

以碳酸氫鈉及硫酸麻醉黑鯛之探討

摘要

本實驗以碳酸氫鈉溶液及硫酸溶液混合添入水中的方式對黑鯛進行麻醉。大致而言，碳酸氫鈉和硫酸的濃度愈低或魚體愈大，都會造成麻醉誘導時間的增長，且兩者的濃度大小亦會影響恢復時間。675 ppm 碳酸氫鈉及 395 ppm 硫酸是較合適的混合添加濃度，可使大部份黑鯛的麻醉誘導時間和恢復時間限制在 6 分鐘內。實驗中及 5 天的恢復期內，實驗魚均未死亡，顯示此法對於黑鯛應為一有效且安全的麻醉方式。

黑鯛在濃度 675 ppm 碳酸氫鈉及 395 ppm 硫酸混合溶液麻醉下，各項生理指標的變化情形亦做調查試驗。結果顯示，黑鯛麻醉後，血容積比、血紅素、血糖值及血漿總蛋白量並未有變化。但在血漿氯離子值和滲透壓方面，兩組的差異達顯著水準，對照組的氯離子值高於麻醉組，不過滲透壓值卻低於麻醉組。

關鍵詞：碳酸氫鈉，硫酸，麻醉，黑鯛，生理指標

在活魚輸送及對魚類進行各種實驗操作時，為使操作方便及減少魚類的損傷，麻醉劑的添加往往是必需的⁽¹⁾。可是很多使用作為魚類麻醉劑的化學藥物，如 Urethane, Ether, Chloroform, 2-phenoxyethanol 等都被發現對人類的健康有礙⁽²⁻³⁾，因此，並不太適合使用於食用魚類。目前，在幾種常用的魚類麻醉劑中，MS-222 和二氧化碳 (Carbon dioxide, CO₂) 被認為是對人類健康較無害，也是唯一被美國食品藥物管理局 (FDA) 認定可使用於食用魚的兩種麻醉劑^(2,4)。

事實上，以二氧化碳麻醉魚類或添加於活魚輸送，包括兩種方式：一是直接將桶裝壓縮的二氧化碳灌入水中，使用此方法時，通常也會同時輸入等量的氧氣⁽⁵⁻¹⁰⁾；另一種方式稱之為蘇打-酸法 (Soda-acid technique)⁽²⁾，則是在水中同時添加碳酸氫鈉溶液及酸溶液，利用兩者化學反應時的產物——二氧化碳或碳酸氫根 (Bicarbonate, HCO₃⁻) 來麻醉魚類⁽¹¹⁻¹⁴⁾。這兩種方式各有施用實例，不過相對於直接將桶裝壓縮的二氧化碳灌入水中的方式，添加碳酸氫鈉及酸法所需之設備較少，使用上也較為便利，因此，比較適合在野外 (Field) 的操作⁽¹⁴⁾。

截至目前，上述兩種方式進行的麻醉或添加實驗，所使用的魚種大部份是淡水魚，尤其是鯉科和鮭鱒科的魚類⁽⁵⁻¹⁴⁾為主，除極少數的例子如嘉臘 *Pagrus major* 外⁽⁷⁾，少有海水魚類。因此，本實驗以 Post 的方法⁽¹²⁾，將碳酸氫鈉溶液及硫酸溶液共同添加於海水中，嘗試對黑鯛 *Aathopagrus schlegeli* 進行麻醉，並檢測黑鯛在此一麻醉情況下，各項生理指標的變化情形，俾以探討此一麻醉技術在海水鯛類實用的可能性。

材料與方法

一、材料

所使用之黑鯛取自本所臺南分所養殖池。捕獲後，先於室內兩噸半 FRP 桶內馴化 2 週，實驗前 2 日及實驗中均禁食。使用海水的鹽度為 37-38 ppt，pH 值 7.90，水溫 17-21 °C。使用不同劑量之碳酸氫鈉及硫酸混合溶液麻醉實驗魚，黑鯛體重為 21.50±0.68 公克，體長則為 10.89±0.11 公分。不同體型魚的麻醉實驗用黑鯛體重範圍由 14.94 至

143.65 公克，體長則由 9.5 至 19.5 公分。麻醉後，各項生理指標變化實驗所使用的黑鯛體重為 114.36 ± 5.66 公克，體長則為 18.32 ± 0.35 公分。

二、方法

(一) 不同劑量之碳酸氫鈉及硫酸對黑鯛的麻醉情形

依 Post⁽¹²⁾ 之方法略為修改，先將碳酸氫鈉及濃硫酸 (96%) 分別配成 6.75% 及 7.9% (wt/vol) 溶液備用。使用時，將不同劑量之碳酸氫鈉與硫酸溶液，以 2 : 1 的比例注入含有 40 l 海水之四組 90 l 塑膠桶中。添加之碳酸氫鈉(硫酸)在桶中的濃度分別為 675 (395) ppm，540 (316) ppm，405 (237) ppm 及 270 (158) ppm。在測量完添加不同劑量之兩溶液的海水 pH 值後，採取一次放入一尾的方式，將黑鯛置入各桶中進行麻醉，待其進入 Schoettger and Julian⁽¹⁵⁾ 麻醉分期表中之完全失去平衡後期 (Stage 3B)，取出並記錄麻醉誘導時間 (Induction time)，再移入另一不含麻醉劑之海水桶中，其行為完全恢復平衡所需時間，取名為恢復時間 (Recovery time)。恢復後的黑鯛移至室外 6 噸水泥池蓄養，觀察它們 5 天內的存活率。

(二) 不同體型的黑鯛之麻醉情形

碳酸氫鈉及硫酸溶液同樣以 2 : 1 混合添加在 90 l 桶內，添加之碳酸氫鈉 (硫酸) 在桶中的濃度為 675 (395) ppm。將體型大小不同的黑鯛，同上述方式置入桶內麻醉，記錄麻醉誘導時間，並將已麻醉魚移入另一不含麻醉劑之海水桶中，記錄其恢復時間。恢復後的黑鯛也是移至室外水泥池蓄養，觀察 5 天內的存活率。

(三) 麻醉後黑鯛之各項生理指標的變化情形

同上述方法，將碳酸氫鈉及硫酸溶液同樣以 2 : 1 混合添加在 90 l 桶內，添加之碳酸氫鈉 (硫酸) 在桶中的濃度為 675 (395) ppm，黑鯛在其中麻醉至完全失去平衡後期後與對照組各取 10 尾，分別抽血取樣。抽血後馬上測量血容積比 (Hematocrit) 及血紅素值 (Hemoglobin)。血容積比測定是以毛細管抽取血液後，在 12,000 g 下，離心 5 分鐘，讀取數值。血紅素值以 Cyanomethamoglobin 法測取 (Sigma kit 525-A)。全血再以 $5,000 \times g$ ，30 分鐘離心，抽取上層血漿，測量血糖值 (Glucose)，總蛋白量 (Total plasma protein)，氯離子值 (Chloride)

和滲透壓 (Osmolarity)。血糖值以 Glucose oxidase 法測定 (Sigma kit 510-A)，總蛋白量以 Biuret 法測定。氯離子值測定則是利用它會與硫氰酸汞 (Mercuric thiocyanate) 作用，產生硫氰酸鹽 (Thiocyanate, SCN⁻)，再與三價鐵形成紅棕色硫氰酸鐵 (Ferric thiocyanate)，最後，利用此一呈色反應在光度比色計波長 460 nm 下定量 (Sigma kit 461-3)。滲透壓則以滲透壓測定儀 (Osmometer, Advanced instrument Inc. Model 3DII) 測定。

(四) 數據分析

被不同劑量之碳酸氫鈉及硫酸麻醉的各組黑鯛，其麻醉誘導時間與恢復時間，以變方分析法 (ANOVA) 先分析期間是否具有差異，若達 5% 顯著水準，再以 Tukey's honestly significant difference 檢定之。體重與麻醉誘導時間及恢復時間的關係是以簡單線性迴歸法 (Simple linear regression) 加以分析。對照組與麻醉後黑鯛之各項生理指標，則以 t-test 檢驗是否具有差異⁽¹⁶⁾。

結果

一、不同劑量之碳酸氫鈉及硫酸對黑鯛的麻醉情形

黑鯛在不同劑量之碳酸氫鈉及硫酸麻醉下的麻醉誘導時間與恢復時間如 Table 1 所示。很顯然地，隨著碳酸氫鈉及硫酸劑量的升高，海水 pH 值由原本的 7.90 逐漸下降，在碳酸氫鈉濃度 675 ppm，硫酸濃度 395 ppm 時，已降至 5.68。黑鯛的麻醉誘導時間也隨著碳酸氫鈉及硫酸劑量升高而逐漸縮短 (由碳酸氫鈉 270 ppm 的 813.83 秒到 675 ppm 的 189.67 秒)，恢復時間則是逐漸延長 (由碳酸氫鈉 270 ppm 的 86.33 秒到 675 ppm 的 253.67 秒)。此外，麻醉實驗後的 24 尾黑鯛在蓄養 5 天後，死亡率為零，也未見有何異常。

二、不同體型的黑鯛之麻醉情形

Fig. 1 為不同體型的黑鯛在濃度為 675 ppm 碳酸氫鈉及濃度為 395 ppm 硫酸麻醉下的麻醉誘導時間與恢復時間分布情形。經線性迴歸分析結果顯示，黑鯛體重與麻醉誘導時間之間有顯著的線性關

係存在 ($p < 0.01$)，與恢復時間之關係則否 ($p > 0.05$)。由此可知，隨著黑鯛體重變大，麻醉誘導時間有逐漸增高的趨勢，但似乎未造成恢復時

間明顯的變化。至於死亡率方面，大小體型之各黑鯛在實驗期間及恢復 5 天內，並未有魚體死亡情形。

Table 1. Induction time and recovery time of black porgy anesthetized with different dose of NaHCO_3 and H_2SO_4 . N=6, Mean \pm SEM.

Conc. of NaHCO_3 (ppm)	Conc. of H_2SO_4 (ppm)	pH value	Induction time (sec)	Recovery time (sec)
675	395	5.68	189.67 \pm 26.93 ^a	253.67 \pm 12.83 ^a
540	316	5.81	342.00 \pm 32.63 ^b	204.33 \pm 13.91 ^b
405	237	5.95	503.00 \pm 27.83 ^c	157.00 \pm 7.49 ^c
270	158	6.08	813.83 \pm 45.53 ^d	86.33 \pm 2.76 ^d

Remarks: Values in the same column with the different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

三、麻醉後黑鯛之各項生理指標的變化情形

對照組與麻醉後黑鯛之各項生理指標比較均列於 Table 2。本組實驗中的黑鯛，於濃度為 675 ppm 的碳酸氫鈉及 395 ppm 的硫酸麻醉下，其麻醉誘導時間平均約為 4 分鐘左右。經歷麻醉後，麻醉組和對照組魚體間的血容積比、血紅素值、血糖值及總蛋白量等生理指標並未有顯著的差異。但在氯離子值和滲透壓方面，兩組的差異已達顯著水準，對照組的氯離子值為 165.97 mEq/dl，高於麻醉組的 147.46 mEq/dl，不過滲透壓值僅為 333.50 mOsmo/kg，顯著低於麻醉組之 347.90 mOsmo/kg。

討論

當碳酸氫鈉與酸一起加入水中時，水中會同時形成碳酸氫根 (HCO_3^-)、碳酸 (Carbonic acid, H_2CO_3) 及二氧化碳 (CO_2) (見 Fig. 2)，其中何者佔較高之比例，端賴水中 pH 值而定^(2,12)。當水中 pH 值在 6 以下時，二氧化碳為主要產物，而 pH 值在 7-9 之間，則大部份是碳酸氫根。若 pH 值繼續上升，碳酸氫根甚至還會再分解成碳酸根 (Carbonate, CO_3^{2-}) 及氫

根^(2,12)。

以碳酸氫鈉與酸添加在水中麻醉魚時，以往的 pH 值被控制在 6.5-7.5⁽¹¹⁾，6.5-8.5⁽¹²⁾，或 6.9-7.6⁽¹⁴⁾ 的中性 pH 值附近。對於其如何使魚類麻醉，各作者提出各自不同的解釋機制。Booke et al.⁽¹¹⁾ 認為，主要是由於水中二氧化碳濃度升高，造成魚體內二氧化碳分壓也增高，使得魚體內對氧氣的親和力下降造成麻醉。Post⁽¹²⁾ 則認為當水中的碳酸氫根提高時，魚鰓內的碳酸氫根無法排到外界，因此，包括腦部等各組織之碳酸氫根廢物也排不出去，以致體內的氧氣對二氧化碳產生變化，出現輕微的缺氧，而造成麻醉現象。由上述諸實驗看來^(11-12,14)，施行麻醉時的 pH 值多在中性的 6-9 之間，因此，可能碳酸氫根、碳酸及二氧化碳三者皆有參與作用的可能⁽²⁾。在本實驗中，添加碳酸氫鈉及硫酸所用之方式雖依 Post 法⁽¹²⁾ 施行，可是水中 pH 值卻在 5.68-6.08 之間，略為偏酸，因此，水中主要產物應是二氧化碳，而這可能即是造成黑鯛麻醉的主因。

Booke et al.⁽¹¹⁾ 以碳酸氫鈉及鹽酸麻醉鱒及鯉魚時，大部份的鱒魚在 pH 6.5，碳酸氫鈉 642 mg/l 濃度下，5 分鐘內即可被麻醉至 Schoettger and Julian 麻醉分期表之部份失去

平衡期 (Stage 2)，而在移置清水 10 分鐘後即可恢復；鯉魚則需要較長的麻醉誘導時間 (4-12 分鐘) 及恢復時間 (15 分鐘內)。他們也發現，當 pH 值低於 6.5 以下或碳酸氫鈉濃度高於 642 mg/l 時，麻醉魚會出現死亡。Post⁽¹²⁾則認為，碳酸度在 150-600 mg/l 時，可使魚類進入 Schoettger and Julian 麻醉分期表之部份失去平衡期 (stage 2) 或完全失去平衡期 (Stage 3)，而按照其所給予的公式回推，大約添加的碳酸氫鈉最後濃度為 202.5-810 mg/l。Prince et al.⁽¹⁴⁾以 40 g 碳酸氫鈉及 15 ml 冰醋酸共同添加於 30 l 水中時，發現鮭魚會在 7 分鐘內失去活動能力。本實驗中，20 g 左右的黑鯛於碳酸氫鈉 270 ppm 時，即可

使之被麻醉至 Schoettger and Julian 麻醉分期表之完全失去平衡後期；675 ppm 時，全部魚可在 5 分鐘內 (平均 3.16 分鐘) 被麻醉，而超過 100 g 的黑鯛雖然麻醉誘導時間略長，大致上也在 4-6 分鐘左右，如此時間，在實用上應還可以被接受。Takeda and Itazawa⁽⁷⁾以桶裝二氧化碳麻醉嘉臘後，認為鯛類不適合以二氧化碳麻醉。在本實驗中，雖然所處麻醉環境 pH 值較低，但是還在 5.6 以上。一般而言，pH 值在 5-9 之間對於魚類還沒有太大的不良影響⁽¹⁷⁾。而且麻醉誘導時間不長，所以本法麻醉處理後之黑鯛，在實驗中及恢復 5 天後，死亡率均為零，此一結果顯示，以碳酸氫鈉加酸麻醉黑鯛的安全性頗高。

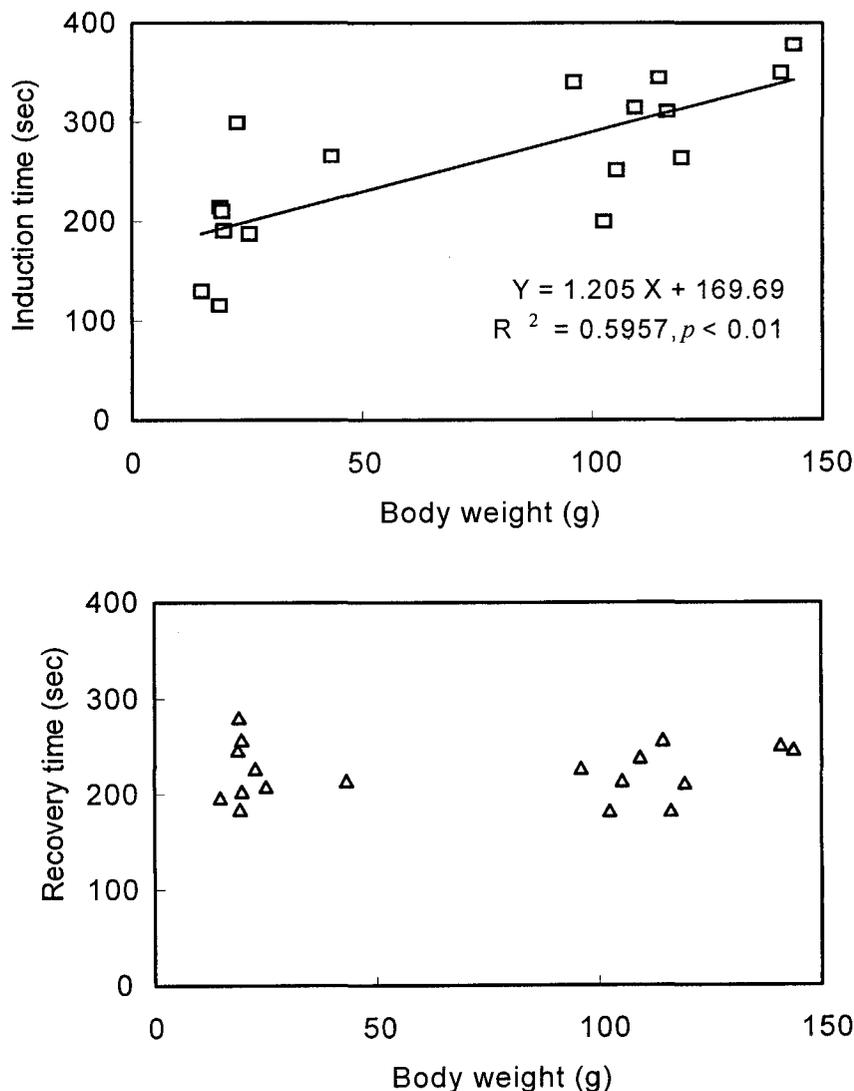


Fig. 1. Induction time (upper) and recovery time (below) versus body weight of black porgy anesthetized with 675 ppm NaHCO_3 and 395 ppm H_2SO_4 . N=18.

Table 2. The effect of anesthesia with 675 ppm NaHCO₃ and 395 ppm H₂SO₄ on hematological parameters of black porgy. N=10, Mean±SEM.

<i>Parameters/Treatment</i>	<i>Control</i>	<i>Anesthesia</i>
Induction time (sec)	-	241.03±17.1
Hematocrit (%)	37.90±0.86	36.70±0.93
Hemoglobin (g/dl)	11.38±0.39	11.18±0.37
Glucose (mg/dl)	75.13±3.86	78.12±2.92
Chloride (mEq/l)	165.97±2.24	147.46±7.29*
Total plasma protein (g/dl)	4.61±0.21	4.64±0.21
Osmolarity (mOsmo/kg)	333.50±0.97	347.90±1.57**

Remarks: Significantly different from control at 5% level ($p < 0.05$) * and 1% level ($p < 0.01$)**.

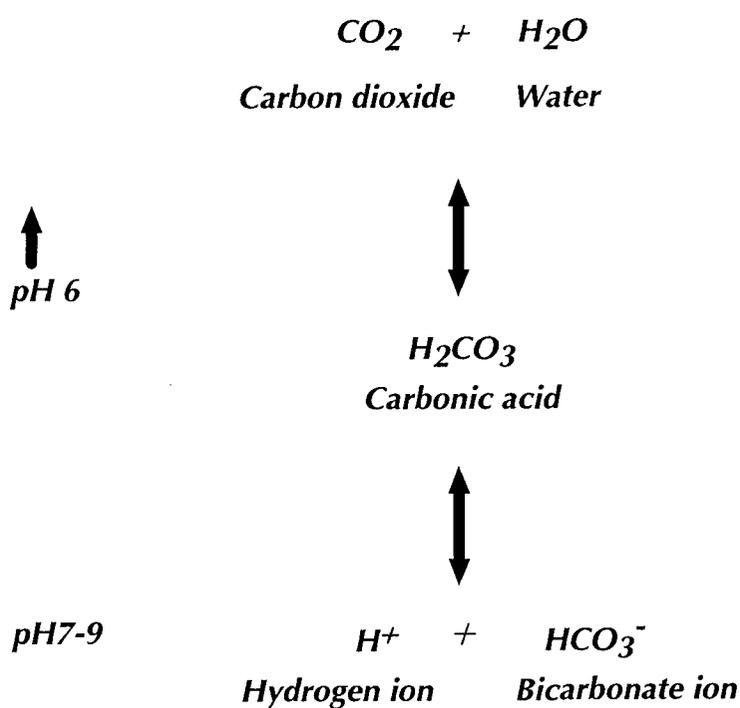


Fig. 2. Formation of carbon dioxide, carbonic acid and bicarbonate in water of different pH values.

影響麻醉誘導時間長短的因子很多, 麻醉劑濃度^(6,12,18-20)及魚體型大小^(14,18,21-22)都是其一。通常麻醉劑濃度較高或被麻醉魚體型較小, 所需的麻醉誘導時間就較短。本實驗的結果同於其他二氧化碳^(6,12,14)及它種麻醉劑如 2-phenoxyethanol⁽¹⁸⁾、MS-222^(19,21-22)與 Etomidate⁽²⁰⁾之麻醉實驗, 當添加的碳酸氫鈉及硫酸濃度較高時, 黑鯛的麻醉誘導時間縮短; 而體型較小的魚, 所需之麻醉誘導時間也較大魚來得短。在以碳酸氫鈉及硫酸麻醉黑鯛時, 我們發現其在進入 Schoettger and Julian 麻醉分期表之部份失去平衡期時, 會有異常亢奮的現象, 在麻醉桶內亂竄, 甚至躍出水面, 之後再逐漸進入完全失去平衡前期。此種過度活動行為 (Hyperactivity) 在以 2-phenoxyethanol⁽¹⁸⁾與 MS-222⁽¹⁵⁾麻醉魚類時是看不到的, 但在兩種二氧化碳的麻醉方式都會被發現過^(6-7,14), 應是以二氧化碳麻醉魚類時的特色。通常麻醉藥濃度及暴露在其中的時間都會影響恢復時間的長短⁽²⁾, 此次, 被麻醉黑鯛的恢復時間也隨著碳酸氫鈉及硫酸濃度升高而延長, 但與體型大小似乎沒有明顯的關係, 這在以 2-phenoxyethanol 麻醉黃鯛時也曾發現同樣的情形⁽¹⁸⁾。

很多作者認為麻醉劑對魚類而言, 是一種化學性壓迫誘導物 (Chemical stressor)。因此, 魚類在麻醉中或麻醉後, 一些生理學指標常會產生變化⁽²⁾。例如血液會發生濃縮現象 (Hemoconcentration), 使得血容積比和血紅素值上升⁽²³⁻²⁸⁾, 而血糖值通常也會增高⁽²⁹⁻³¹⁾。但有時因魚種^(28,30,32)、麻醉劑種類^(24,31,33)、麻醉劑濃度與麻醉誘導時間^(26,32)以及其他不明原因, 血容積比、血紅素值^(28,30,32-33)及血糖值^(24,26,32)不一定會增加, 甚至沒有變化。本實驗中所測黑鯛之血容積比、血紅素值、總蛋白量和血糖值, 在麻醉組與對照組間即未有顯著差異。事實上, 筆者等⁽²⁸⁾也曾發現, 黑鯛在以 400 ppm 2-phenoxyethanol 麻醉後, 血容積比和血紅素值和對照組間沒有顯著的差異; 此外, 該實驗之麻醉組血糖值雖較對照組高約 36.92 mg/dl, 但仍未達顯著水準。Iwama et al.⁽³³⁾則發現, 以二氧化碳麻醉虹鱒時, 血容積比未上升, 反是逐漸下降。這說明或許是黑鯛在麻醉時, 上述之生理指標可能較不敏感, 改變不大。也可能是二氧化碳的麻醉, 不一定會使魚類的血容積比、血紅素值、總蛋白量和血糖值等數值顯著上升。

滲透壓及氯離子值是本實驗中, 麻醉組與對照組

間唯一兩個有顯著差異的生理指標。一些麻醉劑^(23-24,26-30,32), 如 MS-222、Benzocaine 及 2-phenoxyethanol 等已被發現會影響鰓的通透性 (Permeability), 造成麻醉魚滲透壓及血漿中離子值的變化。由於海水魚的滲透壓及多項陰陽離子值均低於外界環境⁽³⁴⁾, 所以在鰓的通透性遭破壞時, 血中滲透壓應會上升。本實驗中, 麻醉組魚的滲透壓值即顯著高於對照組與以 2-phenoxyethanol⁽²⁸⁾麻醉黑鯛時的情形相同。

但在氯離子值方面, Bourne⁽³⁰⁾以 MS-222 麻醉三種海水比目魚, 卻得到三種不同結果, 麻醉組魚的氯離子值分別高於、等於及低於對照組。不同於滲透壓, 以碳酸氫鈉及硫酸麻醉後的黑鯛, 氯離子值卻顯著低於對照組。我們推測可能與血漿及紅血球間氯離子及碳酸氫根的調節有關。魚血漿中的二氧化碳, 主要以碳酸氫根的形式存在, 約佔 90-95%⁽³⁵⁾。血漿中的二氧化碳通常進入紅血球, 與水在碳酸去水酵素 (Carbonic anhydrase) 催化下形成碳酸, 再分解為碳酸氫根和氫根, 此即為血漿中碳酸氫根的主要來源⁽³⁵⁾。由於碳酸氫根帶負價, 不能進出細胞膜, 所以它利用紅血球細胞膜上碳酸氫根-氯離子交換蛋白質 (Bicarbonate-chloride carrier protein) 與血漿中氯離子交換⁽³⁵⁾。筆者等推想添加於水中之碳酸氫鈉及硫酸所產生的二氧化碳, 經過鰓進入血漿後, 亦是進入紅血球形成碳酸氫根, 再利用細胞膜上碳酸氫根-氯離子交換蛋白質將血漿中氯離子交換進去, 造成麻醉後黑鯛血漿內氯離子的減少。

Yoshikawa et al.⁽⁸⁾認為, 利用二氧化碳麻醉一些對於 pH 值下降過程中較敏感的魚類並不合適。然由上述黑鯛在碳酸氫鈉及硫酸中的麻醉狀況、存活率及麻醉後之各項生理指標的變化情形看來, 以添加碳酸氫鈉及酸來麻醉海水鯛類似有其可行性。此外, Prince et al.⁽¹⁴⁾提到, 以冰醋酸取代硫酸溶液時, 較有利於維持水中 pH 值, 而且在美國, 冰醋酸是一種被認為可添加於食用魚的抗寄生蟲劑 (Parasiticide)。因此, 或許今後可繼續朝改用它種酸類取代硫酸或是改變 pH 值等方向改進, 找尋一使魚類壓迫 (Stress) 最小的條件, 並嘗試將其應用在它種魚類及水生生物。

謝辭

承蒙本分所同仁林研究員明男與林副研究員世榮兩位先

生惠借儀器，國立臺灣大學動物學研究所博士候選人黃文彬先生及其他未具名審查者對本文內容及統計提供寶貴意見，特此致謝。

參考文獻

1. Itazawa, Y. and T. Takeda (1989) Anesthesia of fish I. Anesthesia and respiration 1. Fish. Res., **8**(2): 41-44. (in Japanese)
2. Summerfelt, R. C. and L. S. Smith (1990) Anesthesia, surgery, and related techniques. In Methods for Fish Biology, (R. C. Schreck and P. B. Moyle eds.). Am. Fish. Soc. Bethesda, U.S.A., 213-272.
3. Morton, W. E. (1990) Occupational phenoxyethanol neurotoxicity: A report of three cases. J. Occup. Med., **32**: 42-45.
4. Marking, L. L. and F. P. Meyer (1985) Are better anesthetics needed in fisheries. Fisheries, **10**(6): 2-5.
5. Mitsuda, H., K. Nakajima, H. Mizuno, F. Kawai and A. Yamamoto (1980) Effects of carbon dioxide on carp. J. Nutr. Sci. Vitaminol., **26**: 99-102.
6. Mitsuda, H., S. Ueno, H. Mizuno, T. Ueda, H. Fujikawa, T. Nohara and C. Fukada (1982) Levels of CO₂ in arterial blood of carp under carbon dioxide anesthesia. J. Nutr. Sci. Vitaminol., **28**: 35-39.
7. Takeda, T. and Y. Itazawa (1983) Possibility of applying anesthesia by carbon dioxide in the transportation of live fish. Nippon Suisan Gakkaishi, **49**: 725-731. (in Japanese with English abstract)
8. Yoshikawa, H., Y. Ishida, S. Ueno and H. Mitsuda (1988) Changes in depth of anesthesia of the carp anesthetized with a constant level of CO₂. Nippon Suisan Gakkaishi, **54**: 457-462.
9. Yoshikawa, H., Y. Ishida, S. Ueno and H. Mitsuda (1988) The use of sedation action of CO₂ for long-term anesthesia in carp. Nippon Suisan Gakkaishi, **54**: 545-551.
10. Yokoyama, Y., H. Yoshikawa, S. Ueno and H. Mitsuda (1989) Application of CO₂-anesthesia combined with low temperature for long-term anesthesia in carp. Nippon Suisan Gakkaishi, **54**: 457-462.
11. Booke, H. E., B. Hollender and G. Lutterbie (1978) Sodium bicarbonate, an inexpensive fish anesthetic for field use. Prog. Fish Cult., **40**: 11-13.
12. Post, G. (1979) Carbonic acid anesthesia for aquatic organisms. Prog. Fish Cult., **41**: 142-144.
13. Mishra, B. K., D. Kumar and R. Mishra (1983) Observation on the use of carbonic acid anesthesia in fish fry transport. Aquaculture, **32**: 405-408.
14. Prince, A. M., S. E. Low and T. J. Lissimore (1995) Sodium bicarbonate and acetic acid: An effective anesthetic for field use. N. Am. J. Fish. Manag., **15**: 170-172.
15. Schoettger, R. A. and A. M. Julian (1967) Efficacy of MS-222 as an anesthetic on four salmonids. U. S. Fish. Wildl. Serv. Invest. Fish. Control, **13**: 1-15.
16. Kirk, R. E. (1982) Experimental design, 2nd ed. Brooks/Cole Publishing Company, Pacific grove, U. S. A., 911 pp.
17. 陳建初 (1982) 氫離子濃度及 RpH. 水質分析, 九州圖書公司, 臺北, 42-50.
18. 許晉榮, 葉信利, 朱永桐, 丁雲源 (1994) 2-phenoxyethanol 對黃錫鯛的麻醉作用. 水產研究, **2**(2): 41-49.
19. Sylvester, J. R. (1975) Factors influencing the efficacy of MS-222 to striped mullet (*Mugil cephalus*). Aquaculture, **6**: 163-169.
20. Amend, D. F., B. A. Goven and D. G. Elliot (1982) Etomidate: Effective dosages for a new fish anesthetic. Trans. Am. Fish. Soc., **111**: 337-341.
21. Houston, A. H. and J. T. Corlett (1976) Specimen weight and MS-222. J. Fish. Res. Bd. Can., **33**: 1403-1407.
22. Oikawa, S., T. Takeda and Y. Itazawa (1994) Scale effects of MS-222 on a marine teleost, porgy *Pagrus major*. Aquaculture, **121**: 369-379.
23. Houston, A. H., J. A. Madden, R. J. Woods and H. M. Miles (1971) Some physiological effects of handling and tricaine methanesulphonate anesthetization upon the brook trout, *Salvelinus fontinalis*. J. Fish. Res. Bd. Can., **28**: 625-633.
24. Soivio, A., A. Nyholm and M. Huhti (1977) Effects of anesthesia with MS-222 and benzocaine on the blood constituents of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. J. Fish. Biol., **10**: 91-101.
25. Reinitiz, G. L. and J. Rix (1977) Effects of tricaine

- methanesulfonate (MS-222) on hematocrit values in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Comp. Biochem. Physiol.*, **56C**: 115-116.
26. Ferreria, J. T., G. L. Smith and H. J. Schoonbee (1981) Haematological evaluation of the anesthetic benzocaine hydrochloride in the freshwater fish *Cyprinus carpio* L. *J. Fish Biol.*, **18**: 291-197.
27. Hunn, J. B. and I. E. Greer (1991) Influence of sampling on the blood chemistry of Atlantic salmon. *Prog. Fish Cult.*, **53**: 184-187.
28. Hseu, J. R., S. L. Yeh, Y. T. Chu and Y. Y. Ting (1996) Effects of anesthesia with 2-phenoxyethanol on the hematological parameters of four species of marine teleosts. *J. Fish. Soc. Taiwan*, **23**: (in press).
29. Houston, A. H., J. A. Madden, R. J. Woods and H. M. Miles (1971) Variation in the blood and tissue chemistry of brook trout, *Salvelinus fontinalis*, subsequent to handling, anesthesia, and surgery. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **28**: 635-642.
30. Bourne, P. K. (1984) The use of MS 222 (Tricaine methanesulphonate) as an anesthetic for routine blood sampling in three species of marine teleosts. *Aquaculture*, **36**: 313-321.
31. Thomas, P. and L. Roberston (1991) Plasma cortisol and glucose stress responses of red drum (*Sciaenops ocellatus*) to handling and swallow water stressors and anesthesia with MS-222, quinaldine sulfate and metomidate. *Aquaculture*, **96**: 69-81.
32. Smith, G. L., J. Hattingh and A. Burger (1979) Haematological assessment of the anaesthetic MS 222 in natural and neutralized form in three freshwater fishes species: interspecies differences. *J. Fish. Biol.*, **15**: 633-643.
33. Iwama, G. K., J. C. McGeer and M. P. Pawluk (1989) The effects of five anesthetics on acid-base balance, hematocrit, blood gases, cortisol, and adrenaline in rainbow trout. *Can. J. Zool.*, **67**: 2065-2073.
34. Evans, D. H. (1993) Osmotic and ionic regulation. *In* The Physiology of Fish, (D. H. Evans ed.). CRC press. Boca Raton, 315-341.
35. Perry, S. F. (1986) Carbon dioxide excretion in fishes. *Can. J. Zool.*, **64**: 565-572.

Jinn-Rong Hseu, Shinn-Lih Yeh, Yeong-Torng Chu
and Yun-Yuan Ting

Tainan Branch, Taiwan Fisheries Research Institute,
Chicu, Tainan 724, Taiwan.

(Accepted 27 August 1995)



Application of Sodium Bicarbonate and Sulfuric Acid for Anesthetization of Black Porgy *Acanthopagrus schlegeli*

Abstract

We mixed both solutions of sodium bicarbonate (NaHCO_3) and sulfuric acid (H_2SO_4) in sea water to try to anesthetize black porgy *Acanthopagrus schlegeli*. The results indicated that the anesthetic induction time was correlated positively with body size and negatively with the concentration of NaHCO_3 and H_2SO_4 . But only the concentration influenced the recovery time. 675 ppm NaHCO_3 mixed with 395 ppm H_2SO_4 might be suitable to anesthetize black porgy because the induction time and the recovery time of most of the fish were less than 6 minutes at this concentration. No fish died during anesthetization and 5 days thereafter. Thus, this technique should be effective and safe for anesthetization of black porgy.

We also examined the changes of the physiological parameters of black porgy after anesthetization by 675 ppm NaHCO_3 mixed with 395 ppm H_2SO_4 . The values of hematocrit, hemoglobin, plasma glucose, and total plasma protein were not significantly different between the anesthesia and the control groups. While the plasma chloride ion concentration decreased significantly and the osmolarity increased significantly after anesthetization.

Key words: Sodium bicarbonate, Sulfuric acid, Anesthesia, Black porgy, Physiological parameters