

平成 30 年度
順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科 修士論文

陸上競技男子ハンマー投における負荷軽減法について
-軽量ハンマーを用いた即時効果-

学籍番号 4117009

氏名 岡野 敬史

研究指導教員 山崎 一彦

合格年月日 平成 31 年 2 月 18 日

論文審査員

主査

菅 波 啓 雄

副査

高 梨 雄 太

副査

山 崎 一 彦

目次

| | |
|---|----|
| 第1章 緒言 | 1 |
| 第1節 研究の背景..... | 1 |
| 第2章 関連文献の考証..... | 3 |
| 第1節 ハンマー投とは..... | 3 |
| 第2節 飛距離の決定要因..... | 3 |
| 第3節 ヘッドの加速技術..... | 4 |
| 第4節 軽量ハンマーについて..... | 4 |
| (1) 重量変化における報告..... | 4 |
| (2) 負荷軽減法における報告..... | 5 |
| 第5節 筋運動感覚残効について..... | 6 |
| 第3章 研究目的 | 8 |
| 第4章 研究方法 | 9 |
| 第1節 被験者..... | 9 |
| 第2節 実験方法..... | 9 |
| (1) 場所と期間..... | 9 |
| (2) 実験試技..... | 9 |
| (3) 撮影方法..... | 9 |
| 第3節 分析方法と測定パラメーター..... | 10 |
| 第4節 分析パラメーター..... | 10 |
| (1) 測定方法..... | 10 |
| (2)ハンマーヘッド方位角の算出..... | 11 |
| 第5節 統計処理..... | 11 |
| 第5章 結果 | 12 |
| 第1節 基準運動と軽量ハンマーによる先行運動を経た後続運動での差の検討... 12 | |
| (1) 投てき記録..... | 12 |
| (2) SSPの所要時間及びDSPの所要時間..... | 12 |
| 第2節 基準運動及び後続運動の投てき記録と各局面における速度及び速度の変化率、 | |

| | |
|--|----|
| 各局面における時間と時間割合の関係..... | 12 |
| (1) 投てき記録とヘッド速度の関係..... | 12 |
| (2) 投てき記録と SSP の関係..... | 12 |
| (3) 投てき記録と DSP の関係..... | 13 |
| (4) 投てき記録とターン全体の所要時間の関係..... | 13 |
| 第 6 章 考察..... | 14 |
| 第 1 節 投てき記録..... | 14 |
| 第 2 節 SSP 時間、DSP 時間、総所要時間..... | 14 |
| 第 3 節 各時間と投てき記録..... | 15 |
| 第 4 節 軽量ハンマーにおける上級者と初級者のパフォーマンス比較..... | 16 |
| 第 7 章 結論..... | 18 |
| 第 1 節 本研究の結論..... | 18 |
| 第 2 節 今後の課題..... | 18 |
| 要約..... | 20 |
| 謝辞..... | 22 |
| 引用文献一覧..... | 23 |
| Abstract..... | 25 |
| 図表一覧表..... | 27 |
| 説明同意文書..... | 34 |
| 参加同意書..... | 38 |

第1章 緒言

第1節 研究の背景

ハンマー投とは、重量 161b(7.26kg)、全長 1.175m(男子)、1.215m(女子)のハンマーを、通常 3~4 回転のターン動作によって加速させ投てきを行う競技である。ハンマー投競技者はターン動作を行い、フィニッシュ動作を経過しリリースする。上から見て左回りの回転をする選手ならば、ターンをしているとき左足は常に地面に接地しているが、右足は接地(両足接地期)と離地(片足接地期)を繰り返す。さらに、ハンマーヘッド(以下ヘッド)速度が片足接地期(以下 SSP)に減少し、両足接地期(以下 DSP)に増加する傾向にあることから、両足接地期が長いほど良い投法であると報告している²¹⁾。ハンマーのリリース時にかかる重量は約 400kg であることから、常に超最大負荷の中でターンを遂行するのは身体的負荷の過多だけでなく、最大スピードでのターン技術を習得するための実践練習は制限せざるを得ない。

ターン動作の技術練習として現場では様々な形で実施されているが、中でも技術練習的手段として現場で頻繁に実施されているのが軽量ハンマーでの投てきである。軽量ハンマーを用いた投てき練習は、ヘッドの重量負荷を軽減し投てきする練習法で、重量負荷を軽減し運動を行うことは、通常では達成が困難となる超最大スピード(Supra maximal speed)レベルでの運動遂行を実現することにより、そこでの速いスピード感やリズム、タイミングを身に付けようとするもので、一般にアシスティッド・トレーニングあるいは負荷軽減法(Assisted or Lightened training)と呼ばれる¹⁴⁾。負荷軽減法によるトレーニングには、重量負荷のみならず、回転運動での慣性負荷軽減を目的とする方法もある。慣性負荷軽減法では、ハンマー投に使用するハンマーのワイヤーを短くする、野球のバットを短くすることや、体操競技での回転補助等々による超最大スピードでの運動実現を目的とするこれらのトレーニングは野球のバット・ボール、テニスなどのラケットの重量負荷軽減によって運動遂行を推奨する指導書もあり、その中に陸上競技投てき種目もある¹²⁾。さらに、ソ連のハンマー投ナショナルコーチ Bondarchok.A が、短期記憶を利用し、即座に正規重量ハンマーの投てきを行う方法も提唱実践している²⁰⁾。

しかしながら、重量負荷の軽減には望ましい範囲があり、陸上競技投てき種目では、投てき物の重量減少に関して、極度に軽い重量物は筋肉の予備伸長の形成を助長せず、動作が小さく短いものとなり、その結果パフォーマンスの低下を招くといった指摘がなされている¹²⁾。このように、極端な負荷の軽減は動作の乱れを生じられる原因となることから、投てき種目では、単純に投てき物の重さを増減させるのではなく、運動の中核構造や基本的なリズムを損なうことなく運動を遂行することが重要であることから、一般に用具の増減は、通常重量の5%から20%といった、より小さな変化領域で設定されている¹²⁾。よって現場での重量負荷軽減法によるトレーニングの多くがこの範囲内で実践されている。

しかしながら、軽量ハンマーの負荷軽減法による技術練習的手段がなぜ重要であるか、どの要素が起因しているかについては不明確であり、負荷軽減法を用いた即時効果に関しても同様に明らかになっていない。

ハンマー投における負荷軽減法を用いた即時効果を明らかにする為、軽量ハンマーを先行運動として実施し、その後の正規重量ハンマー投てき時にターン中のDSPとSSPがヘッドの速度や加速度、変化量とどう関係しているか明らかにすることで、軽量ハンマーを用いる効果を明らかにできると考えられる。

第2章 関連文献の考証

本研究を進めるうえでハンマーの投てき距離を決定する要因の多くがリリース時のヘッドの初速度であることから、ハンマー投競技の概要を理解し、ヘッドの加速に大きく関わるターン動作に着目し、速度と動作を評価する重要性と評価基準について考証した。

第1節 ハンマー投とは

ハンマー投とは、陸上競技の投てき競技に属する種目で、ハンマーを遠くに投げる能力を競う競技である。もともとはアイルランドが発祥のスポーツで、金槌に鎖を付けて投げていたというのが始まりとされている。ハンマーは、ワイヤー(長さが男子 1.175-1.215m、女子 1.160-1.195m)の先に鉄球がついている。ハンマー全体(鉄球・ワイヤー・グリップ)の重さの合計は、男子が 161b(7.26 kg)、女子が 8.821b(4.0 kg)である。この投てき物を、直径 7ft(2.135m)のサークルと呼ばれる円形の場所から、角度 34.92度のラインの内に投てきし内側に入ったものだけが有効試技となる。こうしたルールの中で飛距離を競うのがハンマー投競技であると言える。

第2節 飛距離の決定要因

ハンマー投の飛距離を決定付ける要因は、リリース時のヘッドの初速度、投射角度、投射高とあるが、中でも最も影響があるのが初速度であると報告されている^{7,8,9,15)}。投射高に関しては、記録に関係なくほぼ一定の値を示していたが、投射角度に関しては仮に 60m で二分すると、記録の低い競技者では記録とともに増加したが、高い競技者ではその傾向は弱くなり、ほぼ一定の値を保つ傾向が観察された。このことから至適投射角の存在の可能性があるとの報告があった²⁾。さらに、指導現場では1ターン目は回転速度を低くし、2ターン目から徐々に回転速度を上げていくことが望ましいと指導する指導者が多くいるが、一方で記録の高い競技者では1ターン目の回転速度から常に高いヘッド速度を保っていたとの報告もある²⁾。おそらく意識上はゆったりと1ターン目を迎え、徐々に加速することが望ましいが、結果として1ターン目から高い回転速度でターンを開始することが理想的といえる。また、ヘッド速度の変化をみると、加速量は記録に関係なくほぼ同程度であったとの報告があった²⁾。しかし加速量は同じで記録に相違

がある場合、記録の高い競技者と低い競技者とでは加速の内容が異なり、記録の高い競技者は低い競技者に比べ、ヘッドの速度とターン速度が高い状況で同じ加速量を維持していることが報告されていた²⁾。さらにハンマーにおける運動時間において、運動時間とはスイングからリリースに至るまでの時間を指すが、パフォーマンスが向上するとより高い速度レベルで一連の動作が終了するので、動作時間は短くなるとの報告がある⁴⁾。すなわち優れたターン動作とは、高い速度レベルの中で DSP の割合を高く保つことのできる動作であるといえる。

第3節 ヘッドの加速技術

ヘッドのリリース時の初速度を高めるため、ハンマー投では競技者はサークルの中で様々な投てき方法を用いて投てきすることができるが、その大半が身体を3回転から5回転させフィニッシュ局面を経てリリースする。回転方向は多くの競技者が上から見て左向きに回転している。回転数は人それぞれとなるが、中でも広く用いられる投法が4回転投法である。回転の際は通常ハンマーを身体の回りで2ないし3回スイングさせたあとターン動作に移行する。左回転の場合、左足は常に接地しているが、SSPの際には右足を離地し、DSPで接地を繰り返しながらヘッドを加速させていく。ヘッド速度がSSPに減少し、DSPに増加する傾向にあることから、両足接地期が長いほど良い投法であると報告している²¹⁾。さらにそのためヘッドを加速するためのターン動作はパフォーマンスの向上には非常に重要であるといえる。このことから本研究では、ヘッドの速度とターン動作における DSP・SSP の時間に着目して研究を行った。

第4節 軽量ハンマーについて

(1) 重量変化における報告

重量変化を用いたトレーニングは、ハンマー投では広く現場で実施されている。Bondarchuk(1991)は全世界記録保持者でありながら、現世界記録保持者 Y. セディフ選手のコーチとして有名な人物である。Bondarchuk は、当時ハンマー投界をリードしていたソビエト連邦の選手を対象とした、トレーニング方法をまとめた報告をしている⁵⁾。そこでの実験では、トップフォームに到達するまでのトレーニング負荷量と時間の関連性に関する報告であった。トップフォームに到達するまでのトレーニング負荷量は

それぞれ 6 kg、7.26 kg、8 kg のハンマーによる投てき練習であった。またトップフォームとは、選手が 1 つのマクロサイクル内で主要競技会に向け体調を整え、自己ベストの記録を出しうるコンディションを維持する過程で得られる、最適な鍛錬度および準備態勢が整った状態を指す⁵⁾。また、重量変化を用いたトレーニングは、国際レベルの競技者に対してのみ有効とされるわけではなく、Maltseva(1994)は、若い投てき選手に対して行うことが有効であるとの報告もあった¹¹⁾。ここでの報告では、コーチの望ましい指導とは、若い選手であれば将来の投てきパフォーマンス向上のために、未来を見据えたトレーニング法を考え、注意深くトレーニングを考える必要があり、特に次の 4 つは自らのパフォーマンスを向上・発展させるために勧める意識付けである。

1. 軽い用具を用いることによってスローイング技術が向上する。
2. 軽い用具は、素早くかつリズムカルに物体を動かすという概念を生み出す。
3. 重い用具は、技術練習期間中にはあまり使用してはいけない。
4. 通常練習や運動スピードを高める練習に加えて重要なことは投げの間中、常に安定した姿勢や調整力を生み出す脚や体幹部の筋力も意識しなければならない。

と報告している。さらに、若い選手の筋力やスピードの伸びに対しプラトーに陥りハンマー投記録が停滞する時期がきた時、トレーニングをスピード練習に焦点を変えるべき¹¹⁾との報告もあった。一方で Bartonietz(1994)は、異なる質量、長さを用いたハンマーのトレーニング調査によると重いハンマーや短いハンマーをトレーニングで使用する時に選手やコーチは投てき動作の変化が伴うことを考慮に入れなければならない³⁾と報告しており、利用法に対する十分な注意が必要であることが考えられる。

(2) 負荷軽減法における報告

人間の達成能力に関わる運動特質としての体力は、筋力、スピード、持久力、敏捷性、可動性、調整能力といった種々の能力の全体を表す¹³⁾。その中でも筋力とは筋力のタイプ(Type of Strength)、筋活動のタイプ(Types of Muscular Work)、筋緊張のタイプ(Types of Muscular Tension)それぞれのタイプに割り振ることができる。ハンマー投における筋緊張の特徴(Character of Muscular Tension)は爆発的、強直的(Explosive-tonic)局面的(Phasal)が主であると考えられる¹³⁾。そうした専門的体力の養成法は様々あり、それぞれ目的に合わせて取り組まれているが、中でも重要であるスピード能力の養成方法については、様々あるが、ハンマー投において用い易い方法が負

荷軽減法である。ハンマー投の練習には投げ込みがあり、これにはハンマー投時の専門的体力の養成とそこでのターン動作の技術習得と改善が主な目的となる。しかしここでハンマーによる投てき練習を反復することは効果的である反面、動的ステレオタイプを形成しスピードの頭打ち(スピード障害)を招く危険性がある。ハンマー投における荷軽減法は、最大速度で運動を行うことでスピード障害に対し人為的にスピード感を身につけようとする方法であるといえる。これを破壊法という。しかしなぜハンマー投において運動スピードの養成が重要となるかという点、運動時間と記録の関係が挙げられる。ハンマーにおける運動時間とは、スイングからリリースに至るまでの時間を指すが、パフォーマンスが向上するとより高い速度レベルで一連の動作が終了するので、動作時間は短くなるとの報告がある⁴⁾。動作時間短縮の為に有効な荷軽減法は、鉛直方向での重量荷軽減と回転運動での慣性荷軽減の二種類があり、ハンマー投では主にこの二種類が現場で広く用いられる。

第5節 筋運動感覚残効について

自己の姿勢や四肢の運動あるいはその方向を判断でき、物を持ち上げる時にその重量を推定できるのは、主に筋運動感覚の働きによるものであるといわれる。筋運動感覚は、筋や腱、関節内部あるいはその周辺にある受容器から生じる肢体の感覚のことである¹⁶⁾。筋運動感覚の知覚は、筋運動感覚残効の影響により歪みが生じる。これは歪みを生む最も代表的な現象で、それまでの知覚経験の結果として生じる対象の形や大きさ、重さにおける知覚変容あるいは、手足の位置や運動、筋収縮の強度における知覚的歪み¹⁸⁾や先行する運動の経験によって、その直後の運動における筋運動感覚の知覚に歪みが生じること¹⁰⁾と定義される。すなわち直前の運動が筋運動感覚に影響を及ぼすことが捉えられる。これはスポーツ現場でも利用されることがある。野球において、重いマスコットバットを直前に振ることで、実際に打席で振るバットの重さを軽く感じさせるような現象を引き起こす。これらの効果は陸上競技においても実践、推奨例がある。西藤(1979)は、砲丸投げ、ハンマー投、槍投げ、円盤投げのそれぞれで、通常よりも重い用具を投げた後、通常の重さの用具で投げた時の記録と、軽い用具を投げた後、通常の重さの用具

具で投げた時の記録を比較して、軽い用具を投げた後、通常の重さの用具で投げた時の記録が概ね記録が良かったことを報告している¹⁹⁾。しかしこの研究は、統計的な処理しておらず、実際の記録の伸びも小さく、明確な筋運動感覚残効の効果を示していないと思われる。ハンマー投における直前の軽量ハンマー投てきを推奨する指導書があることから、軽量ハンマーを用いることによる何らかの即時効果があるとされ、その効果の一部には筋運動感覚残効の影響が関与していると考えられる。今回の検証においても筋運動感覚残効の影響を十分に考慮した実験方法を用いた。筋運動感覚残効の影響を考慮する上で、感覚の持続時間は非常に重要な要素である。知見はさまざまあり、各スポーツにおける先行運動と後続運動との適切な時間の間隔は明らかでないことが多いが、Cratty (1984)は先行運動の飽和(satiation)直後が最大で、それからゆっくりと消失すると報告している⁶⁾。他の報告でも、短時間(長くても数十秒)で消失してしまう現象である¹⁷⁾。あるいは、時間の経過とともに消失する¹⁸⁾という経時的な変化に関する指摘と合致するものであった。このことから筋運動感覚残効は、効果の持続時間や経時的な変化を考慮し、先行運動から後続運動までの時間間隔の設定を適切に行う必要があると考えられる¹⁾と報告があった。このことから時間間隔には十分な配慮が求められるが、今回の実験では筋運動感覚による即時効果の検証の為に、先行運動から後続運動の時間間隔を、被験者が無理なく行える範囲内で設定し、できるだけ短い時間間隔で実施した。

第3章 研究目的

陸上競技ハンマー投のトレーニングで用いられる軽量ハンマー投てき後に、正規重量ハンマーを投てきし、即時効果を明らかにすることを目的とする。

第4章 研究方法

第1節 被験者

被験者の特徴を表1に示した。本研究では、大学生及び実業団の陸上競技部に所属するハンマー投の経験のある男子競技者7名(年齢 20.9 ± 2.8 歳、競技歴 5.6 ± 2.8 年、身長 175.9 ± 5.7 cm、体重 90.4 ± 10.6 kg、シーズンベスト $57.45\text{m} \pm 8.4$ 、自己ベスト記録 $57.91\text{m} \pm 8.8$)を対象とした。全ての被験者は右投げであり、4回転投法を用いていた。本実験に先立ち、被験者に対して本研究の主旨、内容、手順、参加に際しての危険性などに関する説明を口頭および文章により十分行い、被験者としての参加することを依頼した。その結果7名全員が理解のうえ、参加の承諾をし、「参加同意書」に署名を得た。なお本実験は順天堂大学院スポーツ健康科学研究科における倫理委員会により許可された上で実施された。

第2節 実験方法

(1) 場所と期間

本実験は平成30年10月16日から平成30年11月16日に亘って行った。

実験場所はすべて順天堂大学さくらキャンパス投てき練習場にて実施した。

(2) 実験試技

基準運動として正規重量ハンマーを2本投てき後、先行運動として軽量ハンマーを投てきした。その後30秒の休息を挟み後続運動として正規重量ハンマーによる投てきを行った。試技は先行運動と後続運動を合わせて1setとし、計3set行う。記録は陸上競技ルールに則り、有効試技のみを採用し、投げ直しの際は先行運動から行った。調査の際のハンマー重量設定は、成年男子ハンマー投で用いられる16lb.(7.26kg)を正規重量ハンマーとした。また、高校男子ハンマー投で用いられる6.0kgを先行運動における軽量ハンマーとした。軽量ハンマーの重量設定は、-20%の範囲で重量を設定した。

(3) 撮影方法

図1に撮影時カメラ位置を示した。サークルの中心に右手静止座標系を設定し、X方向を投てき方向に対し直行する方向、Y方向を投てき方向、Z方向を鉛直方向とした。試

技をデジタルビデオカメラ(300fps、シャッタースピード 1/2000 秒、EXILIM PRO EX-F1、CASIO)3 台で前方、右後方、左後方の 3 点から撮影した。3 台のカメラの映像の同期はシンクロナイザ(PH-106LED 型)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。カメラの位置はサークルの中心から 11m の距離に配置し、高さ 1.3m に設置した。なお、X 方向に向かう線分と Y 方向に向かう線分からなる正方形(4m×4m)を実空間座標として設定し、対角線の交点を原点とした。試技の撮影前にキャリブレーションポール(高さ 2.1m、1m 毎 2 箇所)を原点(1 点)角(4 点)及び辺の中点(4 点)の 9 箇所に垂直に接地し、撮影を行った。

第 3 節 分析方法と測定パラメーター

撮影した映像を動作分析ソフトウェア(DKH 社製 Frame-DIAS V)を用いて、ハンマーヘッド 1 点の二次元座標値を得た。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の座標値を用い 3 次元 DLT 法により分析点の 3 次元座標値を求めた。本研究では 1 名の熟練した分析者が手動デジタイズによって分析を行った。なお標準誤差の平均値は X 軸 : 0.018m、Y 軸 : 0.013m、Z 軸 : 0.019m であった。分析点の座標成分の最適遮断周波数(5Hz-9Hz)を決定し、Butter worth digital filter を用いて平滑化した。リリースパラメーターは、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ヘッド速度、リリース時のヘッド初速度を算出した。さらに得られた映像より時間と割合を算出した。

第 4 節 分析パラメーター

(1) 測定方法

ヘッドの 3 次元座標値を座標成分毎に時間微分し、合成することでヘッド速度を算出した。またリリース時のヘッド速度を初速度として算出した。これらデータは Butter worth digital filter を用いて遮断周波数を auto で設定し 10.8 ± 0.49 (Hz) の範囲で平滑化され、ここで得られたデータをヘッドの速度として扱った。ターン動作の局面分けに関して本研究におけるターン局面の定義においては図 2 に示した。試技のスタートからリリースまでのターン動作を以下のように定義した。定義の説明をする上で、右足が離地した時点を R-off、右足が接地した時点を R-on とする。また、1 ターン中、最もハン

マーヘッドが高くなる時点(鉛直座標値が最大を指す時点)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。なお分析局面はターン開始時点である R-off からハンマーのハンドルが手元から離れる時点であるリリースまでとした。SSP および DSP に要した時間をそれぞれ 50%、1 ターンを 100%として局面時間を規格化し、1%毎に平均化した。

- ① スイング終了後、1 ターン目 R-off から R-on までの SSP を SSP1 とした。
- ② 1 ターン目 R-on から 2 ターン目 R-off までの DSP を DSP1 とした。
- ③ 2 ターン目 R-off から 2 ターン目 R-on までの SSP を SSP2 とした。
- ④ 2 ターン目 R-on から 3 ターン目 R-off までの DSP を DSP2 とした。
- ⑤ 3 ターン目 R-off から 3 ターン目 R-on までの SSP を SSP3 とした。
- ⑥ 3 ターン目 R-on から 4 ターン目 R-off までの DSP を DSP3 とした。
- ⑦ 4 ターン目 R-off から 4 ターン目 R-on までの SSP を SSP4 とした。
- ⑧ 4 ターン目 R-on からフィニッシュ局面を経てリリースまでの DSP を DSP4 とした。

(2)ハンマーヘッド方位角の算出

図 3 にサークル方位角の定義を示した。まずサークルを 360° の円とみなし、投てき方向を指し、投てき区域を 2 等分する方向(Y 方向)を 180° 、投てき方向に向かって右側方(X 方向)を 120° 、左側方を 240° 、投てき方向の反対側を 0° とした。

第 5 節 統計処理

基準運動と後続運動の 2 試技間の比較には対応のある T 検定を用いた。また r family と分類される変数間の関係の強さを示す効果量(Effect Size 以下 ES)を cohen's d を r に変換する式から求めた。ES の多さの目安は小、0.1 中、0.3 大、0.5 とした。基準運動及び後続運動となる正規重量ハンマーによる投てき試技の各測定項目の相関関係の分析には、ピアソンの積率相関関係を用いた。なお、危険率は 5%未満をもって有意とした。

第5章 結果

第1節 基準運動と軽量ハンマーによる先行運動を経た後続運動での差の検討

(1) 投てき記録

基準運動と後続運動におけるヘッド初速度、各ターンにおける SSP の所要時間、各ターンにおける DSP 所要時間、各ターンにおける所要時間に対する DSP 割合を表 2 に示した。また、基準運動と後続運動における各項目の T 検定及び ES の結果を表 3 に示した。なお、基準運動と後続運動における投てき記録は、それぞれ最高記録を採用した。基準運動の投てき記録と後続運動の投てき記録の有意差は、有意に低い値になった ($p < 0.03$)。

(2) SSP の所要時間及び DSP の所要時間

基準運動における SSP1 の所要時間と後続運動における SSP1 の所要時間の有意差は、有意に低い値になった ($p < 0.03$)。基準運動における SSP 全体の所要時間と後続運動における SSP 全体の所要時間間に有意差は無いが、ES は大きかった ($r=0.53$)。基準運動における DSP1 の所要時間と後続運動における DSP1 の所要時間間に有意差は無かったが、ES は中程度であった ($r=0.45$)。基準運動における DSP4 の所要時間と後続運動における DSP4 の所要時間間に有意差は無かったが、ES は中程度であった ($r=0.31$)。基準運動におけるターン全体の所要時間と後続運動におけるターン全体の所要時間間に有意差は無いが、ES は大きかった ($r=0.52$)。

第2節 基準運動及び後続運動の投てき記録と各局面における速度及び速度の変化率、

各局面における時間と時間割合の関係

(1) 投てき記録とヘッド速度の関係

表 4 に投てき記録と SSP 及び DSP の各局面における所要時間、時間比との関係を示した。投てき記録とヘッド初速度の間には有意な正の相関関係が認められた ($r=0.914, p < 0.001$)。

(2) 投てき記録と SSP の関係

SSP の各項目において、投てき記録と SSP3 の所要時間との間には有意な負の相関関

係が認められた ($r=-0.337, p<0.05$)。投てき記録と SSP4 の所要時間との間には有意な負の相関関係が認められた ($r=-0.584, p<0.001$)。投てき記録と SSP 全体の所要時間の間には有意な負の相関関係が認められた ($r=-0.464, p<0.01$)。

(3) 投てき記録と DSP の関係

DSP の各項目において、投てき記録と DSP1 の所要時間の間には有意な負の相関関係が認められた ($r=-0.382, p<0.05$)。投てき記録と DSP3 の所要時間の間には有意な負の相関関係が認められた ($r=-0.375, p<0.05$)。

(4) 投てき記録とターン全体の所要時間の関係

投てき記録とターン全体の所要時間の間には有意な負の相関関係が認められた ($r=-0.527, p<0.01$)。

第6章 考察

第1節 投てき記録

投てき記録とヘッド初速度の間には有意な正の相関関係が認められたことから、ヘッド初速度が記録と高い相関関係にあると報告する先行研究と近いものとなった^{7,8,9,15)}。

基準運動の投てき記録と後続運動の投てき記録を比較したところ有意に低い値であった。

本研究において基準運動より軽量ハンマーによる先行運動を経た後続運動の投てき記録は低下することが明らかとなった。今回の実験では、先行運動の重量を-20%の範囲で重量を設定し、さらに筋運動感覚残効が運動終了と共にゆっくりと消失する¹⁸⁾ことから、できるだけ間の短い30秒で設定したが、今回の条件下では投てき記録が低下することが分かった。背景として、砲丸投における先行研究では軽い砲丸を先行運動で投げると、後続運動では砲丸が重く、投げにくく感じる筋運動感覚残効が生じるがパフォーマンスに変化はみられなかった¹⁾と報告がある。今回も砲丸投における報告と同様に、先行運動で軽量ハンマーを投げることで、後続運動の正規重量ハンマーを重く感じる筋運動感覚残効が生じた。しかし砲丸投における報告とは異なりハンマー投では投てき記録が低下した。おそらく後続運動における正規重量ハンマーを重く感じたことが影響し、感覚と実際の動きに差異があったことで動きに何らかのズレが生じ、ズレを即時に修正することができず後続運動での投てき記録の低下に起因したものと考えられる。

第2節 SSP 時間、DSP 時間、総所要時間

基準運動における SSP1 の所要時間と後続運動における SSP1 の所要時間の有意差は、有意に低い値になった。その後の運動となる基準運動における DSP1 の所要時間と後続運動における DSP1 の所要時間の有意差は無かったが、ES は中程度であったことから、SSP1 の所要時間が有意に増加し、DSP1 の所要時間が ES においても中程度であったことから、1 回転目ターン所要時間は増加傾向にあるといえる。このことを投記録の低下と合わせて考察すると、ハンマー投の記録向上のために、ターン開始前のスイング動作においてヘッド速度を十分高め、高い速度で1ターン目を開始すればよい記録が得られる

と報告ある²⁾。先行運動として軽量ハンマーを投てきし、そこでのスピード感やリズムを即時に後続運動で遂行しようとした結果、実際には先行運動と後続運動とではヘッドの重さが異なるため、理想的な動きを再現することが出来なかったことが SSP1 及び DSP1 におけるターン速度の低下に起因していると考えられる。基準運動における DSP4 の所要時間と後続運動における DSP4 の所要時間の有意差は無かったが、ES は中程度であった。このことから、DPS4 の所要時間が増加する傾向があるといえる。基準運動における SSP 全体の所要時間と後続運動における SSP 全体の所要時間の有意差は無いが、ES は大きかった。このことから、基準運動に対し後続運動では SSP 全体の所要時間が増加する傾向があるといえる。基準運動におけるターン全体の所要時間と後続運動におけるターン全体の所要時間との間に有意差は無いが、ES は大きかった。このことから、ターン全体の所要時間が増加する傾向があるといえる。以下のことを踏まえ、DSP 全体の所要時間において有意差は無かったが、SSP の各項目における所要時間との関係が見受けられたことから、記録の低下に対して、DSP 所要時間の変化が与える影響に比べ SSP 所要時間が増加することによる影響の方が重要であると示唆された。ターン全体の所要時間においても SSP 項目での所要時間の増加がターン全体の所要時間の増加に影響したと考えられる。

第3節 各時間と投てき記録

投てき記録と DSP1 時間の間には有意な負の相関関係が認められた。DSP1 の時間と投てき記録の関係は、基準運動と後続運動で SSP1 の所要時間に有意差があったことと同様で、SSP1 と DSP1 を合わせて局面は 1 回転目に当たる。SSP1、DSP1 の双方に記録との関係があることで、1 回転目が投てき記録に影響を及ぼすと示唆された。投てき記録と SSP3 の所要時間、DSP3 の所要時間、SSP4 の所要時間との間には有意な負の相関関係が認められた。SSP3 から DSP4 は、4 回転投法の競技者では 1 回転目をゆったりとしたペースから回転を始める競技者や、スイング動作から高いスピードで 1 回転目に入る競技者のどちらであっても、リリース局面にむけ回転速度をさらに高める必要がある局面といえる。そのため、投てき記録と所要時間の関係が主にターン後半で認められたと示唆

された。投てき記録と SSP 全体、ターン全体の所要時間の間には有意な負の相関関係が認められた。いずれも所要時間が増加すると投てき記録が低下する傾向があるといえる。さらに SSP4 の所要時間と記録の間には最も高い負の相関関係が認められ、ターン動作における SSP4 局面の重要性が示唆される。SSP4 が各局面の中で最も高い相関関係を示した要因として、ヘッドの初速度が投てき記録を決定する大きな要因となることが報告されている^{7,8,9,15)}。その上で、SSP4 がリリース局面に際した SSP の最終局面であり、各 SSP 局面に比べ SSP4 での所要時間が投てき記録に及ぼす影響が最も高いと考えられた。

ここで各局面における所要時間が増加したことと、投てき記録が低下したことから、パフォーマンスが向上するとより高い速度レベルで一連の動作が終了するので、動作時間は短くなるとの報告があるが⁴⁾、本研究では各局面における所要時間が増加したことと、投てき記録が低下したことから、各局面における所要時間の増加が投てき記録の低下に影響を及ぼした一要因になると考えられる。さらに、ヘッド速度の変化において、本研究においても速度の変化率や加速量、加速量と減速量の絶対値による総和の比較でも有意差はみられなかったが、先行研究でも加速量は記録に関係なくほぼ同程度であったとの報告があった²⁾。また加速量は同じで記録に相違がある場合、記録の高い競技者と低い競技者とでは加速の内容が異なり、記録の高い競技者は低い競技者に比べ、ヘッドの速度とターン速度が高い状況で同じ加速量を維持していると報告されていた²⁾。このことから SSP1 の所要時間を減少させることで、SSP1 での高いヘッド速度を獲得し、SSP1 からリリース局面に至るまでの加速技術を伴っている競技者が、リリースで高い投てき記録を出すことが出来ていたと推察される。理想的なターンにおける所要時間は、短い所要時間でターン動作を遂行し、その中で SSP 時間を短く保つことであると考えられる。

第 4 節 軽量ハンマーにおける上級者と初級者のパフォーマンス比較

軽量ハンマー投てき時のパフォーマンスを上級者と初級者で比較した。上級者と初級者の軽量ハンマー投てき時の速度変化のグラフを図 4 に示した。また各ターン局面毎の速度と速度変化量のデータを表 5 に示した。被験者 7 名の軽量ハンマーの投てき計 21 本のうち、最も投てき距離の高い記録と最も投てき距離の低い記録 2 本を採用し、最も高い記録を上級者、最も低い記録を初級者とした。上級者の投てき記録は 67m51、初級者は 43m88 であ

った。またその際、上級者におけるリリース時のヘッド速度は 25.97m/sec で、初級者のリリース時のヘッド速度は 21.12m/sec であった。各局面での速度を比較すると、SSP1 局面におけるヘッド速度は上級者の方が高いことが分かった。またヘッドの速度変化量は、ターン動作前半の各局面での速度変化量に顕著な差はみられなかったが、2 回転目から 3 回転目にあたる局面での速度変化量が、上級者に比べ初級者では大きく減速していた。さらにリリース直前の DSP4 における速度変化量は、上級者の方が初級者より大きく加速していた。加減速による総速度変化量を比較したところ、上級者の方が高値を示し、ヘッドを加速させることができていたことが分かった。以下のことから、上級者では高いヘッド速度を維持した中で軽量ハンマーを巧みに加速させる技術を持ち合わせていたが、初級者ではターン前半のヘッド速度が低く、ヘッド加速後の減速局面で速度の減速率が高かった。よって技術練習的手段として用いる際は競技レベルに応じた配慮が必要であると示唆された。先行研究では、砲丸投における筋運動感覚残効の報告で、負荷軽減法による軽量砲丸を先行運動で用いた際に、後続運動で正規重量の砲丸を投てきした際、投てき物の重量を重いと感じたが記録は低下しなかったりとあった。しかしながら、本研究のハンマー投における負荷軽減法では記録は低下した。

背景として砲丸投は単純な直線運動であり、動きの乱れが生じづらいとされているが、ハンマー投は投てきの際、投てき物が身体から離れていることや、ヘッドの角速度が速いことが影響し、さらに複雑な回転運動であることから動きの乱れが生じやすい。よってハンマー投に限り記録が低下したと示唆された。

第7章 結論

第1節 本研究の結論

本研究では、軽量ハンマー投てき後の正規重量ハンマーの記録の変化を明らかにすることとした。また、ターンの全体・SSP・DSPそれぞれの時間と割合を、ヘッドの速度・加速度と合わせ関係性を明らかにすることとした。

投てき記録とヘッド初速度の間には有意な正の相関関係が認められた。基準運動の投てき記録と後続運動の投てき記録を比較したところ有意に低い値であった。このことから今回の条件下では軽量ハンマーによる先行運動を経て後続運動では基準運動に比べ投てき記録が低下することが分かった。さらに SSP1 の所要時間で有意差があり、SSP 全体の所要時間とターン全体の所要時間との間にも有意差があることが明らかになった。記録の低下の原因に、SSP1 での所要時間が増加し、その他の SSP 局面で所要時間が増加したことでターン全体の所要時間が増加したことが深く関わっていると示唆された。

第2節 今後の課題

本研究では、コーチングの視点から、指導法として提唱実践されるプロトコルを採用した。しかし、今回は投てき記録とターンにおける所要時間、ヘッド速度、ヘッド加速度のみの比較となり、投てき時におけるキネマティクスの要因など精密な分析を行うことができなかった。ターンにおける時間と投てき時の曲率半径と法線加速度の変化など加味し考察することが有効であると考えられる。

さらに、軽量ハンマーの投てきによる即時効果はみられなかった。しかしトレーニングとして用いる際、軽量ハンマーと正規重量ハンマーを組み合わせ、即時効果を狙いとされたトレーニングだけでなく、筋力やスピードの伸びに対しプラトーに陥りハンマー投記録が停滞する時期がきた時、トレーニングをスピード練習に焦点を変えるべき¹¹⁾との報告があったことや、レジスタンストレーニングとしての身体負荷を軽減することで、反復練習として取り入れる投てき練習の機会を正規重量ハンマーでの投てき練習よりさらに多く用いることができることから、トレーニング種目の中に軽量ハンマーを用

いることの有用性は提唱されており、縦断的にトレーニング効果の検証をすることは、
軽量ハンマーの有用性を説くことに有効であると考えられる。

要約

本研究の目的は、ハンマー投における負荷軽減法である軽量ハンマーの投てきによる効果を明らかにすることであった。その為にターン中の両足接地期と片足接地期がヘッドの速度や加速度とどう関係しているか明らかにした。

被験者は男子ハンマー投競技者7名であった。試技は基準運動として正規重量ハンマーを2本投てき後、先行運動として軽量ハンマーを投てきした。その後30秒の休息を挟み後続運動として正規重量ハンマーによる投てきを行った。先行運動と後続運動を合わせて1setとし、計3set行った。測定方法は試技をデジタルビデオカメラ3台で前方、右後方、左後方の3点から撮影した。撮影した映像を動作分析ソフトウェアを用いて、ハンマーヘッド1点の二次元座標値を得た。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の座標値を用い3次元DLT法により分析点の3次元座標値を求めた。本研究では1名の熟練した分析者が手動デジタイズによって分析を行った。分析によってヘッド速度、リリース時のヘッド初速度を算出した。さらに得られた映像より時間と割合を算出した。

基準運動と後続運動の2試技間の比較には対応のあるT検定と効果量を用いた。基準運動及び後続運動となる正規重量ハンマーによる投てき試技の各測定項目の相関関係の分析には、ピアソンの積率相関関係を用いた。なお、危険率は5%未満をもって有意とした。

結果は以下の通りであった。

- 1) 投てき記録とヘッド初速度の間には有意な正の相関関係が認められた。
- 2) 基準運動の投てき記録と後続運動の投てき記録の有意差は、有意に低い値になった。
- 3) 基準運動における片足接地期1の所要時間と後続運動における片足接地期1の所要時間の有意差は、有意に低い値になった。また、基準運動における片足接地期全体の所要時間と後続運動における片足接地期全体の所要時間の間の効果量は大きかった。
- 4) 基準運動におけるターン全体の所要時間と後続運動におけるターン全体の所要時間の間の効果量は大きかった。また、投てき記録とターン全体の所要時間の間には有意な負の相関関係が認められた。

以上の結果から、ターン全体の所要時間が短いほど投てき記録が高い傾向にあり、また片足接地期 1 のヘッド速度が高い状態でターンを始めることが重要であると示唆された。よってハンマー投における負荷軽減法である軽量ハンマーの投てきによる効果において、筋運動感覚残効の影響を最大限に高め実施した際の即時効果は得られなかった。

謝辞

本論文を作成にあたり、丁寧な論文指導のみならず、日頃から多くの研究指導を賜りました山崎一彦教授に心より感謝の意を表し、深く感謝申し上げます。誠にありがとうございました。

またお忙しい中ご足労頂き、快く被験者を引き受けてくださった皆様に深く感謝の意を表します。実験にあたり多大なる協力をしていただいた陸上競技部投てきブロック、及び陸上競技研究室の皆さんありがとうございました。

お忙しい中、審査いただいた高梨雄太助教には、投てき種目の専門的な知識を基に研究手法についてご教授頂きました。誠にありがとうございました。並びにお忙しい中、審査いただいた菅波盛雄教授ありがとうございました。

機器や備品をお借りした柳谷登志雄先任准教授ありがとうございました。分析においては、ご教授いただきましたバイオメカニクス研究室の皆様には普段より研鑽を兼ねた交流深く感謝申し上げます。

最後に大学院への進学を温かく見守り、支えてくれた両親に感謝いたします。ありがとうございました。

引用文献一覧

- 1) 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,pp.673-688.
- 2) 坂東美和子, 田辺 智, 伊藤 章(2006).ハンマー投げ記録とハンマーヘッド速度の関係体育学研究,51,pp.511-514.
- 3) Bartonietz,K.B.(1994).A biomechanical analysis of throws with different weight and length hammers.Modern Athlete and Coach,32(4),pp.33-36.
- 4) Bartonietz,K.B.(1994).THE THROWS-Contemporary Theory Technique and specific power in throwing event
- 5) Bondarchuk,A.(1991).The influence of training volumes on reaching top form, Thrower.50;9.
- 6) Cratty,B.J.(1973).Movement behavior and motor learning (3rd ed.),Lea and Febiger: Philadelphia,pp.105-107.
- 7) Dapena.J.(1984).The pattern of hammer head speed during a hammer throw and influence of gravity on its fluctuation.Journal of Biomechanics,17,pp.553-559.
- 8) Dapena.J,In:Winter,D.A.(1985).Factors affecting the fluctuations of hammer speed in a throw.(Eds.)Biomechanics IX-B.Human Kinetics,Illinois,pp499-503.
- 9) 池上康男, 桜井伸二, 岡本 敦, 植屋清見, 中村和彦(1994).ハンマー投げのバイオメカニクスの分析. 日本陸上競技連盟監修 世界一流競技者の技術. ベースボールマガジン社: 東京,pp.240-256.
- 10) 工藤孝幾(1989).外界の視覚的認知. 麓信義ほか著 運動行動の心理学,高文堂出版社: 東京,pp.130-135.
- 11) Maltseva,N.(1994).THE THROWS Contemporary Theory,Technique and Training-THE YOUNG THROWER,TAFNWS press.
- 12) 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 巻 1 号,pp.13-26.
- 13) 村木征人(1994).スポーツトレーニング理論,ブックハウス.エイチデイ,pp.102-103.
- 14) 村木征人, 阿江通良, 宮下憲(1988).スプリント・アシスティッド・トレーニングに

- 関する研究.日本体育協会スポーツ科学研究報告,1989/90/91.
- 15) 室伏重信, 斉藤昌久, 湯浅景元(1982).ハンマー投げのバイオメカニクスの研究: 投射時におけるハンマー頭部の初速度・投射角・投射高が飛距離に及ぼす影響.中京体育学研究,23 (1) ,pp.38-43.
 - 16) 中島昭美(1981).運動感覚. 新版心理学辞典,平凡社: 東京,pp.48-49.
 - 17) 落合優(1976).運動残効. 松田岩男編運動心理学入門.大修館書店: 東京,pp.60-63.
 - 18) Sage, G.H.(1984).Motor learning and control: a neuropsychological approach. Wm. C. Brown Publishers:Iowa,pp.190-192.
 - 19) 西藤宏司(1979).実験投擲学,新体育学体系,第 28 卷逍遙書院.
 - 20) Tschiene,P.(1979).The Distinction of Training Structure in Different Stagers of the Preparation of Athletes.(In)Terauds,J.,Dales,G.G(Ed)Science in Athletics.Academic Publishers,pp.277-281.
 - 21) Woicik,M.(1980).The hammer throw.Track and Field Quarterly Review,80:23-26,(80),pp.23-26.

Abstract

About assisted training method in athletics competition male hammer throw

-Immediate effect with lightweight hammer -

Hiroshi Okano

The purpose of this study was to clarify the effect of lightweight hammer throwing which is an assisted training method in hammer throwing. For that reason, we defined how double leg support phase and single leg support phase during turn are related to hammer head speed and acceleration.

The subjects were seven male hammer throwers. The subjects were seven boys hammer throwers. As for the trial, after throwing two normal weight hammers as a reference movement, Thereafter, throwing with a normal weight hammer was performed as a subsequent exercise with 30 seconds of rest. Together with the preceding movement and the following movement, 1 set was made, totaling 3 sets. In the measurement method, trial photographs were taken with three digital video cameras from three points in front, right rear, left rear. Two-dimensional coordinate values of one hammerhead point were obtained using motion analysis software for the captured image. Three-dimensional coordinate values of the analysis points were obtained by three-dimensional DLT method using the coordinate values of the calibration in which the real space coordinates are known, arranged within the field of view angle. In this study, one skilled analyst analyzed by manual digitization. Head speed and head initial velocity at release were calculated by analysis. Furthermore, the time and ratio were calculated from the obtained image.

The T test and the effect quantity corresponding to the comparison between the reference movement and the successive exercise were used. Pearson's product moment correlation was used to analyze the correlation of each measurement item of a throwing attempt with a normal weight hammer which becomes a reference

motion and a subsequent movement. The risk rate was considered to be significant with less than 5%.

The results were as follows.

- 1) There was a significant positive correlation between throwing record and head initial velocity.
- 2) The significant difference between the throwing record of the reference motion and the throwing record of the following movement was a significantly lower value.
- 3) Significant difference between the time required for one foot contact period 1 in the reference movement and the required time for the one foot contact period 1 in the subsequent movement was significantly lower. In addition, the effect amount between the required time of the entire one foot contact period in the reference movement and the required time of the entire one foot contact period in the subsequent movement was large.
- 4) The amount of effect between the total time required for the turn in the standard movement and the total turnover time in the follow-on movement was great. In addition, a significant negative correlation was observed between the throwing record and the time required for the entire turn.

From the above results, it is suggested that it is more important to start the turn with the head speed of the one leg contact period 1 being higher, as the time required for the whole turn is shorter the throwing record tends to be higher. Therefore, no immediate effect was obtained in the effect of the light hammer throwing which is the load reduction method in hammer throwing.

図表一覧表

表 1. 被験者の特徴

| ID | 年齢(年) | 競技歴(年) | 身長(cm) | 体重(kg) | SB(cm) | PB |
|-----|-------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| A | 20 | 5.9 | 171.0 | 90.0 | 6136 | 6136 |
| B | 19 | 4.5 | 184.0 | 100.0 | 5998 | 5998 |
| C | 27 | 11.0 | 182.0 | 96.0 | 6882 | 7046 |
| D | 23 | 8.0 | 176.0 | 82.0 | 6120 | 6234 |
| E | 19 | 3.4 | 166.0 | 72.0 | 4329 | 4329 |
| F | 19 | 3.7 | 177.0 | 106.0 | 5005 | 5005 |
| G | 19 | 2.5 | 175.0 | 87.0 | | 5580(6kg) |
| 平均値 | 20.9 | 5.6 | 175.9 | 90.4 | 5745 | 5791 |
| SD | 2.8 | 2.8 | 5.7 | 10.6 | 837 | 884 |

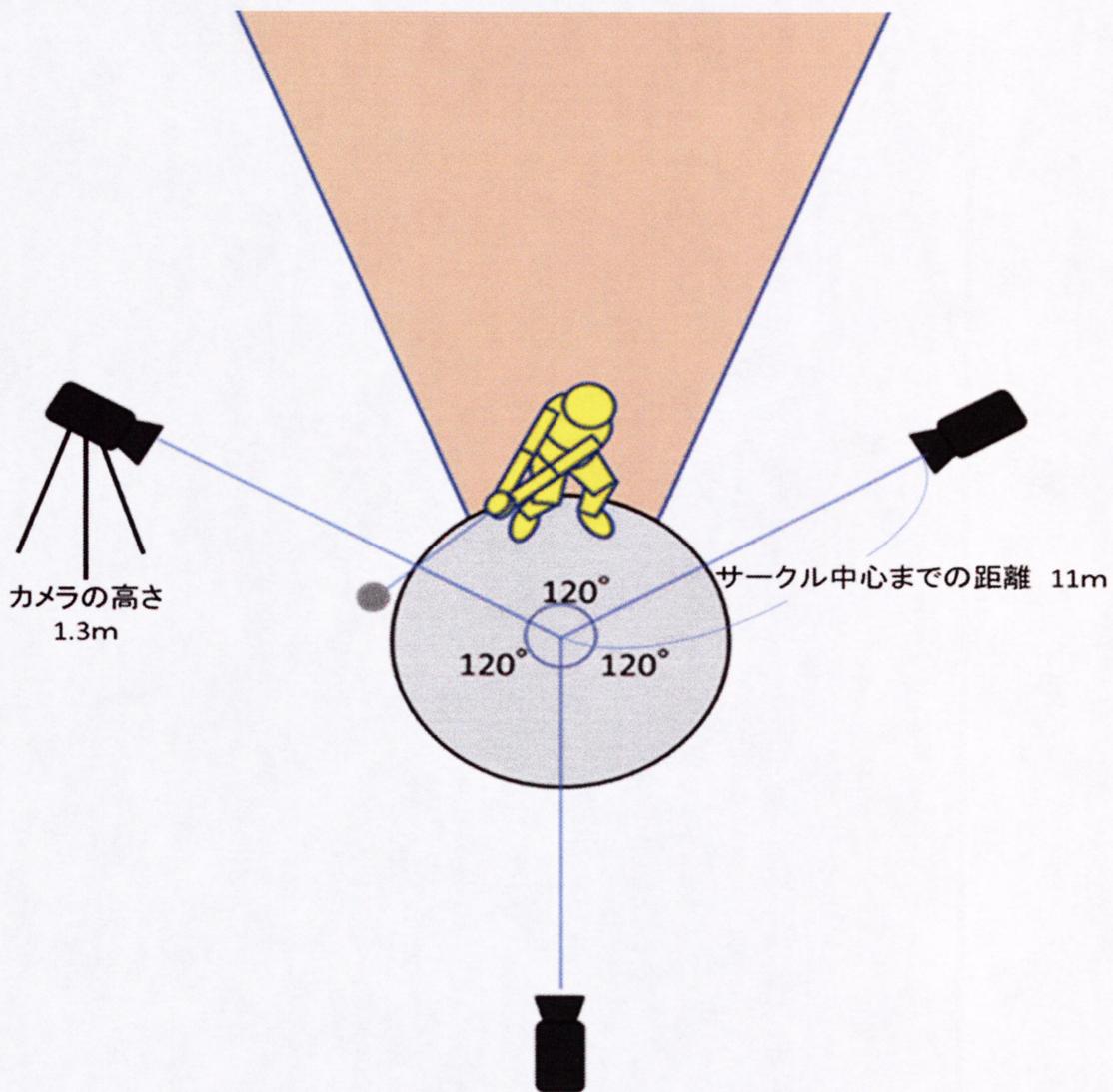


図 1. 撮影時カメラ位置

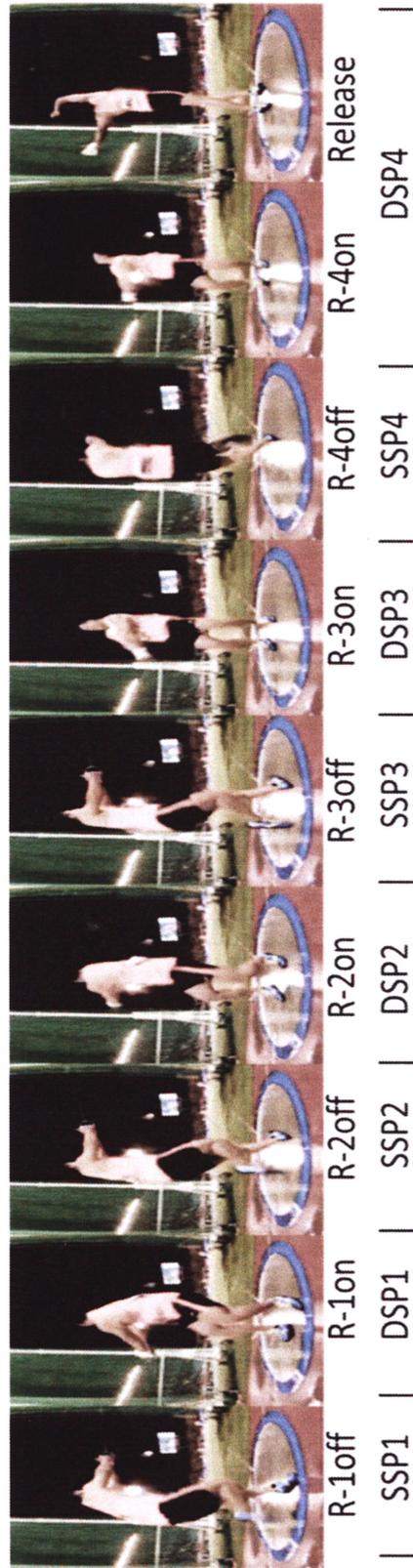


図 2. ターン局面定義

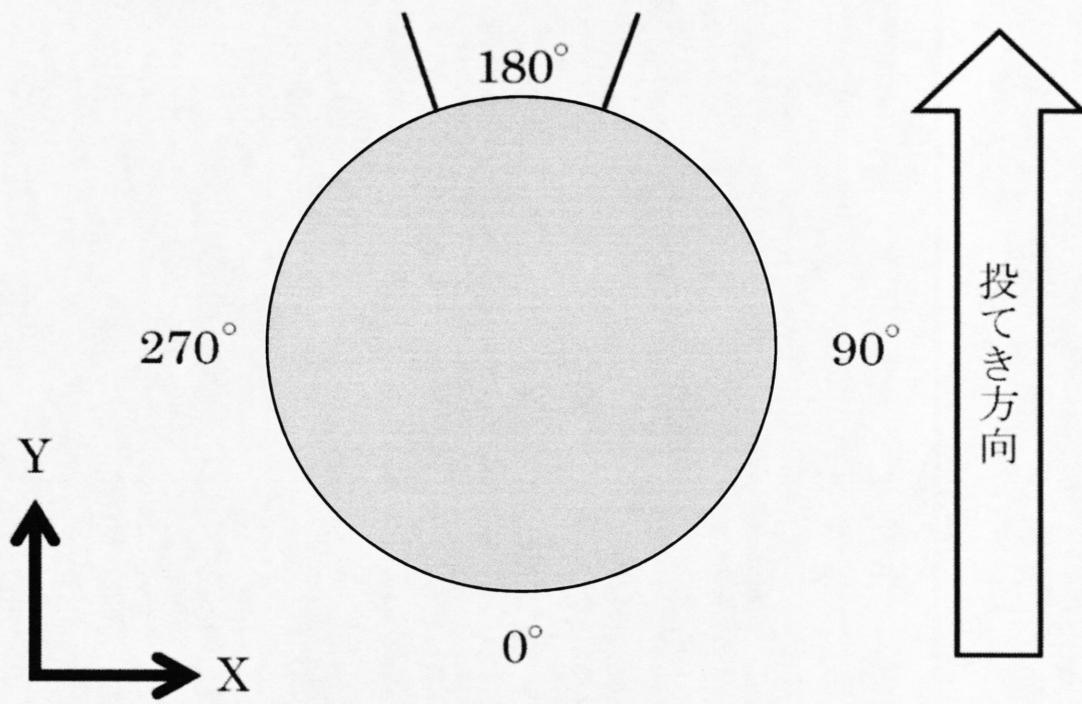


図 3. サークル方位角定義

表 2. 基準運動と後続運動における各時間と時間比・投てき記録・ヘッド初速度

| ID | 運動種類 | 投てき記録(m) | sfp1(sec) | sfp2(sec) | sfp3(sec) | sfp4(sec) | sfp5(sec) | sfp6(sec) | sfp7(sec) | sfp8(sec) | sfp9(sec) | sfp10(sec) | sfp11(sec) | sfp12(sec) | sfp13(sec) | sfp14(sec) | sfp15(sec) | sfp16(sec) | sfp17(sec) | sfp18(sec) | sfp19(sec) | sfp20(sec) | sfp21(sec) | sfp22(sec) | sfp23(sec) | sfp24(sec) | sfp25(sec) | sfp26(sec) | sfp27(sec) | sfp28(sec) | sfp29(sec) | sfp30(sec) | sfp31(sec) | sfp32(sec) | sfp33(sec) | sfp34(sec) | sfp35(sec) | sfp36(sec) | sfp37(sec) | sfp38(sec) | sfp39(sec) | sfp40(sec) | sfp41(sec) | sfp42(sec) | sfp43(sec) | sfp44(sec) | sfp45(sec) | sfp46(sec) | sfp47(sec) | sfp48(sec) | sfp49(sec) | sfp50(sec) | sfp51(sec) | sfp52(sec) | sfp53(sec) | sfp54(sec) | sfp55(sec) | sfp56(sec) | sfp57(sec) | sfp58(sec) | sfp59(sec) | sfp60(sec) | sfp61(sec) | sfp62(sec) | sfp63(sec) | sfp64(sec) | sfp65(sec) | sfp66(sec) | sfp67(sec) | sfp68(sec) | sfp69(sec) | sfp70(sec) | sfp71(sec) | sfp72(sec) | sfp73(sec) | sfp74(sec) | sfp75(sec) | sfp76(sec) | sfp77(sec) | sfp78(sec) | sfp79(sec) | sfp80(sec) | sfp81(sec) | sfp82(sec) | sfp83(sec) | sfp84(sec) | sfp85(sec) | sfp86(sec) | sfp87(sec) | sfp88(sec) | sfp89(sec) | sfp90(sec) | sfp91(sec) | sfp92(sec) | sfp93(sec) | sfp94(sec) | sfp95(sec) | sfp96(sec) | sfp97(sec) | sfp98(sec) | sfp99(sec) | sfp100(sec) | ヘッド初速度(m/s) |
|------|------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| A | a | 5506 | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.25 | 1.04 | 0.41 | 0.33 | 0.28 | 0.27 | 1.29 | 2.40 | 53.75 | 24.04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | a | 5450 | 0.31 | 0.28 | 0.24 | 0.25 | 1.08 | 0.38 | 0.34 | 0.25 | 0.35 | 1.32 | 2.47 | 53.44 | 22.44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | a | 6046 | 0.31 | 0.30 | 0.27 | 0.25 | 1.13 | 0.38 | 0.30 | 0.24 | 0.31 | 1.23 | 2.37 | 51.90 | 24.77 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | a | 5076 | 0.27 | 0.31 | 0.38 | 0.32 | 1.28 | 0.42 | 0.36 | 0.19 | 0.30 | 1.27 | 2.56 | 49.61 | 24.89 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | a | 4210 | 0.27 | 0.25 | 0.25 | 0.26 | 1.03 | 0.44 | 0.33 | 0.32 | 0.30 | 1.39 | 2.43 | 57.20 | 21.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | a | 4544 | 0.33 | 0.29 | 0.33 | 0.27 | 1.22 | 0.47 | 0.39 | 0.32 | 0.33 | 1.51 | 2.74 | 55.11 | 21.03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | a | 4718 | 0.35 | 0.39 | 0.35 | 0.29 | 1.36 | 0.48 | 0.33 | 0.28 | 0.37 | 1.46 | 2.85 | 51.23 | 21.58 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | c | 5273 | 0.32 | 0.25 | 0.24 | 0.21 | 1.02 | 0.42 | 0.31 | 0.29 | 0.32 | 1.34 | 2.43 | 55.14 | 23.61 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | c | 5192 | 0.37 | 0.26 | 0.27 | 0.25 | 1.15 | 0.36 | 0.32 | 0.24 | 0.32 | 1.24 | 2.46 | 50.41 | 22.84 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | c | 5662 | 0.30 | 0.29 | 0.26 | 0.25 | 1.10 | 0.43 | 0.33 | 0.28 | 0.33 | 1.37 | 2.48 | 55.24 | 23.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | c | 5020 | 0.34 | 0.30 | 0.30 | 0.32 | 1.26 | 0.52 | 0.39 | 0.25 | 0.29 | 1.45 | 2.72 | 53.31 | 22.74 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | c | 3999 | 0.30 | 0.26 | 0.27 | 0.28 | 1.11 | 0.44 | 0.36 | 0.33 | 0.30 | 1.43 | 2.55 | 56.08 | 19.96 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | c | 4730 | 0.38 | 0.35 | 0.25 | 0.28 | 1.26 | 0.49 | 0.30 | 0.30 | 0.35 | 1.44 | 2.71 | 53.14 | 21.85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | c | 3990 | 0.35 | 0.39 | 0.37 | 0.39 | 1.50 | 0.46 | 0.30 | 0.25 | 0.28 | 1.29 | 2.80 | 46.07 | 20.03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a平均 | | 5079 | 0.31 | 0.30 | 0.29 | 0.27 | 1.17 | 0.43 | 0.34 | 0.27 | 0.32 | 1.35 | 2.55 | 53.18 | 22.84 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| c平均 | | 4638 | 0.34 | 0.30 | 0.28 | 0.28 | 1.20 | 0.45 | 0.33 | 0.28 | 0.31 | 1.37 | 2.59 | 52.77 | 22.09 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a SD | | 589 | 0.03 | 0.04 | 0.06 | 0.02 | 0.12 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.10 | 0.17 | 2.34 | 1.58 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| c SD | | 593 | 0.03 | 0.05 | 0.04 | 0.05 | 0.15 | 0.05 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.07 | 0.14 | 3.24 | 1.43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表 3. 基準運動と後続運動における各時間と時間比、ヘッド初速度、投てき記録と T 検定及び ES

| | 基準運動 | 後続運動 | t | ES(r) |
|------------|-----------|-----------|-----|-------|
| 投てき記録 | 5079±589 | 4812±601 | *** | 大 |
| ssp1(sec) | 0.31±0.03 | 0.34±0.03 | *** | 大 |
| dsp1(sec) | 0.43±0.04 | 0.45±0.05 | ** | 中 |
| ssp2(sec) | 0.30±0.04 | 0.30±0.05 | | 小 |
| dsp2(sec) | 0.34±0.03 | 0.33±0.03 | | 小 |
| ssp3(sec) | 0.29±0.06 | 0.28±0.04 | | 小 |
| dsp3(sec) | 0.27±0.04 | 0.28±0.03 | | 小 |
| ssp4(sec) | 0.27±0.02 | 0.28±0.05 | ** | 中 |
| dsp4(sec) | 0.32±0.03 | 0.31±0.02 | | 小 |
| ssp全体(sec) | 1.17±0.12 | 1.20±0.15 | ** | 大 |
| dsp全体(sec) | 1.35±0.10 | 1.37±0.07 | | 小 |
| dsp比(%) | 53.2±2.34 | 52.8±3.24 | | 小 |
| 全体(sec) | 2.55±0.17 | 2.59±0.14 | ** | 大 |

: $0.05 < p < 0.1$ *: $p < 0.01$

表 4. 投てき記録と各時間、ヘッド速度との関係

| | ssp1(sec) | ssp2(sec) | ssp3(sec) | ssp4(sec) | ssp全体(sec) | dsp1(sec) | dsp2(sec) | dsp3(sec) | dsp4(sec) | dsp全体(sec) | ターン全体(sec) | ヘッド初速度(m/s) |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-------------|
| r値 | -0.236 | -0.323 | -0.337* | -0.584** | -0.464** | -0.382* | -0.203 | -0.375* | 0.305 | -0.322 | -0.527*** | 0.914*** |

*:p<0.05 **:p<0.01 ***:p<0.001

図4. 軽量ハンマーにおける速度変化

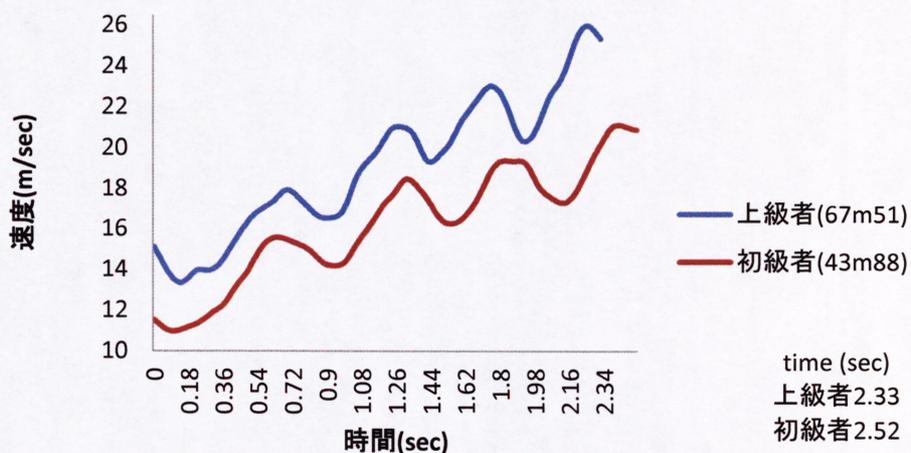


図 4. 軽量ハンマーにおける速度の差異

表 5. 軽量ハンマー投てき時の速度と速度変化量の比較

| 速度(m/sec) | SSP1 | DSP1 | SSP2 | DSP2 | SSP3 | DSP3 | SSP4 | DSP4 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 上級者 | 13.34 | 17.93 | 16.53 | 21.05 | 19.31 | 23.03 | 20.31 | 25.97 |
| 初級者 | 10.96 | 15.56 | 14.17 | 18.77 | 16.26 | 19.38 | 17.28 | 21.12 |

| 速度変化量(m/sec) | D1-S1 | S2-D1 | D2-S2 | S3-D2 | D3-S3 | S4-D3 | D4-S4 | 合計 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 上級者 | 4.59 | -1.40 | 4.52 | -1.74 | 3.72 | -2.72 | 5.66 | 12.6 |
| 初級者 | 4.60 | -1.39 | 4.60 | -2.52 | 3.12 | -2.10 | 3.84 | 10.2 |

試験に参加される皆様へ

説明同意文書

試験課題名：陸上競技男子ハンマー投における負荷軽減法の有効性

—軽量ハンマーを用いたターン動作の特性—

試験実施機関：順天堂大学さくらキャンパス

試験実施責任者：順天堂大学 教授 山崎一彦

試験実施期間：2018年 10月16日～11月16日

1. 試験の意義・目的

軽量ハンマーを用いた練習は、円滑なターン動作やターン中のスピードを高める養成手段として現場で行われています。このように、軽量ハンマーなど投てき物の重量負荷を軽減して練習を行う方法を、負荷軽減法と言います。負荷軽減法とは、通常では達成が困難となる超最大スピードレベルでの運動遂行を実現することにより、そこでの早いスピード感やリズム、タイミングを身に付けようとするもので、陸上投てき種目、バット・ボール・ラケットの重量負荷軽減によって、投てき、投球・バット、ラケットスイングでの超最大スピードでの運動遂行を推奨する指導書もあります。ハンマー投に関する指導書では、ソ連のハンマー投ナショナルコーチ **Bondarchok.A** が、短期記憶を利用し、理想的運動のスピード、リズム、タイミングを運動記憶し、即座に正規重量ハンマーの投てきを行う方法も提唱実践しています。そこで今回の実験で、軽量ハンマーの即時効果の有無と、競技レベルに応じた軽量ハンマーの動きの特徴を検証し有効性を評価することで、軽量ハンマーを実施する際の留意点や即時効果の有無から、試合前の調整に関して有用な選択肢となると期待されます。

なお、この研究は「順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科研究等倫理委員会」にて、試験の科学性と倫理性を厳密に審査され研究機関の長により承認されております。

2.対象と方法

- 1) 被験者:ハンマー投を専門とする男子投てき競技者 6~8名(4回転ターン右投げ)。
- 2) 競技レベル:日本トップレベル競技者から中級・初級競技者。
- 3) ハンマー重量設定:7.26kgのハンマーを-20%の範囲で重量を設定。
- 4) 測定項目:最大努力による投擲試技を3本行い測定。
- 5) 分析方法:試技をビデオカメラ4台で撮影し三次元座標値を算出。
撮影した映像を動作分析ソフトにより分析。

3.実験スケジュール

- ①基準運動として7kgのハンマーを2本投てきしてもらいます。
- ②先行運動として6kgのハンマーを投げてもらいます。
- ③直後に後続運動として7kgのハンマーを投げてもらいます。

実験は以上を計4本、先行運動と後続運動の間はできる限り短く設定して行います。
先行運動と後続運動を合わせて1setとし、計3セット行います。

4.情報の保管及び廃棄

すべての実験関連記録は順天堂大学で施錠して保管されます。廃棄する際は、紙面による情報はシュレッダー処理され、電子情報は完全に削除します。

方法としては一般的な方法でハンマー投げを実施します。重量負荷は、負荷軽減法を用いて軽量ハンマー(6kg)の投てきを行い、その直後に正規重量(7kg)のハンマーによる投てきを行ってもらいます。

5. 研究等の対象となる個人及び必要な場合にはその家族等関係者に対する人権の擁護

本研究は、すべて対象者の承諾(同意)を得た上で行い、調査によって得られた対象者データは、データの保管場所は順天堂大学さくらキャンパス、1号館の5階陸上競技研究室内とする。研究代表者は、匿名化されたデータを用いて分析を進める。またデータの持ち出しや第三者への貸し出し、複写などは一切認めない。研究結果の公表に当たっても、全て連結不可能匿名化により個人情報特定できないようにする。また、対象者は、調査参加に対する同意をした後であっても、いつでも自由

に調査への参加を辞退する権利を有するものとし、辞退によっていかなる不利益を被るものでないことを保証する。また、辞退者のデータは速やかに削除する。本実験は、ヘルシンキ宣言に則り、倫理的な配慮及びその具体的実施を図るため、順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科研究等倫理要綱実施規定に基づいて行うものとする。

6.研究等によって生ずる個人及びその家族等関係者に対する精神的・身体的不利益とそれへの配慮

本研究は、ハンマー投の全力投てきを行わせることから、投てきにおける失敗のリスクも高まることが予想される。そのため、十分なウォーミングアップの時間を与え、失敗のリスクを軽減できるように投てき場所の確認を行って実験を行う。なお、研究対象はいつでも不利益なしに、この研究への参加を取りやめ、または参加の同意を撤回する権利を有する。事故等の危険がないように十分配慮するが、万が一怪我や体調不良を訴えた場合は即時に実験を中止し、応急処置を行い、必要があれば被験者の希望する医療機関を受診させる。その際の医療費は、同意書にて同意を得た上で、自己負担とする。

7.研究への参加を中断する場合

参加のご同意いただいた場合でも、以下のような場合には実験を中断します。

- ① あなたが参加への同意を撤回された場合。
- ② あなたの心身の状態等から研究者が中断した方がよいと判断した場合。

8.研究により期待される便益

本研究へご参加いただくことによるあなたの直接的な便益はありませんが、研究成果は今後、軽量ハンマーによる即時効果や負荷軽減法による軽量ハンマーの特性の新たな知見を付与すると期待される。

9.研究への参加は任意であり、同意後の撤回も可能であること

本研究への参加は強制ではありません。ご自身の意思により参加・不参加をお決めただけで結構です。研究に参加しなかったことにより不利益を受けることもありません。

ん。

また、一度参加に同意した後でも、参加同意撤回書をご提出いただくことで、不利益を受けることなく同意を撤回することができます、その場合には、それまでにご提供いただいたデータは廃棄され、以後それらのものが研究で用いられることはありません。ただし、同意を撤回された時点で既に研究成果が論文等で発表済である場合や、データや資料等が完全に匿名化されて特定の個人を識別できない状態である場合等、廃棄できない場合もあります。

10.研究に関する情報公開の方法

本研究の成果を学会や学術誌等で公表することがありますが、個人を特定できる情報は公表しません。

参加同意書

私は、「陸上競技男子ハンマー投における負荷軽減法の有効性-軽量ハンマーを用いたターン動作の特性-」の研究について、その目的、方法、その成果及び危険性の有無とその対処法に関する十分な説明を受けました。また、本研究に協力することを途中で辞退したい場合はそれを認めます。これらの事項について確認したうえで、この研究に参加することに同意します。

年 月 日

参加者署名

印

本研究に関する説明を行い、自由意思による同意が得られたことを確認します。

説明担当者

順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科 博士課程前期2年 岡野 敬史