柔道での血流制限下における打ち込みの効果

大川　康隆*

The effects of uchikomi with vascular occlusion

by
Yasutaka OHKAWA

（Received October 31, 2011）

Abstract

The purpose of this paper is to investigate the effects of uchikomi with vascular occlusion. Endocrinological data, such as plasma lactic acid, GH and ACTH levels were measured in order to evaluate the effects of this uchikomi. The endocrinological data was compared to that of Masuchi et al. (2009).

The results were as follows:

(1) The level of plasma lactic acid increased, which means uchikomi with vascular occlusion enhances one's endurance. (2) The fact that the level of plasma GH level increased than the resting level leads us to conclude that uchikomi with vascular occlusion has an anabolic effect. (3) The increase of plasma ACTH level was attested; however, it was within a reference level. (4) While the training rate of once every second, which is expected to be more effective entails risks of overworking as Masuchi et al. (2009) suggests, the training rate of uchikomi with vascular occlusion does not require high training rate in order to achieve the same effects in uchikomi with the training of once every second.

Further studies are needed in order to strengthen the validity of the study.

1　　研究目的

柔道における打ち込みを、酸素摂取量や心拍数から研究したもの(cf. 小澤ら，1994；　久永ら，1978；　杉山，1979；芳賀ら，1974)は、過去になされている。最新の研究として増地ら(2009)があり、そこでは経験的に知られている体力トレーニングとしての打ち込みを運動生理学的に、あるいは運動生化学的に検討している。

柔道の打ち込みでは、反復回数、継続時間、反復セット数等を変えることでその負荷とすることはできるが、重量や抵抗を負荷とし設定することは動きの複雑さから困難である。

本稿の目的は、負荷をかけることが困難な柔道の打ち込みにおいて、反復回数、継続時間、反復セット数の他に、四肢の血流を制限することで負荷をかける加圧トレーニングの手法を用いて、体力トレーニングとしての打ち込みの効果を、乳酸、副腎皮質刺激ホルモン、成長ホルモンを指標としその効果を考察することである。このように、打ち込みを体力トレーニングとし、血流制限という負荷をかけた研究はいまだ行われてはいない。

本研究では四肢の血流を制限してトレーニングを行う加圧トレーニングの手法を打ち込みに取り入れている。加圧トレーニングとは、専用のベルトを使用し、四肢の基部に圧力を加え適度に圧迫した状態かつ低負荷（20%1RM～40%1RM）でトレーニングを行うものである。四肢の基部を適度に圧迫した状態でのトレーニングでは、静脈の血流が制限され、筋肉では血液が貯留する。このような状態で筋肉が活動すると、筋肉内では酸素濃度が低下し、筋活動の結果生じる代謝物質、成長因子等が局所的に蓄積する。また、筋肥大に大きく関与することが知られている成長ホルモンなどが低負荷にもかかわらず分泌される(cf. 佐藤ら，2007)。加圧トレーニングの詳細については、佐藤ら (2007)、

*　東海大学総合経営学部マネジメント学科助教

Takarada et al. (2000、2002)を参照されたい。

2　方法

2.1　被験者

被験者は健康な男子大学生 2 名で、ともに 21 歳である。また、被験者 A は 15 年、被験者 B は 12 年の柔道競技歴があり、1 日 2 時間以上の稽古を週 6 回行っている。共に全国大会出場の競技レベルである。被験者には事前に本研究の趣旨、研究の内容、参加のリスク等を十分に説明し、同意書にて実験参加の同意を得ている。

比較群として用いた、増地ら(2009)の被験者(12 名)は、平均年齢 20.2 歳、10 年以上の柔道経験、1 日 2 時間以上の稽古を週 6 回行っている。したがって、本研究の被験者と比較群間には大きな違いは認められない。

2.2　実験

図 1 に示すように、1 回 30 秒の打ち込みを 30 秒間の休憩を挟みながら、5 回行うことを 1 セットとした。これを 10 分間の休憩を挟みながら、5 セット行った。

実験開始前に前腕の静脈より採血を行い、これを安静時データとした。セット間に採血を行い血液サンプルを採取し、各分析項目に適切な処理がされた後、SRL にて分析が行われた。測定項目は、乳酸、成長ホルモン、副腎皮質刺激ホルモンの 3 項目を解析対象とした。

すべての打ち込みは背負い投げを行うこととし、一本ずつ全力で行うように指示をした。

上記実験条件は増地ら(2009)を参考とし、その比較が容易になるように、時間、反復回数、セット数などの条件を整えた。(以下比較群のデータは増地ら(2009)より)

また、それぞれのセットの直前に四肢の基部を専用のベルトで加圧（上肢 120 mmHG、下肢 160 mmHG）し、各セットが終わるごとに除圧（ベルトを外すこと）した。

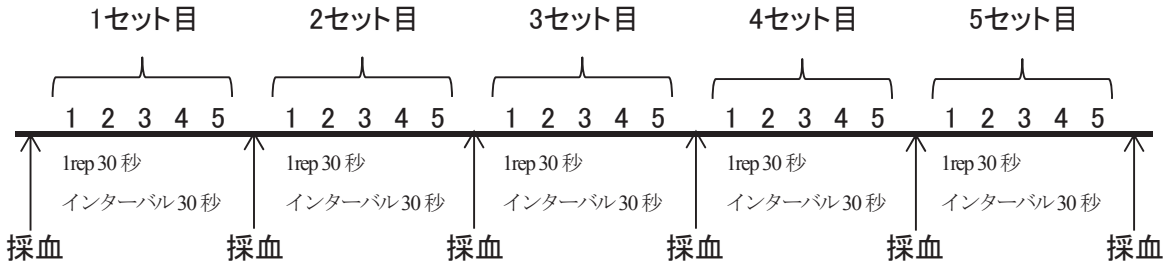

図 1　実験の流れ

3　結果

3.1　乳酸

図 2 では実験開始前と各セット終了後の血中乳酸値が示してある。安静時では被験者 A、B とも基準値内であった血中乳酸値は、1 セット目終了時にはそれぞれ 12.57 mmol/L、9.31 mmol/L へと増加した。数値としては多少の増減があるものの、その後のセット(2〜5 セット目)において被験者 A の血中乳酸値は 12.98±1.11 mmol/L という値であった。また、被験者 B も同様に数値に多少の増減はあるものの、その後のセットにおいての血中乳酸値は 8.64±0.51mmol/L という値であった。t 検定の結果、被験者 A、B の加圧群は、1 セット目から 4 セット目まで比較群と比べ有意な値を示している。(すべて $P<0.01$)

3.2　副腎皮質刺激ホルモン

図 3 では実験開始前と各セット終了後の血中副腎皮質刺激ホルモンが示してある。被験者 A では、安静時では基準値内であった血中副腎皮質刺激ホルモン（ACTH）は、1 セット目終了時には 79.1 pg/ml と急増し安静時と比べ高値を示している。また、その後のセットも安静時データと比較しても高値を示している。被験者 B では、安静時では基準値内であった血中副腎皮質刺激ホルモンは、1 セット目終了時には 26.3 pg/ml と微増したものの、大きな差は見られず、その後のセットにおいても安静時との差は見られなかった。t 検定の結果、5 セット目終了後のみ、比較群の方が被験者 A、B よりも有意な値を示している。(すべて $P<0.01$)

3.3　成長ホルモン

図 4 では実験開始前と各セット終了後の血中成長ホルモン(GH)値が示してある。被験者 A、B とも安静時と 1 セット目終了時の血中成長ホルモン値に差は見られるものの、他セットと比べその濃度の差は僅かであった。2 セット目は、被験者 A では血中成長ホルモン値が 17.5

ng/ml、被験者 B では 11.3 ng/ml と高値を示している。その後のセットにおいても、被験者 A、B ともに安静時と比べ高値を示している。t 検定の結果、被験者 A、B の加圧群の 2 セット目から 5 セット目までのそれぞれの値は、比較群の 5 セット目の値と比べ有意な値を示している。(すべて P<0.01)

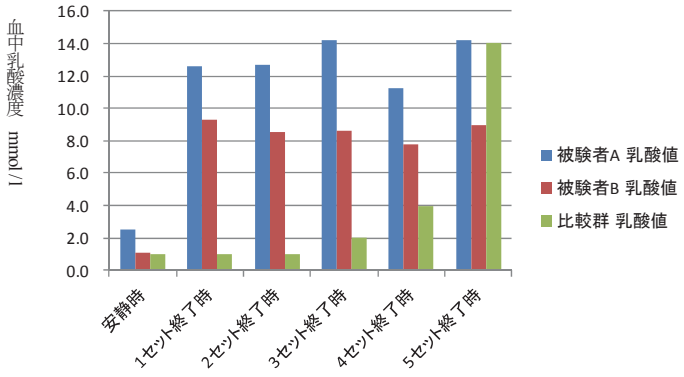

図 2　セット毎の乳酸値

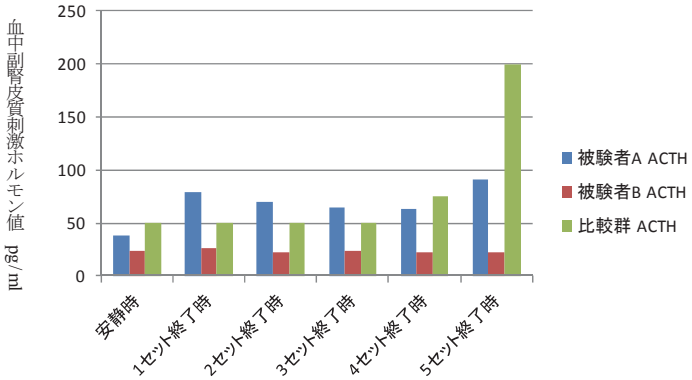

図 3　セット毎の副腎皮質刺激ホルモン値

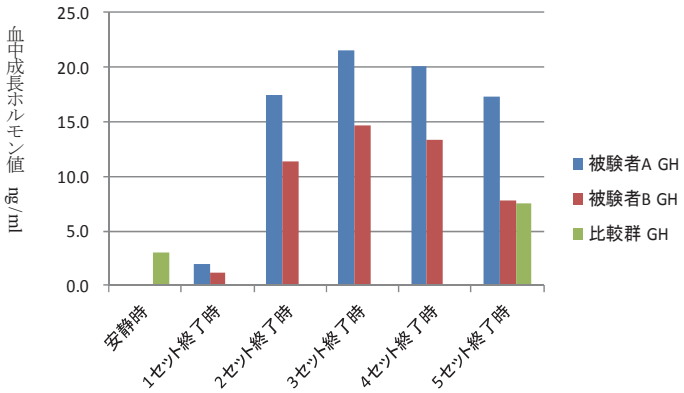

図 4　セット毎の成長ホルモン値

図 4 上で安静時の被験者 A、B の値が明示されないのは、成長ホルモン値がそれぞれ 0.13ng/ml、0.22ng/ml のためである。また、比較群は安静時と、5 セット目終了時の 2 回のみ測定している。

4　考察

4.1　乳酸

増地ら(2009)では、1.5 秒に 1 回のペース（つまり、30 秒間で 20 回）の打ち込みは LT 強度以上の運動強度で OBLA に相当する強度に相当すると推察している。これは LT や OBLA を超える強度の運動が持久力パフォーマンスを向上させるという点からである（cf. Kindermann et al., 1979）。具体的には、1.5 秒に 1 回でのペースでは血中乳酸値は 4 mmol/L、1 秒に 1 回のペースでは血中乳酸値は 13.8±0.6 mmol/L になると報告している。つまり、30 秒間に 20 回以上の打ち込みを 5 セット行うことが持久力向上の体力トレーニングとして有用であるということである。

本研究での血流制限下における打ち込みでは、30 秒間に 20 回を超えて打ち込みが行われたのは被験者 A、B ともに各セットの 1 回目だけである（APPENDIX 表 1、表 2 参照）。つまり、血流制限下では 30 秒間に 20 回を超えるような打ち込みを 5 セット連続で行わずとも、図 2 で示したように乳酸の蓄積が認められる。上記のように、1.5 秒に 1 回のペースで行われた打ち込みでは血中乳酸値は 4 mmol/L であるが、血流制限下での打ち込みではこのようなペースで 5 セット連続で行わずとも、1.5 秒に 1 回以上のペースで行われた打ち込みと同様かそれ以上の乳酸の蓄積(被験者 A の場合 12.98±1.11 mmol/L)が認められる。

また、比較群においては、徐々に乳酸が蓄積し 5 セット目に加圧群と同程度の乳酸の蓄積が認められるのに対して、加圧群では 1 セット目終了時に既に比較群の 5 セット目と同等の乳酸の蓄積が認められる。このような早期の乳酸の蓄積は比較群には見られない加圧群特有の変動パターンである。

4.2　副腎皮質刺激ホルモン

増地ら(2009)では 1.5 秒に 1 回のペースでは副腎皮質刺激ホルモン濃度の上昇が認められず、1 秒に 1 回のペースでは安静時と比較し有意に増加することが認められると報告している。つまり、30 秒間に 30 回の打ち込みを行うことを 5 回繰り返し、それを 5 セット行うことが、副腎皮質刺激ホルモン値から判断するに、十分な生態刺激となり、内分泌動態に有意な影響を及ぼすと推察している。比較群ではセット毎に徐々に副腎皮質刺激ホルモン値が上昇しているのに対して、加圧群においては明確な上昇

がみられず、比較群に対して変動パターンが異なる。

本研究での血流制限下における打ち込みでは、被験者 A は安静時と比較し各セット終了時に増加が見られるが、被験者 B において差は見られなかった。

被験者 A にとっては本実験での血流制限と打ち込みの回数が血中副腎皮質ホルモン濃度を上昇させるに十分であり、被験者 B にとっては十分ではなかったと分析することも可能である。つまり、四肢の血流を制限するための圧が不足していた可能性がある。また、血流制限下では副腎皮質ホルモンの上昇はあまり認められない可能性もある。しかし、本研究ではどちらか一方の可能性を選択することはできない。さらなる研究が必要ではあるが、被験者 B の血中乳酸、成長ホルモンの上昇値から推測するに、本研究での実験強度(四肢の血流制限の為の圧)が不足していた可能性も考えられる。血流制限の為の圧と内分泌系の関係は本研究の射程を超えているので結論は今後の研究を待ちたい。

4.3 成長ホルモン

増地ら(2009)では成長ホルモンを安静時と 5 セット目終了時の 2 回のみ測定しており、各セット終了時の血中成長ホルモン値は不明である。しかしながら、5 セット目終了時には安静時と比較し成長ホルモン濃度が有意に増加している為、筋タンパク合成などのアナボリック効果を引き出す可能性があると報告している。

本研究での血流制限下における打ち込みでは、1 セット目終了時に増加は認められるものの、血中成長ホルモン濃度自体はあまり上昇していない(図 4)。しかしながら、2 セット目終了時から 5 セット目終了時までの各セットにおいて、比較群と比べ、その上昇は著しい(図 4)。McCall et al. (1999)によれば、筋肥大のうち約 50 パーセントがトレーニング直後に分泌される成長ホルモンに依存した効果であると推定される。成長ホルモン値という観点からみると、血流制限下における打ち込みは、血流制限なしの打ち込みよりも、筋タンパク合成などのアナボリック効果がより高い可能性がある。

5 まとめ

本研究で、血流制限下で 30 秒間の打ち込みを 30 秒のインターバルを挟みながら 5 回繰り返すことを 1 セットとし、それを 5 セット行うものであった。これは増地ら(2009)との比較を考慮に入れ、時間、反復回数、セット数を同じ条件とした。

打ち込みを体力トレーニングとして行うにあたり血流制限下では乳酸値、成長ホルモン値は、血流制限無しの場合のように1.5秒に1回以上というハイペースで行わずともトレーニング効果が期待できることがわかった。

副腎皮質ホルモンに関しては、本研究では血中濃度の差が個人差であるのか、血流制限という環境から生じる差なのか結論付けるに至らなかった。

乳酸、成長ホルモン、副腎皮質刺激ホルモンにおいては、血流制限下と血流制限無しとの比較を通じて、血流制限下にて、トレーニングとしての打ち込みの特徴が見いだせた。

しかしながら、血流制限下においての独自の打ち込み回数、反復回数、セット数というのを追求するには至らなかった。血流制限下での適切なトレーニングとしての打ち込み方法を今後探る必要がある。また、本研究では被験者が 2 名であり、本研究での結果が普遍的なものであるかという点を明確にする為にも、被験者数を増やしさらなる実験が必要である。

参考文献

小澤雄二、成松英雄、小郷克敏、錦井利臣 (1994) 生理的変動から見た柔道練習の運動強度, 熊本大学教育学部紀要 自然科学 43 : 63-69

佐藤義昭、石井直方、中島敏明、安部孝 (2007) 加圧トレーニングの理論と実践, 講談社サイエンティフィク, 東京

増地克之、町田正直、松井崇、薬師寺巨久、金野潤、小山勝弘、岡田弘隆、金丸雄介、小俣幸嗣、武政徹 (2009) 柔道における持久力および筋力トレーニングとしての打ち込みの効果 : 運動生理・生化学的観点からの検討, 武道学研究, 42-(2): 1-9

杉山允宏 (1979) 柔道における打ち込みの運動強度, 愛媛大学教育学部紀要, 第 1 部教育科学 26: 207-220

久永哲雄、貝瀬輝夫、佐藤幸夫 (1978) 高校生・大学生の柔道鍛錬者における呼吸循環機能及び練習強度について, 武道学研究, 11-(2): 56-58

芳賀脩光、浅見高明、小野沢弘史 (1974) 女子柔道における練習中の酸素摂取量と心拍数変動について, 武道学研究, 7-(2): 27-33

Kindermann W, Simon G, Keul J. (1979) The Significance of the Aerobic-anaerobic Transition for the Determination of Work Load Intensities during Endurance Training, Eur J Appl. Physiol 42: 25-34

McCall GE et al. (1999) Acute and chronic hormonal responses to resistance training designed to promote muscle hypertrophy, Can J Appl Physiol 88: 61-65

Takarada Y, Sato Y, Ishii N (2002) Effects of Resistance Exercise Combined with Vascular Occlusion on Muscle Function in Athletes, Eur J Appl Physiol 86: 308-314

Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, Takebayashi S, Tanaka Y, Ishii N (2000) Effects of Resistance Exercise Combined with Moderate Vascular Occlusion on Muscular Function in Humans, J Appl Physiol 88: 2097-2106

APPENDIX

表 1 打ち込み反復回数(被験者 A)

被験者A					
	1set	2set	3set	4set	5set
1rep.	24	20	18	20	19
2rep.	13	11	12	11	11
3rep.	10	10	9	8	8
4rep.	8	8	7	9	7
5rep.	6	8	6	7	6

単位：回

表 2 打ち込み反復回数(被験者 B)

被験者B					
	1set	2set	3set	4set	5set
1rep.	25	22	22	22	24
2rep.	15	12	12	14	15
3rep.	11	12	10	10	10
4rep.	12	9	8	8	8
5rep.	8	9	7	8	10

単位：回