

柔道における「絞め」の生理学的研究

第2報 X線像による心臓の観察

東京大学 猪飼 道夫
東京教育大学 小川 新吉・阿久津邦男
慈恵医科大学 増田 允
講道館 松本 芳三

緒 言

さきに、絞めの生理学的研究を各種の機能にわたり総合的に実施したさいに、循環系に及ぼす影響を血圧、心搏数、心電図および末梢血管反応についてしらべた(3)。それによれば、絞め準備姿勢ですでに心搏数の増加があり、落ちにさいしては心搏数の減少があり、覚醒後には再び心搏数の増加が見られた。血圧では、絞めの準備姿勢で最大、最小血圧の軽度の上昇が認められ、落ちにさいしては痙攣のために測定が不可能であったが、覚醒直後には最大、最小血圧の著明な上昇が認められた。また末梢血管反応では、絞めにさいして皮膚血管の縮少と、筋血管の拡張とが認められた。これらの現象は、絞めによる落ち(意識消失)とは直接と関係がないものと考えられるが、感受性の高い被検者では頸動脈洞の刺激により、意識消失のおこることが知られていることから考えれば、全く無関係とはいききれない。

著者等(3)は、絞めによる落ちが、大脳皮質の酸素欠乏によるものであり、循環系にあらわれる諸現象はその随伴現象であると考えた。本研究では、循環系の諸現象の機構を分析する一方法として、心臓の大きさおよび、搏動幅の変化をしらべ、これから、心臓搏出量の変化を明らかにしようとした。

絞めによる循環系の変化は、絞めによって圧迫される部位の差異によって相当なちがいがおこる筈であるが、圧迫する部位を正確に確かめることは困難であるので、絞めを実施する術者(取)をつねに同一人とし、且つできるだけ絞め方を同一とした。循環系の反応としては、心臓にあらわれるものと、末梢血管にあらわれるものがあり、末梢血管反応は(3)、プレチスモグラフを用い、前腕および手指の容積の変動を追求した。また心臓については、心電図を標準肢導出により記録した。心電図により、心搏間隔の延長が主として、心臓弛緩期の変化によるものであり、収縮期の変化はないことが知られた。また、心電図R棘の電圧の大きさから、送り襟絞、片十字絞では、心臓が立位に近づくことが知られた。血圧は絞め、落ちの後、覚醒に至って上昇した。これらの結果を理解するためには、絞め一落ちにさいしての、心臓への血液の還流量の変化、および搏出量の変化を知ることが必要である。これらを直接に測定することは、この場合は容易でないので、心臓X線活動写真法をえらび、絞め一落ちの経過における、心臓の大きさおよび搏動幅の大きさの変化を追求することにした。

実験方法

被検者には、東京教育大学柔道部、四段片山日出男、伊藤安夫、佐藤安忠の三君を依頼し、取には松本七段が当たった。

絞めは臥位において行い、被検者をX線透視用の机の上に仰臥せしめ、取は被検者の左側頭側寄りに位置し、柔道衣の襟をもち片十字絞の様式で絞めた。

心臓の撮影には、千葉大学外科井上昭彦博士の助力を得た。すなわちX線を机上の背面から放射し、胸部の上部においた蛍光板に投影された心臓影を35 mm 撮影機により撮影した。

まず安静仰臥位で10秒間撮影を行い、次に絞めの準備姿勢から、絞め一落ちにいたる経過を、更につづいて覚醒後にわたり、20秒間撮影し、その後、2分間の間隔をおき、10秒間撮影した。撮影にあたり、フィルムの速さは、毎秒16コマとした。

得られたフィルムを一枚毎に、大陸版の大きさに拡大し、その各々について以下の計測を行った。必要に応じては、適当の大きさの写真にひきのぼし、これによって心臓の形態の変化を観察した。計測には次の指標をえらんだ。

(1) 全横径

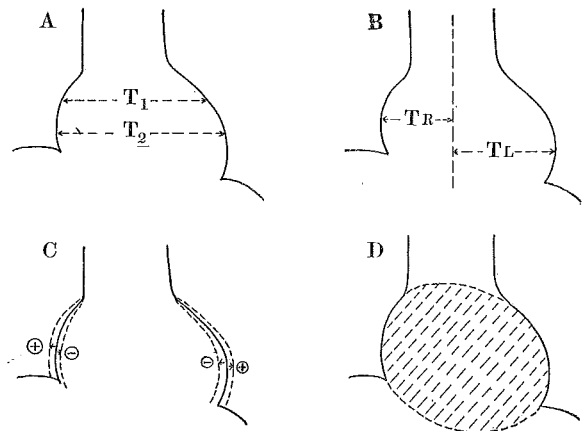
心臓の横径を左右別とせず測定した。なお、第1図Aの如く、心臓の上部と下部とに分けて測定した。上部は心臓右縁と血管との境界部から、心臓右縁と横隔膜の境界部までの長さの約30%とし、下部は約85%の位置とし、これをそれぞれ、 T_1 、 T_2 と名づけた。これは心臓の二次元的な大きさを示す二つの指標としてえらんだものである。

(2) 左右別横径

心臓の横径を左右別に計測するものであり、従来、心臓の計測に常用されているものである。心臓影において、胸骨中央線を想定し、これより、右へ最大横径を、左へ最大横径をとり、それぞれ右横径(T_R)および左横径(T_L)とした。これを第1図Bに示す。これにより心臓の搏動に伴う心臓の左右の様子を別個にみることができる。この場合、右横径は右心房に相当し、左横径は左心室に相当するものと考えられる。

(3) 位置の変化

心臓の位置の変化を見る一つの方法として、フィルムの最初のものにおける、心臓の右縁、左縁を基準とし、これから内側に移動したものは負符号を、外側に移動したものは正符号を附し、絞め一落ち一覚醒にわたる経過を追求した。これによると、右縁が負に、左縁が正であれば、心臓は左へ移動したことになる。各搏動の左右縁のずれは、搏動幅を示すと考えられるが、絞めの場合のように、心臓が大きく変化する場合には、心臓の



第1図 心臓X線像計測の指標

- A: 全横径, B: 左右別横径 (左, 右中線距離)
C: 左右縁の移動, D: 面積

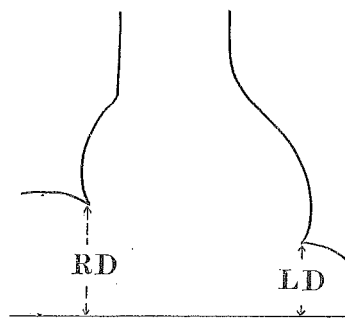
位置の変化と搏動幅とが複合するので、両者の判別は容易でない。これを第1図Cに示す。

(4) 面積

心臓の容積を間接的に見るには、以上の諸径よりも面積を見る方が適當であると考え、第1図Dに示すように、心臓の形を推測して、その面積をプランメーターで計測した。

(5) 横隔膜の運動

前報告(3)では、胸廓の縮張をマンシェット、およびタンブールを用いて記録したが、落ちにさいしては胸廓の筋の緊張の増大などにより記録が十分でなかったので、X線写真により横隔膜の運動を観察した。これにより、呼吸の様式が明らかとなり、また心臓の位置に対する役割をも知ることができる。そのため、心臓右縁と右血管部との移行部位から、下方へ一定の距離に水平線をひきこれからの高さを、右及び左の横隔膜について計測した。これを第2図に示す。計測点は、右側では右横隔膜の右心臓縁との移行部(RD)を、左側では左心臓縁と横隔膜の移行部(LD)をえらんだ。



第2図 横隔膜の高さの指標

実験成績

1. 心臓の形の変化

35ミリ映画フィルムの一連から、安静時、絞めの初期、落ちの時期および覚醒後のものを拡大してプロマイドに焼付け、これらによって、心臓の形の変化を観察した。

3人の被検者において、安静時にも相当の個人差があるが、いずれの例においても、絞めによって形が縮小し、とくに右縁における縮小の程度が著しい。落ちの時期には更に縮小し、右縁の影が薄くなることが認められる。覚醒後は形がすみやかに(約10秒で)安静時のものに近づいてくる。この様子を第3図に示す。

2. 心臓横径の変化

実験方法に述べたように、横径には二種のをえらび、全横径と左右別横径とに分けて観察した。

(1) 全横径は前述したように、心臓の上下二カ所において測定した。上部の横径(T_1)と下部の横径(T_2)とは、大体同様の経過を示すが、絞めにおいて両者ともに縮小し、落ちの時期には更に小さくなる。一般に T_1 の搏動幅は T_2 よりも著明であるが、落ちにさいして、 T_1 の減少と、その搏動幅の減少が目立つ。絞めを解くと直ちに搏動幅が増大するが、 T_1 、 T_2 はまだ安静時にくらべてはるかに小さくなっている。覚醒後約10秒で、急速に T_1 、 T_2 の増大があらわれ安静時の水準に回復する。このとき、 T_1 の増大がとくに著明であるので、第4図に見るように、 T_1 、 T_2 ととが甚だ近接する。その後は T_1 、 T_2 の大きさは安静時の状態に近づいていく。

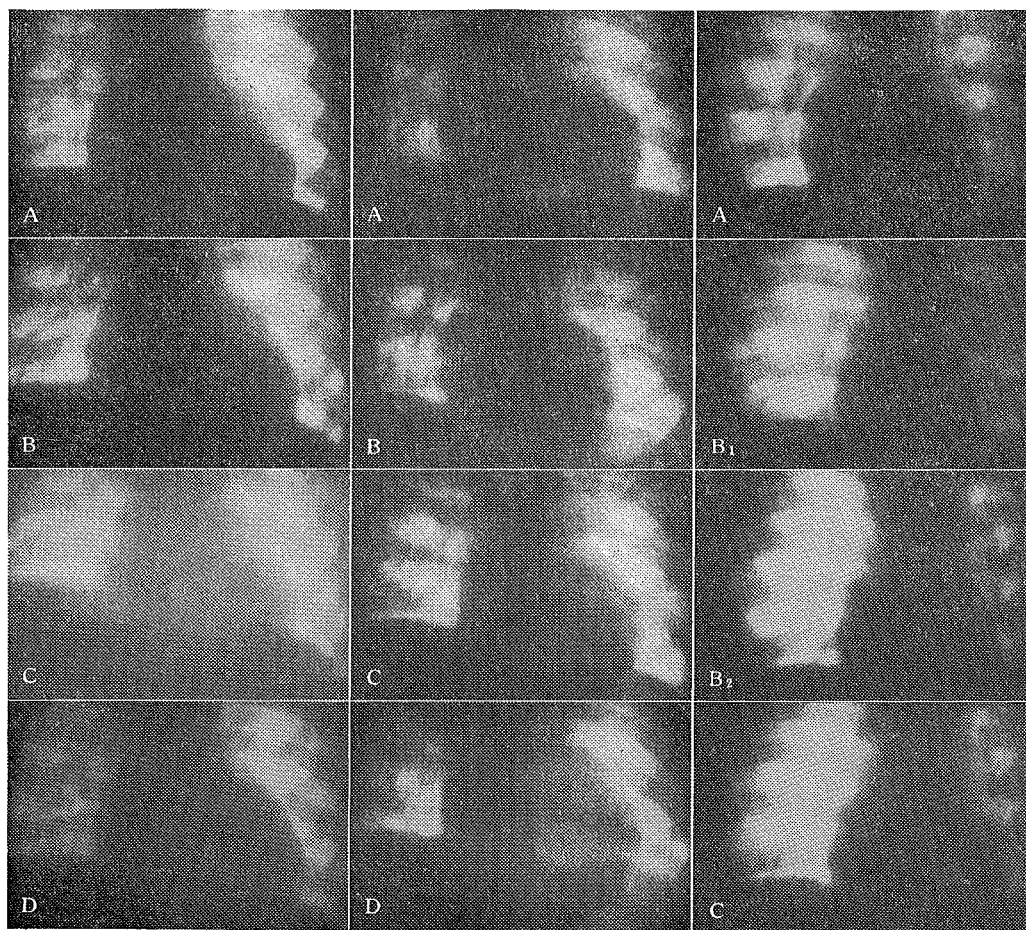
心搏間隔は安静時に約1秒であり、絞めの初期に1秒以下になり、落ちの直後にやや延長し、覚醒後再び1秒以下となる。

第3図 絞めによる心臓X線の三例像

(A) H.K.

(B) Y.I.

(C) Y.S.



(A)

A : 安静時
 B : 絞め
 C : 落ち
 D : 覚醒後

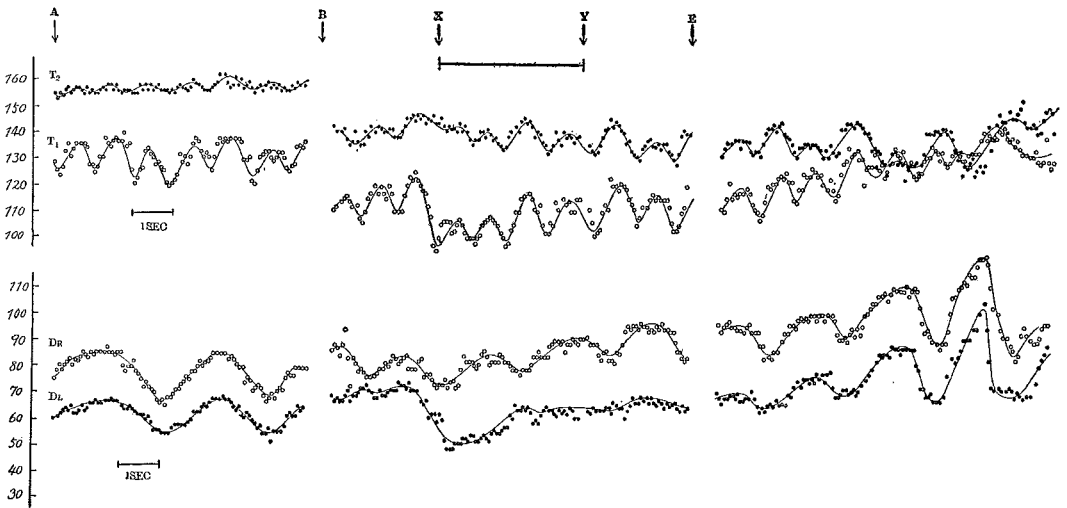
(B)

A : 安静時
 B : 絞め
 C : 落ち
 D : 覚醒後

(C)

A : 安静時
 B₁ : 絞めの初期
 B₂ : 絞めの中期
 C : 落ち
 D : 覚醒後

D



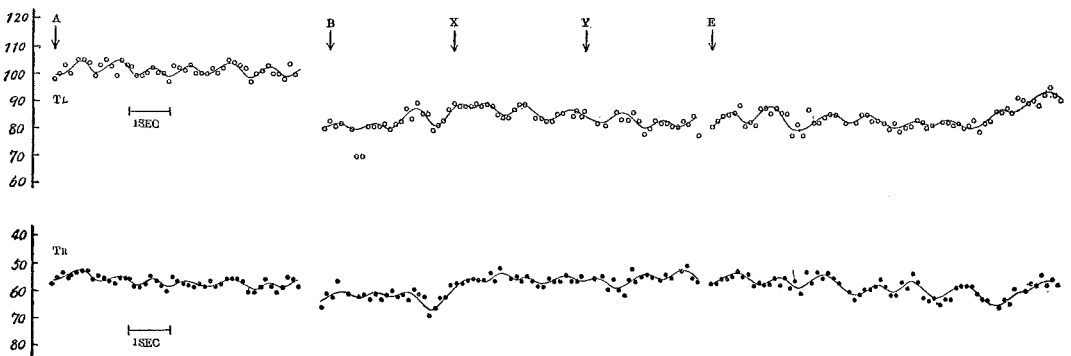
第4図 絞めによる心臓影の全横径と横隔膜の高さの変化

T₁, T₂: 全横径, D_L, D_R: 横隔膜の高さ, A: 安静時, B: 絞め, X-Y: 落ち, E: 覚醒

(2) 心臓左右別横径

心臓正中線から左右の心臓縁までの最大距離を測定し、右の横径 (Tr) および左の横径 (Tl) を基線の上下にとって図示した (第5図)。

安静時には、Tr と Tl とは搏動毎に同方向に移動しながら増減している。なお Tl の方が、Tr よりも大きい変動を示す。絞めに入ると、Tr, Tl 共に減少し搏動幅も小さくなる。その後、Tl が増大、Tr が減少して心臓は正中線に対して左方に移動したかたちをとる。この時期には、Tr の搏動に伴う変化が甚だ不明瞭になる。絞めを解いた直後(X-Yのほぼ中間)に Tr が増大し、同時に Tl も増大してくる。この時期は、第4図の全横径におけるT₂の増大の時期に一致する。覚醒後10秒ほどたつと Tr および Tl は安静時の状態に回復する。



第5図 絞めによる左右別横径の変化の経過

T_L: 左横径, T_R: 右横径, A: 安静時, B: 絞め, X-Y: 落ち, E: 覚醒後

3. 心臓の位置の変化

前述の如く、最初の心臓の右縁、左縁を基準とし、これから内側に移動したものに負符号を、外側に移動したものに正符号を附して全経過にわたって計測を行った。その結果は第6図に示す如く、

絞めの進行とともに、右縁では搏動を示しつつ内方へ、左縁では同様の搏動を示しつつ外方に移動している。この様子は第5図における Tr, Tl の変化に似ている。

4. 心臓影の面積

心臓影につき、心臓の形を推定したプランイメーターで面積を計量した結果は第7図のようである。これによると、心臓影の面積は安静時には規則的な搏動に伴う増減を示しているが、絞めに入ると面積が減少し落ちの時期には著明な減少が認められる。またこの時期には搏動幅が著しく小さい。絞めを解くと直ちに搏動幅が増加し、10秒ぐらい後には急速な回復が認められる。これを詳細に見ると、絞めから落ちに入る時期には一時、搏動幅の大きい時期があることが認められる。絞め、落ちに伴う心臓の変化は、面積を指標とするときに最も明瞭な変化としてあらわれる。安静時を基準とすると、絞めによる心臓影の面積の減少は約15%である。各、3例につき安静時、絞め、落ち、覚醒の期における心臓面積の相対値を第8図に示す。

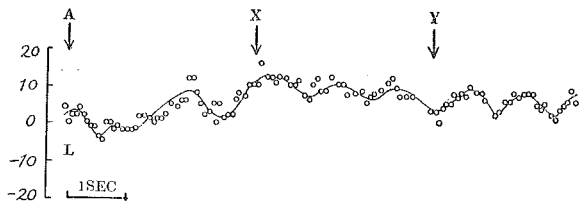
5. 搏動状態の変化

映写によって心臓搏動状態を観察すると、「落ち」にさいして左心房に振顛に似た像が認められることがあった。これについては別に報告する予定である。

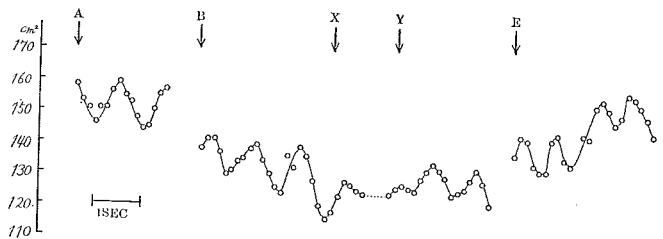
6. 横隔膜の運動の変化

横隔膜が心臓右縁および左縁に移行する部位の高さをそれぞれ Dr および Dl とすれば、安静時から絞め、落ち、覚醒の全経過の変化は第4図の下部に示したようになる。

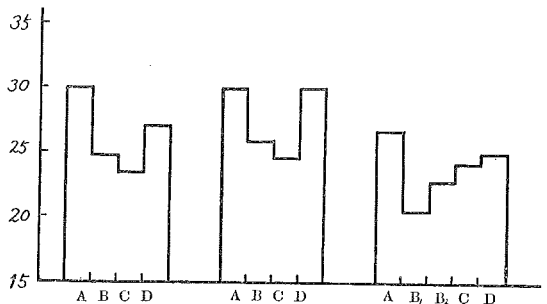
安静時には、左右の横隔膜の高さは同様に変動している。第4図には Dr および Dl を示したが、右横隔の最高部位の変動は、Dr と同様であるので、ここには図示しなかった。絞めに入ると、Dr の呼吸性変動の幅がやや減少し、落ちの時期に向って高さを増していく。絞めを解くと直ちに横隔膜の高さの変動の幅が増加し、更に10秒後には、横隔膜は著明な変動幅を示す。この時期に相当して、心臓の全横径および面積が著しく増大する。Dl について見ると、絞めに入ると呼吸性変動の幅が急激に減少し、更に進むと Dl は Dr と著しい差を示し、小さい値をとり、且つ呼吸性変



第6図 左右心臓縁の位置の絞めによる変化
Lは左側、Rは右側を示す、A：絞め、B—C：落ち



第7図 絞めによる心臓影面積の変化の経過
A：安静時、B：絞め、X—Y：落ち、E：覚醒後



第8図 絞めによる心臓影面積の変化と個人差
縦軸は面積の相対値、A、B、C、Dそれぞれは安静時、絞め、落ち、覚醒後を示す

動は極めて僅かとなる。すなわち、この時期には左右横隔膜高は著明な差異を示し、且つその運動は左右で一致しない。しかし、絞めを解くと直ちに回復し、左右横隔膜はほぼ同様の運動を示すようになる。

論 議

柔道の絞めが人を意識消失に至らしめる現象は、種々の生理的变化から観察すると、大脳の酸素欠乏を主とし、これに循環系の変調を副とする一種のショックと考えられる。本研究では、前報(3)の欠を捕うため、主として心臓の態度を分析しようとするものである。

ショックとは、その内容が必ずしも明確ではなく、症状群の名称である(6)。従来、ショックの場合の心臓については、心臓容積、心内圧、搏出量および心電図の変化がしらべられている(6)。

心臓容積については、Kohlstaedt および Page (4) は動物において、連続的出血にさいして、心室容積の減少することを認めている。またKondo および Katz (5) は動物について、後肢の静脈遮断を行ったときの心臓をX線写真によって観察した。すなわち、心臓の前後方向および左右方向からX線をあてて、心臓弛緩期の心臓影を記録した。これによると、ショックの初期には心臓影が小さくなり、ショックの進行とともに形の減少する程度がにぶり、その後、大きさは一定となり、更に進めばいくらか増すという。これらの場合の心臓の縮小は静脈還流量の減少によるものであり、更に心臓の増大は、心筋の収縮力の減退を示し、これは搏出量の減少を意味するとされている。

絞めの場合、従来の臨床的あるいは実験的ショックには例を見ないものであるから、本研究の結果を直ちに従来のショックの研究の結果と比較することは困難である。

本研究において、絞め—落ち—覚醒の経過の心臓影の形態、横径、および面積を追跡した結果は、いずれの指標から見ても、絞めの開始とともに心臓が容積を減少し、落ちの時期に最小となり、絞めを解くと共に、容積の復旧がおこることが推定された。また心臓搏動幅は絞めにさいして減少し、落ちの時期に最小となり、絞めを解くと直ちに増大した。われわれが用いた指標は、心臓容積そのものではなく、横径および面積という二次元のものである。またX線撮影は前後方向だけであり、左右方向を取りあげていないので心臓容積を知ることは困難である。しかし横径および面積に著明な変化がある場合は容積の変化があると認めることができる。心臓影は右縁では右心房の影をふくみ、左縁では左心室の影を示すので、心臓影の横径および面積変化は、心房と心室の容積の変化の和に相当するものをあらわしている。したがって、横径および面積の搏動に伴う変化は、心臓搏出量に相当するものを直ちに示すとはいえない。しかし、横径のうち、左横径は搏出量と最も関係の深いものである。第5図において左横径の搏動に伴う変化は、絞めにおいても著明な変化はないが、左横径の絶対値が小さくなっているため、搏出量は減少していると考えられる。更に注目すべきことは、右横径の搏動に伴う変化の減少であり、これは静脈還流量の減少を意味する。

以上によって、絞めによって静脈還流量および心臓搏出量の減少がおきることを推定したが、その機構については次のような考察を行った。

前報(3)において、前腕および手指の容積をプレチスモグラフで計量して、筋および皮膚の血流量を推定した結果から、絞めにおいては、筋の血流量が増し、皮膚のそれが減少することが認められた。また頸部を絞めることにより頭部からの静脈還流量が減少することは想像に難くない。これらの両者は右心房への静脈還流量を減少させることになる。また絞めのとき、胸廓は拡張し、横隔膜が下降するので胸腔内圧は下降し、血管抵抗は減少し、肺血流量は増大すると考えられる。そ

の結果、左心房への還流量は減少すると推定される。このような心臓還流量は搏出量の減少をきたす結果となる。

搏出量の減少の点から考えれば動脈血圧の低下が予想されるが、絞めから落ちにうつる時期には前述の如く、血圧測定は不可能であったが、覚醒直後は動脈血圧は著明に上昇した。覚醒直後では搏出量はまだ低下した状態であるが、皮膚血管をふくむ末梢血管の縮少がおきているので、血圧は上昇するものと思われる。また従来の研究(7)から、窒息および大脳貧血では Adrenaline の分泌があり、これが血圧上昇にはたらくことが知られている。また、総頸動脈の圧迫により、頸動脈洞への血流を遮断すれば、洞内圧が下降するので、洞反射により末梢血管の収縮がおこり、血圧は上昇することが知られている(7)。また絞めでは、落ちにさいして痙攣がおこるので、これが筋肉の血管抵抗を増加し血圧を上昇させる役割を持つであろう。このように考えると、絞めによる搏出量の減少にもかかわらず、動脈血圧の上昇の原因はいくつも考えられる。なお、覚醒後は心搏動数が増大するので、毎回搏出量の減少にもかかわらず、毎分搏出量は補償されるわけである。

絞めにさいして心臓の位置が左方に移動することは、右心房の縮少にもよるが、すべての例に見られるものではない。第3図に見るような、左横径の減少の時期に右横径の増大することは、左右の容積の変化の差異によるものではなく、心臓収縮期にさいして、心臓が回転及び前方移動をする結果であると考えられる。

横隔膜の運動または高さの左右の不揃いは、横隔膜の神経支配の調整の乱れを推測させるものである。また高さの減少に伴う変動の減少は、その緊張の増加を思わせる。

結 論

柔道の絞技における意識消失のとき、及びその前後の生理的变化を諸種の方面から探究した前報告につづき、心臓の形および大きさの変化をX線像につき、35ミリ撮影機により毎秒16コマの速さで撮影して観察した。

得られた35ミリ・フィルムを大陸版大に引伸して、安静時、絞め—落ち—覚醒、覚醒後2分にわたって諸計測を行い、絞め、落ちにおける特長と、その回復過程を見た。

採用した諸径は、心臓横径(全横径、左横径及び右横径)、心臓縁の位置、および心臓面積である。また併せて横隔膜の高さをも計測した。

その結果、次のことが知られた。

(1) 横径から見ると、絞めにおいて横径はすべて減少し、覚醒後から約10秒で旧に復する。

面積から見ると、絞めにおいて面積は縮少し、落ちにさいして最小となり、覚醒後約10秒で旧に復する。

以上のことから、絞めによって心臓の容積が減少することが知られる。

(2) 心臓横径および面積の搏動に伴う変化と、横径及び面積の絶対値の大きさとから推論して、絞めにさいして、心臓還流量および毎回搏出量の減少することが推定された。

(3) 横隔膜は絞めにさいして緊張の増加を来し、吸息姿勢となることが認められた。

以上の絞めにさいしての心臓の態度を末梢血管抵抗の変化から論議した。

絞めでは意識消失という重大な生理的变化がおこる以外に心臓の容積変化および搏動の変化がおこることが知られた。このことから、絞めを実施する場合には、心臓及び血管系の機能検査をあらかじめ行うことが、危害予防上必要なことである。しかし健康な柔道部学生では、絞めの心臓に及ぼす影響は約10秒で消失し、その後に認むべき障害を残さない。

文 献

- (1) Barcroft, H. and H.J.C. Swan: Sympathetic Control of Human Blood Vessels. (1953). p.125—138. Edward Arnolds Co., London
- (2) Green, H. D.: Shock and Circulatory Homeostasis. (1954) p. 9~79. Josiah Macy.
- (3) 猪飼道夫等: 絞めの生理学的研究 (その一) 総合的研究, 講道館柔道科学研究会紀要, 第1輯, p. 1—12
- (4) Kohlstaedt, K. G. and I. H. Page: Cardiac Involvement in Shock, Surgery. 16 (1944) 430.
- (5) Kondo, B. and L. N. Katz: Heart Size in Shock, Am. J. Physiol. 143, (1945) 77
- (6) Wiggers, C. J.: Physiology of Shock. (1950) p. 26~91, p. 287~314, The Commonwealth Fund., N. Y.
- (7) Wright, S.: Applied Physiology. (1955) p. 364, 731, 741.