©NSCA JAPAN
Volume 27, Number 9, pages 57-65

図中の マークは別ページにて動画をご覧いただけます

Key Words【コア：core、ハンマー：hammer、ハマロビクス：hammerobics、ハンマー投げ：hammer throw、パラメータ励振：parametric oscillation、安定性：stability】

コア安定性のための補助エクササイズ：ハンマー投げにおけるパラメータ励振の概念の応用

Supplemental Exercises for Core Stability Which Utilize the Concept of Parametric Oscillation in the Hammer Throw

Koji Murofushi, [1] Ph.D.　**Donald Babbitt,** [2] M.A., CSCS　**Ken Ohta,** [3] Ph.D.
[1]Department of Sport Science, National University Corporation Tokyo Medical and Dental University, Tokyo, Japan
[2]University of Georgia Athletic Association, University of Georgia, Athens, Georgia
[3]Institute of Systems, Information Technologies and Nanotechnologies, Fukuoka, Japan

要約

ハンマー投げのためのトレーニングは、従来２つの部分に分けられている。主要なトレーニング方法はハンマーを投げることであるが、副次的／補助的方法には、投てきのパフォーマンスのためにアスリートの体力レベルを改善する様々なストレングス＆コンディショニングエクササイズが含まれる。ハンマー投げに見出されるパラメータ励振の原理を用いて、ウェイトルームでの特別なスタビリティエクササイズを実施することは、安定化のスキルを促進する効果的な方法であり、ハンマー投げのパフォーマンスを最適化する可能性があると思われる。これらの発展的な体幹エクササイズは、傷害予防の役割も果たす可能性がある。

はじめに

ハンマー投げは、男子では重量7.26kg、長さ121.5cm（4フィート）のハンマーを、女子では重量4kg、長さ119.5cmのハンマーをできるだけ遠くに投げる陸上競技である。投てきは、直径7フィート（約2.135m）の投てき円内から出ることなく、回転運動と併進運動を行なうことにより、最終リリースの時点までに「ハンマーヘッド」の速度を上げることで行なわれる**（図1A–E）**。すなわち投てき運動は3つの段階に分けられる。予備的回転であるワインド（予備回転）**（図1A）**、ターン（回転、3～4回）**（図1B）**、そしてデリバリー（投げ）**（図1E）**である。最終リリース時には、ハンマーのワイヤーの張力は350kg（700ポンド）に達し、80m（262フィート）の飛距離の場合、ハンマーヘッドの速度は29m/秒（65マイル/時）を超える（13,16）。このような動力学により、ハンマー投げのアスリートは、あらゆるスポーツの中で最も大きな運動エネルギーを生み出すことができる（19）。

ハンマーがどのように投げられるか、その特性は陸上競技における他の投てき競技とも異なる。他の投てき競技（槍投げ、砲丸投げ、円盤投げ）は、デリバリー段階で用具の顕著な加速を伴う加速パターンを用いる（2,11,15）。これらの3種目の例では、用具を投げるのは片腕だけで、最終リリース時における速度の大部分（70～85%）は、投動作の最終時点で発揮される（9）。これに反して、ハンマーの速度の大半は、ワインドにおける投てきの序盤から増大し、そして波状的な加速と減速パターンがこれに続き、そしてハンマーヘッドが、最終的なリリース速度の残りの部分を得て、60～70mよりはるかに長い飛距離を生み出す（3,4,12）。この一連の運動に沿って、ハンマーヘッドは、投てき選手が3回から4回ターンを完了する間、角度のある楕円「軌道」を描きながら選手の周囲を旋回する**（図1A–E）**。ハンマーヘッドは楕円軌道の最下点に向かって動く時に加速

図1　ハンマー投げ

され、一方、軌道の最高点に向かって動く時に減速される**(図2)**。ターンを繰り返す間、ハンマーの経路の加速部分は、パラメータ励振の原理を用いる**(図3)**。それによりハンマーヘッドは、放出される前に高レベルの運動エネルギーを生むことが可能となる(20)。

この競技のもうひとつの際立った特色は、ハンマーヘッドがワイヤーとハンドルグリップによって投てき選手と繋がっていること、つまり、投げ手と直接接していないことである。これは他の投てき競技(砲丸投げ、円盤投げ、槍投げ)からハンマー投げを区別する最も重要な特色である**(図5)**。この構成により、少量のトルクがハンドルと選手の手の間に働く。投げ手が加速局面でハンマーのハンドルに力を発揮すると、ハンドルは最初、回転軸の周りをハンマーヘッドよりもやや速い速度で回転する(20)。これにより、ハンマーヘッドはわずかにハンドルより遅れる**(図4)**。ハンマーを振り抜くと、ヘッドは軌道の最下点を通過する時にハンドルに追いつく(20)。この遅れにより、回転の最下部付近でハンマーに局所的に最大の力が働き、ハンマーが「最も重く」感じられる(20)。次に続く最下部で力いっぱい引く動作(「プリング」)により、パラメータ励振となる最適な加速法をもたらす。それは通常、二重振り子効果に基づくスイング運動で見られる(18)。二重振り子によって生じる作用力により、ハンマー投げ選手が、用具加速のために必要な、ハンマーヘッドと投げ手の重心(CG)間における非同期的垂直運動を達成することが困難

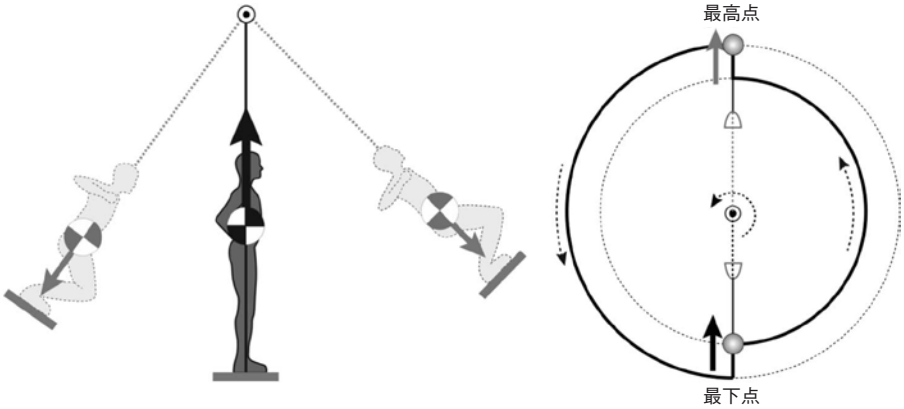

図2　パラメトリック励振

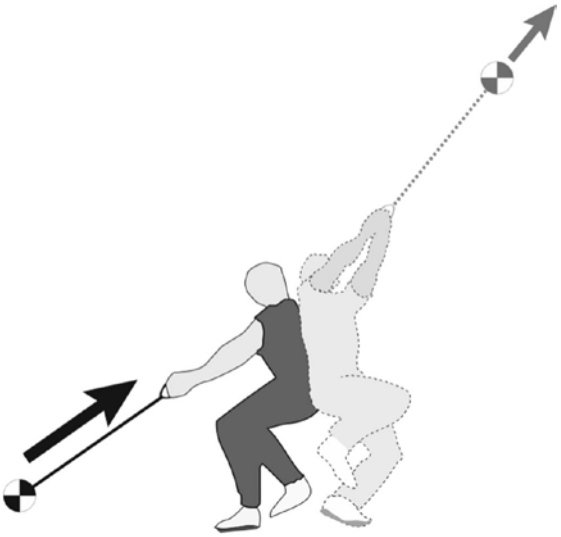
図3　ハンマー投げの最下点と最高点

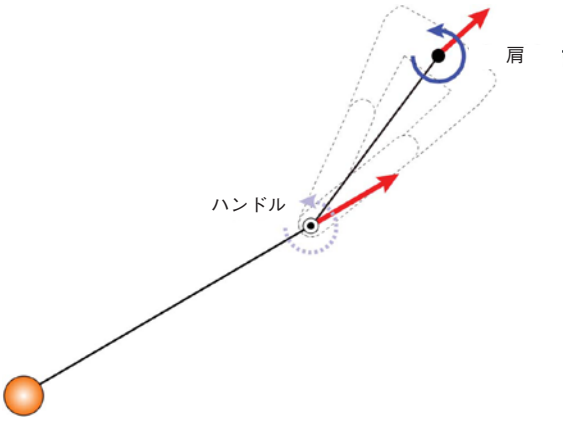

図4　ハンマーヘッドはハンドルより遅れる

になる(17)。したがって、ワイヤーの遅れた動きとハンマーヘッドのタイミングをうまくコントロールすることができる選手は、自らの重心(CG)とハンマーヘッドの非同期的な垂直運動を調節するスキルがより優れているため、ハンマーヘッドに至適加速度が生じると推測される(17)。

このようなスキルを磨くことは、ハンマー投げの選手が最高レベルの投てきパフォーマンスを促進することを可能にすると思われる。様々な動作の低強度および高強度のエクササイズを組み合わせた包括的なトレーニングプログラムにより、競技パフォーマンスを高めることができると考えられる(7)。以上を理由として、投てき運動で見られるパラメータ励振の概念を用いたハンマー投げのためのS&Cエクササイズを創出するというアイデアが生まれた。多面的で包括的なトレーニングプログラムにこれらの専門的なエクササイズを取り入れることにより、絶えず変わる刺激に対処しながら、投てき選手は、ハンマー投げによく似た様々な運動と姿勢を保持し、タイミングを合わせる練習を行なうことができる。このような種類の競技特異的なエクササイズに習熟すれば、ハンマー投げの円内で一層効率的な運動に転移する可能性があると思われる(8,19)。我々著者は、これらの特徴あるエクササイズを「ハマロビクス(hammerobics)」と名付けた。

図5　ハンマーと投てき選手の手を繋ぐワイヤーとハンドグリップ

エクササイズの開発

ハンマー投げの複雑な運動特性により、S&Cの現場における多種多様なトレーニング方法を応用して、パフォーマンスに役立てることができる(1)。大多数の投てき種目と同様、ハンマー投げにおいても、スナッチやクリーンのようなオリンピックスタイルリフティングは、各種スクワットのバリエーションとともに、S&Cプログラムの主要なエクササイズを構成する傾向がある(10)。これらのエクササイズ種目は、効果的ではあるが、非常に反復的であり、各シーズンごとに何度も同じ運動が繰り返される。何年にもわたり同じトレーニングを繰り返すと、オーバーユース傷害が発生する可能性が増大する(14)。

ハマロビクスエクササイズは、励振により提供される絶えず変化する刺激により、古典的なウェイトトレーニングの反復特性を回避しながら身体を鍛える、従来とは異なる方法を提供する。そのため、アスリートのプログラムにハマロビクスエクササイズを取り入れることは、トレーニングに変化を加えることができ、また、オーバーユース障害の危険性を軽減することに役立つと思われる。さらに、非対称的で予測不能な変化をする抵抗を動かしたり感じたりするアスリートの能力も開発できるだろう。また、これらの特別なエクササイズは、投げ手の競技によく似た姿勢での安定筋力を促進する可能性があり、また絶えず変わる刺激の複雑な動きに対する優れた調整能力にかかわる重要な運動スキルも改善するだろう。これが、今度はハンマー投げの円内でのより効率的な運動に転移し、投てき中の一層最適な力の発揮をもたらすと思われる(17)。

エクササイズの解説

ハマロビクスエクササイズのための基本的な準備として、バーの両端にループ状のワイヤーでハンマーを繋ぐことが必要である**(図6)**。これにより、アスリートは、標準的な関節可動域でエクササイズを行なっている間、ハンマーが前後に揺れて絶えず変化する刺激パターンを提供する状態で、伝統的なストレングスエクササイズのバリエーションを行なうことができる。ラックからバーを外してそれぞれのエクササイズ(スタビリティスクワット、ベンチプレス、ステップアップ)を始めるために、挙上者は、まず挙上を開始する前にハンマーヘッドを望ましい方向と強度で押すことにより動きを与える。挙上者が自分でこれを楽に行なうことができない場合は、2人目の挙上者または「補助者」が、同様にハンマーヘッドをゆすってからエクササイズを始める。(デッドリフトのように)床から始める

エクササイズでは、バーを床から引き上げる前に、ワイヤーを使ってバーに繋いだハンマーを適切な方向で平らに並べておく。バーを床から引き上げるとハンマーヘッドは揺れ始め、望ましい刺激が提供される。

ハマロビクスエクササイズを行なう主な目標は、エクササイズを完了するまでの間、適切なフォームとリズムを保持することである。その点はいくら強調しても強調しすぎることはない。肝心なことは、どれほどの振幅でハンマーを揺らすかではない。さらに、この種のエクササイズでどれほど挙上できるかを試すために、「ウェイトを押す」ことに重点を置くべきではない。それは傷害の危険性を増大させることになりかねない(5,24)。上級レベルのハンマーテクニックを習得するのと同じように、主たる焦点は運動の習得に置くべきである。

スタビリティスクワットは、伝統的なフロントまたはバックスクワットと同じように行なうが、2個の16ポンド(7.26 kg)のハンマーをバーの両端から吊り下げておき、等尺性または安定した挙上リズムで行なう(**図7A–C**)。このスクワットのバリエーションは、同じ方向にハンマーを押して振り子運動をさせて行なってもよいし(**図8B**)、またはバーの端のハンマーを前後反対に振動させて行なってもよい(**図8A**)。レップ中はリズムとテンポを維持しなければならない。そうすることで、揺れている抵抗が、アスリートが対応しなければならない常に変動する刺激を確実に提供する。揺れているハンマーの振幅は、鉛直平面に対して90°を超えてはならない。

エクササイズの過程で、挙上者にとっての主な課題は、等尺性のスクワットを保持するかまたは可動域全体でスクワットを完了する間、ハンマーの励

図6　ハマロビクスエクササイズのための基本的な準備
ハンマーを輪にしたワイヤーでバーの両端に取り付ける

図7　スタビリティスクワット

振運動を維持することである。挙上者は両足のかかとと足先の間で重心を前後に動かすことによりこのエクササイズを始めるが、スクワットエクササイズを始める時には、ハンマーは同方向に揺れ動いている。次に挙上者は、脚部の小さな上下運動へと移行しハンマーを振らせ続ける。ハンマーが反対方向に揺れ動いているエクササイズに対しても、アスリートは同様の体重移動と上下運動を行なうだろう。しかし、エクササイズを行ないながら両脚のかかとと足先を反対に動かして運動を調節する。

大部分のハマロビクスエクササイズと同様に、ハンマーが同方向に揺れ動いている、最も容易なバリエーションから始めることが推奨される。同時的な振動は、アスリートがハンマーの揺れを保持することを容易にさせる。アスリートの足はスワットの動作中同じように動くからである。次に、ハンマーが反対方向に揺れ動いているスクワットに進むことができる。これはより複雑な課題である。ハンマーを逆方向に揺らし続けるためには、左右の脚部をそれぞれ個別に反対方向へ動かさなければならないからである。この概念はハンマー投げに転移できると思われる。かかと～足先のアライメントを使う投てきの動きでは、両脚を別々に機能させてターンを実行するからである。コーディネーションのとれた、それぞれの脚部の運動パターンに重点を置くこともまた重要である。ハンマー投げの運動パターンの50%以上は、片足だけを地面につけた状態で生じるからである(6)。

スクワットを遂行する深さも重要である。挙上者は、パーシャルスクワットやクォータースクワットなど、より容易なバリエーションから始めるべきである(**図7B**)。クライアントがこのエクササイズのスキルが上達するにつれて、次第に実際の投てきでみられるのと同じ低いスクワットポジションまで下ろす(**図7C**)。スタビリティスクワットの最終的な目標は、実際の投てきでみられるのと同じ深さでエクササイズを行なうことである。このエクササイズを投てきのテクニックによく似た方法で行なうことにより、この特別なエクササイズのトレーニングのより大きな転移が可能になるだろう(8,19)。

図8　パラメータ励振を用いたスタビリティスクワット

図9　パラメータ励振を用いたカーフレイズ

カーフレイズエクササイズもまた、スタビリティスクワットと同様のリズムとテンポで行なうことができる。その間アスリートは、反対方向かまたは同じ方向に揺れている2個のハンマーの動きを維持しながら行なう(**図9**)。スタビリティスクワットと同様、挙上

者は、ハンマーが同一方向に揺れる状態から開始し、楽に、また適切にこの運動ができるようになってから、ハンマーが反対方向に振動するバリエーションへと進むことが推奨される。

等尺性のデッドリフトエクササイズには2つのバリエーションがある。このエクササイズは、挙上者は床からバーを引き上げるが、繋がれたハンマーはバーを挟んで異なる側に(ハンマーの振動が逆になる)または同じ側に(ハンマーの振動は同方向になる)、床の上に水平に並べておく。どちらのバリエーションでも、挙上者は床からホールディングポジションまでウェイトを引き上げることによりエクササイズを始め、ハンマーに動きを与える。デッドリフトは通常、足幅を肩幅より少し広くとり、膝を45°に屈曲したハンギングポジションから行なう**(図10A)**。挙上者は開始姿勢からゆっくりとバーを上げて運動を始める。するとハンマーが一斉に同じ方向に動くか(**図10A**)反対方向に動く(**図10B**)。一旦ハンマーが運動を始め、その位置が定まったら、挙上者は上半身を安定させた状態のまま、主に両足と股関節と下半身を使ってハンマーの振動を維持することができるだろう。正しく行なえば、ハンマーの運動量とタイミングを調節することにより、ほんのわずかな下半身の運動だけでハンマーの大きな揺れを維持できる。テクニックが未熟な場合、挙上者は上半身を大きく動かし腕を緊張させるが、ハンマーの振動はかえって小さくなる。技術的な要点は、スタビリティスクワットエクササイズと同様である。

「オール(oar)」はハンマー投げに非常に特異的な姿勢から生まれたエクササイズである。オールエクササイズは、ハマロビクスの最も発展的なエクササイズであると考えられ、60m以上の自己最高記録をもつ上級者の投てき選手だけに通常用いられる。このエクササイズを行なう時にとる姿勢は、ハンマー投げの選手が実際の投てき動作中にとる姿勢にきわめてよく似ている(**図11A**)。挙上者は、壁あるいはリフティングプラットフォームの端に固定されたバーの端をいっぱいに伸ばした腕で持ち、足を半分開いたセミスプリットのスクワット姿勢をしっかり保持する。このエクササイズの上級バリエーションでは、挙上者がゆっくりと身体を動かし、姿勢をしっかり保持したままバーを前後に動かすことにより、リフティングバーに取り付けた7.26kgのハンマーを振り子のように前後に揺らす。このエクササイズのより簡単なバリエーションも用いることができる。その方法は、バーを股関節のすぐ上で持つことにより、挙上者の重心にはるかに近くなるように調節するか(**図11B**)、または挙上者のグリップにきわめて近いところにウェイトを足す。

ケトルベルスイングは姿勢に注目したもうひとつのエクササイズである。挙上者は、4フィート(約1.2m)のロープかバンドに吊るしたケトルベルを頭

図10　アイソメトリックデッドリフト

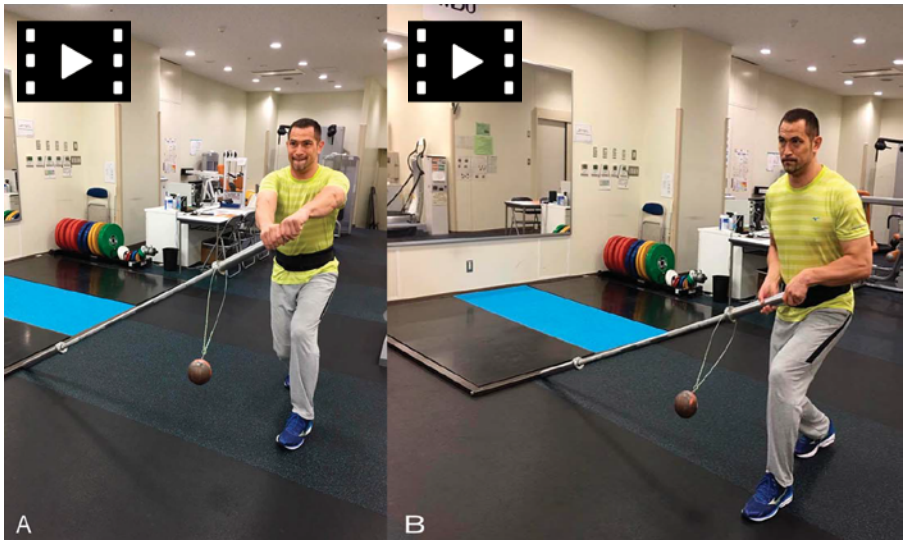

図11　「オール」エクササイズ

の後ろに保持する(**図12A**)。これまでに紹介した他のハマロビクスエクササイズとは異なり、挙上者は揺れる抵抗を直接手で保持する。両足を肩幅よりやや広くした基本姿勢を保持しながら、挙上者は身体をリズミカルに左右に動かすと、ケトルベルが振り子のように端から端まで揺れ始める。ケトルベルの運動の振幅が大きくなるにつれて、挙上者は、ケトルベルの動きに対抗してバランスがとれる程度まで徐々に身体の動きを減少させる。これは、直立姿勢を保持しながら、最大180°までケトルベルを揺らす十分な強度で行なうことができるだろう(**図12B**)。このエクササイズは、挙上者が自らの運動を最小限に抑えながら、推奨されるパラメータの範囲内でケトルベルの運動を最大化できれば、理想的なテクニックといえる。導入時のケトルベルの推奨重量は4～6kgである。これらエクササイズの遂行中は、挙上者の能力に慎重に注意を払う必要がある。適切なフォームを維持できない場合は、重量を減らすべきである。挙上者の能力がさらに高まるにつれて、適度な漸進を追求することも推奨される。このエクササイズの推奨レップ数は、左右それぞれ10～20レップの範囲で変えることができる。

図12　ケトルベルスイング

現場への応用と結論

ハマロビクスエクササイズは、一般準備期の開始時にトレーニングプログラムの特色として導入され、一般準備期間内の各セッションで2～3種目を週2～3回行なうことができる。ハマロビクスは大抵48～72時間空けてから行なうが、これはセッション間の回復を可能にするためである。セット間の受動的休息時間は、アスリートの体力やパフォーマンスレベルに基づいて、3～4分とすることが推奨される(**表1**)(22)。**表1**には、最も一般的なハマロビクスエクササイズのために、各エクササイズに推奨される重量とレップ数の計画を簡単にまとめた。一般準備期の最初にこれらのエクササイズを導入することは、スナッチあるいはパワークリーンのような、よりダイナミックで典型的なエクササイズに進む前に、コアの安定筋力を十分に発達させておくことに役立つと思われる。これらのエクササイズを適切に行なうためには十分なレベルのコアの安定性が必要だからである(23)。

ハマロビクスエクササイズは1年間のトレーニングを通して、様々に段階を変化させてプログラム内で継続できる。通常、試合直前には、ハマロビクスセッションを週2回まで、1回のセッションで1種目か2種目まで、適度にテーパリングを行なう。試合期にはさらにテーパリングを行ない、週1～2セッション、各セッションでは軽い負荷を用いて1～2種目のエクササイズを行なう。ハマロビクスエクササイズは、一般準備期のシーズン初期におけるトレーニングセッションの最初に設定できる。体力とエクササイズの遂行能力が向上するにつれて、これらのエクササイズをプログラムの最後に再度配置できる。これらのエクササイズは本質的に、典型的なストレングスエクササイズに対する補助エクササイズであり、クールダウンとしても役立つ(21)。**表2**は、成長途上のアスリートが、そのトレーニングプログラムの様々な段階に、ハマロビクスエクササイズをどのように取り入れ構成できるかについての詳細例を提供している。**表3**は、ハマロビクスエクササイズをどのように一般準備期のトレーニングに取り入れることができるか、その例を示している。

他のハマロビクスのバリエーションは、グッドモーニングやランジ、ステップアップやベンチプレスなど、主流のストレングスエクササイズからも派生させることができる(**図13**)。これらのエクササイズ種目は、ハンマー投げの選手のためのトレーニングやその補助としてだけでなく、野球、バレーボール、ゴルフ、レスリング、ラグビー、アメリカンフットボール、および陸上競技のハンマー投げ以外の投てき競技などの様々なスポーツの総合的なトレーニングにおいても有益であると思われる。振動するハンマーの長さを短くすることによって刺激に変化を加えれば、さらにエクササイズを調節できる。ベンチプレスの事例では、短くすることは、ハンマーが軌道から外れて挙上者にぶつかる可能性を未然に防ぐために有益であると思われる。

表1　ハマロビクスエクササイズの推奨される負荷とレップ数				
エクササイズ名	男性のための負荷	女性のための負荷	レップ数とセット数	セット間の休息
スタビリティフロント／バックスクワット	50～100kg/16ポンド×2	30～60kg/4kg×2	10～20秒×3	3～4分
カーフレイズ	20～50kg/16ポンド×2	15～30kg/4kg×2	10～20レップ×3	2.5～3分
ケトルベルスイング	6～20kg	4～10kg	10～20レップ×3	3～4分
オールストレートアーム／バー 男性20kg、女性15kg	0～5kg/16ポンド×1	0～4kg×両腕 (肘を曲げても可)	10～20レップ×3	3～4分
デッドリフト	50～100kg/16ポンド×2	20～50kg/4kg×2	10～20秒×3	3～4分
グッドモーニング／バー 男性20kg、女性15kg	20～40kg/16lbs×2	15～20kg/4kg×2	10～15秒×3	3～4分

最後に、ハマロビクスエクササイズの利用は、パラメータ励振の原理を使うことにより、ハンマー投げのテクニックを最適化するという目標に向かって重要な運動スキルを改善するために用いることにより、アスリートの安定筋力を鍛える新しい取り組みを提供する。当初はハンマー投げの選手のために作成されたが、このトレーニングの良好な効果は、捻りや滑りの運動を用いる他のスポーツにも通用するだろう。これらのエクササイズが典型的なウェイトトレーニングに代わるものであると提案するつもりはない。ハマロビクスエクササイズは長年にわたる反復的なトレーニングのマイナス効果を減じる対策として、従来のストレングスエクササイズと組み合わせる補助エクササイズとみなされると推測される。これは、パフォーマンスを維持し健康を保つ方法を探しているパワースポーツの高齢選手やマスターズアスリートにとってきわめて有益な取り組みとなるだろう。これらのエクササイズから生じる利益の正確なメカニズムを定量的に調べるためには、フォースプレートやEMGを用いたさらなる研究と調査が必要である。この研究の次の段階は、負荷を調節し最も効果的な実施方法を明らかにするために、ハマロビクスエクササイズの数学的モデルを作成し測定することである。◆

表2　ハマロビクストレーニングの推奨される漸進例		
	セッション／週	エクササイズ／セッション
成長途上のアスリート(<60m)		
一般準備期	2～3	2～3[a]
試合直前期	2	1～2[a]
試合期	1～2	軽い負荷で1～2[b]
上級アスリート(>60m)		
一般準備期	2～3	2～3[b]
試合直前期	2～3	1～2[b]
試合期	2	軽い負荷で2[b]

[a]セッションの始めに行なう　[b]セッションの終わりに行なう

図13　パラメータ励振を用いたグッドモーニング

References

1. Babbitt D. Hammer throw. In: *The Complete Book of Throws*. Silvester J, ed. Champaign, IL: Human Kinetics: 131–158, 2003.
2. Badura M. Biomechanical analysis of the discus at the 2009 IAAF world championships in athletics. *New Stud Athletics* 25: 23–35, 2010.
3. Dapena J. A kinematic study of center of mass motions in the hammer throw. *J Biomech* 19: 147–158, 1986.
4. Dapena J, Feltner M. Influence of the direction of the cable force and of the radius of the hammer path on speed fluctuations during hammer throwing. *J Biomech* 22: 565–575, 1989.
5. Drinkwater E, Pritchett E, Behm D.

表３　一般準備期の週間トレーニングの例						
月曜	火曜	水曜	木曜	金曜	土曜	日曜
投てき	投てき	休息	投てき	投てき	休息	投てき
各種ハンマードリル	各種ハンマードリル		各種ハンマードリル	各種ハンマードリル		各種ハンマードリル
投てき	投てき		投てき	投てき		投てき
ジムトレーニング	ジムトレーニング		ジムトレーニング	ジムトレーニング		ジムトレーニング
クリーン 3×5、7×3	スナッチ 3×5、7×3		クリーン 3×5、7×3、2×2、1×1	スナッチ 2×5、6×3		スナッチ 3×5、4×3
SQ　7×5 （ハンマー９kg×２個を吊るす）	フロントSQ　7×5 （ハンマー９kg×２個を吊るす）		SQ　7×5 （ハンマー９kg×２個を吊るす）	フロントSQ　7×5 （ハンマー９kg×２個を吊るす）		SQ　7×5 （ハンマー９kg×２個を吊るす）
ツイスト　5×10	スイングバック 3×18 １振幅＝１レップ		デッドリフト　5×15秒 （ハンマー９kg×２個を吊るす）			カーフレイズ　3×15 （ハンマー９kg×２個を吊るす）
			ツイスト　5×10			

SQ：スクワット

Effects of instability and resistance on unintentional squat-lifting kinetics. *Int J Sports Physiol Perform* 2: 400–413, 2007.
6. Gutierrez M, Soto VM, Rojas FJ. A biomechanical analysis of the individual techniques of the hammer throw finalists in the Seville athletics world championships. *New Stud Athletics* 17: 15–26, 2002.
7. Hasegawa I. Using the overhead squat for core development. *NSCA Perform Train J* 3: 19–21, 2004.
8. Hibbs A, Thompson K, French D, Wrigley A, Spears I. Optimizing performance by improving core stability and core strength. *Sports Med* 38: 995–1008, 2008.
9. Isele R, Nixdorf E. Biomechanical analysis of the hammer throw at the 2009 IAAF world championships in athletics. *New Stud Athletics* 25: 37–60, 2010.
10. Judge L, Bellar D, McAtee G, Judge M. Predictors of personal best performances in the hammer throw for U.S. collegiate throwers. *Int J Perform Anal Sports* 10: 54–65, 2010.
11. Luhtanen P, Blomqvist M, Vanttinen Y. A comparison of two elite shot putters using the rotational shot put technique. *New Stud Athletics* 12: 25–33, 1997.
12. Maheras A. Reassessing velocity generation in hammer throwing. *New Stud Athletics* 24: 71–80, 2009.
13. McGill K. Hammer. *Track Field Q Rev* 89: 27–47, 1989.
14. McGill S. Core training: Evidence translating to better performance and injury prevention. *Strength Cond J* 32: 33–46, 2010.
15. Morriss C, Bartlett R, Fowler N. Biomechanical analysis of the men's javelin throw at the 1995 world championships in athletics. *New Stud Atheltics* 12: 31–41, 1997.
16. Murofushi K, Sakurai S, Umegaki K, Kobayashi K. Development of a system to measure radius of curvature and speed of hammer head during turns in hammer throw. *Int J Sport Health Sci* 3: 116–128, 2005.
17. Murofushi K, Sakurai K, Umegaki K, Takamatsu J. Hammer acceleration due to thrower and hammer movement patterns. *Sports Biomech* 6: 301–314, 2007.
18. Ohta K, Umegaki K, Murofushi K, Komine A, Miyaji C. Dynamics-based force sensor using accelerometers-application of hammer throw training aid. In: Proceedings of 7th ISEA Conference, Biarritz, France, June 2–6, 2008, 1: 207–213, 2008.
19. Ohta K, Umegaki K, Murofushi K, Komine A, Sakurai S. Training aid system for hammer throw based on accelerometry. XXII Congress of the International Society of Biomechanics, Cape Town, South Africa, July 5–9, 2009.
20. Ohta K, Umegaki K, Murofushi K, Luo Z. Analysis of hammer movement based on a parametrically excited pendulum model. *Proced Eng* 2: 3197–3203, 2010.
21. Sheppard, Triplett N. Exercise order. In: *Essentials of Strength Training and Conditioning*. Haff G, Triplett N, ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 448–450, 2016.
22. Sheppard J, Triplett N. Rest periods. In: *Essentials of Strength Training and Conditioning*. Haff G, Triplett N, ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 465–466, 2016.
23. Willardson J. Core stability training applications to sports conditioning programs. *J Strength Cond Res* 21: 979–985, 2007.
24. Willardson J, Fontana F, Bressel E. Effect of surface stability on core muscle activity for dynamic resistance exercises. *Int J Sports Physiol Perform* 4: 97–109, 2009.

From Strength and Conditioning Journal
Volume 39, Number 4, pages 71-81.

著者紹介

Koji Murofushi：
東京医科歯科大学の教授で同大学のスポーツサイエンスセンター長を務める。

Donald Babbitt：
University of Georgiaの陸上競技のアソシエイトヘッドコーチ。

Ken Ohta：
（公財）九州先端科学技術研究所（ISIT）の研究者。