

コイ、ブリおよびマダイの循環血液量の測定

板沢靖男・竹田達右・山元憲一・東 照雄

Determination of Circulating Blood Volume in Three Teleosts, Carp, Yellowtail and Porgy

Yasuo Itazawa, Tatsusuke Takeda, Ken-ichi Yamamoto
and Teruo Azuma

(Received September 21, 1982)

Circulating volume of plasma in three teleost fishes was determined by a dye dilution method using Evans blue. The details of the method are shown. Circulating blood volume was estimated from the circulating plasma volume and hematocrit value of the blood. Circulating erythrocyte volume was defined to be the difference between the circulating volumes of blood and plasma. Circulating volumes (ml/100 g of body weight) of plasma, blood and erythrocytes were found to be 5.08 ± 0.62 , 6.52 ± 0.94 and 1.44 ± 0.39 in the carp *Cyprinus carpio* weighing 529 ± 48 g; 3.53 ± 0.74 , 4.89 ± 1.07 and 1.37 ± 0.38 in yellowtail *Seriola quinqueradiata* weighing 802 ± 159 g; and 4.57 ± 0.40 , 5.84 ± 0.42 and 1.27 ± 0.15 in porgy *Pagrus major* weighing 519 ± 41 g. Blood volume of teleost fishes has been often said to be very small (about 1.5~3.0 ml/100 g), but the values reported before establishment of technique in vascular cannulation (Smith and Bell, 1964) are considered to be not always reliable. Most values of blood volume, including those in the present paper, reported since Smith and Bell (1964), are roughly in the range of 5~7 ml/100 g of body weight.

(YI, TT and TA: Department of Fisheries, Kyushu University 46-04, Hakozaki, Fukuoka 812, Japan; KY: Ono Limnological Station, Shimonoseki University of Fisheries, Shimo-ono, Ono-ku, Ube 754-13, Japan)

体内を循環する血液の量を循環血液量という。これは血管系内を比較的速やかに循環している血液の量のこと、本来は脾臓や肝臓に滞留している血液の量（貯蔵血液量）に対する語であるが、しばしば単に血液量と呼ばれるので以下血液量と略記する。血漿量や赤血球量（しばしば血球量と略称される）についても同様である。

血液量や血漿量は循環生理学において基本的な項目であり、血液を採取したり薬物を血管内に注入したりする場合に知っておくことが望ましい。Yamamoto et al. (1980) はブリの運動時に脾臓から赤血球が循環血液中に補給され、また血漿中の水が循環血液から出て血液中に占める赤血球の体積百分率すなわちヘマトクリット値(Ht)が著しく上昇することを明らかにし、Htの上昇に対するこれら2要因の寄与率を計算したが、これは安静時と運動時の血液量および血漿量の測定を伴って初めて可能なことであった。

血液量や血漿量はこのように重要な生体計測値である

が、日本ではこれまで魚についての報文を見ない。外国においても後述するように近年の報告以外は技術的にかなり疑問があり、また本報に述べる3種のうちブリあるいはマダイについての報告例はない。それで本報では日本における水産重要種であるこれら3種について血液量および血漿量の測定結果を報告すると共に、測定技法を紹介する。

血液量の測定法には直接法（放血法）と間接法（希釈法）がある。前者は採取出来る限りの血液を採取した後生理食塩水で血管内を十分に洗い、初めに得た血液にこの洗液を加えた希釈血液の量を希釈前後のヘモグロビン濃度(Hb)の比すなわち希釈倍率で割って血液量を求める方法である。後者は血液中に既知量の指標物質を注入し、それが循環血液と十分に混和した後採血し、指標物質の濃度を測定してこの希釈倍率を求め、初めの注入量とこの希釈倍率から指標物質の希釈に関与した血漿あるいは赤血球の量を求める方法である。指標物質として血

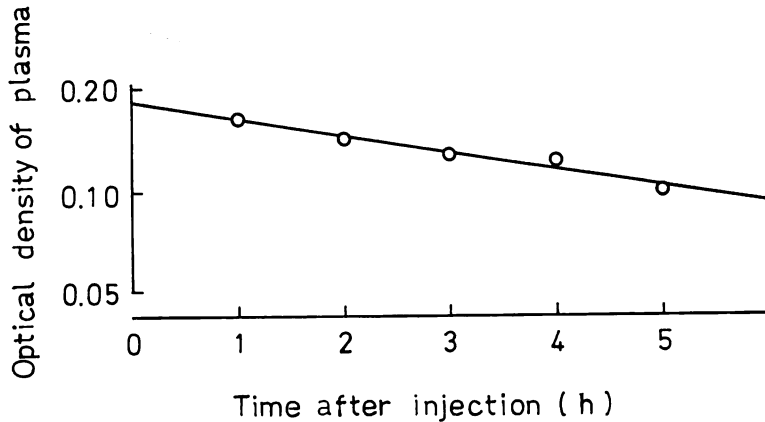


Fig. 1. Optical density of porgy plasma determined at 600 nm after injection of Evans blue.

漿中のみ留まって赤血球内に入らない物質を用いれば血漿量が得られ、ヘモグロビンと結合する物質を用いれば血球量が得られる。いずれにしても最初に Ht を測定しておき、血漿量あるいは血球量と Ht から血液量を求める。最も広く用いられるのは間接法のうち血漿中のみ留まる青色アゾ色素 Evans blue (T-1824 ともいう) を用いる方法で、本研究でもこの方法を用いた。

なお実験はコイについては竹田、ブリについては山元、マダイについては東が担当した。

材料と方法

材料としてコイ *Cyprinus carpio* Linnaeus, ブリ *Seriola quinqueradiata* Temminck et Schlegel, およびマダイ *Pagrus major* (Temminck et Schlegel) の 3 種を用いた。いずれも養殖業者から購入後実験水温に順化してから用いたが、順化日数はコイでは 10 日以上、ブリでは 1~3 日、マダイでは 8~23 日であった。体長、体重、実験水温などの諸条件は Tables 1~3 に示す。

血液量の測定に当っては、Smith and Bell (1964) に準じて、先ず背大動脈に外径約 1 mm のポリエチレン製細管を装着した。以後血液の採取や色素液あるいは生理的塩類溶液の血管内注入はすべてこの細管を介して行った。その場合細管の内容積を予め測定しておき、採血や薬液注入後細管内を丁度満たす量の生理的塩類溶液を細管内に注入して、細管内の血液や薬液を血管内に押し入れて細管の外端を封じ、採血量や薬液注入量の正確を期すると共に、血液や薬液が血管外にもれ出るのを防いだ。細管装着手術を施した魚は空気飽和の淡水あるいは海水が緩やかに流れる容器内に約 24 時間静置して手術の影響から回復させた。この容器としては呼吸生理学の

実験でしばしば用いられる呼吸箱 (板沢, 1981) が便利で、手術の影響から回復した後もそのまま呼吸箱内に静置して血液量測定を行った。以下 Smith (1966) に準じて行ったその操作を順を追って記述する。

1. 血液を微量採取してその Ht を測定する。採血に当っては、細管から出て来る最初の血液若干量 (0.2~0.4 ml) を取り分けておき、その後に出て来る血液を測定に用い、先の若干量の血液は血管内に戻す。これは体内循環血液を代表する試料を用いるための配慮で、3 および 5 項の採血においても同様である。

2. Evans blue 3 mg/ml 液を体重 100 g 当り 0.1 ml 注入する。

3. 1 時間経過後 0.5 ml の血液を採取し、代りに等量の生理的塩類溶液を注入する。

4. 採取した血液を遠心分離して血漿を採取する。本研究の場合 850 g (ロータ半径 8.5 cm で 3000 rpm) で 15 分間遠心分離した。得られた血漿 0.2 ml を生理的塩類溶液で希釈して 3.0 ml とし、波長 600 nm でその吸光度 (E) を測定する。

5. 同様にして 1 時間ごとに数回反復採血して血漿の吸光度を測定する。

6. 横軸に時間を普通目盛でとり、縦軸に吸光度を対数目盛でとると、吸光度は Fig. 1 に例を示すように直線的に低下する。これは採血の度に等量の生理的塩類溶液を補うことによる希釈のためと血管外への透過のためである。最小自乗法を適用して 0 時すなわち注入時点で色素が循環血漿と完全に混和している場合の吸光度を求め、これを E_0 とする。

7. 予め吸光度と Evans blue 濃度 ($\mu\text{g/ml}$) の関係を示す検量線を作成しておき、これによって E_0 に相当す

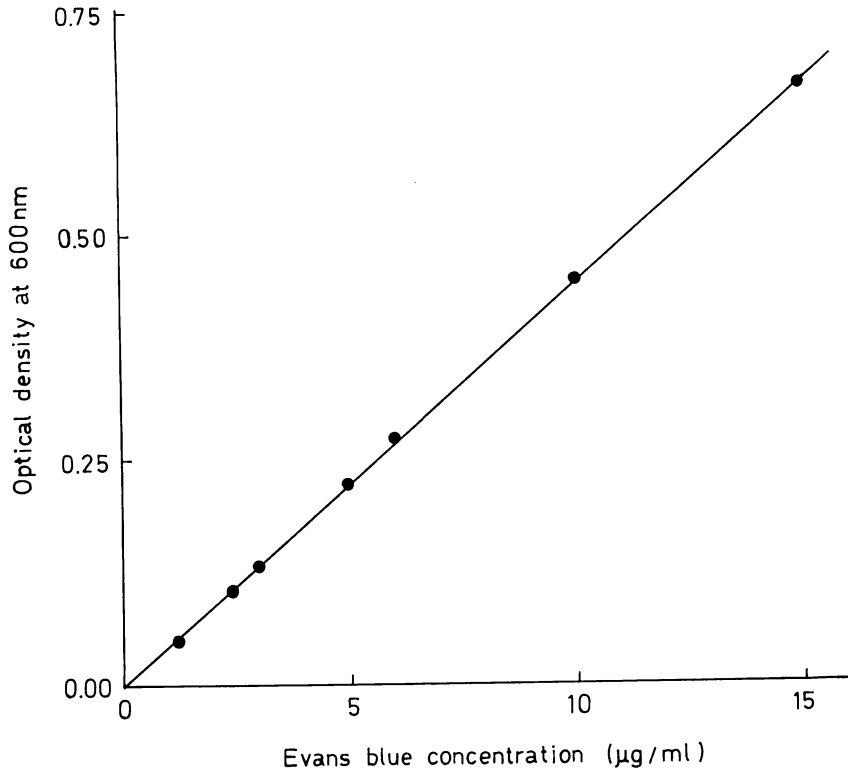


Fig. 2. Calibration curve of Evans blue.

る Evans blue の濃度 d_0 ($\mu\text{g/ml}$) を求める。以上は希釈血漿についての値であるから、原血漿中の色素濃度 d は $d = d_0 \times 3.0/0.2$ によって求められる。

8. 注入色素量を $D \mu\text{g}$ とすれば血漿量 P (ml) は $P = D/d$ によって与えられる。

9. 血液量 B (ml) は $B = 100 p/(100 - \text{Ht})$ によって計算される。また $B - P$ をもって血球量とする。なお以上は当該個体についての全量であるが、しばしば単位体重

(100 g または 1 kg) 当りの値で表現される。

参考のためマダイにおける測定例を示すと、色素注入後 5 時間にわたり 1 時間ごとに採血して測定した E の値は Fig. 1 のようで、経過時間 (H) との関係は $\log E = -0.7286 - 0.0525 H$ で表わされた。従って $H = 0$ における $\log E_0$ は -0.7286 , E_0 は 0.187 となる。Evans blue の検量線は Fig. 2 のようで、その濃度 d ($\mu\text{g/ml}$) と吸光度 (E) の関係は $E = 0.04563 d - 0.00396$ で与え

Table 1. Circulating volumes of plasma, blood and erythrocytes of carp, *Cyprinus carpio*, determined by a dye dilution method using Evans blue.

Fish	Weight (g)	Fork length (mm)	Water temp. (°C)	Ht (%)	Plasma volume (ml)	Plasma volume (ml/100 g)	Blood volume (ml)	Blood volume (ml/100 g)	Erythrocyte volume (ml)	Erythrocyte volume (ml/100 g)
1	535	306		18.7	24.3	4.55	29.9	5.59	5.6	1.04
2	490	305		18.3	25.7	5.25	31.5	6.43	5.8	1.18
3	480	298		22.2	28.7	5.98	36.9	7.69	8.2	1.71
4	500	302		22.6	21.7	4.34	28.0	5.61	6.3	1.27
5	570	306		21.7	27.6	4.84	35.3	6.18	7.7	1.34
6	600	332		27.4	33.1	5.52	45.7	7.61	12.6	2.09
\bar{X}	529	308	24~26	21.8	26.9	5.08	34.6	6.52	7.7	1.44
SD	±48	±12		±3.3	±3.9	±0.62	±6.4	±0.94	±2.6	±0.39

Table 2. Circulating volumes of plasma, blood and erythrocytes of yellowtail, *Seriola quinqueradiata*, determined by a dye dilution method using Evans blue.

Fish	Weight (g)	Fork length (mm)	Water temp. (°C)	Ht (%)	Plasma volume (ml)	Plasma volume (ml/100 g)	Blood volume (ml)	Blood volume (ml/100 g)	Erythrocyte volume (ml)	Erythrocyte volume (ml/100 g)
1	610	340		29.4	17.3	2.83	24.5	4.01	7.2	1.18
2	871	369		28.0	22.4	2.57	31.1	3.57	8.7	1.00
3	681	355		26.2	18.7	2.75	25.4	3.73	6.7	0.98
4	652	343		29.8	19.8	3.03	28.1	4.32	8.3	1.27
5	628	344		29.2	17.3	2.75	24.4	3.89	7.1	1.13
6	640	356		29.1	23.6	3.68	33.2	5.19	9.6	1.50
7	627	345		28.8	22.0	3.50	30.9	4.92	8.9	1.42
8	758	376		29.4	24.3	3.21	34.5	4.55	10.1	1.33
\bar{X}	683	354	9.3	28.7	20.7	3.04	29.0	4.27	8.3	1.23
SD	±89	±13	±0.7	±1.2	±2.8	±0.39	±4.0	±0.58	±1.2	±0.19
101	833	375		25.1	27.8	3.33	37.1	4.45	9.3	1.12
102	790	380		25.3	28.7	3.64	38.5	4.87	9.8	1.24
103	900	402		29.8	33.0	3.67	47.0	5.22	14.0	1.56
104	820	384		27.9	30.2	3.68	41.9	5.11	11.7	1.43
105	635	355		27.3	25.7	3.54	40.5	5.57	14.8	2.33
106	865	385		29.3	29.3	3.39	41.5	4.79	12.2	1.41
107	945	404		28.6	24.7	2.61	34.6	3.66	9.9	1.05
108	995	395		29.0	23.4	2.35	32.8	3.30	9.4	0.94
109	965	396		29.8	24.3	2.52	34.6	3.58	10.3	1.07
110	1065	417		29.7	33.9	3.18	48.2	4.52	14.3	1.34
111	960	391		27.0	24.5	2.55	33.5	3.49	9.0	0.94
112	1295	427		28.9	39.2	3.03	55.2	4.26	16.0	1.24
\bar{X}	922	393	10.6	28.1	28.7	3.12	40.4	4.40	11.7	1.31
SD	±163	±19	±0.2	±1.7	±6.8	±0.75	±4.8	±0.50	±2.5	±0.38
201	720	373		30.0	35.1	4.88	50.2	6.97	15.1	2.10
202	648	358		28.9	34.7	5.35	48.7	7.52	14.0	2.16
203	794	388		29.8	37.1	4.68	52.9	6.66	15.8	1.99
204	742	373		30.2	33.4	4.50	48.3	6.51	14.9	2.01
205	820	367		25.4	32.2	3.92	43.1	5.25	10.9	1.33
206	670	368		27.9	26.8	4.00	37.1	5.54	10.3	1.54
\bar{X}	732	371	17.2	28.7	33.2	4.55	46.7	6.41	13.5	1.86
SD	±67	±10	±0.3	±1.8	±3.6	±0.54	±5.7	±0.86	±2.3	±0.34
301	725	368		28.7	37.1	5.11	52.0	7.17	14.9	2.06
302	540	344		28.7	24.0	4.45	33.8	6.26	9.8	1.81
303	620	354		25.1	21.4	3.45	28.6	4.61	7.2	1.16
304	680	360		25.3	21.4	3.14	28.6	4.21	7.2	1.06
305	675	359		24.4	25.5	3.78	33.7	5.00	8.2	1.21
306	660	356		29.7	23.4	3.54	33.3	5.04	9.9	1.50
\bar{X}	650	357	17.7	27.0	25.5	3.91	35.0	5.38	9.5	1.47
SD	±64	±8	±1.1	±2.3	±5.9	±0.73	±8.7	±1.12	±2.9	±0.40
401	846	388		26.5	24.8	2.94	33.8	3.99	9.0	1.06
402	862	386		23.6	22.6	2.62	29.6	3.43	7.0	0.81
403	940	397		25.2	26.5	2.82	35.5	3.78	9.0	0.96
404	800	377		26.3	27.8	3.47	37.7	4.71	9.9	1.23
405	715	372		25.6	25.1	3.51	33.7	4.72	8.6	1.20
406	983	403		27.9	41.9	4.26	58.1	5.91	16.2	1.65

Table 2. (Continued)

Fish	Weight (g)	Fork length (mm)	Water temp. (°C)	Ht (%)	Plasma volume (ml)	Plasma volume (ml/100 g)	Blood volume (ml)	Blood volume (ml/100 g)	Erythrocyte volume (ml)	Erythrocyte volume (ml/100 g)
407	792	375		25.4	28.4	3.59	38.1	4.81	9.7	1.22
408	875	383		23.1	30.1	3.44	39.1	4.47	9.0	1.03
409	730	368		27.8	36.1	4.94	50.0	6.84	13.9	1.90
410	890	388		28.0	28.0	3.15	38.9	4.37	10.9	1.22
411	835	380		21.6	34.1	4.09	43.5	5.21	9.4	1.13
412	1210	442		27.6	44.2	3.66	61.1	5.05	16.9	1.40
\bar{X}	873	388	21.4	25.7	30.8	3.54	41.6	4.77	10.8	1.23
SD	±131	±20	±0.9	±2.1	±6.9	±0.65	±9.9	±0.93	±3.1	±0.30
Total of 44 fish										
\bar{X}	802	377		27.5	28.0	3.53	38.8	4.89	10.8	1.37
SD	±159	±23		±2.1	±6.5	±0.74	±9.1	±1.07	±2.9	±0.38

Table 3. Circulating volumes of plasma, blood and erythrocytes of porgy, *Pagrus major*, determined by a dye dilution method using Evans blue.

Fish	Weight (g)	Fork length (mm)	Water temp. (°C)	Ht (%)	Plasma volume (ml)	Plasma volume (ml/100 g)	Blood volume (ml)	Blood volume (ml/100 g)	Erythrocyte volume (ml)	Erythrocyte volume (ml/100 g)
1	497	321		18.0	25.5	5.13	31.1	6.26	5.6	1.13
2	540	300		23.0	22.4	4.14	29.1	5.38	6.7	1.24
3	530	304		20.0	25.6	4.84	32.1	6.05	6.4	1.21
4	515	295		25.0	23.9	4.64	31.9	6.18	8.0	1.54
5	588	323		20.5	25.8	4.38	32.4	5.51	6.7	1.13
6	462	295		22.0	22.4	4.84	28.7	6.21	6.3	1.37
7	522	298		24.0	21.1	4.03	27.7	5.31	6.7	1.28
\bar{X}	519	305	18~21	21.8	23.8	4.57	30.4	5.84	6.6	1.27
SD	±41	±12		±2.4	±1.9	±0.40	±1.9	±0.42	±0.7	±0.15

られたから、 E_0 値 0.187 に相当する Evans blue の濃度 d_0 は $4.185 \mu\text{g/ml}$ となり、従って原血漿中の色素濃度 d は $4.185 \times 3.0 / 0.2 = 62.78$ となる。当初 3 mg/ml 液を 0.5 ml 注入したので D は $1500 \mu\text{g}$ であり、この個体の血漿量 P (ml) は $1500 / 62.78 = 23.89$ で与えられる。そして当初に測定した Ht (%) が 25.0 であったので、血液量 B (ml) は $100 \times 23.89 / (100 - 25.0) = 31.85$ となる。また血球量は $31.85 - 23.89 = 7.96 \text{ ml}$ ということになる。以上の諸量を体重 100 g 当りに換算すれば、当該個体の体重が 515 g であったので、血漿量 4.64 ml/100 g 、血液量 6.18 ml/100 g 、血球量 1.54 ml/100 g となる。

結 果

コイ、ブリおよびマダイについて測定した循環血漿量ならびにそれに基づいて計算した循環血液量および循環血球量を Tables 1~3 に示す。

論 議

魚とくに硬骨魚の血液量は陸上動物のそれに比べて著しく少ないということが従来しばしば言われた。多くの文献からまとめて Mott (1957) は $1.4 \sim 2.8\%$ 、尾崎 (1962) は $1.5 \sim 3.0\%$ という血液量 (体重百分比*) を示しており、これらは Conte et al. (1963) の示す両生類 $8.2 \sim 9.5$ 、爬虫類 $4.2 \sim 22.5$ 、鳥類 $4.8 \sim 13.2$ 、哺乳類 $5.5 \sim 9.5$ という血液量 (ml/100 g*) に比べると著しく少ない。しかし近年の測定値はそれほど少なくはなく、やや古い時代の測定値には下記のように技術的な難点がある。

まず直接法 (放血法) は血管系内の血液を完全に集めることが困難なため著しく小さい値を与える。このことは同一研究者 (Smith, 1966) が同一種 (ギンザケ) につ

* % of body weight と ml/100 g は異なるが、古い文献では混同されていると思われる場合もある。

Table 4. Blood volumes of various fishes reported before the device of cannulation to a blood vessel by Smith and Bell (1964).

Common name	Scientific name	N	Body weight (g)	Water temp. (°C)	Blood volume (% of body w.)	*Method reference
Agnatha Sea lamprey	<i>Petromyzon marinus</i>	12	154~261		6.5 ~ 10.9	T Thorsen (1959)
Elasmobranchii Nurse shark	<i>Ginglymostoma cirratum</i>	5	11360~22700		6.8 ± 0.73 (SD)**	T Thorson (1962)
Nicaragua shark	<i>Carcharhinus nicaraguensis</i>	10	27700~57200		6.8 ± 1.12 (SD)	T Thorson (1962)
Lemon shark	<i>Negaprion brevirostris</i>	9	3180~12270		7.0 ± 0.42 (SD)	T Thorson (1962)
Spiny dogfish	<i>Squalus acanthias</i>	7			3.71	E Derrickson and Amberson (1934)
		≥6	930~3600		***5.88~7.69	T Burger and Bradley (1951)
		24	1122~6350		3.1 ~ 10.9	T Thorson (1958)
		24	1120~6350		6.8 ± 1.79 (SD)	T Thorson (1962)
Big skate	<i>Raja binoculata</i>	4	2646~18100		6.5 ~ 9.9	T Thorson (1958)
Long-nosed skate	<i>R. rhina</i>	8	1400~16550		4.0 ~ 9.5	T Thorson (1958)
Holocephali Rat-fish	<i>Hydrolagus colliei</i>	8	520~1573		4.1 ~ 7.4	T Thorson (1958)
Osteichthyes Lake sturgeon	<i>Acipenser fulvescens</i>	8	2275~4530		2.8 ~ 4.9	T Thorson (1961)
Paddlefish	<i>Polyodon spathula</i>	5	3740~5910		2.4 ~ 3.6	T Thorson (1961)
Shortnose gar	<i>Lepisosteus platostomum</i>	7	855~1730		3.0 ~ 5.2	T Thorson (1961)
Bowfin	<i>Amia calva</i>	6	1020~3265		2.9 ~ 5.0	T Thorson (1961)
Green moray	<i>Gymnothorax funebris</i>	6	3050~4815		1.0 ~ 3.0	T Thorson (1961)
Rainbow trout	<i>Salmo gairdneri</i>		9~29	14~15	2.25	T Schiffman and Fromm (1959)
Steelhead trout	<i>Salmo gairdneri gairdneri</i>	10	135~800	10	***3.5 ± 0.9 (SD)	T Conte et al. (1963)
		5			***3.3 ± 0.9 (SD)	I ¹³¹ Conte et al. (1963)
Carp	<i>Cyprinus carpio</i>	7	1585~3190		2.4 ~ 3.5	T Thorson (1961)
Bigmouth buffalo fish	<i>Ictiobus cyprinellus</i>	8	1980~5440		1.8 ~ 4.1	T Thorson (1961)
Common white sucker	<i>Catostomus commersoni</i>	2	580~655		1.8 ~ 2.7	T Thorson (1961)
Bullhead	<i>Ameiurus natalis</i>		51.5~328.0		1.76±0.70 (SD)	T Prosser and Weinstein (1950)
Atlantic cod	<i>Gadus morhua</i>	22	800~17000	7±0.5	2.4	E Ronald et al. (1964)
Nassau grouper	<i>Epinephelus striatus</i>	2	930~1610		2.3 ~ 3.0	T Thorson (1961)
Tiger rockfish	<i>Mycteroperca tigris</i>	1	5885		3.3	T Thorson (1961)
Red snapper	<i>Lutjanus campechanus</i>	2	3130~4400		2.2	T Thorson (1961)
Gray snapper	<i>L. griseus</i>	6	1900~4680		1.9 ~ 2.5	T Thorson (1961)
Great barracuda	<i>Sphyræna barracuda</i>	10	1430~4575		2.3 ~ 3.7	T Thorson (1961)
Tautog	<i>Tautoga onitis</i>	3			1.5	E Derrickson and Amberson (1934)
Rainbow parrotfish	<i>Pseudoscarrus guacamaia</i>	16	1650~6830		2.5 ~ 4.7	T Thorson (1961)

* T: T-1824 (Evans blue), E: Exsanguination, I¹³¹: Albumin labeled by I¹³¹.

** SD: standard deviation.

*** % of body weight.

Table 5. Blood volumes of various teleosts reported after the device of cannulation to a blood vessel by Smith and Bell (1964).

Common name	Scientific name	N	Body weight (g)	Water temp. (°C)	Blood volume (ml/100 g)	*Method reference
Brook trout	<i>Salvelinus fontinalis</i>	15	293.7±6.4 (SE)	2	4.6± 0.3 (SE)**	T Houston and DeWilde (1969)
		10		5	5.9 ±0.6 (SE)	T Houston and DeWilde (1969)
		12		10	5.5 ±0.6 (SE)	T Houston and DeWilde (1969)
		12		20	5.7 ±0.4 (SE)	T Houston and DeWilde (1969)
Rainbow trout	<i>Salmo gairdneri</i>	4	548± 49 (SE)	11~16	2.4 ±0.4 (SE)	E Smith (1966)
		8	815± 70 (SE)	7	3.49±0.33 (SE)	T Nikinmaa et al. (1981)
		8		11	3.52±0.16 (SE)	T Nikinmaa et al. (1981)
		7		16	3.82±0.14 (SE)	T Nikinmaa et al. (1981)
Steelhead trout	<i>Salmo gairdneri gairdneri</i>	13	553±127 (SE)	8~12	5.4 ±0.8 (SE)	T Smith (1966)
Pink salmon	<i>Oncorhynchus gorbuscha</i>				***9.8	T Smith and Bell (1964)
Coho salmon	<i>O. kisutch</i>	7	537±108 (SE)	8~12	6.2 ±1.6 (SE)	T Smith (1966)
		10	1049±173 (SE)	8~12	6.1 ±0.9 (SE)	T Smith (1966)
		3	949± 23 (SE)	8~12	7.2 ±0.1 (SE)	T Smith (1966)
		7	926±112 (SE)	8~12	6.2 ±2.0 (SE)	T Smith (1966)
		6	1012±120 (SE)	8~12	2.3 ±0.4 (SE)	E Smith (1966)
Sockeye salmon	<i>O. nerka</i>				***4.8	T Smith and Bell (1964)
Carp	<i>Cyprinus carpio</i>	6	529± 48 (SD)	24~26	6.52±0.94 (SD)	T Present study
Yellowtail	<i>Seriola quinqueradiata</i>	8	683± 89 (SD)	9.3±0.7 (SD)	4.27±0.58 (SD)	T Present study
		12	922±163 (SD)	10.6±0.2 (SD)	4.40±0.50 (SD)	T Present study
		6	732± 67 (SD)	17.2±0.3 (SD)	6.41±0.86 (SD)	T Present study
		6	650± 64 (SD)	17.7±1.1 (SD)	5.38±1.12 (SD)	T Present study
		12	873±131 (SD)	21.4±0.9 (SD)	4.77±0.93 (SD)	T Present study
		Total 44	802±159 (SD)		4.89±1.07 (SD)	T Present study
Porgy	<i>Pagrus major</i>	7	519± 41 (SD)	18~21	5.84±0.42 (SD)	T Present study

* T: T-1824 (Evans blue), E: Exsanguination.

** SE: standard error, SD: standard deviation.

*** % of body weight

いて得た値が Evans blue 希釈法では 6.1~7.2 であったのに対し、放血法では 2.3 に過ぎなかった (Table 5) ことによく示されている。一方間接法 (希釈法) も採血時に魚が自然な状態にないとき血漿中の水が組織中へ移動して結果が小さくなる。このことは同一研究者 (Smith, 1966) が同一種 (ギンザケ) の同一個体について Evans blue 希釈法によって得た血液量 (ml/100 g) が M.S. 222 で麻酔中には 4.6 であったのに対し、麻酔の影響から回復後には 7.2 になったことによく示されている。また希釈法では指標物質の注入量が不正確であったり、採血操作によって血液がもれたりすれば、結果の正確を期し難い。魚を出来るだけ自然な状態に保ち、指標物質の血管内注入量を正確に知り、数次にわたる採血に当たっても血液のもれ出ることがないようにするには、血管系に注入・採血用の細管を挿入固定し、しかも魚に著しい影響を与えないようにしなければならない。このような細管装着は Smith and Bell (1964) の背大動脈カニューレション技法の考案によって初めて可能になった。従ってそれ以前の血液量測定には技術的にかなり無理があり、不正確を免れなかったのではないかと考えられる。

試みに Smith and Bell (1964) を境に従来の報告例をそれより前 (Table 4) と後 (Table 5) に別けて示す。これを見ると硬骨魚についての測定値は Smith and Bell (1964) より前ではかなり小さく、体重百分比にして 1.0~3.0 から 3.0~5.2 の範囲である。これに対しそれ以後の報告例 (ml/100 g) は、放血法による値は別として、比較的大きく、 3.49 ± 0.33 から 7.2 ± 0.1 の範囲であり、Nikinmaa et al. (1981) の報告を除くと大部分が平均値にして 4~7 ml/100 g の範囲にある。現在の技術は未だ完全とは言い難い、Table 5 の例は本報の 3 種のほかはサケ科の魚に限られているが、現在の知見の範囲では硬骨魚の血液量はおおよそ 4~7 ml/100 g と言って可いのではないかと考える。

謝 辞

ブリの入手についてお世話になった水産大学校小林博教授、マダイを頂いた九州大学水産実験所中園明信助教授ほかお世話になった方々に厚く感謝する。

引用文献

- Burger, J. W. and S. E. Bradley. 1951. The general form of circulation in the dogfish, *Squalus acanthias*. J. Cell. Comp. Physiol., 37: 389~402.
- Conte, F. P., H. H. Wagner and T. O. Harris. 1963. Measurement of blood volume in the fish (*Salmo gairdneri gairdneri*). Am. J. Physiol., 205: 533~540.
- Derrickson, M. B. and W. R. Amberson. 1934. Determination of blood volume in the lower vertebrates by the direct method. Biol. Bull., 67: 329.
- Houston, A. H. and M. A. DeWilde. 1969. Environmental temperature and the body fluid system of the fresh-water teleost—III. Hematology and blood volume of thermally acclimated brook trout, *Salvelinus fontinalis*. Comp. Biochem. Physiol., 28: 877~885.
- 板沢靖男. 1981. 呼吸生理実験法, pp. 243~257. 江上信雄編実験動物としての魚類, ソフトサイエンス社, 東京.
- Mott, J. C. 1957. The cardiovascular system, pp. 81~108. In M. E. Brown, ed., The Physiology of fishes, Vol. 1. Academic Press, New York.
- Nikinmaa, M., A. Soivio and E. Railo. 1981. Blood volume of *Salmo gairdneri*: Influence of ambient temperature. Comp. Biochem. Physiol., 69A: 767~769.
- 尾崎久雄. 1962. 魚類生理学講座 (I). 緑書房, 東京, vi+326 pp.
- Prosser, C. L. and S. J. F. Weinstein. 1950. Comparison of blood volume in animals with open and with closed circulatory systems. Physiol. Zool., 23: 113~124.
- Ronald, K., H. C. Macnab, J. E. Stewart and B. Beaton. 1964. Blood properties of aquatic vertebrates. I. Total blood volume of the Atlantic cod, *Gadus morhua* L. Can. J. Zool., 42: 1127~1132.
- Schiffman, R. H. and P. O. Fromm. 1959. Measurement of some physiological parameters in rainbow trout (*Salmo gairdnerii*). Can. J. Zool., 37: 25~32.
- Smith, L. S. 1966. Blood volumes of three salmonids. J. Fish. Res. Bd. Can., 23: 1439~1446.
- Smith, L. S. and G. R. Bell. 1964. A technique for prolonged blood sampling in free-swimming salmon. J. Fish. Res. Bd. Can., 21: 711~717.
- Thorson, T. B. 1958. Measurement of the fluid compartments of four species of marine Chondrichthyes. Physiol. Zool., 31: 16~23.
- Thorson, T. B. 1959. Partitioning of body water in sea lamprey. Science, 130: 99~100.
- Thorson, T. B. 1961. The partitioning of body water in Osteichthyes: Phylogenetic and ecological implications in aquatic vertebrates. Biol. Bull., 120: 238~254.
- Thorson, T. B. 1962. Partitioning of body fluids in the Lake Nicaragua shark and three marine sharks. Science, 138: 688~690.
- Yamamoto, K., Y. Itazawa and H. Kobayashi. 1980. Supply of erythrocytes into the circulating blood from the spleen of exercised fish. Comp. Biochem. Physiol., 65A: 5~11.

(板沢・竹田・東: 812 福岡市東区箱崎 九州大学農学部水産学科; 山元: 754-13 宇部市小野区下小野水産大学校小野臨湖実験実習場)

編集後記

編集後記・Editorial notes

図を多数使用する場合には図の番号と本文の流れとの関係に注意して下さい。本文中に Fig. 1 よりも Fig. 2 や Fig. 3 の方が早く出てくるのは好ましくありません。Abstract は summary とは全く別のものではありません。長い“abstract”には abstract としての意味がありません。編集段階で行えることには限界がありますので以下の出版物などに目を通して下さい。

溝口歌子, 1976. ライフサイエンスの英語論文. 講談社, 東京, vii+157 pp.

Committee on Form and Style of the Council of Biology Editors. 1972. CBE style manual (3rd ed.). Am. Inst. Biol. Sci., Washington, D.C., xii+297 pp.

訂正 Errata

魚類学雑誌 30 巻 1 号 “板沢靖男・竹田達右・山本

憲一・東 照雄: コイ, ブリおよびマダイの循環血液量の測定”に以下の誤りがありましたのでお知らせします。

Japanese Journal of Ichthyology, 30(1). Itazawa et al.: Determination of circulating blood volume in three teleosts, carp, yellowtail and porgy. Page 94, last line of Abstract, “5~7 ml/100 g” should read 4~7 ml/100 g. Page 99, footnote in Table 4, “% of body weight” should read ml/100 g. Page 100, lower one-third of Table 5, insert the following line “8 181 ±266 (SE) 11~16 5.4±0.8 (SE) T Smith (1966)” between the lines “Sockeye salmon...Smith and Bell (1964)” and “Carp...Present study”. (K. M.)

本会評議員山本喜一郎博士は昭和 58 年 7 月 27 日逝去されました。
謹んで哀悼の意を表します。

日本魚類学会

We regret to announce that Dr. Kiichiro Yamamoto, councillor of the Society, passed away on July 27, 1983.

The Ichthyological Society of Japan