

クールダウンの生理学的効果に関する文献的考察

Bibliographic consideration on the physiological effects of cool-down

谷 健 太

Kenta TANI

本学大学院保健体育専攻 (1年次)

片 平 誠 人

Makoto KATAHIRA

保健体育講座

(平成23年9月30日受理)

I. はじめに

自らのパフォーマンスを最大限に発揮する際、ウォームアップがパフォーマンスに及ぼす影響は大きく、競技者にとっても非常に重要となる¹⁾。これに対し、クールダウンは次の試合や翌日の試合、トレーニングのための準備として重要なものと考えられるが、「時間がない」「面倒くさい」などの理由から軽視されがちである¹⁾。青木²⁾は、クールダウンとは、スポーツにおける全身運動の後に、めまいや卒倒を防ぎ、疲労の回復を促進するための軽い有酸素運動、すなわち回復運動「recovery exercise」であると述べている。また、形本³⁾は、クールダウンによる有酸素的代謝によって、特に遅筋線維における乳酸の酸化が増大し、筋中の乳酸除去を促進すると報告している。このようにクールダウンの効果について検討した研究の多くは、疲労回復や血中乳酸濃度に視点がおかれているものが多い^{4) 5) 6) 7)}。しかし、八田⁸⁾は、長時間運動した際の後半の疲労は、活性酸素、脱水、体温上昇、靭帯などの弾力低下のような複合的な原因で疲労が起こり、乳酸は終盤に向けて量が減っていく傾向があると報告している。つまり、乳酸で疲労するという見方が実態に合っていない事を明示しており、必ずしも血中乳酸濃度を低下させることがクールダウンの効果とは限らないことが考えられる。その他にも高梨ら⁹⁾や河野¹⁰⁾は、クールダウンの生理学的効果として筋痛の予防、軽減を挙げている。しかし、Roberta¹¹⁾らは、ウォームアップは筋温を上昇させ、筋原線維へのダメージを軽減するが、クールダウンを実施するだけでは、筋痛の予防や軽減はできない事を指摘

しており、筋痛の予防や軽減という視点から見ても、クールダウンの効果については明らかになっていない点が多い。

そこで本研究では、クールダウンとクーリングダウン、ウォームダウンについて記してある文献の記載内容を整理するとともに、クールダウンの実施方法、実施時間、生理学的効果の3つの観点からクールダウンの意義を整理することを目的とした。

II. 方法

クールダウンの生理学的効果を目的とした研究を以下の4つのデータベースで検索した。

- (1) CiNii
- (2) Oxford Journals
- (3) PORTA
- (4) MEDLINE

検索は「クールダウン (cool-down)」「クーリングダウン (cooling-down)」「ウォームダウン (warm-down)」の3つのキーワードを組み合わせて行った。また、各論文の参考文献をもとに文献収集を行った。さらに、福岡教育大学附属図書館のOPACを利用し、単行本の収集を行った。

その際、収集した文献の中から(1)クールダウンの実施方法が明記されている、(2)実施時間が明記されている、(3)生理学的効果が明記されているものを分析対象とした。なお、これらの条件と合致した、43編の文献を対象とした。

III. 結果・考察

文献をまとめるに当たり、抽出された43編の文

表1 クールダウンに関する文献の概要

	文献(年)	方法/機器	時間(時期)/頻度	生理的効果
クールダウン (cool-down)	Allanら ²⁹⁾	ストレッチング・シャワー・サウナバス	5~10分	余分な熱を身体から取り除く
	Michael ²⁰⁾	ウォーキング・ゆっくりなジョギング・シャワー	5~10分	心臓に溜まった血液の循環を促進する めまい・筋痛の予防
	窪田 ¹²⁾	ストレッチ		
	波多野ら ¹³⁾	ジョギング・ストレッチング		静脈還流を促進させる 乳酸除去の促進
	ジェロルトら ⁴⁴⁾	柔軟体操・ストレッチ	ウォームアップの時間と同じ	運動を中止して生理的な需要が減少するのを調整 血液中の老廃物の除去を促進 痛み・筋痙攣の除去への貢献 過剰なノルエピネフリンの除去 体温を下げる
	Sharkeyら ⁴¹⁾	軽運動・ストレッチング		静脈の筋肉のポンプ作用により、代謝廃物を除去 乳酸形成をなるべく速やかに除去 酸素負債をより早く補う 筋の張りや和らげる 感情のバランスに影響を与える
	J.Karvonen ³⁹⁾	ストレッチ・筋肉を振るわず・マッサージ・サウナ・シャワー		
	青木 ³⁾	ジョギング・歩行・屈伸運動を中心とした体操・ストレッチング	5~10分	血中乳酸の除去 めまい・吐き気・失神などの防止 過換気の防止 筋痛(muscle soreness)の予防 体を運動前の状態にできるだけ早く戻す
	Michael ²⁰⁾	軽度から中程度の徐々に減らした運動		
	石井ら ⁴⁵⁾	低強度の運動		エネルギー消費が少ない 帰還血流量の確保によるめまいや昏倒、失神の防止 過換気の防止による血液の酸塩基平衡の維持 乳酸除去の促進 運動後の超過代謝の減少 筋痛の予防
	形本 ³⁾	全身的な軽い運動		
	高柳 ¹⁸⁾	運動を徐々に止める		筋肉への血液循環の低下の抑制 心臓などの植物性機能のかたよりをなくす 酸素摂取量の増大
	青木 ³⁾	軽い運動		血中乳酸の除去 めまい・吐き気・失神などの防止 過換気の防止 筋痛(muscle soreness)の予防
	青木 ¹⁸⁾	ジョギング・歩行・ストレッチング	5~10分	身体の末端部から心臓へ血液の還流の促進
	高梨ら ⁹⁾	軽いジョギング・歩行・体操・ストレッチ		めまい・悪心・意識障害などの防止 二酸化炭素の過剰排出による血液のアルカローシスを生じ、血圧の低下 筋肉痛の軽減 乳酸の除去
	McArdle ²¹⁾	冷水シャワー・マッサージ・特殊な体位保持・冷たい液体摂取		筋の痙攣、硬直の予防 乳酸除去の促進
	麻場 ¹²⁾			血中および筋中の乳酸濃度を減少させ、疲労回復の促進 筋ポンプ作用による静脈還流の促進が起こり、筋肉痛やめまいなどの予防 静脈還流が減少による心拍数、血圧の低下 過呼吸によるアルカローシスを生じ、血圧の低下 運動後の筋痛が起こりやすくなる
	河野 ¹⁰⁾	徐々に運動強度を下げていく		
	浅尾 ⁴²⁾	ジョギング・ストレッチング・軽体操		めまい・悪心・意識障害の予防 静脈還流による乳酸除去の促進 筋緊張の緩和 心拍数や呼吸数を整える
	浦辺 ³⁷⁾	軽いランニング・ストレッチング・アイシング・温かいシャワー		
中野ら ²⁰⁾	軽い運動		乳酸除去の促進	
姫野 ¹³⁾	ジョギング・体操・回復マッサージ・回復ストレッチ		筋肉のポンプ作用により疲労物質の除去を促進 柔軟性の回復 可動域の低下の回復	
賀来 ¹⁴⁾	軽いジョギング・マッサージ・アイシング・エアロビクス・ダンス・ストレッチング	10~20分	疲労物質を除去するため、全身の血行を促進 身体筋所の張りの緩和 蓄積障害の予防	
三輪 ¹⁸⁾	軽いランニング・ウォーキング・ストレッチング・アイシング・マッサージ・入浴	アイシング: 10~20分 マッサージ: 30分未満 入浴: 20~30分	主運動後に心身の疲労の早期回復 障害因子として残存していかないようにする整理運動 心拍数や呼吸数を整える 皮下の毛細血管の収縮による血流量の減少	
高梨 ¹⁸⁾	軽度の有酸素運動		乳酸除去の促進	
南谷 ¹⁸⁾	ジョギング・散歩・軽い水泳・水中歩行・ストレッチング/固定式自転車	10~20分	運動後のめまい、ほきけ、失神などの予防 乳酸の速やかな除去と疲労回復の促進 酸素負債の除去の過換気の予防	
山本 ¹⁸⁾	アイシング	5分	筋組織の代謝レベルの低下によるエネルギー消費の減少	
清田 ²⁰⁾	ジョグ・柔軟・ストレッチ・マッサージ・アイシング	5~10分	障害発生の予防 疲労回復の促進 柔軟性の回復 筋緊張の緩和	
小柳ら ¹⁵⁾	ストレッチング		運動による疲労物質の除去 短縮した筋をトレーニング前の状態に戻す 可動域の回復	
池田 ¹⁸⁾	ジョギング・体操・ストレッチ	20~30分	疲労物質除去の促進 めまい、吐き気、失神の防止 自律神経の鎮静化 筋肉の柔軟性、関節可動域を戻す	
出村ら ¹⁾	軽い有酸素運動・ストレッチング・アイシング/氷裏・バケツ	10~20分	筋ポンプ作用により乳酸を除去し、疲労回復を早める 呼吸を整え、過換気を防ぐ 体調の悪化を防ぐ 心身の緊張の緩和	
石井ら ⁴⁷⁾	軽い運動・アイシング		心拍や体温の減少 血液の循環	
津田 ³⁵⁾	軽く走る・ストレッチング・パートナー・ストレッチング・マッサージ・プール・風呂			
ウォームダウン (warm-down)	Williams ²²⁾	ジョグ・マッサージ・温浴・拳上	2~5分	組織液の速やかな除去 筋の剛性の緩和
	猪飼ら ⁴⁸⁾	静かな運動(ジョギングなど)		静脈還流を増進させ、疲労物質の排出やエネルギーの補充の促進
	Webster's Sports Dictionary ⁴⁹⁾	軽い運動	試合や激しい運動後	
	Edward ⁴³⁾	軽い運動		血中乳酸量の減少
	Fox and Mathews ⁵⁰⁾	ジョグ・柔軟体操・ゆっくりな泳ぎ	トレーニングあるいは試合の直後	筋および血液に蓄積した乳酸の速やかな除去
Michael ²⁰⁾	ジョグ・柔軟体操・ゆっくりな泳ぎ		乳酸の除去 筋中のコリの危険因子を生み出す不要な生産物の排除 筋緊張の緩和 エネルギー源の補充 代謝産物の酸化	
休息 (積極的休息)	猪飼ら ⁵¹⁾	ジョグ・歩く・横になる・軽体操・全身運動		
クールアウト (cool-out)	de Vries ⁵²⁾	ジョギング	試合直後の数分間	下肢に血流が溜まって心臓に戻る血流の量が急激に減少 ショックあるいは過換気状態を引き起こす 筋の「コリ」の予防
クールオフ (整理運動)	Georgeら ²⁸⁾	軽い筋運動・マッサージ 汗より着・タオル		
猪飼ら ⁵³⁾	整理運動		筋の中の二酸化炭素などの代謝物質の排泄	

出典

Allan J.Ryan・Fred L.Allman(1974)Sports Medicine Academic Press・New York,pp.613-614.

pollock,Michael.L.(1978)Health and fitness through physical activity,Wiley&Sons,Inc,Canada,pp.233.

窪田登(1981) スポーツ人間になれるボディ・コンディショニング CBS・ソニー出版:東京,pp.70-71.

波多野義郎・竹田憲司・山田俊二(1987) 健康体づくりのスポーツ科学 第一版 同朋舎出版:京都,pp.99-100.

ジェロルド・S.グリーンバーク・デービット・パークマン(1989) フィジカルフィットネス・ウエルネス・アプローチ-ベースボール・マガジン社:東京,p.94.

Sharkey,Brian J.(1990)Physiology of fitness,3rd ed.A Division of Human Kinetics Publishers,Inc,America,p.404.

J.Karvonen(1992)Importance of Warm-up and Cool Down on exercise Performance. Medicine in sports training and coaching,vol.35,Karger,Switzerland,pp.189-214.

青木純一郎(1993) ウォームアップとクールダウン.健康体づくり事業財団:東京,pp.197-220.

Michael.Kent(1994)The Oxford Dictionary of Sports Science and Medicine.OXFORD UNIVERSITY PRESS New York

石井直方(1999) NSCA決定版ストレングストレーニング&コンディショニング 第一版 ブックハウス・エイチディ:東京,p.469.

形本静夫(2001) ウォームアップとクールダウンの生理学.青木純一郎・佐藤佑・村岡功編著 スポーツ生理学,初版.市村出版:東京,pp.45-49.

高柳茂(1962)スポーツ医学講座 第一版 太陽社:東京,p.386.

青木純一郎(1988)クーリングダウンの生理学. Jpn J Sports Sci7(10):628-632

青木純一郎(1988)運動の基本(財)健康・体づくり事業財団編 ぎょうせい:東京,pp.203-204.

高梨泰彦・高島直美(1989)運動指導の基本 宮下充正・武藤芳照・白山正人・平野裕一編 フィットネスQ&A 第一版 南江堂:東京,p.117.

W.D.McArdle・F.I.Katch・V.L.Katch(1992)運動生理学～エネルギー・栄養・ヒューマンパフォーマンス～ 杏林書院:東京,pp.117-118.

麻場一徳(1993)オーバートレーニング 勝田茂編 運動生理学20講 初版 朝倉書店:東京,p.156.

河野照茂(1993)運動処方作成演習 万木良平監修 スポーツ医学の基礎 初版 朝倉書店:東京,p.199.

浅尾秀樹(1995)運動と体づくり 後藤俊・岡野五郎・晴山崇恵子・川初晴典編 体力・健康と運動科学 杏林書院:東京,p.131.

浦辺幸夫(1996)アフターケア 黒田善雄編 スポーツのためのセルフケア 文光堂:東京,pp.120-125.

中野昭一・竹宮隆(1996)運動とエネルギーの科学 杏林書院:東京,pp.250-251.

姫野重行(1997)ウォーミングアップとクーリングダウン(財)日本陸上競技連盟医事委員会トレーナー部会編 改訂版/トレーナーからのアドバイス 陸上競技社:東京,pp.14-15.

賀来正俊(1998)スポーツ内科アカデミアスポーツを科学的に実践するために. 南江堂:東京,p.144.

三輪一義(1999)クーリングダウン 浅井宏祐 臨床スポーツ医学-スポーツ医学キーワード- 文光堂:東京,pp.148-149.

高梨泰彦(2001)疲労を回復するための休養法 湯浅景元・青木純一郎・福永智夫編 体づくりのためのスポーツ科学 朝倉書店:東京,pp.114-121.

南谷和利(2001)生涯スポーツを楽しむ健康づくりのサイエンス 初版.サンウェイ出版:東京,pp.128-129.

山本利寿(2001)測定と評価 第一版 ブックハウス・エイチディ:東京,pp.147-151.

清田浩伸(2006)ウォーミングアップとクーリングダウン 全国高等学校体育連盟陸上競技部編 ジュニア陸上競技マニュアル 陸上競技社:東京,pp.18-19.

小柳好生・和久貴洋(2007)傷害予防を目的としたコンディショニングの方法と実際(財)日本体育協会 公認アスレティックトレーナー専門科目テキスト-第6巻- 文光堂:東京,pp.181-184.

池田誠剛(2007)ウォーミングアップとクーリングダウンの方法と実際(財)日本体育協会 公認アスレティックトレーナー専門科目テキスト-第6巻- 文光堂:東京,pp.272-279.

出村慎一(2009)健康・スポーツ科学の基礎 第一版 杏林書院:東京,pp.165-167.

石井直方(2009)運動を始める前に 東京大学身体運動科学研究室編 初版 東京大学出版会:東京,p.118.

津田清美(2010)ウォーミングアップとクーリングダウン(財)日本陸上競技連盟医事委員会トレーナー部会編 アスリートのためのコンディショニング 陸上競技社:東京,pp.36-37.

J.G.P.Williams(1982)Sports Medicine Edward Arnold LTD,London,p.23.

猪飼道夫・池田恒夫(1972)スポーツの科学 ベースボール・マガジン社:東京,p.192.

Copeland,R.(ed)(1976)Webster's sports dictionary G.&C.Merriam Springfield

Edward L.Fox(1982)スポーツ生理学 初版 大修館書店:東京,pp.79-81,204-206.

Fox,E.L. and D.K Mathews(1981)The physiological basis of physical education and athletics,3rd ed Saunders College,Philadelphia

Michael.Kent(1994)The Oxford Dictionary of Sports Science and Medicine.OXFORD UNIVERSITY PRESS New York

猪飼道夫(1968)現代トレーニングの科学 初版 大修館書店:東京,pp.265-266.

de Vries,H.A.(1986)Physiology of exercise for physical education and athletics,4th ed Wm.C.Brown:Iowa

George T.Bresnahan・Francis X.Cretzmeyer(1962)Track and Field Athletics.第一版 杏林書院:東京,p.12.

猪飼道夫(1963)運動生理学入門 杏林書院:東京,pp.198-199.

献のクールダウンの実施方法、実施時間、生理学的効果をカテゴライズ化した。また、クーリングダウンに関する文献の概要を表1に示した。

A. クールダウンの実施方法

クーリングダウンの実施方法とその文献数を図1に示した。

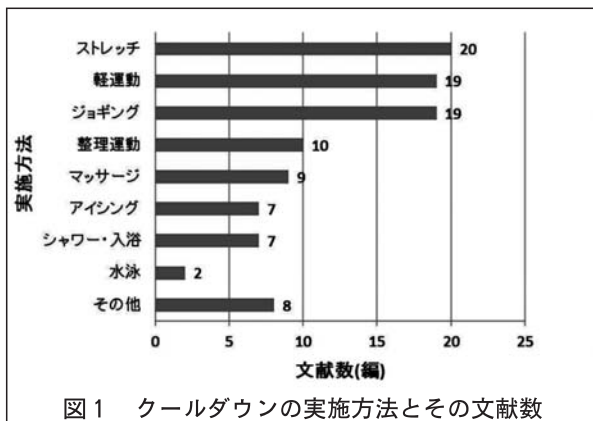


図1 クールダウンの実施方法とその文献数

抽出された43編の文献をもとに、クールダウンの方法について検討した。その中から、クールダウンの方法について明記されてあったものは41編であった。また、比率に関する検定を行った結果、各群ともに有意な差は見られなかった。最も掲載頻度が高かったのは、ストレッチ（ストレッチング）で20編（20%）であった。次いで、軽運動とジョギングで19編（19%）であった。整理運動は10編（10%）であり、マッサージは9編（9%）であった。7%以下の方法では、アイシング（7編）、シャワー・入浴（7編）、水泳（2編）などがあった。

1. ストレッチ（ストレッチング）

柔軟性・可動域の回復を目的としたものは6編（30%）^{1) 12) 13) 14) 15) 16)}であり、次いで、ストレッチ（ストレッチング）の行い方について記したものは3編（15%）^{2) 17) 18)}、筋緊張の緩和を目的としたものが2編（10%）^{9) 19)}であった。なお、ストレッチ（ストレッチング）を行う目的の詳細な記述がないものが6編（30%）であった。

2. 軽運動

軽運動の方法を目的としたものは9編（47%）^{1) 2) 3) 18) 19) 24) 33) 37) 45)}、軽運動の効果を目的としたものは6編（32%）^{9) 20) 26) 38) 41) 47)}であった。形本³⁾は、クールダウンとは、疲労から回復を促進するために行う全身的な軽い運動であると述べており、中野ら²⁰⁾も軽い運動を行って運動を終わる

ことで、疲労感の回復を早めることができると報告している文献が多かった^{1) 19) 21)}。軽運動に関しては、具体的な表記がなされているものが少なく、方法や効果に関して曖昧な表記が見られた。

3. ジョギング

血液循環の促進による疲労物質の除去を目的としたものが多かった^{9) 13) 14) 21) 22) 23)}。なお、ジョギングを行う目的の詳細な記述がないものが9編（47%）であった。

4. 整理運動

疲労回復を目的としたものは3編（30%）であった^{16) 21) 24)}。次いで、運動前の状態に戻すことを目的としたものが2編（20%）であり^{13) 22)}、筋痛の予防を目的としたものは1編（10%）であった⁹⁾。

5. マッサージ

血液循環の促進を目的としたものは2編（22%）であり^{13) 25)}、疲労回復を目的としたものは2編（22%）であった^{14) 36)}。また、マッサージの方法について記述されたものが2編（22%）であった^{23) 26)}。

6. アイシング

運動後の筋の炎症による血流量の増加防止を目的としたものが4編（57%）であった^{1) 14) 26) 27)}。次いで、傷害予防を目的としたものが2編（29%）であった^{23) 28)}。

7. シャワー・入浴

シャワー・入浴については具体的な効果が記述されていない文献が4編^{29) 30) 31) 32)}と数少なかった。

8. 水泳

水圧による心臓への血液循環の促進について記述されている文献が2編^{25) 33)}と数少なかった。

クールダウンの実施方法について考察すると、掲載頻度としてはストレッチ（ストレッチング）、軽運動、ジョギングの順に高い値を示す結果となった。しかしながら、軽運動に関する文献の中には、形本³⁾や中野ら²⁰⁾が記述しているように、「全身的な軽い運動」や「軽い運動」など、ジョギングやストレッチ（ストレッチング）を内包している表現が見られた。さらに、高梨³⁸⁾は、クールダウンの実施方法について比較的軽度の有酸素運動と表記しており、このことはジョギングを示唆する

ような表記であった。これらの点からストレッチ(ストレッチング)、軽運動、ジョギングを1つの実施方法としてみると、総比率が58%となり、統計学的に他の項目に対して、高い値を示した($p < 0.05$)。この結果から、クールダウンの実施方法に対しては曖昧な表記が多く、明確な方法の提示が必要であると考えられる。

B. クールダウンの実施時間

クールダウンの実施時間とその文献数を図2に示した。

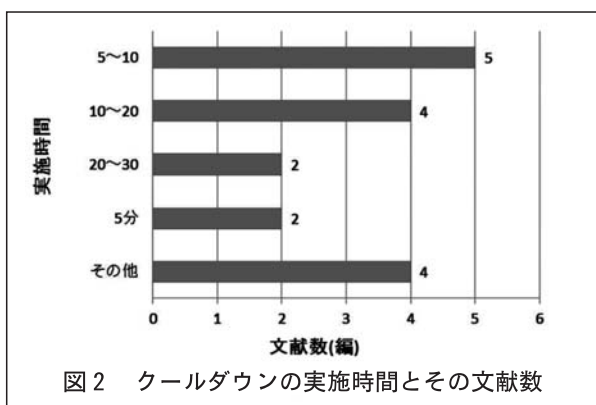


図2 クールダウンの実施時間とその文献数

抽出された43編の文献をもとに、クールダウンの実施時間について検討した。その中から、クールダウンの実施時間について明記されてあったものは16編(63%)であった。また、比率に関する検定を行った結果、各群ともに有意な差は見られなかった。なお、項目の詳細な記述がなかった文献は37%であった。最も掲載頻度が高かったのは、5~10分(29%)であった。次いで、10~20分(24%)、20~30分(12%)、5分(12%)の順であった。また、4編は運動直後などのようなクールダウンを行うタイミングを表すものも見られた。砂川ら³⁴⁾は、クールダウンの実施状況に関するアンケート調査で、「5~10分」「10~15分」と回答した者は合わせて71.7%であったと報告している。本研究の調査結果において、「5分」「5~10分」「10~20分」を合わせると65%になり、本研究の結果で示した実施時間と現場の選手が実施している時間がほぼ同様の結果となった。また、浅見ら³⁵⁾の調査結果は 13.9 ± 7.5 分とほぼ同様の結果を示した。また、実施時間の各群に対して有意な差は見られなかったが、その要因としては、実施時間の表記がクールダウンとしての運動を開始してから時間なのか、あるいは、その運動を継続して行った時間なのか、明記されていないためであると考えられる。この結果から、クールダウン

を行うタイミングに関する時間なのか、運動を継続した時間なのか、明確な時間の提示が必要であると考えられる。

C. クールダウンの生理学的効果

クールダウンの生理学的効果とその文献数を図3に示した。

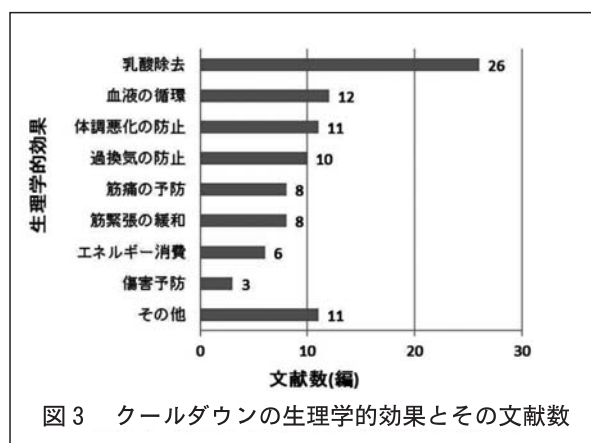


図3 クールダウンの生理学的効果とその文献数

抽出された43編の文献をもとに、クールダウンの生理学的効果について検討した。その中から、クールダウンの生理学的効果の明記されてあったものは40編であった。また、比率に関する検定を行った結果、統計学的に有意な差は見られなかったが、乳酸除去の項目において一定の傾向が見られた。最も掲載頻度の高かったものは乳酸除去26編(27%)であった。次いで、血液循環の促進12編(13%)であった。体調悪化の防止は11編(12%)であり、過換気の防止は10編(11%)であった。なお、体調悪化の防止は、めまい、吐き気、失神の防止をカテゴライズしたものである。また、8%以下の効果では、筋痛の予防(8編)、筋緊張の緩和(8編)、エネルギー消費の抑制(6編)、傷害予防(3編)であった。青木³⁷⁾や高梨³⁸⁾は、運動中に乳酸が発生すると、エネルギー源としての遊離脂肪酸の動員を妨げ、解糖系の酵素活性を阻害するため、疲労回復のためには速やかな乳酸の除去が重要であると報告している。同様にKarvonen³⁹⁾は、乳酸をできる限り速やかに除去することによって、その後のパフォーマンスに影響を与えることを指摘している。しかしながら、八田は⁴⁰⁾、乳酸はエネルギーとして使いやすいので、遊離脂肪酸の動員を妨げているのではなく、乳酸を分解して使用するため、脂質利用の低下が生じているとの見解を示している。そのため、クールダウンの生理学的効果として、乳酸除去を目的とすることと相反する主張が見られており、

クールダウンの意義を再考する必要があると考えられる。また、クールダウンの生理学的効果において、筋痛の予防が挙げられる^{10) 41) 42)}が、筋肉痛の詳しいメカニズムは不明な点も多く⁴⁴⁾、同様にクールダウンの意義を明確にする必要があると考えられる。

IV. まとめ

本研究は、クールダウンにおける実施方法、実施時間、生理学的効果の観点から文献的知見の検討を行った。これまで示されてきたクールダウンの実施方法や実施時間などは一様ではなく、また、クールダウンの詳細に関して、曖昧な表記が多く見られたことも実施方法や実施時間と生理学的効果に関連付けるには至らなかった要因であると考えられる。また、クールダウンの生理学的効果において、八田⁴⁰⁾の所論を鑑みるに、乳酸除去という観点がクールダウンの生理学的効果に必ずしも合致していないのではないかと考えられる。そのため、今後の検討課題として、乳酸除去や筋痛の予防といった観点以外でのクールダウンの生理学的効果を検証する実験が必要であると考えられる。そのためには、疲労感の評価方法の確立やクールダウンの実施方法、実施時間などを統一したプロトコルにおける実験を行うことが必要なものと考えられる。

文献

- 1) 出村慎一：健康・スポーツ科学の基礎，杏林書院：東京，pp.165-167，2009.
- 2) 青木純一郎：ウォームアップとクールダウン，健康体力づくり事業財団：東京，pp.197-220，1993.
- 3) 形本静夫：ウォームアップとクールダウンの生理学，青木純一郎・佐藤佑・村岡功編著，スポーツ生理学，初版，市村出版：東京，pp.45-49，2001.
- 4) 天野雅斗・松本孝朗・中野匡隆：運動後の血中乳酸濃度の回復に対する時間軸を変えたクーリングダウン効果，体力科学，55(6)，621，2006.
- 5) 村木里志・前原利彦・菊地邦雄：クーリングダウン時の主動筋群の違いが乳酸除去に及ぼす影響，日本運動生理学雑誌，1(1)，97，1994.
- 6) 石川雄一・山神眞一・岡田泰士・藤原章司・藤元恭子：2回の激運動間におけるクーリングダウンとウォーミングアップが血中乳酸の動態とパフォーマンスに及ぼす影響について，香川大学教育学部研究報告，I，19-26，2005.
- 7) 田中邦彦・寺田光世・原田明正：血中乳酸からみたクーリングダウンの至適強度に関する研究，日本体育学会大会号，43A，323，1992.
- 8) 八田秀雄：乳酸と運動生理・生化学，第一版，市村出版：東京，pp.97-109，2009.
- 9) 高梨泰彦・高島直美：運動指導の基本，宮下充正・武藤芳照・白山正人・平野裕一編，フィットネスQ&A，第一版，南江堂：東京，p.117，1989.
- 10) 河野照茂：運動処方作成演習，万木良平監修，スポーツ医学の基礎，初版，朝倉書店：東京，p.199，1993.
- 11) Roberta YW Law, Robert D Herbert: Warm-up reduces delayed-onset muscle soreness but cool-down does not: a randomized controlled trial: Australian Journal of Physiotherapy. 53: 91-95, 2007.
- 12) 窪田登：スポーツ人間になれるボディ・コンディショニング，CBS・ソニー出版：東京，pp.70-71，1981.
- 13) 姫野重行：ウォーミングアップとクーリングダウン，(財)日本陸上競技連盟医事委員会トレーナー部会編 改訂版/トレーナーからのアドバイス，陸上競技社：東京，pp.14-15，1997.
- 14) 賀来正俊：スポーツ内科アカデメイアスポーツを科学的に実践するために一，南江堂：東京，p.144，1998.
- 15) 小柳好生・和久貴洋：傷害予防を目的としたコンディショニングの方法と実際，(財)日本体育協会 公認アスレティックトレーナー専門科目テキスト—第6巻一，文光堂：東京，pp.181-184，2007.
- 16) 池田誠剛：ウォーミングアップとクーリングダウンの方法と実際，(財)日本体育協会 公認アスレティックトレーナー専門科目テキスト—第6巻一，文光堂：東京，pp.272-279，2007.
- 17) 波多野義郎・竹田憲司・山田俊二：健康体力づくりのスポーツ科学，第一版，同朋舎出版：京都，pp.99-100，1987.
- 18) 青木純一郎：運動の基本，(財)健康・体力づくり事業財団編，ぎょうせい：東京，pp.203-

- 204, 1988.
- 19) 南谷和利：生涯スポーツを楽しむ健康づくりのサイエンス，初版，サンウェイ出版：東京，pp.128-129, 2001.
 - 20) 中野昭一・竹宮隆：運動とエネルギーの科学 杏林書院：東京，pp.250-251, 1996.
 - 21) 猪飼道夫：現代トレーニングの科学，初版，大修館書店：東京，pp.265-266, 1968.
 - 22) 浅尾秀樹：運動と体力づくり，後藤俊・岡野五郎・晴山紫恵子・川初晴典編，体力・健康と運動科学，杏林書院：東京，p.131, 1995.
 - 23) 清田浩伸：ウォーミングアップとクーリングダウン，全国高等学校体育連盟陸上競技部編，ジュニア陸上競技マニュアル，陸上競技社：東京，pp.18-19, 2006.
 - 24) Edward. L. Fox：スポーツ生理学，初版，大修館書店：東京，pp.79-81, 204-206, 1982.
 - 25) 津田清美：ウォーミングアップとクーリングダウン，(財)日本陸上競技連盟医事委員会トレーナー部会編，アスリートのためのコンディショニング，陸上競技社：東京，pp.36-37, 2010.
 - 26) 三輪一義：クーリングダウン，浅井宏祐編，臨床スポーツ医学—スポーツ医科学キーワード—，文光堂：東京，pp.148-149, 1999.
 - 27) 浦辺幸夫：アフターケア，黒田善雄編，スポーツのためのセルフケア，文光堂：東京，pp.120-125, 1996.
 - 28) 山本利春：測定と評価，第一版，ブックハウス・エイチディ：東京，pp.147-151, 2001.
 - 29) Allan J. Ryan・Fred L. Allman：Sports Medicine. Academic Press：New York，pp.613-614, 1974.
 - 30) pollock. Michael. L：Health and fitness through physical activity, Wiley&Sons. Inc：Canada，pp.233, 1978.
 - 31) W. D. McArdle・F. I. Katch・V. L. Katch：運動生理学～エネルギー・栄養・ヒューマンパフォーマンス～，杏林書院：東京，pp.117-118, 1992.
 - 32) J. G. P. Williams：Sports Medicine. Edward Arnold LTD：London，p.23, 1962.
 - 33) Michael. Kent：The Oxford Dictionary of Sports Science and Medicine, OXFORD UNIVERSITY PRESS：New York, 1994.
 - 34) 砂川力也・園部豊：練習後のクーリングダウン実施状況に関するアンケート調査，トレーニング科学，21(2)，219-224, 2009.
 - 35) 浅見俊雄・万木良平・山崎省一：ウォーミングアップとクーリングダウンに関するアンケート調査，昭和58年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告，VI，51-73, 1983.
 - 36) George T. Bresnahan・Francis X. Cretzmeye：Track and Field Athletics, 第一版，杏林書院：東京，p.12, 1962.
 - 37) 青木純一郎：クーリングダウンの生理学，Jpn J Sports Sci 7 (10)：628-632, 1988.
 - 38) 高梨泰彦：疲労を回復するための休養法，湯浅景元・青木純一郎・福永哲夫編，体力づくりのためのスポーツ科学，朝倉書店：東京，pp.114-121, 2001.
 - 39) J. Karvonen：Importance of Warm-up and Cool Down on exercise Performance. Medicine in sports training and coaching, vol 35, Karger：Switzerland，pp.189-214, 1992.
 - 40) 八田秀樹：乳酸は疲労物質ではなく酸化基質，体育の科学，59(3)，pp.162-167, 2009.
 - 41) Sharkey, Brian J：Physiology of fitness, 3rd ed, A Division of Human Kinetics Publishers, Inc：America，p.404, 1990.
 - 42) 麻場一徳：オーバートレーニング，勝田茂編，運動生理学20講，初版，朝倉書店：東京，p.156, 1993.
 - 43) 八田秀樹：運動時の疲労に関する新しい見方，臨床スポーツ医学，25，pp.6-11, 2008.
 - 44) ジェロルド・S・グリーンバーグ・デービット・パークマン：フィジカルフィットネス—ウエルネス・アプローチ—，ベースボール・マガジン社：東京，p.94, 1989.
 - 45) 石井直方：NSCA 決定版ストレングストレーニング&コンディショニング，第一版，ブックハウス・エイチディ：東京，p.469, 1999.
 - 46) 高柳茂：スポーツ医学講座，第一版，太陽社：東京，p.386, 1962.
 - 47) 石井直方：運動を始める前に，東京大学身体運動科学研究室編，初版，東京大学出版会：東京，p.118, 2009.
 - 48) 猪飼道夫・池田恒夫：スポーツの科学。ベースボール・マガジン社：東京，p.192, 1972.
 - 49) Copeland, R. (ed)：Webster's sports dictionary. G. & C. Merriam：Springfield, 1972.
 - 50) Fox, E. L and D. K Mathews：The physiological basis of physical education and athletics, 3rd ed. Saunders College：

Philadelphia, 1981.

- 51) 猪飼道夫：現代トレーニングの科学，初版，大修館書店：東京，pp.265-266，1968.
- 52) de Vries, H. A. : Physiology of exercise for physical education and athletics, 4th ed. Wm. C. Brown : Iowa, 1967.
- 53) 猪飼道夫：運動生理学入門，杏林書院：東京，pp.198-199，1968.