

# 日本語版への序文

本書はNational Strength & Conditioning Association (NSCA) による『Essentials of Strength Training and Conditioning 4th Edition (G. Gregory Haff, PhD, CSCS\*D, FNSCA and N. Travis Triplett, PhD, CSCS\*D, FNSCA)』の日本語版である。これは2016年の英語版原著第4版の出版にあたり、中1年を置いて日本語版発刊の運びとなったものである。遡れば2008年の英語版原著第3版出版後、日本語版が2009年に出版されている。第3版から第4版までの約10年の間に世界は大きく動き、NSCA ジャパンも大きく変化してきた。第3版出版当時の理事長は金久博昭氏（東京大学教授：当時）であったが、2011年には森谷敏夫氏（京都大学教授：当時）へと引き継がれ、2017年6月に篠田邦彦（新潟大学教授）が就任した。2017年には積年の夢であった専用のトレーニング施設HPC（Human Performance Center）が流山市に竣工、事務局もHPC内に移転している。また、CSCS、NSCA-CPTの認定試験はコンピューターベース試験へと移行、時期を問わず受験することが可能になった。一方でS&Cの認知度を引き上げる手立てのひとつとして主に若者の関心向上に着目し「トレーニング検定」のテキストを作成、検定試験も開始した。2016年にはNSCA ジャパン設立25周年を迎え、その記念行事を兼ね2017年1月には第5回NSCA国際カンファレンスが幕張メッセで開催された。内外から多数の参加者を得て、盛会のうちに閉幕した。

1991年に本協会が設立、2000年には会員数が1000名を超え、現在は6000名に迫らんとしている。会員数の増加とともに有資格者数も安定的に増加傾向を示し、先のオリンピックを初めとする様々な国際大会における輝かしい選手の活躍の裏には多くのNSCA ジャパンに所属する仲間の支えがあることは特記すべきである。2018年は平昌（ピョンチャン）冬季五輪、2020年には東京オリンピック・パラリンピックを迎え、さらなる努力の成果が期待される。

こうしたS&Cの機運の高まりのなかで、最新の知識と技術の粋を集めた本書を出版することができ、その総監修の任を与えられたことは光栄の至りである。この第4版は、第2版から第3版への更新時に見られた飛躍的な質的向上をさらに上回る充実した内容となっている。それは、英語版の序文にも記されているように、各章の参考文献を最新のものに更新し、章立てを従来の22章から24章に増やしたことから充実度の向上をうかがうことができる。さらに以前には見られない特徴として近年、脚光をあびているケトルベルやチェーン、大きなタイヤ、ゴムバンド・チューブなどのツールを利用したエクササイズについて言及し、新たな章を起こして解説していることは注目される。しかも、その解説は最新の研究の成果に基づいており、研究と現場を橋渡しするミッションを的確に体現した内容となっている。

S&Cにかかわるさまざまな分野の、より新しい知識と技術を一冊の本にまとめあげた英文原著の著者の方々、日本語版の出版を許可していただいたNSCA本部に対し心からの敬意と感謝を表するものである。また、日本語版の出版にあたり、監修の労をとっていただいた岡田純一氏（早稲田大学スポーツ科学学術院教授）、第一次翻訳に携わっていただいた方々、そして本書の編集に多大な労力を費やしていただいたブックハウス・エイチディの浅野将志氏に、この場をお借りして感謝の意を表するものである。

2018年1月

NSCA ジャパン理事長 篠田 邦彦

# 目次

日本語版への序文 iii

編者・執筆者・英語版監修者 viii

英語版序文 x

英語版謝辞 xiii

図表クレジット xv

## 第1章 身体の構造と機能 ..... 1

N. Travis Triplett, PhD

筋骨格系 2 • 神経筋系 8 • 心臓血管系 13 • 呼吸器系 16 • まとめ 18

## 第2章 レジスタンスエクササイズのパイオメカニクス ..... 21

Jeffrey M. McBride, PhD

骨格筋 22 • 身体の解剖学的平面と主な身体の運動 27 • 筋力とパワー 27 • 筋収縮に対する抵抗を生み出すもの 36 • 関節のパイオメカニクス: レジスタンストレーニングにおける懸念事項 41 • まとめ 44

## 第3章 運動とトレーニングの生体エネルギー論 ..... 47

Trent J. Herda, PhD, and Joel T. Cramer, PhD

基本用語 48 • 生物学的エネルギー機構 49 • 基質の消費と補給 60 • 生体エネルギー論からみたパフォーマンス制限因子 62 • 酸素摂取量と運動への無酸素性機構、有酸素性機構の関与 62 • トレーニングの代謝特性 64 • まとめ 67

## 第4章 レジスタンスエクササイズに対する内分泌系の応答 ..... 71

William J. Kraemer, PhD, Jakob L. Wingren, PhD, and Barry A. Spiering, PhD

ホルモンの合成、貯蔵、分泌 72 • ホルモン相互作用の標的組織としての筋 75 • ホルモンによる変化を仲介する受容体の役割 76 • ホルモンのカテゴリ 77 • 高重量のレジスタンスエクササイズとホルモン濃度の増加 79 • ホルモンの相互作用のメカニズム 79 • 末梢の血液でのホルモンの変化 80 • 内分泌系の適応 81 • 主要な同化ホルモン 81 • 副腎ホルモン 91 • その他のホルモンについての考察 94 • まとめ 95

## 第5章 無酸素性トレーニングプログラムへの適応 ..... 97

Duncan French, PhD

神経的な適応 98 • 筋の適応 104 • 結合組織の適応 108 • 無酸素性トレーニングに対する内分泌応答と適応 113 • 無酸素性エクササイズに対する心臓血管系と呼吸器系の急性応答 114 • 有酸素性トレーニングと無酸素性トレーニングの相互作用 117 • オーバートレーニング 119 • デイトレーニング 123 • まとめ 124

<b>第6章</b>	<b>有酸素性持久カトレーニングプログラムに対する適応</b> .....	127
	Ann Swank, PhD, and Carwyn Sharp, PhD	
	有酸素性運動に対する短期的応答 128 • 有酸素性運動に対する長期的な適応 132 • 有酸素性持久カトレーニングへの適応 136 • 有酸素性持久力の適応に影響する外的および個人的要因 138 • オーバートレーニング：定義、有病率、診断、可能性のあるマーカー 142 • まとめ 145	
<b>第7章</b>	<b>年齢差・性差とレジスタンスエクササイズへの影響</b> .....	149
	Rhodri S. Lloyd, PhD, and Avery D. Faigenbaum, EdD	
	子ども 150 • 女性の競技選手 160 • 高齢者 164 • まとめ 169	
<b>第8章</b>	<b>競技への準備とパフォーマンスの心理学</b> .....	171
	Traci A. Statler, PhD, and Andrea M. DuBois, MS	
	スポーツ心理学の役割 172 • 理想的なパフォーマンス状態 173 • エネルギーマネジメント：覚醒、不安、ストレス 173 • 覚醒と不安がパフォーマンスに及ぼす影響 175 • モチベーション（動機づけ） 178 • 注意と集中 180 • パフォーマンス改善のための心理学的テクニック 182 • 運動スキルの獲得および学習の促進 188 • まとめ 192	
<b>第9章</b>	<b>健康における基本的な栄養学的要因</b> .....	195
	Marie Spano, MS, RD	
	スポーツ栄養の専門職の役割 196 • 標準的な栄養ガイドライン 198 • 主要栄養素 202 • ビタミン 212 • ミネラル 212 • 水分と電解質 217 • まとめ 221	
<b>第10章</b>	<b>パフォーマンスを最大化するための栄養戦略</b> .....	223
	Marie Spano, MS, RD	
	試合前・中・後の栄養 224 • 体組成を変化させるための栄養戦略 240 • 摂食障害と栄養補給障害（幼児における摂食障害） 246 • まとめ 248	
<b>第11章</b>	<b>パフォーマンスを増強させる物質と方法</b> .....	251
	Bill Campbell, PhD	
	パフォーマンス増強物質の種類 252 • ホルモン 255 • 栄養補助食品 265 • まとめ 277	
<b>第12章</b>	<b>テストの選択と実施の原則</b> .....	279
	Michael McGuigan, PhD	
	テスト実施の理由 280 • テストに関する用語 280 • テストの質の評価 281 • テストの選択 283 • テストの実施 285 • まとめ 289	
<b>第13章</b>	<b>選択したテストの実施、スコアの記録、解釈</b> .....	291
	Michael McGuigan, PhD	
	競技パフォーマンスの要素の測定 292 • 選択されたテストプロトコルとデータの記録 296 • テストデータの統計的評価 323 • まとめ 326	

- 第 14 章 ウォームアップと柔軟性トレーニング** ..... 351  
 Ian Jeffreys, PhD  
 ウォームアップ 352 • 柔軟性 355 • ストレッチングのタイプ 359 • まとめ 365 • 静的ストレッチングテクニック 366 • 動的ストレッチングテクニック 378
- 第 15 章 フリーウェイトおよびマシーントレーニングのためのエクササイズテクニック** ..... 389  
 Scott Caulfield, BS, and Douglas Berninger, MEd  
 エクササイズテクニックの基礎知識 390 • フリーウェイトエクササイズの補助 392 • まとめ 396 • レジスタンストレーニング種目 396
- 第 16 章 代替的様式および非伝統的用具のためのエクササイズテクニック** ..... 447  
 G. Gregory Haff, PhD, Douglas Berninger, MEd, and Scott Caulfield, BS  
 一般的ガイドライン 448 • 自体重トレーニング法 448 • コアスタビリティとバランストレーニングの方法 449 • 可変抵抗トレーニング法 452 • 非伝統的な用具によるトレーニング方法 456 • 片側でのトレーニング 461 • まとめ 461 • 代替的様式と非伝統的なエクササイズ 462
- 第 17 章 レジスタンストレーニングのためのプログラムデザイン** ..... 479  
 Jeremy M. Sheppard, PhD, and N. Travis Triplett, PhD  
 無酸素性運動の処方における原則 480 • ステップ 1: ニーズ分析 481 • ステップ 2: エクササイズ種目の選択 484 • ステップ 3: トレーニング頻度 488 • ステップ 4: エクササイズの順序 490 • ステップ 5: トレーニング負荷と反復回数 492 • ステップ 6: トレーニング量 505 • ステップ 7: 休息时间 507 • まとめ 511
- 第 18 章 プライオメトリックトレーニングのためのプログラムデザインとテクニック** ..... 513  
 David H. Potach, PT, and Donald A. Chu, PhD, PT  
 プライオメトリックの力学と生理学 514 • プログラムデザイン 517 • 年齢にまつわる考慮すべき事柄 521 • プライオメトリックスとその他のエクササイズ 523 • 安全面の配慮 524 • まとめ 527 • プライオメトリックドリル 527
- 第 19 章 スピードおよびアジリティトレーニングのためのプログラムデザインとテクニック** ..... 565  
 Brad H. DeWeese, EdD, and Sophia Nimphius, PhD  
 スピードとアジリティのメカニクス 567 • スピードのための神経生理学的な基礎 569 • ランニングスピード 572 • アジリティのパフォーマンスと方向転換能力 578 • スピードの強化法 581 • アジリティの強化法 584 • プログラムデザイン 585 • スピード向上の戦略 586 • アジリティ向上のための戦略 589 • まとめ 592 • スピード&アジリティドリル 593

<b>第20章</b>	<b>有酸素性持久カトレーニングのための プログラムデザインとテクニック</b> .....	<b>603</b>
	Benjamin H. Reuter, PhD, and J. Jay Dawes, PhD	
	有酸素性持久カパフォーマンスに関係する要因 605 • 有酸素性持久カトレーニングのプログラムデザイン 606 • 有酸素性持久カトレーニングプログラムのタイプ 612 • トレーニングシーズンに応じたプログラムデザインの実施 615 • 有酸素性持久カトレーニングに関する論点 616 • まとめ 618 • 有酸素性持久カトレーニングのエクササイズ 619	
<b>第21章</b>	<b>ピリオダイゼーション</b> .....	<b>627</b>
	G. Gregory Haff, PhD	
	ピリオダイゼーションに関連する中心的な概念 628 • ピリオダイゼーションのヒエラルキー（階層構造） 631 • ピリオダイゼーションにおける期 632 • ピリオダイゼーションの期と競技シーズンの対応 637 • ピリオダイゼーションの波状モデルと線形モデル 638 • 年間トレーニング計画の例 639 • まとめ 641	
<b>第22章</b>	<b>リハビリテーションとリコンディショニング</b> .....	<b>651</b>
	David H. Potach, PT, and Terry L. Grindstaff, PhD, PT, ATC	
	スポーツ医学チーム 652 • 傷害のタイプ 656 • 組織の治癒 656 • リハビリテーションとリコンディショニングの目標 657 • プログラムデザイン 663 • 受傷および再受傷リスクの低減 667 • まとめ 667	
<b>第23章</b>	<b>施設のデザイン、レイアウト、組織化</b> .....	<b>671</b>
	Andrea Hudy, MA	
	新しい施設の設計における一般的側面 672 • 既存のストレングス&コンディショニング施設 674 • 競技プログラムのニーズ評価 674 • ストレングス&コンディショニング施設の設計 675 • ストレングス&コンディショニング施設における機器の配置 678 • 床面および設備のメンテナンスと清掃 680 • まとめ 681	
<b>第24章</b>	<b>施設のポリシー、手順、法的問題</b> .....	<b>691</b>
	Traci Statler, PhD, and Victor Brown, MS	
	ミッションステートメントおよびプログラムの目標 692 • プログラムの目的 692 • ストレングス&コンディショニングパフォーマンスチーム 693 • 法律的・倫理的問題 697 • スタッフの方針と活動 702 • 施設運営 705 • 緊急時の計画と対応 705 • まとめ 708	

例題の解答集 710

文献 711

索引 769

単位と換算 781

英語版編者紹介 782

と縞模様として観察できる。暗く見える**A帯**はミオシンフィラメントが並んでいる部分である。明るく見える**I帯**は2つのサルコメアが接する部分で、アクチンフィラメントのみとなっている(13)。I帯の中央に見える、薄く暗い線が**Z線**である。**H帯**はサルコメアの中央部で、ミオシンフィラメントのみが存在するところである。筋が収縮するとき、アクチンフィラメントがサルコメアの中央部に向かってミオシンフィラメントに重なるように滑り込むため、H帯の幅は縮小し、(両端の)Z線もサルコメア中央に向けて引き寄せられるため、I帯の幅も縮小する。

筋原線維を取り囲むように並行して走る複雑な細管系を筋小胞体といい、筋小胞体の末端は、Z線の近くで**終末槽**(小胞)に移行している(図1.5)。この終末槽にはカルシウムイオンが貯蔵されていて、カルシウムイオンの量を調節することで、筋収縮をコントロールする。また、筋小胞体と垂直に交わるように**T管**(横行小管、横細管)が走っていて、その末端はZ線の付近で2つの筋小胞体終末槽の間に

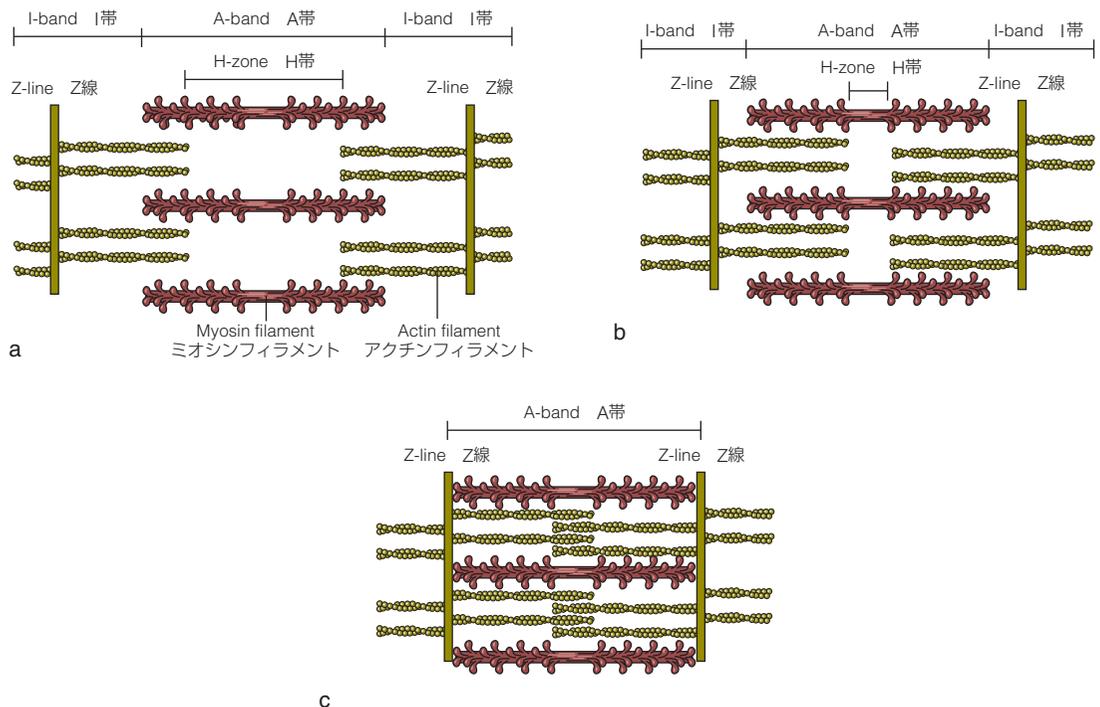
入る。T管は、表層の筋原線維間を通り、筋細胞表面で筋鞘につながっているため、放電(脱分極)された**活動電位**(神経の電氣的刺激)は表面から筋線維全体にほぼ同時に伝達される。これによって筋全体でカルシウムイオンの放出が起こり、全体での収縮が起こる。

運動神経からの活動電位の放電(脱分極)が、筋小胞体から筋原線維へのカルシウムイオンの放出を促し、筋の張力発揮を引き起こす。

### 筋収縮の滑走説

**滑走説**とは、「サルコメアの両端のアクチンフィラメントがミオシンフィラメントに重なり合うようにサルコメア内部に向かって滑走することで、Z線がサルコメア中央に引き寄せられ、筋線維全体が短縮する(図1.7)」とする学説である。アクチンフィラメントがミオシンフィラメント上を滑り込むのでH帯とI帯も、ともに縮小していく。

ミオシクロスブリッジがアクチンフィラメント



**図1.7** 筋原線維の収縮。(a) 伸張された状態の筋は、I帯とH帯の幅が長くなっていて、アクチンと結合しているクロスブリッジは少ないため、発揮できる張力は小さい。(b) 筋が収縮すると(ここでは部分的に収縮)、I帯とH帯が短くなる。このときのクロスブリッジとアクチンの位置関係が張力発揮に最適となるために発揮できる張力は大きくなる。(c) 収縮した筋では、アクチン同士が重なってしまい、クロスブリッジ-アクチン間の位置関係に基づく張力発揮の可能性を減じてしまうので、発揮できる張力は小さい。

## 例題

1. パワーの定義は次のどれか？
  - a. 質量×加速度
  - b. 力×距離
  - c. 力×速度
  - d. トルク×時間
  
2. 体重が異なる重量挙げ選手のパフォーマンスを公平に評価するために用いられる古典的公式では、挙上重量を競技選手の何で割った値を求めるか？
  - a. 体重
  - b. 体重の2乗
  - c. 除脂肪体重
  - d. 体重の2/3乗
  
3. フリーウェイトのエクササイズにおいて、筋の発揮する力は次のどれによって変化するか？
  - I. ウェイトから関節までの垂直距離
  - II. 関節角度
  - III. 運動の加速度
  - IV. 運動速度の2乗
  - a. I、II
  - b. I、IV
  - c. I、II、III
  - d. II、III、IV
  
4. 垂直跳びでは膝関節、股関節、肩関節で運動が起こるが、これらは主にどの解剖学的平面における運動か？
  - a. 矢状面
  - b. 垂直面
  - c. 前額面
  - d. 水平面
  
5. 競技選手が等速性肘伸展・屈曲のエクササイズを行っている。以下のうち、エクササイズ中に肘関節ではどのてこが使われているか。
  - I. 第一種のとこ
  - II. 第二種のとこ
  - III. 第三種のとこ
  - a. I
  - b. II
  - c. I、III
  - d. II、III

依存する。強度が低下して継続時間が延びるにつれて、徐々に遅い解糖と酸化機構に移ることがわかる(45,129)。

一般に、あるエネルギー機構のATPを産生する最大速度(単位時間当たりのATP生成量)と、そのエネルギー機構の産生能(長時間にわたって産生できるATPの総量)とは逆相関関係にある。ホスファゲン機構はATP産生速度において最も高いが、脂質の酸化はATP産生能において最大である。結果として、ATPの主な供給は、高強度で短時間の運動(100mダッシュ)ではホスファゲン機構によって、また、中～高強度で短～中程度の時間継続される運動(400mダッシュ)では解糖によって、低強度で長時間の運動(マラソン)は酸化機構によって行われる。

運動の継続時間も、どのエネルギー機構が使われるかに対して大きな影響を与える。スポーツ競技の継続時間は、1～3秒といった短時間のもの(スナッチ、砲丸投げ)から、長いものでは4時間を超えるもの(ロングディスタンスのトライアスロン、ウルトラマラソン)まである。もし競技選手が最大努力(各種目において、可能な限り最高のパフォーマンスにつながる力を発揮する努力)をする場合、その考慮される時間は表3.2に示すものが妥当である(48,78,124,144,147)。

運動中および休息中のいずれにおいても、1つのエネルギー機構のみでエネルギーの供給を完全に担うということはない。無酸素性機構と有酸素性機構のどちらが、運動中に産生されるエネルギーにどの程度寄与するかは、第一に運動強度、第二に継続時間によって決まる(22,45,48)。

3つのエネルギー機構のうち、ATP産生においてそれぞれがどの程度寄与するかは、第一に筋活動の強度、第二に運動の継続時間によって決まる。運動中および休息中のどちらであっても、1つのエネルギー機構のみでエネルギーの供給を完全に担うということはない。

## 基質の消費と補給

生体エネルギー反応の出発物質となる分子はエネルギー基質と呼ばれ、これにはホスファゲン(ATPとクレアチンリン酸)、グルコース、グリコーゲン、乳酸、遊離脂肪酸、アミノ酸が含まれる。運動の強度や継続時間に応じて、それに適したエネルギー基

質が選択的に消費され、その結果、その基質を使うエネルギー機構で産生されるエネルギーは減少する。運動中に経験する疲労は、ホスファゲン(66,87)やグリコーゲン(21,78,90,131)の枯渇と強く関係している。これに対し、遊離脂肪酸、乳酸、アミノ酸などはパフォーマンスが制限されるほどの枯渇が起こることはほとんどない。したがって、運動やスポーツの生体エネルギー論においては、運動に続いて起こるホスファゲンやグリコーゲンの消費と補給のパターンが重要である。

### ホスファゲン

運動中の疲労は、ホスファゲン(ATPとCP)の減少と関係があると考えられている。筋中のホスファゲン濃度は、高強度の無酸素性運動では、有酸素性運動と比べて速く消費される(66,87)。なかでもクレアチンリン酸は、強度が高く、継続時間が短時間から中程度の場合、運動開始直後(5～30秒)に顕著に減少(50～70%)し、疲労困憊に至るような激しい運動ではほとんどすべて消費される(84,91,96,108)。筋のATP濃度は、実験的に引き起こした筋疲労の場合、運動前と比べてわずかに減少するとする研究結果もあるが(34)、最大で運動前の50～60%まで減少する(143)という研究結果もある。また、外部に力を加えるような動的な筋活動では、等尺性の筋力発揮と比較してより多くの代謝エネルギーが必要であり、ホスファゲン消費が多いことにも注目すべきである(18)。

運動中にはクレアチンリン酸の消費やミオキナーゼ反応のほか、グリコーゲンや遊離脂肪酸といったほかのエネルギー源から付加的なATPが供給されるため、筋内ATP濃度は十分なレベルが維持されている。運動後のホスファゲンの補給は比較的短時間で行われる。すなわち、ATPの完全な再合成は3～5分、CPの完全な再合成は8分以内に起こる(75,87)。ホスファゲンの補給は主に有酸素的代謝(75)により得られるが、高強度の運動直後には解糖も回復に関与する(29,40)。

ホスファゲン濃度についてのトレーニング効果は、十分に解明されていない。有酸素性の持久性トレーニングは安静時のホスファゲン濃度を上昇させる効果があり(49,97)、最大下パワーを発揮させる際に、パワーの値が同じになるまでのホスファゲンの消費

レーニング状態とも相互作用すると考えられる(105, 193)。しかしながら、炎症反応とタンパク質の代謝回転の増加(すなわち、全体的にはタンパク質の合成が増加)の両方は、究極的には、長期的な肥大させる適応に寄与すると理解されている(179)。タンパク質合成の過程は、(a)水分の吸収、(b)非収縮タンパク質の合成、(c)収縮タンパク質の合成の順となる(192)。同時に、分解が減少することによって全体的なタンパク質の喪失が減少し、線維のサイズを維持するように働く。

高重量レジスタンストレーニングを開始して、数回のワークアウト後には筋タンパク質のタイプ(速筋型ミオシン重鎖など)の変化が起り始める(113, 183)。しかしながら、実際に断面積が有意に変化するまでの筋肥大には、より長い期間のトレーニング(16回を超えるワークアウト)が必要となる(185)。初期のパフォーマンス変数(例:筋力、パワー)が増加するのに伴って、筋肥大の反応は初期に最大となり、その後、筋の成長の変化速度は徐々に低下していく(113)。高重量レジスタンストレーニングの成果を2年間にわたって追跡調査した結果では、筋力の向上はトレーニング強度の適切な上昇と並行して得られた。しかし、挙上パフォーマンスの向上において、筋肥大はほとんど寄与していなかった(80)。

筋肥大の程度は、最終的にはトレーニングの刺激と急性のトレーニング変数がどのように処方されたかによって決まる。筋の成長を最適化するうえで、力学的刺激と代謝への刺激の組み合わせを最大化するには、トレーニングの適切なピリオダイゼーションは不可欠である。力学的要因には、高負荷の挙上や伸張性筋活動の実施、中程度から多量のトレーニング量(114)が含まれ、これらは筋力トレーニングの特徴である。適した力学的または代謝的ストレスを誘発する代替的方法として新しいトレーニング様式(例:血流制限トレーニング、177)の使用を支持するエビデンスが増えている。代謝的要因は、低~中程度あるいはやや高い強度で、量が多く、短い休息時間のトレーニング(ボディビルトレーニングの特徴)を行うことが中心になる(114)。まとめると、力学的要因によって、筋線維の動員の改善(成長が起こる前に筋線維の動員が起こる必要がある)、成長因子の発現、サルコメア(筋節)の破壊が起こり、筋横断面積の拡大が起こる(67,161)。代謝的要因は、

解糖系に負荷をかけ、結果として筋の成長に関与する代謝産物を増加させる。このようなプログラムによって、最も強力な同化ホルモンの応答が誘発される(115)。

また、筋サイズ増加のメカニズムとして、運動科学の研究者が長年議論してきた仮説が、筋増殖である。**筋増殖**とは、高強度のレジスタンストレーニングにตอบสนองして筋線維が長軸方向に分裂し、筋線維の数が増加することを指す。筋増殖は、動物で起きることが示されているが(68,87)、人間については起こることを支持する研究(129,132,191)と否定する研究(131)に分かれており、議論の余地がある。こうした混乱が起こる理由の一部には、レジスタンストレーニングを行った選手とトレーニングされていない人を比較した横断的研究において、トレーニングを行った人に筋線維数が多いことが示されるためである。このシナリオでは、これが遺伝的なものか、筋増殖によるものかを決定することは難しい。科学者が動物に対して行う手順を、ヒトに対して行うことは倫理面および運用面の理由により不可能であることも考慮すべきである。結果として、いくつかの骨格筋の増殖を支持するより確かなデータは、動物研究において多くみられる(68,87)。動物モデルにおける筋増殖を研究する場合、研究者らは顕微鏡下で長軸方向における筋線維の数を数えるために筋全体を採取し、筋膜を剥がす。ヒトにおいては、筋全体を採取することはできない。その代わりに、筋組織の小さなサンプルを得るために、ニードルバイオプシー(針を用いた生検法)が用いられる。そのようにして断面を調べ、数学的外挿(訳注:得られたデータから、そのデータの範囲外のことを推定すること)により、間接的に筋増殖がどのくらい起っているかを推測する。筋増殖は完全に除外できないが、レジスタンストレーニングに対する筋組織の適応に関して重要なものになるとは考えられない。また仮に筋増殖が起こったとしても、最適な条件下で、刺激された組織のうちのわずか(おそらく10%以下)にしか起こらない。筋増殖が起こるとすれば、筋サイズの理論的な上限に達した筋線維の応答として、アナボリックステロイドやそのほかの成長促進剤を使用したり、大幅な、さらには過度の筋肥大につながる長期的トレーニングを積んだ選手に起こるという仮定も成り立つ。この分野の論点については、科

学的研究者の中でも、完全には解明されていない。

## 筋線維のサイズの変化

無酸素性トレーニング後に生じる筋肥大の程度は、本質的に筋線維タイプと関連する。顕著な筋肥大を促進するためには、サイズの原理に基づき、高閾値の運動単位によって支配される筋線維をとくに活動させなければならない(36)。レジスタンストレーニング中、タイプI、タイプIIの両方の筋線維が動員される可能性があり、どのような頻度で動員されたかが最終的な適応過程の程度を決定づける。サイズの原理に従って、階層的な活性化によってのみ、タイプIまたはタイプII線維がタンパク質合成を促進する調節過程のカスケード(訳注:化学反応が次々と連鎖的に起こることを小さな滝にたとえてカスケードと呼ぶ)を初期化するシグナル伝達メカニズムを受け取る。しかしながら、概して筋線維の活性化に続いて起こるこれらの筋肥大の応答は、数カ月間のトレーニング後、損傷を受けていない筋の断面積の増加につながる。典型的にはタイプII線維はタイプI線維よりもサイズの増加が大きいことが明らかであるため、肥大の程度は主となる2つの筋線維タイプの間で均一ではない(83)。実際に、選手の筋肥大の最終的な可能性は、筋内のタイプII線維の割合によって決定されると考えられている(131,191)。つまり、遺伝的に速筋線維の割合が相対的に大きい選手は、遅筋線維が多い人よりも得られる筋量の増加の可能性が大きいと考えられる。

## 筋線維タイプの移行

神経刺激のパターンは、無酸素性トレーニング後に起こる筋線維の適応がどの程度であることを示す。筋線維は、理論的には酸化能力の低いものから高いものへと連続体を構成している(図5.3、第1章の筋線維のタイプの項を参照)。連続体は以下の通りである。タイプIIx、IIax、IIa、IIac、IIc、Ic、Iのタイプがあり、ミオシン重鎖(MHC)の発現もこれと同様である(ミオシン重鎖IIx、IIa、I)(181)。タイプIとタイプIIの割合は遺伝的に決定されるが(154)、無酸素性トレーニング後にサブタイプ内で変化が起こることもある。トレーニングを行い、高閾値の運動単位が活性化すると、タイプIIxからIIaへの移行が起きる(25)。言い換えると、タイプIIx

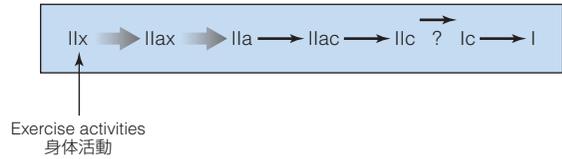


図5.3 トレーニングによって起こる筋線維の変化。これはトレーニング中に起こる、筋線維のミオシンATPアーゼおよびミオシン重鎖のタイプの変化を意味している。タイプIIxからIIax、IIaxからIIaへの移行がみられ、さらにIIacからIIaへの変化は低い割合となる。タイプIIx筋線維の運動単位を動員する身体活動によってIIa線維への移行が始まる。

線維でミオシンATPアーゼのアイソフォームの量が増え、酸化能力の高いタイプIIa線維になる。実際に、高強度のレジスタンストレーニングと有酸素性持久的トレーニングを組み合わせさせた結果、タイプIIxからタイプIIaにはほぼ完全に移行したことが報告されている(112)。速筋線維における変化は、通常、筋線維横断面積の変化速度とは関連していない。

タイプIIx線維は「予備の」線維であり、連続体の中でもより酸化能力の高い形に変化する(すなわち、中間の線維であるタイプIIaxからIIaへと変化)と考えられる(25)。こうした筋線維タイプの連続体における変化とそれに伴うミオシン重鎖の変化は、レジスタンストレーニングの初期に起こる。初期の研究では、Staronら(183)が男女の被験者に、高強度のレジスタンストレーニングプロトコル(6~12RMの負荷でスクワット、レッグプレス、ニーエクステンションをセット間の休息時間を2分間として複数セット行う)を週2回、8週間行わせて、その効果を検討した。その結果、女性では2週間のトレーニング(4回のワークアウト)後に、男性では4週間のトレーニング(8回のワークアウト)で、タイプIIx線維の割合が有意に減少したと報告している。8週間のトレーニング後、タイプIIx線維の割合は、男女ともに筋線維の総数の約18%から約7%にまで減少した。ミオシン重鎖の分析により、トレーニングの初期にIIxミオシン重鎖はIIaミオシン重鎖に置き換えられることが示された。さらにこの研究は、内分泌的な要因の変化(テストステロンとコルチゾールの相互作用)と筋線維タイプの変化に相関があったことを示した。興味深いことに、ディトレーニングでは逆の影響を示し、タイプIIx線維が増加し、タイプIIa線維は減少し(153)、タイプIIx線維が以前より増加する(IIxの割合がトレーニ

れた場合の細胞適応を示しているものと思われる。なぜなら、筋力トレーニング単独では、タイプI線維、タイプII線維の両者の断面積が増大したからである。E群では、タイプI線維とタイプIIc線維に萎縮がみられた。これは、コルチゾールレベルの上昇（そしてテストステロンの減少）と、酸素の交換を増すために毛細血管と筋細胞との距離を短縮するという生理学的必要性によると考えられる。

高強度レジスタンストレーニングと有酸素性持久力トレーニングを同時に行った影響は、ほとんどがトレーニングされていない人を対象として調査され

たものである(65,74,127,138)。一流競技選手に対して同時トレーニングに注目した研究はわずかである(172)。これらの両立の困難さを示したいくつかの研究では、週3回のレジスタンストレーニングと週3回の有酸素性持久力トレーニングを交互に行う(週6日連続してトレーニングを行う)、あるいは週4~6回、高強度のレジスタンストレーニングと有酸素性持久力トレーニングを同じ日に行っている(16,44,112)ため、オーバートレーニングの影響があると考えられる。2種類のトレーニングを同じ日に行う(ワークアウト間に少なくとも1日の休日を

## 無酸素性運動後に起こるパフォーマンス改善は何か？

### 筋力

- 100以上の研究のレビューでは、平均筋力の上昇は「トレーニングしていない人」で約40%、「中程度にトレーニングしている人」で約20%、「トレーニングしている人」で約16%、「上級者」で10%、「エリート選手」で2%で、そのトレーニング期間は4週間から2年間の幅である(103)。
- トレーニングに伴う筋線維タイプの変化は、運動単位のより高い動員が増加したことを反映する。タイプIIx線維からタイプIIa線維へ移行することで、同じ絶対的出力でのより大きな疲労耐性を示している。

### パワー

- ジャンプスクワットにおいて絶対的ピークパワーを最大化するうえで最適な負荷は、1RMの0%(すなわち体重[31])である。しかしながら、トレーニングを積んだパワーアスリートにおいて、ピークパワーはスクワットの1RMの30~60%に相当する負荷で最大となることが報告されている(12)。
- スクワットのピークパワーは、1RMの56%で、パワークリーンでは1RMの80%で最大される(31)。
- 上肢のパワーのピークは、ベンチプレスの1RMの46~62%に相当する負荷を用いたパリスティックなベンチプレスローで最大となる(11)。

### 局所筋持久力

- 無酸素性競技選手の横断的研究データから、筋持久力の向上、それに続く筋の適応の向上と同時に酸化能力と緩衝能力の改善が示された(100)。
- 無酸素性筋持久力トレーニングに対する骨格筋の適応としては、タイプIIxからタイプIIbへの筋線維の移行とともに、ミトコンドリアおよび毛細血管の数の増加、緩衝能力の向上、疲労耐性の向上、代謝酵素活性の上昇が挙げられる(64,116)。

### 身体組成

- レジスタンストレーニングによって除脂肪体重が増え、体脂肪が最大で9%減少する(116)。
- レジスタンストレーニングの結果として、除脂肪組織量の増加、日常の代謝率の上昇、運動時エネルギー消費量の増加が起こる(53)。

### 柔軟性

- 無酸素性トレーニングは柔軟性にプラスの効果を持つ可能性があり、レジスタンストレーニングとストレッチングの組み合わせは、筋量増加と柔軟性の改善を進める最も効果的な方法であると考えられる(116)。

### 有酸素性能力

- トレーニングを積んでいない人では、高重量のレジスタンストレーニングによって最大酸素摂取量が5~8%増加する。トレーニングを積んだ人では、レジスタンストレーニングは、有酸素的能力に対して有意な影響を及ぼさない(52)。
- サーキットトレーニングや、量が多く休息時間の短い(30秒以下)プログラムは最大酸素摂取量を向上させることが示されている(64)。

### 運動パフォーマンス

- レジスタンストレーニングはランニング効率、垂直跳び、短距離走のスピード、テニスサーブの速度、スイングと投げの速度、キックのパフォーマンスを高める(116)。

## 例題

1. レジスタンストレーニング後に、動作する筋に対する神経の作用が増大するのは、どのようにしてもたらされるか。
  - I. 拮抗筋の動員の増加
  - II. 筋肥大
  - III. 発火頻度の改善
  - IV. 同期の向上
    - a. 上記のすべて
    - b. I、IV
    - c. I、II、III
    - d. I、III、IV
  
2. ボックスからボックスへプライオメトリックドロップジャンプを行っている人が、限られた時間 (< 200ms) 内に効果的な力を生み出すために、選択的動員の原則によりバイパスされるのはどの筋線維か？
  - a. I
  - b. IIa
  - c. IIx
  - d. IIc
  
3. 競技選手の多くに一般的にみられる非機能的オーバーリーチ (NFOR) のパフォーマンス面または生理学的な特徴ではないのは、以下のうちどれか？
  - a. 停滞とパフォーマンスの低下
  - b. ホルモン障害
  - c. 睡眠障害
  - d. 疲労レベルの増加
  
4. 一流ストレングスあるいはパワー競技選手において、長期にわたるデイトレーニング期間に続いて、以下のどの身体的特徴が無酸素性トレーニング刺激の除去の結果として最も大きな低下を示すか。
  - a. 総脂肪量
  - b. 速筋線維の横断面積
  - c. 遅筋線維の横断面積
  - d. タイプ I 筋線維の総量
  
5. ある期間の長期的な高強度レジスタンストレーニングに続いて、体内の多数の系において、ストレングスおよびパワー的な身体活動における競技パフォーマンス向上を促す多様な生理学的適応が起こる。もし一流競技選手が12週間の激しいストレングストレーニングを行ったとき、この種の無酸素性運動の結果として起こるとは考えられない適応は以下のどれか。
  - a. タイプ IIx からタイプ IIa への筋線維の移行
  - b. ある筋群における羽状角の増加
  - c. 筋小胞体と T 管の密度の減少
  - d. ナトリウム-カリウム ATP アーゼ活性の上昇
  
6. 以下の競技選手のうち、各競技に関連した力のベクトルと身体的な要求の結果として骨密度 (BMD) レベルが限定的であると推測されるのはどれか？
  - a. 7年間のトレーニング歴を持つ16歳の女子体操選手
  - b. 8年間にわたってウェイトを挙上してきた23歳のオフensiveラインマン
  - c. スクワットの1RMが160kg (352ポンド) である33歳の自転車競技選手 (トラック)
  - d. 1年間のドライランド (陸上での) トレーニングを行った19歳の800m自由形水泳選手

高強度で間欠的なエクササイズという特徴を持つ**無酸素性トレーニング**は、有酸素性エネルギー機構が可能であるよりも速い速度でアデノシン三リン酸(ATP)を再合成することを必要とする。結果的に、エネルギー要求の差は、酸素がなくても働く**無酸素性エネルギー機構**によって埋め合わされ、**無酸素性非乳酸機構**(ホスファゲン、あるいはクレアチンリン酸系としても知られる)、**無酸素性乳酸機構**(解糖系としても知られる)が含まれる。

無酸素性トレーニングへの応答として起こる長期的な適応は、トレーニングプログラムの特徴とよく関連している。たとえば、筋力やパワー、筋肥大、筋持久力、運動スキル、コーディネーションの改善が、無酸素性トレーニングの様式に続く有用な適応として認識されている。これらには、レジスタンストレーニング、すなわちプライオメトリックドリル、スピードやアジリティ、インターバルトレーニングも含まれる。最終的には、有酸素性機構は、高強度の無酸素性運動における関与は限定的だが、低強度の運動中や休息時におけるエネルギー貯蔵の回復においては、重要な役割を果たしている(45)。

スプリントやプライオメトリックドリルなどのエクササイズは、ホスファゲン機構に負荷を与える。すなわち、それらは通常継続時間は10秒以下で、セット間(例:5~7分間)にはほぼ完全に回復することができるため、疲労を最小限にできる。継続時間がより長く、間欠的な無酸素性トレーニング、すなわち高強度のエクササイズ中により短い休息のインターバル(例:20~60秒)が入るような場合、主として解糖系でのエネルギー産生を用いる。高強度エクササイズと短い休息時間の組み合わせは、無酸素性トレーニングにおける重要な側面であると考えられ、これと同様に、競技選手は試合中にしばしば疲労条件下で最大に近いパフォーマンスが要求される。しかしながら、適切な無酸素性トレーニングは、パフォーマンスの成否を決定する生理学的適応を最適化するような方法でプログラムを作成し処方することが非常に重要である。競争的な種目においては、すべてのエネルギー機構の複雑な相互作用を必要とし、試合における全体的な代謝要求を満たすために、エネルギー機構のそれぞれがどのような割合で寄与するかが異なっていることが示されている(表5.1)。

無酸素性トレーニング後の身体的および生理学的

なさまざまな適応について多くの研究報告がなされ、これらの変化によって個々人は競技パフォーマンス水準の改善が可能となる(表5.2)。適応には、神経系、筋系、結合組織、内分泌系、心臓血管系における変化が含まれる。その変化は、トレーニングの初期(例:1~4週間)から、数年間にわたって継続したトレーニング後に起こるものまで、さまざまな期間にわたって起こる。これまでのほとんどの研究は4~24週間までの、トレーニングの初期から中期にわたる範囲について行われてきた。身体の個々のシステムが無酸素性代謝を使用して身体活動にどのように反応するかを理解することにより、ストレングス&コンディショニング専門職は、トレーニングプログラムを計画することができるようになり、効果を予測でき、個人の強みと弱みに効率的に影響を与えることができるようになる。

## 神経的な適応

多くの無酸素性トレーニング様式は、筋のスピードとパワーを強調しており、最大のパフォーマンスを発揮する(そして質の高いトレーニングを行う)には、最適な神経の動員ができるかどうかにより大きく左右される。無酸素性トレーニングは、脳の上位中枢から始まり個々の筋線維レベルにつながる神経筋系を通して適応を引き起こす可能性がある(図5.1)。神経的な適応は競技パフォーマンスを最適化するための基礎であり、最大の筋力とパワーを発揮するためには、神経の作用を拡大させることが重要である。神経の作用の拡大は、高強度の筋収縮時の主働筋(その動作やエクササイズを主に行う筋)の動員、発火頻度、放電のタイミングとパターンの向上を通して起こると考えられている(4,69,166,167,174)。それに加えて、長期的なトレーニングに伴って、抑制メカニズム(たとえばゴルジ腱器官によるもの)の低下も起こると考えられる(1,63)。これらの複雑なメカニズムがどのように共存しているかについて完全には解明されていないが、神経の適応は、骨格筋の構造的変化が起きる前に起こるのが典型であることがわかっている(167)。

## 中枢の適応

運動単位の活動の増大は、より高次の脳中枢、す

## 有酸素性運動によるパフォーマンスの向上とは何か？

有酸素性運動の影響を受ける身体の各系には、筋骨格系、心臓血管系、呼吸器系が含まれる。適応には、以下が含まれる。

**呼吸器系：**最大下呼吸頻度の減少 (31)。

**心臓血管系：**1回拍出量と最大心拍出量の増加を伴う、一定の最大下の作業負荷に対する心拍数の減少 (106)。血液量も増加し、1回拍出量と心拍出量の増加を支える (45)。

**筋骨格系：**筋内の毛細血管の増加を伴う動静脈酸素較差の増加 (110,123)、酸化酵素濃度の増加、ミトコンドリアのサイズおよび密度の増加 (58)。

**有酸素性パワー（最大酸素摂取量）：**ほぼ間違いなく、有酸素性運動トレーニングに伴う生理学的変数における顕著な変化は、最大酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2\text{max}$ ) の増加であり、心臓血管系フィットネスの判断基準の変数としてしばしば用いられる。 $\dot{V}O_2\text{max}$ は一部は遺伝によって決定づけられ、また一部は競技選手の経験するトレーニングプログラムによって決定づけられる。一流競技選手はトレーニングに伴う $\dot{V}O_2\text{max}$ のわずかな変化 (5~10%) を示すことがあるが、トレーニング経験のない個人の $\dot{V}O_2\text{max}$ は20%増加することがある (55,62)。高い $\dot{V}O_2\text{max}$ に加え乳酸閾値の増加により、ランニング競技や間欠的スプリントが必要となる競技 (サッカーやバスケットボール、その他チームスポーツ) におけるパフォーマンス促進が可能となる。

**乳酸閾値：**有酸素性トレーニングにより、絶対的乳酸閾値が増加し、高度にトレーニングを積んだ個人は、十分にトレーニングを積んでいない人よりも相対的および絶対的に割合の高い $\dot{V}O_2\text{max}$ で作業が可能となる。この乳酸耐性の向上は、多様なパフォーマンスの成果へと移行する。その成果には、レースにおける $\dot{V}O_2\text{max}$ に対してより高い割合でのランニング (タイムの短縮に結びつく) や、ゲーム中におけるより長い距離をカバー、後半でのパフォーマンスにおけるリカバリーの促進、イベントを通して高い運動強度での作業、が含まれる。高い乳酸閾値を持つことの重要性は、以下の例でみることができる。たとえば2人の $\dot{V}O_2\text{max}$ が同じ、もしかしたら50ml/kg/分かもしれない。しかしながら、1人の乳酸閾値が $\dot{V}O_2\text{max}$ の80% (すなわち閾値は40ml/kg/分で生じる) であるが、もう1人が $\dot{V}O_2\text{max}$ の70% (すなわち閾値は35ml/kg/分で生じる) であると、前者は5ml/kg/分相当する分のパワー出力を維持することができる。動作のエコノミー (経済性) といった、ほかのすべても同じで、より速い動作スピード、したがってより優れたパフォーマンスという結果につながる。

**効率的な基質利用：**糖質は多くのチームスポーツにおける高強度間欠的運動のエネルギー源として好ましい。有酸素性運動トレーニングは、基質としての脂質の利用が増加し、相対的に糖質の温存が多くなるという結果となる。糖質の温存に伴い、持久系のトレーニングを積んだ人では、より高強度の運動を、より長時間にわたって維持することができる。内在性のグリコーゲン貯蔵を増加させるための多様な糖質ローディング操作を通して、有酸素性運動はさらに改善されるかもしれない (16)。

**筋線維の適応：**筋線維を横断面積という観点から調べてみると、一流の長距離ランナーはタイプI線維がより高い割合 (パーセンテージ) となっており、利用可能なタイプI線維は有酸素性代謝に対して機能的に非常に効率的である (ミトコンドリア密度および酸化酵素能の増加 [57]、酸素運搬のための毛細血管網の増加)。有酸素性運動トレーニング、とくに長距離で高強度間欠的運動の結果、タイプI線維の酸化能力を高める。骨格筋線維は、そのミオシン重鎖および内的な特徴を変化させることができ、これにより筋線維分類の変化が導かれ、持続的なトレーニングを行った競技選手においてタイプIIx線維の減少がみられることが、研究によって示されている (8,102)。パフォーマンスの見地からは、これらの代謝的变化と筋線維の変化は、より効率的な有酸素性エネルギー生産の利用という結果をもたらす。

**運動効率：**運動の経済性の大部分は、バイオメカニクスと技術によって決まる。2人の有酸素性持久力競技選手が同じ最大酸素摂取量であり、乳酸閾値であったとしても、同じパフォーマンス結果を示すわけではない。より効率的な運動をする (すなわち同じパワー出力を維持するのに必要とするエネルギーが少ない) 競技選手のほうが、たとえ2人とも同じ $\dot{V}O_2\text{max}$ および乳酸閾値であったとしても、より長く同じパワー出力を続けることができる。

心拍数と心拍出量はもとのレベルに戻り始める。このように、高所環境に急性的に曝露される (さらされる) と、酸素分圧の低下による負担を、換気量増加 (過換気) と最大下運動時の心拍出量増加によって、素早く相対的に効率よく応答することによって相殺する。しかしながら、標高が1200m以上の高地

では、これらの調節にもかかわらず、この急性期の間に動脈血中の酸素飽和度は低下し、その結果として最大酸素摂取量や有酸素性パフォーマンスは低下する。このような順化 (馴化) は、海水面レベルに戻ると約1カ月でもとに戻る。表6.3に示したように、長期の高地滞在では、長期的な生理学的調整および

ガイドライン助言委員会の科学的報告 (176) では、食物繊維やカリウム、カルシウム、ビタミンDを考慮すべき栄養素としてリストに挙げている。乳製品や栄養強化飲料 (豆乳やオレンジジュースなど)、白身魚であるが缶詰のイワシは優れたカルシウム供給源であり、栄養強化飲料 (牛乳やオレンジジュース、豆乳)、栄養強化ヨーグルトはビタミンDの優れた供給源である (176)。また、鉄も特定の人たちにおいて考慮すべきである。多くの女性や妊娠可能な青年期の情勢は、鉄が不足しており、これらのグループでは食事における葉酸の必要量も満たしていない。赤身の肉、鉄強化シリアル、豆類は鉄の優れた供給源である。マメ類やエンドウマメ、ピーナッツ、ヒマワリの種は、食事で摂れる葉酸の最高の供給源である (176)。最後に、今では考慮されない栄養素の1つであるビタミンB<sub>12</sub>の吸収は、高齢者において約10~30%にみられる、胃における塩酸が不十分であることに影響を受ける。したがって、50歳以上の人、合成ビタミンB<sub>12</sub>添加食品を摂取すること、あるいはサプリメント摂取が勧められる。なぜなら、それらの供給源からビタミンB<sub>12</sub>を吸収できるためである (176)。ビタミンB<sub>12</sub>は動物性食品や栄養強化ニュートリショナルイースト、栄養強化シリアルにみられる。牛肉、ラム肉、子牛肉、魚はこの栄養素の最高の供給源である (175)。

## 主要栄養素

主要栄養素とは、食事で多くの量を摂取する必要のある栄養素である。主要栄養素とされる3つの重要な栄養素は、タンパク質、炭水化物 (糖質)、脂質である。

### タンパク質

**タンパク質**は、人体のすべての細胞における主要な構造的・機能的要素である。食事でのタンパク質は、発育・発達や、細胞をつくったり修復したりするのに用いられる。また酵素や輸送担体、ホルモンとしても役立っている。したがって、食事でのタンパク質摂取は健康や生殖、細胞の構造および機能の維持に必須である (69)。

タンパク質は、炭素や水素、酸素、窒素で構成される。「アミノ」とは「窒素を含む」を意味し、**アミ**

**ノ酸**分子が数十個から数百個結合してできるタンパク質が、自然界には数千種類も存在する。人体におけるタンパク質は、20の異なるアミノ酸がさまざまに組み合わせられて構成されている。4つのアミノ酸は、人体で合成することができ、食事から摂取する必要がないため「非必須」であると考えられる。9つのアミノ酸は「必須」である。なぜなら、人体はそれらをつくることができないためである——食事を通して得なければならない。そして最後に、8つのアミノ酸は条件的必須であると考えられている。これらのアミノ酸は通常は必須ではないが、病気するときやストレスがかかっているときに必須になり、したがって食事を通して得なければならない (169)。アミノ酸について、表9.3に列挙している。

アミノ酸はペプチド結合によってお互いに結合している。2つのアミノ酸が結合したものはジペプチド、数個のアミノ酸が結合したものは**ポリペプチド**と呼ばれる。ポリペプチドの鎖が結合してさまざまな構造や機能を持つ多数のタンパク質を形成する。人体に保持されているタンパク質のほぼ半分は骨格筋として存在するが、約15%は皮膚や血液を含む構造的な組織を形成している。身体のアミノ酸の残りは、肝臓や腎臓、骨の内部などの内臓の組織である (48)。

### タンパク質の質と推奨摂取量

タンパク質の質は、アミノ酸の含有量と**タンパク質の消化のしやすさ**によって決定され、タンパク質

表9.3 必須アミノ酸、非必須アミノ酸、条件つき必須アミノ酸

必須アミノ酸	非必須アミノ酸	条件つき必須アミノ酸
ヒスチジン	アラニン	アルギニン
イソロイシン	アスパラギン	システイン (シスチン)
ロイシン	アスパラギン酸	グルタミン
リジン	グルタミン酸	グリシン
メチオニン		プロリン
フェニルアラニン		セリン
スレオニン		チロシン
トリプトファン		オルニチン
バリン		

米国医学研究所より。

の窒素が消化の間にどれほど吸収され、成長や維持、修復に必要なアミノ酸がもたらされるかによって計算される。より質の高いタンパク質は消化しやすく、すべての必須アミノ酸を含んでいる。動物性タンパク質——卵、乳製品、肉、魚、家禽類——は、すべての必須アミノ酸を含んでいるが、植物性タンパク質の中で9つの必須アミノ酸を含むのは大豆のみである。一般的に、植物性タンパク質は、動物性タンパク質よりも消化されにくい、調理や準備工程で改善することができる(69,110)。また**タンパク質消化吸収率補正アミノ酸スコア (PDCAAS)**などのタンパク質の測定手法は、タンパク質の消化のしやすさ(生体利用能)を、そのタンパク質が身体のタンパク質合成に必要な必須アミノ酸をまかなう能力を計算に入れているが、それらは食品に含まれるタンパク質以外の分子が、アミノ酸の生体利用能を変化させるかについては計算に入っていない。食品は抗栄養因子——栄養の消化・吸収を低下させる分子——を含んでおり、これらは栄養の生体利用能を減少させる(159)。いくつかの抗栄養因子は、消化による喪失とアミノ酸の構造的変化(アミノ酸の生体利用能を制限する)を導く(110)。たとえば、調理の間に茶色になる食品がある。この茶色への変化は、メイラード反応(Maillard reaction)と呼ばれており、あるアミノ酸の生体利用能を低下させる。また、植物性タンパク質の大部分においては1つまたは2つ以上の必須アミノ酸が不足しているが、ベジタリアンやビーガン(植物あるいは植物製品しか摂取しない——肉や魚、家禽類、卵、牛乳、その他動物に由来する食品は摂らない)は、別々のアミノ酸をもたらずマメ類や野菜、種子類、ナッツ、米、全粒粉を含む多様な植物性食品を摂取することで、タンパク質の必要量を満たしており、これにより連続した毎日の中ですべての必須アミノ酸を摂取することができる(184)。

推奨摂取量にはタンパク質の必要量と記載されているが、実際にはアミノ酸の必要量を指す。身体を動かすことの少ない健康な成人では、アミノ酸は、細胞や細胞におけるタンパク質の恒常的な代謝回転のために必要となる。細胞の代謝回転——恒常的な細胞の破壊と再生——の間、体内の遊離アミノ酸プールは、迅速かつ最大のアミノ酸の供給源である(106)。この代謝プールは、組織の代謝回転で放出

されるアミノ酸に加えて、食事からのタンパク質の消化により補充される。通常、摂取するタンパク質の量よりもはるかに多くのタンパク質が毎日代謝されており、これはアミノ酸が再利用されていることを示している(119)。しかし、この過程は完全に効率的ではないため、損失を補うために食事からのアミノ酸が必要とされる。

19歳以上の男女におけるタンパク質のRDAは、窒素バランスの研究に基づいており、体重1kgあたり1日あたり良質なタンパク質0.8gである(69)。子どもやティーンズ(13~19歳)、妊婦、授乳中の女性は一日のタンパク質必要量が高く、それらのグループにおけるRDAも、そのように反映されている。しかしながら、タンパク質の必要性は、カロリー摂取と反比例する。なぜなら、少量のタンパク質はその人のカロリーバランスが負である状態のとき、つまり消費カロリーのほうが摂取カロリーよりも多いとき、タンパク質はエネルギー源として代謝されるためである(たとえば、多くの状況においては総カロリーの1~6%のみであるが、グリコーゲン枯渇状態の継続的な運動では10%にまで達する)(69,95,165)。この場合、タンパク質はアミノ酸プールの補充には使われない。カロリー摂取が低下すると、タンパク質の必要量は増加する(101)。したがって、米国医学研究所(IOM)は、タンパク質における**許容主要栄養素分布範囲(AMDR)**を確立し、広範囲のタンパク質摂取について網羅している。AMDRは、1~3歳においては総カロリーの5~20%、4~18歳の子どもにおいては10~30%、18歳以上の成人においては10~35%である。通常、男女ともに平均して15%のカロリーをタンパク質から摂取している(172)。栄養のAMDRには、慢性疾患のリスク軽減と関連する範囲を含むが、その他の必須栄養素の推奨摂取量も提供している(176)。タンパク質のDRIは、AMDRに収まるが、DRIは体重のみに基づいており、カロリー摂取の大小については考慮されていない。AMDRに基づくくと、カロリー摂取が低いと、総摂取カロリーが2000kcal以下では、100kcal低下するごとにタンパク質の必要性が約1%増加する。総摂取カロリーが高い場合、タンパク質の必要性は総カロリーに対するパーセンテージとして表現され、ある時点までは下がる。実務においては、スポーツ栄養士はまず選手のタンパク

グリセリドを指す。

炭水化物と同様に、脂質は炭素、酸素、水素原子を含むが、脂肪酸鎖は酸素原子に対して炭素と水素の数が多いため、1g当たりのエネルギーも高い。たとえば、炭水化物とタンパク質が1g当たり約4kcalであるのに対して、脂肪は約9kcalである。食事における油脂は、異なる種類の脂肪酸によって構成される。

**飽和脂肪酸**には二重結合がなく、その炭素分子は水素により飽和されている。飽和脂肪酸は生理学的・構造的なある機能のために用いられるが、身体は、これらの脂肪酸をつくることのできる。したがって、飽和脂肪酸のための食事必要量は定められていない(174)。不飽和脂肪酸は、いくつかの炭素分子がお互いに二重結合しており、化学的により反応しやすくなっている。二重結合を1つ含む脂肪酸は**一価不飽和脂肪酸**であり、2つ以上の二重結合を含む脂肪酸は**多価不飽和脂肪酸**である。多価不飽和脂肪酸のうち2つは、必須脂肪酸である。すなわち身体でつくることできないということを意味しており、これにはオメガ-6およびオメガ-3脂肪酸がある。これらの2つの脂肪酸は、健康な細胞膜の形成、脳や神経系の適切な発達と機能維持、ホルモンの生成に不可欠である。オメガ-6脂肪酸は、食事において大量に含まれ、またダイズやトウモロコシ、ベニバナ油、それらの油からつくられる製品にみられる。オメガ-3脂肪酸を含む食品は少なく、魚、とくにサケやニシン、オヒョウ(カレイ様の大きな魚)、サバなどの油の乗った魚には、**EPA(エイコサペンタエン酸)**や**DHA(ドコサヘキサエン酸)**が含まれる。EPAやDHAは、用量依存的にトリグリセリドを減らし、わずかではあるが統計的に有意に血圧を低下させ(とくに高齢者において)、また不整脈に対して効果がある可能性もある(107,113)。

オメガ-3の必要量に合致させるために、亜麻仁やクルミ、大豆油、キャノーラ(アブラナ)油を摂取することもできる。これらは**オメガ-3脂肪酸αリノレン酸(ALA)**を含みEPAやDHAへと変換されるためである。しかしながら、この変換の過程は非効率的である。生体で行われた研究によると、成人においてALAのうち約5%はEPAへと変換され、0.5%未満のALAはDHAへと変換される(130)。したがって、ALAを含む食品は、その人のオメガ-3

摂取に対して考慮されるものの、体内のEPAおよびDHAのレベルに相当する影響を持たない。ALAに富む食品は、心臓血管系のいくつかのリスクファクターを改善するかもしれない。しかしながら、そのような栄養豊富な食品中のALAあるいは他の化合物のどれが関与するのか、あるいはそれらの組み合わせによるのかは明らかでない(38)。生理学的機能に加えて、脂肪は多くの食品に特徴的な味、香り、食感を与える面でも重要である。一般的に食品に含まれる脂肪や油脂のほとんどはこれら3つの脂肪酸を含み、3つのうちのいずれかの比率が高い。大豆油、トウモロコシ油、ヒマワリ油、ベニバナ油は多価不飽和脂肪酸を比較的多く含み、オリーブ油、ピーナッツ油、キャノーラ油は一価不飽和脂肪酸を多く含んでいる。ほとんどの動物性脂肪と熱帯植物の油(例:ココナッツ油、パーム核油)は飽和脂肪酸が多い。

脂肪は体内に貯蔵されたとき、多くの役割を果たす。ヒトのエネルギーの多くは主に脂肪組織として貯蔵されているが、骨格筋内には少量のみであり、とくに有酸素的トレーニングを積んだ選手では少ない(150)。体脂肪は器官を遮蔽および保護し、ホルモンを調節し、脂溶性ビタミンのA、E、D、Kを運搬する。

## コレステロールとの関係

**コレステロール**は、ワックス(蠟)様で脂肪のような物質であり、細胞膜の構造および機能において重要である。それに加えて、コレステロールは、胆汁酸塩やビタミンD、性ホルモン(エストロゲン、アンドロゲン、プロゲステロン)やコルチゾールなどのホルモン生成に用いられる。またコレステロールは身体における多くの不可欠な機能を有しているが、高レベルのコレステロールはアテローム性動脈硬化(血管壁にプラークがたまり肥厚化することで血管が硬くなり、血液の通り道が狭くなる)を引き起こすことがある。したがって、血中コレステロールが高いことは、心臓病や脳卒中のリスクファクターである。

総コレステロールや**低密度リポタンパク質(LDL)**、トリグリセリドが高レベルであることは、いずれも心臓病のリスク増加と関連している。LDLは、粒子の大きさによって、さらに小さな細分面に

## さまざまなパフォーマンス目標のための栄養

### 有酸素性持久力パフォーマンスおよびリカバリーののための栄養

- 有酸素性持久力競技選手、とくに90分以上の練習を行う場合は、1日当たり体重1kg当たり、炭水化物を8~10g、タンパク質を1.0~1.6g摂取する必要がある。
- 試合の4時間前までに食事をする競技選手は、体重1kgあたり約1~4gの炭水化物と、0.15~0.25gのタンパク質を含めるべきである(124)。もし試合前の食事が運動の2時間前である場合、選手は体重1kgあたり約1gの炭水化物を摂取することを目標とすべきである(112)。
- 選手は、長時間にわたる有酸素性持久力運動中、疲労困憊までの時間を延長し、パフォーマンスを改善するために1時間ごとに28~144gの複数の種類の炭水化物(スクロース、フルクトース、グルコース、マルチデキストリン)を摂取すべきである(26,28,62,85,128)。
- 暑い中で長期時間にわたって活動を行う際には、1Lあたり20~30mEqのナトリウム(460~690mgの塩化物をアニオンとして含む)を、また1Lあたり2~5mEq(78~195mg)のカリウムを含み、そして炭水化物濃度は5~10%であるスポーツドリンクを摂取すべきである(53)。
- 運動の後で、体重1kgあたり約1.5gの炭水化物を、運動終了後30分以内に摂取すべきである。すべてではないが、いくつかの研究ではワークアウト後に炭水化物に加えてタンパク質を加えることで筋の分解や痛みを緩和し、筋タンパク質合成を増加させる可能性があることが示されている。タンパク質の理想的な摂取量と、エクササイズ後どの時点で摂取すべきかについては、現在の研究によって明らかにはなっておらず、おそらくそのエクササイズが食事後に行われたか、あるいは絶食状態で行われたどうか、またワークアウト後に摂取した総カロリーによって決まる(36,49,80)。しかしながら、一般的なガイドラインと同様に、持続的運動後の3時間以内に少なくとも10gのタンパク質を摂取すべきである(正確な時間は研究において明らかになっていないが、早いほどよいだろう)(73)。
- グリコーゲン貯蔵は、運動後および次のトレーニング前に補充されるべきである。十分な炭水化物を含む定期的な食事を摂取することによって、24時間の中でグリコーゲンを補充することができる。より速いグリコーゲン合成のために、選手は高炭水化物のものを運動直後および通常の間隔で飲食すべきである。このことは、今回のトレーニングから次のトレーニングセッションまでの間隔が24時間以内である選手にとって、とくに重要である(57)。

### 筋力のための栄養

- 選手は、筋力を維持し、筋の分解を最小限にするために試合前および試合中に炭水化物を補給することを考慮すべきである(39,54)。一般的に、筋力・スピード系の選手は体重1kg当たり1日当たり炭水化物を5~6g摂取すべきである。トレーニング後に炭水化物を30g摂取することで、筋分解が低減する可能性がある。レジスタンストレーニングにおける炭水化物摂取の理想的な時間についてはまだ完全には明らかになっていないが、とくにトレーニングが絶食状態で行われた場合には、より素早く炭水化物を摂取することは(摂取を待つよりも)より有益となるだろう(35)。
- グリコーゲンが低い場合には筋力を阻害する可能性があるため、最初のトレーニングセッションあるいは試合から24時間の中で次の試合または練習を行う場合、選手らはウェイトリフティング後、あるいは筋力・パワー系の試合後すぐに高グリセミック炭水化物を摂取することに集中すべきである。それ以外には、次のトレーニングあるいは試合前にグリコーゲンレベルを回復させるために、その日を通して十分な炭水化物を摂取することもできる(39,54,99)。
- 一般的に、筋力・スピード系の競技選手は、その競技あるいはトレーニングに有酸素性持久力の要素を含んでいる場合であっても体重1kg当たり1日当たり1.4~1.7gのタンパク質を摂取すべきである。レジスタンストレーニング後、若い人においては少なくとも20~25g(8.5~10gの必須アミノ酸をもたらす)の質が高く高ロイシン(2~3g)、急速なタンパク質(血流のアミノ酸の素早い上昇を導く)を摂取すべきであるが、一方で高齢者においては筋タンパク質合成を最大に刺激するために、40g以上が必要かもしれない(103)。もしエクササイズが絶食状態で行われる(朝食を摂らずに行う、あるいは最後のタンパク質豊富な食事から3時間以上経過後に行う)と、タンパク質をトレーニング終了後30分以内に摂取したほうがよい。しかし、エクササイズが食事後に行われる(エクササイズ前にタンパク質豊富な食事またはサプリメントを摂取して行う)なら、運動後に摂取すべき時間はかなり長くなるだろう(8)。
- 筋タンパク質の分解を低減するために、筋を損傷するようなエクササイズ後は30~100gの高グリセミック炭水化物を摂取すべきである(16,35)。
- 成人の競技選手は、少なくとも20~30gの高ロイシンのタンパク質を含む食事を摂るべきである。

(続く)

同様の選手に比べて、獲得する筋力が2～3倍になる可能性がある(113,240,250)。

▶ 一般に、アナボリックステロイドの使用によるエルゴジェニック効果といわれるものは、筋量や筋力、競技パフォーマンスの向上であるが、これらの変化は個人のトレーニング状態に左右される。

### 心理学的効果

アナボリックステロイドの使用には、攻撃性や覚醒、興奮性の変化も伴う。旧東ドイツはこの効果を求めてアナボリックステロイドを使用していたと言われ、鼻からステロイドを摂取して、中枢神経系に対して高用量が届くようにしていたという。十分な検討がされていないが、これによって攻撃性が著しく増し、パフォーマンスが向上したという事例報告がある(65)。覚醒や自尊心の向上は、アナボリックステロイドの使用者にとっては好ましい副作用であろう。攻撃性の高まりも、とくにコンタクトスポーツに参加している選手にとっては有益であると認識されるかもしれない。

しかし、攻撃性の増加は、競技パフォーマンスに限定されないかもしれない。攻撃性が高くなっているアナボリックステロイド使用者は、自分自身に脅威をもたらすだけでなく、接触する相手にも脅威をもたらす場合がある(183,192)。アナボリックステロイドは、気分変動や精神病エピソードの発現とも関連している。アナボリックステロイド使用者のほぼ60%が、怒りっぽさや攻撃性の増加を経験するという研究報告がある(192)。Popeら(194)は、二重盲検対照クロスオーバー研究で、12週間にわたるテストステロンシピオネート注射投与後、攻撃性と躁状態を示すスコアで有意な上昇があったと報告した。興味深いことに、被験者間で均一な結果は得られなかった。ほとんどの被験者では心理的効果はほとんどなく、顕著な影響がみられたのはほんのわずかだった。アナボリックステロイド使用者における因果関係はいまだに確認されていないが、心理的变化や行動変化を経験した人は、ステロイドの使用を中止すれば回復することがわかっている(91)。

### 有害作用

アナボリックステロイド使用に関連した有害作用

表11.2 エルゴジェニックエイドの濫用における徴候と症状

影響を受ける系	有害作用
心臓血管系	血中脂質の変化 血圧上昇 心筋機能の低下
内分泌系	女性化乳房 精子数の減少 精巣萎縮 インポテンス(勃起不全)、一過性の不妊
尿生殖器系	男性 精子数の減少 精巣サイズの減少 女性 月経不順 陰核肥大 声の低音化 男性化 男性および女性 女性化乳房 性欲の変化
皮膚	にきび 男性型脱毛
肝臓	肝腫瘍と肝障害のリスク増加
筋骨格系	骨端軟骨板の早期閉鎖 腱損傷のリスク増加 筋内膿瘍
心理	躁病 うつ病 攻撃性 敵意 気分変動

を、表11.2に示している。医師の監視下でのアナボリックステロイド使用による副作用と、濫用(高用量で多種類服用するなど)に関連した副作用には違いがあることに注意することが重要である。アナボリックステロイド使用に伴う医学的な有害事象についての多くの情報は、自分で摂取している選手から得られたものである。これに関していくつかの科学的文献では、アナボリックステロイドに関連する医学的問題は、濫用に関係する多くの副作用が使用中により回復することを考慮すると、幾分誇張されている可能性があることが示唆されている(26,258)。科学的根拠は乏しい逸話ではあるが、過剰摂取と有害事象は、筋力・パワー系選手と比べてボディビルダーで顕著であると考えられる。ボディビルダーは、利尿剤、甲状腺ホルモン、インスリン、抗エストロゲン薬など、数種類の薬物を摂っているとされているが、これら他の薬物の使用は、副作用

# 最大筋パワー（高スピードでの筋力）

## 13.4 1RMパワークリーン

注：パワークリーンは非常に高いテクニックが求められるため、筋パワー能力が同じだとしても、2名の選手間で1RMの大幅な差が現れることがあり、その場合、このテスト結果から競技パフォーマンスを推定する意義は低くなる。

### 用具・施設

- 回転式のスリーブのついたオリンピックスタイルのバーベルセット（最も筋力の高い選手の最大負荷が可能な総重量で、2.5kg幅の調整が可能なプレート各種）、セーフティロック2個。
- 安全のために、施設内のほかの設備、器具から離れたリフティングプラットフォームあるいはデザインされた区域。

### 人員

- 測定・記録者1人

### 手順

1. 第15章に示した適切なパワークリーンのテクニックを選手に説明する。
2. 1RMベンチプレステストと同様に、一連のウォームアップを行い、負荷の増加幅を選択する。
3. 1RMテストのプロトコルについては図17.1を参照。

注：1RMパワークリーンの基準および記述統計的データを章末の表13.1～13.4に示す。

## 13.5 立ち幅跳び

### 用具・施設

- 少なくとも長さが6mの平坦なジャンプエリアで、体育館の床、人工芝、草地、トラックなどが利用可能。
- 3m以上のメジャー。
- ダクトテープあるいはマスキングテープ。
- 1cm幅で印のついた市販のジャンピングマットを使用してもよい。

### 人員

- 判定者1人、記録者1人

### 手順

1. 0.6～0.9m（2～3フィート）の長さのテープを床に貼り、スタートラインとする。
2. 選手は、スタートラインのすぐ後ろにつま先をつけて立つ。

3. カウンタームーブメント（反動動作）を行い、できるだけ前方へジャンプする。
4. 選手は測定するために両足で着地しなければならない。できなければやり直しとなる。
5. 目印（マーカー）を選手の踵のすぐ後ろにつけ、メジャーでスタートラインと目印の距離を測る。
6. 0.5インチもしくは1cm単位で測定し、3試行を行って、そのうちの最高値を記録として採用する。

注：立ち幅跳びの基準および記述統計的データを章末の表13.5～13.7に示す。

## 13.20 プロアジリティテスト

このテストは、18.3m (20ヤード) シャトルとも呼ばれる。

### 用具・施設

- フットボールフィールドなどに、4.6m (5 ヤード) ずつ離れた 3 本の平行な線を引く (図 13.13)。
- ストップウォッチ

### 人員

- 計時・記録者 1 人、ラインジャッジ 1 人

### 手順

1. 中央のラインを 3 ポイントスタンスでまたぐ。
2. スタートの合図で、左側の 4.6m (5 ヤード) ラインまでスプリントし、方向転換して右側のラインまで 9.1m (10ヤード) スプリントする。再度方向転換をして 4.6m (5 ヤード) 走り、中央のラインま

で戻る。すべてのラインに手 (または足) が触れなければならない。(注: 両方の試行で一貫性を保つことが重要である)

3. 0.01 秒単位で 2 回測定し、よいほうを記録する。

注: プロアジリティテストの基準データを章末の表 13.22 に示す。

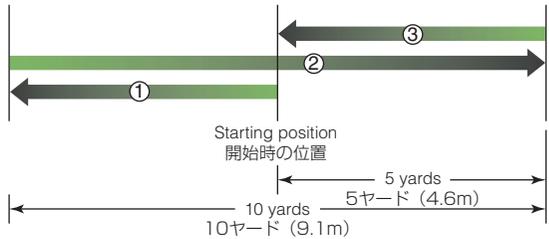


図 13.13 プロアジリティテストのレイアウト。

## 13.21 505アジリティテスト

### 用具・施設

- コーン 6 個
- ストップウォッチまたは光電管

### 人員

- 計時・記録者 1 人、ラインジャッジ 1 人

### 手順

1. 図 13.14 に示すようにコーンを配置する。光電管を利用できる場合、示すように設置することもできる。
2. 選手にウォームアップとストレッチングを実施させる。コースを使って、最大下の努力で練習してもよい。
3. 選手はスタートラインに立ち、テストを開始する。
4. スタートの合図で、10m ラインの光電管のセットまで前方へスプリントし、さらに 5m、折り返しラインまでスプリントし (片足がライン上あるいはラインを通過する)、ターンして加速しながらラインを離れることが求められる。
5. 2 回目に光電管を通過後、スピードを落としてもよい。
6. 0.1 秒単位で 2 回測定し、よいほうを記録する。
7. 選手は好きなほうの脚で計時し (光電管のスイッチを作動させ)、各試行を終える。各試行 (少なくとも 2 回) を、それぞれ異なる脚で計時してもよい。

注: 505アジリティテストの記述統計データを章末の表 13.21 に示す。

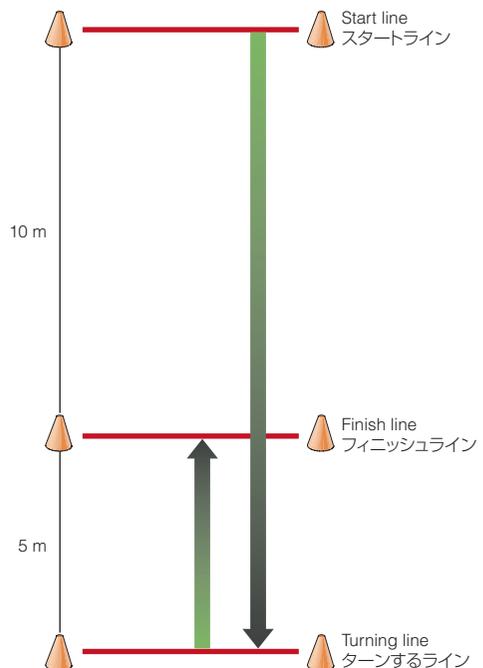


図 13.14 505アジリティテストのレイアウト。

表13.22 NCAAディビジョンI大学生選手におけるプロアジリティテスト(秒)のパーセンタイル順位

パーセン タイル順位	女子バレーボール	女子バスケット ボール	女子ソフトボール	男子バスケット ボール	男子野球	男子アメリカン フットボール
90	4.75	4.65	4.88	4.22	4.25	4.21
80	4.84	4.82	4.96	4.29	4.36	4.31
70	4.91	4.86	5.03	4.35	4.41	4.38
60	4.98	4.94	5.10	4.39	4.46	4.44
50	5.01	5.06	5.17	4.41	4.50	4.52
40	5.08	5.10	5.24	4.44	4.55	4.59
30	5.17	5.14	5.33	4.48	4.61	4.66
20	5.23	5.23	5.40	4.51	4.69	4.76
10	5.32	5.36	5.55	4.61	4.76	4.89
平均	5.03	5.02	5.19	4.41	4.53	4.54
SD	0.20	0.26	0.26	0.18	0.23	0.27
n	81	128	118	97	165	869

データは電子計時装置を用いて収集された。SD=標準偏差、n=選手数。  
Hoffman, 2006 (47) より許可を得て転載。

表13.23 さまざまな競技におけるスピードテストの記述統計データ\*

競技・ポジション	選手数	時間(秒)		
		10m	20m	40m
大学サッカー(女子)(118)	51		3.38 ± 0.17	5.99 ± 0.29
高校サッカー(女子)(118)	83		3.33 ± 0.15	5.94 ± 0.28
大学ラグロス(女子)(118)	79		3.37 ± 0.14	5.97 ± 0.27
NCAA ディビジョンI 大学サッカー(女子)(67)	15	2.31 ± 0.25		
U-16 ラグビーリーグ(男子)(114)	67	1.82 ± 0.07	3.13 ± 0.00	
U-17 ラグビーリーグ(男子)(114)	50	1.81 ± 0.06	3.12 ± 0.10	
U-18 ラグビーリーグ(男子)(114)	56	1.80 ± 0.06	3.09 ± 0.10	
U-19 ラグビーリーグ(男子)(114)	89	1.82 ± 0.07	3.11 ± 0.12	
U-20 ラグビーリーグ(男子)(114)	22	1.79 ± 0.06	3.07 ± 0.12	
国内サッカー(男子)(123)	17	1.82 ± 0.30	3.00 ± 0.30	
国内ラグビーリーグ(男子)(7)	20	1.61 ± 0.06		5.15 ± 0.02
州ラグビーリーグ(男子)(7)	20	1.66 ± 0.06		5.13 ± 0.02
国内ラグビーリーグ、フォワード(男子)(20)	12	1.66 ± 0.20	3.00 ± 0.08	
国内ラグビーリーグ、バックス(男子)(20)	6	1.65 ± 0.15	2.91 ± 0.10	
州ラグビーリーグ(男子)(36)	26	2.06 ± 0.18	3.36 ± 0.23	5.83 ± 0.31
国内ラグビーユニオン(男子)(21)	30	1.69 ± 0.10	2.93 ± 0.20	
国内ラグビーリーグ、フォワード(男子)(72)	63			5.27 ± 0.19
国内ラグビーリーグ、バックス(男子)	55			5.08 ± 0.20
国内バドミントン(男子)(120)	12	1.94 ± 0.18	3.35 ± 0.30	
国内ラグビーリーグ(男子)(34)	58	1.73 ± 0.07		5.25 ± 0.17

(続く)

表13.23 (続き)

競技・ポジション	選手数	時間(秒)		
		10m	20m	40m
U-18 一流ラグビーリーグ(男子)(36)	28	1.81 ± 0.08	3.11 ± 0.12	5.56 ± 0.22
U-18 準一流ラグビーリーグ(男子)(36)	36	1.94 ± 0.11	3.28 ± 0.18	5.83 ± 0.35
高校ラグビーリーグ(男子)(112)	302	1.88 ± 0.12	3.23 ± 0.16	
高校ラグビーリーグ(男子)(112)	870	1.90 ± 0.12	3.27 ± 0.19	
ジュニアの国内バレーボール(女子)(33)	20	1.90 ± 0.01		
ジュニアの国内バレーボール(男子)(33)	14	1.80 ± 0.02		
U-18 オーストラリアンラグビー(男子)(127)	177		3.13 ± 0.09	
NCAA ディビジョンⅢ大学サッカー(男子)(63)	12	1.96 ± 0.11		5.79 ± 0.31
NCAA ディビジョンⅠ大学サッカー(男子)(102)	27	1.70 ± 0.10		4.90 ± 0.20
国内オーストラリアンラグビー(男子)(126)	35	1.89 ± 0.07	3.13 ± 0.10	5.40 ± 0.17
国内オーストラリアンラグビー(男子)(126)	30	1.70 ± 0.06	2.94 ± 0.08	
国内サッカー(女子)(42)	85	1.67 ± 0.07		
国内サッカー(女子)(42)	47	1.70 ± 0.07		
国内サッカー(女子)(1)	17		3.17 ± 0.03	
国内サッカー(男子)(106)	270	2.27 ± 0.40	3.38 ± 0.70	
U-18 ゲーリック・フットボール(男子)(22)	265		3.22 ± 0.15	
		10ヤード	20ヤード	40ヤード
NCAA ディビジョンⅠ大学ラクロス(女子)(117)		1.99 ± 0.10	3.37 ± 0.14	5.97 ± 0.26
MLB 野球(男子)(50)	62	1.52 ± 0.10		
AAA 野球(男子)(50)	52	1.55 ± 0.09		
AA 野球(男子)(50)	50	1.58 ± 0.07		
A 野球(男子)(50)	84	1.59 ± 0.07		
ルーキー、野球(男子)(50)	90	1.57 ± 0.09		

\*上記の値は平均値±標準偏差。このデータは記述的のみであり、標準化データではないとみなすべきである。

表13.24 バランスエラースコアリングシステム (BESS) テストの基準データ

年齢	女子	男子
20-29	11.9 ± 5.1	10.4 ± 4.4
30-39	11.4 ± 5.6	11.5 ± 5.5
40-49	12.7 ± 6.9	12.4 ± 5.7
50-54	15.1 ± 8.2	13.6 ± 6.9
55-59	16.7 ± 8.2	16.4 ± 7.2
60-64	19.3 ± 8.8	17.2 ± 7.1
65-69	19.9 ± 6.6	20.0 ± 7.3

Iverson and Koehle, 2013 (54) のデータに基づく。

その後の受動的伸張時に反射的な筋弛緩を引き起こす。張力が増加している筋の逆側の筋で起こる弛緩は、**相反抑制**と呼ばれる(18,72)。相反抑制は、受動的に伸張されている筋の反対側の筋を同時に収縮させたときに起こる。この場合、収縮している筋の張力がゴルジ腱器官を刺激し、同時に伸張された筋に反射的に弛緩を引き起こす。

## ストレッチングのタイプ

ストレッチングでは、関節可動域内で抵抗を感じるポイントまで身体部位を動かす必要がある。抵抗を感じるポイントでは力が加わっている。ストレッチング動作は能動的にも受動的にも行われる。**アクティブ(能動的)ストレッチング**とは、ストレッチングをしている人が筋を伸張させるよう自ら力を加えることである。たとえば長座体前屈では、上体を前傾させるために腹筋と股関節屈筋群を収縮させて、ハムストリングス、下背部を伸ばす。**パッシブ(受動的)ストレッチング**とは、パートナーまたはストレッチングマシンなど外力により行うストレッチングである。

### 静的ストレッチング

**静的ストレッチ**はゆっくりと行い、最終姿勢を15～30秒間保持する(4,6)。静的ストレッチングでは、引き伸ばされている筋の弛緩と伸張が同時に起こる(37)。この静的ストレッチングはゆっくりと行われることから、引き伸ばされた筋に伸張反射は生じない(20)。したがって、バリスティックストレッチングよりもケガの可能性は低い(2,39,90)。加えて、静的ストレッチングは習得しやすく、効果的に関節可動域を広げられることが示されている(13)。静的ストレッチングでも過度に行うと筋や結合組織に損傷を招くことはあるが、正しい方法で行う限り現実的な不利益はなく、さまざまなスポーツ競技の選手の柔軟性向上に適している。

静的ストレッチングの一例が長座体前屈で、地面に座り、両脚閉脚・膝伸展位で前方に伸ばし、上体を腰から前傾させて足首に向かってゆっくりと手を伸ばす。前傾をさらに深くして徐々に伸張の度合いを増し、ハムストリングスまたは下背部に軽い張りを感じるまで前傾する。この姿勢を15～30秒間

保持した後、ゆっくりと元の姿勢(上体を垂直に立てた姿勢)に戻す。この方法は、動作をゆっくりと行い、最終姿勢を動くことなしに保持することから静的と呼ばれる。

### バリスティックストレッチ

**バリスティックストレッチング**は、随意的筋活動を伴うもので、弾みのある反動動作を用い、最終姿勢を保持しないのが一般的である(70)。バリスティックストレッチングはしばしば運動前のウォームアップとして使われるが、適切に制御されていない、あるいは不適切な方法で行われると筋や結合組織に損傷を引き起こす可能性があり、とくに受傷歴がある場合にはその危険性が増す(20)。バリスティックストレッチングでは通常伸張反射が促され、関わる筋の弛緩にはつながらず、可動域を制限することがあり、このセッションの間、ストレングス&コンディショニング専門職は監視すべきである。

例として、長座位体前屈を静的ではなくバリスティックな方法で行う場合を考えてみよう。地面に座り、両脚閉脚・膝伸展位で前方に伸ばし、上体を脚に対して垂直に立てる。この姿勢から素早く足首に向かって手を伸ばし、最終姿勢で反動をつけ、続いてすぐに元の姿勢(上体をほぼ垂直に立てた姿勢)に戻す。この動作を繰り返し、1回ごとに最終姿勢をより深く前傾させる。バリスティックストレッチングは、可動域の促進においては静的ストレッチングと同様に効果的であり(63)、柔軟性向上プログラムにおいては役割を果たし得ることが示されている(24)。しかしながら、選手がこの種のエクササイズを急性的にも慢性的にも適切に準備するのを確実なものとするためには注意を払うべきであり、ケガをしたことが報告された場合には特別な配慮をしなければならない。

### 動的ストレッチ

**動的ストレッチ**とは、競技で起こる動作や競技特異的な動作を用いて身体の準備を整える機能的なストレッチング方法である(64)。**可動性ドリル**(3)とも呼ばれる動的ストレッチングでは、個々の筋ではなくその競技や活動に必要な動作を重視する。競技や活動に必要な動作を模したエクササイズ(例:短距離走者の膝を上げる動きを模したウォー

キング・ニーリフト)を行う(48)。とくに、動的ストレッチングは、競技で遭遇する関節可動域で能動的に行う動作といえる。

動的ストレッチングとバリスティックストレッチングは同じように見えるかもしれないが、動的ストレッチングには、バリスティックストレッチングによるマイナスの影響の可能性を避け、身体への影響を異なるものとする重要な違いが多くある。まず、動的ストレッチングは反動を使わず、バリスティックストレッチングよりもコントロールされた方法で行われる。その結果、動きがコントロールされるため動的ストレッチングでの関節可動域はバリスティックストレッチングよりも狭い範囲となるが、これは可動域全体にわたって能動的に動かし、最終姿勢となり、その姿勢を保持するうえで求められるコントロールを示している。

可動域全体を通して能動的に関節での動きを起こす能力は、一般に、静的に伸張姿勢を保持する能力に比べて、はるかに競技特異性が高い。また、動的ストレッチングの利点として、動的柔軟性の向上や、そのスポーツ活動に必要な動作パターンおよび関節可動域の再現が挙げられる。このようなことから、ウォームアップの議論で概要を示したように動的ストレッチングはウォームアップ中のストレッチング方法としてより好まれるようになってきた。

静的ストレッチングとは異なり、動的ストレッチング中に筋は弛緩せず関節可動域内でずっと活性化している。この点でも、その競技の動作との関係において特異性が高いといえる。動的ストレッチングは、ウォームアップの身体活動として理想的ではあるが静的関節可動域の拡大という点では静的またはPNFストレッチングより効果が低いと考えられる(5)。より大きな静的関節可動域が必要とされる状況では、静的またはPNFストレッチングが望ましい場合もある。

動的ストレッチングのプログラムデザインは、まず、その競技の主要な動作パターンと求められる関節可動域の慎重な分析から始める。そして、一連の動的ストレッチングの中から競技の主要動作に似たエクササイズを選択する。こうして、特異性の高いストレッチングプログラムが構成される。

動的ストレッチングはいくつかの動作を組み合わせる機会を提供する(32,49)。これにより、ストレ

ングス&コンディショニング専門職にとってはさまざまな組み合わせが可能になり、ウォームアップに多様な変化をつけることができる。同じランジ動作を行うにしても、その場で連続して繰り返す方法(例:ランジ10回)も、一定の距離を移動しながら行う方法(例:ランジ15m)も可能である。どの方法を選択したかにかかわらず、各ドリルはゆっくりとスタートし、回数やセットごとにゆっくりと関節可動域を広げ、スピードを上げていく。たとえば15mの距離にわたってニーリフトエクササイズを行う場合、歩行から始め、回数を重ねて徐々にスキップへと移行する。繰り返す中でスピードをより速くし、関節可動域を拡大させていく。動的ストレッチングを用いたウォームアップは、10~15分間で効果がある(64)。

短距離走者によるニーリフトドリルのような競技スキルを反映した動的ストレッチングでは、そのドリルで最も重要な身体操作技法が促進されるように、その動作のポイントとなるスキル要因を強調することが重要である。たとえば、ウォームアップでニーリフトドリルを行う場合、効果的な身体操作技法として、上げた足の足関節を背屈させるという重要な関節の位置・姿勢を強調すべきである。動的ストレッチングは、常に適切な競技のテクニックと調和させて用いるべきで、そもそも向上させようとしている固有のテクニックを妨げるものであってはならない。

## 固有受容性神経筋促進法 (PNF) ストレッチング

**固有受容性神経筋促進法 (PNF) ストレッチング**は、元来神経筋系のリハビリテーションプログラムの一部として、筋緊張した、あるいは筋活動の高まった筋を弛緩させるために考案された方法である(90)。このストレッチングはその後、柔軟性を高める方法としてスポーツ界で広まっている。PNFは、通常パートナーと組んで行われ、受動的筋活動と能動的筋活動(短縮性筋活動および等尺性筋活動)の両方を含む。PNFストレッチングは筋の抑制を促進することから、その他のストレッチング方法よりも効果が高い可能性がある(21,34,53,74,80,88,91)が、このようなエビデンスが一貫して示されているわけではない(28)。また、PNFストレッチングのほと

んどがパートナーを必要とし、専門知識が必要で、PNFの技法にも精通している必要があることから、必ずしも実用的とはいえない。この項では、PNFストレッチの概要について紹介する。

PNFストレッチでは、3種類の筋活動様式を使って筋の受動的伸張を促す。拮抗筋（伸張される筋）の等尺性筋活動および短縮性筋活動の後、この筋に起こる自己抑制を利用して拮抗筋は受動的に伸張される。等尺性筋活動をホールド（保持）、短縮性筋活動をコントラクト（収縮）と呼ぶ。拮抗筋が受動的に伸張されているときに、**アゴニストコントラクション（主働筋収縮）**と呼ばれる短縮性筋活動を用いることで、相反抑制が引き起こされる。各テクニックには、受動的な静的ストレッチング（リラックスと呼ばれる）も含まれる。

PNFストレッチングのテクニックには、次の3つの基本的なタイプがある。

- ホールドーリラックス（15,18,21,80,88）
- コントラクトーリラックス（15,21）
- ホールドーリラックス（アゴニストコントラクションを伴う）（18,72）

PNFストレッチングの各テクニックは3段階で行われる。3つのテクニックとも、第一段階は受動的ストレッチングを10秒間行う。第二、第三段階で使われる筋活動は3つのテクニックで異なり、そこからテクニックの名称がつけられている。以下にハムストリングスの柔軟性を高めるストレッチングをこの3つのテクニックで行う例を示す（図14.1～14.11）。

### ホールドーリラックス

**ホールドーリラックス**は、ハムストリングスにやや張りを感じる場所でパートナーが受動的に10秒間予備伸張させた状態から開始する（図14.3）。ここから、パートナーは股関節の屈曲方向へ力を加えながら、選手に負荷に抵抗して動かないように指示を出す。選手は、姿勢を保ち、動きに抵抗するために等尺性筋活動を起こす（訳注：このとき選手は、股関節を伸展させるように力を入れる。ホールドーリラックス法では、パートナーが選手の発揮筋力と釣り合っただけの見かけの動きが止まるように力の調節を



図14.1 ハムストリングスのPNFストレッチの開始姿勢



図14.2 ハムストリングスのPNFストレッチ：パートナーと選手の脚と手の位置



図14.3 ホールドーリラックスによるPNFストレッチング：ハムストリングスへの受動的な予備伸張

行う）。これを6秒間維持する（図14.4）。続いて選手はハムストリングスをリラックスさせ、受動的ストレッチングへと移行する。これを30秒間維持する



図14.10 アゴニストコントラクションを伴うホールダーリラックスによるPNFストレッチング：ハムストリングスの等尺性筋活動

(図14.5)。最後に、ハムストリングスの自己抑制によって、より大きく引き伸ばされる。

### コントラクターリラックス

**コントラクターリラックス**もホールダーリラックスと同様に、ハムストリングスにやや張りを感じるところでパートナーが受動的に10秒間予備伸張させた状態から開始する(図14.6)。この姿勢からパートナーが加える抵抗に対して選手は股関節を伸展させ、関節可動域全体で短縮性筋活動を行う(図14.7)(訳注：このときパートナーは、少しずつ選手の股関節が伸展方向に開いていくように力をわずかずつ抜きながら脚をガイドする)。続いて選手はハムストリングスをリラックスさせ、股関節屈曲方向への受動的ストレッチングに移行し、30秒間維持す



図14.12 パートナーPNFストレッチング：下腿部



図14.11 アゴニストコントラクションを伴うホールダーリラックスによるPNFストレッチング：大腿四頭筋の短縮性筋活動とハムストリングスへの受動的ストレッチによる関節可動域の増加

る(図14.8)。ハムストリングスの自己抑制によって、股関節の関節可動域が広がる。このテクニックの代替として、股関節の伸展動作に対してパートナーが動きを許さない方法もある(69)。ただしこの方法はホールダーリラックスと本質的に同じであることから、ここで述べたコントラクターリラックス法のほうが好ましい。

### ホールダーリラックス

#### (アゴニストコントラクションを伴う)

**アゴニストコントラクション(主働筋の収縮)を**



図14.13 パートナーPNFストレッチング：胸部

## ▶ 15.19 リストエクステンション

### 開始姿勢

- ベンチの端に座る。
- バーをプロネイティッド（クローズド）グリップで、両手を腰幅から肩幅の間の間隔に開く。
- 両脚を平行にし、つま先を（脚と同じ方向に）真っ直ぐ前方に向ける。
- 体幹を前傾させ、大腿上に肘と前腕を置く。
- 手首が膝蓋骨よりやや前方に位置する姿勢をとる。
- バーのクローズドグリップを保ち、床に向かって手首を屈曲する。

### 上方への動作段階

- 手首を伸展させ、バーを上げる。
- 肘と前腕を動かさずに、できるだけ手首を伸展させる。
- バーを挙げる際に、反動を使って身体を後ろに動かしたり、バーを振り上げたりしない。

### 下方への動作段階

- 手首をゆっくりと曲げて開始姿勢に戻る。
- 体幹と腕は同じ位置を保つ。
- クローズドグリップを維持する。

### 主に使われる筋

尺側手根伸筋、短橈側手根伸筋（長橈側手根伸筋も）



開始姿勢



上方および下方への動作

# 股関節部と大腿部

## 15.28 ルーマニアンデッドリフト (RDL)

### 開始姿勢

- クリーングリップあるいはスナッチグリップを用いてバーをプロネイティッド(クローズド)の形で握る。
- デッドリフトの動作を行ってバーを床から上げたら、膝をやや屈曲～中程度屈曲し、動作の間、この姿勢を維持する。
- 1回ごとに、この姿勢から動作を開始する。

### 下方への動作段階

- このエクササイズは、バーを大腿部に接触させたまま、(バーを脚に沿わせて下ろしていくときに) (身

体全体のバランスをとるために) 体幹は前方へ傾け、股関節を屈曲して腰を後方へ引くことによって始める。

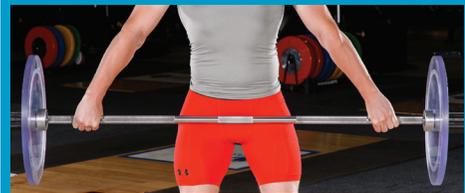
- 股関節を屈曲させる際、両膝はやや屈曲を維持する。
- 体幹をしっかりと保持し、脊柱をニュートラルにし、肩はバーベルが膝蓋腱の位置に並び、体幹が床と平行になるまでの間、(肩甲骨の)内転を維持する。(注意：もしスナッチグリップをこのエクササイズで用いる場合、選手の形態によって体幹は平行よりやや下になる)
- 動作全体を通して、正常な前弯姿勢を維持する。

### 上方への動作段階

- 股関節を伸展し、体幹を上げて直立した開始姿勢に戻る。
- 膝を軽く曲げたまま、体幹はニュートラルな脊柱の姿勢を保つ。
- 動作全体を通してバーベルが大腿部に、常に、接触していることを確認しながら行う。
- 背中を過伸展したり肘を屈曲させない。



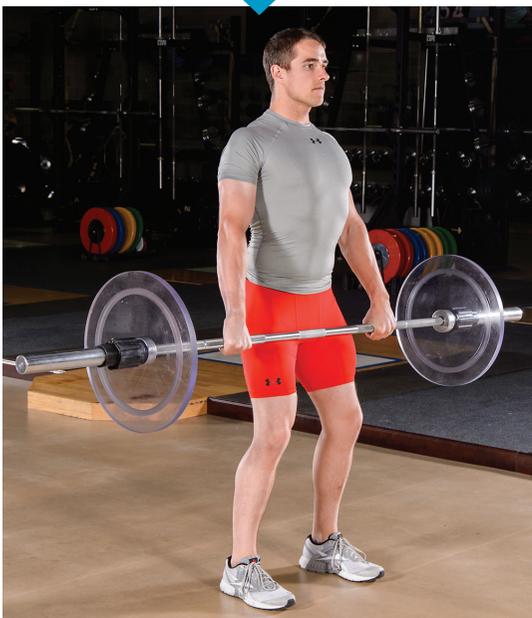
クリーングリップ



スナッチグリップ

### 主に使われる筋

大殿筋、半膜様筋、半腱様筋、大腿二頭筋、脊柱起立筋



開始姿勢



下方および上方への動作

# 上腕三頭筋

## 15.36 トライセップスプッシュダウン (マシン)

### 開始姿勢

- バーをプロネイティッド (クローズド) グリップで握り、両手の間隔は15~30cmとする。
- 左右の足は肩幅に開き、膝をやや曲げて直立する。マシンに十分に近づき、開始姿勢でケーブルが真下を向くようにする。
- バーを引き下ろし、上腕を体幹の側面に沿わせる。
- 肘の屈曲は、前腕が床と平行、あるいはそれよりやや高い位置にあわせる。
- 1回ごとに、この姿勢から動作を開始する。

### 主に使われる筋

上腕三頭筋

### 下方への動作段階

- 肘が完全に伸びる位置までバーを押し下げる。
- 体幹は真っ直ぐに保ち、上腕は動かさない。
- 肘を強くロックしない。

### 上方への動作段階

- 肘をゆっくりと曲げて、開始姿勢に戻る。
- 体幹や腕、膝は同じ姿勢を保つ。
- セットが完了したら、バーを使用前の位置へゆっくりと戻す。



開始姿勢



下方および上方への動作

**重要語句**

調整抵抗 (accommodating resistance)  
 代替的様式 (alternative modes)  
 解剖学的なコア (anatomical core)  
 前十字靭帯 (ACL: anterior cruciate ligament)  
 体軸性骨格 (axial skeleton)  
 左右の非対称性 (bilateral asymmetries)  
 両側性機能低下 (bilateral deficit)  
 両側性促進 (bilateral facilitation)  
 自体重トレーニング (bodyweight training)  
 チェーン (chains)  
 コア (core)  
 ファーマーズウォーク (farmer's walk)  
 床で行うフリーウェイトエクササイズ (ground-based free weight exercises)

アイソレーションエクササイズ (isolation exercises)  
 ケトルベル (kettlebells)  
 ログ (logs)  
 マシンを用いたトレーニング (machine-based training)  
 筋の活性化 (muscle activation)  
 非伝統的な用具 (nontraditional implement)  
 レジスタンスバンド (resistance band)  
 ステッキングポイント (sticking point)  
 ストロングマントレーニング (strongman training)  
 バルサルバ法 (Valsalva maneuver)  
 可変抵抗 (variable resistance)

**例題**

1. タイヤフリップを行うとき、初期の押す動作において、選手の股関節の挙上が両肩の挙上よりも早い場合、効果的な修正は以下のどれか。

  - a. 股関節がより高い位置でスタートする。
  - b. この姿勢において、股関節が両肩のやや下の位置を保つようにする。
  - c. タイヤを前方に押す代わりに上方へと挙上する。
  - d. 最初に腕で押す。
2. 筋力の高い競技選手が片側のトレーニングのみをプログラムに入れる場合、ストレングス&コンディショニング専門職は以下のどれが起こるかもしれないと予測すべきか。

  - a. 両側の促通が起こるだろう。
  - b. 両側性の欠点が大きくなるだろう。
  - c. 両側性の非対称の低減が起こるだろう。
  - d. 片側のみの筋力が増加するだろう。
3. コアトレーニングに関して、不安定性エクササイズを適用するのに最も適しているのはどれか。

  - a. トレーニングをしていない、相対的に弱い選手
  - b. ケガからのリハビリテーションを行っている、トレーニングを積んだ選手
  - c. 筋力およびパワーを最適化しようとしている、トレーニングを積んだ選手
  - d. エクササイズを初めて行う、トレーニングを積んでいない選手
4. 可変抵抗トレーニング方法を用いる際の理論的根拠は以下のどれか。

  - a. 一定負荷の運動に伴う力学的有効性の変化に適応するため
  - b. 関節可動域全体を通して力の作用を最小化するため
  - c. 挙上動作中の減速に費やす時間を増加させるため
  - d. 関節角度が変化する際、適用される抵抗を一定に保つため
5. 不安定性デバイスを用いてトレーニングを行うことで、主動筋の全般的な力発揮能力やパワー出力が、安定した条件で行うよりも、[\_\_\_\_\_]減少することがある。

  - a. 20%
  - b. 50%
  - c. 70%
  - d. 90%

1RMを測定するのは適当ではない。1RMの測定には適切なトレーニング状態、適切な挙上を経験を必要とする。というのも、最大筋力の評価では関与する筋群、結合組織、関節に顕著なストレスが加わるからである。したがって、最大1RMテストの代わりに3RMテストを用いることも提案されている(90)。選手のトレーニング状態やエクササイズテクニックの経験に配慮を怠ると、1RMテストの安全性および正確性を脅かすことになる。

1RMテストを行うエクササイズとしては、中心的エクササイズを選択するのが妥当である。それは大筋群が関与する多関節運動は高重量を扱うのに適しているからである。このガイドラインに沿っていても、妥当かつ信頼できるデータが得られない(正確性に欠け、かつ、一貫した最大筋力の評価が困難な)エクササイズは1RMテストの種目として選択するべきではない。たとえば、ベントオーバーロウは上肢の大筋群と複数の関節が関与するため、1RMテストの負荷に耐えうると考えられるが、テストの実施中に正しい姿勢を維持し続けることはきわめて困難であろう。腰背部の姿勢を安定させる筋群は力

が弱く、数セット行ううちに疲労が極度に進むと考えられ、その結果、エクササイズテクニックが崩れ、テスト自体の妥当性が低下し、データの信頼性も失われるおそれがある。

1RMを正確に測るにはさまざまな手法が用いられるが、図17.1にその方法の1つを解説している。ただ、このような方法に従って組織立ったテストを行ったとしても、テストを数セット行っていく際、セットを追うごとにどのくらい負荷を上げるか、その絶対量は、トレーニング状態やエクササイズの種類に左右される。たとえば、バックスクワットで225kg(495ポンド)を挙上できる選手が1RMテストを行う際に、負荷はセットごとに9~14kg(20~30ポンド)増やしていく。一方、バックスクワットで45kg(100ポンド)しか挙上できない選手にとって9~14kg(20~30ポンド)ずつ増やすのは負担が大きすぎ、正確な1RM値を求めるための十分な精度を得ることができない。テストのセットごとの負荷設定の適切なものにするとともに、正確さを期するために、図17.1には負荷の調整に関して絶対重量とともに相対値(%)を示している。

## 1RMテストプロトコル

1. 選手に楽に5~10回反復できる重量でウォームアップするよう指示する。
2. 1分間の休息。
3. 下記のような負荷を加えて、選手が誤りなく3~5回反復できるような「ウォームアップ負荷」を推定する。
  - 上半身のエクササイズには4~9kg(10~20ポンド)または5~10%。
  - 下半身のエクササイズには14~18kg(30~40ポンド)または10~20%。
4. 2分間の休息。
5. 下記のように負荷を加えて、選手が誤りなく2~3回反復できるような「最大に近い負荷」を推定する。
  - 上半身のエクササイズには4~9kg(10~20ポンド)または5~10%。
  - 下半身のエクササイズには14~18kg(30~40ポンド)または10~20%。
6. 2~4分間の休息。
7. 下記のように負荷を高くする。
  - 上半身のエクササイズには4~9kg(10~20ポンド)または5~10%。
  - 下半身のエクササイズには14~18kg(30~40ポンド)または10~20%。
8. 選手に1RMを試みることを指示する。
9. 成功したら2~4分間休息し、ステップ7へ戻る。失敗したら、2~4分間休息し、下記のように負荷を低くする。
  - 上半身のエクササイズには2~4kg(5~10ポンド)または2.5~5%。
  - 下半身のエクササイズには4~9kg(10~20ポンド)または5~10%。
 そしてステップ8へ戻る。

この負荷の増減を、選手が正しいテクニックで1回完了できるまで続ける。理想的には、1RMの測定は3~5セット内で行われることが望ましい。

図17.1 1RMテストプロトコル。  
Earle, 2006 (18). より許可を得て転載。

ような理由により、ストレングス&コンディショニング専門職は、トラックとフィールドの両方でスピードや方向転換、アジリティの促進に貢献する身体的特性の発達に関わるトレーニングを選択することになると認識すべきである。

▶ スピードは、加速し最大速度へ到達する能力を必要とし、アジリティパフォーマンスは知覚認知能力と減速後に再加速する能力の組み合わせを必要とする。

## スピードとアジリティのメカニクス

動作のテクニックを実施するために、力を適用しなければならない——力は質量と加速度の積である。多くの競技における身体活動中、力を生み出すための時間は限られており、力を生み出すために利用できる時間に対して相対的な力を表すうえで2つの変数がある。

- **RFD (力の立ち上がり速度)** —— 最小限の時間で最大の力を生み出すことであり、爆発的な筋力の指標として一般的に使用される。(3)。

- **力積** —— 生み出された力と、生み出すのに要した時間の積であり、力-時間曲線下面積として表される。力積-運動量関係により、力積は物体のモーメントの変化の程度を決定づける。

## スプリント、方向転換、アジリティの物理学

**力**とは、2つの物理学的な物体の相互作用を表す。力はベクトル量、つまり大きさと方向を持つ量である。伝統的に、力は物体がお互いに押す、または引くことにより、2つの物体が同じ空間を占めることが避けられるというように表現されてきた。この質量の動きが、物体の速度を変化させ、**加速**を引き起こす。

ストレングス&コンディショニング専門職の間では、**速度**とスピードという言葉は交換可能なように用いられることがしばしばある。スプリントとアジリティのパフォーマンスについて適切に議論するうえで、これらの用語は区別する必要がある。スピードはスカラー量であり、その物体がどのくらい速く動くかのみを表す。スピードはどのくらいの距離を進むかの割合(レート)である。力と同じように、速度はベクトル量である。速度は、その物体がどのくらい速く動くかと、その動く方向の両方を表す。

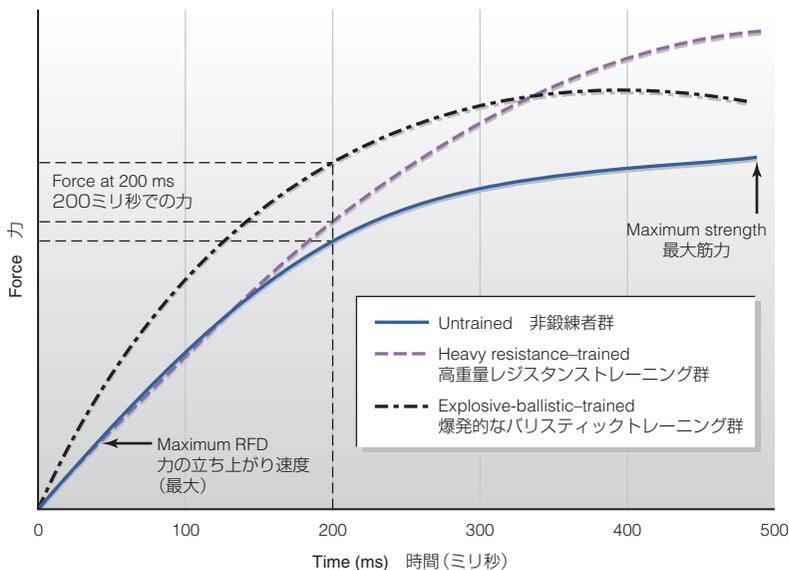


図19.1 時間、最大筋力、力の立ち上がり速度(RFD)の関数としての力。トレーニングを積んでいない人(青色の実線)、高重量レジスタンストレーニング群(紫色の破線)、爆発的なバリスティックトレーニング群(黒色の一点鎖線)の0.2秒間の力を示している。力積は生み出された力と、生み出すのに要した時間の積であり(力-時間曲線下面積として表される)、RFDを改善することによって増加する。機能的な動作が行われたとき、力は非常に短い時間(0.1~0.2秒)に加えられ、絶対的な最大の力発揮には0.6~0.8秒かかる。

Häkkinen and Komi, 1985 (46). より許可を得て転載。

簡潔に表現すると、速度は方向を伴うスピードである。

加速とは、その物体の速度がある時間の中で変化  
する割合のことである。いったん力が物理的な物体  
に働くと、その質量は方向を変え、占めていた空間  
を離れる。物体の加速は、速度を変化させる外力が  
働き続ける限り継続する。実践的な状況においては、  
高速度から低速度へと変化することを表す際に、**減速を負の加速**へと置き換えられる。

### RFD (力の立ち上がり速度)

スポーツの事例においては、力を素早く生み出す  
能力は最大の力を生み出すよりも望ましい特質であ  
るということはほぼ間違いないだろう (89)。高い  
レベルで最大の力を生み出す能力は、ジャンプ高や  
その他競技の中で用いられる尺度を用いてパフォー

マンスが改善することが示されているが、ほとんどの  
の試合展開では、時間的な枠組み (タイムフレーム)  
の中で最大の力を発揮できるようなことは起こらな  
い (19) (訳注: 実際の試合場面では、最大の力を  
出すような時間的な余裕はほとんどないだろう)。  
具体的には、最大の収縮力を生み出すには少なく  
とも 300ms という時間がかかるが、多くのスポーツ  
活動において用いられる時間は 0~200ms にとどま  
る (図 19.1 を参照) (1)。このような理由で、スポ  
ーツの状況においては、動作のタイミングに制限が  
あり、爆発的能力の測定には RFD がより有用であ  
る (5)。RFD は力の変化を時間の変化で除したも  
のとして表される (89)。

ある質量を加速させる能力は、外力が適用された  
結果として起こる速度の変化に依存する。したがっ  
て、実務的な見地から、より高い加速能力に到達し  
たい選手はより高速 (時間に対する速さ) で力を適  
用させるべきである。

### 力積

物体の位置を変化させるとき、速度の変化を生み  
出すために力が加えられる必要がある。力を生み出  
すことを通じてスピードを高めようとする選手が、  
一瞬で力を加えるということは起こらない。実際に、  
力が加えられるのは、スプリントにおける立脚局面  
(図 19.2) あるいは方向転換におけるプラント局面 (足  
の接地局面) である。立脚局面あるいはプラント局  
面の時間の長さを **接地時間** と呼ぶ。地面に対して力  
が加えられた時間と、加えられた力の大きさを乗じ  
たもの (積) を力積と呼び、グラフにすると力-時  
間曲線下面積として表される。力積の変化は、選手  
の運動量の変化を意味するので、そのことが選手の  
加速あるいは減速の能力となる。

図 19.2 は、加速局面 (図 19.7: 後述) と最大速度  
局面 (図 19.8) を比較したときの垂直および水平の  
力の大きさの違いを示しており、これはそれぞれの  
局面における股関節の最大伸展時に力を生み出すた  
めに用いられる 2 つの姿勢の違いを反映している。  
さらに、これらの 2 つの概略図は、力積の概念につ  
いて示しており (力-時間曲線下面積を示す)、制  
動局面においては負の水平力が、また推進局面にお  
いては正の水平力が示されている。これら 2 つの局  
面の力積は、垂直の点線で示されている。最大速度

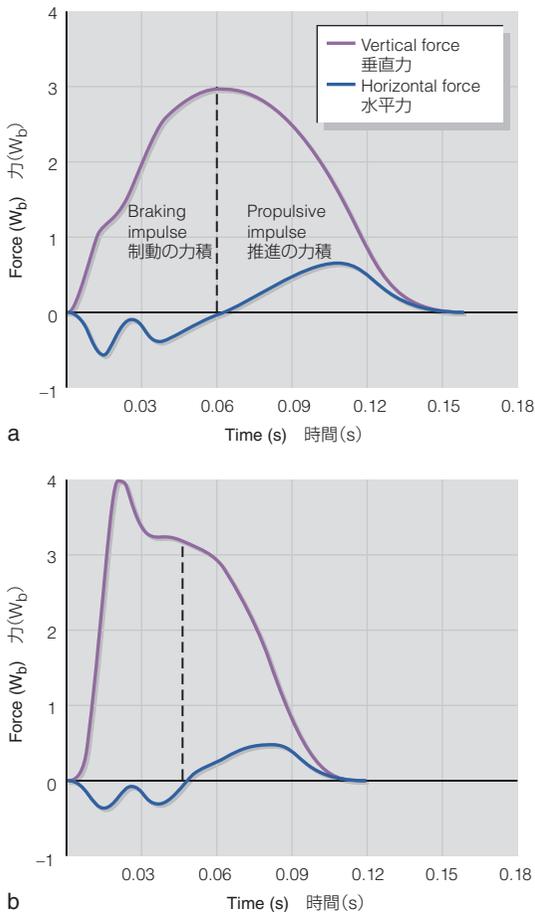


図 19.2 (a) 加速局面における、また (b) 最大速度局面  
におけるスプリント時の地面反力と力積。Wb = 体重。

局面中、非対称的に力が生み出されており、RFDが非常に高いことで、加速局面と比較して接地時間がより短いということがわかる。

**運動量**は、物体の質量と動きの速度との関係として定義される。スプリントの間、選手の身体の質量は一定である。したがって、同じ時間内でより大きな力積に到達するには、より大きな力を生み出せばよい。この力積の増加は、選手が方向転換の前に加速するか、あるいは再加速、はたまた減速しようとするかによって、運動量の増加または減少が決まる。言い換えると、力積の変化は運動量の変化であり、物体の動きに変化を引き起こす。

人の移動において、個々のステップ（一歩ずつ）という時間の中で生み出される力の大きさは、それがうまくいくかどうかにとって重要である。これらの力の変化により、選手の運動量の増加または減少が可能となる。この理由により、トレーニングはRFDに加えて力積（力-時間曲線下面積）に注目すべきである。

ここでは、パワーについては力と速度から導き出されるものであるため、議論しなかった。パワーは、本質的には、最大の爆発的パフォーマンスを示す力学的構成概念ではないと考えられる（32）。実際のところ、パワーの値は専門職に対してパフォーマンスへの示唆を完全に有用な方法で与えるものではない。なぜなら、パワーの値は力によって得られたのか、あるいは速度によって得られたのかが不明確だからである。力やRFD、力積が直接的な尺度であることを理解していれば、さらなる洞察を得ようとする際に、より複雑な手続きで導き出された値などが、とくに必要となることはない。

## スピードのための現場への活用

自らの身体をトラックあるいはフィールドの中で占めていた位置から移動（変位）させるためには、競技選手は重力の作用を克服して力を効率的に生み出し、速度に正の変化をつくり出さなければならない。短距離のスプリントにおいて、到達しうる最高速度まで加速するには努力を必要とし、それは生理学的要因によって大きく決定される。これらの力あるいは努力は、最大随意収縮に必要な時間より短いことがしばしばである時間的制約の中で素早く生み出される。この理由のため、スプリントで成功する

ためには、RFDがより重要な要因となるかもしれない。さらに、スプリントの成功は短時間で力を生み出せるかどうか大きく依存するため、力積は下支えする重要な要因となる。

## 方向転換とアジリティのための現場への活用

ある時間内に制動力を生み出す力は**制動力積**と呼ばれ、加速においてのみ要求されるのではないため、方向転換あるいはアジリティを行う際にも考慮されるべきである。効果的・効率的に運動量を変えるために必要となる力積の大きさは、方向転換に必要な物理的要求を直接的に反映したものとなる。たとえば、必要となる方向転換の角度が大きいほど、あるいは方向転換する際の進入速度がより速くなるほど、運動量を変えるのに必要となる力積は大きくなる。したがって、物理学的にそのような活動を行うことは、物理的に見ればより厳しくなる。さらに、アジリティの知覚認知の側面によって時間的制約が課せられ、刺激に反応してうまく方向を転換するために必要となる力（および力積）を生み出すことを可能とする時間が制限されることによって、身体への物理学的需要は影響を受ける。

## スピードのための神経生理学的な基礎

スプリントやアジリティ、方向転換はすべてスポーツの状況で生起する力動的な力の生産が表現されたものである。ストレングス&コンディショニング専門職は、これら競争に有利な特質を高めるのを手助けするよう依頼されることがしばしばあるため、これら力の尺度が動作中にどのように生み出されるかについての概要を知っておく必要がある。

### 神経系

神経筋の機能は、中枢神経系（CNS）と筋の活動との相互作用が最終的に、筋収縮のレート（時間あたりの速度）と筋力に影響を及ぼすため、スプリントのパフォーマンスの良し悪しに関わるきわめて重要なものである。ストレングストレーニングやプライオメトリックトレーニング、スプリントトレーニングの組み合わせにより、神経筋系に適応が起こり、

とは、有益である。それらのテストとは、複数の方向転換を伴うものや、またこれから議論するシナリオ（状況）や相手選手、刺激への反応を含むものである。方向転換能力に関するその他の考慮事項は、選手が停止しようとする際の移行局面から減速にいたるときの身体の向きと、その後の方向変換したあとに再加速するときの位置取りである。したがって、体幹の姿勢は方向転換のパフォーマンスに影響を及ぼすだろう。つまり、それは減速する能力、意図した移動方向へ完全にあるいは部分的に身体の向きを変える能力、そして方向転換能力を真に決定付ける爆発的な再加速の能力との組み合わせである。

素早く運動量を変えるための要求を考慮すると、一流バスケットボール選手をTテストによって評価する際、筋量の増加と、同時に起こる脂肪の減少は方向転換パフォーマンスの予測因子とみなすことができる(16)。それ以外の形態計測結果と、方向転換能力との関係についてはここでは議論しない。というのも、身長や手足の長さは、ストレングス&コンディショニング専門職によって修正できないからである。その代わりに、身体の質量中心の高さが側方への方向転換パフォーマンスに関連していることが分かっていることから(78)、この点の改善を目標に、積極的にトレーニングに取り組める。

さまざまな動作パターン（さまざまなカットイング角度）における方向転換能力は次に示す様々な点の修正によって改善することが示されている。すなわち、股関節伸展速度が速くなる（股関節伸展を素早く行うように力を使う）、質量中心の高さを低くする、制動および推進の力積を増加させる、また方向転換に入るときの膝屈曲角度を深める、方向転換に入るときの体幹の角変位を最小化する（減速局面）、その際の側方への体幹の傾斜を高める（180°の変化まで）(15,70,78,83,84,86)。減速、身体の姿勢保持、そして再加速することはすばやい方向転換・アジリティパフォーマンスをキネティックおよびキネマティックな要求に照らしてみた場合の重要事項であることから、よりよい方向転換パフォーマンスの向上を図る上で動的場面での筋力、等尺性筋力、とくに伸張性筋力の能力にかかわる筋力向上が必要である(41,86)。スプリント向上とは対照的に、制動局面で求められる負荷の程度に対し神経筋を効果的に適用することが推奨される。その際に、制動能

力に対する神経筋の要求は、高速の伸張性筋活動(28)、たとえばドロップジャンプでの着地、負荷をかけたジャンプからの着地、パワークリーンやスナッチのキャッチ局面などによって、特異的に鍛えなければならない。これらすべては、股関節や膝関節、足関節に異なる伸張性筋活動を要求する(56)。

## 知覚認知能力

（対象の選手に）素早い方向転換能力が認められるとき、プレーのフィールドにおいて身体的および心理的に能力を発揮するために一緒に発達させなければならない知覚認知能力の構成要素に注目することができる。知覚認知能力には、いくつかの構成要素がある。すなわち、視覚的探査、予測、パターン認識、状況についての知識、意思決定の時間および正確性、反応時間である(75,77,83,97,98)。これらの側面の発達の多くは、競技特異的であり、統合的な議論は本書の範囲を超える。しかしながら、これらのスキルの改善させるための一般的なドリルは、アジリティを向上させる方法のセクションで議論される。

## 技術的なガイドラインとコーチング

スプリントと比較して、方向転換およびアジリティは方向転換中に起こる多数の動作により、大きな範囲の自由度を持っている。さらに、アジリティのパフォーマンスは相手や戦術的制約、試合展開により制限を受け、あるいは決定され、単一の技術を用いることを通してトレーニングすることはできない。それにもかかわらず、以下にいくつかの技術的ガイドラインとコーチングの示唆を示す。

### 視覚的なフォーカス（焦点）

- 相手選手（攻撃、守備のどちらも）に反応して方向転換を行う場合、選手は両肩や体幹、股関節に注目すべきである。
- 次に何が起こるかを予測した後、ディセプションをかける意図がなければ、身体のトランジションを導くのを助けるために、選手は素早く新しく移動すべき領域へと注意を向け直すべきである（訳注：いわゆるフェイント。ディセプションは技術的に相手をかかわすこと。「フェイント」は本来、悪意をもって騙すことを意味する）

### 制動および再加速中の身体姿勢

- 減速へ入るときに体幹を制御する（体幹が大きく動かないように制限する）(70)。
- 立脚局面の間に、より効果的な再加速ができるよう、体幹および股関節を意図した方向へと向け直す(15)。
- 加速のメカニクスと同様に、足関節、膝関節、股関節、そして体幹、肩までを力強いアライメントで整列させて、適切に地面を通して力を適用するうえで、身体の傾きが非常に重要である。
- 質量中心を低くしながら方向変換に進入して、抜け出す。すなわち、サイドシャッフルで方向変換するとき、この低い質量中心を維持することが非常に重要である(78)。

### 脚の動作

- 選手が効果的な膝関節の可動域を通じて伸張性の制動負荷を効果的に解消したりその負荷に耐えたりすることを、また脚を伸ばし手固める制動方法を避けることができているかを確かめる(81,83)。
- とくにクローズドドリルで学んでいる間は、パフォーマンスを向上させるために「地面を押し切る(pushing the ground away)」というのを強調する。外的な注意の焦点——指導を通して、身体の部位ではなく地面に集中する——によって、方向転換パフォーマンスが改善することが示されている(64)。

### 腕の動作

- 脚の駆動を促進するために、力強い腕の動作が用いられるべきである。
- 腕の動きが逆効果になっていないこと（すなわち、スピードあるいは効率を減少させる原因とならないこと）を確かめる。

これはとくに難しい方向転換の移行（例：バックペダルからスプリントに移るとき）で起こりやすい。

### トレーニングの目標

アジリティパフォーマンスの3つの目標は、さまざまな状況あるいは戦術的シナリオにおける知覚認知能力の向上、効果的にかつ素早い運動量の制動、新しい移動方向への素早い再加速である。これらの

目標に合致するよう、以下を強調すべきである。

- 視覚的な焦点を相手選手の肩、体幹、股関節に向け、相手選手の守備的あるいは攻撃的な動きを予測する知覚的機能を高める(75)。
- 制動力を最大化するために、力を地面に対して効果的に加えることができる姿勢になるよう身体の向きを整え、急停止できるところからスピードを高めるのと併せて移動の方向を制御しなければならない（前方あるいは後方へのランニング、側方へのシャッフル）(15,70,78,83,84,86)。
- 制動後により姿勢を維持し、新しい方向へ身体を向け直し、再加速するために加速のメカニクスを用いる能力(58)。

## スピードの強化法

実践的な見地から、適切なスピードを出せるということは、必要なスキルセットを有機的に発達・成熟させるためにうまく整理されたプログラミングだったということである。この有機的なスプリントトレーニングへのアプローチは、各トレーニング段階におけるいくつかの特質、たとえば加速や最大速度などの強調あるいは脱強調(de-emphasis)に基づく発達の図式の結果である。さらに、トレーニング計画はこれらの各特質について、位相が変わるごとに調整する必要がある。うまく構築されたトレーニング計画は、選手の動作能力を最大限に引き出す特異的な構成要素を強調している。

### スプリント

競技パフォーマンスの最適化のために、さまざまなトレーニング刺激が重要であるが、最大速度スプリントほどランニング速度を改善するものはないと主張することができるだろう。競技選手のスプリント能力は、短時間で高い力を生み出せるかということに依存している(52,93)。最大筋力および動作速度を重視した長期的トレーニング計画の結果として起こる神経学的適応によって、RFDと力積の両方が改善される(1,89)。筋力向上とコンディションの調整期間では、SSCを活用するために、さまざまな負荷でRFDと力積を向上させようとして、ウェイトリフティング動作とジャンプトレーニングが処方

される。同様に、SSCを用いている直立でのスプリントはプライオメトリック動作であると定義される。長期にわたってSSCを引き出す動作に携わることで、スプリント能力にとって潜在的に、生理学的に有利となる筋スティフネスが向上する(29)。

加えて、スプリントは筋に対してほぼ最大の賦活を必要とし、これは中枢神経系の賦活も高いことに依存する。この活動は、しばしばレートコーディング(rate coding)と呼ばれる(47,68)。信号の頻度が閾値に達すると、骨格筋は刺激と刺激の間で完全に弛緩しなくなることがある(47)。不完全な弛緩の結果、その後に続く収縮ではより力強く、RFDがより大きくなる(57)。したがって、長期にわたってスプリントを行うことで、中枢神経系を介した筋骨格系の改善を導く可能性がある。このことが、これまでの練習からの神経生理学的適応がその後のトレーニングを強化するので循環的な用量-反応関係(訳注:ここではトレーニング量と反応の関係)をもたらすことになると考えられる。スプリント改善のために要求される力を促進し、潜在的な神経筋の適応を目標とする工夫として、レジスティッド(抵抗をかけた)またアシスティッド(補助のある)トレーニングテクニックがしばしば行われる。提唱されている利点や、潜在的な不利益、コーチングにおける配慮については表19.3に概略がまとめられている。

## 筋力

本章を通じて述べたように、スプリントのスピードは選手が短い時間内に生み出す大きな力によって下支えされている。これらの力は、(a)重力が存在する中で体重を支え、(b)速度を増加させて身体を変位させるに十分な大きさでなければならない(52)。したがって多くのストレングス&コンディショニング専門職は、スプリントを基礎に置く選手にとってウェイトトレーニングの重要であると認識している。ストレングストレーニングの議論の中心は、新たに向上させた筋力の特徴をウェイトルームからトラックへとどのように移行するのが最善であるか、ということである(96)。向上した筋力をスプリントへ転移させるには、トレーニングの特異性に重点を置くことが必要となるだろう。ここでトレーニング効果を転移させるには、パフォーマンスの適応の程度が関わっており、また、エクササイズと競技環

境の間の動作パターンやピークフォース、RFD、加速、速度パターンの類似性も結果の成否に関わると考えられる(87)。

最大筋力のトレーニングは有用であるかもしれないが、トレーニングする際に、最大筋力と力-速度関係を融合させるときの指針を重視すべきである(34)。力や速度がスプリントにおけるそれらと類似するエクササイズや動作を選択すれば、レートコーディングや発火頻度とともに、横断面積や筋線維束長といったタイプII筋線維の変化を促進する可能性がある(30,33)。たとえば、クリーンやスナッチ、ミッドサイクルなどのウェイトリフティング動作やその派生動作は、筋スティフネス、RFDの促進、股関節や膝関節周囲の筋の共活性化(coactivation)などの生理学的適応を通じてスプリントのパフォーマンスを促進する可能性のあることがエビデンスによって示されている(6,18,24)。

## 可動性

キネティック(運動力学的)な変数ではないが、軟部組織に対するマニピュレーションはスピード向上の現場で用いられることが増えている。コーチやトレーナーは、動的な状態における適切なモビリティを実現しようとしてストレッチングやカイロプラクティック的なケア、マッサージ、筋膜リリースなどの手法を頼りにする。モビリティとは、求められる可動域内で四肢を動かせる自由度を示すものであり、一方で柔軟性とは、関節の可動域全体を示すものである。姿勢の特徴がパフォーマンスの制限要因のひとつであるという理解のもと、コーチは練習や試合が始まる前に適切な姿勢に統合されるよう準備させることを確保すべきである。

これまでに述べたスピードの構造に基づき、現在受け入れられているスプリントの成功モデルは、短時間で地面反力を生み出し、その反力に打ち勝つ能力を基にしている。さらに、これらの地面反力は、推進方向が前に向くことで適切なストライド長を生み出す助けとなるものの、フライト局面中の選手の姿勢は、可動性が不十分な場合に制限を受ける。とくに、選手は短時間で高い割合で力を得るのに(高RFDに)必要な身体的な特徴を持っていることがあるが、関節の自由さが損なわれると本来の力を出すことができないという結果となる。誤った接地に

表 19.3 スピード向上のための補助トレーニングおよびレジスタンストレーニング

トレーニングの種類	エクササイズ方法の例	可能性のある利益	可能性のある不利益	実践的な示唆
補助トレーニング (例：オーバースピードトレーニング)	最大上スピードで走ることを意図したロープ牽引走やバンジーコード引き、ダウンヒル走といった手段が含まれる。	理論的にこれらのトレーニングツールは、ストライド頻度を高めることによって補助のないスプリントで到達できるよりも高い速度に選手をさらすことを意図して用いられる。このことにより、ストライド頻度は最大のスプリント速度を高めるための神経筋の適応を起こす可能性があるという仮説が立てられている。	アシスティッドスプリントは、選手のスタンス局面を速くするかもしれないが、適切な力を加えるために必要な時間がなくなり、最大のランニングと比較して、筋活動や推進力の産生が低下する結果となる (55)。したがって、「チョップ」ステップと呼ばれる動きが観察されることがある。牽引によるエクササイズは、自然に出すことのできない速度に耐えることを意図するものであり、バイオメカニクスの効率的な効率またはトレーニング状態のどちらか、または両方の結果として、最大ランニングと比較して制動力が増加するかもしれない (55)。ダウンヒル走は、「地面を見つける (find the ground)」ことによるスタンス脚の修正を通して、不必要なエキセントリックな力に選手をさらすことになるかもしれない。このことは、質量中心のすぐ前に足を置くことに最適化された平坦なサーフェスでの直立したスプリントの接地における SSC にも影響を及ぼすことがある (55)。スプリントの成功は短い接地時間内で大きな力を生み出す能力によってもたらされるので、最近では、非常に少数の研究において、オーバースピードトレーニングの実施が支持されている。	トップスピードのスプリントは、選手のトレーニング状態を考慮し、また適切なバイオメカニクスを支援するより自然でより安全なトレーニングツールを通じて発展させるべきである。コーチらは補助的なトレーニング手法を実施する前に、注意深く評価を行うべきである。
レジスタンストレーニング	そり牽引、風の抵抗、坂道スプリント、そり押しなどが選手の加速能力の改善を意図したトレーニング手段に含まれる。	体幹や股関節、脛の角度を小さくすることを促進する姿勢にすることによって、加速局面におけるバイオメカニクスを強調する。レジスティッドスプリントは、加速局面に過負荷をかけることにより、また接地時間においてより高い推進力を生み出すという結果となり、選手の短距離をカバーする能力を最適化する場合がある。加速度、すなわち速度の変化が改善することにより、RFD の改善を介したトップスピードの向上が導かれることがある。	過大な負荷に対してスプリントするという努力によって、課題特異的でない、接地時間がより長くなることに加え、ストライド長がより短くなるという結果が導かれることがある (49)。坂道の傾斜が大きすぎると、スプリントの適切なバイオメカニクスが妨げられ、不適切なテクニックをリハーサルすることになり、トレーニング効果の転移を限定的なものにしてしまう。そり押しでは、股関節で生じる脚の動きに同調し打ち消す腕の動きがなくなるために、自然なスプリントの走り方が変化してしまふことがある。	コーチや選手は、加速局面を改善することを意図して、抵抗を加えないスプリントに関して、正常なバイオメカニクスを維持する抵抗トレーニング手段を取り入れるかもしれない。負荷は、競技の文脈に基づいて選ぶべきであり、また選手の身体的状態を考慮すべきである。たとえば、陸上競技のスプリント選手は、ランニング速度が 10 ~ 12% 以上減少することのない負荷を用いるだろう (2,39,51,42)。対照的に、ブロックやタックル、スクリメージによる外的負荷に打ち勝つ必要のあるフィールド競技の選手は、動作初期の 5 ~ 10m を改善するために、体重の 20 ~ 30% の負荷を用いる (20,42)。

SSC = ストレッチ-ショートニングサイクル。  
データは文献 2, 20, 40, 42, 49, 51, 55 より。

い (59,61,81,85)。したがって、方向転換あるいはアジリティパフォーマンスをモニタリングする際には、ストレングス&コンディショニング専門職は表19.7の手法を考慮するかもしれない。パフォーマンスのこれらの側面は、三次元動作解析装置などの高価な機器を用いることで測定されてきたが、ハイエンド

(最高級)なバイオメカニクスの装置がなくても、容易に利用できるハイスピードカメラ (毎秒100フレーム以上の撮影が可能)を、通常の計時方法 (手動あるいは電子計時)と組み合わせて、簡単に測定に用いることができる。

**アジリティ向上の戦略の適用**

ブロックおよび強調すること	トレーニングツールと注意点	各ブロックの1週間ごとの負荷についての処方 (セット間の休息期間)
<p><b>ブロック 1:</b>                      1 番目の狙い: 方向転換 (減速能力——直線)                      2 番目の狙い: 操縦性・機動性 (身体の姿勢)</p>	<p>1. 制動の課題は、エキセントリックが注目される。したがって、エキセントリックな課題 (プライオメトリックス) を導入するときと同様に低ボリュームから始める。                      2. 身体を低く保つことに注目する。姿勢のためにスピードが犠牲となる。</p>	<p>週に 2 ~ 3 セッション  <b>方向転換ドリル:</b>                      減速** (前方) 2 × 4 (30秒; 2分)                      (最終制動脚を利き脚、非利き脚で入れ替える)  <b>操縦性 (機動性) ドリル:</b>                      側方シャッフル @ 高さ 1 × 4 × 10 m (30秒)                      (質量中心を低く保つことができず、「立っている」ことを選手にフィードバックするために競技のスタンスの間、ロープその他のものを頭の高さにセットする)</p>
<p><b>ブロック 2:</b>                      1 番目の狙い: 方向転換 (減速能力——側方)                      2 番目の狙い: 操縦性・機動性 (複数の様式間での方向転換——シャッフルからスプリント、さらにシャッフル)</p>	<p>1. 前方また側方の両方を向いているとき、選手が身体の姿勢を効率的に制動に用いることができることを確実なものとする。停止に向けて (スピードを) 吸収することに集中する。類似の刺激に反応して1回の努力をするということへ拡大する。                      2. 地面への効率的な力の適用 (「地面を押し切る (pushing the ground away)」) を促進する。視覚的なフィードバックのために脛の角度を見る。</p>	<p>週に 2 ~ 3 セッション  <b>方向転換ドリル:</b>                      減速** (前方) 1 × 4 (30秒; 2分)                      第1週と同じ                      減速 (前方) 1 × 4 (30秒; 2分)  <b>操縦性 (機動性) ドリル:</b>                      Zドリル (前方) 2 × 4 (30秒; 2分)                      (常にスタートの方向を変更する。左から右へ、右から左へ)  <b>アジリティ</b>                      減速 1 × 4 (笛の音で減速) (30秒)</p>
<p><b>ブロック 3:</b>                      1 番目の狙い: 方向転換 (効果的な減速から再加速)                      2 番目の狙い: 操縦性・機動性 (効果的な移行と身体の姿勢を組み合わせる)                      3 番目の狙い: アジリティ (刺激に反応する際であっても、方向転換のパフォーマンスおよび身体姿勢を保つことに集中する)</p>	<p>1. 方向転換において、「制動して進入 (braking in) および「爆発的に抜け出す (exploding out)」ことに集中する。                      2. 方向転換を終えてステップを「ドロップ&amp;ドライブ (下ろして駆動する)」させるのを促進し、フットワークや低い姿勢を保つことに集中する。                      3. これは身体的トレーニングを、より特異的な刺激 (いまだ一般的であるが) へと「移行する」のをチェックするために用いられる。「決定して進む」ことに集中し、選手が効率的に方向を変える、すなわち「できるだけ効率的に決めて動く」ことをチェックする。</p>	<p>週に 1 ~ 2 セッション (スキルの量による)  <b>方向転換ドリル:</b>                      修正 505 ドリル 2 × 4 (30秒; 2分)                      (プラント脚を交代する)  <b>操縦性 (機動性) ドリル:</b>                      T テスト 1 × 4 (30秒; 2分)  <b>アジリティ</b>                      リアクティブアジリティ (Y字アジリティドリル) 1 × 4 (30秒)                      (指示する方向に反応して同じ方向へ) スキルトレーニングも、本質的に競技特異的な刺激に含まれる</p>

\*\*減速ドリルにおけるスピードは、数週間を通して漸進的に高めるべきである——たとえば、進入速度は半分のスピードから3/4のスピードにする。  
 注意: ここでは加速能力について分けて強調していないが、スピードセッションでともに対処することが期待される。

## 重要語句

加速 (acceleration)  
 アジリティ (agility)  
 方向転換 (change of direction)  
 コМПレックス (複合) トレーニング (complex training)  
 力 (force)  
 接地準備 (ground preparation)  
 力積 (impulse)  
 運動量 (momentum)  
 ピリオダイゼーション (期分け) (periodization)  
 活動後増強 (postactivation potentiation)

力の立ち上がり速度 (rate of force development : RFD)  
 回復 (recovery)  
 スピード (speed)  
 ばね質量モデル (spring-mass model : SMM)  
 スプリント (sprinting)  
 筋力 (strength)  
 ストレッチ-ショートニングサイクル (stretch-shortening cycle : SSC)  
 速度 (velocity)

## 例題

- 力積という言葉は、何を指すか？
  - パワーと速度の関係
  - 加速と速度の関係
  - 力と速度の関係
  - 力と時間の関係
- 一流のスプリント選手は、初心者選手と比較して\_\_\_\_\_力を\_\_\_\_\_接地時間内で生み出す。
  - より大きな、より長い
  - より小さな、より短い
  - より大きな、より短い
  - より小さな、より長い
- 直立でのスプリントにおいて、選手のストライド長は\_\_\_\_\_に大きく依存する。
  - スタンス局面において生み出される垂直力の大きさ
  - 選手の柔軟性
  - 選手のストライド率
  - スタンス局面のトゥオフ (つま先の離地) において生み出される水平力の大きさ
- 笛や矢印、相手選手などの刺激に反応して、素早く動くことが求められるドリルやテストは、以下のどれを測定するうえで最適か。
  - 方向転換
  - 操縦性
  - アジリティ
  - 加速
- 方向転換の能力の改善が狙いである場合、追加で強調することが要求されるトレーニングの側面について選択せよ。
  - 筋力
  - 伸張性筋力
  - 反応筋力
  - RFD (力の立ち上がり速度)

**重要語句**

建設段階 (construction phase)

デザイン段階 (design phase)

実現可能性に関する調査 (feasibility study)

基本計画 (master plan)

ニーズ分析 (needs analysis)

デザイン前段階 (predesign phase)

運営前段階 (preoperation phase)

緩衝地帯、セーフティークッション (safety cushion)

**例題**

1. 新しくストレングス&コンディショニング施設をデザインする場合の4つの段階の順番は、以下のうちどれか？
  - a. 建設、デザイン前、デザイン、運営前
  - b. 運営前、デザイン、建設、デザイン前
  - c. デザイン前、建設、デザイン
  - d. デザイン前、デザイン、建設、運営前
2. 基本計画は、以下のどの段階で作成すべきか？
  - a. デザイン前段階
  - b. デザイン段階
  - c. 建設段階
  - d. 運営前段階
3. 壁に貼る鏡の一番下の部分と床との最小距離として推奨されているものはどれか？
  - a. 41cm (16インチ)
  - b. 46cm (18インチ)
  - c. 51cm (20インチ)
  - d. 56cm (22インチ)
4. 大学のストレングス&コンディショニング施設において必要なスペースを確定する場合、鍵となる考慮事項とならないのはどれか？
  - a. 選手にとってアクセスのしやすさ
  - b. 設備・備品の数とタイプ
  - c. 施設を利用する選手の数
  - d. 施設の利用を希望するチームの数
5. 補助者のための推奨されるスペースとして、ラックの端からの間隔は下のうちどれか？
  - a. 30cm (1フィート)
  - b. 61cm (2フィート)
  - c. 91cm (3フィート)
  - d. 123cm (4フィート)

# 例題の回答集

## 第1章

1. b, 2. a, 3. b, 4. b, 5. b

## 第2章

1. c, 2. d, 3. c, 4. a, 5. c

## 第3章

1. b, 2. a, 3. a, 4. c, 5. d

## 第4章

1. d, 2. a, 3. b, 4. b, 5. a

## 第5章

1. d, 2. a, 3. c, 4. b, 5. c, 6. d

## 第6章

1. d, 2. d, 3. d, 4. a, 5. c

## 第7章

1. d, 2. a, 3. c, 4. d, 5. b

## 第8章

1. a, 2. d, 3. b, 4. b, 5. c

## 第9章

1. a, 2. b, c, 3. b, 4. d, 5. c

## 第10章

1. b, 2. a, 3. c, 4. c, 5. a

## 第11章

1. b, 2. d, 3. b, 4. c, 5. a

## 第12章

1. a, 2. c, 3. b, 4. d, 5. b

## 第13章

1. b, 2. c, 3. a, 4. c, 5. b

## 第14章

1. c, 2. d, 3. c, 4. c, 5. a

## 第15章

1. d, 2. b, 3. c, 4. b, 5. b

## 第16章

1. b, 2. c, 3. b, 4. a, 5. c

## 第17章

1. a, 2. c, 3. b, 4. a, 5. d

## 第18章

1. d, 2. b, 3. c, 4. c, 5. a

## 第19章

1. d, 2. c, 3. a, 4. c, 5. b

## 第20章

1. c, 2. a, 3. b, 4. c, 5. d

## 第21章

1. b, 2. c, 3. c, 4. b, 5. a

## 第22章

1. c, 2. b, 3. b, 4. a, 5. d

## 第23章

1. d, 2. a, 3. c, 4. d, 5. c

## 第24章

1. c, 2. c, 3. d, 4. c, 5. a

---

## NSCAについて

National Strength and Conditioning Association (NSCA) はストレングストレーニングに関する意見交換の場として、1978年に数人のコーチ、アスレティックトレーナーおよびスポーツ科学者によって設立された。設立当時はパワーリフティング、オリンピックリフティング、およびボディビルディングといったスポーツ競技現場由来の知識が大部分であり、ストレングストレーニングに関する科学的知識は十分でなかったが、その後の成長は目覚ましく、現在では全世界で33,000人以上の会員を有する会へと発展し、ストレングス&コンディショニングについての情報源としては世界随一の組織となった。NSCAは非営利の教育団体として、ストレングス&コンディショニングに関する情報提供、教育、研究を行っている。またNSCAの基本的な使命である「研究と現場の橋渡し役として」に従い、ストレングス&コンディショニング専門職が、指導現場で科学的な事実と法則に基づいて判断を下すことができるようにするため、NSCAは専門職向けジャーナル（Strength and Conditioning Journal）および研究ジャーナル（Journal of Strength and Conditioning Research: JSCR）など、4種の機関誌を発行している。JSCR誌は健康・スポーツ科学の分野における研究ジャーナルとして高い評価を得ており、一般雑誌検索エンジンであるIndex Medicusのみならず、PubMed、Medlineといった医学専門検索エンジンによってオンライン検索が可能となっている。ジャーナルのほか、NSCAではさまざまな指導マニュアル、ビデオ、書籍などを発行しており、そのうちの1冊が本書である。

---

## NSCA ジャパンについて

NSCA ジャパンは、NSCAの日本支部として1991年に創立された。2001年4月には特定非営利活動法人として認証され、「特定非営利活動法人NSCA ジャパン」として活動の幅を広げている。2016年1月現在の会員数は約6,000名である。日本においてストレングス&コンディショニング専門職を育成するため、カンファレンスや各種セミナーの開催、日本語でのCSCSおよびNSCA-CPT認定試験の実施を行っている。NSCA ジャパンの定期刊行物である『ストレングス&コンディショニングジャーナル』では、NSCA定期刊行物の日本語訳記事、および会員からの投稿記事などを掲載している。

---

## CSCSとNSCA-CPT

NSCAは、専門職の人材育成としてCSCSとNSCA-CPTという2つの資格を認定している。

CSCSは、Certified Strength and Conditioning Specialistの略であり、主として競技選手に対し、傷害予防と競技力向上を目的として安全かつ効果的なストレングストレーニング&コンディショニングのプログラムをデザインし、実施させる専門職とされる。1985年から資格認定試験が実施され、日本でもアメリカと同一内容の試験が実施されてきたが、1999年からは日本語での受験が可能となった。2016年現在、日本には約1,500名のCSCS認定者がいる。なお、日本でCSCSを受験するためには、NSCA ジャパン会員であることと、CPR/AED（心肺蘇生法）と大学卒の資格が必要。

NSCA-CPTは、Certified Personal Trainerの略であり、個人の特性や目的、ライフスタイルに合わせたトレーニングプログラムをデザインし、マンツーマンの指導を行う専門職とされる。その指導対象は、競技選手から高齢者、生活習慣病の危険因子をもつ人々（生活習慣病予備群）まで広範囲にわたる。そのため、トレーニングに関する知識に加え、医学的知識や個人的な指導における動機づけといった心理学的知識など、高度で広範囲な知識と能力が要求される。NSCA-CPT認定試験はアメリカでは1993年から開始され、日本では1995年の開始時から日本語での受験が可能である。2016年現在、日本には約3,000名のNSCA-CPT認定者がいる。日本でNSCA-CPTを受験するためには、NSCA ジャパン会員であることと、CPR/AED（心肺蘇生法）と高校卒（と同等）の資格が必要。

資格認定試験の詳細については、NSCA ジャパン事務局にお問い合わせいただきたい。

---

## NSCA ジャパン概要

創立：1991年

所在地：〒270-0152 千葉県流山市前平井85 NSCA ジャパン事務局 TEL.04-7197-2064

公式ホームページ：URL <http://www.nasca-japan.or.jp>