1978).
- 16) W. K. Milsom and R. W. Brill: *Respir. Physiol.*, **66**, 193-203 (1986).
- 17) J. A. C. Henry and A. H. Houston: *Comp. Biochem. Physiol.*, **77**, 727-734 (1984).
- 18) 山森邦夫, 羽入 功, 日比谷 京: 日水誌, **37**, 90-93 (1971).