

## 体操競技中の選手の心拍数変動

岡村 輝一・鈴木 省三

### I はじめに

近年の体操競技の技術の進歩はめざましく、採点規則にあわせて高得点を得るために、激しい動きを含む難度の高い演技内容が選手に要求されている。跳馬を例にとると、前転とび1回ひねりや塚原とびのような運動であっても、従来までは高得点を得ることが可能であったが、現在の採点規則によると、前転とびひねり後方伸身宙返り（伸身クエルポ）や伸身塚原とび1回ひねりのように高度で複雑な複合技でなければ高得点を得ることができないのが現状である。したがって体操競技の練習計画を立案する場合や、競技会における競技成績の向上を計るためにも、現在実施されている体操競技の運動強度を適確に把握していなければならない。

従来、各種運動の強度については山岡<sup>13)</sup>のエネルギー代謝率によって表わされているが、体操に関しては、ラジオ体操や準備体操についての報告である。体操競技中のエネルギー代謝率の測定が望まれるが、体操競技中の動きは素早くかつ複雑な動作を伴なうことから、選手に50~100ℓのダグラスバッグを装着させて酸素消費量を測定してエネルギー代謝率を算出することは困難である。

酸素摂取量が心拍数と極めて高い相関をもっていることから、運動中の心拍数を測定することにより、各種の運動強度の推定やトレーニング管理がなされるようになってきた。すなわち、サッカー<sup>8)</sup>、バレーボール<sup>9)</sup>、スキー距離競技<sup>10)</sup>、卓球<sup>11)</sup>などの各種運動中の心拍数については数多く報告されているが、体操の心拍数に関しては、Seliger<sup>11)</sup>の基礎体操、Faria<sup>2)</sup>による女子の体操競技、山岡ら<sup>14)</sup>のジャズ体操についての報告などであり、男子の体操競技中の心拍数については、Kozar<sup>6)</sup>、橋村と宮下<sup>3)</sup>の報告

と極めて少ない。Kozarの体操競技中の心拍数の報告では、ゆかと跳馬の2種目は測定されておらず、あん馬、つり輪、平行棒、鉄棒の4種目を1人の競技選手が実施したときの結果であり、また橋村と宮下の報告は、元カナダジュニアチャンピオンである大学体操競技選手1例のみの結果である。

そこで本研究では、オリンピック日本代表選手を含む6~15年と比較的長い経験年数を持つ体操競技選手を対象として、ゆか、あん馬、つり輪、跳馬、平行棒、鉄棒の6種目の体操競技中の心拍数を測定して、心拍数から体操競技中の選手にかかる生体負担度を検討し、その運動強度の推定を試みた。

### II 方法

被験者は男子体操競技選手6名であり、彼等の体操競技の経験年数および身体的特性を表1に示した。被験者O. T. はミュンヘンオリンピック日本代表選手で、かつ世界選手権大会に2回の出場経験を持つ日本を代表する体操競技選手である。他の5名は大学体操競技選手であり、全日本学生体操競技選手権大会などに出場した選手である。

体操競技中の心拍数は1980年11月および1985年3月に仙台大学第一体育館において測定した。1980年11月には、O. T.、K. A. の2名を被験者として、NARCO社製ECGテレメータ（送信機重量35g）を使用し、跳馬を除くゆか、あん馬、つり輪、平行棒、鉄棒の5種目の競技実施中の心拍数を無線搬送し、ペン書きオシログラフに連続記録した。1985年3月の測定では、O. M.、O. R.、D. M.、N. Y. の4名について、VINE社製携帯用心拍記憶装置VHM-1（重量170g）を使用して、ゆかを除くあん馬、つり

表1 被験者の身体特性

被験者	年 齢	経験年数 年	身 長 cm	体 重 Kg	背筋力 Kg	反復横跳 回	垂直跳 cm	上体そら し cm	体前屈 cm	$\dot{V}_{O_2}$ MAX ml/Kg·min
O. T.	32.5	15	155.5	54.3	225	40	54	55	24	49.0
O. M.	21.6	9	166.7	55.5	162	54	71	58	27	55.3
O. R.	21.3	9	156.8	53.0	135	49	66	57	22	50.2
D. M.	21.2	9	169.3	65.0	170	50	74	62	24	51.1
K. A.	21.2	7	163.0	56.5	162	41	67	—	—	—
N. Y.	21.1	6	161.0	56.0	166	48	57	72	29	—
$\bar{X}$	23.2	9.2	162.1	56.7	170	47.0	64.8	60.8	25.2	51.4
S. D.	4.2	2.9	4.9	3.9	27	5.0	7.2	6.0	2.5	2.4
ミュンヘンオリンピック 日本代表選手 n=7										
$\bar{X}$	24.8	—	163.2	61.1	188	39.2	61.5	61.4	29.0	—
S. D.	1.7	—	4.8	5.1	34	1.9	7.8	4.9	2.7	—

輪、跳馬、平行棒、鉄棒の5種目の競技中における心拍数を連続記録した。

被験者 O. T. の測定時期（1980年11月）は第一線の競技選手を引退したあとであるが、同年の5月にはモスクワオリンピック最終予選会に出場しており、現役時代と比較して技術や体力的にはあまり低下していないと思われる。K. A. は2週間後に競技会を控えており、練習を十分に積んでいる時期に測定を行った。O. M., O. R., D. M., N. Y. は約1カ月間の強化練習のあとで、1週間後に競技会を控えている時期の最も調子の良い日に測定した。O. T., K. A. については、約1時間の準備運動のあと電極を装着し、ゆか、あん馬、つり輪、平行棒、鉄棒の順に断続的に記録した。O. M., O. R., D. M., N. Y. は1週間後に競技会を控えていることから、総仕上げの練習会すなわち試合会中に心拍数を測定した。

つまり、最初の試技1時間前から心拍記憶装置を装着し、準備運動を含めて、あん馬、つり輪、平行棒、鉄棒、跳馬の順序で連続して記録した。

なお6人の被験者の形態的特徴を知るために、身長、体重、背筋力、反復横跳、上体そらし、体前屈などを測定するとともに、6名中4

名の選手には、トレッドミル exhaustion テストを実施して、最大心拍数および最大酸素摂取量を測定した。

### III 結 果

#### 1) 被験者の身体的特徴

本実験の被験者6名をミュンヘンオリンピック日本代表選手7名<sup>7)</sup>の形態および体力と比較してみると（表1）、反復横跳と垂直跳にはすぐれているが、体重、背筋力、上体そらし、体前屈についてはミュンヘンオリンピック日本代表選手の値がすぐれていた。個々にみると、O. T. は身長155.5cm、体重54.3kgと小柄な選手であるが、背筋力が225kgと大きく、ミュンヘンオリンピック日本代表選手の平均188kgをはるかにうわまっております、この選手は筋力にすぐれていることがわかる。O. M. は反復横跳54回、垂直跳71cm、最大酸素摂取量55.3ml/kg·minと本実験の被験者6名の中でも高く、敏捷性、瞬発力、全身持久力などがすぐれており、体力的にも極めてめぐまれた選手であることがわかる。O. R. は身長156.8cm、体重53kgと小柄であり、背筋力も135kgと6名中最も小さく、体前屈も22cmと6名の平均値22.2cmを下まわっており、筋力が弱いうえに柔軟性に欠ける選手で

あった。D. M. は身長 169.3cm, 体重 65kg と 6 名中最も大柄な選手であり、垂直跳が 74cm と高い値を示し瞬発力にすぐれている選手である。K. A. は敏捷性が低く、N. Y. は上体そらし 72cm, 体前屈 29cm と 6 名中最も柔軟性にすぐれている選手であった。

2) 体操競技中の種目別最高心拍数

表 2 は本実験の被験者の起床時心拍数, トレッドミル exhaustion テストで得られた最高心拍数, および体操競技中の各種目実施中に得られた最高心拍数の値を示したものである。

個人別にみると, D. M. は平行棒で 217 回/分, 鉄棒で 214 回/分, つり輪で 213 回/分, あん馬で 198 回/分 といずれもトレッドミル exhaustion テストで得られた最高心拍数の 196 回/分を越えており, さらに跳馬においても 189 回/分とどの種目においても高く, ゆかを除く 5 種目の最高心拍数の平均と標準偏差は 206.2 ± 10.8 回/分であった。最も低い心拍数は N. Y. の跳馬における 131 回/分であり, 他の種目でも 155 ~ 163 回/分で, 5 種目の平均と標準偏差は 152.2 ± 11 回/分であった。

図 1 は 6 種目の体操競技中の最高心拍数の平均値を示したものである。ゆかは被験者 2 名の

平均であるが, 180 回/分 (O. T. 177 回/分, K. A. 183 回/分) であり最も高く, ついで鉄棒の 177.5 回/分, つり輪の 176.5 回/分, 平行棒の 174.2 回/分, あん馬の 171.0 回/分であり, 跳馬は 151.3 回/分と最も少なかった。なお運動時間はゆかが 75.5 秒, つり輪 44.8 秒, 鉄棒 35.5 秒, 平行棒 32.0 秒, あん馬 24.3 秒であり, 跳馬が 5.8 秒と最も短かった。

3) 体操競技中の心拍数変動

A : O. T. の場合

被験者 6 名のうち O. T. はオリンピック選手であり, 他の 5 名に比較して競技能力が極めて高い。そこで O. T. のゆか, あん馬, つり輪, 平行棒, 鉄棒の試技中およびその前後の心拍数変動をとり出して図 2 に示した。ゆかは演技時間が 60 秒であり, 177 回/分, あん馬は 25 秒の演技時間で 162 回/分, つり輪は 45 秒の演技時間でトレッドミル exhaustion テスト時の最高 186 回/分より高い 189 回/分を示した。平行棒は 21 秒の演技時間で 171 回/分, 鉄棒は 26 秒で 177 回/分に上昇した。

B : O. M., O. R., D. M. の場合

図 3 は被験者 O. M., O. R., D. M. の準備運動中とゆかを除く 5 種目の体操競技中の心拍数

表 2 個人別最高心拍数

被験者	安静時心拍数 回/分	最高心拍数 回/分	ゆか 回/分	跳馬 回/分	あん馬 回/分	つり輪 回/分	平行棒 回/分	鉄棒 回/分	平均 回/分 X ± S. D.	相対心拍数 %	※運動強度 推定値 %
O. T.	66	186	177 (60)	—	162 (25)	189 (45)	171 (21)	177 (26)	176.8 ± 8.3	95.0	95
O. M.	61	198	—	143 (6)	172 (27)	172 (47)	167 (39)	168 (30)	169.8 ± 2.3	85.8	85
O. R.	58	192	—	142 (6)	169 (27)	165 (41)	156 (34)	171 (38)	165.3 ± 5.8	86.1	81
D. M.	59	196	—	189 (5)	198 (27)	213 (47)	217 (35)	214 (30)	206.2 ± 10.8	105.1	110
K. A.	55	—	183 (91)	—	162 (19)	165 (41)	177 (33)	180 (54)	171.0 ± 7.6	—	86
N. Y.	56	—	—	131 (6)	163 (21)	155 (48)	157 (30)	155 (35)	152.2 ± 11	—	72
$\bar{X}$	59.2	193	180.3	151.3	171.0	176.5	174.2	177.5	173.5	92.9	88.2
S. D.	3.6	4.6	3.0	22.3	12.6	19.3	20.5	18.2	16.4	8.0	11.9
$\bar{X}$ S. D.			(75.5) (15.5)	(5.8) (0.4)	(24.3) (3.2)	(44.8) (2.9)	(32.0) (5.6)	(35.5) (9.1)			

( ) は運動時間, 秒・※体育科学センター, 1976. の表にもとづく。

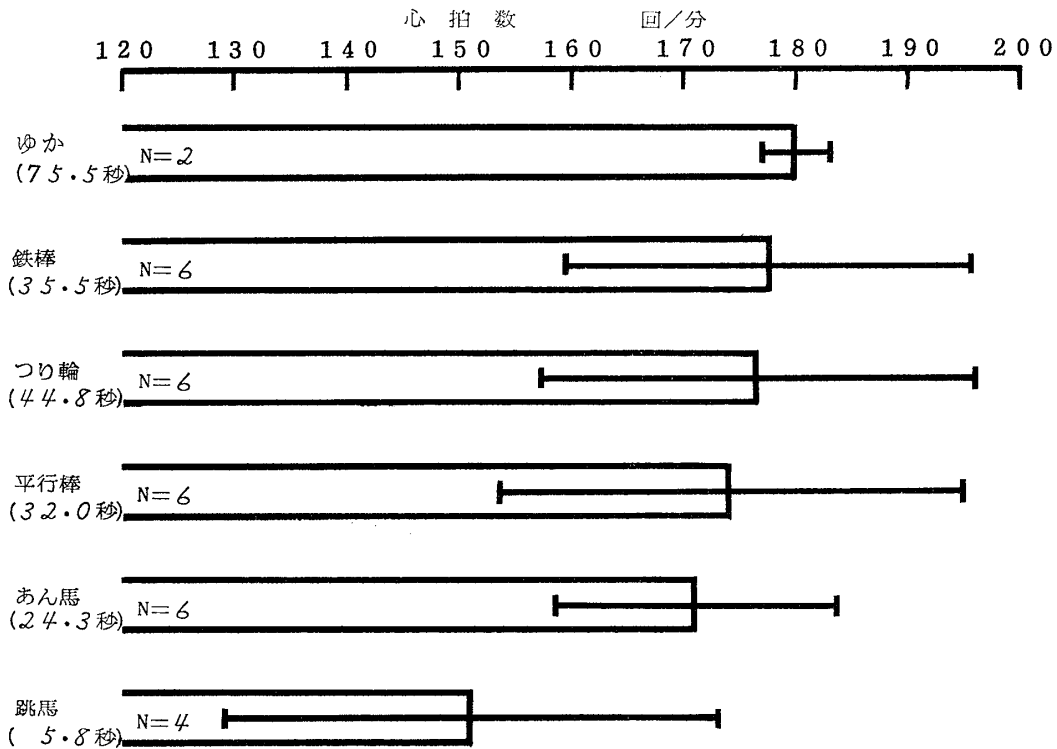


図1 種目別最高心拍数の比較

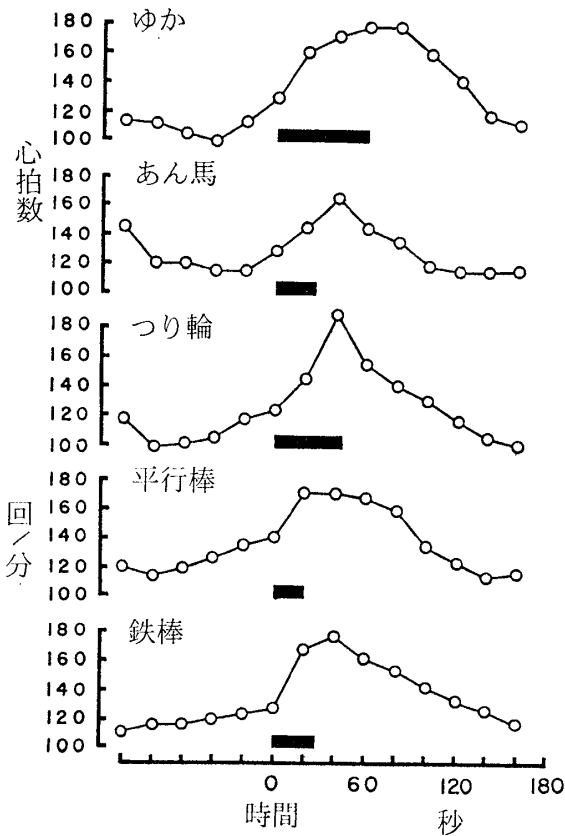


図2 O.T.のゆか、あん馬、つり輪、平行棒、鉄棒試技中の心拍数の変化 (—運動)

の変動を、心拍記憶装置を用いて記録したものにより示したものである。

準備運動中の心拍数についてみると、O.M.が140~160回/分、O.R.が120~140回/分、D.M.は100~140回/分であった。試技中の心拍数について、O.M.はあん馬で172回/分、つり輪で172回/分、平行棒で167回/分、鉄棒で168回/分、跳馬で143回/分であった。O.R.についてみるとあん馬169回/分、つり輪165回/分、平行棒で156回/分、鉄棒で171回/分であり跳馬は142回/分であった。またD.M.についてみると、あん馬で198回/分、つり輪で213回/分、平行棒で217回/分、鉄棒で214回/分、跳馬で189回/分であった。

被験者O.T.と他の5名とは年齢層が異なり、同一心拍数であっても年齢の上の者の方が一般に負荷が大となることが知られているので、運動強度に対する年齢別心拍数をもとに、運動強度を補正してみる必要がある。

体育科学センター(1976)<sup>12)</sup>が示している表をもとに、各選手の運動強度を推定してみると、表2の右欄のようであった。

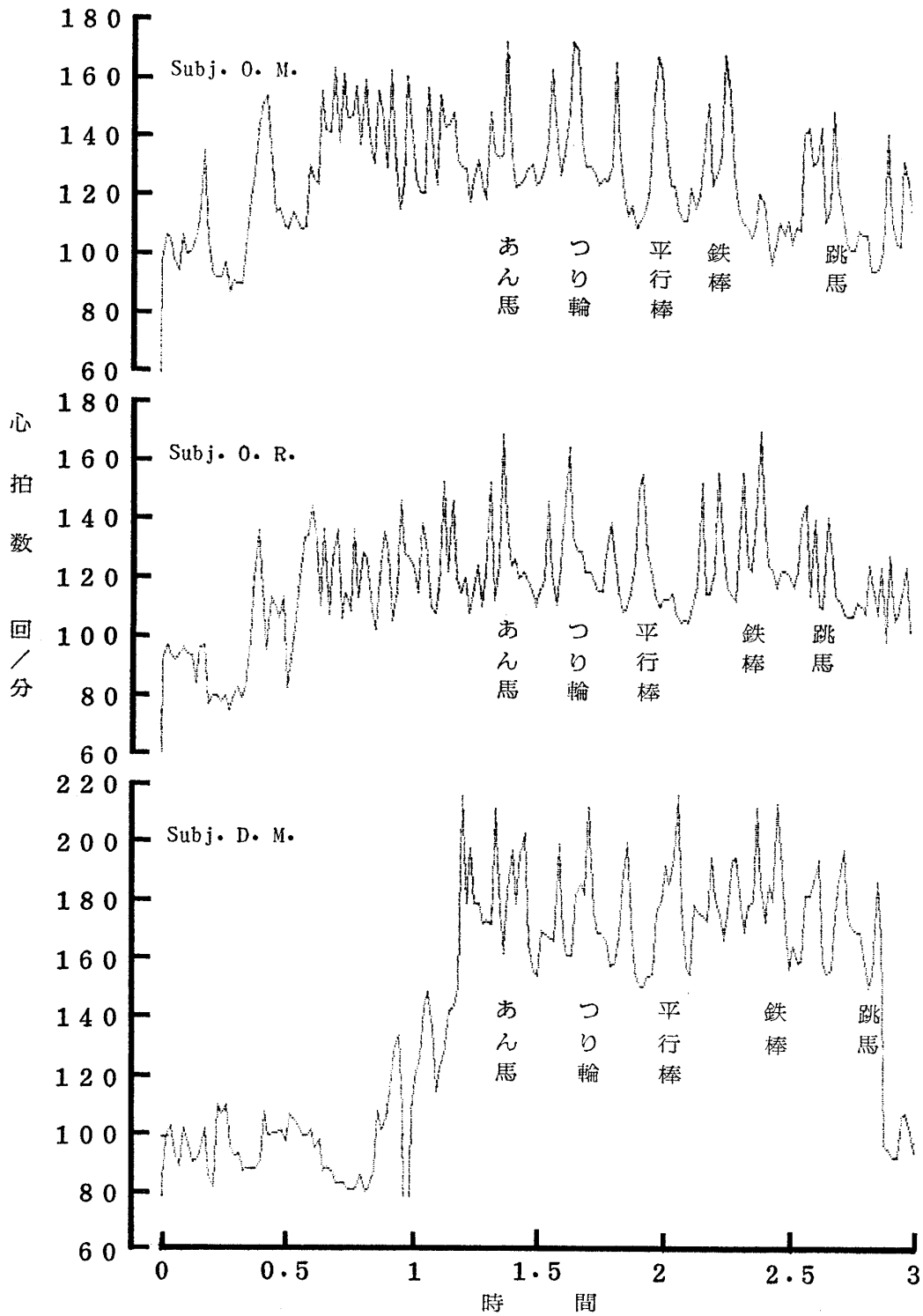


図3 体操競技中の心拍数変動

#### IV 考察

現在の体操競技選手にとって、従来までとは考えられなかった複雑で高度な演技内容が必要とされている。鉄棒種目一つをとりあげてみて

も、この5～6年間の間に演技内容は大きく変化している。トカチェフ（背面開脚とびこし懸垂）やイエーガー（前方開脚宙返り懸垂）、ギンガー（後方閉脚屈身宙返りひねり懸垂）などの新しい技術が発表されてから10年も経過して

いないにもかかわらず、トカチェフ連続や、トカチェフ即ギンガーなどの難度の高い連続技を安定して演技しなければ高い得点を得ることはできない。さらに終末技として後方かかえ込み3回宙返りや後方伸身2回宙返り2回ひねりといった、従来までは想像さえできなかった新しい技が次から次へと出現している。従って、体力を上まわる演技内容が要求され、採点規則に合わせて高得点を得るために、筋力トレーニングや持久力トレーニングをおろそかにして、技術の習得に重点を置く練習を行う選手が多くなってきている。

そこで現在の体操競技実施中の心拍数を連続記録して、演技中の心拍数変動から、体操競技の運動強度を検討した結果、現行の体操競技は極めて高い運動強度であることが判明した。すなわち、本実験における跳馬を除く5種目の演技時間は平均42秒間と短いにもかかわらず、心拍数は平均173.5回/分と高かった。(表2)

トレッドミル exhaustion テストで得られた最高心拍数を100%とし、体操競技中の心拍数を相対値で見ると、O. T. は平均95%、O. M.、O. R. は平均86%、D. M. は平均105%であり、4人の平均は93%と極めて高い。またトレッドミル走行時の最大心拍数は198回/分、演技中の最大値についてみると、ゆかが183回/分、跳馬が189回/分、あん馬が198回/分、つり輪213回/分、平行棒が217回/分、鉄棒214回/分となり、実測値においても個々の選手の最高心拍数に近い値を示していた。

Kozar の報告<sup>9)</sup>における被験者は、1961年の全米体操競技選手権大会で、鉄棒、平行棒、あん馬、つり輪で優勝した男子体操競技選手一名であり、この被験者に上記4種目の演技を実施させたときの結果は、平行棒150回/分から169回/分、鉄棒140回/分から162回/分、あん馬は157回/分、つり輪は145回/分から162回/分であったという。

また橋村と宮下<sup>3)</sup>の報告による元カナダジュニアチャンピオンで、後にK大学に入学した大学体操競技選手の練習中の最高心拍数は160～

180回/分と報告されている。

これらの二つの報告はともに、一名の体操競技選手を被験者にして、各種目を1～2回試技させた時の心拍数の反応である。本実験では被験者6名にゆかから鉄棒にいたる6種目の演技を行なわせ心拍数を測定したが、これら2つの報告と本研究の結果を比較検討すると、Kozar が1962年に報告している体操競技中の心拍数は、橋村と宮下の値や本研究の値よりも低い値を示している。この理由は必ずしも明確ではないが、演技中の技の難易度に関係があるものと推察される。すなわち、1960年代の最も難易度の高い技は、ゆかにおける後方伸身宙返り1回ひねりや、鉄棒の後方かかえ込み2回宙返りに代表されるが、現在これらの技は初心者でも実施可能な簡単な技になっている。

また、種目別に運動強度をみると、ゆかが180回/分と最も心拍数が高く、次いで鉄棒、つり輪、平行棒、あん馬の順であり、運動時間の短い跳馬は151回/分と最も低い。この種目別運動強度は演技時間と関係があり、演技時間が長ければ心拍数も高く、跳馬のように演技時間が短かければ、心拍数は低いという傾向が得られた。

しかし、種目別の運動強度を算出するためには、一種目の演技が終了する毎に、心拍数が安静値に回復する事実を確認しなければならないが、今回の実験では一連の試合形式の中で心拍数を連続記録したものであり、このような測定では、種目別の運動強度を正確に把握することはできなく、今後の課題である。

近年、世界の体操競技の技術の進歩は著しく、高得点を得るために難易度の高い演技内容が要求されているが、本研究の結果からも現行の体操競技中の心拍数は高く、このことは、現在の体操競技選手が演技中に受ける生理的負荷の極めて大きいことを示しているものといえよう。

## V 要約および結論

オリンピック日本代表選手を含む男子体操競技選手6名を対象にして、ゆか、あん馬、つり

輪、跳馬、平行棒、鉄棒の6種目の体操競技試技中の心拍数を、ラジオテレメトリーおよび携帯用心拍記憶装置により連続記録し、心拍数から体操競技中の選手にかかる生体負担度を検討し、以下の結果を得た。

1. 体操競技中の最も高い心拍数はゆかの180.0±3.0回/分であり、鉄棒177.5±18.2回/分、つり輪176.5±19.3回/分、平行棒174.2±20.5回/分、あん馬171.0±12.6回/分であり、跳馬は最も低く151.3±22.3回/分であった。

2. 試技中に最も高い心拍数が得られたのは、被験者D.M.の平行棒における217回/分であり、トレッドミル exhaustion テストで得られた最高値よりも5%高い値となった。

3. 体操競技中の最高心拍数の平均は173.5±16.4回/分であり、運動時間が6秒から75秒と比較的短時間の運動であるにもかかわらず、最高心拍数の93%と、体操競技中の選手にかかる生体負担度はかなり高いと考えられる。

以上につき、若干の考察を加えた。

なお、本研究の一部は、日本体育学会第36回大会において口演発表<sup>9)</sup>した。

御指導をいただいた佐藤佑教授、および御校閲をいただいた佐藤捷教授に謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) Brouha, L. and Radford, E. P. Jr. : The cardiovascular system in muscular activity. In Johnson, W. R., ed. : Science and medicine of exercise and sports. 1st. ed. Harper and Brothers, New York, 1960.
- 2) Faria, I. E. : A study of telemetered cardiac response of young boys and girls during gymnastics Participation. *J. Sports. Med.*, 10, 3, 145-150, 1970.
- 3) 橋村 勝, 宮下充正 : カナダのスポーツ選手のトレーニング中の心拍数変動. *J. J. Sports. sci.*, 4, 4, 269-272, 1985.
- 4) 今井 創, 山地啓司, 関岡康雄 : 各種運動時の心拍数からみた運動強度. *新体育*, 50, 72-78, 1980.
- 5) 加賀谷淳子, 岡田真理子 : 呼吸循環系反応からみたバレーボール・パスの運動強度. *体育科学*, 6, 43-53, 1978.
- 6) Kozar, A. J. : Telemetered heart rates recorded during gymnastic routines. *Res. Quart.*, 34, 1, 102-106, 1962.
- 7) 黒田善雄, 塚越克己, 雨宮輝也, 鈴木洋児, 太田裕造 : 第20回ミュンヘン・オリンピック日本代表選手体力測定報告. 昭和47年度日本体育協会スポーツ科学研究報告, 25-26, 1972.
- 8) 松本光弘, 小宮喜久, 久保田洋一, 岩村栄吉 : サッカーのゲーム分析の研究—ゲーム中の運動強度を中心として—. *福島大学教育学部論集*, 第29集, 55-65, 1977.
- 9) 岡村輝一, 鈴木省三, 佐藤 佑 : 体操競技中の心拍数. *日本体育学会第36回大会号*, 694, 1985.
- 10) 佐藤 佑, 中川功哉 : 心拍数からみたスキー距離競技のトレーニング—ローラースキーおよび50km雪上滑走の場合—. *体力科学*, 33, 6, 462, 1984.
- 11) Seliger, V. : Energy metabolism in selected physical exercises. *Int. Z. angew. Physiol.*, 25, 104-120, 1968.
- 12) 体育科学センター編 : 健康づくり運動カルテ. 講談社, 1976.
- 13) 山岡誠一 : スポーツのエネルギー代謝に関する研究(第2報). *体育学研究*, 1, 123-126, 1951.
- 14) 山岡誠一, 野原弘嗣, 平川和文, 柳田泰義, 飯田貴子, 八幡康子 : ジャズ体操の運動強度. *体育科学*, 6, 1-8, 1978.

## Heart rate response during gymnastic routines

TERUICHI OKAMURA and SHOZO SUZUKI

The telemetered heart rate response to gymnastic routines has been studied in 6 male highly skilled gymnasts. The gymnastic routines were floor exercise, side horse, still rings, parallel bars, high bar and long horse.

During routines, their peak heart rate indicated between 131 beats/min (long horse activity) and 217 beats/min (parallel bars). Mean heart rate of the peak heart rate during gymnastic routines was 173 beats/min.

This finding suggests that competitive gymnastics is a high intensive exercise.