

B. 小児心疾患の診断・治療・管理に関する各個研究

B-I 運動負荷への反応

B-1-1(a) 健康小児(中学生)の 水泳中の心電図変化

金沢医科大学小児科学教室

浅井利男

〔緒言〕

今日、スポーツは健康管理の一つとして日常生活に取り入れられ、各種のスポーツ教室などに通っている人口が増加している。この傾向は成人ばかりでなく小児でも見られ、小児科臨床医としてこの現象を無視出来る状況でなくなっている。著者らは、小児循環器を専門とする立場から、小児のスポーツの日常生活への導入により生ずる諸問題として、解決しなければならない問題が多数ある。具体的には、第1に不整脈児、先天性心疾患児、先天性心疾患術後児などの小児心疾患児のスポーツへの参加の限界と安全性の確立、第2にはスポーツ中の心性突然死の原因究明と防止、第3にはスポーツを行なっている健康小児の健康管理などがある。中でも最も悲劇的な突然死を統計的にみると、全国で年間100~150人の児童・生徒が学校内で突然死しており、突然死を起こした場所をみると、約25%の児が水泳中であつた。

このような現状の中で著者らは、これまでほとんど臨床医学的に研究されたことのない水泳中の循環動態の解明と、心疾患児の管理の確立に注目し、研究を開始した。今回は、これらの研究の基礎的研究として、健康小児(中学生)の心電図変化を中心に検討したので報告する。

〔対象および方法〕

対象は、本研究に共鳴して協力してくれた中学1年生(全例男子)40人である。対象者は水泳中

の心電図記録をする時点で特に病的訴えもなく、内科的検診でも特記すべき異常はなかつた。

心電図記録時の外界条件は外温29~31.5℃で、水温は27~28℃のプールで行つた。

方法としては、著者らが開発し、フクダ電子株式会社より市販されるようになったテレメーター方式の水泳中心電図記録装置を用いて行なつた。

心電図の記録は、まず始めに、安静時12誘導心電図、マスターダブル運動負荷心電図検査、バルサルバ洞試験検査を行ない、被検者に飛び込みをしてもらい、次いで出来るだけの潜水をしてもらつた。その後安静時心拍数にもどつた時点で、本人が出来る最大のスピードで平泳ぎにて水泳をもらい、各々の状態での心電図を連続的に記録し、不整脈出現の有無を検討した。

〔結果〕

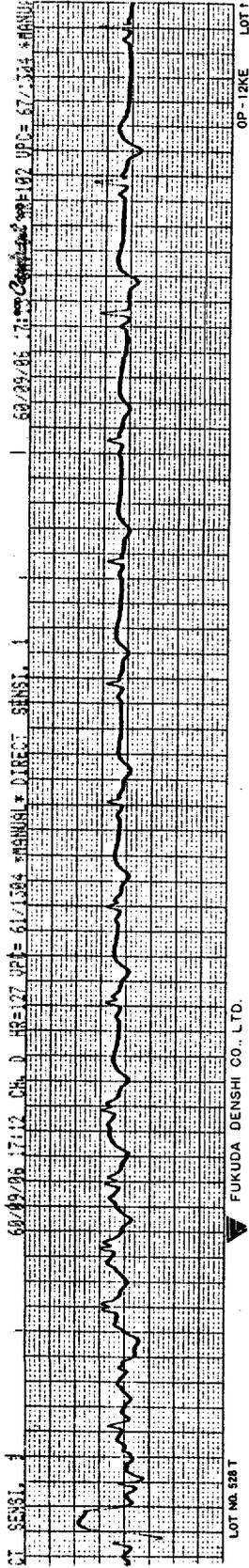
対象40人では、安静時心電図、マスターダブル運動負荷心電図、バルサルバ試験検査で不整脈の認められた例は1例もなかつた。飛び込み時に不整脈の認められた例もなかつた。潜水中では、2.8秒間の心停止が見られた例、心室性期外収縮の出現した例の2例に不整脈をみ、潜水後では、心室性期外収縮が1例みられた。

水泳中の心電図で不整脈がみられた例は、40人中5人(12.5%)であつた。5人中4人までが心室性期外収縮で、残る1人は第1度房室ブロック例であつた。これら不整脈を認めた例では、地上でのジャンプ運動負荷心電図では不整脈はみられなかつた。不整脈を呈した代表的症例を図1~3に示す。

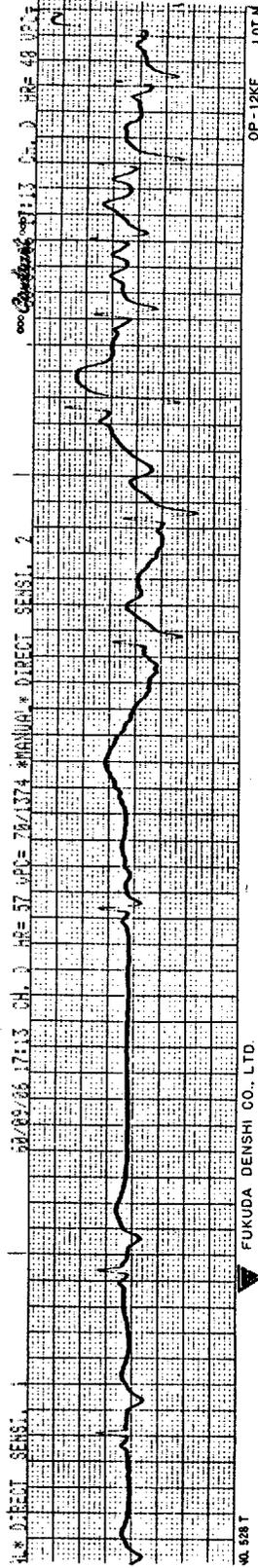
〔考 按〕

水泳、潜水中の循環動態については、これまでも数多くの知見が報告^{1),2)}されている。しかし、

(著しい徐脈を認めためた例)



潜水開始

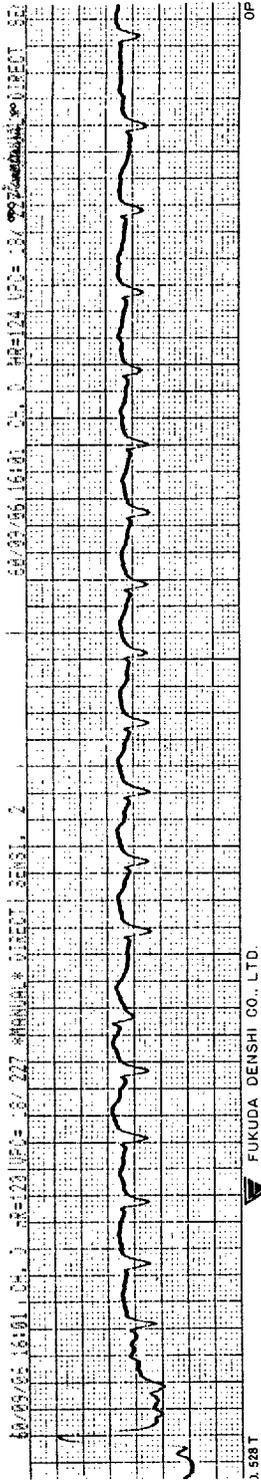


潜水終了

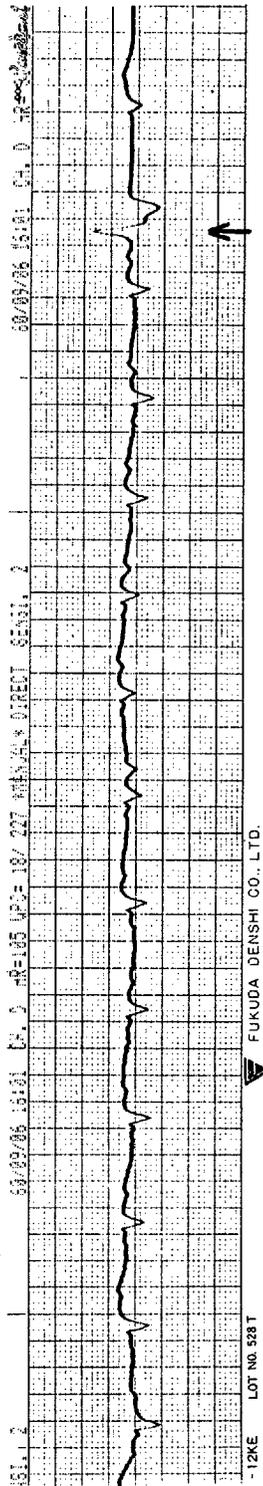
中学1年生 男子

図1 潜水中の心電図

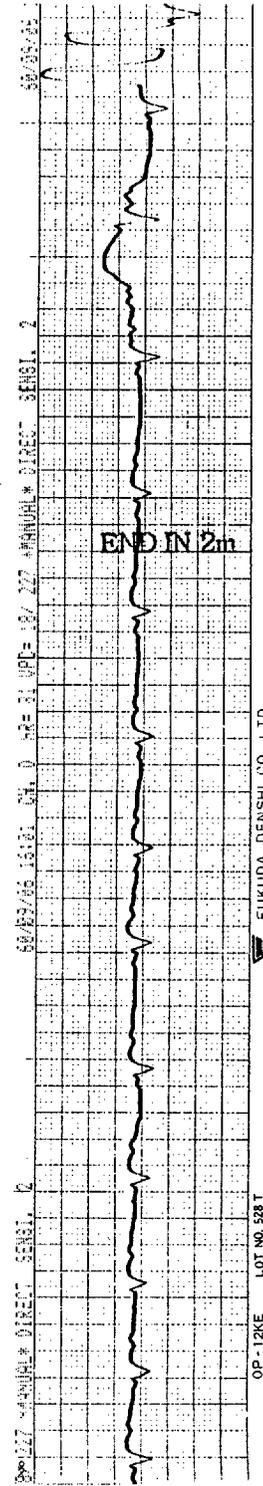
(期外収縮を認めたと例)



潜水開始



↑



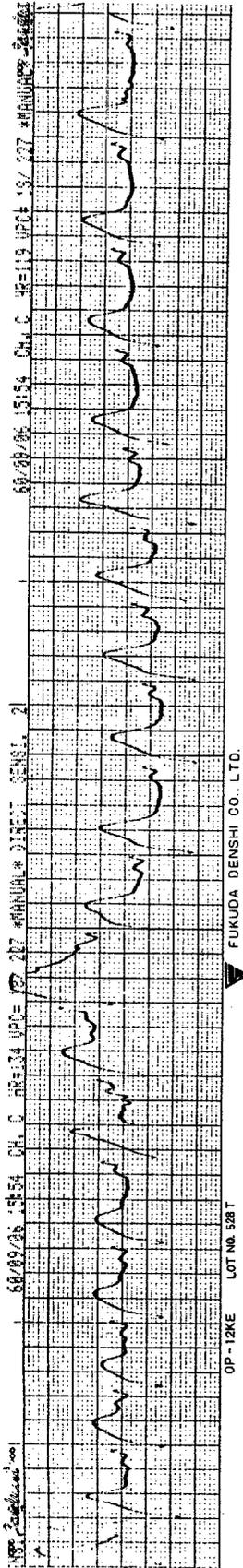
潜水終了

↑心室性期外収縮

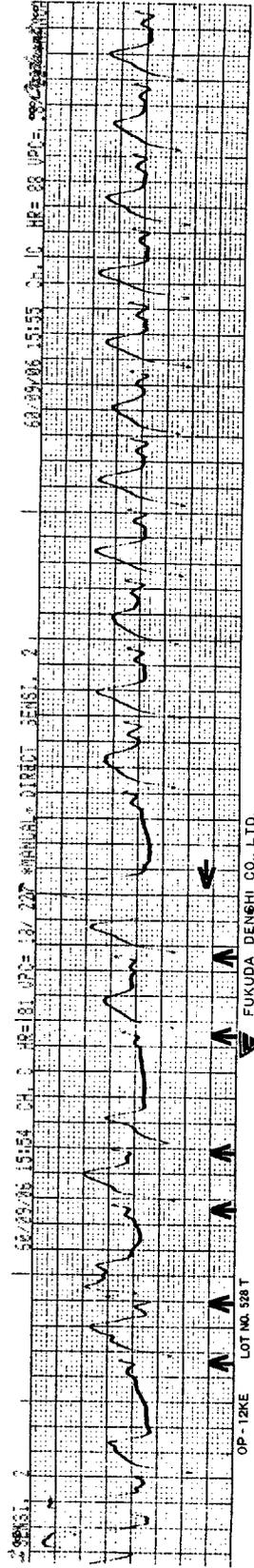
中学1年生 男子

図2 潜水中の心電図

(潜水後に不整脈の認められた例)



潜水開始



潜水終了

↑ 上室性期外収縮様の見
→ 心室性期外収縮

中学1年生 男子

図3 潜水中の心電図

いずれの報告も真珠とり、水泳選手など特殊な対象をしたものであり、多数の健常小児を対象としたものは、手元の文献で調べた範囲ではなかった。今回の報告は世界で最初と思われる。

まず始めに潜水中の不整脈である。Scholanderら¹⁾は心室性期外収縮成人例、Idioventricular Rythmus 成人例を報告している。著者らの今回の成績でも、健常小児でも成人同様の不整脈がみられたことは新知見である。

水泳中の心電図では、今回の対象では5例、12.5%と高頻度の不整脈があったが、数多く行なえば、より危険性の高い不整脈児がいることが予想された。

水泳中の心電図変化を検討したが、臨床医学的には、健康小児の内にも水泳や潜水がかなり危険と思われる小児がいる可能性のあることが判明した。このようなことより、今後水泳などを行なう小児は、水泳中の心電図を記録し、健康管理する必要性が明らかになり、そのシステム作りの必要が明らかになった。

〔結 語〕

水泳中の心電図変化について、40人の中学生を対象に検討したところ、健常小児にても水泳中のみ不整脈を呈する児のいることが判明し報告した。

§ 文 献

1) Scholander, P. F. et al.: Circulatory adjustment in pearl diver. *J. Appl. Physiol.*, **25**: 28-35, 1962.

2) Holmer, I.: Oxygen uptake during swimming in man. *J. Appl. Physiol.* **33**: 502-509, 1972.

B-1-(b) 健康中学生の水泳中の不整脈について

名古屋大学医学部小児科学教室

長嶋 正実, 石川 秀樹,
長谷川 誠, 浅井 俊行,
大岩 寿子

愛知県で過去15年間に14名の学童が学校管理下の水泳中に死亡しており、その数は無視できない。しかし、その死亡原因や予防に関する究明は、ほとんど行なわれていないのが現状である。

最近、浅井らにより水泳中の心電図記録装置が開発され²⁾、水泳中の心電図変化に関する報告も散見されるようになってきた。しかし、健康小児の水泳中の血行動態や不整脈の研究はほとんど見られない。今回著者らは、健康中学生を対象に、水泳中の心電図記録を実施したところ、予想以上に種々の不整脈の出現がみられたので報告する。

〔対象および方法〕

名古屋市K中学校の健康な中学校1年生を4クラスより40名抽出した。健康な中学生とは、日常生活で種々の疾患を疑わせる症状や愁訴がなく、先天性心疾患、後天性心疾患、不整脈などの既往がないものとした。

全員中学校入学時の心臓検診(アンケート、校医聴診、省略四誘導心電図)では異常を指摘されていない。

電極および送信器の防水、固定は浅井らの方法に準じ実施し²⁾、心電図誘導部位はNASA誘導とした。

心電図記録は、名古屋市K中学校25mプールで実施した。

19名(男9名、女10名)は、1985年8月3日午前10時より12時の間に行った。天気は晴、気温3℃、水温30℃であった。

21名(男7名、女14名)は、その1週間後の8月10日同時刻に行い、天気は晴ときどき曇り、気温34℃、水温29℃であった。

記録方法は下記のものであった。

表1 心電図異常のみられた症例とその内容

1. T.K.	男	心室性期外収縮 3	潜水終了直後
2. K.H.	男	1度房室ブロック 2	潜水中
		上室性期外収縮 1	潜水終了直後
3. A.N.	男	心室性期外収縮 1	潜水終了直後
4. K.Y.	女	心室性期外収縮 1	ジョギング中
		結節調律 1	潜水中
5. M.Y.	女	心室性期外収縮 1	潜水終了直後
6. Y.S.	女	上室性期外収縮 1	潜水中
7. S.T.	男	心室性期外収縮 1	潜水終了直後
8. K.O.	男	心室性期外収縮 1	プール入水時
9. Y.T.	男	上室性期外収縮 1	潜水終了直後
10. E.K.	女	上室性期外収縮 2	潜水終了直後
		心室性期外収縮 1	潜水終了後6秒
		上室性期外収縮 3	顔面浸水直後
		心室性期外収縮 1	顔面浸水後4秒
11. T.H.	女	心停止(3.6秒&3.0秒) 2	潜水終了直前
		上室性期外収縮 1	潜水終了直後
12. T.I.	女	心室性期外収縮 1	潜水終了後3秒
13. K.N.	女	2度房室ブロック(ウェンケバッハ) 2	潜水中 顔面浸水中
		心室性期外収縮(二連発) 1	潜水終了直後
14. M.T.	女	上室性期外収縮 3	潜水終了直後
15. N.W.	女	心室性期外収縮 1	潜水終了直後
		1度房室ブロック 1	顔面浸水中
16. S.H.	女	心室性期外収縮 2	水泳中
17. K.H.	男	2度房室ブロック(ウェンケバッハ) 1	潜水中
18. D.W.	男	心室性期外収縮(二段脈) 3	顔面浸水後6秒
19. Y.H.	男	上室性期外収縮 1	潜水終了直後
20. N.H.	男	2度房室ブロック(ウェンケバッハ) 2	潜水中
		結節調律 1	顔面浸水中
21. Y.N.	女	結節調律 1	顔面浸水中
		上室性期外収縮 1	顔面浸水後3秒

表2 運動別不整脈発現頻度

	ジョギング	潜水		水泳中	顔面浸水
		中	直後		
心室性期外収縮	1	0	8	1	2
二連発	0	0	1	0	0
二段脈	0	0	0	0	1
上室性期外収縮	0	1	5	0	3
1度房室ブロック	0	1	0	0	1
2度房室ブロック	0	3	0	0	1
結節調律	0	1	0	0	2
心停止	0	2	0	0	0

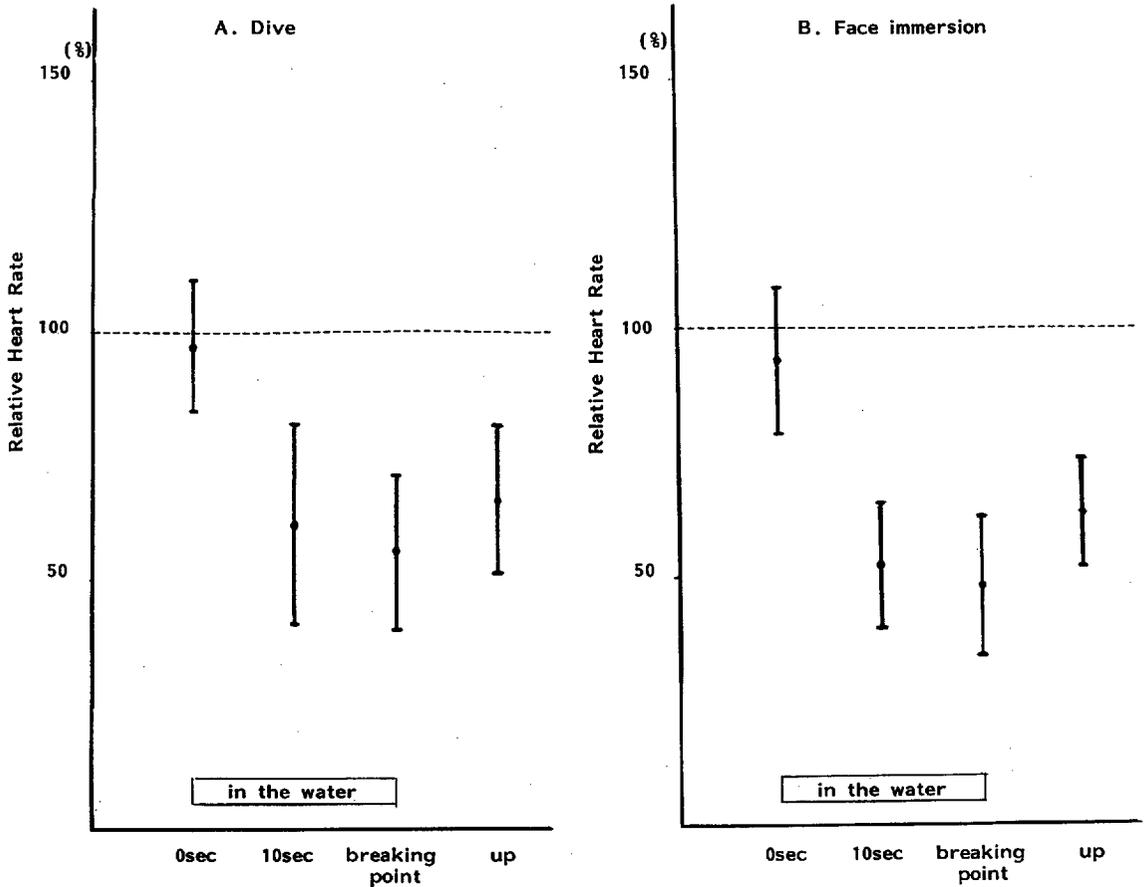


図1 潜水および顔面浸水による心拍数の変動

- ① 電極装着後、安静立位1分間。
- ② シャワーを全身で浴びる。
- ③ プール一周(約80m)をジョギング。
- ④ 足からゆっくりプールに入った後、可能な限り長時間潜水を2回くり返す。(約1mの場所なるべく深く潜水するように指導した。)
- ⑤ 水からでた後、顔面より飛び込み。
- ⑥ 平泳ぎ25m, ターンしてクロール25mを続けて行った。(泳げない場合は水の中で休憩させたものもある)
- ⑦ 再びプールから出て、プールの水温とほぼ同じ水温の水を入れた洗面器で可能な限り長時間顔面浸水させた。
- ⑧ 安静立位1分間。

ただし、8月3日の記録は④の潜水を1回だけ行い、また⑦の顔面浸水は行っていない。

〔結果〕

全記録を通じて認められた所見は、著明な心拍数の変化と不整脈の出現に大別できる。

(i) 潜水性徐脈

心拍数が大きく変化したのは潜水時と顔面浸水時で、共に著明な徐脈化を呈しており、いわゆる潜水性徐脈が認められた。

図1は、8月10日の21名における2回の潜水時と顔面浸水時における潜水または顔面浸水直後、開始後10秒、終了直前(息ごらえ限界点、breaking point)、終了直後の各々の心拍数を直前の心拍数に対する%で表わしたものである。心拍数の測定は連続3心拍の平均で行った。

潜水時間は、平均 13.8 ± 6.3 秒(最大38.0秒、最小8.0秒)、顔面浸水時間は 15.4 ± 6.0 秒(最大29.5秒、最小6.2秒)であった。

潜水時、顔面浸水時とも全例で徐脈化が認められており、両者で同時点での心拍数に有意の差は

第2回潜水終了直後

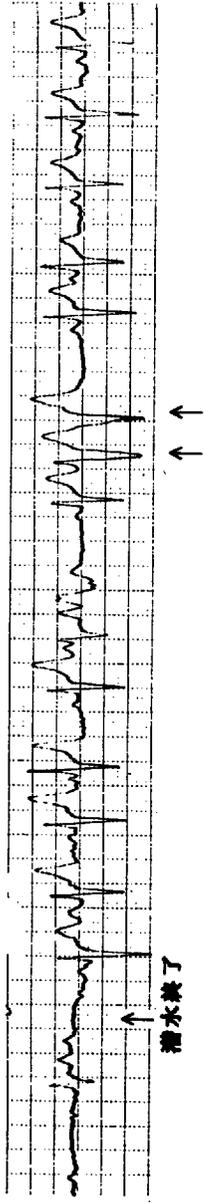


図2 症例13

上段 心室性期外収縮の二連発
下段 ウェンケバツハ型2度房室ブロック

顔面浸水時



顔面浸水時

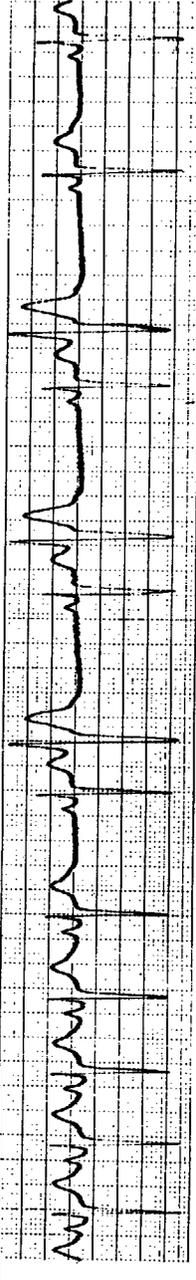


図3 症例18

心室性期外収縮の二段脈

第2回潜水終了直前

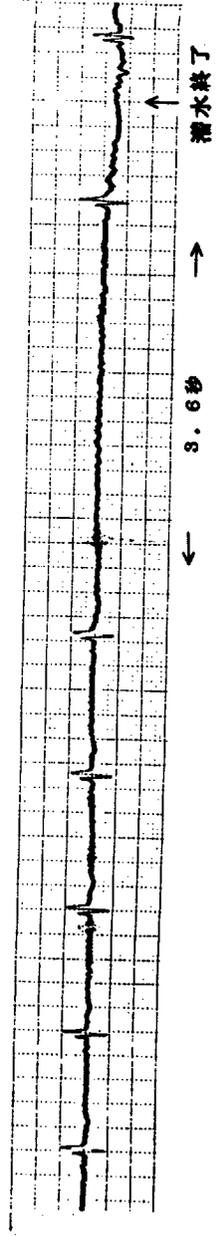


図4 症例11

3.6秒の心室停止

表3 二症例の再検査結果

	ホルター心電図	トリプルマスター 二階段負荷心電図	顔面浸水 (室温25°C, 水温26°C)
症例11 T.H.	心拍数 最大 120 最小 58 著明な徐脈 なし 不整脈 なし 著明な呼吸性不整脈 なし	S.T. 変化 なし 不整脈 なし	心拍数 (第1回目) 108→51 (浸水時間17.4秒) (第2回目) 97→56 (浸水時間35.6秒) 不整脈 なし
症例13 K.N.	心拍数 最大 107 最小 58 著明な徐脈 なし 2度房室ブロック (夜間に多い)	S.T. 変化 なし 不整脈 なし	心拍数 (第1回目) 115→50 (浸水時間34.6秒) (第2回目) 94→53 (浸水時間34.8秒) 不整脈 なし

なく、図に示すように類似の反応を示していた。同一症例では潜水、浸水中に時間の経過とともに徐脈化は進行し、終了直前で最も心拍数は減少していた。

しかし、心拍数の変化を個々に詳細に検討してみると、変化のパターンは個人差が大きい。

潜水時、心拍数の減少が最大の例では、75%減少、すなわち心拍数 118→30 と著明な減少が認められた(潜水時間12秒)。また潜水時間が25秒にもおよぶのに30%の減少(90→63)しかみられない例もあった。顔面浸水時も同様で、69%減少から20%減少まで種々の反応がみられた。

また、症例によっては潜水、浸水直後よりすぐ徐脈になるものと、ゆっくり徐脈化していくものもあり、潜水性徐脈も種々のタイプがあることが予想された。

なお、シャワーを浴びた時やプールへ飛び込んだ時には心拍数に著明な変化はなく、また水泳中も心拍数の増加はあっても減少は認められなかった。

(2) 不整脈

40例中何らかの不整脈が出現していたものは21例であった。心室性期外収縮が最も多く12例に認められたが、潜水終了直後に二連発を呈した例(症例13)と、顔面浸水後6秒で二段脈を呈した

例(症例18)が含まれている。しかし他のほとんどが散発性であった。出現時期別に分けるとジョギング中1例、水泳中1例、潜水終了後8例、顔面浸水中～直後2例となっていた。

上室性期外収縮は8例に認められ、すべて散発性で、潜水中1例、潜水直後5例、顔面浸水後3例に見られた。

その他、1度房室ブロック2例、ヴェンケバッハ型2度房室ブロックが潜水中3例、顔面潜水中に1例に出現した。また、結節律は3例に出現し、潜水中1例、顔面浸水時2例であった。

前述の潜水時最も心拍数の減少した例は、1回目の潜水終了直後に3.0秒(潜水時間12秒)、2回目も同時刻に3.6秒の長い心停止があった。

このように、不整脈の大部分は潜水中または直後や顔面浸水時に集中する傾向があった。

(3) 再検討をした症例

3.6秒の心停止を呈した症例11と、二連発心室性期外収縮を呈した症例13について、その重篤性より再度下記の記録を2週後に試みた。

- ① 24時間ホルター心電図
- ② トリプルマスター二階段負荷心電図
- ③ 顔面侵入

症例11ではホルター心電図で24時間正常洞調律であり、著明な徐脈や洞性不整脈はなく、また他

の不整脈は認められなかった。また負荷心電図も正常範囲内で、顔面浸水時にも前回同様、著明な徐脈化がみられたが、長い心停止や不整脈はなかった。

症例13もホルター心電図では心室性期外収縮は全く出現しなかったが、夜間を主にする2度房室ブロックが頻回に認められた。負荷心電図、顔面浸水時では不整脈を認めなかった。

なお、この二つの症例に心エコー図検査を施行したが、特に異常はなかった。

〔考 案〕

日常生活や運動中などには出現しない種々の不整脈が、水中という特殊な環境下では出現しやすいことが今回の結果より判明した。しかも対象が健康の小児であった点が興味深い。現在までの報告をみると、水泳中の徐脈に関するものが多い^{3)~7)}。その徐脈化の機序に関しては、①息ごらえによる副交感神経系への刺激、②顔面の冷感受容体への刺激、③圧受容体への刺激などが考えられ、これが複合した形で生体に影響を及ぼすと考えられる。この反応は個体には常に一定ではなく、疲労時に一層副交感神経系の反応が強く、徐脈化傾向も強くあらわれるようである。

また、水泳中の不整脈の検討は少ないが、Jakopinらが20~35歳のよく鍛えられたダイバーを水泳させて心電図記録をした報告をしている⁸⁾。それによると、上室性期外収縮を58%に、また上室性頻拍を16%に、心室性期外収縮を80%に、多源性心室性期外収縮または心室性頻拍を37%に認めたと述べており、著者らの報告よりさらにその出現頻度、重症度とも高い。これは年齢の差か、練習量の差か、種々の水泳条件の差によるものか不明である。しかし、不整脈の出現時期が、著者らと同じように潜水終了直前または直後であることが興味深い。いずれにせよ、不整脈の出現頻度は陸上より高いことは事実であろう。

水泳中の死亡と水泳中の徐脈、不整脈が直接関連するという結論はさげなければならないが、今後症例数を重ね検討すべき課題であろう。

§ 文 献

- 1) 浅井利夫, 森田正人, 粟倉 真: 水泳中の心電図変化に関する研究—特に心電図記録装置について—。日小循環誌, 1: 28-34, 1985.
- 2) 小宮秀一, 藤野武彦, 近藤佳子, 石川雄二: 水泳中の心電図記録装置の試作と応用—とくに、心拍数の測定について—。健康科学, 7: 29-33, 1985.
- 3) 山地啓司, 中口正広, 西田康弘: 顔を水につけた時の水温に対する心拍数と息こらえ時間の反応。富山大学教育学部紀要, 33: 13-18, 1985.
- 4) Dicker, S. D., Lofthus, G. K., Thornton, N. W., Brooks, G. A.: Respiratory and heart rate responses to tethered controlled frequency breathing swimming. *Medicine and science in sports and exercise*, 12: 20-23, 1980.
- 5) Moore, T. O., Lin, Y. C., Lally D.A., Hong, S. K.: Effects of temperature, immersion, and ambient pressure on human apneic bradycardia. *J. Appl. Physiol.*, 33: 36-41, 1972.
- 6) Heiatad, D. D., Abboud, F. M., Eckstein, J. W.: Vasoconstrictor response to simulated diving in man. *J. Appl. Physiol.*, 25: 542-549, 1968.
- 7) 芝山正治, 真野善洋, 石山 明, 高橋茂樹, 土井庸正, 大串貫太郎, 柏倉章男, 高野尚志, 黒岩京子, 前田 博: 潜水者の心拍数からみた運動強度。日高圧医誌, 19: 129-131, 1984.
- 8) Jakopin, J., Rakovec, P.: Heart rate and rhythm during underwater swimming. *Boll. Soc. Ital. Cardiol. Cardiologia*, 27: 205-210, 1982.

B-1-(c) ファロー四徴術後患児の 心室性不整脈

— Face Immersion Test による検討 —

慶應義塾大学医学部小児科学教室

若林 良, 小佐野 満

〔緒 言〕

近年ファロー四徴術後患児の遠隔期突然死の原因として、致死的不整脈の発現が最も有力視されるようになり¹⁾, その危険因子として、これら術後患児にみられる心室性期外収縮 (PVC) が注目されている²⁾。殊に、ストレス負荷時に誘発・悪化がみられる PVC については、Stress-Induced Ventricular Arrhythmia として、術後管理上、運動規制や抗不整脈剤投与が勧められている³⁾。

一般にストレスは、運動負荷時のように交感神経系緊張によりもたらされるが、潜水時や冷水浴時のように迷走神経緊張時に誘発される PVC も稀ではなく、致死的不整脈誘発によるとみられる潜水時や冷水浴時の突然死、突然死ニアミス例の報告も見うけられる^{4) 5) 6)}。

そこで今回我々とは、ファロー4徴術後患児の Face Immersion 時の心電図変化に注目し、術後患児と健常対照児における、迷走神経刺激に対する循環反応の差を検討することにより、これら術後患児の不整脈誘発 risk を、新たな観点から検討した。

〔対象と方法〕

術後群は、当院および関連病院で心内修復手術を施行し、心臓カテーテル検査および運動負荷検査によって術後評価がなされているファロー四徴術後患児20例である。年齢は6歳から19歳、平均 12.1 ± 3.7 歳。平均 4.0 ± 2.3 歳で手術を受け、術後平均 8.1 ± 3.5 年を経過している。運動負荷時に PVC をみとめた児が10例あった。いずれも心臓カテーテル検査では、血行動態上問題となる遺残病変をみとめず、運動能力もほぼ正常と考えられた。

健常対照群は、性・年齢を術後群と対応させたボランティア児20例で、安静時および運動負荷時心電図で PVC をみとめた者はいなかった。

全員に、4℃の冷水に顔面を浸け、30秒を目標に耐えられるだけ長く息こらえをするという Cold Water Face Immersion Test を行った。検査中の心電図は標準12誘導または CM₅ 誘導で、負荷開始前5秒から負荷終了後15秒まで連続記録し、5秒おきに心拍数、R波高、T波高、QT間隔を計測した。

負荷中、負荷後の不整脈、殊に PVC 発現の有無を確認した。また、顔面を冷水に浸けていた時間 (耐容時間) を測定した。

〔結 果〕

Face Immersion の結果、被験者全員に例外なく Diving Bradycardia として知られる徐脈が見られた^{7) 8)}。代表例を図1に示したが、同図の圧縮心電図でみとめられるR波、T波の増高も殆どの症例にみとめられる特徴的変化であった。負荷開始直後を100%とした心拍数、R波高、T波高の変化は、図2・図3に示すように、術後群・健常対照群とも平均的には、ほぼ類似した曲線をえがいた。

ただし、両群の耐容時間については、術後群において有意に短く、15秒以後負荷を続けた術後症例数は急速に減少していた (図4)。これが負荷開始後15秒まで一致していた両群の変化曲線が、それ以後解離する一つの原因となっていた。QT間隔は実測上、徐脈時に僅かに延長したが、QTcではむしろ短縮がみられ、術後群・健常対照群ともこの傾向に差はなかった (図5)。負荷中、負荷後の不整脈誘発については、術後群で6例 (PVC 3例, PAC 2例, 房室解離1例)、健常対照群で5例 (PVC 2例, PAC 1例, 房室解離2例) を確認した (図6・図7)。

術後群の PVC 誘発例については、3例全例が、運動負荷時、既に PVC を指摘されていた。即ち、従来の検査で PVC を指摘されたことのない健常児2例において、Face Immersion による PVC 誘発がみられたが、術後群では新たな PVC 症例

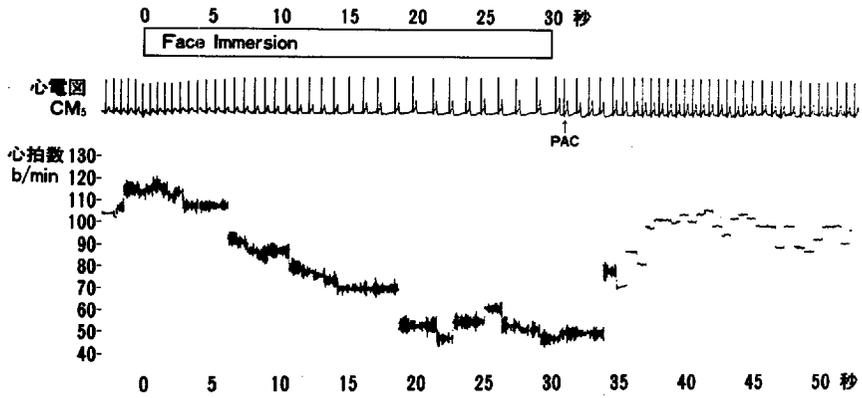


図1 J. T. 9歳 女児 Face Immersion 時の心拍・心電図変化

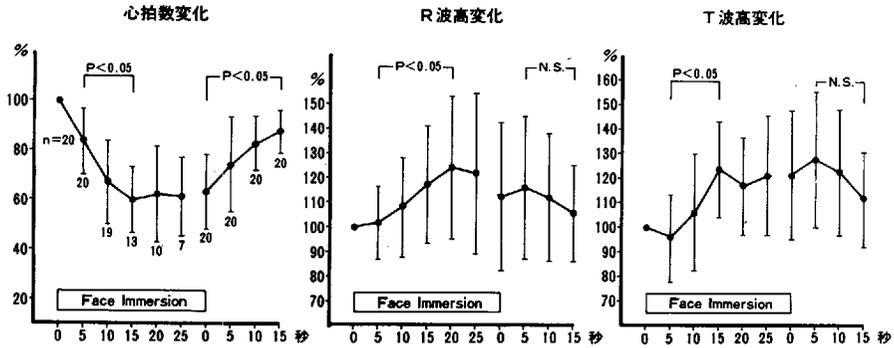


図2 ファロー四徴術後群の心拍数、心電図・波高変化
Face Immersion 開始時を100%とした変化

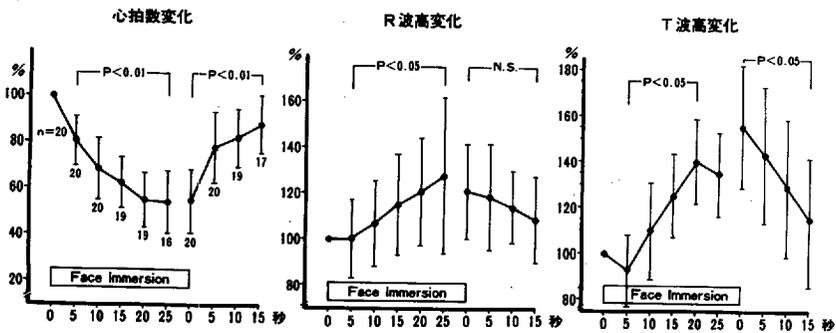


図3 健常対照群の心拍数、心電図・波高変化
Face Immersion 開始時を100%とした変化

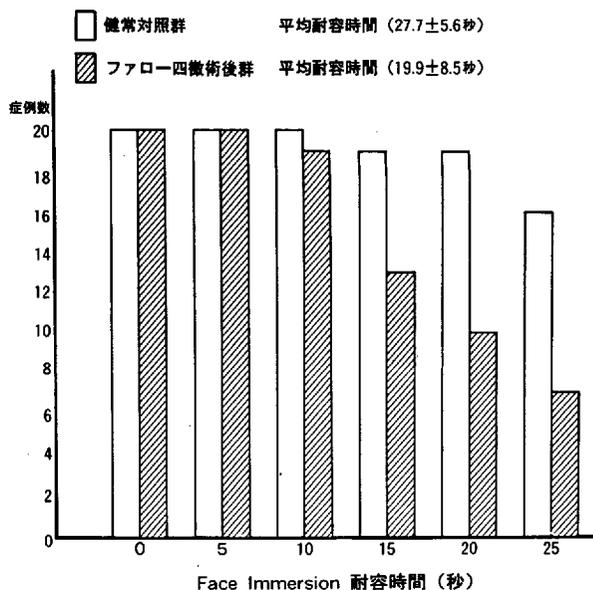


図4 Face Immersion 遂行可能症例数の比較

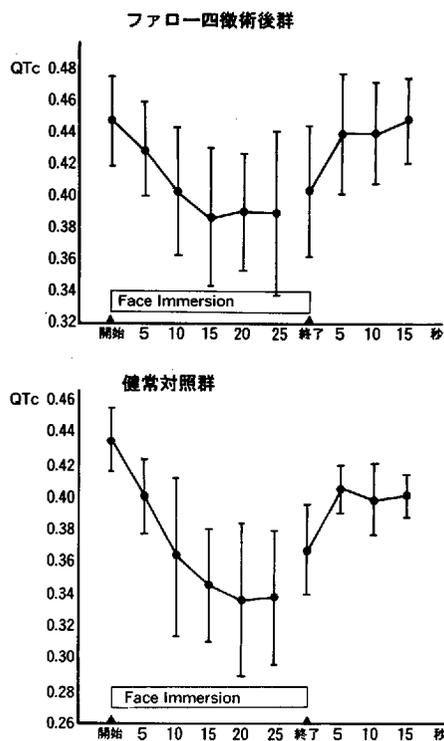


図5 Face Immersion による QTc の変化

の検出はなかったわけである。また、術後群において観察されたPVCは、運動負荷検査時に観察されていたPVCと比較してLown分類上も差がなかった。

〔考 按〕

ファロー四徴術後患児の管理上、心室性不整脈と突然死の関連が注目されるようになり¹⁾²⁾、血行動態異常の遺残の有無に拘らず、心室性不整脈

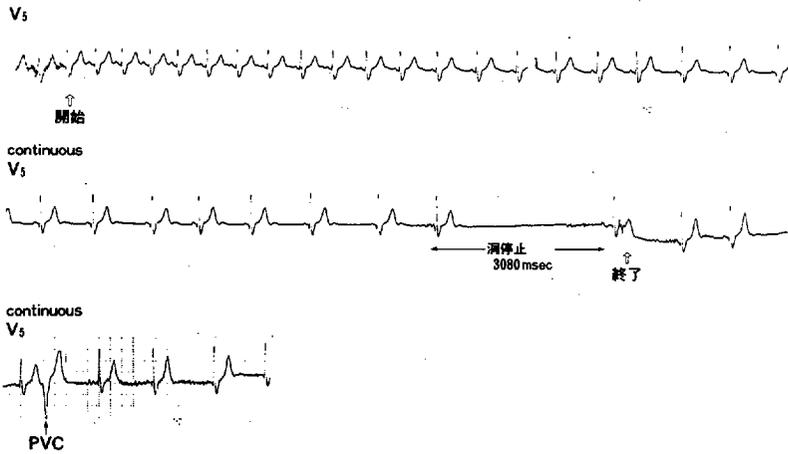


図6 M. H. 12歳 男児 ファロー四徴術後10年
Face Immersion による洞停止と間入性心室性期外収縮誘発

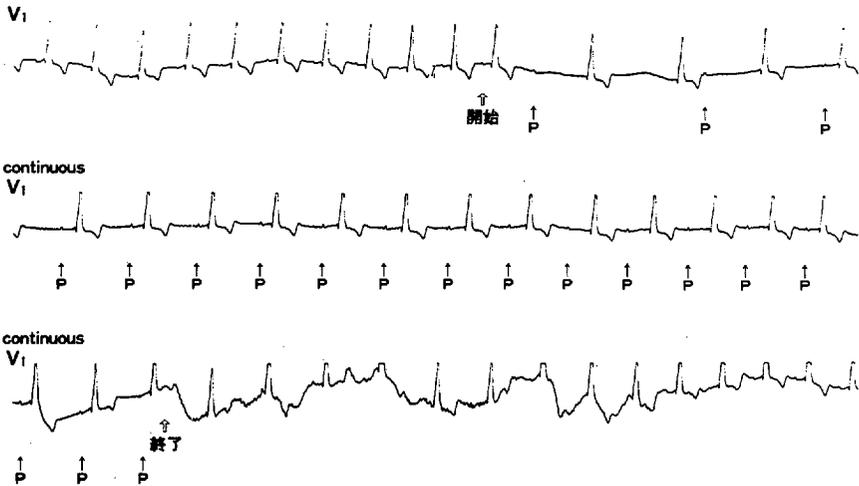


図7 M. S. 13歳 女児 ファロー四徴術後8年
Face Immersion による房室解離

のみとめられる術後患児では、致死的不整脈を誘発するおそれのある有害な負荷を防ぐような生活指導が必要と考えられている。その一例として、運動制限が設けられているが、一概に有害な負荷といっても、運動のように、心拍数増加をもたらす交感神経緊張型のものに限らず、潜水、飛び込み等、徐脈をもたらす迷走神経緊張型の負荷でも、心室性不整脈が誘発されることが知られている⁵⁾⁹⁾。したがって、迷走神経刺激時のファロー四徴術後患児の循環反応について知ることは、更に適切な術後管理に役だつと考えられる。

迷走神経刺激には、Carotid Sinus Massage

Ashner 法、Valsalva 法等多くの方法が知られているが、寒冷刺激・息こらえ・迷路反射等が相乗的に作用する Cold Water Face Immersion は、確実な迷走神経反射をひきおこし、安全性も確認されていることから、発作性上室性頻拍 (PAT) の治療法として、臨床的に応用されている¹⁰⁾。今回我々の施行した Face Immersion Test は、成人における PAT 治療の際用いられる冷水温度と負荷時間をそのまま応用したが、今後検査法の標準化が必要と考える。

ファロー四徴術後患児群では、健常対照群と比較して、耐容時間が有意に短かったが、年齢分布

に両群の差がないことから、水慣れの有無、不安感の有無等、両群の生活体験に基づく心理的な差異が主因と思われる。

耐容時間の差を補正すると、術後群と対照群はほぼ同一の心拍数変化曲線上に分布し、術後群が対照群に比較して、特に交感神経あるいは迷走神経緊張の優位状態にあるものではないことが覗える。

心電図のR波高、T波高およびQTcは、術後群の大多数が完全右脚ブロック波形を呈するため、対照群との単純比較は意味がないが、その時間的変動をみると両群間で同傾向を示し、迷走神経刺激に対する循環反応に両群間の大きな差はないように思われる。

生活管理上最も重要な心室性不整脈誘発の有無に関しては、前述のごとく、健常児では2例に新たなPVC誘発がみられたが、術後患児の3例は既に運動負荷検査時にもPVC発現が指摘されていた症例である。しかも、術後患児のFace ImmersionによるPVC誘発は、負荷終了直後、迷走神経緊張が緩み、交感神経緊張の急増する時期に集中していることから、本質的には交感神経刺激誘発性不整脈と考えられる。

【結 語】

フアロー四徴術後患児のFace Immersionによる迷走神経刺激時の心拍数、心電図変化は、耐容時間が有意に短いことを除いて、平均的には対照児と一致していた。

フアロー四徴術後患児のPVCは、交感神経刺激誘発傾向が優位で、運動制限の必要性が改めて認識された。

§ 文 献

- 1) Dunnigan, A. et al.: Life threatening ventricular tachycardias in late survivors of surgically corrected Tetralogy of Fallot. *Br. Heart J.*, **52**: 198, 1984.
- 2) Kavey, R. E. W. et al.: Incidence and severity of chronic ventricular dysrhythmias after repair of Tetralogy of Fallot. *Am. Heart J.*, **103**: 342, 1982.
- 3) Garson, A. et al.: Stress induced ventricular arrhythmia after repair of Tetralogy of Fallot. *Am. J. of Cardiol.*, **46**: 1006, 1980.
- 4) Condry, P. et al.: Ventricular tachycardia caused by the diving reflex. *Lancet*, **2**: 1263, 1975.
- 5) Keatinge, W. R. et al.: Sudden death in cold water and ventricular arrhythmia. *J. of Forensic Sci.*, **26**: 459, 1981.
- 6) Wolf, S.: The bradycardia of the dive reflex—a possible mechanism of sudden death. *Am. Clin. Climatol. Assoc.*, **76**: 192, 1964.
- 7) 浅井利夫, 他: 水泳中の心電図変化に関する研究—特に心電図記録装置について. *日小循誌*, **1**: 28, 1985.
- 8) Brick, I. et al.: Circulatory responses to immersing the face in water. *J. Appl. Physiol.*, **21**: 33, 1966.
- 9) Jung, K. et al.: Behavior of heart rate and incidence of arrhythmia in swimming and diving. *Biotelemetry patient Monitg.*, **8**: 228, 1981.
- 10) Windenthal, K. et al.: Use of the diving reflex for the treatment of paroxymal supra-ventricular tachycardia. *Am. Heart J.*, **98**: 536, 1979.

**B-1-(d) 高濃度酸素下での
運動負荷試験の意義**

福岡市立こども病院 感染症センター循環器内科
砂川 博史, 吉井 薫, 溝口 康弘,
福田 省史, 本田 恵
同新生児科
岩尾 初雄

一定運動下の定常状態では、見掛けは酸素供給＝酸素消費である。しかし、潜在的に酸素供給能<酸素消費能であると、酸素吸入をすると酸素消費量(VO₂)は増加すると考えられる。一方、酸素供給能＝酸素消費能であれば、酸素吸入は供給系の余裕をもたらし、何れにしても循環系のパラメータに変化が招来される事が期待される。以上の様な考えを基に、運動負荷中に酸素を吸入し、一回拍出量の指標である Slope (第49回日循総会で発表)の変化から酸素供給系としての心予備能の評価を試みた。

【対 象】

健康志願者、胸痛や学校検診で精査希望、先天性心臓病等、年齢7歳～35歳の合計25名である。

【方 法】

トレッドミルを用いブルースのプログラムに準じ、各段階を5分毎に上昇させ、始めの3分間を大気、あとの2分間は35%酸素を吸入気とした。各条件の終りの1分間について、体重当りの酸素摂取量(TO₂)、及びHRを測定した。また、式(1)を用いてTO₂とHRから、空気吸入時と酸素吸入時の別に、パラメータA(=Slope)とBを計算で求めた。

$$TO_2(\text{/kg}) = A * HR + B \dots\dots\dots(1)$$

各項目の酸素吸入による変化は、酸素吸入時と空気吸入時の比の値を用い相対的に示した。

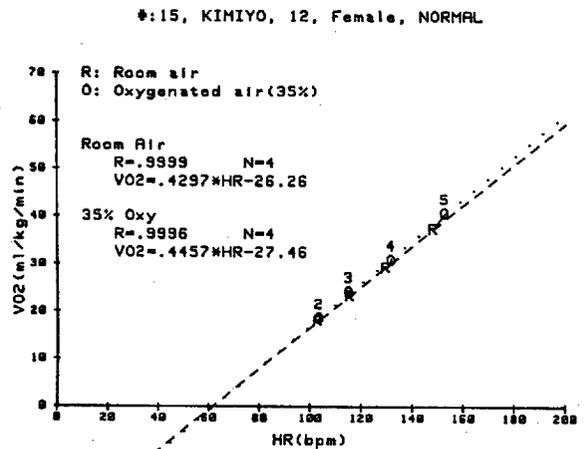
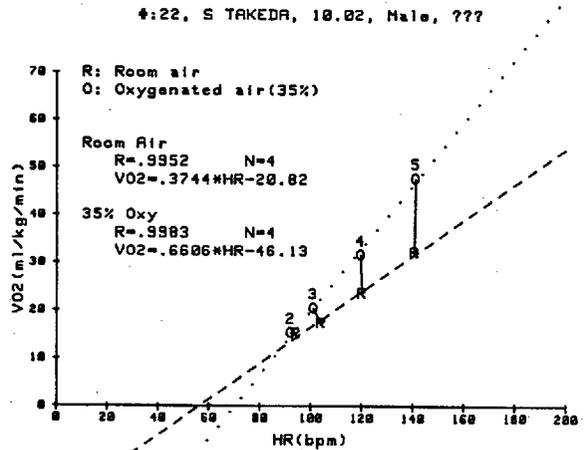
【結 果】

1) HRは、大気吸入中に比べ、35%酸素を吸入した場合、各ステージとも不変もしくは僅かに

減少した(図2)。

2) TO₂は、35%酸素の吸入によって増加する例(R群, Rise群)と、不変の例(S群, Stable群)とがあった(図1)。R群でのTO₂の増加率は個々の例で異なるが、各症例でのTO₂の

図1 O₂吸入によるHR-VO₂関係の変化(→)



上はR例をしめす。O₂吸入により、各ステージでVO₂が増加している。HR-VO₂関係はO₂吸入時と空気吸入時とは別の直線を有し、この例ではO₂吸入によりSlopeは増加、切片は低下している。

下のS例で、O₂吸入によってもHR-VO₂関係は変化を示さない。

図中の0の上の数字はブルースのステージを示す。

図2 各ステージでの VO₂, HR に対する O₂ 吸入の効果(↓)

Group R(R群)の VO₂ は各ステージで O₂ 吸入により増加しているが、その割合は 1.2~1.5 倍程度である。これに対し、Group S(S群)での VO₂ は殆ど影響されていない。HR(右)はステージが上がっても、O₂ 吸入による変動は示さなかった。

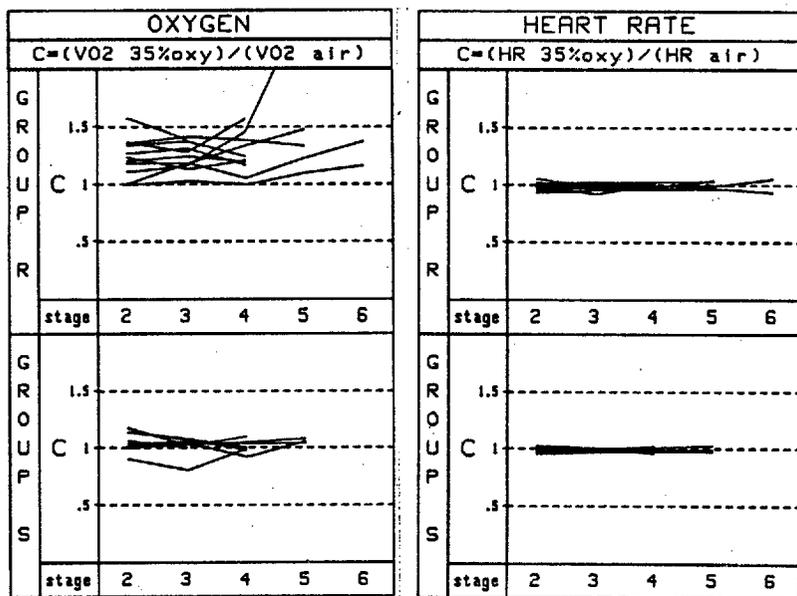
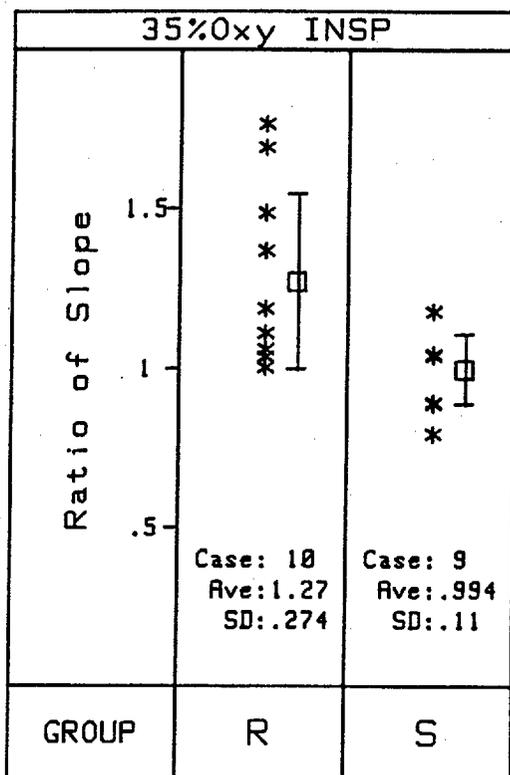


図3 O₂ 吸入の Slope に対する効果

R群では全ての Slope は増加し心機能が向上したと考えられた。これに対し S群では増加したものと低下したものとがある。低下したものは心機能としては余裕が出来たためと考えられる。この両群間は $p < 0.05$ で有意差を示した。



増加率は運動ステージに関係なく略一定であった (図2)。

認めた ($P < 0.05$) (図3)。

3) Slope は酸素吸入により R群では増大するが、S群では殆ど変化せず、両群間に有意差を

[考案]

結果の項で述べたように、S群では酸素の過剰

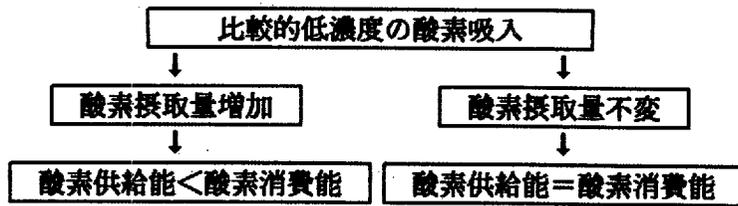


図4 O₂吸入によるVO₂変化のパターンとその生理学的解釈

供給は、酸素消費量の増加に結びつかなかったわけで、これは供給系と消費系とが旨く合致しているためと考えられる。即ち、運動負荷で定常状態に至った時には、VO₂はエネルギー消費速度と釣り合っ一定で、吸入気の酸素濃度とは無関係との報告¹⁾を追認したのと言える。

一方R群では、酸素吸入でTO₂が増加した。このように、高濃度酸素吸入の際にTO₂が増加する場合、次の様な要因が考えられる。先ず、吸入気酸素濃度が増加すると体内の窒素-酸素分圧比が吸入気のそれと平衡するまで、見掛け上酸素消費が増加する。この平衡の問題は35%程度の酸素吸入では、無視出来ると言われている²⁾。もしこの要素が無視出来ないならば、S群、R群ともに同様な傾向の影響を与えること、更に高濃度酸素の組成は35%で一定であるので、見掛けの増加は絶対値で一定になるはずである。しかし実際は、R群にのみ見られる現象で、且つ、その増加幅はステージが進む程大きい(従って増加率は一定)。故に、実際的には、R群のTO₂の増加は吸入気組成の変化に因る見掛けの増加とは考えられない。

次に、肺機能の要素が考えられるが、S群とR群とは対象者の疾患内容には差が無いことや(表1)、年齢的な点からも肺機能が両群の分離の要因となったとは考えられない。

以上の様な各点から、R群での酸素吸入時のTO₂の増加は酸素消費(VO₂)の増加そのものと考えられる。

R群におけるいま一つの特徴は、酸素吸入時のSlopeの増大である。S群でもSlopeの増大した症例もあるが、結果に示したごとく、R群での増大の幅は明らかに大きい。Slopeは、一回拍出量を規定するパラメータで、この増加は一回拍

出量の増加を意味することは既に報告したところである³⁾。従って、R群でのSlopeの増大は、酸素吸入により心機能(少なくとも一回拍出量)が向上した結果と解される。

吸入気中の酸素濃度変化によってSlopeの変化をみなかったS群では、酸素の供給系と消費系のバランスや、運動量に見合った酸素供給能と心機能の間に、安定的一致があるものと考えられる。

一方、35%酸素吸入でSlopeの増大を見るR群では、21%酸素である大気中では、ある種の心臓機能に潜在的機能不全があるものと解される。この場合、機能不全を来たした要因によっては、一過性の不全であって、早晚、35%酸素吸入時の機能に復元する可能性と、今後とも機能低下が増大する危険性の両者を包含しているものと考えられる。この両者のいずれに属するかの鑑別は、臨床的に重要であるが、今後、両群に分類された様々な心機能を持つ症例の経過を観察し、各パラメータに生じた変化を検討することで、順次明らかに出来るものと考えている。いずれにせよ、R群の心機能は不安定な状態にあることが示唆されており、S群に比して、より頻繁な観察が必要な症例であると言える。

【結 語】

運動負荷中の酸素吸入がSlope(≡一回拍出量)に与えた影響を解析する事により、酸素運搬供給系としての心予備能を、従来なされていなかった形で評価できると考えられた。

なお、運動負荷の形態として、水泳が循環器系に与えている影響は、地上とは別種なものとの考えがあり、特に不整脈の発現には陸上運動と水中運動で大きな差異があるとの報告もある。

表1 酸素吸入のVO₂に対する影響

反応性	例数
変化群(R群)	11
不変群(S群)	9
区分不能	4
計	25

われわれも、水泳中の心電図を記録・検討しているが、一般の児童・生徒の水泳中の心電図の特色は以下のような要因によるものと考えられる。

- 1) 入水時におこる外界温度の急激な差
- 2) 水に不慣れな子どもにおこる不安
- 3) 息つめの強さの増大と時間の延長
- 4) 息つぎが下手なためにおこる酸素欠乏の進行

1), 2)については入水前の準備と水慣れによって解決できるものであり, 3)については陸上でも簡単な条件設定で心電図への影響調査は可能である。

4)は水泳中の各種の事故につながる大きな要因と考えられ, 水泳中のみ検討が可能とされてきたが, 今回の高濃度酸素吸気下での負荷試験の可能性から, 逆に吸気ガスの酸素分圧低下, 炭酸ガス濃度増加など各種の組成における運動負荷中循環器諸指標変動を安全かつ簡明に検討できるとの結果を得た。水泳という特殊状況下の運動を地上で再現させうる可能性もあり, 吸入ガス組成変化と運動負荷時諸指標の対比は, 今後多くの方面での示唆を与える方法として注目される。

§ 参考文献

- 1) Nielsen, M., & Hansen, O.: Maximale körperliche Arbeit bei Atmung O₂-reicher Luft. Skand. Arch. Physiol., 75-76: 37-59, 1936-37.
- 2) Bason, R., Billings, C. E., Fox, E. L. & Gerke, R.: Oxygen kinetics for constant work loads at various altitudes. J. Appl. Physiol. 35 (4): 497, 1973.

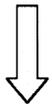
表2 各群の疾患内訳

変化群 (11 例)				
Case	Name	age	sex	note
1	K.N.	13	M	PDA(small, 60.9.30 cath)
2	M.K.	14	F	p/o ASD(21st day)
7	K.H.	12	M	p/o CoA(adult, 1mo)
10	K.M.	9	F	SVPC
11	T.A.	12	M	p/o Fontan(TAIb, 3mo)
13	K.Y.	13	M	p/o VSD(7y11m)
17	G.S.	9	M	Normal control
18	M.I.	8	F	p/o Rastelli(sdl-DORV, 3y8m)
21	H.O.	7	F	p/s MCLS
22	S.T.	10	M	Normal control
25	S.M.	35	M	Normal control

不変群 (9 例)				
Case	Name	age	sex	note
4	M.U.	8	F	CRBBB without CHD
5	S.M.	13	M	p/o ASD(22nd day)
6	E.I.	15	M	p/o ASD(22nd day)
8	S.U.	16	M	p/o Rastelli(extTOF, 10m)
15	K.S.	12	F	Normal control
16	K.S.	11	F	Normal control
20	K.N.	14	M	p/o MVR(2m)
23	T.U.	7	M	PDA(small)
24	Y.Y.	7	M	p/o VSD(5y9m)

分類不能 : 4例(9, 12, 14, 19)

3) Sunagawa, H., Honda, S., Mizoguti, Y. et al.: Physiological significance of the slope of the regression equation between oxygen consumption and heart rate in exercise testing. Jpn. Circl. J., 48 (12): 1399, 1984.



検索用テキスト OCR(光学的文字認識)ソフト使用

論文の一部ですが、認識率の関係で誤字が含まれる場合があります



〔緒言〕

今日、スポーツは健康管理の一つとして日常生活に取り入れられ、各種のスポーツ教室などに通っている人口が増加している。この傾向は成人ばかりでなく小児でも見られ、小児科臨床医としてこの現象を無視出来る状況でなくなっている。著者らは、小児循環器を専門とする立場から、小児のスポーツの日常生活への導入により生ずる諸問題として、解決しなければならない問題が多数ある。具体的には、第 1 に不整脈児、先天性心疾患児、先天性心疾患術後児などの小児心疾患児のスポーツへの参加の限界と安全性の確立、第 2 にはスポーツ中の心性突然死の原因究明と防止、第 3 にはスポーツを行なっている健康小児の健康管理などがある。中でも最も悲劇的な突然死を統計的にみると、全国で年間 100～150 人の児童・生徒が学校内で突然死しており、突然死を起こした場所をみると、約 25%の児が水泳中であつた。

このような現状の中で著者らは、これまでほとんど臨床医学的に研究されたことのない水泳中の循環動態の解明と、心疾患児の管理の確立に注目し、研究を開始した。今回は、これらの研究の基礎的研究として、健康小児(中学生)の心電図変化を中心に検討したので報告する。