

目次

第1部 筋系

第1章 骨格と骨格筋

要約	1
1-1 骨と骨格	3
1-2 筋収縮とは（定義）	3
1-3 骨格筋の構造	4
1-4 興奮収縮連関	5
1-5 骨格筋細胞の特徴	5
1-6 筋収縮のメカニズム	6
1-7 滑走説	7
1-8 筋紡錘	7
1-9 形態による分類	8
1-10 筋線維組成	8
1-11 速筋と遅筋	9
1-12 FG, FOG, SO	9
1-13 遺伝的分類	10
1-14 身体運動における筋の位置づけ	10
1-15 競技者の筋線維組	11
1-16 熱産生の仕組み	12
1-17 運動と骨	13
1-18 関節	14

TIDBIT ● 1-1 筋パイオプシー / 1-2 α 運動ニューロン / 1-3 運動単位 / 1-4 破骨細胞

第2章 筋力発揮の様式

要約	15
2-1 筋力とは	17
2-2 最大筋力	17
2-3 筋力発揮の様式（等尺性・等張性・等速性）	18
2-4 伸張性収縮	19
2-5 見かけの筋力と真の筋力	19
2-6 筋のパワー発揮	20
2-7 パワーの計算方法	21
2-8 筋力と筋パワーの関係	22
2-9 運動単位の分類	22
2-10 主働筋と拮抗筋	23
2-11 第1種のコ（安定性の確保）	23
2-12 第2種のコ（力の増強）	24
2-13 第3種のコ（速さ・大きさの増強）	24
2-14 関節角度で筋力が変わるわけ	25
2-15 弾性エネルギーとプライオメトリックトレーニング	26
2-16 アナボリックステロイド	26
2-17 筋持久力	27
2-18 心理的限界と生理的限界	28

TIDBIT ● 2-1 ニュートンとキログラム / 2-2 関節角度特異性（アイソメトリクス） / 2-3 サイズの原理の例外 / 2-4 筋電図

第3章 筋力のトレーニング

要約	29
3-1 筋力トレーニング	34
3-2 筋力向上の要因	34
3-3 筋肥大のメカニズム	35
3-4 筋線維の機能的変化	36
3-5 筋の形態的变化	36
3-6 神経系の適応	37
3-7 エネルギー供給機構の変化	38
3-8 身体組成への影響	38
3-9 トレーニングの原理	39
3-10 トレーニングの原則	39
TIDBIT ● 3-1 RM / 3-2 ピリオダイゼーション / 3-3 バリステックトレーニング, プライオメトリックトレーニング / 3-4 テーパリング, ピーキング / 3-5 VBT / 3-6 コンカレントトレーニング	

第2部 呼吸循環系

第4章 運動と呼吸器系

要約	41
4-1 呼吸器系とは	44
4-2 体内の酸素圧	44
4-3 ガス交換 (外呼吸)	45
4-4 ガス交換 (内呼吸)	45
4-5 ガス交換の原理	46
4-6 ヘモグロビンの酸素解離曲線 (ボーア効果)	47
4-7 動静脈酸素較差	48
4-8 呼吸筋	49
4-9 呼吸の調節	49
4-10 スパイロメトリー	50
4-11 酸素摂取量	51
4-12 呼吸商と呼吸交換比 (代謝基質)	51
4-13 アスリートの最大酸素摂取量	52
4-14 運動後の酸素消費量の亢進 (酸素負債と EPOC)	53
4-15 運動強度と酸素摂取量の関係	54
4-16 運動中に換気が亢進する理由	55
4-17 最大換気量 (アスリート)	55
4-18 トレーニングによる呼吸器系の変化	56
4-19 換気性作業閾値	57
TIDBIT ● 4-1 アルカローシス, アシドーシス / 4-2 呼吸中枢 / 4-3 気圧と大気の成分 / 4-4 ヘーリング・ブローアー放射 / 4-5 ミトコンドリア / 4-6 呼吸器系の変数	

第5章 運動と循環器系

要約	58
5-1 心臓血管系のなりたち	61
5-2 心臓の構造と特徴	62
5-3 刺激伝達系	62
5-4 心拍出量と運動	63
5-5 運動による心拍数と1回拍出量の変化	63
5-6 スポーツ心臓	64

5-7	運動と心拍数	65
5-8	安静時心拍数	66
5-9	トレーニングへの心拍数の適用	66
5-10	運動と血流配分	67
5-11	ミルキングアクション	67
5-12	血圧	68
5-13	足関節上腕血圧比	68
5-14	運動様式と血圧	69
5-15	最大酸素摂取量を決定する因子	70
5-16	酸素が末梢に届けられるまで	71
5-17	トレーニングによる循環器系変数の変化	72
5-18	乳酸閾値（乳酸性作業閾値）	73

TIDBIT ● 5-1 心電図／5-2 一酸化窒素／5-3 動脈血酸素飽和度／5-4 フランク・スターリングの法則／5-5 シンシチウム／5-6 ポワズイユの法則

第6章 運動と代謝

要約	74
6-1 代謝とは	76
6-2 ATPとは	76
6-3 無酸素代謝と無酸素運動	77
6-4 解糖系の詳細	78
6-5 有酸素代謝と有酸素運動	79
6-6 クエン酸回路の詳細	80
6-7 β 酸化	81
6-8 電子伝達系	81
6-9 運動時の糖質代謝	82
6-10 運動時のグルコース取り込み	83
6-11 運動時の脂質代謝	84
6-12 運動強度とエネルギー基質	85
6-13 運動強度、運動時間とエネルギー供給系	85
6-14 持久性トレーニングによるエネルギー基質利用の変化	86
6-15 タンパク質の働き	86
6-16 タンパク質の合成と分解	87
6-17 エネルギー必要量	87
6-18 運動時のタンパク質代謝	88
6-19 運動トレーニング後の栄養素の補給	89
6-20 基礎代謝の測定と推定	89

TIDBIT ● 6-1 炭水化物／6-2 ミトコンドリア／6-3 グリコーゲン／6-4 酵素／6-5 運動生理学で使われる数を表わす接頭語／6-6 アミノ酸

第7章 持久力の測定とトレーニング

要約	90
7-1 全身持久力の測定	95
7-2 運動負荷装置	95
7-3 Astrand-Ryhming の計算図表	96
7-4 RMR と METs	97
7-5 カルボーネン法	97
7-6 主観的運動強度	98
7-7 持久力と年齢	98

7-8	サーキットトレーニングの原理	99
7-9	乳酸濃度の利用	100
7-10	心拍変動と運動	100
TIDBIT ●	7-1 ヘモグロビン量 / 7-2 HIIT と SIT / 7-3 血液ドーピング / 7-4 高地トレーニング / 7-5 低酸素トレーニング / 7-6 鉄欠乏性貧血	

第3部 調整系

第8章 運動と神経系

要約		102
8-1	中枢神経系とは（脳の構造）	104
8-2	大脳皮質運動関連領野（1次運動野，補足運動野，運動前野）	104
8-3	頭頂連合野	105
8-4	海馬	105
8-5	大脳基底核と運動	106
8-6	小脳と運動	107
8-7	スポーツパフォーマンスの向上と脳	108
8-8	運動学習	109
8-9	歩行の神経制御機構	110
8-10	姿勢の神経制御機構	111
8-11	脳におけるエネルギー代謝	111
8-12	運動やトレーニングが脳に及ぼす効果	112
8-13	末梢神経系とは	113
8-14	平衡感覚センサー	114
8-15	刺激，伝導，伝達	114
8-16	反射	115
8-17	光刺激，音刺激	115
8-18	全身反応時間	116
8-19	自律神経	117
8-20	ハンス・セリエ（Hans Selye）のストレス学説	117

TIDBIT ● 8-1 大脳基底核の障害 / 8-2 小脳障害 / 8-3 EPSP, IPSP / 8-4 全か無かの法則

第9章 運動と内分泌

要約		118
9-1	ホルモンの種類と機能	122
9-2	ホルモンの作用機序	123
9-3	内分泌とホルモン	124
9-4	神経系と免疫系の関連	124
9-5	運動とかかわりの深いホルモン	125
9-6	ホルモン分泌の階層性支配	126
9-7	運動とインスリン	126
9-8	血中グルコース濃度の調節	127
9-9	副腎皮質ホルモン	127
9-10	成長ホルモンと運動	128
9-11	性ホルモンと運動	128
9-12	甲状腺ホルモン	129
9-13	ストレス関連ホルモン	129
9-14	運動とカテコールアミン	130
9-15	オーバートレーニング症候群	131

TIDBIT ● 9-1 アディポネクチン / 9-2 ホメオスタシス / 9-3 オピオイドペプチド

第10章 運動と遺伝, 免疫

要約: 運動と遺伝	132
10-1 DNAとRNA	133
10-2 遺伝子の多様性	133
10-3 遺伝子の変異と多型	134
10-4 肥満遺伝子	134
10-5 運動能力と遺伝	135
10-6 遺伝子ドーピング	136
10-7 性差	136
10-8 人種と競技パフォーマンス	137
10-9 遺伝情報の活用	138
要約: 運動と免疫	139
10-10 運動と自然免疫	140
10-11 運動と獲得免疫	141
10-12 免疫関連細胞	142
10-13 骨格筋と免疫・炎症	142
10-14 呼吸器と免疫・炎症	143
10-15 運動と炎症・アレルギー	143
10-16 暑熱寒冷と免疫	144
10-17 運動とサイトカイン	144
10-18 運動とオーバートレーニング	145

TIDBIT ● 10-1 ACTN3 遺伝子 R577X 多型 / 10-2 ACE 遺伝子 I/D 多型 / 10-3 エストロゲン受容体 / 10-4 Jカーブ効果 / 10-5 抗体 / 10-6 唾液による測定

第11章 調整系トレーニングと身体の測定

要約	146
11-1 敏捷性を構成するもの	151
11-2 SAQ	151
11-3 平衡性を構成するもの	152
11-4 巧緻性を構成するもの	152
11-5 柔軟性とは	153
11-6 筋出力のグレーディング	154
11-7 体力とは	154
11-8 体力テストの歴史	155
11-9 体力の測り方	155
11-10 ストレッチングの種類	156
11-11 伸張反射	156

TIDBIT ● 11-1 サイバネティクス / 11-2 いわゆる「運動神経」と調整力 / 11-3 調整力のトレーニング器具 / 11-4 プライオメトリクス / 11-5 体性感覚 / 11-6 動的ストレッチング

第4部 応用

第12章 健康と体力づくりの運動

要約	159
12-1 健康診断の項目と数値	162
12-2 国民健康づくり対策	162
12-3 運動不足の影響	163
12-4 高血圧と運動	164
12-5 心臓病と運動	164
12-6 糖尿病と運動	165

12-7	動脈硬化と運動	165
12-8	コレステロールと運動	166
12-9	ウォーミングアップとクーリングダウン	166
12-10	運動と貧血	167
12-11	体格の指数	168
12-12	過体重と肥満	169
12-13	脂肪細胞	169
12-14	肥満と運動	170
12-15	身体組成と評価法	171
12-16	運動と寿命	172
12-17	運動処方の一覧の手順	173
12-18	健康関連体力	174
12-19	運動負荷試験	174
12-20	運動参加前のメディカルチェック	175

TIDBIT ● 12-1 無月経／12-2 りんご型, 洋なし型／12-3 褐色脂肪組織／12-4 がんの予防／12-5 インフォームドコンセント

第13章 運動と環境

要約	176	
13-1	季節と身体	178
13-2	体温の調節機構	178
13-3	暑熱に対する生理的応答	179
13-4	運動と発汗	179
13-5	暑熱環境と運動	180
13-6	水分補給	181
13-7	熱中症	181
13-8	熱放散メカニズム	182
13-9	脱水と水分補給	183
13-10	クーリングの効果	184
13-11	寒冷環境と運動	185
13-12	ふるえ・非ふるえ熱産生	185
13-13	高酸素 (高圧・常圧)	186
13-14	低酸素 (低圧・常圧)	186
13-15	標高と競技パフォーマンス	187
13-16	高地トレーニング	188
13-17	運動と紫外線の功罪	189
13-18	ダイビング	189
13-19	潜水	190
13-20	微小重力	191

TIDBIT ● 13-1 体温調節中枢／13-2 体温の測定／13-3 不感蒸泄／13-4 レイクルイーズ急性高山病スコア／13-5 精神性発汗／13-6 WBGT

第14章 栄養と休息

要約	192	
14-1	三大栄養素と運動	194
14-2	糖の種類	195
14-3	運動時の糖質摂取量	195
14-4	脂質の種類	196
14-5	多価不飽和脂肪酸と運動	196
14-6	タンパク質とアミノ酸	197

14-7	タンパク質の必要量	198
14-8	分岐鎖アミノ酸	198
14-9	ミネラルと運動	199
14-10	推定エネルギー必要量	200
14-11	活性酸素と栄養	201
14-12	エネルギー消費量の構成要素	201
14-13	エネルギーバランス	202
14-14	ディトレニング	202
14-15	ビタミンと運動	203
14-16	サプリメント	204
14-17	積極的休息と消極的休息	205
14-18	睡眠	206
14-19	概日リズム	206

TIDBIT ● 14-1 冷却療法 / 14-2 プロテインサプリメント / 14-3 抗酸化物質 / 14-4 グリセミックインデックスとグリセミックロード / 14-5 グリコーゲンローディング / 14-6 酸化ストレス / 14-7 マッサージ

文 献	207
索 引	215

凡 例

*本文中, 参照すべき項目は(⇒ 1-1), 図表は(⇒図 1-1) (⇒表 1-1), Tidbitは(⇒ T1-1)のように示す。

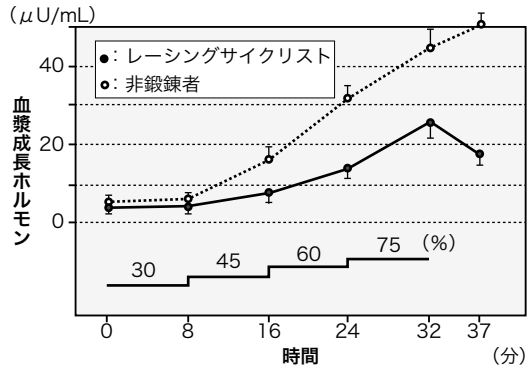
*各項目の執筆担当者は, 下の表のイニシャルで文末に示す。

章	章 題	担当者名	英文名	イニシャル
第 1 章	骨格と骨格筋	高橋淳一郎	Junichiro Takahashi	JT
		松林 武生	Takeo Matsubayashi	TM ¹
第 2 章	筋力発揮の様式	高橋淳一郎	Junichiro Takahashi	JT
		松林 武生	Takeo Matsubayashi	TM ¹
第 3 章	筋力のトレーニング	松林 武生	Takeo Matsubayashi	TM ¹
第 4 章	運動と呼吸器系	松井 健	Takeshi Matsui	TM ²
第 5 章	運動と循環器系	松井 健	Takeshi Matsui	TM ²
第 6 章	運動と代謝	今 有礼	Michihiro Kon	MK
		長澤 純一	Junichi Nagasawa	JN
第 7 章	持久力の測定とトレーニング	禰屋 光男	Mitsuo Neya	MN
第 8 章	運動と神経系	柳原 大	Dai Yanagihara	DY
		井之川 仁	Hitoshi Inokawa	HI
		瀬戸川 将	Susumu Setogawa	SS
第 9 章	運動と内分泌	長澤 純一	Junichi Nagasawa	JN
第 10 章	運動と遺伝, 免疫	菊池 直樹	Naoki Kikuchi	NK
		鈴木 克彦	Katsuhiko Suzuki	KS
第 11 章	調整系トレーニングと身体の測定	野村 由実	Yumi Nomura	YN
		長澤 純一	Junichi Nagasawa	JN
第 12 章	健康と体づくりの運動	大河原一憲	Kazunori Ohkawara	KO ¹
		沼尾 成晴	Shigeharu Numao	SN
第 13 章	運動と環境	岡崎 和伸	Kazunobu Okazaki	KO ²
		今井 大喜	Daiki Imai	DI
第 14 章	栄養と休息	石橋 彩	Aya Ishibashi	AI

● 9-5 運動とかかわりの深いホルモン

身体運動は、生体へのストレスでもあるため、ストレスに対抗する反応系、すなわち視床下部-下垂体-副腎皮質系が活性化される(⇒9-13)。また、下垂体後葉からバゾプレッシン(抗利尿ホルモン)の分泌が増し、過剰な脱水が起こらないように調節を受けている。運動時のエネルギー確保を目的として、表9.5のようなホルモンの分泌量が増す。多くのホルモンが、エネルギー基質であるグルコースや遊離脂肪酸(FFA)の血中濃度を増やすように作用している。

図9.5のように、タンパク合成とともに血中FFA濃度を上昇させる作用のある成長ホルモンは、運動の強度に依存して上昇する。また、ノルアドレナリンやエンドルフィンについても、個人差はあるものの、50~60% $\dot{V}O_2\text{max}$ あたりの強度以上で顕著に上昇が見られることから、ホルモン分泌の司令塔である視床下部が、運動負荷をストレスと認知する水準が、このあたりの強度にあるものと考えられる。また、一般に運動によるホルモンの血中濃度の変動は、身体トレーニングによって変動が小さくなる傾向にある(図9.5)。(JN)



.....
図 9.5 漸増負荷運動中における成長ホルモンの濃度
 血液中の成長ホルモンは強度依存的に増加するが、鍛錬者の方が応答が小さい。
 (文献1より一部改変)

表 9.5 運動時の代謝とホルモン

	ホルモン名	内分泌腺	作用部位	作用
糖質の代謝を促進するホルモン	カテコールアミン	副腎髄質	肝臓, 筋	グルコースへの返還促進→血糖値上昇
	グルカゴン	膵臓	肝臓	グルコースへの返還促進→血糖値上昇
	コルチゾール	副腎皮質	肝臓	グリコーゲンの合成促進
	インスリン	膵臓	多くの細胞	血中グルコースの取り込み促進→血糖値低下
脂質の代謝を促進するホルモン	カテコールアミン	副腎髄質	脂肪組織	脂肪の分解促進→血中 FFA 増加
	コルチゾール	副腎皮質	脂肪組織	脂肪の分解促進→血中 FFA 増加
	成長ホルモン	下垂体前葉	脂肪組織	脂肪の分解促進→血中 FFA 増加

TIDBIT 9-1

アディポネクチン

アディポネクチンは、白色脂肪細胞から分泌され、インスリン感受性を亢進させ、動脈硬化を予防する効果があることから、脂肪由来の善玉ホルモンとも言われる。血中の正常値は、5~10 μg/mLで、肥満者や糖尿病患者では低く、減量によって増加する。受容体は、骨格筋および肝に多く、AMPK(身体運動によって、骨格筋でATPが分解されて生じるAMPによって活性化される酵素で、骨格筋が糖や脂肪を取り込み燃焼させる鍵となる)を活性化させる作用がある。アディポネクチンがAMPKが活性化することによって、骨格筋で糖の取り込みが増加し、肝臓で糖新生が抑制され、血中グルコース濃度を低下させるとすると、身体運動をしなくても、アディポネクチンを投与することによって、糖や脂肪の代謝に関しては、運動をしたのと同様の効果が得られるとも考えられ、代謝の改善効果について、現在、研究が精力的に進められている。(JN)