

# ハンマー投におけるレジスティッドトレーニングの負荷特性

## — 高重量ハンマーによる投てきに着目して —

広瀬健一<sup>1)</sup> 大山卞圭悟<sup>2)</sup> 藤井宏明<sup>3)</sup> 青木和浩<sup>4)</sup> 尾縣 貢<sup>2)</sup>

### Load characteristics of resisted training in the hammer throw: Focusing on throws with heavier hammers

Kenichi Hirose<sup>1)</sup>, Keigo Ohyama Byun<sup>2)</sup>, Hiroaki Fujii<sup>3)</sup>, Kazuhiro Aoki<sup>4)</sup> and Mitsugi Ogata<sup>2)</sup>

#### Abstract

The purposes of this study were to investigate load characteristics of the throw with the competition hammer (7.26kg) and the heavier hammer (8.0kg). Sixteen male hammer throwers threw the competition hammer and the heavier hammer with their maximum effort. Utilizing three high-speed video cameras (300fps), three-dimensional coordinates of the hammer head and left middle metacarpophalangeal joint were obtained using the direct linear transformation method. Main results were as follows: 1) The maximum centrifugal force of each phase in the heavier hammer was significantly higher than that of competition hammer during double support phase (DSP) of 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> revolution. However, significant difference was not found in the average centrifugal force. 2) The centrifugal force in the heavier hammer was significantly higher than that of competition hammer during 14%-23% and 47-51% of DSP. 3) Thirteen throwers showed positive values and three throwers showed negative values of force increment (absolute difference of maximum centrifugal force between the heavier hammer and the competition hammer). These results indicate that throwing the heavier hammer causes load increment, which is intrinsic purpose of resisted training.

Key words: hammer throw, resisted training, heavier hammer, load characteristics

ハンマー投, レジスティッドトレーニング, 高重量ハンマー, 負荷特性

#### I. 諸 言

陸上競技の投てき種目の一つであるハンマー投で使われるハンマーは、一般男子の場合、把手の先に約1.2mのワイヤーを介し、7.26kg (16lb) の鉄球が接続された形状をしている。直径2.135mの円形サークル内から通常2-3回のスイングに続き、3-5回のターン動作を繰り返した後投てきを行い、その飛距離を競う競技である。

ハンマー投は先述のハンマーをターン動作によって加速させ、遠心力を利用して投てきを行うことから、その遠心力に対抗する牽引力を発揮する必要があると

されている(岡本, 2007)。ハンマーヘッドに作用する力に関して、遠藤ほか(2009a, 2009b), Murofushi et al. (2007) は、ハンマーの接続部分であるワイヤーにセンサーを直接取り付け、張力の計測をすることで検討している。湯浅ほか(1985) は、ターン局面における遠心力は増大と減少を繰り返しながら徐々に高まっていき、最終回転局面で最大値を示すことを報告している。一流競技者の投てきでは、最終ターンからリリースにかけての局面で300kg以上の牽引力を発揮する必要があることから(岡本ほか, 1993)、ハンマー投競技者にはこの負荷に耐え、さらにハンマーを加速させるだけの筋力、瞬発力が必要不可欠であると考えら

- 
- 1) 筑波大学大学院人間総合科学研究科  
University of Tsukuba, Graduate school of comprehensive Human Science
- 2) 筑波大学体育系  
University of Tsukuba, Faculty of Health and Sport Science
- 3) 環太平洋大学体育学部  
International Pacific University, Department of Physical Education
- 4) 順天堂大学スポーツ健康科学部  
Juntendo University, School of Health and Sports Science

れる。

廣瀬ほか (2013) は専門的体力測定項目としてハンマー投の補助器具であるケトルベルの飛距離を測定し、投てき距離との関係性を検討している。その結果、専門的体力測定項目と投てき距離との間に高い相関関係が認められており、ハンマー投競技者にはハンマー投に必要とされる体力要素の向上に重点を置いたトレーニングの重要性が示唆されている。

レジスティッドトレーニング (resisted training) は外的負荷を増大して運動を遂行するトレーニング方法であり、専門性の高い運動様式を用いた条件の下で過負荷を与え、その競技に要求されるパワーや筋力を強化することを主たる目的としている (村木, 1994; Zatsiorsky, 1995)。スプリント走トレーニングにおける負荷走はレジスティッドトレーニングの代表例であり、これまで数多くの研究が行われている (尾懸・関岡, 1985; 杉本・前田, 2013, 2014; Slawinski et al., 2008)。これらの報告では負荷走を疾走に必要なとされるパワーや筋力の強化のみならず、技術練習の手段の側面から検討を行っている。投てき種目におけるレジスティッドトレーニングとしては、投てき物の重量を増大する方法が用いられており (Bondarchuk et al., 1977)、ハンマー投においても同様に、多くの指導書等 (Bingisser, 2010; Bondarchuk, 1981; Hinz, 1991; 川田, 2013; 室伏, 1994; Petrov, 1980) で高重量ハンマーを使用する方法が挙げられている。このことか

ら、ハンマー投におけるレジスティッドトレーニングの歴史は古く、現在の指導現場においても重要視されていることが窺える。しかしながら、指導書等で見受けられる大半の報告が経験則に基づいて論じられているのが現状であり、科学的な知見が集積されているとは言い難い。負荷特性については、わずかに Bartonietz (1994) が最大張力について言及しているが、計測条件に関する記述が不明瞭であり、詳細な分析は行っていないことから、実践的な示唆を得るまでには至っていない。このような背景から、高重量ハンマーによる投てきの負荷特性をより明確にすることができれば、レジスティッドトレーニングとして高重量ハンマーを使用する際の、より詳細な留意点および効果的な利用法の考案が可能になると考えられる。よって、本研究では高重量ハンマーによる投てきの負荷特性を明らかにすることを目的とした。

## II. 方法

### 1. 被験者

被験者は、ハンマー投を専門とする男子投てき競技者16名を対象とした (表1)。すべての被験者は4回転投法を用いていた。なお、実験に先立ち、被験者に本研究の主旨、内容、手順について口頭および文書により十分に説明をし、実験参加の同意を書面で得た。なお、本研究は順天堂大学大学院スポーツ健康科学研

表1 被験者特性

被験者	年齢(yrs)	競技歴(年)	身長(cm)	体重(kg)	自己ベスト記録(m)
A	18	4	176.0	75.0	52.11
B	21	6	185.0	101.0	62.67
C	22	6	171.0	90.0	57.40
D	21	6	180.1	114.0	58.44
E	20	5	191.0	95.0	60.74
F	22	8	185.3	109.6	60.43
G	23	8	184.0	126.0	66.00
H	30	14	176.0	120.0	71.51
I	21	5	180.0	90.0	55.83
J	21	5	175.0	96.0	58.11
K	21	6	180.0	126.0	56.64
L	22	5	173.5	99.6	61.03
M	22	10	180.0	97.0	56.33
N	21	6	173.0	100.0	54.34
O	23	7	179.0	100.0	64.71
P	28	12	175.0	110.0	67.61
平均	22.25	7.06	178.99	103.08	60.24
標準偏差	2.82	2.68	5.18	13.38	5.04

究科倫理委員会の承認を得て実施した。

## 2. 重量設定, 実験試技およびデータ収集

砲丸投およびやり投の重量変化に関する報告 (Kanishevsky, 1984 ; Konstantinov, 1979) によると, 用具の重量の増減は通常重量の5%-20%といった小さな変化領域で行われるとあり, 野球の投球に関する研究 (森本ほか, 2003) では, ボール重量の増減を基準球に対して10%以内の変化領域で行うのが望ましいとされている。以上の先行研究を踏まえ, 高重量ハンマーの重量を8.0kgに設定した (正規重量ハンマーの重量: 7.26kg)。全長は正規規格に統一し, 重量のみを変化させたハンマーを使用した。被験者には両ハンマーによる投てきを試合形式で実施した。投てき競技において通常よりも重量を増大させた用具を先行運動として投てきした後, 通常重量による用具を後続運動として投てきした際, 投てき距離の向上が認められたという報告がある (兄井ほか, 2014, Judge et al., 2010)。そのため, 本研究においては, 高重量ハンマーによる投てきを先行運動とした際の即時効果による影響を排除するために, 全ての被験者は正規重量ハンマー, 高重量ハンマーの順で試技を行った。試技間には十分な休息を確保し, いずれの試技も全力で行った。分析試技は正規重量ハンマーおよび高重量ハンマーによる投てきの各試技中において, 最も記録の良かった試技を採用した。

サークルの中心に右手静止座標系を設定し, Y方向を投てき方向, Z方向を鉛直方向, X方向を投てき方向に対し直行する方向とした。試技の撮影には3台のハイスピードカメラ (CASIO社製 EX-F1) を用い, 撮影スピード毎秒300コマ, シャッタースピード1/2000秒で試技を撮影した。3台のカメラの映像の同期はシンクロナイザーを用い, 同期ランプを画面内に

写し込むことによって行った。撮影したVTR画像を動作解析ソフトウェア (Frame-DIAS IV, ディケイエイチ社製) を用いて, ハンマーヘッドおよび左手第3指の中手指節関節の2次元座標値を得た。撮影画角内に配置した, 実空間座標が既知のキャリブレーションポールの座標値を用い3次元DLT法により各分析点の3次元座標値を求めた。なお標準誤差の平均値はX軸: 0.007m, Y軸: 0.007m, Z軸: 0.007mであった。Winter (2004) の方法によって, 本研究で使用した分析点の座標成分ごとに最適遮断周波数 (5Hz-8Hz) を決定し, Butterworth digital filterを用いて平滑化した。

## 3. 分析項目

### 1) ターンの局面分けに関して

本研究におけるターン局面の定義を図1に示した。右足が地面から離れた時点をR-off, 右足が地面に接した時点をR-onとした。SSP (Single Support Phase: 片足支持局面) は右足を離地 (R-off) してから接地 (R-on) するまでの局面, DSP (Double Support Phase: 両足支持局面) は, 右足を接地 (R-on) してから離地 (R-off) するまでの局面とし, SSP (片足支持局面) とDSP (両足支持局面) を合わせた局面を1回転とした。また, 1回転中, 最もハンマーヘッドが高くなる時点 (鉛直座標値が最大値を示す時点) をハイポイント (以下: HP), 最もハンマーヘッドが低くなる時点 (鉛直座標値が最小値を示す時点) をローポイント (以下: LP) とした。なお, 分析対象局面はターン開始時点である「R-1off」からハンマーのハンドルが手元から離れる時点である「Release」までとした。SSPおよびDSPに要した時間をそれぞれ100%としてデータを規格化し, 1%毎に平均化した。

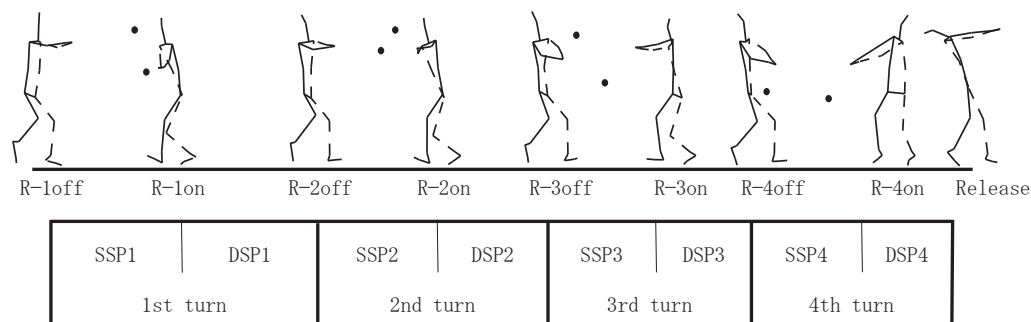


図1 ターン局面定義

## 2) リリースパラメータの算出

ハンマーヘッドの3次元座標値を座標成分ごとに時間微分し、合成することによりハンマーヘッド速度を算出した。また、リリース時のハンマーヘッドパラメータから初速度、投射角、投射高を算出した(表2)。

## 3) 遠心力の算出

ハンマーヘッドに作用する力(岡本ほか, 1993)の表現方法は、Cable force (Brice et al., 2008; Dapena and Feltner, 1989), 張力もしくはTensile force (遠藤ほか, 2009a, 2009b; Murofushi et al., 2005), 遠心力もしくは牽引力(岡本, 2007; 梅垣・水谷, 1997; 湯浅ほか, 1985)と多数存在している。ハンマーと把手が接続されており、把手は手に直接保持されていることから、ハンマーヘッドに作用する力は身体にかかる負荷と比例関係にあると考えられる。ハンマー投の場合、張力は遠心力を反映し(太田・室伏, 2010), 牽引力は遠心力と作用・反作用の関係にあり、ほぼ同等の大きさを示す(岡本, 2007)ことから、本研究では、キネマティクス的手法を用いて、ハンマーにかかる力(F)の算出を行った。映像データを基にハンマーヘッドに作用する力を算出する方法に関する研究は数多く行われている(Dapena and Feltner, 1989; 岡本, 2007; 梅垣・水谷, 1997; 湯浅ほか, 1985)。Dapena and Feltner (1989)は質量(m)と加速度(a)の積から求める手法を

用いているが、位置座標値を二階微分することによって得る加速度データが微分演算に伴う誤差の影響を受けやすいと考えられる。よって、本研究ではハンマーヘッド質量(m)、ハンマーヘッド速度(v)、曲率半径(r)から遠心力(F)を求める公式

$$F = mv^2/r$$

を用い、ハンマーヘッドに作用する力を算出した。

なお、本研究における曲率半径は、藤井ほか(2010)の手法を参考に、ハンマーヘッドおよび左手第3指の中手指節関節の座標値を用い、ハンマー瞬間回転中心を算出した。そして、ハンマー回転平面内でのハンマーヘッドからハンマー瞬間回転中心間までの距離を曲率半径(r)とした。

## 4) 遠心力増加量の算出

各重量のターン局面における遠心力最大値を求めた後、高重量ハンマー試技の遠心力最大値から正規重量ハンマー試技の遠心力最大値を減じることによって、遠心力増加量を算出した。

## 4. 統計処理

正規重量ハンマーと高重量ハンマーによる投てきの2試技間の比較には、対応のあるt検定を用いて検討した。なお、危険率5%未満をもって有意差ありと判定した。

表2 リリースパラメータ

被験者	正規重量ハンマー試技			高重量ハンマー試技		
	初速度(m/s)	投射高(m)	投射角(deg.)	初速度(m/s)	投射高(m)	投射角(deg.)
A	22.04	0.96	37.66	21.13	1.23	39.99
B	23.95	1.46	36.33	23.36	1.24	36.03
C	23.16	1.05	37.67	21.90	1.30	37.28
D	23.16	1.43	38.69	21.98	1.29	37.05
E	24.33	1.34	41.39	23.09	1.03	39.95
F	23.63	1.39	34.30	22.90	1.36	33.26
G	24.07	1.61	39.01	23.30	1.54	37.11
H	25.60	1.59	39.98	24.59	1.28	39.59
I	22.74	1.21	37.68	21.53	1.25	38.15
J	24.19	1.21	36.29	23.15	0.92	34.14
K	22.85	1.51	42.80	21.47	1.46	41.36
L	23.53	1.39	38.35	22.65	1.25	35.49
M	22.83	1.65	40.90	21.92	1.19	37.77
N	23.23	1.35	37.80	21.96	1.46	36.33
O	23.97	1.77	37.29	23.44	1.70	35.99
P	25.00	1.59	38.30	23.82	1.55	38.90
平均	23.64	1.40	38.40	22.64	1.32	37.40
標準偏差	0.87	0.21	2.03	0.94	0.19	2.14

### Ⅲ. 結果

表2にリリースパラメータを示した。初速度 ( $p < 0.001$ ) および投射角 ( $p < 0.05$ ) において高重量ハンマー試技が正規重量ハンマー試技よりも有意に低下した。表3にターン局面中の曲率半径およびハンマーヘッド速度を示した。曲率半径に関して、R-1off, R-3off, R-4off, R-4onにおいて高重量ハンマー試技が正規重量ハンマー試技よりも有意に低値を示した。また、ハンマーヘッド速度において全ての時点において高重量ハンマー試技が正規重量ハンマー試技よりも

低い速度を示した。図2に各重量のターン局面における遠心力極大値を示した。DSP3およびDSP4において高重量ハンマー試技が正規重量ハンマー試技よりも有意に高値を示した。図3に各重量のターン局面における遠心力平均値を示した。正規重量ハンマー試技と高重量ハンマー試技を比較した結果、項目間に有意差は認められなかった。各重量におけるDSP4の遠心力の様相を図4に示した。14%-23%および47%-51%時点において高重量ハンマー試技が正規重量ハンマー試技よりも有意に高値を示した。表4に遠心力増加量(高重量ハンマー試技の遠心力最大値-正規重量ハン

表3 ターン局面中の曲率半径およびハンマーヘッド速度

	曲率半径 (m)			ハンマーヘッド速度 (m/s)		
	正規重量ハンマー試技	高重量ハンマー試技	有意差	正規重量ハンマー試技	高重量ハンマー試技	有意差
R-1off	1.79±0.12	1.74±0.09	*	12.46±0.82	11.80±0.74	***
R-1on	1.73±0.10	1.71±0.07		12.95±1.01	12.12±1.00	***
R-2off	1.78±0.07	1.76±0.06		16.04±0.92	15.10±0.78	***
R-2on	1.70±0.07	1.68±0.07		15.91±1.07	14.86±1.07	***
R-3off	1.77±0.07	1.73±0.06	**	18.72±0.86	17.84±0.79	***
R-3on	1.64±0.05	1.62±0.06		18.16±0.98	17.02±1.04	***
R-4off	1.74±0.07	1.70±0.07	**	20.64±0.83	19.66±0.93	***
R-4on	1.64±0.06	1.60±0.05	**	19.37±1.18	18.33±1.09	***
Release	1.93±0.11	1.96±0.09		23.64±0.87	22.64±0.94	***

\* :  $p < 0.05$ , \*\* :  $p < 0.01$ , \*\*\* :  $p < 0.001$

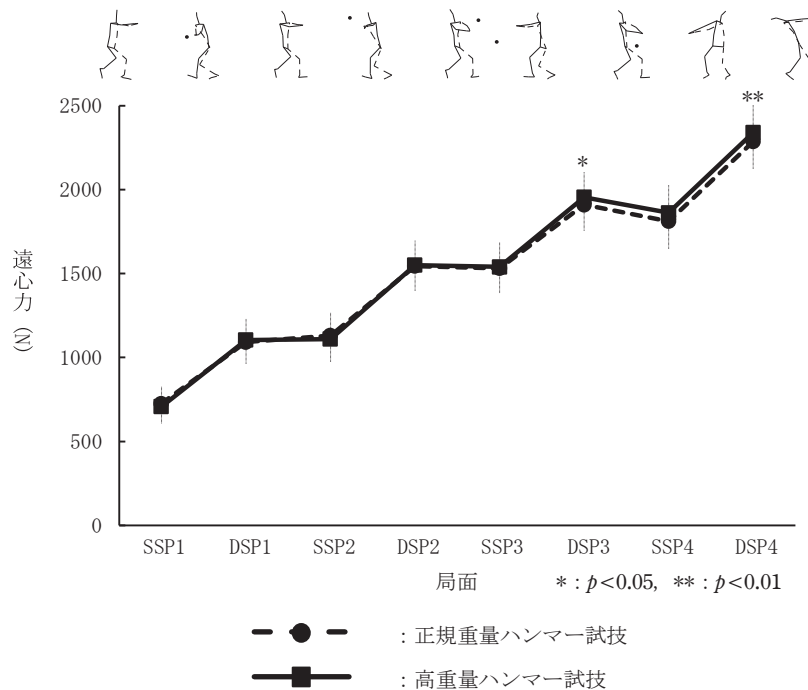


図2 ターン局面における遠心力極大値

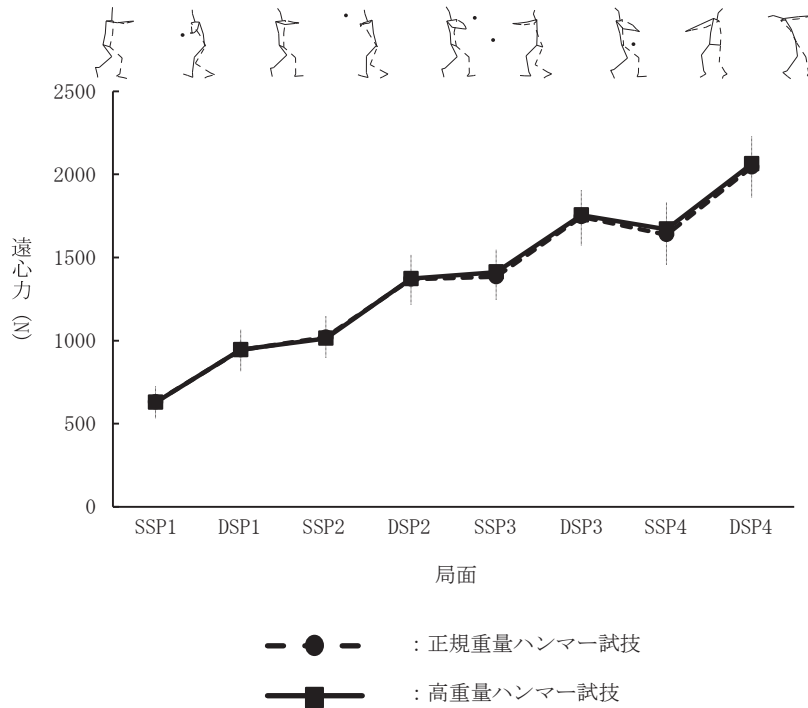


図3 ターン局面における遠心力平均値

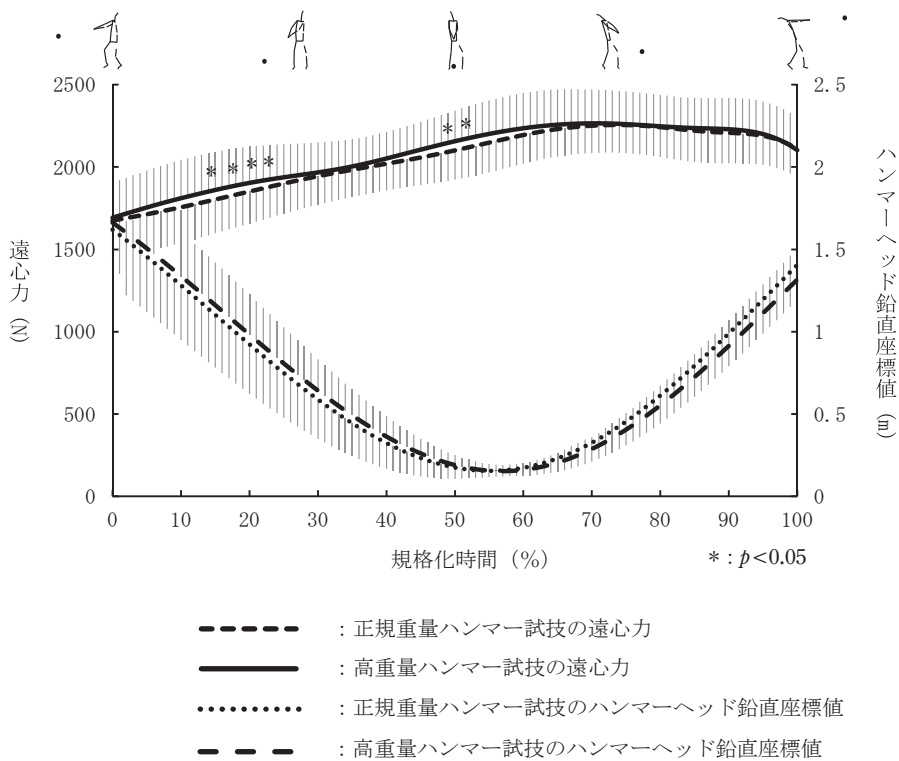


図4 DSP4における遠心力, ハンマーヘッド鉛直座標値

マー試技の遠心力最大値) を示した. 16名中13名が正の値を示し, 3名が負の値を示した. また, 自己ベ

スト記録と遠心力増加量との間に有意な相関関係は認められなかった ( $r = 0.28$ ).



表4 遠心力最大値および遠心力増加量

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
正規重量ハンマー試技の遠心力最大値(N)	2070.0	2258.9	2171.8	2201.4	2488.8	2259.0	2274.9	2567.6	2062.4	2399.6	2096.2	2199.5	2346.1	2175.1	2422.1	2599.5
高重量ハンマー試技の遠心力最大値(N)	2127.3	2300.2	2110.6	2191.3	2494.9	2315.2	2308.9	2654.4	2097.3	2538.2	2105.1	2424.2	2421.5	2168.9	2489.5	2690.2
遠心力増加量(N)	57.2	41.3	-61.1	-10.1	6.1	56.2	34.0	86.8	34.9	138.6	8.9	224.7	75.4	-6.2	67.4	90.7

遠心力増加量=高重量ハンマー試技の遠心力最大値-正規重量ハンマー試技の遠心力最大値

## IV. 考 察

### 1. 遠心力の比較

ターン局面における遠心力極大値に関して(図2)、両試技においてDSP4の遠心力極大値はターン局面における遠心力最大値を示した。この結果は先行研究(遠藤ほか, 2009b; Murofushi et al., 2007)を支持するものである。したがって、重量にかかわらず、ハンマー投競技者は4回転を通して、徐々にハンマーヘッドの遠心力を高めながらターンを行い、最終局面であるDSP4において遠心力が最も大きくなることが明らかとなった。また、DSP3およびDSP4における遠心力極大値において、高重量ハンマー試技が有意に高値を示した。このことから、高重量ハンマーによる投てきのDSP3およびDSP4において、正規重量ハンマーによる投てきと比較し、競技者は高まった遠心力に対抗して大きな牽引力を発揮していたと考えられる。一方、ターン局面における遠心力平均値に関しては、いずれの項目間にも有意差は認められなかった(図3)。よって、高重量ハンマーによる投てきはSSPおよびDSPを通して常に過負荷を引き起こすものではなく、負荷の最大値を高めることが明らかとなった。

表3にはターン局面中の曲率半径およびハンマーヘッド速度を示した。高重量ハンマー試技における曲率半径に関して有意に減少する局面が確認された。また、ハンマーヘッド速度に関してはR-loffからReleaseまで常に高重量ハンマー試技が有意に低値を示した。レジスティッドトレーニングを実施する上で、速度の低下は基本的特性であるとされている(Zatsiorsky, 1995)。遠心力は速度の2乗と質量の積を半径で除すことによって得られることから、高重量ハンマー試技において遠心力の増大に至ったのは、速度の低下の度合いよりも重量の増大および半径の減少度合いが上回ったためであると推察される。

DSPの負荷特性を詳細に検討するため、遠心力極大値に最も差がみられたDSP4の負荷の様相をみていくことにする。図4には、規格化後のDSP4局面の遠心力およびハンマーヘッドの鉛直座標値を示した。そ

の結果、4%-23%および47%-51%時点の遠心力において、高重量ハンマー試技が正規重量ハンマー試技よりも有意に高値を示した。また、ハンマーヘッドの鉛直座標値が最小値を示した時点は、正規重量ハンマー試技において55%時点、高重量ハンマー試技において57%時点であった。したがって、遠心力に有意差がみられた区間はR-onからLPまでの局面であった。R-onからLPまでの区間はDSPの初期から、中期までの局面であり、ハンマーヘッドの鉛直座標値が減少する区間である。太田・室伏(2010)はハンマーヘッドが下方に移動するHPからLPまでの局面に、最も大きな反対方向への加速力を加えることで、ハンマーヘッドの効果的な加速を促すことを報告している。また、室伏(1994)はR-onから積極的加速区間であるDSPが始まり、体幹の振りを積極的に戻すことによって、ハンマーヘッドを加速させることができると述べている。したがって、高重量ハンマーによる投てきは、DSPにおけるハンマーヘッドの加速に重要な局面において、過負荷を与えることが可能であると推察される。

藤田ほか(2007)は体幹筋群の筋出力を測定した結果、回旋力と投てき距離との間に有意な相関が認められたと報告している。また、成田(2007)は、記録の高い選手ほどDSPにおける左外側広筋の活動量が大きい傾向を示したと述べており、これは遠心力に対抗するための下肢の支持動作によるものであると推察している。村木(1994)によると専門的トレーニングは、試合運動の中では十分発達させられない様な要素的、部分的運動課題の解決が重点的に取り組まれるとされている。高重量ハンマーによる投てきによってDSP3およびDSP4における負荷の増大が確認されたことから、ハンマー投の動作において主に動員される体幹および下肢筋群の負荷が増大する可能性が考えられる。

### 2. 遠心力増加量

高重量ハンマー試技の遠心力最大値から正規重量ハンマー試技の遠心力最大値を減じることによって、遠心力増加量を算出した(表4)。その結果、16名中13

名が正の値を示し、3名が負の値を示した。レジスティッドトレーニングの主たる目的は、身体へ過負荷を与えることであることから、大半の競技者においてトレーニングの目的が達成されたことになる。しかしながら、遠心力増加量が負の値を示した競技者が存在したことから、事例的に、遠心力増加量の最大値を示した競技者（被験者L）と遠心力増加量の負の値が最大値を示した競技者（被験者C）との比較を行うこととした。図5に被験者Cと被験者Lのターン局面における遠心力極大値を示した。正規重量ハンマーによる投てきにおいて、遠心力最大値はほぼ同様の値を示した（被験者C：2177.8N，被験者L：2199.5N）。しかしながら、高重量ハンマーによる投てきにおける遠心力最大値は、被験者Lが高い値を示した（被験者C：2110.6N，被験者L：2424.2N）。被験者Cはターン局面前半における遠心力は低く、ターン局面後半の特にDSP4において遠心力を大きく増加させる特徴があり、被験者Lはターン局面前半から大きな遠心力を示していた。被験者Cにおいて遠心力増加量が負の値を示したことにに関して、ハンマーヘッド重量の増大によって慣性質量も増大することにより、ハンマーヘッド速度の急激な増大が妨げられていたと考えられる。

そのため、被験者Cはターン局面後半の特にDSP4において、ハンマーヘッド速度を十分に高めることができなかった結果、高い遠心力の獲得ができず、遠心力増加量が負の値を示したと推察される。このことから、過負荷を適切に引き起こすためには、ターン局面の終盤にハンマーヘッド速度を高めていく投てきではなく、ターン序盤からハンマーヘッド速度を高め、大きな負荷の中でターンを行うことが重要であると考えられる。

### 3. 実践面への示唆

本研究結果から、高重量ハンマーによる投てきによって遠心力の増大が確認された。このことは、これまで経験則で論じられてきた「より大きな負荷を与えるトレーニング」としての科学的知見が示されたと言える。また、自己ベスト記録と遠心力増加量との間には有意な相関関係は認められなかった。このことから、本研究で対象とした被験者の競技レベルの範囲内であれば、適切なレジスティッドトレーニング法として利用することが可能であると推察される。

初心者や経験の少ない競技者が高重量ハンマーのトレーニング利用を図る場合、回転中に生じる負荷に耐

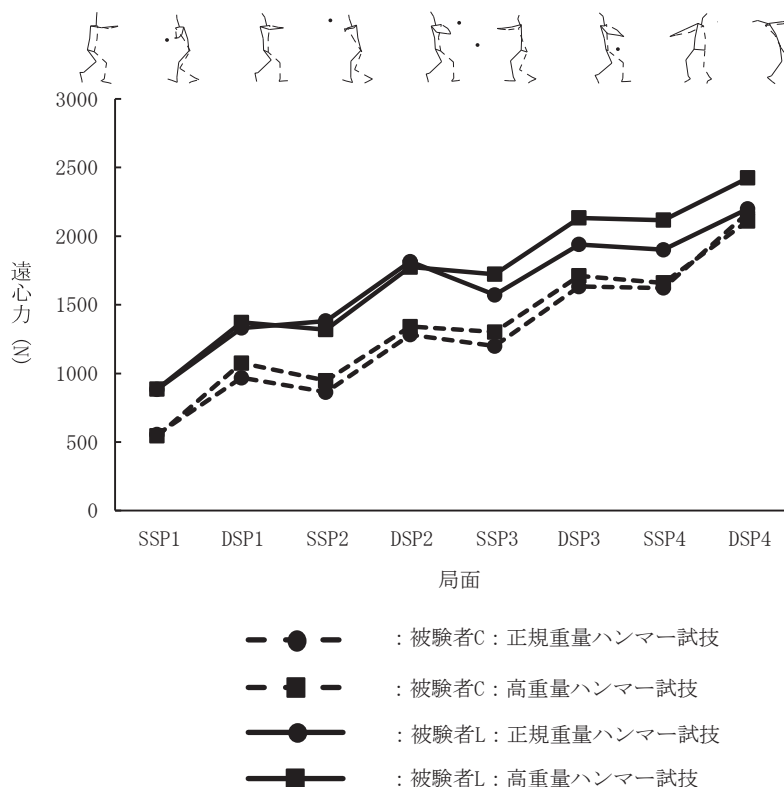


図5 被験者別のターン局面における遠心力極大値



えることができず、投てき技術に悪影響を及ぼす可能性も考えられる。実際、室伏 (1994) は、重量を増大したハンマーによるトレーニングは技術レベルがある程度高くなった段階で行うべきであると指摘している。しかしながら、ハンマー投は遠心力に耐え、投てきを行う競技であることから、高まった負荷へ対応することは極めて重要であると考えられる。高重量ハンマーによる投てきによって、ターン局面後半において負荷の増大が確認された。そのため、フルターン (本研究の被験者においては4回転) による投てきではなくとも、ターンの回転数を少なくすることにより、回転の最終局面からリリース局面にかけて増大した負荷への適応を促すトレーニングとして有効であると考えられる。また、高重量ハンマーをフルターンによって投てきする場合であったとしても、熟練度に応じて加重の度合いを調節することにより、投てき技術に及ぼす影響を最小限に留めたトレーニングが可能となるだろう。よって、高重量ハンマーをトレーニングで使用する際は、競技者のレベルや目的に応じた練習方法を選択することで、効果的なレジスティッドトレーニングとして活用できると考える。

## V. まとめ

本研究の目的は、高重量ハンマーによる投てきの負荷特性を明らかにすることであった。ハンマー投を専門とする男子投てき競技者16名を対象に、正規重量ハンマー (7.26kg) と高重量ハンマー (8.0kg) を投てきした際のハンマーヘッドに作用する力を算出した。

- 1) 遠心力極大値は高重量ハンマー試技がDSP3およびDSP4において正規重量ハンマー試技よりも有意に高値を示した。一方、遠心力平均値は両試技に有意差は認められなかった。
- 2) DSP4における14%-23%および47%-51%時点の遠心力において、高重量ハンマー試技が正規重量ハンマー試技よりも有意に高値を示した。
- 3) 遠心力増加量 (高重量ハンマーによる投てきの遠心力最大値-正規重量ハンマーによる投てきの遠心力最大値) において、16名中13名が正の値を示し、3名が負の値を示した。

以上の結果から、高重量ハンマーによる投てきはレジスティッドトレーニング本来の目的である過負荷をもたらすことが明らかとなった。また、負荷の増大はターン局面後半のDSPにおいて引き起こされることが認められた。このことから、高重量ハンマーによる

投てきは体幹の捻り戻し動作と平行して、牽引力の発揮が要求される局面において過負荷を与えることができるトレーニング法であることが確認された。

## 文献

- 兄井 彰・本多壮太郎・須崎康臣・磯貝浩久 (2014) 筋運動感覚残効が砲丸投げのパフォーマンスに及ぼす影響. 体育学研究, 59 : 673-688.
- Bartonietz, K. (1994) A biomechanical analysis of throws with different weight and length hammers. *Modern Athlete and Coach*, 32: 33-36.
- Bingisser, G. M. (2010) Simplifying Bondarchuk : Understanding the principles behind one of the world's ton throws coaches. *Modern Athlete and Coach*, 48: 27-31.
- Bondarchuk, A., Ivanova, L., and Vinnitchuk, W. (1977) Training with light and heavy implements. *Track Technique*, 67: 2129-2130.
- Bondarchuk, A. (1981) Modern trends in hammer throwing. *Modern Athlete and Coach*, 19: 30-32.
- Brice, S.M., Ness, K.F., Rosemond, D., Lyons, K., and Davis, M. (2008) Development and validation of a method to directly measure the cable force during the hammer throw. *Sports Biomechanics*, 7: 274-287.
- Dapena, J. and Feltner, M.E. (1989) Influence of the direction of the cable force and of the radius of the hammer path on speed fluctuations during hammer throwing. *Journal of Biomechanics*, 22: 565-575.
- 遠藤 彰・眞鍋芳明・櫻井健一・石毛勇介 (2009a) ハンマー投ターン中における身体軸の傾斜角度とピアノ線張力との関係-片足支持局面の減速に着目して-. 陸上競技研究, 78 : 27-34.
- 遠藤 彰・眞鍋芳明・櫻井健一・石毛勇介 (2009b) ハンマー投ターン中における身体軸傾斜角度および回転軸傾斜角度とピアノ線張力との関係-片足支持局面の減速に着目して-. 陸上競技研究, 79 : 51-57.
- 藤井範久・小山陽平・阿江道良 (2010) ハンマー投ターン局面におけるハンマーヘッド加速技術の研究-ハンマーヘッド加減速パターンの違いに着目して-. 体育学研究, 55 : 17-32.
- 藤田健祐・青山利春・竹内 亮・熊川大輔・青山慎一郎・角田直也 (2007) ハンマー投選手における体幹筋群の出力特性と投動作中の筋活動様相. 日本体育学会大会予稿集, 58 : 228.
- Hinz, L. (1991) *Leichtathletik Wurf und Stoss*. Sportverlag GmbH : Berlin.
- 廣瀬健一・高梨雄太・青木和浩・金子今朝秋 (2013) ハンマー投競技者のパフォーマンスとコントロールテストとの関連性について-ケトルベル投に着目して-. 陸上競技研究, 92: 38-44.
- Judge, L.W., Bellar, D., and Judge, M. (2010) Efficacy of potentiation of performance through overweight implement throws on male and female high-school weight throwers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24: 1804-1809.

- Kanishevsky, S. (1984) A universal shot. *Soviet Sports Review*, 19: 207-208.
- 川田雅之 (2013) ハンマー投. 全国高等学校体育連盟陸上競技専門部編, ジュニア陸上競技メソッド—高校トレーニング方式第7版—. 陸上競技社, pp.280-293.
- Konstantinov, O. (1979) Training program for high level javelin throwers. *Soviet Sports Review*, 14: 130-134.
- 森本吉謙・伊藤浩志・島田一志・川村 卓・阿江通良・村木征人 (2003) ボール重量の増減が野球の投球運動に及ぼす影響とアシスティッドおよびレジスティッド・トレーニングとしての即時効果. *スポーツ方法学研究*, 16: 13-26.
- 村木征人 (1994) スポーツトレーニング理論. ブックハウスHD:東京, pp.53-55.
- Murofushi, K., Sakurai, S., Umegaki, K., and Kobayashi, K. (2005) Development of a system to measure radius of curvature and speed of hammer head during turns in hammer throw. *International Journal of Sport and Health Science*, 3: 116-128.
- Murofushi, K., Sakurai, S., Umegaki, K., and Takamatsu, J. (2007) Hammer acceleration due to thrower and hammer movement patterns. *Sports Biomechanics*, 6: 301-314.
- 室伏重信 (1994) ハンマー投げ. 最新陸上競技入門シリーズ8, ベースボールマガジン社:東京.
- 成田智春 (2007) ハンマー投ターン動作における下肢・体幹部筋活動. 筑波大学大学院修士論文.
- 岡本 敦・桜井伸二・池上康男 (1993) ハンマー投の力学的分析—第3回世界陸上選手権大会におけるハンマー投の三次元分析(第2報)—. *日本体育学会大会号*, 44A: 405.
- 岡本 敦 (2007) ハンマー投の牽引力に体重の与える影響. *環境経営研究年報*, 6: 51-53.
- 太田 憲・室伏広治 (2010) ハンマー投の力学と新しいトレーニング方法の開発. *日本機械学会誌*, 113: 109-112.
- 尾縣 貢・関岡康男 (1985) 坂上り走の持つ技術練習手段としての有効性の検証—走動作に着目して—. *日本体育学会大会号*, 36: 658.
- Petrov, V. (1980) Hammer throw technique and drills. *Legkaja atletica* 8.
- Slawinski, J., Dorel, S., Hug, F., Couturier, A., Fournel V., Morin, JB., and Hanon, C. (2008) Elite long sprint running: a comparison between incline and level training sessions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40: 1155-1162.
- 杉本祐太・前田正登 (2013) 上り坂斜度の違いがスタートからの加速局面における疾走動作に及ぼす影響. *トレーニング科学*, 25: 123-136.
- 杉本祐太・前田正登 (2014) 上り坂疾走における傾度の違いが疾走動作に及ぼす影響. *コーチング学研究*, 27: 203-213.
- 梅垣浩二・水谷良孝 (1997) 投擲者からみたハンマー頭部の加速度について. *中京大学体育学論叢*, 38: 53-63.
- Winter, D.A. (2004) *Biomechanics and motor control of human movement (third edition)*. John Wiley and Sons: New York, pp.49-50.
- 湯浅景元・樋口憲生・室伏重信・奥山秀雄・加納明彦 (1985) ハンマー投の回転の分析について. *Japanese Journal of Sports Sciences*, 4: 99-103.
- Zatsiorsky, V.M. (1995) *Science and practice of strength training*. Human Kinetics: Champaign.

平成27年1月15日受付

平成27年4月16日受理