©NSCA JAPAN
Volume 30, Number 7, pages 42-51

Key Words【女性アスリート：female athlete、マスターズアスリート：masters athlete、加齢：aging、エクササイズ：exercise、トレーニング：training、閉経：menopause】

マスターズ女性アスリートのためのエクササイズの留意点

Exercise Considerations for the Masters Female Athlete

Carey E. Rothschild, PT, DPT
School of Kinesiology and Physical Therapy, University of Central Florida, Orlando, Florida

要約

マスターズアスリートとして、スポーツに参加する女性が近年大幅に増加している。しかし加齢に伴って、心臓血管系、筋骨格系、内分泌系の機能低下や生理学的変化が発生するため、エクササイズの処方には注意が必要である。この年代の女性を指導する場合、ストレングス＆コンディショニング専門職は、加齢の生物学を知り、回復やパフォーマンスに影響を及ぼす因子に注意を払う必要がある。適切なトレーニング変数を適用して、加齢の影響を緩和するとともに、パフォーマンスを最大化して競技の継続を図るとよい。本稿は、女性アスリートの加齢に伴う重要な変化を概説し、増加する女性アスリートのための包括的で実践的なトレーニングの指針を提案する。

はじめに

近年、アメリカでは、中高年アスリートの数が大幅に増加している。高齢であっても自然な加齢に伴う変化に適応して、トレーニングに参加し、競技会に出場することができる。このようなアスリートは、一般にマスターズアスリートと呼ばれる。彼らは、パフォーマンスがピークとなる年齢を超えても、チーム競技と個人競技とを問わず、中高年対象の組織的な競技会に出場するために、系統的なトレーニングを行なっている(5,43)。マスターズアスリートの定義は各競技の運営団体が定めているが、ほとんどの場合は35歳以上である(36)。マスターズ大会の出場資格は、例えば水泳では25歳以上、ウエイトリフティングや陸上競技では35歳以上、ゴルフでは50歳以上である(5,16)。アメリカ国勢調査局によると、アメリカ人の年齢の中央値は38.5±0.1歳であり、人口の48.2％が35歳以上である(46)。したがってアメリカ人の半数近くが、マスターズとしてトレーニングや競技に参加する資格をもつ。

さらに、女性がその半数以上を占めるが、トレーニング経験や競技会への出場経験のない初心者もいれば、競技努力を継続している鍛錬されたアスリートもいる。長期のブランクののちに競技に復帰するアスリートもいれば、トレーニングや大会に時折参加するだけのアスリートもいる。

マスターズとして運動を行なうことには多くの利益がある。身体機能に優れ、心理学的、認知的、社会的機能も高く、サクセスフル・エイジングの好例とみなされる(14)。運動と健康的な生活習慣は、糖尿病、肥満、高血圧などの予防や管理に役立つことが知られている。マスターズアスリートの活動的な生活習慣は、総合的な生活満足度の向上と、高齢者に多い睡眠障害の抑制にも効果的である。運動習慣が生理学的予備能と生活の質に及ぼす効果は、健康的な加齢の基礎になると考えられる(47)。

マスターズアスリートは、パフォーマンスや運動能力の向上を目的として構造化されたトレーニングプログラムに参加するが、加齢に伴う自然な生理学的変化が発生する。心臓血管系と筋骨格系に顕著な変化が認められる場合は、エクササイズの処方を詳細に見直す必要がある。女性アスリートの場合

は、ホルモンの変化や閉経も考慮する必要がある。ストレングス＆コンディショニング(S&C)専門職は、ホルモンの変化に伴う心臓血管系や筋骨格系の変化に配慮して、これらの変化を抑制するとともに運動パフォーマンスを最大化するプログラムを実施することが必要である。

加齢に伴う生理学的変化

心臓血管系

心臓血管系には加齢とともに複数の生理学的変化が発生して、マスターズアスリートの運動パフォーマンスに影響を及ぼす可能性がある。例えば、最大心拍数(HRmax)や最大酸素摂取量($\dot{V}O_2max$)が低下する(34)。年齢調整HRmaxは、10歳以降、1年で1拍/分低下すると見積もられているが、この低下はトレーニングによって遅らせることができる(34)。しかし、心臓血管系の機能の低下にはHRmaxの低下だけでなく、拡張期充満時における伸展性の低下、収縮期の不完全排出、1回拍出量、駆出率、心拍出量の減少などが含まれ、これらはマスターズアスリートの運動耐容能に影響する可能性がある。したがってマスターズアスリートに対しては、機能の低下に応じてトレーニング強度を調整する必要がある。例えば、高強度のインターバルトレーニングを行なう場合、若年ランナー以上に、心拍数と相対的な主観的運動強度をモニタリングする必要があるだろう。マスターズアスリートが激しいトレーニングプログラムを維持してもHRmaxの増加には繋がらない。しかし、加齢に伴って予測されるHRmaxの低下を10年で10拍/分から4～7拍/分に抑えることは可能である(34)。

加齢は$\dot{V}O_2max$も徐々に低下させる。25歳以降、10年で10％、つまり1年で1％低下すると見積もられている(12)。$\dot{V}O_2max$は心拍出量(心拍数×1回拍出量)と、動脈系と静脈系の酸素交換に依存する。したがって$\dot{V}O_2max$の低下は、心臓のポンプ機能の効率の低下、血管系の硬化、肺気量の減少を反映している(24)。心臓が送り出す血液の量が減少すれば、運動中の筋が利用できる血液の量が減ることになる。鍛錬されたマスターズアスリートの場合、加齢による影響は、有酸素性パワーよりも無酸素性パワーのほうが大きいと考えられる。とはいえ、高負荷の運動を実施し続ければ、年齢に伴う$\dot{V}O_2max$の低下を50％近く抑制することが可能である(34)。マスターズアスリートは、トレーニングの合計量と総合的な強度を組み合わせることによって、$\dot{V}O_2max$を最大化することができる。

マスターズアスリートは、中強度運動では1週間に150分、高強度運動では75分という推奨基準を日常的に超過している(13)。とりわけ、長時間にわたる高負荷の持久系運動は、心臓血管系の有害事象と関連している可能性があり、心房細動、心筋線維症、冠動脈疾患、大動脈拡張の増加が観察されている(4,45)。この問題についてはまだ結論が出ていないものの、調査結果は、これらの症状が男性アスリートに多くみられることを示している。また、マスターズアスリートの年齢では、女性アスリートよりも男性アスリートのほうが、突然の心停止や心臓死の発生率が高い(35)。さらに、女性アスリートには冠動脈疾患や心房細動が生じる可能性も低い(35)。持久系競技に参加する男性アスリートについては、激しい運動と心臓血管系疾患の関連性が見出されているが、女性アスリートについてはそのような関係が見出されていない(35)。性別によってこのようなばらつきが存在する理由は不明である。したがって、今後の研究によって、女性アスリートにおける心臓の適応の基礎メカニズムを調査する必要がある(35)。マスターズアスリートには、心臓血管系のリスク因子、冠動脈疾患の家族歴、その他の関連症状のスクリーニングを行ない、心エコー検査や運動負荷テストなどを追加で実施する必要があるかどうかを評価するとよい(28)。ただし、心臓血管系のリスクのない健常者に高負荷運動を実施させることを否定する決定的なエビデンスは存在しない(45)。現在の運動指針と一般的な判断に基づいて、心臓血管系のリスクを層別化することは、心臓血管系のリスクや疾患を有するマスターズアスリートにも適切であろう(45)。

トレーニングとの関連

マスターズ女性アスリートには、高強度多量の心臓血管系トレーニングを実施して、加齢に伴うHRmaxと$\dot{V}O_2max$の低下を抑制するとよい。また、運動に備えて、代謝と血流を上げるウォーミングアップを行なうとよい(24)。

筋骨格系

加齢に伴う筋骨格系の変化には、除脂肪体重量、タイプⅡ速筋線維、総合的筋パワー、骨量、筋力、筋質の低下がある。レジスタンストレーニングには、これらの年齢関連の変化を抑制する可能性がある(34)。除脂肪体重量の減少(サルコペニア)は30歳前後から始まり、加速して50～70歳の間は10年で10～15％減少する(44)。この筋量の減少は、加齢に伴う$\dot{V}O_2max$と持久系パフォーマンスの低下と関連する(36)。

加齢に伴う筋萎縮は、筋線維、特にタイプⅡ筋線維のサイズと数の減少による。無酸素性運動で動員される速筋線維の減少と筋横断面積の減少は、反応速度と筋パワーを低下させる。女性におけるパワーの低下は50歳以上で40～50％と見積もられている(44)。マスターズアスリートにおいて、タイプⅡ筋線維はサイズも数も減少するが、

タイプⅠの遅筋線維のサイズは維持または増大することが観察されている。これはタイプⅠ筋線維への依存を高め、発揮パワーとパフォーマンス速度をさらに低下させる可能性がある。しかしエビデンスによると、高強度のストレングス・パワートレーニングは、タイプⅡ筋線維の廃用性筋萎縮を反転させる可能性がある(34)。

加齢に伴う筋量の減少には、加齢以外にも原因がありうることに注意する必要がある。筋量に対する相対的筋力を測定すると、加齢に伴う筋力の低下はほとんど認められなかった(34)。つまり、筋線維の分布や除脂肪体重量の違いは、年齢ではなくトレーニング習慣によって説明される可能性がある。そのため、適切なトレーニングプログラムを実施すれば、筋線維の分布を若年アスリートの水準に戻すことが可能である(34)。

筋骨格系の加齢に伴う変化には、骨密度の低下もある。40歳以降、骨密度は性別や年齢にかかわりなく1年に0.5％低下すると推定されている(34)。骨密度の低下は、マスターズ女性アスリートにおいて特に懸念される。閉経すなわち月経周期の停止は骨量の低下を加速させ、閉経前の2～3年から閉経後の10年は3％以上に達する(22)。最終的に、閉経後の5年で骨密度が15～25％低下する(34)。骨密度の低下と除脂肪体重量の減少は、オステオペニア、サルコペニア、骨粗鬆症の発症リスクも高める。長距離走に参加するマスターズ女性アスリートは、荷重速度の大きさと骨密度の低下が組み合わさって疲労骨折のリスクが高まるとみられる(24)。エビデンスによると、高荷重を利用するレジスタンストレーニングは、骨密度を維持または増加させて、高齢女性の骨の健康にプラスの影響を及ぼす(42)。しかし、マスターズ女性ランナーは、利用可能エネルギー量、月経機能、骨密度を反映して、女性アスリートの三主徴、あるいはスポーツにおける相対的なエネルギー不足に陥りやすい。マスターズの長距離ランナーには、三主徴のうちの2つの要素である利用可能エネルギーの不足と月経機能障害の徴候が見出されている。月経機能障害は、利用可能エネルギーの不足、あるいは閉経周辺期の状況に起因している可能性がある。マスターズ女性ランナーには、月経状況と栄養摂取のスクリーニングを行なうことが必要であろう(38)。

腱、靭帯、筋膜などの筋骨格系の結合組織は、加齢に伴って身体的ストレスへの耐性が低下する(24)。高齢者の組織には、代謝率の低下、コラーゲン線維の架橋結合の高まり、弾性の漸進的低下、引張強度の低下が観察される(23)。これらの変化はスティフネスの増加、柔軟性の低下、作業負荷耐性の低下を招く。推定によると、50歳以降、柔軟性は10年につき6％低下する(11)。また、腱のスティフネスは関節可動域を制限して、運動パフォーマンスにマイナスの影響を及ぼす可能性がある(12)。腱の弾性低下と引張強度の低下が組み合わさると、腱障害のリスクが上昇する。変性変化は、腱断裂、ローテーターカフ障害、半月板断裂ももたらしかねない(5)。

マスターズアスリートにおいて筋量の減少、骨量の減少、柔軟性の低下が組み合わさると、筋骨格系障害のリスクが高まる。マスターズアスリートの89％近くが、50歳以降に運動関連障害を負っており、そのうち68％はオーバーユースに起因していた(2,48)。したがってマスターズアスリートにおいては、トレーニングプログラムを介して、組織の強靭さと弾性を最大化することが不可欠である。プログラムには、ウォーミングアップ、クールダウン、ストレングストレーニング、柔軟性エクササイズ、および適切な回復を組み込むとよい。

また加齢に伴う神経筋系の変化は、神経伝導速度の低下や反応時間の低下などをもたらして、バランスに悪影響を及ぼし、反応速度を低下させる(5)。しかし、有酸素性エクササイズとストレングストレーニングには、神経筋系機能の低下を抑制する効果がある。さらにストレングス・パワートレーニングを加えると、高齢者の力発揮能力を改善することが見出されている。これは、反応時間と、振動やバランス課題における反応能力を向上させる(5)。

マスターズ女性アスリートの筋骨格系については、骨盤底筋機能障害(PFMD)も懸念される。PFMDは妊娠出産をきっかけに発症することが多く、尿失禁、便失禁、骨盤臓器脱、骨盤痛、性機能障害をもたらす可能性がある(37)。帝王切開分娩、子宮摘出、その他の腹骨盤の手術歴のある女性には、骨盤関連の機能障害もみられる(37)。ランニング、ジャンプ、着地では腹腔内圧が高まり、骨盤底筋に過負荷を与えるため、高インパクトスポーツへの参加はPFMDのリスク因子である。エビデンスによると、高インパクトスポーツの参加者は、低インパクトスポーツの参加者よりも尿失禁の有病率が高い(それぞれ58.10％と12.48％)(26)。地面からのインパクトがない競泳の女性選手でさえ、失禁の有病率は15％であった(26)。トレーニング歴(運動実施期間)、トレーニング頻度、トレーニング強度は、運動中の失禁のリスク因子であることが判明している(37)。ほとんどの研究では、若年女性アスリートの尿失禁が調査されているが、マスターズ女性アスリートには、出産とトレーニング歴関連のリスク因子が加わる。マスターズアスリートに、尿失禁や便失禁、骨盤領域の重苦しさや圧迫、あるいは運動に伴う筋骨格系の腰椎-骨盤痛がみられる場合は、骨盤の健康リハビリを専門とする専門職に相談する必要がある。尿失禁の最良の予防策

と治療法は骨盤底筋のトレーニングであり、運動開始後にできるだけ早く実施させるべきである(7,26)。

トレーニングとの関連

マスターズ女性アスリートには、多様なトレーニングを行なって筋骨格系の健康とパフォーマンスを最大化させるとよい。具体的には、高負荷による高強度レジスタンストレーニングを実施して、加齢に伴う筋量、筋力、パワー、骨の健康の低下を抑制する。プライオメトリックスも含めて伸張性エクササイズを実施すれば、筋パワーをさらに高めることができるであろう。また、関節可動域と筋の柔軟性も加齢に伴って低下するため、週に2回以上、柔軟性エクササイズを行なえば、結合組織の可動性を最大化して傷害リスクを最小化することに役立つであろう。バランスや固有受容感覚エクササイズも含めれば、神経運動機能の低下を最小限に留めることができる。さらに、マスターズ女性アスリートに対しては、スポーツ参加に影響する可能性のある骨盤底筋の機能障害のスクリーニングを行ない、必要に応じて医療専門職に相談するとよい。

内分泌系

加齢に伴う生理学的変化やホルモンの変化によって代謝機能も低下する。安静時代謝率(RMR)は1日の総エネルギー消費量の60～75%を占めるが、おおむね、10年で2～5%低下する(33)。筋は非常に活動的な組織であるため、加齢に伴う筋量の減少はRMRの低下を招く。研究によると、レジスタンストレーニングと持久系トレーニングを実施することによって、マスターズアスリートのRMRを高く維持し続けることができる(33)。女性では、高強度のレジスタンストレーニングと持久系トレーニングを実施することで、RMRへの効果を高めることができる(3)。ただし、不適切な食習慣やカロリー制限は利用可能エネルギーにマイナスの影響を及ぼし、マスターズ女性アスリートではすでに減少傾向にある、除脂肪体重に含まれるタンパク質の異化作用を招く。したがって、トレーニングと食事計画に焦点を合わせて、理想的な代謝とエネルギーバランスを維持することが勧められる。

加齢に伴うホルモンの変化は、マスターズ女性アスリートにとって特別な意味がある。閉経は一般に、閉経前期、閉経周辺期、閉経後期の3つの段階に区分され、42～58歳にかけて発生することが多い(40)。閉経周辺期は閉経の先行段階であり、この時期に生理学的変化が生じて月経不順などの症状が始まり、血管運動症状(ホットフラッシュ)、膣症状や性的症状、睡眠や気分の変化、出血などがみられる(6)。閉経周辺期の平均的な期間は4年であるが、なかには数ヵ月で終わるケースや10年続くケースもある。早期にこのような症状がみられることは閉経周辺期の長さを示していることが多い。12ヵ月間、月経がみられなければ閉経周辺期が終わったと考えられる(40)。

閉経周辺期にはしばしば体重が増加する。エストロゲンの減少と関連して皮下脂肪と内臓脂肪が増える。エストロゲンの減少は、閉経期への移行中および移行後の筋量、筋質、筋力の低下とも相関しているため、加齢に伴って予測される低下を増大させる可能性がある(31,32)。さらに、エストロゲンの減少はホットフラッシュも招くことが多く、睡眠や回復に悪影響を及ぼす。マスターズ女性アスリートをめぐる懸念のひとつは、体重の増加と筋力やパフォーマンスの低下の組み合わせである。これはカロリー消費量の減少を招き、最終的には利用可能エネルギーの減少に至る可能性がある。エストロゲン様作用をもつ食品(大豆などのマメ科植物やアマニ)を食事で摂取することやホルモン補充療法は、閉経周辺期と閉経の影響を抑制して、有酸素性パワーとパフォーマンスを最大化させることに役立つ(15)。

トレーニングとの関連

マスターズ女性アスリートの場合、閉経周辺期と閉経によって、加齢、トレーニング、パフォーマンスに影響が生じる。閉経状況および関連するホルモンの変化によって、睡眠障害、体重増加、不十分な回復などが生じる可能性があるため、S&C専門職は留意する必要がある。追加評価の必要がある場合は、女性の健康を専門とする医療専門職(婦人科医など)に相談するとよい。

栄養学的留意点

マスターズアスリートが食事内容を調整する場合は、加齢に伴う生理学的変化と運動量を考慮する必要がある。難しい問題のひとつは、エネルギーバランスの維持と十分なタンパク質の摂取である。加齢とともに筋量が減少するため、適切な量のエネルギーとタンパク質を摂取して、エネルギーとタンパク質の欠乏を避けなければならない。この2つが不足すると、筋量、筋力、筋機能がたちまち低下し、さらに免疫応答が一時的に低下して、最終的に運動パフォーマンスが損なわれる可能性がある。マスターズ女性アスリートは十分な食事をとり、1日当たり除脂肪体重1kgにつき30kcal以上の利用可能エネルギー量を維持しなければならない(41)。

マスターズ女性アスリートが筋量と筋機能を維持するには、タンパク質を、1日当たりの推奨摂取量を超えて摂取することが必要かもしれない(41)。マスターズアスリートが有酸素性能力、筋力、パワー、筋機能を維持するには、若年アスリート以上に特定のビタミン(ビタミンD)とミネラルを必要とする(41)。マスターズアスリートが成功す

るには、エネルギーの摂取量がトレーニングの強度や量に見合っていなければならない。適切な栄養摂取を行なうことは、健康とパフォーマンスを維持して、筋量と骨量の減少を防ぎ、炎症マーカーを低下させることに役立つ(41)。管理栄養士に栄養状態の評価を仰ぎ、栄養学的介入について相談するとよい。

トレーニングとの関連

マスターズ女性アスリートをめぐる重要な栄養学的懸念として、エネルギーとタンパク質を十分に摂取して筋量と骨量の減少を防ぐ必要性と、特定の栄養素を特に摂取する必要性が挙げられる。栄養状態の評価と介入によって、適切なエネルギーバランスとタンパク質の摂取を維持することができれば、トレーニング効果とパフォーマンスを最大化することができるであろう。

S&C専門職としてマスターズ女性アスリートのニーズに応えるには、加齢に伴う生理学的変化、変化がもたらす結果、変化への対処方法を知ることが不可欠である(**表1**)。最終的には、現在のトレーニングのニーズと目標に照らして、クライアントを満足させなければならない。クライアントには、マスターズの大会に初めて出場を目指す新人アスリートもいれば、健康で障害のない経験豊富な競技者までいるだろう。S&C専門職は、効果的なトレーニングプログラムを幅広くデザインして、加齢に伴う生理学的変化に対処する必要がある。本稿で示す指針は、経験豊富で傷害がなく、パフォーマンスの向上とトレーニング能力の最大化を目指すマスターズアスリートに最も適している。とはいえ、調整を加えれば、新人マスターズアスリートや傷害から復帰したマスターズアスリートにも適用することが可能である。

マスターズ女性アスリートのためのトレーニング指針

スクリーニング

マスターズアスリートの場合、エクササイズプログラムに参加する前に筋骨格系の十分な検査を行なって、可動域、筋のアンバランス、運動単位の発火パターンの変化、その他のリハビリを必要とするバイオメカニクス的機能障害など、運動制限の有無を確認するとよい。有酸素性エクササイズを漸進させる前に、心臓血管系のリスク因子のスクリーニングも行なうべきである。睡眠の質と量、閉経状況、排尿調節、栄養摂取、トレーニングパターンなどの総合的評価を最初に実施し、加齢による変化に合わせてトレーニングを修正する。

トレーニングテクニック

マスターズ女性アスリートは、ランニング、サイクリング、スイミング、トライアスロンなどの持久系競技に参加することが多い。これらの持久系競技はその動作が反復的であり、適切なフォームと量でトレーニングを実施することが重要である。加齢とともに骨量、筋量、柔軟性が低下し、エクササイズによる疲労が増加することによって、傷害リスクが増大する。マスターズアスリートの89％が50歳以降にスポーツ関連傷害を1件経験しており、そのうちの68％がオーバーユースと

表1　加齢がマスターズ女性アスリートに及ぼす影響

生理学的変化	結果	抑制するための介入
$\dot{V}O_2max$の減少	パフォーマンスの低下	有酸素性の高強度インターバルトレーニング
筋量の減少	筋力の低下 パワーの低下	高負荷低レップのレジスタンストレーニングを週に2～3回 伸張性エクササイズ
骨量の減少	傷害リスク 骨粗鬆症	荷重インパクトエクササイズ 適切なエネルギーバランス 1日約2,000 mgのカルシウム摂取 1日800～1,500 IUのビタミンD摂取
組織における弾性の低下	スティフネスの増大 柔軟性の低下 オーバーユース障害リスク	柔軟性エクササイズを週に2～3回 動的ストレッチングと静的ストレッチング
代謝の低下	体脂肪量の増加 パフォーマンスの低下	トレーニングによる除脂肪体重量の最大化 エネルギーバランスの達成 少量頻回の食事
骨盤底筋の弱化	尿失禁	骨盤底筋機能障害のスクリーニング 骨盤の健康リハビリを専門とする専門職への相談
閉経	$\dot{V}O_2max$の減少 筋量と骨量の減少 体脂肪量の増加 睡眠障害	栄養学的管理 ホルモン補充療法 睡眠教育

関連していると推定される(2,48)。

ウエイトリフティングのマスターズ大会への参加者がここ数年で激増しており、全米マスターズウエイトリフティング選手権大会に占める女性選手の割合は、2009年の14%から2019年には59%に増加した(16)。クロスフィットの人気もこの増加を後押ししている可能性がある。オリンピックスタイルのウエイトリフティングに参加するアスリートは、膝関節と肩関節を受傷するリスクが高く、特に高齢アスリートは腱断裂も起こしやすい(20)。したがって、マスターズ女性アスリートはリフティングの適切なフォームとテクニックを習得して、傷害リスクを最小限に留める必要がある。

適切なテクニックでストレングストレーニング、柔軟性エクササイズ、ウォーミングアップとクールダウンを行なうことは、スポーツ参加の有無にかかわらず、マスターズの年代の女性の傷害予防に効果的である。S&C専門職はフォームを評価して、それに合わせてクライアントのテクニックを修正する必要がある。

有酸素性トレーニング

高強度多量の心臓血管系トレーニングは、加齢に伴うHRmaxと$\dot{V}O_2$maxの低下を抑制する(34)。激しい有酸素性運動の前にウォーミングアップの時間を設けて、身体の運動準備を行なうとよい。低強度の動的ウォーミングアップを10分間実施すれば、有酸素性運動の前に代謝と血流を増やし、組織の弾性を上げることができる。有酸素性運動の強度は中～高強度にするべきである。アメリカスポーツ医学会(ACSM)は、中強度運動は週に5日、1回30分以上、高強度の有酸素性運動は週に3日、1回20分以上実施すること、あるいは中強度と高強度の運動を組み合わせて週に3日以上実施することを推奨している(13)。競技要求とアスリートの目標に応じて、心臓血管系の運動に費やす時間を個別かつ可変的に処方するとよい。運動強度は、% HRmax、%$\dot{V}O_2$max、% HRR(予備心拍数)、および相対的な主観的運動強度などの様々な方法によって評価することが可能である。**表2**に、有酸素性運動の処方に一般に利用される強度の範囲を示した。高強度インターバルトレーニングは、短時間で高強度を達成することを助けるだろう。ランナーであれば、ヒルトレーニングやテンポトレーニングを利用して、高強度を達成するとよい。有酸素性トレーニング後には5～10分のクールダウンを行ない、心拍数を徐々に低下させて回復を促すとよい。

ストレングストレーニング

マスターズ女性アスリートは、低下した筋量と筋力によってレジスタンストレーニングを行なわなければならない。トレーニングプログラムにはパワートレーニングと伸張性エクササイズを含め、筋力を最大化するとともに、傷害リスクを低減しなければならない。ACSMは、週に2～3回、大筋群のレジスタンストレーニングを実施することを勧めている。新人または経験の浅いアスリートの場合、運動強度は60～70% 1RM(中強度)から始めて高強度へ進み、ストレングストレーニング経験の豊富なアスリートの場合は>80% 1RM(高～非常に高強度)まで漸進させるとよい(13)。筋力とパワーの向上を目的として週に2回以上レジスタンストレーニングを行なう場合は、一般に60～80% 1RMで8～12レップ×2～4セット、セット間の休息時間2～3分で実施するとよい(13)。マスターズ女性アスリートは骨密度が低下しているため、疲労骨折のリスクが高い。そこで、レジスタンストレーニングによって骨の健康と筋力を最大化させ、持久系トレーニングの負荷に伴って累積する力を減じるとよい(24)。

特に伸張性エクササイズは、加齢とともに低下することが知られている結合組織の機能を最大化して、大きな利益をもたらす(39)。腱による力の伝達能力は加齢とともに低下し、受傷しやすくなる。また筋は、伸張性筋収縮による疲労が増大する(39)。ウェイトを制御しながらゆっくりと下降させて、伸張性筋活動を強調するとよい。例えば、スクワットで3～5秒かけて身体を下降させ、1秒で素早く直立姿勢に戻るとよい。

プライオメトリックエクササイズも、腱の弾性と抗疲労能力を最大化させる効果がある。腱と腱骨接合部の傷害リスクを低減させ、力の伝達能力と吸収能力を向上させる(24)。マスターズアスリートにプライオメトリックトレーニングを実施させる場合は、高強度と低強度の上肢と下肢のエクササイズを日ごとに交互に行なうことで、十分な回復を図る。上肢の運動にはチェストパスとバーティカルボールトスを含め、下肢の運動にはホップ、ジャン

表2　マスターズ女性アスリートのための有酸素性運動強度の指針

強度	相対的強度		
	% HRR	% HRmax	主観的運動強度(RPE 6～20)
低強度	30～39	57～63	かなり楽である～楽である(RPE 9～11)
中強度	40～59	64～76	楽である～ややきつい(RPE 12～13)
高強度	60～89	77～95	ややきつい～かなりきつい(RPE 14～17)

アメリカスポーツ医学会より(13)。　% HRR＝予備心拍数に占める割合、
% HRmax＝最大心拍数に占める割合、RPE＝相対的な主観的運動強度

表3　マスターズ女性アスリートのためのレジスタンストレーニングの指針			
局面	導入	漸進	維持
目標	神経筋系の適応と筋力	筋力とパワーの蓄積	筋力とパワーの維持
ストレングストレーニング（週に２～３日）	４～６セット×６～10レップ 70～80％１RM 休息２分	２～４セット×３～６レップ 85％１RM 休息２～３分	３～４セット×４～８レップ 70～85％１RM 休息２～３分
パワートレーニング（週に１～２日）	最大６エクササイズまで。 １セッション当たり80～100コンタクト。 低レベルのスキルから始める。	３～４エクササイズ。 １セッション当たり100～140コンタクト。 高レベルのスキルを加える。	３～４エクササイズ。 １セッション当たり50～100コンタクト。 低レベルと高レベルのスキルの混合。

プ、スキップドリルを含めるとよい。このトレーニングは筋痛を招く可能性があるため、1セッション80コンタクトから開始して徐々に接地回数を増やす(43)。中～重度の関節炎、重度の骨粗鬆症、固有受容感覚機能障害がある場合には、注意して実施する必要がある。**表3**、**4**に、筋力とパワーを向上させるレジスタンストレーニングの指針と、マスターズ女性アスリートのためのエクササイズ例を挙げる。

表4　マスターズ女性アスリートのためのエクササイズ例		
エクササイズ		
上半身のストレングスエクササイズ	シーティッドロウ ベントオーバーロウ ラットプルダウン チェストプレス プッシュアップ ショルダープレス バイセップスカール ベントオーバートライセップス ショルダーインターナル／エクスターナルローテーション	
下半身のストレングスエクササイズ	バックスクワット フロントスクワット ゴブレットスクワット レッグプレス カーフレイズ デッドリフト ランジ スプリットスクワット ステップアップ シングルレッグプレス シングルレッグカーフレイズ シングルレッグデッドリフト	
パワー－プライオメトリックトレーニング[a]	低レベル： その場ジャンプ 前後のスモールホップ 左右のスモールホップ スキップ バウンディング	高レベル： スクワットジャンプ スプリットスクワットジャンプ ジグザグジャンプ ジャンプアップtoボックス タックジャンプ

[a]希望に応じてシングルレッグエクササイズへと漸進させる。

柔軟性

マスターズ女性アスリートには、柔軟性トレーニングを毎日実施して関節可動域を向上させ、傷害予防を図ることが勧められる(24)。ACSMは、週に2～3回柔軟性エクササイズを実施して、関節可動域を向上させることを推奨している。筋温の上昇は、エクササイズを通して最大の向上をもたらす(13)。マスターズアスリートには、運動前に動的ストレッチングを実施して関節の可動性を向上させるとよい。動的ストレッチングは能動的動作であり、可動域全体で関節と筋を運動させる。例えば、ヒップサークル、トランクローテーション、アームスイング、レッグスイング、スキップ、サイドシャッフル、ランジなどを行なうとよい。トレーニングプログラムに動的ストレッチングを加えると、筋パワー、アジリティ、スプリントパフォーマンスが増大することが示されている(9,10,27)。これに対して、静的ストレッチングは運動後に実施して、筋長を伸ばすとよい。運動後に、大筋群1つにつき60～90秒のストレッチングを行なうことが理想である。

回復、睡眠、栄養摂取

加齢とともに、トレーニングやレースからの十分な回復が不可欠になる。実際、マスターズアスリートのトレーニング計画において、回復は最も重要な要素であるだろう。筋の疲労レベルは、マスターズアスリートでも若年アスリートでもあまり変わらない。しかし、一般に中高年アスリートのほうが筋の回復に時間がかかる(8)。高強度のトレーニングやレースの直後は、傷害や疾患に対して最も脆弱である

(24)。したがって、総合的なトレーニングプログラムにおいて、回復は不可欠の要素である。回復をトレーニングプログラムに組み込むには、オフ日を設けたり、睡眠時間を増やしたり、回復を促す栄養素を多く摂取したりするとよい。オフ日には、トレーニングによる筋の損傷が修復され、結合組織が回復する。1時間のレースに対して3～5日の回復日が必要であるといわれている(24)。マスターズアスリートには、激しいワークアウト後やレース後に回復時間を設けるように促すべきである。

ただし、究極の回復は睡眠である。激しいワークアウト後やレース後は1～2時間余分に眠ることが勧められる(24)。しかし、推奨される7～9時間の睡眠をとることは、脳と分泌系に生理学的変化が起きている高齢者には難しいことが多い(21)。夜間の睡眠を最大化するには、決まった睡眠スケジュールに従い、運動は就寝の3時間以上前に行ない、就寝時には電子機器のスイッチを切るとよい。13～16時に20～90分の昼寝をすることも、身体的パフォーマンスや認知的パフォーマンス、知覚尺度、心理状態、夜間の睡眠にとって効果的である(18)。激しいワークアウトが予定されていても、十分な回復が感じられなかったり、夜間の睡眠が不適切であったりした場合は、丸1日休養するか、身体に大きなストレスを与えない軽い運動(ウォーキング、ヨガ、あるいは通常の運動を低強度で行なうなど)をするとよい。しかし、閉経後のマスターズ女性アスリートは、睡眠の点でさらに多くの問題を抱えている。閉経期は、炎症性サイトカインの増加と関連するエストロゲンの減少と、メラトニンの産生減少によって睡眠障害が発生する(19)。栄養学的管理方策を実施することで、閉経期の睡眠障害を最小限に留めることができると考えられる。閉経期における睡眠のサポートには、タンパク質、フェイトエストロゲン、魚油のオメガ3脂肪酸、低血糖インデックス(GI)食品、食物繊維の多い食品などの適切な摂取が勧められる(19)。

マスターズアスリートは、加齢に伴う筋量や骨量の減少を抑制するため、エネルギーとタンパク質を適切に摂取する必要がある。タンパク質やエネルギーの欠乏は、筋量、筋力、筋機能の低下を招いて、免疫機能や運動パフォーマンスを損なう可能性がある(41)。ワークアウト後30～60分以内に、3：1か4：1の割合で糖質とタンパク質を摂取するとよい(24)。運動後の筋グリコーゲンの再合成を促すため、マスターズアスリートは1日当たり体重1kgにつき8.0g以上の糖質を摂取して、日々のエネルギー必要量に加えて高強度トレーニングによる必要量を満たすべきである(1,25)。強度と持続時間によって、エクササイズ1時間当たり30～70gの糖質を追加で摂取すると、激しいセッション後の免疫系の回復を促すことができる(30)。高炭水化物の食事と1～2日の休養をとると、24時間以内にグリコーゲンが補充されるため、特にマスターズアスリートには効果的である(24)。マスターズアスリートは、常にタンパク質の摂取を最優先するべきである(25)。レジスタンストレーニングによる除脂肪体重の獲得量を最大化するには、1食当たり35～40gを摂取して、1日当たり体重1kgにつき1.5～1.6gという目標を達成するとよい(29)。

マスターズアスリートには微量栄養素の摂取も同様に重要である。とりわけ、ビタミンA、ビタミンD、ビタミンE、ビタミンC、ビタミンB6、葉酸、チアミン、リボフラビン、ナイアシン、ビタミンB12に注意する必要がある(41)。栄養不足は有酸素性能力、筋力、筋パワー、持久力にマイナスの影響を及ぼす。特にアスリートには、ビタミンDが不足していることが多いため、カルシウムとビタミンDを補給する必要があるだろう(41)。ビタミンDは骨量の減少を抑制し、疲労骨折を予防し、炎症マーカーを低下させ、睡眠を向上させ、サルコペニアを改善する(41)。骨の健康を最大化して疲労骨折のリスクを低減させるために、カルシウムの推奨摂取量は1日当たり2,000mg、ビタミンDの推奨摂取量は1日当たり800～1,500IUである(17,41)。マスターズ女性アスリートは、微量栄養素、糖質、タンパク質、脂質の多い食事をとるべきであり、若年アスリートと比べてタンパク質の摂取量を増やす必要がある。マルチビタミンのサプリメントを利用すれば、ビタミンとミネラルの必要量を補うことができる。管理栄養士と相談して必要なエネルギー摂取量を確認し、それに応じた適切な食事の指針を提供してもらうとよい。**表5**にマスターズ女性アスリートのための栄養摂取の指針を示す。

これに関連して、体内水分量の減少、口渇感の低下、腎機能の低下などの生理学的変化が加齢とともに発生する。体内水分量は、幼児期の80%から高齢者では60～70%に減少する(25)。体内水分量の減少と口渇感の低下や腎血流量の減少が組み合わさると、脱水状態に至る(25)。そこで、適切な水分補給を行なって、運動による水分必要量を満たさなければならない。マスターズ女性アスリートは、1日当たり2～3Lの水分を摂取するべきである(25)。

まとめ

マスターズ女性アスリートは、加齢に伴って生理学的変化を経験するが、これがトレーニングやパフォーマンスに影響する可能性がある。心臓血管系の変化には、HRmaxや$\dot{V}O_2$maxの減少などが含まれる。これらの変化は除脂肪体重量の減少やタイプⅡ筋線維の減少と直接関連しており、最終的には筋

表5　マスターズ女性アスリートの栄養必要量					
	糖質	タンパク質	脂質	カルシウム	ビタミンD
1日当たりの推奨摂取量	≧8.0g／体重1kg（高強度トレーニング日）<2.5g／体重1kg（低強度トレーニング日）	≧1.2～1.6g／体重1kg	1～1.5g／体重1kg	2,000mg	800～1,500IU
摂取方法	高強度トレーニングセッションの前、中、後	3～4時間ごとに>30g	中程度の摂取	食物源が望ましい	食物源が望ましい
多く含む食品	全粒粉の食品（玄米、シリアル、パン） 食物繊維を多く含む食品 果物や野菜	牛乳 卵 ヨーグルト 魚 赤身肉 植物由来食品	オメガ3脂肪酸を多く含む食品（ナッツ、アボカド、サーモン）	牛乳 卵 チーズ ヨーグルト	牛乳 卵 チーズ ヨーグルト

Desbrowら（1）、Louisら（3）、Strasserら（4）より編集。

力や筋パワーの低下に至る可能性がある。加齢は、関節可動域や筋の柔軟性の低下ももたらす。また、閉経と関連するホルモンの変化は、体脂肪量の増加や骨密度の低下、さらに睡眠パターンや必要な栄養の変化をもたらす。したがって、マスターズ女性アスリートのためのエクササイズプログラムでは、加齢に伴う生理学的低下を最大限抑制するとともに、栄養摂取、睡眠、回復にも配慮する必要がある。

S&C専門職は、加齢に伴う心臓血管系、筋骨格系、内分泌系、および生理学的変化に注意するべきである。心臓血管系のリスク、筋骨格系の機能、生活習慣因子などを最初にスクリーニングして、特に注意を払うべき領域を決定する助けにするとよい。心臓血管系のリスクがない場合には、高強度多量の有酸素性トレーニングが適している。筋骨格系のトレーニングには、高負荷のレジスタンスエクササイズ、伸張性エクササイズ、ストレッチングを含めて、筋量と骨密度の低下を最小限に留めるべきである。生涯にわたるスポーツへの参加とパフォーマンスの向上を望むマスターズ女性アスリートのニーズを満たすには、睡眠、回復、栄養摂取を最優先するべきである。◆

References

1. Burke LM, Hawley JA, Wong SHS, Jeukendrup AE. Carbohydrates for training and competition. *J Sports Sci* 29: S17–S27, 2011.
2. Burns J, Keenan A-M, Redmond AC. Factors associated with triathlon-related overuse injuries. *J Orthop Sports Phys Ther* 33: 177–184, 2003.
3. Byrne HK,Wilmore JH. The relationship of mode and intensity of training on resting metabolic rate in women. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 11: 1–14, 2001.
4. Churchill TW, Baggish AL. Cardiovascular care of masters athletes. *J Cardiovasc Transl Res* 13: 313–321, 2020.
5. Concannon LG, Grierson MJ, Harrast MA. Exercise in the older adult: From the sedentary elderly to the masters athlete. *PM&R* 4: 833–839, 2012.
6. Delamater L, Santoro N. Management of the perimenopause. *Clin Obstet Gynecol* 61: 419–432, 2018.
7. Dumoulin C, Cacciari LP, Hay-Smith EJC. Pelvic floor muscle training versus no treatment, or inactive control treatments, for urinary incontinence in women. *Cochrane Database Syst Rev* 10: CD005654, 2018.
8. Easthope CS, Hausswirth C, Louis J, Lepers R, Vercruyssen F, Brisswalter J. Effects of a trail running competition on muscular performance and efficiency in well-trained young and master athletes. *Eur J Appl Physiol* 110: 1107–1116, 2010.
9. Fletcher I, Jones B. The effect of different warm-up stretch protocols on 20 meter sprint performance in trained rugby union players. *J Strength Cond Res* 18: 885–888, 2004.
10. Fradkin AJ, Zazryn TR, Smoliga JM. Effects of warming-up on physical performance: A systematic review with meta-analysis. *J Strength Cond Res* 24: 104–418, 2010.
11. Gajdosik RL, Vander Linden DW, Williams AK. Influence of age on length and passive elastic stiffness characteristics of the calf muscle-tendon unit of women. *Phys Ther* 79: 827–838, 1999.
12. Ganse B, Degens H. Current insights in the agerelated decline in sports performance of the older athlete. *Int J Sports Med* 42: 879–888, 2021.
13. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, et al. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc* 43: 1334–1359, 2011.
14. Geard D, Reaburn PRJ, Rebar AL, Dionigi RA. Masters athletes: Exemplars of successful aging? *J Aging Phys Act* 25: 490–500, 2017.
15. Hawkins S, Marcell T, Victoria Jaque S, Wiswell R. A longitudinal assessment of change in VO2max and maximal heart rate in master athletes. *Med Sci Sports Exerc* 33: 1744–1750, 2001.
16. Huebner M, Meltzer D, Ma W, Arrow H. The Masters athlete in olympic weightlifting: Training, lifestyle, health challenges, and gender differences. *PLoS One* 15: e0243652, 2020.
17. Lappe J, Cullen D, Haynatzki G, Recker R, Ahlf R, Thompson K. Calcium and vitamin D supplementation decreases incidence of stress fractures in female navy recruits. *J Bone Miner Res* 23: 741–749, 2008.
18. Lastella M, Halson SL, Vitale JA, Memon AR, Vincent GE. To nap or not to nap?

A systematic review evaluating napping behavior in athletes and the impact on various measures of athletic performance. *Nat Sci Sleep* 13: 841–862, 2021.
19. Laudisio D, Barrea L, Pugliese G, et al. A practical nutritional guide for the management of sleep disturbances in menopause. *Int J Food Sci Nutr* 72: 432–446, 2021.
20. Lavallee ME, Balam T. An overview of strength training injuries: Acute and chronic. *Curr Sports Med Rep* 9: 307–313, 2010.
21. Li J, Vitiello MV, Gooneratne NS. Sleep in normal aging. *Sleep Med Clin* 13: 1–11, 2018.
22. Lo JC, Burnett-Bowie S-AM, Finkelstein JS. Bone and the perimenopause. *Obstet Gynecol Clin North Am* 38: 503–517, 2011.
23. Longo UG, Rittweger J, Garau G, et al. No influence of age, gender, weight, height, and impact profile in achilles tendinopathy in masters track and field athletes. *Am J Sports Med* 37: 1400–1405, 2009.
24. Loudon JK. The master female triathlete. *Phys Ther Sport* 22: 123–128, 2016.
25. Louis J, Vercruyssen F, Dupuy O, Bernard T. Nutrition for master athletes: Is there a need for specific recommendations? *J Aging Phys Act* 28: 489–498, 2020.
26. de Mattos Lourenco TR, Matsuoka PK, Baracat C, Haddad JM. Urinary incontinence in female athletes: A systematic review. *Int Urogynecol J* 29: 1757–1763, 2018.
27. McMillan D, Moore J, Hatler B, Taylor D. Dynamic vs. static-stretching warm up: The effect on power and agility performance. *J Strength Cond Res* 20: 492–499, 2006.
28. Morrison BN, McKinney J, Isserow S, et al. Assessment of cardiovascular risk and preparticipation screening protocols in masters athletes: The masters athlete screening study (MASS): A cross-sectional study. *BMJ Open Sport Exerc Med* 4: e000370, 2018.
29. Morton RW, Murphy KT, McKellar SR, et al. A systematic review, meta-analysis and metaregression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *Br J Sports Med* 52: 376–384, 2018.
30. Nieman DC, Mitmesser SH. Potential impact of nutrition on immune system recovery from heavy exertion: A metabolomics perspective. *Nutrients* 9: 513, 2017.
31. Park Y-M, Jankowski CM, Ozemek C, Hildreth KL, Kohrt WM, Moreau KL. Appendicular lean mass is lower in late compared with early perimenopausal women: Potential role of FSH. *J Appl Physiol* 128: 1373–1380, 2020.
32. Phillips S, Room K, Siddle NC, Bruce S, Woledge R. Muscle weakness in women occurs at an earlier age than in men, but strength is preserved by hormone replacement therapy. *Clin Sci* 84: 95–98, 1993.
33. Poehlman ET, Danforth E. Endurance training increases metabolic rate and norepinephrine appearance rate in older individuals. *Am J Physiol* 261: E233–E239, 1991.
34. Powell AP. Issues unique to the masters athlete. *Curr Sports Med Rep* 4: 335–340, 2005.
35. Rao SJ, Shah AB. Exercise and the female heart. *Clin Ther* 44: 41–49, 2021.
36. Reaburn P, Dascombe B. Endurance performance in masters athletes. *Eur Rev Aging Phys Act* 5: 31–42, 2008.
37. Rebullido TR, Chulvi-Medrano I, Faigenbaum AD, Stracciolini A. Pelvic floor dysfunction in female athletes. *Strength Cond J* 42: 82–91, 2020.
38. Rothschild CE, Schellhase KC. Considerations for the adult female endurance runner: A survey analysis. *J Women's Health Phys Ther* 44: 3–8, 2020.
39. Sedano S, Marín PJ, Cuadrado G, Redondo JC. Concurrent training in elite male runners: The influence of strength versus muscular endurance training on performance outcomes. *J Strength Cond Res* 27: 2433–2443, 2013.
40. Soules MR, Sherman S, Parrott E, et al. Executive summary: Stages of reproductive aging workshop (STRAW). *Climacteric* 4: 267–272, 2001.
41. Strasser B, Pesta D, Rittweger J, Burtscher J, Burtscher M. Nutrition for older athletes: Focus on sex-differences. *Nutrients* 13: 1409: 2021.
42. Suominen H. Muscle training for bone strength. *Aging Clin Exp Res* 18: 85–93, 2006.
43. Tayrose GA, Beutel BG, Cardone DA, Sherman OH. The masters athlete: A review of current exercise and treatment recommendations. *Sports Health* 7: 270–276, 2015.
44. Thompson LV. Age-related muscle dysfunction. *Proc Ninth Int Symp Neurobiol Neuroendocrinol Aging* 44: 106–111, 2009.
45. Tso J, Kim JH. Master endurance athletes and cardiovascular controversies. *Curr Sports Med Rep* 19: 113–118, 2020.
46. US Census Bureau. *Age and Sex 1-Year Estimates Subject Tables: American Community Survey. US Census Bureau*, 2019. Available at: https://data.census.gov/cedsci/table?q5Age%20and%20Sex&tid5ACSST1Y2019.S0101. Accessed March 11, 2022.
47. Wooten SV, Mittag U, Alvero Cruz JR, et al. Life satisfaction, positive affect, and sleep impairment in masters athletes: Modulation by age, sex, and exercise type. *Front Physiol* 12: 1–9, 2021.
48. Wright VJ, Perricelli BC. Age-related rates of decline in performance among elite senior athletes. *Am J Sports Med* 36: 443–450, 2008.

From Strength and Conditioning Journal
Volume 44, Number 6, pages 73-81.

著者紹介

Carey E. Rothschild：
University of Central Florida の理学療法プログラムの博士課程の准教授。