

7. 柔道における「絞め」と末梢循環系の応答

体力医学研究所 芝 山 秀太郎

江 橋 博

緒 言

柔道施技時におけるキネシオロジー的研究及び生理学的研究は、技術の向上、障害事故防止等を目的とし、科学的な解析を加えて、これまで講道館柔道科学研究会における報告を中心に多数の研究がなされている⁽¹⁾⁽⁶⁾⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾⁽²¹⁾⁽²³⁾⁽²⁶⁾。

数ある柔道技のうち絞め技は特殊な地位を占めるもので、相手の頸部や胴を絞めることにより意識を消失させ、相手を制するものである。現在、胴絞めについては禁止されている程で、したがってこの技には一面危険性が含まれている⁽⁷⁾⁽¹⁷⁾。

このような絞めによって生じる「落ち一活一覚醒」の一連の経過にともなう生理学的研究は近年猪飼、小川らによってあらゆる角度からの成果が報告されている⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾⁽²⁶⁾。それによれば、猪飼らは、絞め一落ち、の生理機構として、頸動脈圧迫による脳の急性酸素欠乏に加え、頸動脈洞を主とする頸動脈知覚受容器からおこる反射が複合したショックの一種であると結論している⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾⁽²¹⁾⁽²²⁾。

すなわちこのことは脳への血流停止がこの症状を誘因するわけで、したがってこの技にともなう生理的变化を追求するには循環系を中心とした解析が注目されよう⁽²⁾⁽⁸⁾⁽²⁹⁾。この観点にたった報告もこれまでいくつか見受けられるか⁽¹⁸⁾⁽²⁰⁾⁽²⁴⁾、我々はとくに末梢系の反応に注目し、絞め一落ちによって生ずる末梢循環の影響を追求し、先人達の報告した事実に加え、絞めによる循環反応の一端を明らかにしようとした。

実験方法

(1) 測定項目

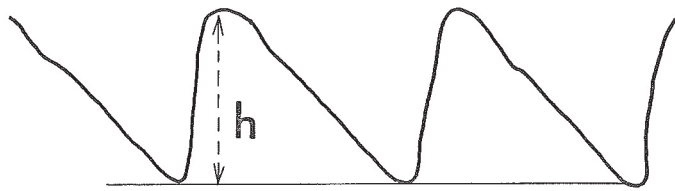
測定には次の項目を選んだ。すなわち、動脈血圧、心電図、皮膚温、内部温、脈波である。動脈血圧は Riva-Rocci の血圧計により上腕動脈より測定した。心電図はシンエイ製の SE-101 型電極を用い、胸骨誘導による記録を行ない、R-R 間隔を計測した。なお、記録にはフクダ電子製の DU-3 型心電計を用いた。皮膚温の測定はサーミスタ温度計を用い、感熱部は芝浦電子製の直径 10mm、厚さ 2mm の円盤型皮膚温測定用を使用した。測定部位は前額部、右上腕部、右大腿部、右胸部を選んだ。内部温は直腸温とし、直径 3mm、長さ 300mm の直腸温測定用の感熱部を用いた。

この皮膚温、直腸温測定に際し予め各感熱部の Calibration を行なった。すなわち、感熱部はいずれも耐水性であるため恒温槽を用い、記録紙と温度変化の直線相関を求めた。記録は理化電機製 B-241 型ペンレコーダで連続的に行なった。

脈波は反射式光電プレチスモにより指尖（第Ⅱ指）及び耳朶から誘導した。脈波測定用のピックアップ及びパワーユニットは日本光電製の MPP-3S 型を用い、この記録は心電図と同一記録紙上に連続的に行なった。なお脈波の解析には図 1 に示したごとく従来から認められている脈波高 h を計測して、その変化を観察した。

(2) 絞めについて

絞めは送り襟絞と片十字絞にて行なった。すなわち前者は、取は受（被検者）をうつ伏せにして



h : 脈波振幅

図1 脈波の計測法

背後に廻り、左手を受の左腋下から入れて左襟をとり、下に引くとともに右手を右肩の上から受の前に出し、受の左横襟を拇指を内にして深く握る。次いで左手を受の右襟深く持ちかえ、拇指を内にして握る。このとき取は右前腕を受の頸に密着させて受を後に引き崩し、自分の頸の右側を受の頸左側に密着させながら両手を引きしぼって絞めた。後者の片十字絞は、取は受（被検者）を仰向けにし、その身体の上に馬乗りとなって、両膝をつき、受の左襟を拇指を上にして左手で握り、右襟を四本の指を上にして右手で握り、左手を引き右手を押して絞めを行なった。このとき受（被検者）に対し特別の指示を与えなかったため、一般にはあまり抵抗しなかった。これらの絞めに際しては取と受で相談の上絞めの種類を決めた。

(3) 実験の手順

絞めを実施するに先立ち、受は床の上に仰臥位をとり、5分間の安静を保った。絞めの実施に当っては、片十字絞では仰臥位のまま、取が正面から絞めた。また送襟絞では受の上体を約30度おこした姿勢で、取が受の背後から絞めた。

測定に際して、安静後、取は合図により絞めの姿勢をとり、第二の合図によって絞めを開始し、落ちの合図で直ちに絞めを解き、活を加えた。落ちに際しては痙攣および瞳孔の散大があるが「落ち」の判断には痙攣を目安とした⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾⁽²²⁾⁽²⁶⁾。

これら一連の経過を、安静時5分、覚醒後10～15分の回復過程について観察した。

(4) 被検者

被検者には柔道歴5～6年という現役の大学柔道部員3名をえらんだ。段位は初段1名、二段2名である。被検者の選択に当っては聴打診及びその他の内科的診察により、循環系はもち論他にも異常のないことをあらかじめ確めておいた。

取と受については主としてこれらの被検者が交互に当り、それぞれ3～5回ずつ実験に参加した。

測定時の環境温度条件は、①通常室温条件下 乾球 22°C～24°C、湿度50～60%、②寒冷条件下 乾球 14°C～15°C、湿度 45～50%の二つの条件で行なった。実験は1973年2月から3月にわたり東京学芸大学柔道場及び東京学芸大学運動生理学実験室で行なわれた。

実験結果

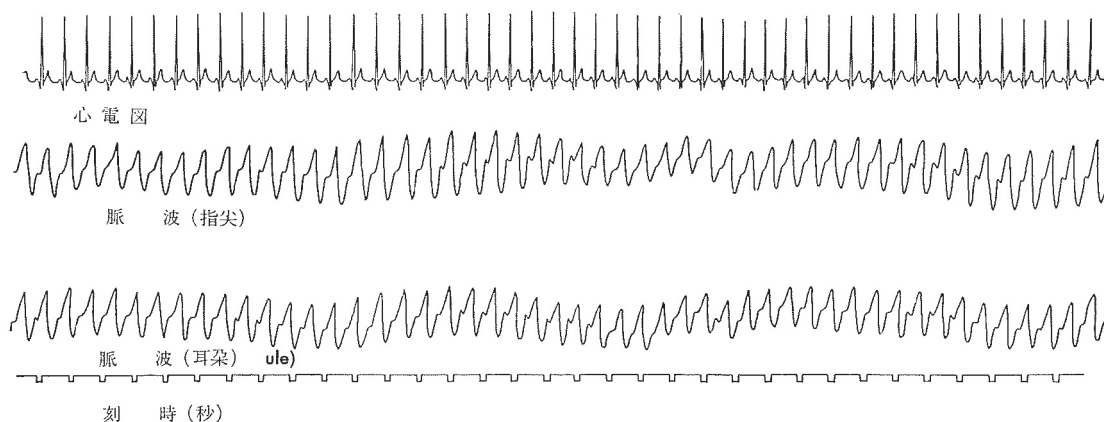


図2 安静時における心電図及び脈波の記録

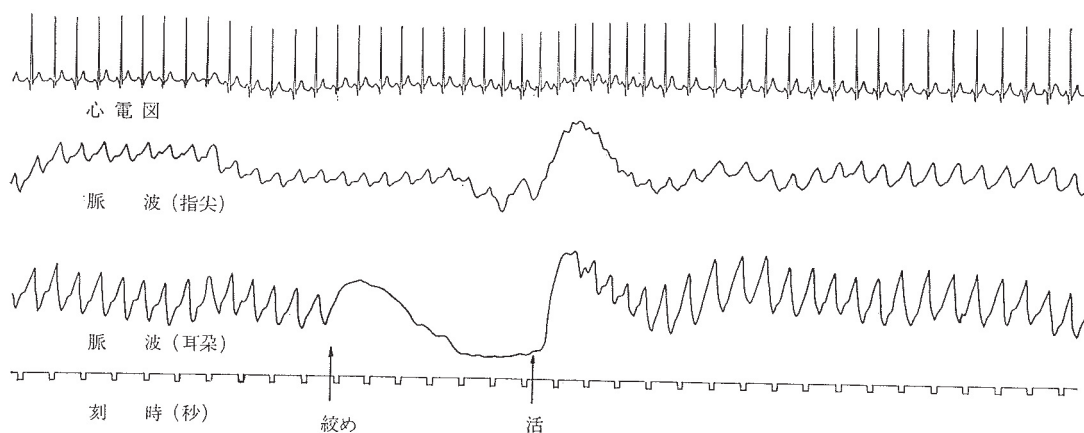


図3 絞めによる心電図及び脈波の記録

本実験において特に注目した心電図と脈波の記録の一例を図2, 3に示した。図2は安静時における変化を示し、図3は絞め直前、絞め直中、覚醒直後の変化を示している。図の上段は心電図、中段は指尖脈波、下段は耳葉脈波の記録である。

R-R スパイクを計測することによって得られる心拍数は、図に示した例では安静時毎分約80であるが、これは個人差が著しかった。指尖、耳葉の両脈波とも安静中においては安定したパターンを示している。

図3に示した絞め時の変化についてみると絞めから落ちに達する時間は図に示した例では約6秒であるが、全実験例についてみると若干の個人差があり大体、6～10秒の範囲内であった。絞め直前、すなわち用意の段階における R-R 間隔は安静時の値に比して約7%位短縮している。一方脈波についてみると、指尖においては脈波の振巾が絞め用意の段階ですでに25%も減少しているが、

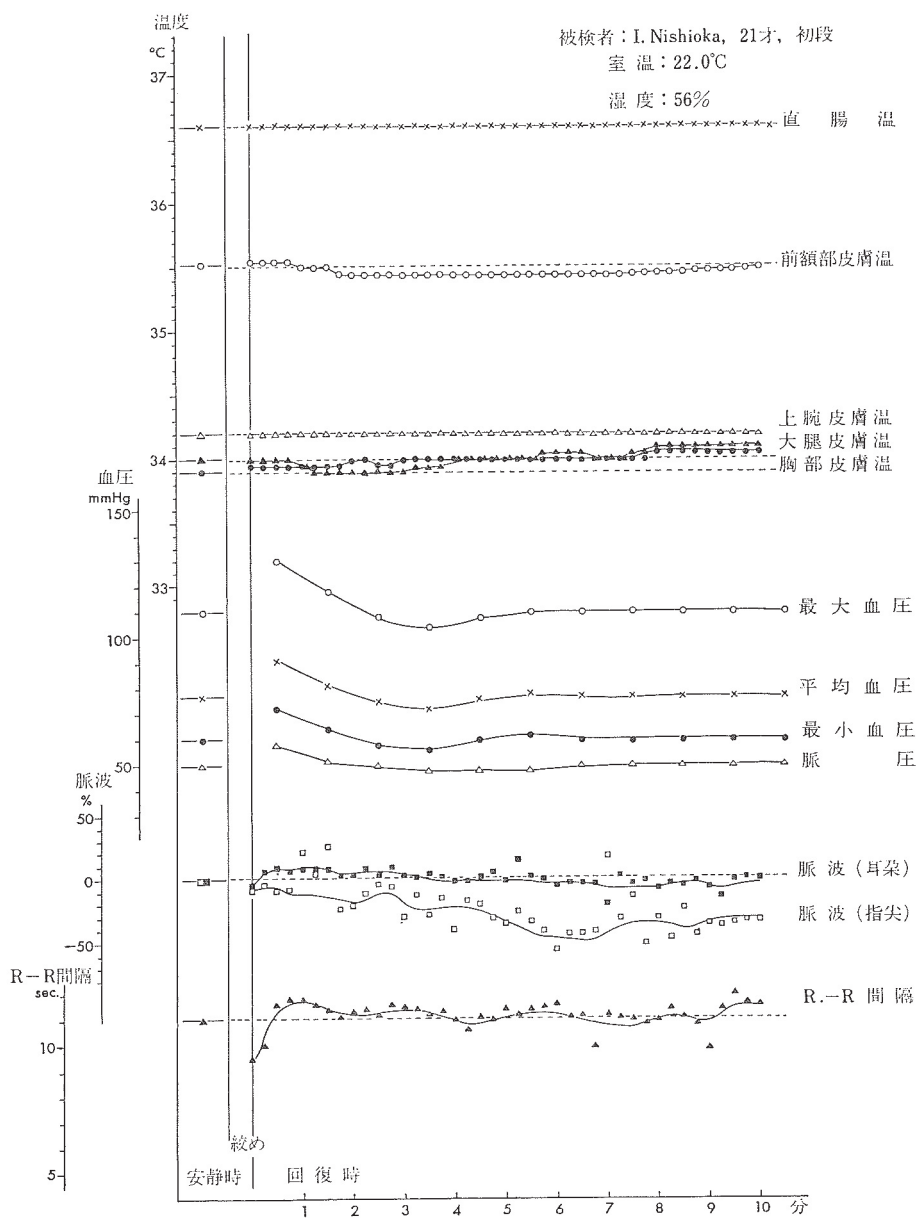


図4 絞めによる直腸温, 皮膚温, 血圧, 脈波, R-R間隔の変化

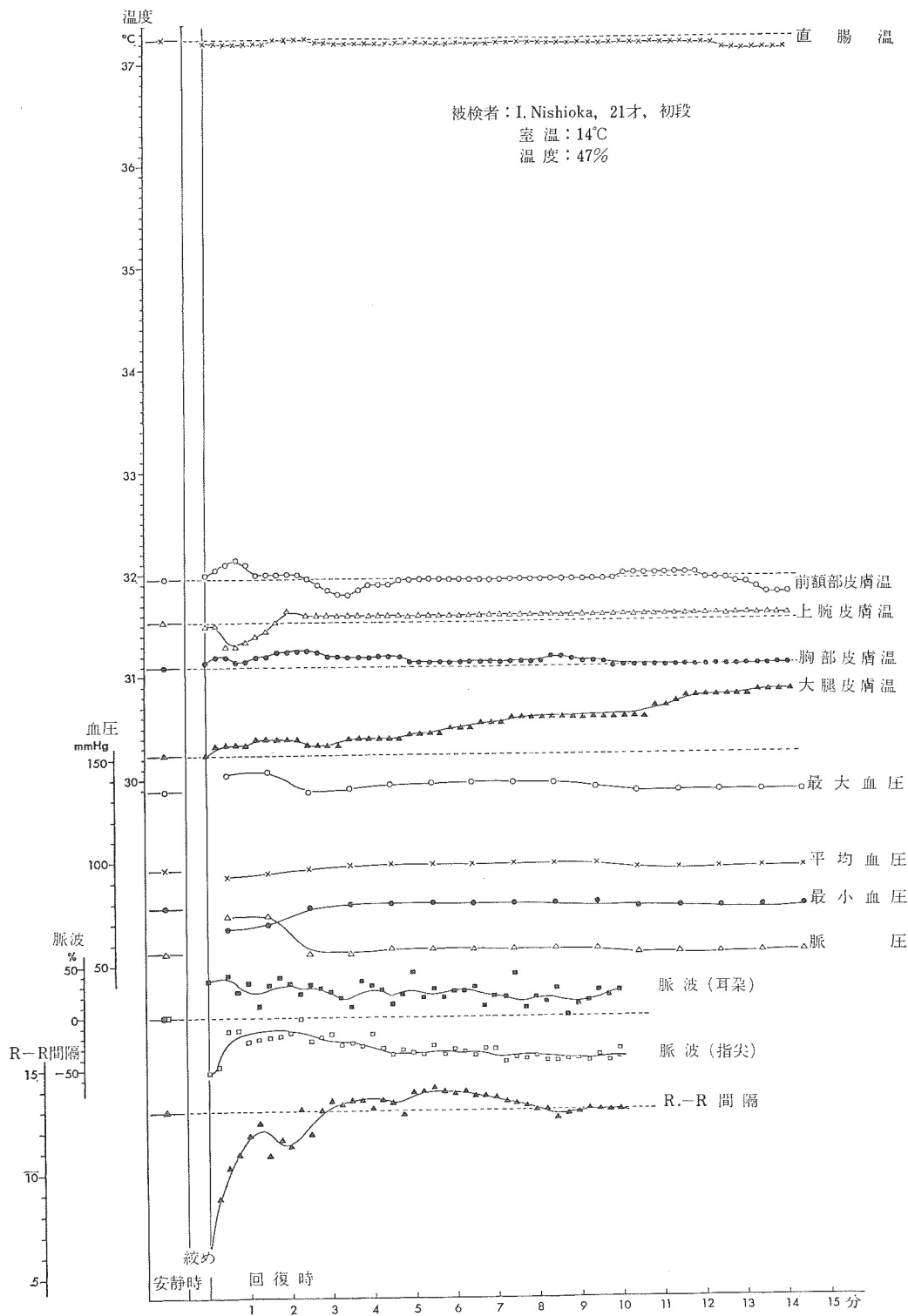


図5 絞めによる直腸温、皮膚温、血压、脈波、R-R間隔の変化（寒冷条件下）

耳朶の脈波は約0.8%程度の減少で、指尖に比して絞め用意の段階における耳朶の振巾への影響が非常に小さい。

絞め一落ちにかけての R-R 間隔は絞め直前の値と有意な変化は認められないが、しかし落ち直前になると間隔は短縮する場合と延長する場合とが認められた。

覚醒後の R-R 間隔は著しく短縮し、5～6秒後から順次回復していく傾向にある。しかし実験例のようにこの R-R 間隔の短縮が数分にわたって持続する場合も認められた。

脈波振巾の変化についてみると、図でも明らかなとおり絞め開始とともに指尖、耳朶の両振巾とも著しい減少がみられる。特に耳朶においては絞め中はゼロになり、覚醒後5～6秒で回復するが、その後図3の例では安静時より約20%増加の振巾を示した。しかしこの増加の程度は個人差があった。絞め中における指尖の振巾は、20～30%の減少であり、覚醒後、数秒間の減少が顕著で、安静時に比して約80%の振巾であった。

そこで、図2、3に示したような R-R 間隔、指尖、耳朶の脈波に加え、直腸温、前額部、上腕、大腿、胸部の各皮膚温、最大血圧、平均血圧、最小血圧、脈圧を加えて、安静時値に対する覚醒後の時間経過にともなう各変化を示したのが図4、5である。両図とも被検者 I・N の例であるが、図4は室温 22°C という通常的环境条件時の結果で、図5は室温 14°C という寒冷条件下の変化を示したものである。脈波振巾及び R-R 間隔の表示は、各位相とも15秒毎に12拍の計測を行ない、最高値と最低値を省き、残り10拍の平均値をそれぞれプロットし、時間経過にともなう変化を示した。

実験室温が 22°C のときの成績図4についてみると、体内温を示す直腸温は安静時から全く変化が認められない。身体の上五ヶ所から測定した皮膚温の変化についてみると、上腕の皮膚温は直腸温同様全く変動を示さなかった。大腿部皮膚温は落ち後1分間の潜時で、4分まで若干増減の変動を示すが、その後、安静時値を持続していく。また胸部皮膚温の変化は落ち後安静時に対し 0.05°C 増加しており、その後時間経過にともないさらに漸次増加の傾向を示し、回復15分時の値は安静時値より 0.15°C の増加であった。一方前額部の変化は、覚醒後一分位までは安静時より高いが、それ以後回復10分まで安静時値より低い値を持続し、その差の最も大きい時点は2分目から8分まで続き、安静時値との差は0.15°Cであった。

血圧については図のごとく、最大血圧、最小血圧、及び最大血圧と最小血圧の差である脈圧、さらに $\frac{\text{脈圧}}{3} + \text{最小血圧}$ で表わされる平均血圧を示した。すなわち脈圧は心拍動量の目安として、平均血圧は全身の血圧レベルの目安としてそれぞれ考えることができる。図でも明らかなとおり、覚醒直後の最大及び最小血圧値とも安静時より高い。すなわち前者は 20mmHg、後者は 14mmHg の増加である。その後、時間経過にともない漸次回復の傾向を示す。しかし2分目から4分目にかけては陰性相を呈したが、5分目からは安静時値に回復している。平均血圧、脈圧、の変化は最大血圧の変動とほぼ同様な傾向であった。

脈波振巾の変化は安静時に対する増減率で示してある。覚醒直後の値は、指尖、耳朶の両振巾とも5～10%の減少を示すが、覚醒15秒後から両者異なる経過を示している。すなわち指尖脈波振巾は回復10分まで常に安静時以下のレベルを持続し、その最低値は5～6分目で50%も減少している。一方耳朶の変化は、15秒後から指尖とは反対に約10%増加レベルを持続し、4分目ごろから5%前後の減少を認めるが、ほぼ安静時レベルを持続している。

R-R 間隔は覚醒直後短縮しており、その減少率はおよそ14%であった。しかし30秒後にはすでに安静時値をオーバーし、2分目からはほぼ安静時レベルを持続した。

図5に示した実験室温 14°C という寒冷条件下の成績についてみると、室温が低いと安静時の

各皮膚温は図4の例に比して2~4°Cも低い。しかし内部温は環境温に左右されないで皮膚と直腸温との温度差が大きい。このような室温での絞めによる影響については各測定項目とも図4に示した条件での変化と基本的には大きな差異を認めなかった。しかし変動巾については多少の差異はある。一般に覚醒直後の R-R 間隔の短縮および大腿部皮膚温の増加量等が著明であった。また落ち直後における最小血圧値が安静時値より低下しているため脈圧、平均血圧の変動が図4に示された傾向と若干異っている。

考 察

ここに示した末梢循環とは、主として皮膚血流の観察である。この皮膚血流を推定する方法として皮膚温測定と脈波の測定を行なった⁽⁴⁾⁽¹³⁾⁽¹⁶⁾。前者の場合皮膚温が筋血流による影響をうけないかとの危惧も生じるが、これについて Bishop は運動時の上腕血流についての変化から、皮膚循環は筋血流の影響をうけないと報告しており⁵⁾、また Sheard は皮膚温は血流のよい指標であるとのべている⁽²⁷⁾。したがって皮膚温変化から血流量を定性的に類推することは可能であると考えられる。

脈波による血流変化の観察にあたっては、脈波の振幅とか、立上りの傾斜、脈波水準の変化は血流量と0.8~0.9%の相関があるので比較的には血流動態を観察できよう⁽¹⁴⁾⁽¹⁶⁾⁽²⁵⁾。

そこでこの皮膚血流を調節するものは皮膚血管であることはいまでもなく、その神経支配は血管運動神経の収縮神経と拡張神経によって支配され、この作用によって血管径が変り、血流量が変化している。

一般の血管系とは異り皮膚血管の支配は、自動性の血管活動性と血管運動神経のうち収縮神経の支配を豊富にうけている。しかし皮膚血管の収縮は交感神経血管収縮神経線維の緊張により、また拡張は緊張性放電の抑制によって起こるのがほとんどである。このような皮膚血管の神経支配については、血流量、皮膚温、静脈酸素飽和度の記録や、化学物質の投与による神経遮断などから観察されている⁽⁵⁾⁽¹³⁾⁽¹⁵⁾。このような神経支配によって調節されている皮膚血管は、非常に伸展性のある静脈や動静脈吻合の多い部分で、安静時の血流配分も多いところである。

以上のごとき性質をもつ末梢血流の観察主眼を指尖と耳朶の脈波においてみた。前者は深部に筋がなく、腱と脂肪組織と骨が存在し皮膚を除いたこれらの組織の血流はその変化がきわめて小さく、したがって、指尖脈波の変化からは主として皮膚血流変化が推量される。また Goetz は指尖血流の主体を占めるのは皮膚血流であるとのべている⁽¹³⁾。一方後者においても解剖学的にはほとんど皮膚におおわれ、皮下に脂肪組織が発達している個所であり、したがってこの部位の血流変化も皮膚血流変化として推定できよう⁽⁶⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾。

そこで本実験で得られた絞め一覚醒後の血流変化についてみると、図3に示した絞めから回復過程に至る短時間の変化については、絞め開始直後から耳朶の血流は停止し、覚醒以後に一時血流の増加が認められる。一方指尖においては絞め中心血流は非常に減少し、特に覚醒後の減少が著明である。この10秒間の変化から、絞めは相手の頸動脈を圧迫することによる大脳への血流の機械的阻止のために、大脳での酸素欠乏が生じ落ちに至る。すなわち意識消失にいたらしめる技であるといえることができる。従ってこの現象は頭部への血流が阻止されるため記録された耳朶の血流は0レベルに低下する。また同時に連続的に記録した前額部の皮膚温も絞め中心わずかに低下の傾向を示している。これらの血流減少は活による覚醒とほぼ同時に回復するが、図4でも明らかにとおり回復初期には耳朶及び前額部の血流とも安静時水準を上廻る。このような現象が認められる位相時すなわち覚醒直後の R-R 間隔短縮や血圧値の著明な上昇を考えると、猪飼らも述べているように、絞めにさいしては、心臓に相当な負担がかかるものと考えられる⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾。すなわち、絞め中は頸動脈洞反射からくる心臓の抑制が生じ、また絞めを解除した後には反動的な心臓の促進があるため、絞め

を解いた後にも血圧の著しい上昇があると猪飼らは考察している⁽¹²⁾。したがって R-R 間隔の著明な短縮もこれと同様な機序が考えられる⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。また耳朶における皮膚血管の特性として、外部刺激に対する血管運動反射が四肢の皮膚血管に比して非常に小さく、あっても不明瞭な一時的な血管拡張のみであるといわれている⁽⁵⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹³⁾。従って前述の覚醒直後の血流増加および、回復初期にみられる頭部への血流上昇は、絞め解除による反動的な心臓促進によって生じ、血管運動神経線維の刺激よりむしろ末梢血管の平滑筋の性質による物理的な血流変動因子が強く働くことによって生じる頭部への血液供給の補償作用ではないかと推察される。

一方指尖では、絞めの準備段階からすでに血流減少が生じ、この減少は覚醒直後数秒間が著明である。さらに図4、5に示したごとく回復過程では常に安静時水準以上を持続している。このことは絞めの準備状態からすでに交感神経の緊張が著明で、その結果血管収縮神経緊張による血管径の縮小が血流減少を導いていると考えられる。またこの血管収縮によって生じる末梢血管抵抗の増大が覚醒直後の血圧上昇の一因子にもなっているかも知れない。

総 括

柔道の絞めによる末梢への影響を中心とした循環系の反応について追求した。

被検者は柔道歴5～6年の現役の大学柔道部員3名をえらんだ。絞めには数種類あるが本実験では送り襟絞と片十字絞を用いた。

測定項目は動脈血圧、心電図、皮膚温（前額部、右上腕部、右大腿部、右胸部）、直腸温、指尖及び耳朶の光電脈波である。実験に際しては、実験室内の温度を22～24℃、14～15℃の二つの条件下に分けて行なった。

その結果、次のごとき成績を得た。

①絞め準備段階で指尖脈波の振幅減少が、25%あるのに対し、耳朶の振幅は約0.8%程度の減少であった。この傾向は環境温度条件によって差を生じなかった。

②絞め一覚醒にかけての R-R 間隔は、落ち直前で短縮する場合と延長する場合があった。

③環境温度条件の差による各測定項目の絞めによる影響は、程度の違いはあっても基本的な変動経過には差を認めなかった。

④覚醒直後最高血圧の上昇、R-R 間隔の短縮が著明であった。

⑤覚醒後の回復過程において、指尖脈波の振幅は常に安静時以下を持続したが、耳朶では反対に安静時より若干高い値を示した。

以上のごとき成績から、頸動脈を圧迫する絞めによる末梢循環への影響は、頭部への血流動態と四肢への態度について、覚醒後の反応に差を認めた。すなわち覚醒直後及び回復初期の頭部への血流上昇は、絞め解除後の反動的な心臓促進によって生じ、血管運動神経線維の刺激よりはむしろ、末梢血管の物理的な血流変動因子が強く働くことによって生じた循環作用であると推察された。一方指尖の血流は、絞めの準備段階からみられる血管運動神経緊張による血管収縮の持続によって生じる血流減少であると考えた。

参考文献

- 1) 浅見高明, 松本芳三, 川村禎三 (1972): 柔道技術の研究, 構えと崩しについて, 講道館柔道科学研究会紀要, 4, 131-136.
- 2) Åstrand, I. (1967): Aerobic capacity, *Circulat. Res.* 20 (3) 211-217.
- 3) Åstrand, P. O. (1952): Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. Ejnar Munksgaard, Copenhagen.

- 4) Banister, E. W., T. K. Cureton, B. C. Abbott, and J. W. Pollard (1966): A comparative study of the brachial pulse wave and its time derivatives among athletic, normal and pathological subjects. *J. Sports Med.* **6** (2) 92-99.
- 5) Bishop, J. M., K. W. Donald, S. H. Taylor and P. N. Wormald (1957): The blood flow in the human arm during supine leg exercise. *J. physiol.* **137**, 294-308.
- 6) 江橋 博・芝山秀太郎(1973): 柔道「絞め」の末梢循環系に及ぼす影響, 第24回日本体育学会大会抄録集 136.
- 7) 江橋 博・芝山秀太郎(1974): 循環機能からみた生理的限界反応に関する研究(1) 柔道における「絞め」について, 体力研究 **27**, 10-20.
- 8) 江橋 博・芝山秀太郎・丹羽 昇(1974): 剣道「突き」の末梢循環系におよぼす影響, 第25回日本体育学会大会抄録集 578.
- 9) 江橋 博・芝山秀太郎(1975): 「息こらえ」の末梢循環系におよぼす影響, 第26回日本体育学会大会抄録集 455.
- 10) 江橋 博・芝山秀太郎(1977): 末梢循環系からみたオールアウト・テスト, 第27回日本体育学会大会抄録集 393.
- 11) 江橋 博・芝山秀太郎(1977): 乳酸注入の皮膚温および脈波の変化におよぼす影響, 第28回日本体育学会大会抄録集.
- 12) 江橋 博・芝山秀太郎, 西島洋子(1977): 網膜血管径におよぼす運動の影響, 第32回日本体力医学会総会抄録集.
- 13) Goetz, G. E. (1946): The rate and control of the blood flow through the skin of lower extremities. *Am. Heart J.* **31** (2) 146-182.
- 14) Hertzman, A. B. (1938): The blood supply of various skin area as estimated by the photoelectric plethysmograph. *Am. J. Physiol.* **124**, 328-349.
- 15) Hertzman, A. B. and J. B. Dillon (1939): Selective vascular reaction patterns in the nasal septum and skin of the extremities and head. *Am. J. Physiol.* **127**, 671-821.
- 16) Hertzman, A. B., Randall, W. C. and K. E. Jockim (1947): Relation between contaneous blood flow and blood content in the finger pad forearm and forehead. *Am. J. Physiol.* **150** (1) 122-132.
- 17) 猪飼道夫, 石河利寛他 (1958): 柔道における「絞め」の生理学的研究, 第1報, 総合研究, 講道館柔道科学研究会紀要, **1**, 1-12.
- 18) 猪飼道夫他 (1958): 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, 講道館柔道科学研究会紀要, **1**, 13-20.
- 19) Ikai, M. and A. H. Steinhaus (1961): Some factors modifying the expression of human strength. *J. Appl. Physiol.* **16** (1) 157-163.
- 20) 猪飼道夫・金子公有(1969): 柔道練習中の心拍数変動, 講道館柔道科学研究会紀要, **3**, 63-68.
- 21) 猪飼道夫・手塚政孝(1971): 血管迷走神経症候群からみた活法の研究, 柔道**42** (4) 50-58, **42** (5) 50-59.
- 22) 猪飼道夫・手塚政孝他(1972): 柔道活法の研究, 講道館柔道科学研究会紀要 **4**, 79-102.
- 23) 金芳保之(1970): 柔道固技のキネシオロジー的研究, 柔道, **41** (11) 52-59.
- 24) 増田 允・芝山秀太郎・江橋 博(1972): 循環機能からみた柔道選手の体力 (2) 主として心臓X線像からの観察, 講道館柔道科学紀要 **4**, 37-44.
- 25) 松田幸次郎 (1967): 末梢循環とその病態生理, 東京大学出版会, 東京.
- 26) 小川新吉・阿久津邦男・杉本良一・井川幸雄・坪井 実(1963): 柔道における「絞め」の生理学的研究, 下垂体, 副腎皮質系よりみた「絞め」の研究, 講道館柔道科学研究会紀要, **2**, 91-98.
- 27) Sheard, C. (1944): Temperature of skin and thermal regulation of the body. In Glasser et al. "Medical Physics" 1523-1531, Year Book Publishers, Inc., Chicago.

- 28) 芝山秀太郎, 江橋 博(1973): 「絞め」の末梢循環系に及ぼす影響. 柔道, 44 (1) 50-57.
- 29) Slonim, N. B. et al. (1957): Peak oxygen uptake of healthy young men as determined by a treadmill method. J. Appl. Physiol. 10 (2) 401-404.