

麻醉および取り扱いストレス時の血液性状変化*

石岡 宏子

Effects of Handling and Anaesthetization with MS222 on the Blood Constituents of the Red Sea Bream, *Pagrus major* (TEMMINCK *et* SCHLEGEL)

Hiroko ISHIOKA

The effects of handling and anaesthetization with MS222 (Ethyl *m*-aminobenzoate methanesulfonate) on the red sea bream, *Pagrus major* (TEMMINCK *et* SCHLEGEL), have been investigated with reference to selected haematological parameters and several aspects of serum constituents. Mild handling, which was exposure to the air in the hand net for 1 min., produced no changes in haemoglobin content, haematocrit value, serum glucose, sodium and chloride levels, except potassium. The severe handling, which was forced insertion of fish flesh (1g) through a polyvinyl tube into the stomach caused serum glucose level increase immediately after treatment. These changes in serum glucose and potassium levels persisted for several hours after handling.

Anaesthetization with 100 ppm MS222 did not produce any change in the haematological parameters and the serum constituents compared with the levels in non-anaesthetized controls at least within 10 minutes after treatment. Prolonged exposure (15-30 min.) to a lower level of MS222 (50 ppm) elevated serum glucose and sodium levels to extremely high level.

These changes in serum constituents indicated that significant osmoregulatory and metabolic dysfunctions occurred during handling and anaesthetization.

Characteristics of stress responses during handling and anaesthetization were discussed being compared with those caused by another types of stressor.

多くの環境要因が魚にストレス反応を起すことは一般的に知られており、マダイでも温度（石岡1980 a）、塩分（石岡1980 b）、酸素濃度（石岡1982）などの急激な変化がストレッサーとなることが明らかにされた。

活魚の輸送、採卵、採精、仕分け、標識づけ、体重測定などにあたっては、魚を取り上げて作業せざるをえない。この時、魚が暴れて作業が円滑に行なわれただけでなく、魚は生理学的に大きな変動を経験し、その後の摂餌、成長、生残等に影響を受けることはよく知られている。

これらの問題を解決するために、作業時には麻酔剤が使用されることが多い。これら取り扱いや麻酔時の魚の生理学的変動に関しては主にニジマス、鯉、ティラピア等の淡水魚で、ホルモン、血液性状、血液成分、心拍数、その他についての報告がみられる。

ここではマダイを麻酔した時や、各種取り扱い時に、血液性状や成分に現われる変化を知るための実験を行ない、ストレス反応の特徴を明らかにしようとした。

材 料 と 方 法

マダイは養殖場から購入したものを船で運搬し、研究室の1トンのコンクリート水槽に收容し、生ガキ細切片を与えて馴致飼育した。原則として実験開始24時間前には実験水槽に收容し水槽に慣らした。この間投餌しなかった。

実験Ⅰ（取り扱いA）：緩やかな取り扱いの影響をみるため、300ℓ水槽2個にマダイ1年魚、（平均値±標準偏差：体長13.0±0.29cm，体重66.1±4.28g）を5尾ずつ收容して一つの水槽群を対照群とし、他を実験群とした。対照群のばあいは、1尾ずつ手網で取り上げ直ちに採血を行なった。5尾の採血には約10分間を要した。実験群は、1尾ずつネットで取り上げた後、そのネットの中で1分間空中に放置した後採血を行なった。実験水温は16.2℃であった。

実験Ⅱ（取り扱いB）：通常魚の生理学的実験のための手術程度の取り扱いの影響をみるために、胃中に餌を強制投与することとした。餌料は細切したマダイ筋肉を用いた。マダイは1尾ずつ取り上げ、MS222 100ppm で約2分かけて麻酔し、塩化ビニールチューブを胃中に挿入し、ガラス棒で餌料約1gを胃中に押し出した。この間1尾あたり5～7分を要した。25尾についてこの取り扱いを行ない、その後1トンのコンクリート水槽に收容し、経時的に5尾ずつ取り上げて、採血した。水温は18℃～19℃、供試魚の体長、体重はそれぞれ平均値±標準偏差：12.8±0.16cm，58.7±2.27gであった。対照区としては、餌料挿入以外は全く同じ取り扱いをしたマダイ5尾について、実験開始後24時間を経て採血したものをを用いた。

実験Ⅲ（麻酔）：麻酔剤MS222（Ethyl *m*-aminobenzoate methanesulfonate）濃度を100ppmと50ppmとした海水30ℓ水槽に5尾の魚を收容した。麻酔剤を中和することはしなかった。100ppmの場合には麻酔液に收容後2～10分間で全ての魚が横転したが、50ppmの場合には、約15～30分間を要した。両濃度で横転した魚を直ちに取り上げ採血した。対照群では、水槽から1尾ずつ手網でとり上げ直ちに採血を行なった。実験水温は26.4℃、供試魚の尾叉長と体重は、それぞれ平均値±標準偏差で15.9±0.23cm，88.6±3.94gであった。この実験の間、それぞれの水槽では充分にエアレーションを行なった。

実験Ⅰ、Ⅱ、Ⅲにおける採血方法、分析方法等は、石岡（1980a）と同一である。

結 果

全体をとりまとめてTable 1に示した。

Table 1 Haematological characteristics and serum constituents of the red sea bream exposed to handling and to anesthetics (mean value \pm standard error, n=5)

Experimental conditions	Haemoglobin (g/dl)	Haematocrit (%)	Serum constituents				Cortisol (ng/ml)
			Glucose (mg/dl)	Sodium (mEq)	Chloride (mEq)	Potassium (mEq)	
Handling I							
Control	5.3 \pm 0.51	25.5 \pm 2.73	47.6 \pm 1.50	168.6 \pm 2.53	176.5 \pm 2.39	7.40 \pm 0.77	t
Hanging in the air within net for 1 min.	5.4 \pm 0.13	29.7 \pm 0.62	51.1 \pm 3.95	166.8 \pm 2.63	176.5 \pm 0.80	4.78 \pm 0.34***	7.0
Handling II* Time elapsed (hr)							
0	6.9 \pm 0.32	35.4 \pm 1.35	117.8 \pm 12.16***	211.7 \pm 8.21	197.6 \pm 7.63	8.17 \pm 0.42***	—
1	5.9 \pm 0.67	32.4 \pm 3.86	187.2 \pm 24.84***	203.5 \pm 9.01	181.6 \pm 2.99	8.05 \pm 0.90	—
2	5.7 \pm 0.63	33.0 \pm 1.89	209.5 \pm 51.7***	222.4 \pm 5.62	175.5 \pm 6.22	7.53 \pm 0.36***	—
4	4.7 \pm 0.31***	26.4 \pm 1.09	157.5 \pm 34.11	214.5 \pm 10.55	178.4 \pm 3.68	6.11 \pm 0.39	—
8	6.3 \pm 0.27	28.9 \pm 2.77	100.2 \pm 28.38	216.9 \pm 9.98	184.2 \pm 3.44	7.41 \pm 0.46	—
24 (Control)**	6.4 \pm 0.34	30.1 \pm 1.61	77.7 \pm 5.92	200.9 \pm 7.45	187.8 \pm 4.88	5.9 \pm 0.46	—
Anesthetics							
Control	5.9 \pm 0.62	35.3 \pm 4.32	67.4 \pm 6.74	194.4 \pm 3.18			
MS 222 100ppm**** (2-10 min)	6.11 \pm 0.55	43.9 \pm 3.29	76.5 \pm 4.32	204.3 \pm 5.53			
MS 222 50ppm**** (15-30min)	4.0***	36.9 \pm 2.07	245.1 \pm 29.88***	217.6 \pm 3.86***			

* The fish were netted, anesthetized and inserted red sea bream flesh through the poly-vinyl tube into the stomach. Those handling necessitated about 5 minutes.

** Control fishes were handled as same as others without food insertion by polyvinyl tube into stomachs.

*** Significantly different from controls ($p \leq 0.05$)

**** Immediately after loss of equilibrium

実験Ⅰ (取り扱いA) の手網内で1分間の空中放置という条件では、測定項目中ヘモグロビン量、ヘマトクリット値、グルコース、ナトリウム、塩素量、コーチゾール量では有意差は認められなかったがカリウム量の減少のみ有意差が検出された。

実験Ⅱ (取り扱いB) はより苛酷な条件として設定された。24時間後の対照区と比較すると、グルコース量は取り扱い直後(0時間)から有意に高い値を示し、その最高値は、2時間後に得られた。ヘマトクリット値は取り扱い直後にやや高い値が認められるものの有意差を生ずるには至っていない。ヘモグロビン量は4時間後に有意に低い値を示し、この時にはヘマトクリット値もやや低めの値を示す。カリウム量は実験Ⅰの場合とは逆に実験Ⅱの取り扱いでは、有意に高い値が得られた。ナトリウム、クロライド量では有意差は検出されなかった。

実験Ⅲ (麻酔)。麻酔剤に魚を浸漬した実験のうち、100ppmで短時間で横転した場合の魚のヘモグロビン量、ヘマトクリット値、血清グルコース量、ナトリウム量は、やや増加する傾向は認められたが対照区と比較して有意差を生ずるには至らなかった。一方、50ppmで横転までに15分以上かかった魚では、ヘモグロビン量の有意な低下、血清グルコース量の著しい増加と血清ナトリウム量の増加が認められた。

考 察

最近、取り扱い(handling)に関する生理生化学的研究は多く、特に魚のストレス反応に関して報告されているストレッサーの過半数は“取り扱いストレス”である。細かく条件を調べれば多くの相違は認められるものの“取り扱い”の内容は、何らかの方法で魚を捕獲し、魚を空中に取り出し放置し、さらに水槽にかえすといった操作を含んでいる点では一致している。魚にとっては本意な強制運動を課せられ、鰓を環境水が灌流することを妨げられることにより急激な窒息状態という負荷をかけられたことになる。さらに広範な意味での“取り扱い”という場合には麻酔剤での処理も含まれる。麻酔するということは、一般的には狭義の“取り扱い”のほかに吸収された麻酔剤の作用により、呼吸運動も含めた運動機能を低下させるという負荷が加えられることになる。魚が生きている限りは自律神経系はなお機能を継続しているがその変調があることは考えられる。これら、“取り扱い”や麻酔による魚の生理学的状態の攪乱(Physiological disturbance)は種々な角度から研究の対象とされている。最も多いのは血液性状、血漿、血清成分の変化であるが、他に酸素消費量(BEGGS *et al.* 1980)(田村ら1967)、行動、(McFARLAND 1960)心拍数、(LEIVESTAD *et al.* 1957, RANDALL 1962)体温変化(KONAGAYA 1977)体表粘液細胞の大きさ(PICKERING AND MACEY 1977)や粘液中ヘモグロビン様物質(SMITH 1976)、血液酵素活性(BOUCK 1978)、体重変化(STEVENS 1972)等が、淡水魚、海産魚で調べられている。

血液性状や血漿、血清成分のうち、“取り扱い”時や麻酔時の変化で最も報告例の多いのは血糖値の変化である。いずれも今回のマダイ実験結果と同様、“取り扱い”時にはその増加が報告されている。古くはNAKANO AND TOMLINSON (1967)がニジマスの尾部をつかんでふりまわ

麻酔・取り扱い時のマダイの血液性状変化

した後の血中アドレナリン、ノルアドレナリン、グルコース量の増加を認めているし、CHAVIN AND YOUNG (1970) は金魚の水槽移し換えで著しい高血糖をみている。WARDLE (1972) は海産魚のヒラメ類 (*Pleuronectes platessa*) を海でネットあるいはトロールで捕獲した後の血中グルコースの経時的变化を追跡し、数時間から数日にわたって続く高血糖を報告している。

WEDEMEYER (1972) は Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) や Steelhead trout (*Salmo gairdneri*) の幼魚を10尾ずつネットに入れ25m離れた水槽に移す操作で高血糖と低クロライド症が顕著であったとし、他にも Coho salmon で血漿コレステロール増加と Steelhead trout で血漿カルシウム増加が認められたとしている。UMMINGER (1973) は、キンギョに生理的食塩水を注射するという操作で高血糖と低クロライド血、低ナトリウム血を起している。池田 (1976) は酷い取り扱いでハマチの血糖値が有意に増加すると報告し、SOIVIO AND OIKARI (1976) はカニューレーションを施した Pike (*Esox lucius*) を円筒に入れ、これを円筒ごと空中に20秒間持ち上げる操作をくり返した時の血中乳酸、グルコース、無機塩類、ヘモグロビン、ヘマトクリット値を経時的に測定し、高血糖をみており、CASILLAS AND SMITH (1977) もニジマスをつックでつり下げた後の高血糖を観察している。

PASANEN *et al.* (1979) は野外で捕獲した魚を麻酔し標識をつけ30分後再び水中から取り上げた時の血中グルコース、乳酸の動態を報告し、STRANGE (1980) は Channel catfish (*Ictalurus punctatus*) 40尾をネットに入れ、28×28×10cmの水槽中に数分から3日にわたって保持し、血中コーチゾール、グルコースの時間的变化を調べ、高血糖を報告している。PICKERING *et al.* (1982) は Brown trout (*Salmo trutta*) をハンドネットで取り上げ、小さな水槽に2分間閉じ込めておくという操作が、血中コーチゾール、グルコース、乳酸値を高くすると報告している。本研究の場合マダイの取り扱い実験Ⅰではグルコース値は特に大きく変化せず、実験Ⅱ(0時間)では大きく増加した。これは、取り扱い条件の強度がグルコースの増加速度に影響するものと考えてよいであろう。取り扱い強度の量的表示は難しいが逆に血液中グルコースやコーチゾール濃度の変動で評価することは出来よう。

麻酔剤の効果を、魚のストレス反応の程度によって判定しようとする考え方の報告には、“取り扱い”の影響を極力少なくして行なった血糖値の測定例が多い。SOIVIO *et al.* (1977) がニジマスで行なった MS222, 中和 MS222, Benzocaine の血液性状に与える影響実験では、麻酔中の低血糖とそれに引き続く覚醒期の高血糖が報告されている。麻酔直後の血糖値が大きく変動しないことは、WEDEMEYER (1969) がニジマスにおける MS222, 中和 MS222, Benzocaine の影響の実験で、HOUSTON *et al.* (1971) が Brook trout (*Salvelinus fontinalis*) に対する Tricaine methanesulfonate の影響実験で、SMIT *et al.* (1979a, b, c) によるコイ、ティラピア、ニジマスに対する MS222, 中和 MS222 の影響の実験結果で明らかにされている。これらは、本実験で得られた 100ppm MS222 麻酔の場合と類似した結果となっている。しかし、50ppm 麻酔の場合の高血糖は、麻酔に要する時間がかかるため、いわゆる“取り扱い”および麻酔のための呼吸機能低下による低酸素症等が新たにストレスとなる可能性もあり、これら複合的ストレスが遅延して発現する時点を把握したためと考えられる。この濃度による血液性状の変化に

については, FERREIRA *et al.* (1981) も淡水魚で同様の傾向を得ている。

取り扱いストレス時の血中無機塩の変動については, 魚種や条件等によってその変動様式が異なっている。WEDEMEYER (1972) は前述の取り扱い条件で Coho salmon, Steelhead trout で血中クロライドは低下したと述べており, SOIVIO *et al.* (1976) は汽水中の Northern pike は“取り扱い”により血漿ナトリウム量はほとんど変動しないが, 血漿中カリウムは, 一時的な増加や数時間後の減少がみられるとし, 池田 (1976) はハマチで苛酷な取り扱いが血中カリウム, ナトリウム, クロライドを増加させるとしている。BEGGS *et al.* (1980) は *Esox masquinongy* で“取り扱い”後血中ナトリウム量の変化はないが, 弱った魚ではカリウム量が高かったとしている。

麻酔中や回復期の血中無機塩の変動はナトリウムに認められ, HOUSTON *et al.* (1971), FERREIRA *et al.* (1981) が淡水魚で報告している。本研究のマダイでも MS222 50ppm 麻酔で血清ナトリウム量の有意な増加が認められ, 報告例と一致するが, 淡水魚と海産魚でいずれも増加する理由は明らかでない。

ヘモグロビン, ヘマトクリット値の変動は魚種に関係なく一定の傾向がみられる。本研究のマダイの実験条件では, ヘマトクリット値は取り扱い直後にやや高い値を示す傾向がみられたのみであったが, BOUCK AND BALL (1966) はニジマスで種々な捕獲方法を採った時にヘモグロビン量, 赤血球の大きさ, 蛋白濃度が変化するとし, さらに別の実験でヘマトクリット値が大きく変動するとしている。CASILLAS *et al.* (1977) はニジマスで取り扱い時に血液凝固時間は減少し, 栓球数, ヘマトクリット値は増加したとし, PICKERING *et al.* (1982) は *Salmo trutta* で血漿中 Lymphocyte 数が増減するとした。

麻酔後のマダイの血液性状変化ではヘマトクリット値の増加傾向がわずかにみられる程度であったが, この値の増加は HOUSTON *et al.* (1971), FERRIRA *et al.* (1981), SOIVIO *et al.* (1977) が淡水魚で報告し, その理由として HATTINGH (1977) は MS222 が直接血球の膨潤を起すとし, SOIVIO *et al.* (1974, 1978) は MS222 による鰓血管中の血液稀釈や腎血管中の赤血球凝集を報告している。

この他, ストレス反応をホルモンの動態で把握しようという観点から, 血中カテコラミン, コーチゾール等の測定も行なわれている。マダイの取り扱い時のコーチゾール変化は明確でないが, 種々なストレスで変化することは明らかである (石岡1980 a, 1980 b, 1982)。SPIERER (1974) はキンギョで, PICKERING *et al.* (1982) は brown trout で, Strange (1980) は channel catfish で取り扱いストレスでいずれも増加すると報告している。麻酔時のこのホルモンの増加に関しては STRANGE AND SCHRECK (1978) が Chinook salmon で WEDEMEYER (1970) がニジマスで観察している。

これら血液性状, 成分の“取り扱い”や麻酔後の変動様式では, 魚種, 取り扱い条件等による違いはあるものの, 最も興味をひく点は, 反応の時間経過である。本研究のマダイの実験においても, 処理直後よりも, その後の時間経過の中で反応が極大に達する時点の存在が認められた。特にグルコースの変動様式については, 最高血糖値に至る時間が2時間となっている。これに関与する要因としてはストレスの強さと水温があると考えられるが, 実験Ⅰと実験Ⅱの取り扱い

麻酔・取り扱い時のマダイの血液性状変化

い直後の反応の相違は刺激量の大きさの差によると考えられる。さらに実験 I のような取り扱い条件で対照区との間で有意差が生じなかったのは、十分な反応を起す時間が不足したという可能性も考えられる。類似した現象は CHAVIN *et al.* (1970) も報告しており、一般的に変温動物での Time lag は極めて大きい。STRANGE (1980) は反応の大きさと起り方が大きく温度に依存することを明らかにした。魚種を問わず、取り扱い、麻酔実験で時間経過の明らかなものを拾い出し Fig. 1 に示した。全体の傾向をみると、ヘモグロビン、ヘマトクリットの増加反応は、時間的に分の単位で起っているが、グルコース、コーチゾールの増加反応は数10分後から数時間後にわたって認められる。乳酸増加の反応は、これらに先行するようである。血中無機塩ではナトリウム、クロライド等の変動はあまり大きくなく、変動する場合にもその方向は一定しない。むしろ、早い時期に起るカリウムの変動が興味深い。外部環境要因が起すマダイのストレス反応をみた実験(石岡1980a, b, 1982)では、ヘマトクリット値上昇とグルコース増加の反応とは、比較的遅い同一時期に起っており、反応期の特徴となっていたが、麻酔や“取り扱い”時には血液性状変化の反応が早い時期に進行するという特徴が認められる。しかも、血液性状変化や血中無機塩の

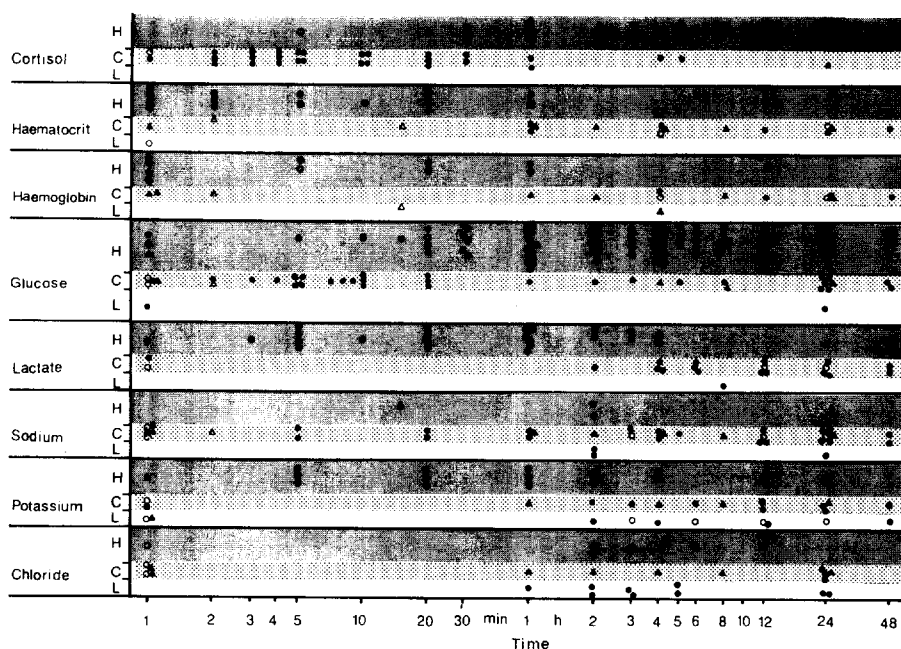


Fig. The effects of handling and anaesthetization on haematological parameters and on the blood chemistry. The fishes were rainbow trout, gold fish, carps, plaices, and others (see references).

Open circle : data from the fish treated with MS222.

Closed circle : data from the fish under handling.

Open triangle : data from red sea breams treated with MS222 (present results)

Closed triangle : data from red sea breams under handling (present results)

H : higher levels than controls

C : control level

L : lower levels than controls

動態等の方向性が報告によって必ずしも一致しない。大きな変化を示す場合は医学的には、ショックといわれる症状を伴う反応が進行していると判断した方がよいように思える。ショックとは毛細血管透過性の増加による循環血液量の進行性減少を特徴とした臨床上的状態と定義されている。Soivio *et al.* (1974) は麻酔時のニジマスの腎臓で組織の浮腫、毛細血管や類洞での血球凝集、血流停滞や鰓血管中の血液稀釈等を報告しているが、これはショック症状を裏付けるものであろう。血液濃縮や血中無機塩の変動の大きさと反応の速さおよびショック症状とみられる報告例を総合して考えると、魚種やストレッサーの在り方によって反応の大きさや起り方が異なるとはいえ、魚が息息する環境の中で与えられるストレッサーに比べて“取り扱い”や麻酔は、ストレッサーとしての強度は極めて大きいものと考えざるをえない。“取り扱い”時の麻酔剤の使用は不可避で無理な筋肉運動を鎮静させる効果や反射を抑制する効果を示すが、MS222 のように中枢作用性をもつ薬剤(関沢, 1978)では、それによるストレス反応が遅延して起ることは当然予想されることである。

本研究をまとめるにあたり、御校閲と御鞭撻をいただいた東京水産大学、尾崎久雄教授、京都大学、池田静徳教授に深謝いたします。

摘 要

“取り扱い”や“麻酔”などの通常の魚取り扱い操作がマダイの血液性状、成分に与える影響を知るために、緩やかな“取り扱い”(ネットで魚を持ち上げて一分間空中に放置)、強い“取り扱い”(魚を取り上げ麻酔をかけ胃中にカテーテルで餌料を挿入する)、MS222 (50ppm, 100ppm) による麻酔の実験を行ない、ヘモグロビン、ヘマトクリット、血清グルコース、ナトリウム、塩素量、カリウム量等を測定した。

緩やかな“取り扱い”直後の血液性状では、カリウムの有意な低下がみられたものの他の成分には変化はみられなかった。強い“取り扱い”の場合には、取り扱い直後から血糖値の増加、血清カリウム量の増加等が認められた。

MS222 による麻酔では2~3分程度で魚が横転する濃度100ppmの時には血液性状には特に変化はみられないが、15分以上かかる麻酔(50ppm)では一時的なヘモグロビン値の低下、血糖値の増加、血清ナトリウムの増加等が認められた。

これらマダイで得られた結果と他の魚種で得られている血液性状、成分変化に関する知見から、“取り扱い”麻酔時のストレス反応の特徴を論じた。

文 献

BEGGS, G. L., G. F. HOLETON and E. J. CROSSMAN, 1980 : Some Physiological Consequences of Angling Stress in Muskellunge, *Esox masquinongy*, MITCHILL. *J. Fis Biol.*, 17, 649-659.

- BOUCK, G. R. AND R. C. BALL, 1966 : Influence of Capture Methods on Blood Characteristics and Mortality in the Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). Trans. Am Fish. Soc., **95**, 170-176.
- BOUCK, G. R., M. A. CAIRNS AND A. R. CHRISTIAN, 1978 : Effect of Capture Stress on Plasma Enzyme Activities in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). J. Fish. Res. Board Can., **35**, 1485-1488.
- CASILLAS, E. AND L. S. SMITH, 1977 : Effect of Stress on Blood Coagulation and Haematology in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). J. Fish Biol., **10**, 481-491.
- CHAVIN, W. AND J. E. YOUNG, 1970 : Factors in the Determination of Normal Serum Glucose Levels of Goldfish, *Carassius auratus L.*, Comp. Biochem. Physiol., **33**, 629-653.
- FERREIRA, J. T., G. SMIT AND H. J. SCHOONBEE, 1981 : Haematological Evaluation of the Anaesthetic Benzocaine Hydrochloride in the Freshwater Fish, *Cyprinus carpio L.* J. Fish Biol., **18**, 291-297.
- HATTINGH, J., 1977 : The effect of Tricaine Methanesulfonate (MS222) on the Microhaematocrit of Fish Blood. J. Fish Biol., **10**, 453-455.
- HOUSTON, A. H., J. A. MADDEN, R. J. WOODS AND H. M. MILES, 1971 : Some Physiological Effects of Handling and Tricaine Methanesulfonate Anesthetization upon the Brook Trout, *Salvelinus fontinalis*. J. Fish. Res. Bd. Canada, **28**, 625-633.
- 池田弥生, 1976 : 養殖ハマチの血液成分に関する診断学的研究, 京都大学農学部学位論文, 4~9.
- 石岡宏子, 1980 a : 海産魚のストレス反応に関する研究 - I, 温度変化によるストレス反応. 日本誌, **46**, 523-531.
- 石岡宏子, 1980 b : 急激な塩分変化がマダイの血液性状におよぼす影響. 日本誌, **46**, 1323-1331.
- 石岡宏子, 1982 : 飼育水の酸素分圧低下によるマダイの血液性状変化. 日本誌, **48**, 165-170.
- KONAGAYA, T., 1977 : Change of Body Temperature of Tuna During Hauling Operation. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **43**, 1351.
- LEIVESTAD, H., H. ANDERSEN AND P. F. SCHOLANDER, 1957 : Physiological Response to Air Exposure in Codfish. Science, **134**, 505.
- McFARLAND, W. N., 1960 : The Use of Anesthetics for the Handling and the Transport of Fishes. California Fish and Game, **46**, 407-431.
- NAKANO, T. AND N. TOMLINSON, 1967 : Catecholamine and Carbohydrate Concentrations in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) in Relation to Physical Disturbance. J. Fish. Res. Bd. Canada, **24**, 1701-1715.
- PASANEN, S., M. VILJANEN AND E. PULKKINEN, 1979 : Stress Caused by the "Mark-recapture" Method to *Coregonus albula (L.)*. J. Fish Biol., **14**, 597-605.
- PICKERING, A. D. AND D. J. MACEY, 1977 : Structure, Histochemistry and the Effect of Handling on the Mucous Cells of the Epidermis of the Char, *Salvelinus alpinus (L.)*. J. Fish Biol., **10**, 505-512.
- PICKERING, A. D., Y. G. POTTINGER AND P. CHRISTIE, 1982 : Recovery of the Brown Trout, *Salmo trutta L.*, from Acute Handling Stress. : A Time-course Study. J. Fish Biol., **20**, 229-224.
- RANDALL, D. J., 1962 : Effect of an Anesthetic on the Heart and Respiration of Teleost Fish. Nature, **195**, 506.
- 関沢泰治, 1978 : 魚類と薬物, 麻酔剤を例として. 生態化学, **1**, (1), 13-28.
- SMIT, G. L., J. HATTINGH AND A. P. BURGER, 1979 : Haematological Assessment of the Effects of the Anaesthetic MS222 in Natural and Neutralized form in Three Freshwater Fish Species : Interspecies Differences. J. Fish Biol., **15**, 633-643.
- SMIT, G. L., J. HATTINGH AND A. P. BURGER, 1979 : Haematological Assessment of the Effects of the Anaesthetic MS222 in Natural and Neutralized form in Three Freshwater Fish Species : Intraspecies Differences. J. Fish Biol., **15**, 645-653.
- SMIT, G. L., J. HATTINGH AND A. P. BURGER, 1979 : Haematological Assessment of the Effects of the Anaesthetic MS222 in Natural and Neutralized form in Three Freshwater Fish Species : Haemoglobin electrophoresis, ATP levels and Corpuscular Fragility Curves. J. Fish Biol., **15**, 655-663.

- SMITH, A. C., 1976 : Occult Haemoglobin in Fish Skin mucus as an Indicator of Early Stress. J. Fish Biol., 9, 537-541.
- SOIVIO, A., M. MALKONEN and O. TUURALA, 1974 : Effects of Asphyxia and MS222 Anaesthesia on the Circulation of the Kidney in *Salmo gairdneri* RICHARDSON. A. Microscopical Study. Ann. Zool. Fennici., 11, 271-275.
- SOIVIO, A. AND A. OIKARI, 1976 : Haematological Effects of Stress on a Teleost, *Esox lucius* L. J. Fish Biol. 8. 397-411.
- SOIVIO, A. K. NYHOLM AND M. HUHTI, 1977 : Effects of Anaesthesia with MS222, Neutralized MS222 and Benzocaine on the Blood Constituents of Rainbow Trout, *Salmo gairdneri*. J. Fish Biol., 10, 91-101.
- SOIVIO, A. AND G. M. HUGHES, 1978 : Circulatory Changes in Secondary Lamellae of *Salmo gairdneri* Gills in Hypoxia and Anaesthesia. Ann. Zool. Fennici., 15, 221-225.
- SPIELAR, R. E., 1974 : Short-term Serum Cortisol Concentrations in Goldfish (*Carassius auratus*) Subjected to Serial Sampling and Restraint. J. Fish. Res. Board Can., 31, 1240-1242.
- STEVENS, D., 1972 : Change in Body Weight Caused by Handling and Exercise in Fish. J. Fish. Res. Bd. Canada, 29, 202-203.
- STRANGE, R. J. AND C. B. SCHRECK, 1978 : Anesthetic and Handling Stress on Survival and Cortisol Concentration in Yearling Chinook Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). J. Fish. Res. Board Can., 35, 345-349.
- STRANGE, R. J., 1980 Acclimation Temperature Influences Cortisol and Glucose Concentrations in Stressed Channel Catfish. Trans. Am. Fish. Soc., 109, 298-303.
- 田村修・塩崎晴朗・藤原清・平島裕, 1967 : 活魚輸送に関する基礎的研究一I, 麻酔剤と低温の魚類酸素消費量に及ぼす影響. 長崎大学水産学部研究報告, 第22号, 57-67.
- UMMINGER, B. L., 1973 : Death Induced by Injection Stress in Cold-acclimated Goldfish, *Carassius auratus*. Comp. Biochem. Physiol., 45A, 883-887.
- WARDLE, C. S., 1972 : The Changes in Blood Glucose in *Pleuronectes platessa* Following Capture from the Wild. : A Stress Reaction. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 52, 635-651.
- WEDEMEYER, G., 1970 : Stress of Anesthesia with MS222 and Benzocaine in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). J. Fish. Res. Bd. Canada, 27, 909-914.
- WEDEMEYER, G., 1972 : Some Physiological Consequences of Handling Stress in the Juvenile Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*) and Steelhead Trout (*Salmo gairdneri*). J. Fish. Res. Bd. Canada, 29, 1780-1783.