

博士論文

ピリオダイゼーションに着目した  
サッカー選手のコンディションに関する検討

平成 24 年度

中 村 大 輔

筑波大学

## 目次

本研究で使用する略語と記号

### 第1章 序論

1.1 研究の背景	・・・1
1.2 本研究の目的	・・・9

### 第2章 本研究の課題，仮説，手法

2.1 本研究の課題	・・・10
2.2 本研究で用いた手法	・・・11
2.2.1 被験者	・・・11
2.2.2 年間トレーニングの期分け	・・・11
2.2.3 パフォーマンステスト	・・・12
2.2.4 口腔内局所免疫の評価法	・・・13

### 第3章 シーズンを通じた高強度ランニングパフォーマンスの変動

#### (研究課題1：実験1)

3.1 目的	・・・15
3.2 対象および方法	・・・15
3.3 結果	・・・17
3.4 考察	・・・17
3.5 結論	・・・24

## 第4章 プレシーズンおよび試合期における口腔内局所免疫の変動

### (研究課題2: 実験2-1, 2-2)

#### 4.1 プレシーズン(高強度トレーニング期)における口腔内局所免疫の変動と

##### URTIの関連(研究課題2: 実験2-1)

4.1.1	目的	…25
4.1.2	対象および方法	…25
4.1.3	結果	…26
4.1.4	考察	…35
4.1.5	結論	…37

#### 4.2 試合期における口腔内局所免疫の変動と URTI の関連

##### (研究課題2: 実験2-2)

4.2.1	目的	…38
4.2.2	対象および方法	…38
4.2.3	結果	…41
4.2.4	考察	…48
4.2.5	結論	…50

## 第5章 オフトレーニング期における TR 量の減少または TR の中止がランニン

### グパフォーマンスに与える影響(研究課題3: 実験3-1, 3-2, 3-3)

#### 5.1 TR の中止がゲームパフォーマンスおよび高強度ランニングパフォーマンス

##### に与える影響(研究課題3: 実験3-1)

5.1.1	目的	…51
5.1.2	対象および方法	…51
5.1.3	結果	…55
5.1.4	考察	…56
5.1.5	結論	…62

5.2	TR量の減少が高強度ランニングパフォーマンスに与える影響 (研究課題3:実験3-2)	
5.2.1	目的	…64
5.2.2	対象および方法	…64
5.2.3	結果	…66
5.2.4	考察	…67
5.2.5	結論	…70
5.3	オフトレーニング期における高強度間欠的ランニングトレーニングが高強 度ランニングパフォーマンスに与える影響(研究課題3:実験3-3)	
5.3.1	目的	…73
5.3.2	対象および方法	…73
5.3.3	結果	…74
5.3.4	考察	…74
5.3.5	結論	…78
<b>第6章 総合討論</b>		
6.1	本研究の目的	…80
6.2	本研究で得られた成果の意義および今後の課題	…80
6.3	本研究で得られた知見をもとにした サッカー選手のコンディショニングの提案	…85
6.4	まとめ	…90
<b>第7章 結論</b>		
		…92
謝辞		…93
参考文献		…95
付記		…109

## 本研究で使用する略語と記号

- ELISA : enzyme-linked immunosorbent assay : 酵素免疫測定法
- FIFA : Federaiotn International Football Association : 国際サッカー連盟
- GPS : Global Positioning System : グローバルポジショニングシステム
- HIR : high-intensity running : 高強度ランニング
- HR : heart rate : 心拍数
- JFL : Japan Football League : 日本フットボールリーグ
- SIgA : secretory immunoglobulin A : 分泌型免疫グロブリン A
- TR : training : トレーニング (練習)
- URTI : upper respiratory tract infection : 上気道感染症
- VMA : velocity of maximum aerobic : 最大有酸素性スピード
- Yo-YoIE2 test: the Yo-Yo intermittent endurance level 2 test
- Yo-YoIR2 test: the Yo-Yo intermittent recovery level 2 test

## 第1章 序論

### 1.1 研究の背景

サッカーは世界で最も愛好されているスポーツの1つであり、多くの人々がその勝敗に一喜一憂する。近年は各国の国内リーグだけでなく、欧州チャンピオンズリーグやアジアチャンピオンズリーグ、また各国の代表チームが集う FIFA (Fédération Internationale de Football Association) ワールドカップ™、各大陸選手権など試合数の増加により、選手は以前より多くの試合を年間に消化しなければならない傾向にある。この傾向は世界で活躍するトップレベルの選手のみならず、国内における育成年代における地域リーグ設立や、トーナメント方式よりもリーグ戦方式に試合形式が移行していることから、サッカー界全体の動向であると理解できる。よって、育成年代からトップレベルの選手に至るまで、選手が最良のパフォーマンスを発揮するために、どのようにコンディショニングを行うべきかという課題はサッカーの競技力向上という観点からも非常に重要である。

サッカー選手のみならず、アスリートにおけるコンディショニングにおいては、選手のコンディション評価を行うことが基本となるが (トレーニング科学研究会, 1995)、それに加えて、全体のトレーニング (Training : TR) 期間を各 TR 周期に区分するピリオダイゼーション (期分け) の概念を適用することが有効であると考えられている (Bompa 2006, Bompa & Carrera, 2005, Lorenz et al., 2010, Marshall, 2006)。一般にピリオダイゼーションでは、年間のトレーニングサイクルをマクロサイクルとして捉え、数ヶ月ごとのメゾサイクル、週および日ごとの計画であるマイクロサイクルに区分し、TR の計画および実行が行われる。このピリオダイゼーションのモデルは、「準備期」、「試合期」、「移行期」、であり、筋力や持久力の向上 (Bompa 2006; Bompa et al., 2005; Matveyev et al., 1966; National strength and conditioning association [NSCA], 2002; Hermassi et al., 2011; 田中ら, 2009) やリハビリテーション (Lorenz et al. 2010)、栄養摂取 (Houtkooper et al., 2012; Stellingwerff et al., 2012) におけるプランニングおよび TR に用いられている。

実際の競技現場における観点から考えると、ほとんど全ての競技において「準備期」、

「試合期」, 「移行期」に対応するメゾサイクル, そして年間スケジュールが存在する (NSCA, 2002). 水泳選手を対象とした研究では, 試合期のスケジュールに合わせ, Build up, Specialty, Taper, Post-competition の4つのTR期に区分し, 各TR期におけるTR時間やTR日数の比較, 検討を行っている (Stewart et al., 2012). バスケットボール (Anderson et al., 2003; Bompa et al., 2005), テニス (NSCA, 2002), アメリカンフットボール (Bompa et al., 2005; Feeley et al., 2008), ラグビー (Baker, 2001; Gabbett & Domrow 2005; Marshall, 2006), 野球 (Posner et al., 2011), ハンドボール (Hermassi et al., 2011; 田中ら, 2009), 冬季スポーツ競技 (Bompa et al., 2005) など同様に, それぞれの試合期を念頭に入れてTRの期分けが行われている.

サッカーにおいては競技レベルや年齢, 地域によって試合数やシーズンの開始時期が異なるが, 「準備期」をプレシーズン, 「試合期」または「シーズン」, 「移行期」をオフシーズンまたはオフトレーニング期, あるいは中断期として, 各TR期に分けられる (Bangsbo, 2007; Baxte, et al., 1993; Hoshikawa, et al., 2005; Kalapotharakos et al., 2006; Krusturup et al., 2006; Metaxas et al., 2006). 一方, 我が国のJリーグや欧州の各リーグにおいて計画される試合は年間約40試合におよび, 更に代表選手としての試合出場や, 各大陸で行われる国際大会に出場すると年間に70試合近くの試合を消化することになる. このような試合スケジュールから, 選手が試合期において, 最適なパフォーマンスが発揮できるように, コンディションの向上に対して積極的に働き掛ける“攻めのコンディショニング” (トレーニング科学研究会, 1995) を行うだけでなく, コンディションの低下を防ぐためのコンディショニングを行う必要がある.

サッカー選手がコンディションを崩す原因は大きく分けて2つあり, 1つは上気道感染症 (Upper Respiratory Tract Infection : URTI ; いわゆる “かぜ”) など, 内科的疾患への罹患によるコンディションの低下 (Daniels et al., 1985) であり, 高強度TRの継続と URTI の罹患リスクには関連があると考えられている (Nieman, 2000, Fig. 1-1). もう一方は, 整形外科的外傷・障害によるコンディション低下が挙げられる. 選手のコンディションと密接な関係にある体力要素は, 一般に2種類に分類され, 筋力や持久力などに代表される行動体力と, 各種ストレスに対する抵抗力として評価される防衛体力に分けられる (猪飼, 1961, Fig. 1-2). 防衛体力の中でも, 生物学的ストレスから身

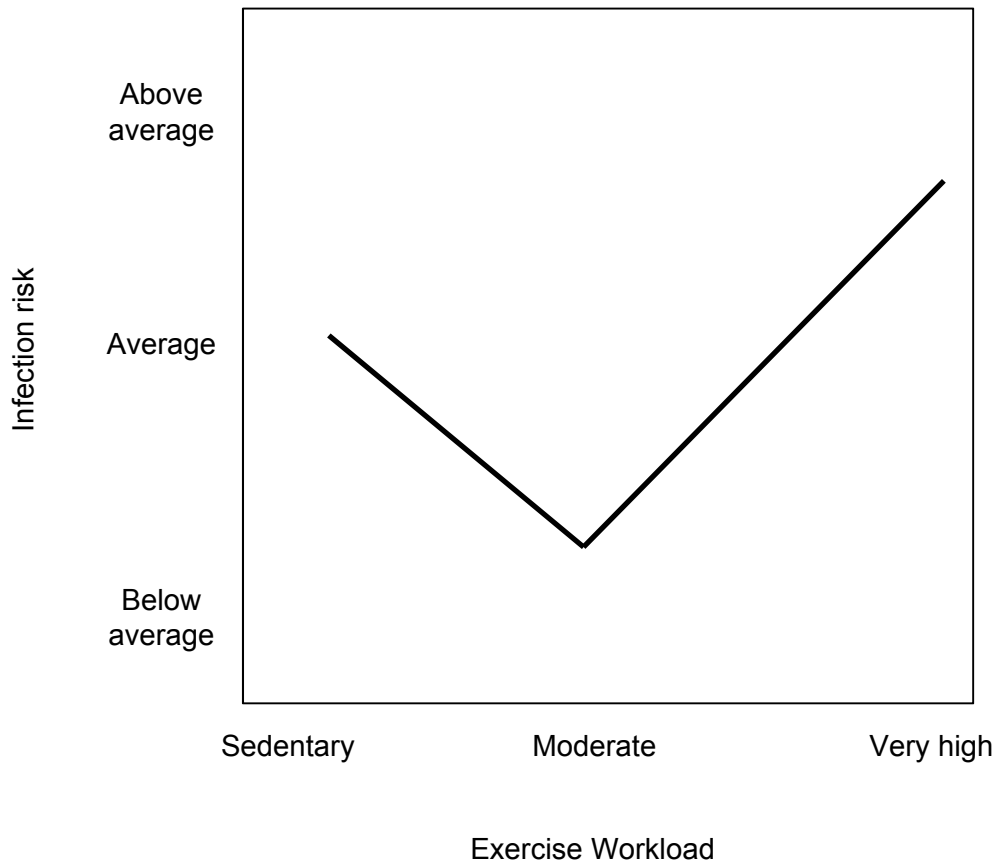


Fig. 1-1. J-Shaped model of relationship between infection risk and exercise workload (Nieman, 2000).

This model suggested that moderate exercise may lower risk of respiratory infection while excessive amounts may increase the risk.



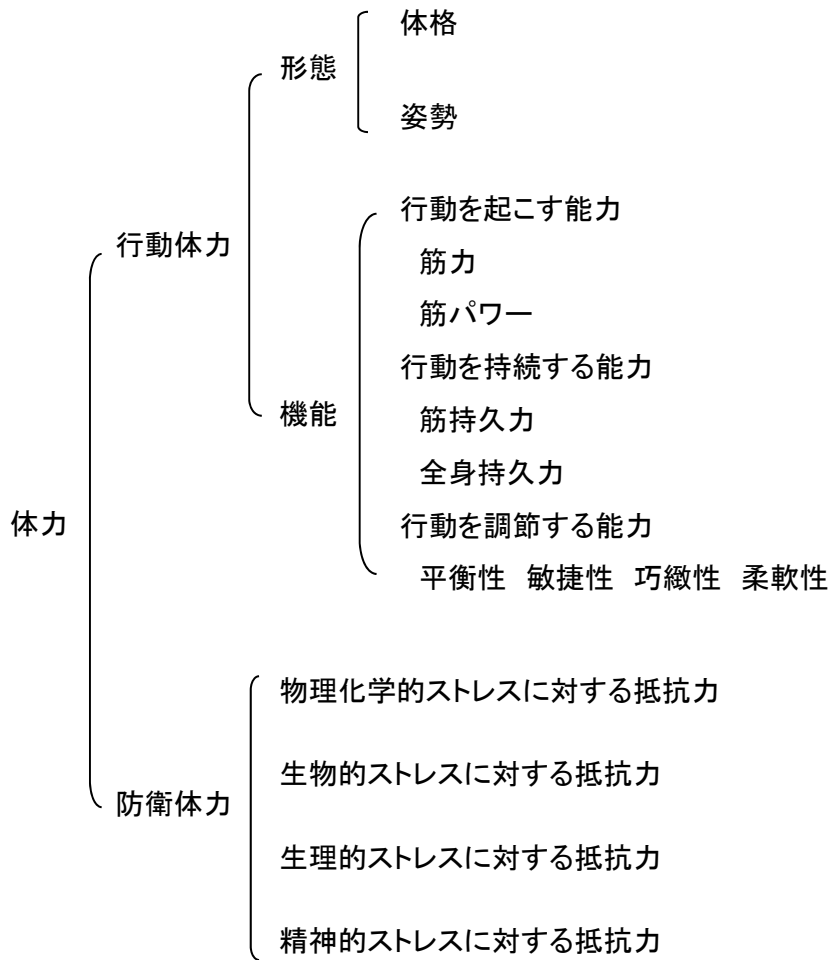


Fig. 1-2. 体力の分類 (猪飼, 1961).

を守るシステムは免疫系と呼ばれ、URTI などの感染症の原因となる細菌やウイルスが体内に侵入するのを防ぎ、生体防御の中心として働いている (河野, 1992)。

分泌型免疫グロブリン A (secretory immunoglobulin A: SIgA) は病原菌やウイルスなど、感染症の原因となる抗原の侵入に対し口腔や鼻腔において第一線での防御を担っている (Bishop et al., 2000; Mackinnon, 1997; Tomasi et al., 1965)。これまでの先行研究において SIgA レベルは、高強度運動の継続 (Mackinnon et al., 1993a; Mackinnon et al., 1994; Glesson et al., 2000a; Glesson et al., 2000b) や一過性の高強度運動後 (秋本ら, 1998; McDowell et al., 1992; Tharp et al., 1990) に低下することが明らかになっている。秋本ら (1998) はマラソンレース前後の唾液分泌量および SIgA レベルの検討を行い、マラソンレース直後において、双方とも有意に低下したことを報告している。また Mackinnon et al. (1994) は競技ランナーを対象にして、最大酸素摂取量の 75% 強度でのトレッドミルランニングを 90 分間、3 日間連続して行った結果、練習後の SIgA レベルが 1 日目と比較して、2 日目、3 日目で有意に低下したことを報告している。

これらの結果から URTI の発症に SIgA レベルの低下が関係していると考えられ、アスリートを対象に URTI の発症と SIgA レベルとの関係をモニタリングする試みが行われている (Fahlman et al., 2001; Gleeson et al., 1999; Glesson et al., 2000b; Klentrou et al., 2002; Mackinnon et al., 1989; Mackinnon et al., 1993b)。Glesson et al. (1999) は水泳選手を対象として、各月の TR 量と SIgA レベルおよび URTI の発症との関係を調査した結果から、SIgA レベルをモニタリングすることで URTI の症状の発症を予測できる可能性を指摘している。

また、SIgA レベルは運動による影響のみならず、精神的な影響でも変動 (低下) する可能性が報告されている (Jemmott et al., 1983)。Teipel et al. (1994) はプロサッカー選手および大学サッカー選手を対象として、試合の結果やリーグの順位に関して選手が感じる精神的ストレスを調査した結果、試合結果 (内容) によっては、選手が大きなストレスを受けることを指摘している。これらの点から身体的、精神的にもストレスが掛かる試合期においては、SIgA レベルの低下が誘発され URTI に感染するリスクが高い状況下で選手がプレーを行っている可能性が考えられる。サッカー選手 (Dvorak et al., 2011) のみならず、マラソン選手 (Nieman, 1990)、ウルトラマラソン選手 (Peters

et al., 1983; Peters, 1990), 我が国のオリンピック選手団の報告 (河野, 1992), レスリング選手 (清水, 2008), エリートスケート選手 (飛田, 2007), 女子バスケットボール選手 (Anderson et al., 2003) など幅広い競技種目における疫学的調査の結果からも, 試合期における URTI への罹患リスクが高いことが想像できる. また, 試合期の前に位置づけられるプレシーズンは, 試合期に向けてコンディションを高めることだけでなく, チームとしての戦術理解度を向上させる TR 期間である (トレーニング科学研究会, 1995) 点や, 罹患のタイミングによっては試合でのパフォーマンス発揮に悪影響を与える可能性がある点を考慮すると, 試合期同様, URTI に罹患しコンディションを崩すことは避けなければならない.

これらの観点からプレシーズンや試合期において URTI の罹患リスクを把握することが, サッカー選手のコンディショニングを行う上で有効であると考えられる. しかしながら, アスリートを対象として SIgA レベルの変動と URTI の発症を詳細に評価した研究は僅かであり (Gleeson et al., 1999; Mackinnon et al., 1993b), サッカー選手を対象として, 日々の SIgA レベルの変動と URTI の症状の発症との関係を詳細に調査した報告はない. 従って両者の関係が明らかになれば, コンディションを崩す要因となる URTI の罹患予防を目的としたコンディショニングを行う際の有用な手がかりとなる可能性がある.

一方, スポーツ外傷・障害に関しては, プレシーズンや中断期間後に多く発症することが報告されている. Moore et al. (2011) らは育成年代のサッカー選手を対象とした 5 年間におよぶ膝の障害調査において, その発生傾向に二峰性の特徴があることを指摘している. この 2 つのピークの 1 つは, オフトレーニング期後のプレシーズン, もう 1 つはクリスマス休暇後の 1 月下旬から 2 月, つまり中断期後であった. また, プロサッカー選手を対象とした外傷・障害調査 (Woods et al., 2004) においても同様の傾向が報告されていることを考えると, 特にプレシーズンにおける外傷・障害の発生件数は, 競技年代に関わらず多い傾向であると理解できる (Fig. 1-3). その他, アメリカンフットボール (Feeley et al., 2008), ラグビー (Brooks et al., 2005a; Brooks et al., 2005b; Gabbett, 2000; Gabbett, 2005), 野球 (Posner et al. 2011), バスケットボール (Anderson et al., 2003), 水泳 (Wolf et al., 2009) などの競技においてもプレシーズ

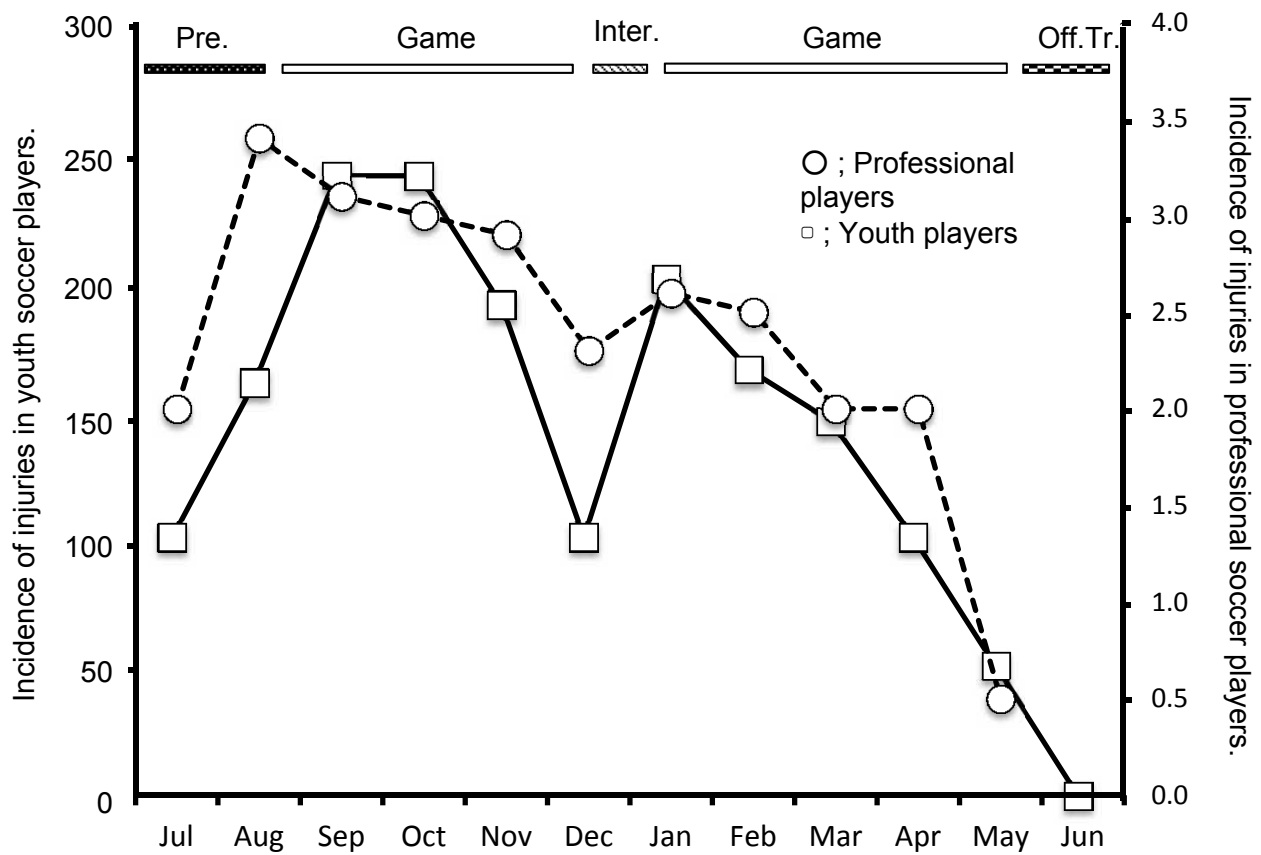


Fig. 1-3. Injuries incidences in soccer players throughout a year.  
(modified from Hawkins et al. 2001 and Moore et al. 2011)  
○ ; injuries in monthly competitive matches of Professional soccer players  
(scales are right bar).  
□ ; injuries in total monthly incidence of youth soccer players  
(scales are left bar)  
Pre. : Preseason period, Game : Game period,  
Inter. : Mid. season brake or Interruption period,  
Off. Tr. : Off-training period after competitive season.

ンや TR キャンプ前期に外傷・障害の発生件数が多い傾向が認められる。このような背景として、TR の中断による筋力、持久力など、選手の身体的パフォーマンスと直接関係する行動体力の不良が指摘されている (Hawkins et al., 2001; Moore et al., 2011; Woods et al., 2004)。

サッカー選手やチームのコンディション評価には、筋力 (Cometti et al., 2001) や持久力 (Casajus et al., 2001)、運動に対する血中乳酸値の変化やフィジカルテスト (Brady et al., 1997; Krusturp et al., 2006; Lemmink et al., 2004; McMillan et al., 2005) など、ゲームパフォーマンスと直接関係すると考えられる行動体力要素が用いられる。McMillan et al. (2005) は、シーズンを通して最大下運動時における血中乳酸値の変動をフィジカルコンディションの指標として調査した結果、シーズン開始時が最もその値が高かったことを報告している。同様に、Greece1 部リーグに所属するプロサッカー選手を対象として、最大酸素摂取量の変動を調査した報告においても、プレシーズン開始直後が最も低値であったことが報告されている (Metaxas et al., 2006)。しかしながら、このような体力要素を用いたコンディション評価は、同一負荷でテストを行うことでその変化を捉え易い反面、実際のゲーム中におけるパフォーマンスとの関係も考慮して評価する必要がある。

近年の映像技術の進歩やコンピューターソフトの開発によって、サッカー選手の試合中の移動距離を評価する方法やプログラムが開発され、選手のゲームパフォーマンス評価に用いられている (Di salvo et al., 2009; Helgerud et al., 2001; Krusturp et al., 2003; Mohr et al., 2003; Rienzi et al., 2000)。Di salvo et al. (2009) はスタジアムに設置された 8 台以上のビデオカメラの映像から、瞬時に選手の移動距離、移動スピードを計測することが可能である Prozone®を用いてゲーム中のフィジカルパフォーマンスを分析している。Randers et al. (2010) は GPS (Global Positioning System) やビデオ分析を用いてゲーム中のフィジカルパフォーマンスを分析し、それぞれの手法で得られた結果には多少の差異があることを確認した一方で、これらの手法がゲーム中のフィジカルパフォーマンス評価に有効であると結論づけている。しかし、これらの手法は技術的な問題や設備投資を含めた経費の問題があり、汎用性のある方法ではない。加えて、試合中における移動距離は、その試合の状況 (相手、得点、天候、順位など) に大

大きく影響を受けるという特徴があり、選手のフィジカルコンディション評価にゲーム中のフィジカルパフォーマンスのみを用いることは妥当でない。つまり、サッカー選手のフィジカルコンディションの評価は、ゲームパフォーマンスとフィジカルテストで得られた結果の双方を基に評価することが望ましいと考えられる。しかしながら、これまでの先行研究において、両指標を用いてサッカー選手のフィジカルコンディションを評価した例はない。

これらの点から、TR の中止や中断によってフィジカルコンディションが変動することが予想されるオフトレーニング期や試合中断期では、フィジカルコンディションの低下を防ぐことを目的としたコンディショニングが行われる必要がある。特に、試合の再開を控える中断期では、これまで蓄積された疲労に対する心身のリフレッシュを図る目的もあり、コンディションのマネージメントは非常に難しい。しかしこのような期間が、選手のフィジカルコンディションに与える影響や、それらを維持するための TR の科学的検証はほとんど行われていない (Christensen et al., 2010)。

従って、オフトレーニング期や中断期における TR の中止や TR 量の減少が、サッカー選手のフィジカルコンディションにどのような影響を与えるか検証することは、年間を通した視点からコンディショニングを行う上で必要不可欠であると考えられる。

## 1.2 本研究の目的

本研究はプレシーズン、試合期、オフトレーニング期における問題点に着目し、サッカー選手のコンディションを行動体力および防衛体力の両指標を用いて明らかにすることを目的とした。

## 第2章 本研究の課題，仮説，手法

### 2.1 本研究の課題

本研究では，サッカー選手を対象として，(1) シーズンを通じた高強度ランニングパフォーマンスの変動，(2) プレシーズンおよび試合期における口腔内局所免疫の変動，(3) オフトレーニング期における TR 量の減少または TR の中止がランニングパフォーマンスに与える影響，以上3つの研究課題について検討し明らかにする。

これらの課題を明らかにすることで，理想的なサッカー選手のコンディショニングに関する有益な知見を提供できるものとする。

#### 研究課題 1: シーズンを通じた高強度ランニングパフォーマンスの変動

研究課題 1 では JFL (Japan Football League :日本フットボールリーグ) に所属するセミプロフェッショナルサッカー選手および大学サッカー選手を対象として，Yo-YoIR2 test およびスプリントテストをシーズン中およびシーズン後に複数回実施し，(1) 高強度ランニングパフォーマンスがシーズンを通してどのように変化するか，(2) オフトレーニング期を挟んだ場合に，高強度ランニングパフォーマンスがどのように変化するか，の2点について検討した。(実験 1)

#### 研究課題 2: プレシーズンおよび試合期における口腔内局所免疫の変動

研究課題 2 では大学サッカー選手を対象に，プレシーズンにおいて口腔内局所免疫をモニタリングし，その変動と URTI の発症の関係について検討することを目的とした(実験 2-1)。さらに，実験 2-2 ではこれらの関係を試合期において検討した。(実験 2-2)

#### 研究課題 3: オフトレーニング期における TR 量の減少または TR の中止が

ランニングパフォーマンスに与える影響

研究課題 3 では，セミプロフェッショナルサッカー選手および大学サッカー選手を対象として，2週間の TR の中断が，高強度ランニングパフォーマンスおよびゲーム中のフィジカルパフォーマンスに与える影響を検討した(実験 3-1)。次に3週間のオフ

レーニング期における，TR量の減少または中止がYo-YoIR2 test パフォーマンス，スプリントパフォーマンスおよび体組成にどのような影響を与えるか検討した(実験3-2)．実験3-3では，2週間のオフトレーニング期間において週に2回の高強度間欠的ランニングTRを行い，オフトレーニング期間前後においてYo-YoIR2 test パフォーマンスおよび最大有酸素性スピード（VMA：velocity of Maximum Aerobic）にどのような変化があるか検討した．

## 2.2 本研究で用いた手法

### 2.2.1 被験者

本研究における被験者は，JFLに所属するセミプロフェッショナルサッカー選手または，大学体育会サッカー部に所属する男子サッカー選手とした．いずれの実験の被験者も競技歴が最低7年以上であり，基本的に週に5日，平均して90分間のTRと週末の試合（公式戦または練習試合）を行うサイクルを約10ヶ月に渡り継続して行った．

### 2.2.2 年間トレーニングの期分け

本研究におけるピリオダイゼーション(期分け)は，先行研究(Bangsbo, 2007; Baxte, et al.,1993; Hoshikawa, et al., 2005; Kalapotharakos et al., 2006; Krstrup et al., 2006; Metaxas et al., 2006)を参考に以下の通りとした．

ただし，被験者の所属するリーグによって試合方法や年間スケジュールが異なるため，各章においてそのTR期の位置づけを説明する．

プレシーズン (Preseason) ; 年間シーズンの始まりから試合期までの期間．

試合期 (Game) ; (リーグ戦開始前の1-2週間の準備期間を含む) 試合期間．

オフトレーニング (Off-training) ; (後に試合再開がある) 試合中断期または 試合期終了から翌年のプレシーズンまでの期間．



### 2.2.3 パフォーマンステスト

#### A. The Yo-Yo intermittent recovery level 2 (Yo-YoIR2) test

Yo-YoIR2 test の測定は、Bangsbo (1994) の報告を参考にした。Yo-YoIR2 の測定は、まず、20 m 間隔でコーンを 2 か所設置し片方をスタート地点とした。選手はスタート地点に立った後に、MD プレーヤーから流れるシグナルに合わせて 20 m を往復する。往復のランニングが終了した後に、10 秒間のアクティブレストが設けられている。この間に、5 m 離れたもう一つのコーンを往復してからスタートラインに戻り、次のランニングに備えなければならない。選手は、この作業をできるだけ長く続けられるように努力し、決められた時間で 20 m の往復ができない場合に警告とし、2 回目の警告をテストの終了とした。一度にテストを行う人数は最大 7 人までとし、警告の判断を行う人物は公正を期するため、同一人物が行った。各レーンの横幅は 2 m とした。

#### B 最大有酸素性スピードテスト (Velocity of Maximum Aerobic ; VMA)

VMA の測定は JFA フィジカル測定ガイドライン (日本サッカー協会, 2004) を参考にした。まずスタート地点から 125 m 離れた地点にコーンを置き、そのコーンから 6.25 m 間隔でコーンを 30 個設置した。選手はスタート地点に立ち、スタートの合図で 125 m 離れたコーンまで 45 秒以内でランニングを行い、ゴールした後に、15 秒かけて 6.25 m 離れた次のコーンまで移動する。次に、131.25 m (125 m + 6.25 m) 離れたスタート地点まで 45 秒以内に移動し、スタート地点で 15 秒間の休息をとる。今度は、137.5 m 離れたコーン (125 m + 6.25 m + 6.25 m) まで再び 45 秒以内で移動し、次の 15 秒間で再び 6.25 m 先のコーンに移動する。その後、再び 45 秒以内にスタート地点まで (143.75 m) 移動する。

選手はこの作業をコーンの数を増やししながら (6.25 m ずつ走行距離が増加) 行い、45 秒以内に走り切れなくなるまでテストを行った。測定はランニングタイムと、インターバルタイムが正確に計測できる時計 (プロスペックス SBDF007, Seiko, 日本) を用いて、計時計測者および、結果判定者 2 名の 3 名で行った。制限時間半分と制限時間終了時に笛を用いて合図を行い、時間の経過および結果の判定を選手に伝えた。またランニングタイムの終了 5 秒前および、インターバルタイム終了の 5 秒前よりカウントダ

ウンを行った。結果は選手が完全に走破できた本数とし、その後時速に換算し、最大有酸素性スピードとした。

#### C 20m スプリントテスト

20m スプリントタイムの測定は、光電管システム (Wireless Sprint System, Brower timing system, USA) を用いて行った。20m スプリントタイムの測定は十分な休息をあけて2度行い、タイムの良い方を記録とした。スタートはスタンディングスタートとし、選手の任意の後足はスタートマットに触れた状態で静止させ、前足はスタートラインにセットするように指示した。測定者が静止を確認した後に、選手は任意のタイミングでスタート動作を行った。スプリントタイムは、選手の後足がスタートマットから離れた直後から、スタートラインより20m先に設置された2つの光電管システムの間で身体の一部が到達するまでの時間とした。タイム計測の精度は、0.001秒であり、反応時間は含めず測定を行った。

### 2.2.4 口腔内局所免疫の評価法

#### A 唾液採取法

唾液採取法は、秋本ら (秋本ら, 1998) の報告に従って行った。まず、1回あたり蒸留水30mlで計3回、口腔内を十分にゆすぎ、その後口腔内の水分を吐き出させた。5分間の座位安静後、口腔内に貯留した唾液を嚥下した後、無味滅菌綿 (SALIVETTE : SARSTEDT, Germany) を1分間咀嚼することによって、新たに分泌された唾液を綿に吸い取らせて唾液を採取した。被験者には唾液採取の90分前から飲食を控えるように指示した。試料は採取後ただちに3000 rpm, 5分間遠心分離して唾液を回収し、容量を測定後、分注して-80℃で冷凍保存した。

#### B SIgA の定量

唾液中 SIgA の測定には抗 SC (secretory component) 抗体と抗 IgA 抗体を用いて、SIgA を特異的に検出する enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) を用いた。

マイクロプレート (IMMULON-2:DYNATECH, VA, USA) に抗ヒト SC ウサギ IgG (MBL 製, 名古屋, 日本) を 20mM bicarbonate buffer (pH = 9.8) で終濃度 60.5  $\mu\text{g}/\text{ml}$  に希釈し, 各ウェルに 100  $\mu\text{l}$  ずつ加え 4°C, 一晚静置し抗体を固相化した. 翌日, 上清を除き 1% bovine serum albumin (BSA) を含む phosphate buffered saline (PBS) を 250  $\mu\text{l}$  ずつ加え, 室温で 2 時間ブロッキングした. 凍結保存してある試料を 37°C で融解し, 10000 rpm で 5 分間遠心した後, その上清を 1% BSA を含む PBS で 21 倍に希釈し, 標準物質としてヒト SIgA (ORGANON TEKNIKA, U. S. A) を同様に調整し, 各ウェルに 100  $\mu\text{l}$  ずつ加え, Micro mixer (三光純製薬, 東京, 日本) を用いて室温で 1 時間振盪した. 0.05% Tween-20 を含む PBS で 3 回洗浄し, 基礎反応液 (0.43 mg/ml o-phenyldiamine, 0.025 M citric acid, 0.05 M  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , 0.03%  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) (pH = 5.0) を 100  $\mu\text{l}$  ずつ加え 10 分間室温で反応させた. その後 4N 硫酸を 50  $\mu\text{l}$  加え反応を停止させた. 490 nm の吸光度を microplate reader (Bio Rad, U. S. A) によって測定した. 標準物質のヒト SIgA で検量線を作成し, 試料の SIgA を求めた.

唾液中 SIgA の測定は全測定が終了してから一括して行った. また 1 分間に得られた唾液量を唾液分泌速度とし, 唾液中 SIgA 濃度と唾液分泌速度の積から SIgA 分泌速度を求めた.

## 第3章 シーズンを通じた高強度ランニングパフォーマンスの変動

(研究課題 1:実験 1)

### 3.1 目的

セミプロフェッショナルサッカー選手および大学サッカー選手を対象として、Yo-YoIR2 test およびスプリントテストをシーズン中に複数回実施し、1) シーズンを通して、Yo-YoIR2 test パフォーマンスおよびスプリントタイムがどのように変化するか、2) Yo-YoIR2 test パフォーマンスがオフトレーニング期を挟んだ場合にどのような影響を受けるか、の2点について検討することを目的とした。

### 3.2 対象および方法

#### A 対象

##### Yo-YoIR2 test

2004年('04) および2005年('05) シーズンにおいて、JFLに所属した男子セミプロフェッショナルサッカー選手20名 (age  $22.9 \pm 1.8$  years, height  $175.6 \pm 4.1$  cm, body mass  $68.2 \pm 5.3$  kg) および、2005年東京都大学サッカーリーグに所属する男子サッカー選手22名 (age  $20.1 \pm 0.8$  years, height  $174.2 \pm 5.2$  cm, body mass  $64.6 \pm 5.5$  kg) とした。

##### 20 m スプリントテスト

2008年シーズンにおいてJFLに所属したセミプロフェッショナルサッカー選手32名 (age  $23.4 \pm 3.0$  years, height  $176.7 \pm 6.2$  cm, body mass  $69.9 \pm 8.8$  kg) を対象とした。

#### B 実験プロトコル

シーズンを通じたフィジカルコンディションの変動を評価するために、Yo-YoIR2 test および20 m スプリントテストを、先行研究(krustrup et al., 2006; Bangsbo, 1994) を参考に以下のタイミングで測定した。

セミプロフェッショナルサッカー選手

- 1) Preseason start : プレシーズン開始時. (2月初旬)
- 2) Preseason end : プレシーズン開始1か月後. 試合期の10日前. (3月初旬)
- 3) Mid. season brake : 試合中断期間. (9月中旬)
- 4) End of the season : 試合期終了直後. (12月初旬)

大学サッカー選手

- 1) Preseason start : プレシーズン開始時. (2月)
- 2) End of first part of the season : 前期日程終了直後. (6月下旬)
- 3) Interruption : 試験中断期間終了後. (8月初旬)
- 4) End of the season : 試合期終了直後. (10月下旬)

## C パフォーマンステスト

### Yo-YoIR2 test

Yo-YoIR2 test の測定は第2章に記載した方法で行った.

### 20 m スプリントテスト

20 m スプリントタイムの測定は, 第2章に記載した方法で行った.

## D 統計処理

各データは平均値±標準偏差で示した. シーズン中における Yo-YoIR2 test パフォーマンスおよび 20 m スプリントタイムの検討は, 一元配置分散分析 (One-way ANOVA) を用いて行い, 有意差が検出された場合は, Tukey の事後検定を行った.

2004年および2005年シーズンにおいて JFL に所属したサッカー選手を対象に, オフトレーニング期前後の Yo-YoIR2 test パフォーマンスの変動を検討した. 検討には対応のある t 検定 (paired t-test) を用い, 有意水準は 5% 未満とした.

### 3.3 結果

#### 1) シーズンを通した Yo-YoIR2 test パフォーマンスの変動

セミプロフェッショナルサッカー選手におけるシーズンを通した Yo-YoIR2 test パフォーマンスの変動を Fig. 3-1 に示す. '04 シーズンおよび '05 シーズンにおける Preseason start の Yo-YoIR2 test パフォーマンスは End of the season と比較して有意に低値を示した. また'04 シーズンにおいて, Preseason start の Yo-YoIR2 test パフォーマンスは Mid. season brake と比較して有意に低値を示した. 大学サッカー選手におけるシーズンを通した Yo-YoIR2 test パフォーマンスの変動を Fig. 3-2 に示す. Preseason stat における Yo-YoIR2 test パフォーマンスは, End of the season と比較して有意に低値を示した ( $p < 0.05$ ).

#### 2) 2 シーズンに及ぶ Yo-YoIR2 test パフォーマンスの変動

セミプロフェッショナルサッカー選手において, オフトレーニング期後 (Preseason start '05) の Yo-YoIR2 test パフォーマンスと前年のシーズン最後 (End of the season '04) のテストパフォーマンスを比較した結果, Preseason start '05 の値が有意に低値を示した (Fig. 3-3,  $p < 0.05$ ).

#### 3) シーズンを通したスプリントタイムの変動

セミプロフェッショナルサッカー選手におけるシーズンを通した 5, 10, 20 m スプリントタイムの変動を Fig. 3-4 に示す. End of the season における 5, 10, 20 m のそれぞれのスプリントタイムが, Preseason end と比較して有意に低値を示した ( $p < 0.05$ ). 合わせて, End of the season における 10 m のスプリントタイムは Preseason start と比較して有意に低値を示すことが確認された ( $p < 0.05$ ).

#### 3.2.4 考察

本研究の結果, セミプロフェッショナル選手および大学サッカー選手において, Yo-YoIR2 test パフォーマンスはシーズンを通して変動し, Preseason start が最も低値を示すことが確認された. またシーズンを挟んだ Yo-YoIR2 test パフォーマンスの変動

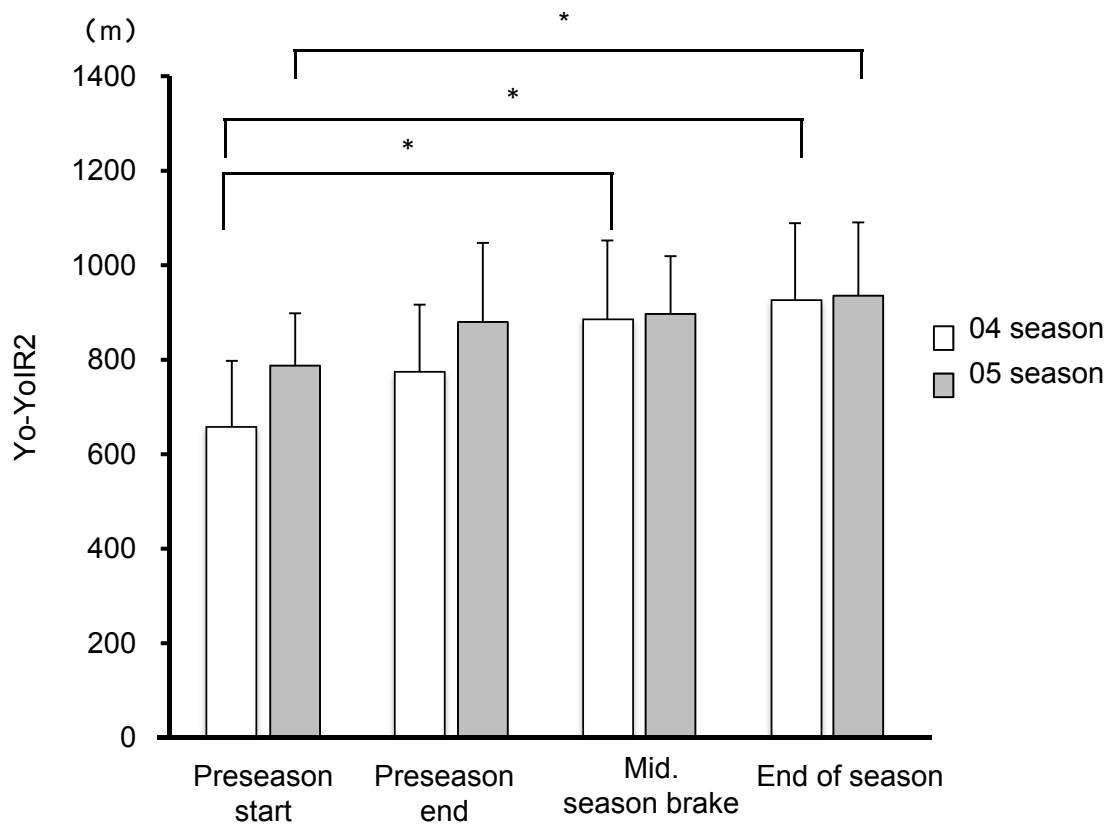


Fig. 3-1. Seasonal variation of Yo-YoIR2 of semi-professional soccer players during successive two competitive seasons. Data are mean  $\pm$  SD. \* :  $p < 0.05$ .

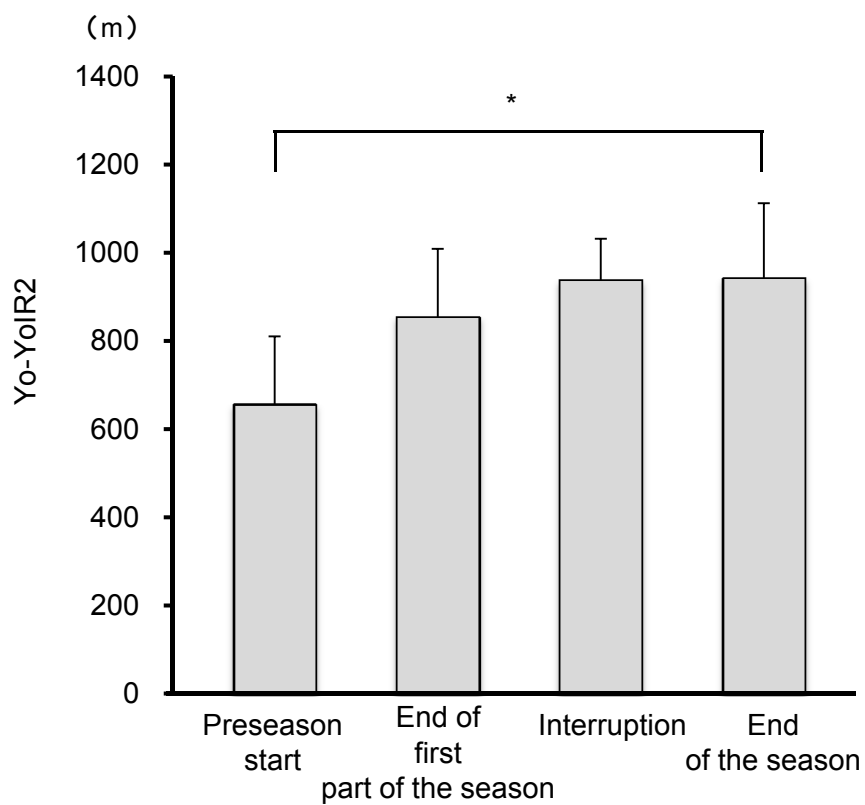


Fig. 3-2. Seasonal variation of Yo-YoIR2 of collegiate soccer players during competitive season.

Data are mean  $\pm$  SD. \* :  $p < 0.05$ .



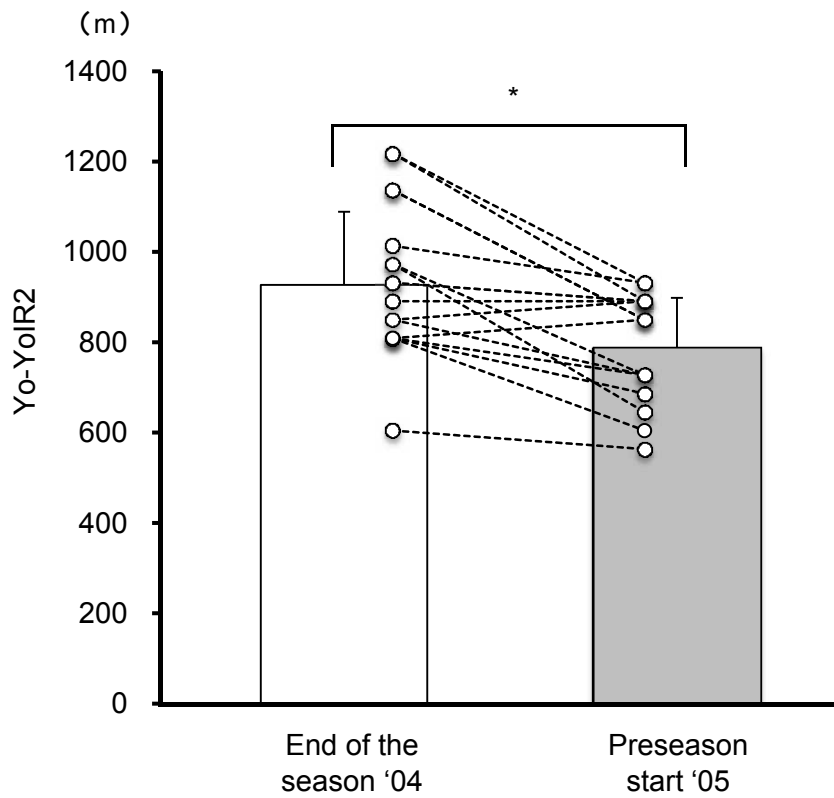


Fig. 3-3. Changes in Yo-YoIR2 after off-training period.  
Data are mean  $\pm$  SD. \* : p < 0.05.

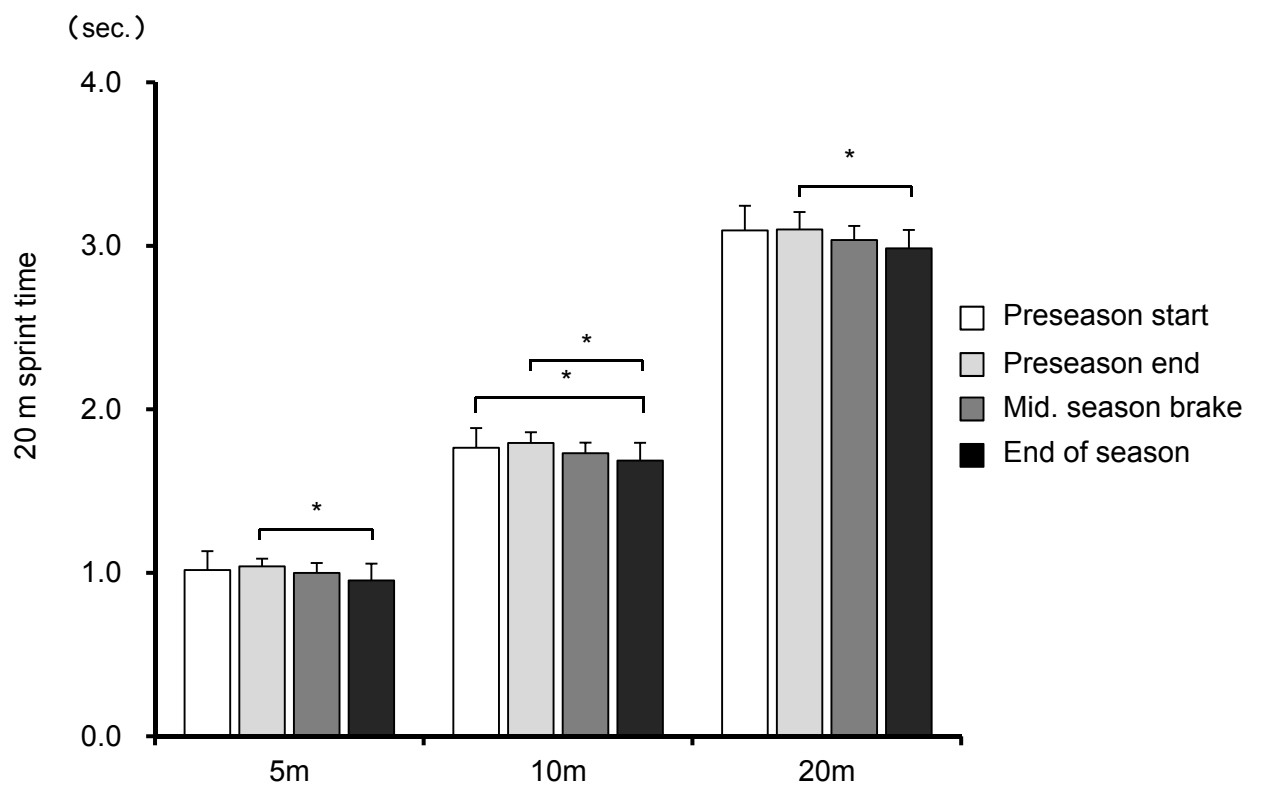


Fig. 3-4. Seasonal variation of sprint time of semi-professional soccer players during the competitive season. Data are mean  $\pm$  SD. \* :  $p < 0.05$ .

を検討した結果、'05 シーズン開始時 (Preseason start '05) における Yo-YoIR2 test パフォーマンスは'04 シーズン終了直後 (End of the season '04) のパフォーマンスと比較して有意に低下していることが確認された。また、スプリントパフォーマンスは、Yo-YoIR2 test パフォーマンスと同様に Preseason start から End of the season にかけて、向上する傾向が見られた。

先行研究において、サッカー選手のフィジカルコンディションはシーズンを通して変動することが示唆されている。Metaxas et al. (2006) は、最大酸素摂取量と体組成の変動をシーズン中に 4 回 (Beginning, Preparation, Middle, End) 測定した結果、体組成の有意な変動は認められなかったが、Beginning の最大酸素摂取量の値が、他の測定時期と比較して有意に低値を示していたことを報告している。また、ユース年代のサッカー選手を対象とした報告 (McMillan et al., 2005) では、年間 6 回の最大下運動時における血中乳酸応答において、TR 開始時が他の測定時期と比較して有意に低値示したが、その他の測定時期では統計的な差異が認められなかったことが報告されている。

本研究や先行研究において、このような傾向が見られた背景として、年間 (シーズン) の最後に優勝チームが決定する競技方式と関係している可能性や、長期に渡る TR や試合の継続により得られた TR 効果など様々な解釈が存在する。しかしながら、シーズンにおける成功を考えた際に、リーグ戦の中盤や終盤においてフィジカルコンディションがシーズン開始時や試合期前半と比較して、大幅に低下することは避けなければならないであろう。年間順位の高低がシーズン中のフィジカルコンディションの変動に関係するか明らかにすることができれば、更に一步進んだ視点からコンディショニングを行うことができるかもしれない。

Yo-YoIR テストは、試合中の高強度フィジカルパフォーマンスと相関関係が報告されている点や、競技レベルによってそのテスト結果に差異があること、測定が簡便である等の理由からサッカー選手のフィジカルコンディション評価に利用されている (Bangsbo, 2007; Krstrup et al., 2003; Krstrup et al., 2006)。Yo-YoIR テストは 40 m (20 m の往復) の距離を 10 秒間のアクティブレストを挟みランニングで往復するテストで、そのランニングスピードが漸増的に増加する。本研究では、Yo-YoIR テストの中から Yo-YoIR2 test を用いてサッカー選手のコンディションを評価した。これま

での報告において、Yo-YoIR2 test パフォーマンスの変化をシーズンを通して検討した例はごく僅かである (Krustrup et al., 2006). 本研究の結果、Yo-YoIR2 test パフォーマンスはシーズンが進むにつれて改善されることが確認された。また、Krustrup et al. (2006) らは、Yo-YoIR2 test パフォーマンスが TR の中断や TR 強度の不足に対して敏感に反応する特性があることを指摘している点を考慮すると、チーム全体のフィジカルコンディションの評価のみならず、選手個人の評価においても Yo-YoIR2 test パフォーマンスによる評価が有用であると考えられる。

Yo-YoIR2 test パフォーマンス同様、年間を通してスプリントパフォーマンスの変動を検討した例は筆者の知る限りない。本研究の結果 20 m スプリントタイムはシーズンを通してタイムが短縮することが確認された。最近のゲーム中のフィジカルパフォーマンス分析に関する報告では、試合中におけるスプリント回数が年々増加している (Disalvo et al., 2009) ことが報告されており、Yo-YoIR2 test のような高強度ランニングを繰り返して行うことができる能力と同様に、単純なスプリント能力もサッカー選手の重要な体力要素の 1 つとして考えられる。特に 10-20 m の範囲でのスプリントは実際のゲーム中における頻度が多く (Bangsbo et al., 1991; Reilly et al., 1976; Verheijen, 1998), 試合を決定づける局面において重要な要因となることが示唆されている (Cometti et al., 2001)。試合中におけるスプリントパフォーマンスは、判断、予測、単純なスプリント能力が複雑に絡み合いスプリントパフォーマンスとして発揮される。従って、単純なスプリントパフォーマンスだけでサッカー選手としてのスプリント能力を評価することは難しい。トータルタイムのみでの評価に留まらず、数メートル範囲での加速力、10 m 以降のスピードの持続力などにも着目しサッカー選手のスプリント能力を多角的に捉えることで、サッカー選手のスプリント能力を評価する必要があるのではないだろうか。

本研究の結果、Yo-YoIR2 test パフォーマンスおよびスプリントパフォーマンスにおいて、Preseason start が最も低値を示すことが確認され、その後 TR を行うことによってそのパフォーマンスが向上することが明らかになった。先行研究において Yo-YoIR2 test は高強度の間欠的な運動を継続する能力を評価するテストであり、高強度の間欠的なスプリント能力と単純なスプリントパフォーマンスとは関係がないこと

が指摘されている (Newman et al., 2004). 本研究において, 両者の変動パターンに類似した傾向が認められたが, 高強度ランニングパフォーマンスの指標としてフィジカルコンディションの評価に利用する際には区別して考える必要があると考えられる. 近年, 試合中の高強度ランニングの重要性が増している (Di salvo et al., 2009) ことから, サッカー選手のコンディショニングにおいて, 高強度のランニングを繰り返すことのできる能力とスプリントスピードの双方のコンディショニングを行うことが求められているのではないだろうか.

選手のコンディションを把握する目的で行われるこれらのフィジカルテストは, その期間における選手自身のフィジカルコンディションの把握のみならず, TR 効果の把握や今後の TR 計画の一助となると考えられる. 従って, フィジカルコンディションの向上を目的として行われるプレシーズンや, 試合の中断期におけるこれらのパフォーマンスの変化をその前後で的確に把握することができれば, それぞれの TR 期に応じたコンディショニングを行う際の有用な指標となる. 加えて, フィジカルテスト変動のみならずゲームパフォーマンスの変動も合わせて評価できれば, 更に効果的な TR 計画を立てることが可能になるであろう.

本研究の結果, サッカー選手のフィジカルコンディションが各 TR 期によって異なることが確認されたことから, 年間を通じた効果的なコンディショニングを行うために, 各 TR 期の特徴を考慮したコンディショニングを行う必要性が示唆された.

### 3.2.5 結論

Yo-YoIR2 test パフォーマンスおよびスプリントパフォーマンスはシーズンを通して変動し, Preseason start が最も低値を示す可能性を示唆した. 定期的にフィジカルコンディションの評価を行うことは, 年間を通して効果的なコンディショニングを行う際の有益な情報となる可能性が考えられた.

## 第4章 プレシーズンおよび試合期における口腔内局所免疫の変動

(研究課題2: 実験2-1, 2-2)

### 4.1 プレシーズン（高強度トレーニング期）における口腔内局所免疫の変動と URTI の関連（実験2-1）

#### 4.1.1 目的

実験1において、サッカー選手のフィジカルコンディションは各TR期において異なることが確認されたことから、それぞれのTR期における効果的なコンディショニングを行う必要性が考えられた。

プレシーズンは試合期に向けた準備期と位置づけられることから、フィジカルコンディション向上を目的としたTRだけでなく、チームとしての戦術理解度を向上させるためのTRが計画される。このようなTR期にURTに罹患し、TRの離脱を余儀なくされることは、選手個人に留まらずチームに対しても影響が大きい。

本研究は、プレシーズンにおけるURTの発症に口腔内局所免疫能評価が有効であるか検討するため、SIgA分泌速度を高頻度でモニタリングし、その変動とURTの発症が関連するか検討する。

#### 4.1.2 対象および方法

##### A 対象およびTR期間

東京都大学サッカーリーグに所属する体育会男子大学サッカー選手31名（age 20.8 ± 1.2 years, height 173.5 ± 5.1 cm, body mass 64.6 ± 5.0 kg）とした。測定期間は2000年2月8日から2000年3月31日までの火曜日から金曜日までとした。この期間は、前年から続くオフトレーニング期後のプレシーズンであった。4月初旬から始まる公式戦（試合期）に向け、前半の1ヶ月間は主にフィジカルコンディションの向上を目的とした、合宿を含む高強度TR期間、後半の3週間は試合への調整期間（Tapering）を含む、サッカーに対する専門的準備期間として位置づけた。練習試合等で大学にて練習を行わない時は測定を中止した。

## B 唾液採取法

唾液採取法は第 2 章に記載した方法で行った。

## C URTI の評価

URTI の評価を行うため、選手は唾液採取日ごとに URTI の症状に関するアンケート (Fig. 4-1-1) を行った。選手は 5 段階評価 (1 が全く当てはまらない, 5 が良く当てはまるとし, 2, 3, 4 と数値が上昇するにつれて, URTI の症状が悪化していることを意味する段階評価) で回答し, 前回の回答と比較して 2 段階以上上昇を示した日を URTI の発症日として評価した。また, 一般的に URTI の症状の潜伏期間が 1 日~3 日と考えられているため (加地, 1978), 発症日の 1~3 日前までを URTI の潜伏期間とした。

## D SIgA の定量

SIgA の定量は第 2 章に記載した方法で行った。

## E Base line の評価

測定期間中, URTI と判断された選手について, URTI の症状を呈していない期間の SIgA 分泌速度の平均値 (Base line) と, その 1 標準偏差 (以後, 1SD) を算出した。URTI の症状のない期間は症状に関する項目の回答が 1 または 2 である期間とした。ただし, URTI の発症日の 3 日前から発症後 1 週間は回答が 1 または 2 であっても Base line の期間に含めなかった。

### 4.1.3 結果

測定期間中, URTI と判断された選手は 31 名中 6 名であった。URTI と判断された選手 6 名について個別に以下の検討を行った。

#### 症例 1 N 選手 (Fig. 4-1-2)

N 選手は URTI に関する項目の回答において 3 月 2 日から 3 月 10 日に鼻水の有無で 2 と回答していたが, 3 月 11 日の回答で 4 と回答したことから, 同日を発症日と判断

		Bad or No				Good or Yes
1	runny nose	1	2	3	4	5
2	coughing, sputum	1	2	3	4	5
3	sore throat	1	2	3	4	5
4	fever	1	2	3	4	5

Fig. 4-1-1. The questioner of self-reported symptoms in URTI.



した。URTI の症状を呈していない期間は 3 月 22 日から 3 月 31 日までであり、その期間の Base line は 214.5  $\mu\text{g}/\text{min}$  であった。発症日の SIgA 分泌速度は 195.3  $\mu\text{g}/\text{min}$  であった。発症日の 3 日前と前日の SIgA 分泌速度はそれぞれ 103.8, 200.5  $\mu\text{g}/\text{min}$  であり、変化率は 3 日前, 前日, 発症日でそれぞれ -52.0, -6.5, -9.0% であった。発症日の 3 日前に Base line と比較して SIgA 分泌速度の低下が確認された。

#### 症例 2 M 選手 (Fig. 4-1-3)

M 選手は URTI に関する項目の回答において 2 月 11 日から 3 月 23 日に鼻水の有無で 1 と回答していたが、3 月 24 日の回答で 5 と回答したことから同日を発症日と判断した。URTI の症状を呈していない期間は 2 月 11 日から 3 月 17 日の期間とし、Base line は 40.0  $\mu\text{g}/\text{min}$  であった。発症日の SIgA 分泌速度は 21.0  $\mu\text{g}/\text{min}$  であった。発症日の 3 日前から発症前日までの SIgA 分泌速度はそれぞれ 17.1, 37.1, 28.6  $\mu\text{g}/\text{min}$  であり、変化率は 3 日前から発症日でそれぞれ -58.0, -8.0, -28.0, -48.0% であった。発症日の 3 日前に Base line と比較して SIgA 分泌速度の低下が確認された。

#### 症例 3 I 選手 (Fig. 4-1-4)

I 選手は URTI に関する項目の回答において 2 月 10 日から 2 月 23 日に鼻水の有無で 2 と回答していたが、2 月 24 日の回答で 5 と回答したことから同日を発症日と判断した。URTI の症状を呈していない期間は 2 月 11 日から 2 月 19 日の期間とし、Base line は 127.1  $\mu\text{g}/\text{min}$  であった。発症日の SIgA 分泌速度は 223.5  $\mu\text{g}/\text{min}$  であった。発症日の 2 日前から発症前日までの SIgA 分泌速度はそれぞれ 126.1, 129.4  $\mu\text{g}/\text{min}$  であり、変化率は 2 日前から発症日でそれぞれ -1.0, 1.0, 75.0% であった。発症日の前の潜伏期間において SIgA 分泌速度の低下は確認されなかった。また、発症日の 5 日前の SIgA 分泌速度は 103.6  $\mu\text{g}/\text{min}$  であり変化率は -18.0% であった。

#### 症例 4 U 選手 (Fig. 4-1-5)

U 選手は URTI に関する項目の回答において 2 月 11 日から 2 月 24 日に鼻水の有無で 1 と回答していたが、2 月 25 日の回答で 4 と回答したことから同日を発症日と判断

した. URTI の症状を呈していない期間は 2 月 11 日から 2 月 20 日の間とし, Base line は 27.6  $\mu\text{g}/\text{min}$  であった. 発症日の SIgA 分泌速度は 24.1  $\mu\text{g}/\text{min}$  であった. 発症日の 3 日前から発症前日の SIgA 分泌速度はそれぞれ 34.4, 28.6, 37.1  $\mu\text{g}/\text{min}$  であり, 変化率は 3 日前から発症日でそれぞれ 24.0, 3.0, 34.0, -13.0% であった. また, 発症日の 5 日前の SIgA 分泌速度は 16.3  $\mu\text{g}/\text{min}$  であり変化率は-41.0% であった. 発症日の前の潜伏期間において SIgA 分泌速度の低下は確認されなかった.

#### 症例 5 A 選手

A 選手は URTI に関する項目の回答において 2 月 12 日から 2 月 19 日に鼻水の有無で 2 と回答していたが, 2 月 22 日の回答で 5 と回答したことから同日を発症日と判断した. URTI の症状を呈していない期間は 3 月 14 日から 3 月 29 日の期間とし, Base line は 46.3  $\mu\text{g}/\text{min}$  であった. 発症日の SIgA 分泌速度は 47.1  $\mu\text{g}/\text{min}$  であった. A 選手は発症日の 3 日前にアンケートのみ行い, それ以後, 発症日まで測定を行っていないため, 発症前の sIgA 分泌速度の変動は不明である.

#### 症例 6 S 選手

S 選手は URTI に関する項目の回答において 3 月 16 日から 3 月 23 日に鼻水の有無で 2 と回答していたが, 3 月 24 日の回答で 4 と回答したことから同日を発症日と判断した. URTI の症状を呈していない期間は 3 月 8 日から 3 月 23 日の期間とし, Base line は 10.3  $\mu\text{g}/\text{min}$  であった. 発症日の SIgA 分泌速度は 7.7  $\mu\text{g}/\text{min}$  であった. 発症前日の SIgA 分泌速度は 26.4  $\mu\text{g}/\text{min}$  であり, 変化率は 256.0% であった. 発症日の 3 日前, 2 日前は唾液の採取を行っていないため, SIgA 分泌速度の変動は不明である.

#### 合宿間期間における SIgA レベルの変動と自覚的疲労度との関係

2 月 29 日から 3 月 3 日における合宿期間において, SIgA レベルの変動と自覚的疲労度の変動を検討した. その結果, SIgA 分泌速度は合宿期間が進むにつれて低下する傾向が認められたが, 4 日間の変動において有意な変化は認められなかった. 自覚的疲労度においても同様に, 合宿期間において上昇傾向を示したが, 合宿期間中に有意な変動

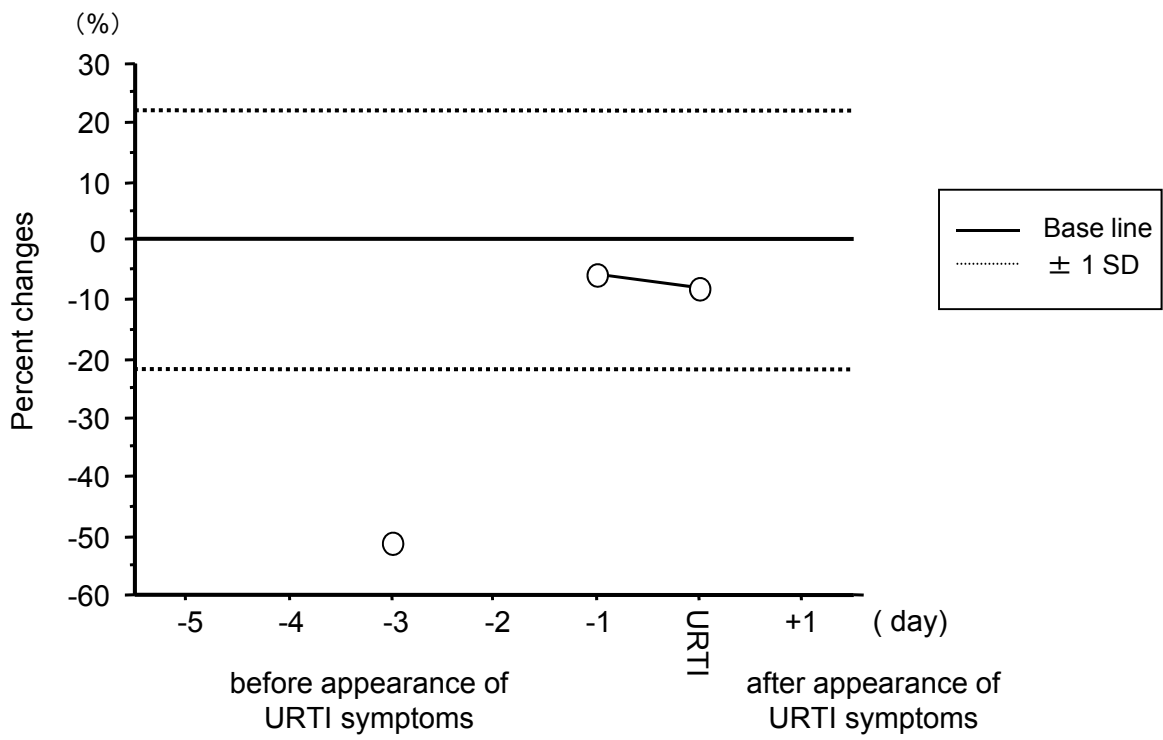


Fig. 4-1-2. Case 1. Subject N.  
Daily changes of SIgA secretion rate before appearance of URTI.

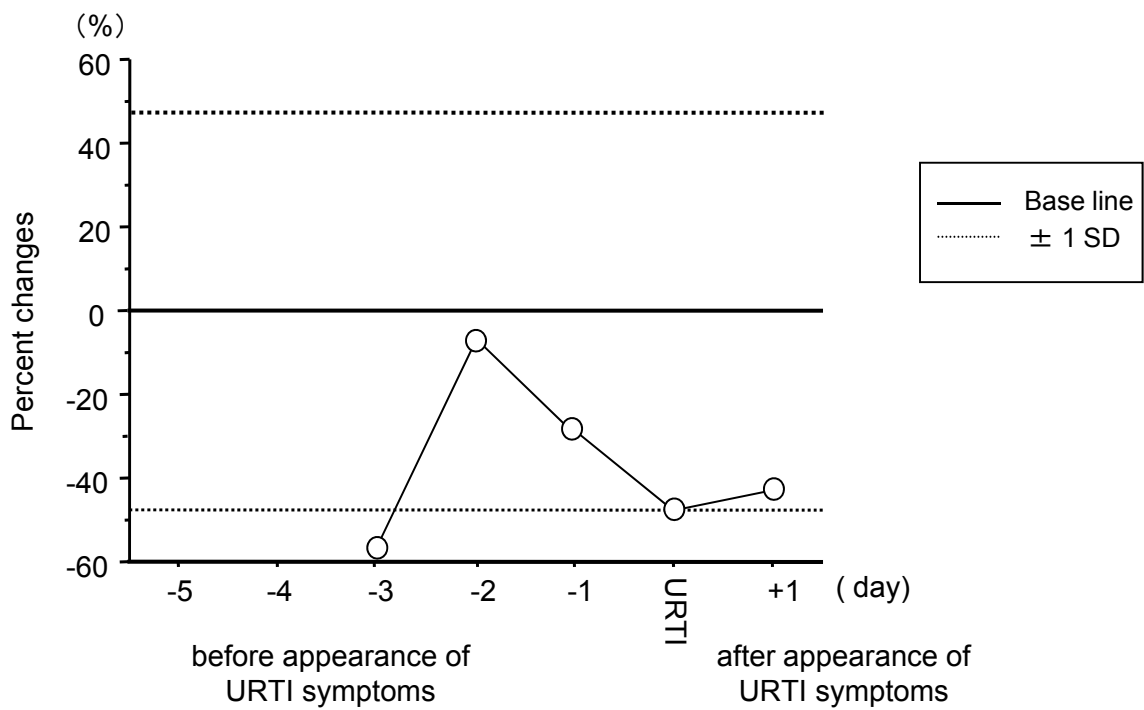


Fig. 4-1-3. Case 2. Subject M.  
Daily changes of SIgA secretion rate before appearance of URTI.

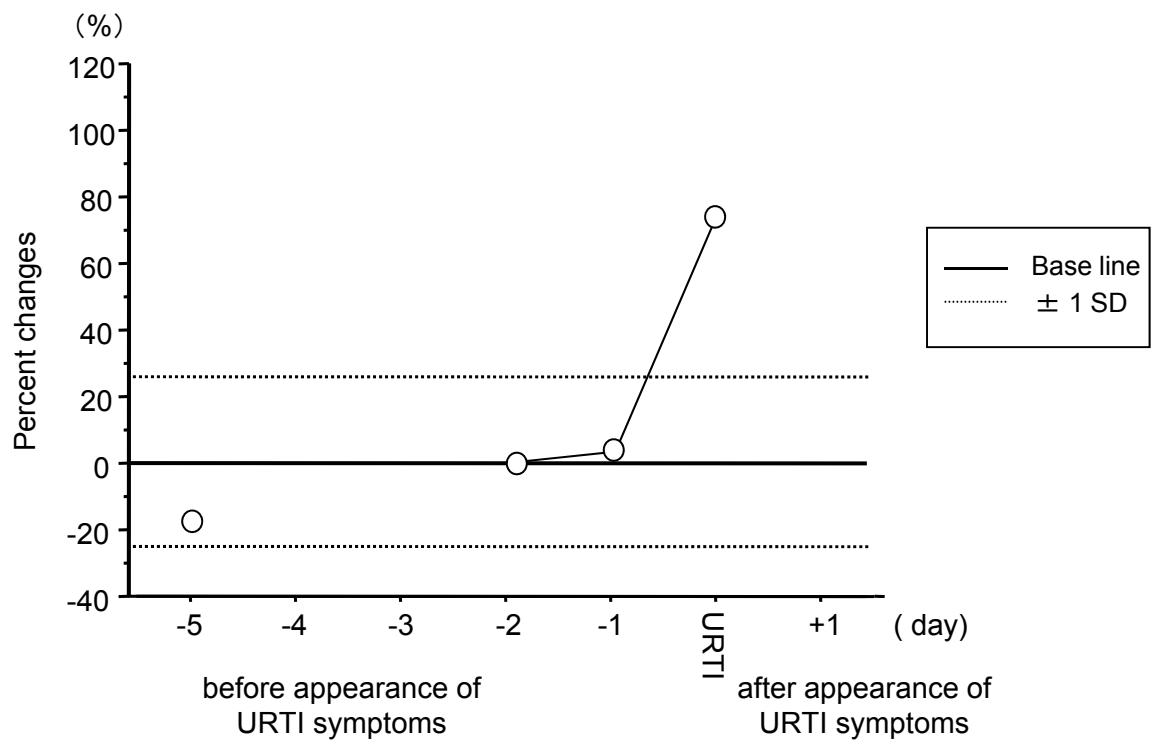


Fig. 4-1-4. Case 3. Subject I.  
Daily changes of SIgA secretion rate before appearance of URTI.

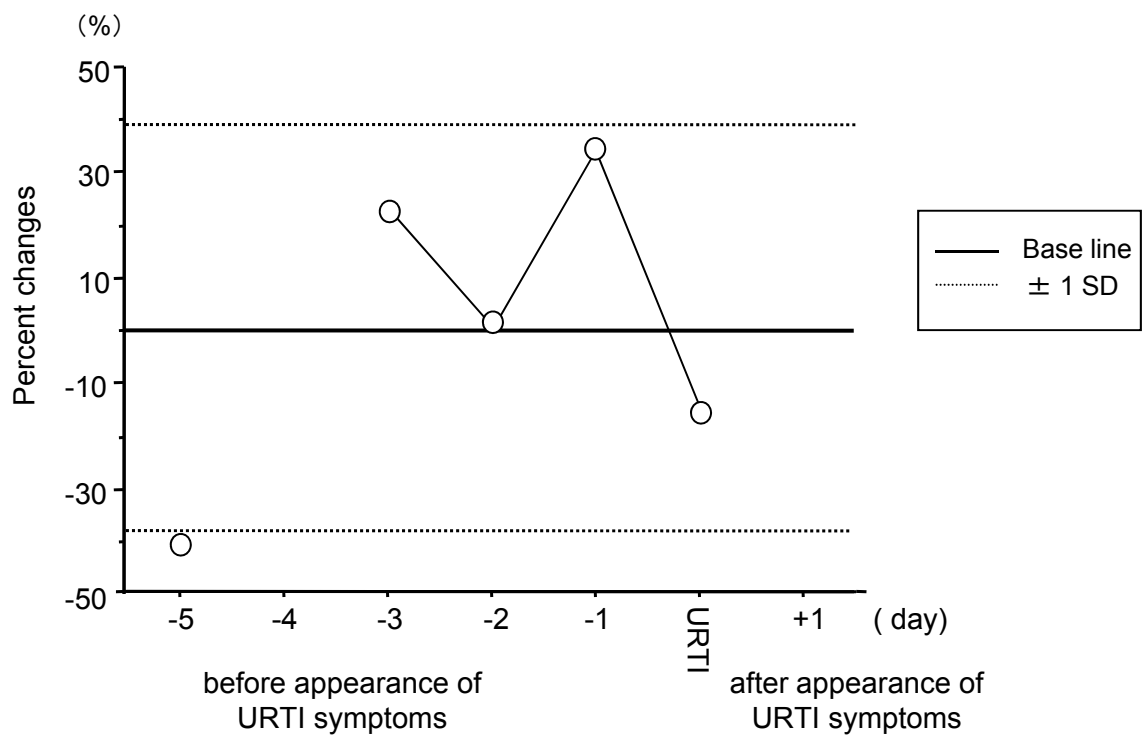


Fig. 4-1-5. Case 4. Subject U.  
Daily changes of SIgA secretion rate before appearance of URTI.

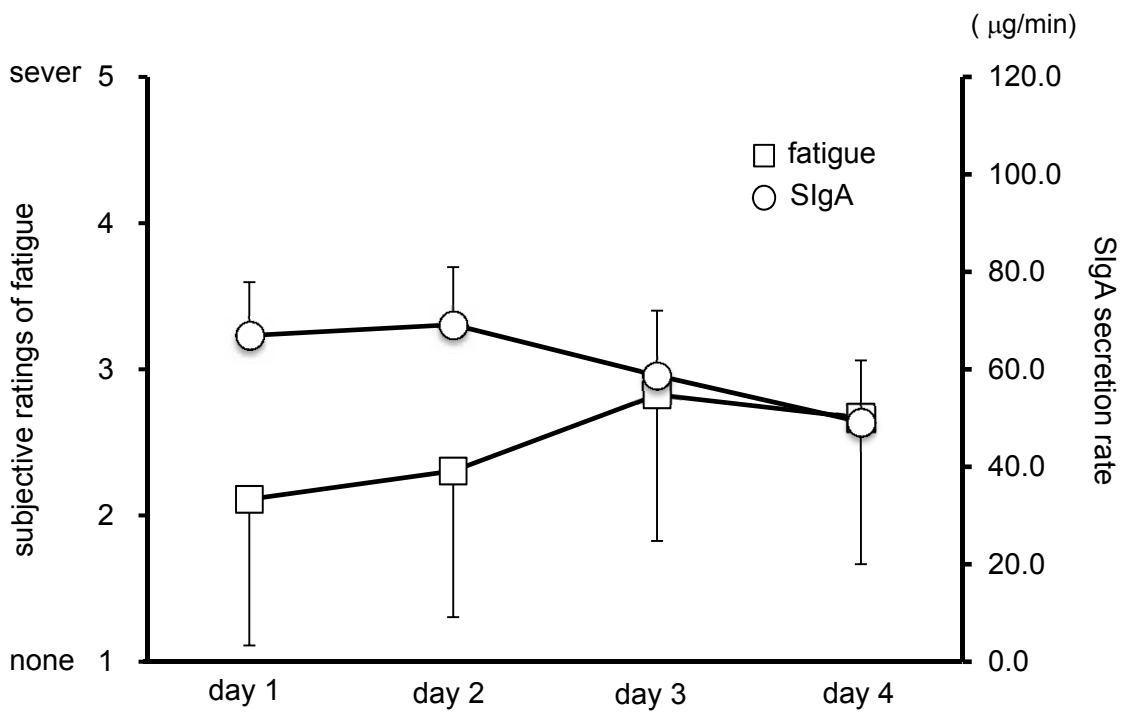


Fig. 4-1-6. Changes of subjective ratings of fatigue and SIgA secretion rate during training camp.

を認めることはできなかった (Fig. 4-1-6).

#### 4.1.4 考察

本研究では大学サッカー選手を対象とし 2 ヶ月間高頻度で練習前に唾液を採取し, SIgA 分泌速度の変動と URTI の発症との関係を個別に検討した. 測定期間中に URTI と判断された選手の SIgA 分泌速度の変動を検討した結果, URTI の発症の前に SIgA 分泌速度が Base line と比較して低値を示した選手が確認されたことから SIgA 分泌速度を定期的にモニタリングすることで URTI の発症のリスク評価をすることができる可能性が考えられた.

URT I と判断された選手の SIgA 分泌速度を個別に検討した結果, SIgA 分泌速度が Base line と比較して潜伏期間に低値を示した選手 (N 選手, M 選手) と, 低値を示さずに症状が出現した選手が確認された. N 選手 (Fig. 4-1-2) は発症日の 3 日前の SIgA 分泌速度が Base line の 1SD 以下である 52.0%まで低下した. また M 選手 (Fig. 4-1-3) も同様に, 発症日の 3 日前に SIgA 分泌速度が Base line の 1SD より低下した後に鼻水の症状を訴えた. I 選手 (Fig. 4-1-4) は潜伏期間において SIgA 分泌速度が Base line より低値を示さなかったが, 5 日前の SIgA 分泌速度が Base line より低下した. しかしながら Base line の 1SD 内の低下であった. U 選手 (Fig. 4-1-5) は潜伏期間において SIgA 分泌速度が Base line より低値を示さなかったが, 5 日前の SIgA 分泌速度が 1SD 以下まで低下した. 以上の結果から先行研究 (Mackinnon et al., 1993b) と同様に, URTI の発症には, SIgA 分泌速度の低下が関与している可能性が示唆された. A 選手と, S 選手は URTI と判断されたが, 発症前のデータ数が少なく SIgA 分泌速度の変動と URTI の発症との関係は不明であった.

本研究では潜伏期間において 1SD より低値を示さなくても URTI の症状が発症した選手が確認された. しかしながら, 選択的 IgA 欠損症 (Hanson et al., 1983) や, Sjögren 症候群によって局所免疫能が低下し, う歯や URTI などの罹患率が高まることが示唆されていることから (赤間ら, 1994), URTI の発症には口腔内局所免疫の低下が関与している可能性は十分に考えられる. しかしながら, URTI の発症と日々の SIgA レベルの変動を詳細に調査した報告はなく, 今後更なる研究において SIgA レベルの変動と



URTI の関係を検討することが必要であろう。

URTI と判断された選手間で潜伏期間の SIgA 分泌速度の変動が一様な変動を示さなかった理由として、URTI の症状の出現に対する自己判断の尺度の差が影響している可能性が考えられる。つまり、URTI の症状に敏感な選手と、症状に対して寛容な選手ではアンケートの回答に差が生じた可能性が考えられる。I 選手の症例では潜伏期間における SIgA 分泌速度は Base line より低値を示していないが、発症日の 5 日前の値が Base line より低値を示していることから、症状に対する感受性が寛容であるために、アンケートの回答に遅延が生じた可能性も考えられる。また、U 選手も I 選手同様、5 日前の SIgA 分泌速度が Base line より低値を示したことが確認されたことから、上記の仮説を支持する結果である可能性があるが、詳細は不明である。

本研究では URTI の症状に関する評価は被験者の主観的な判断に一任し、1~5 までの数値による段階評価法を採択したが、先行研究では、質問用紙を用いた評価 (Kostka et al., 2000)、医師の判断による評価 (Glesson et al., 1999) などの評価方法を採択している。URTI の発症の判断を伴う実験を行う際には、医師の診断により URTI への罹患に関する判断を行うことが望ましいと考えられる。しかしながら、2 ヶ月間の長期に渡り医師の診断を毎日仰ぐことは物理的な問題、また経費面においても困難であるため、本研究では自己判断による段階評価法を採択した。また本研究における URTI の判断は URTI の症状の中のいずれかの項目に該当することとした。実験期間が 2 月から 3 月にかけて行われたことから、温度差等による外気温の影響が鼻汁等の症状を訴えた選手の存在は否定できない。しかし、実際に温度差によるものなのか区別を行うためには更なる検討(抗体価検査)を行う必要があるため、その点は本研究の限界であると思われる。

URTI と判断された 6 名中 2 名の発症後の SIgA 分泌速度は 1 日後において Base line より低値を示したが、その他の選手に関してはデータがないため詳細は不明である。Mackinnon et al. (1993b) は URTI と判断された選手の発症後の SIgA 分泌速度は、発症前の SIgA 分泌速度と比較して有意な差を認めなかったと報告している。本研究で確認された発症後の SIgA 分泌速度の変動は 2 例であったが、発症日の SIgA 分泌速度と比較して顕著な変化は認められなかった。この点に関しては先行研究と同様な結果であった。

自覚的なコンディションが SIgA レベルに与える影響を検討するため、合宿期間における自覚的疲労度の変化と SIgA レベルの変動についても検討を試みた。先行研究では、ラグビー選手 (山内, 2009) カヤック選手を対象とした研究 (Mackinnon et al., 1993a) において、TR 合宿中の SIgA レベルの変動が検討され、合宿が進むにつれて SIgA レベルが低下することが報告されている。本研究における合宿期間 3 日間の SIgA レベルの変動については有意な低下を認めなかった。しかしながら、自覚的な疲労度が上昇すると SIgA レベルが低下する傾向が確認された (Fig. 4-1-6)。SIgA レベルと自覚的なコンディションの変動に関しては、その変動に時間差がある可能性も含め、今後、科学的検証を進めれば新たな知見が得られるかもしれない。

本研究の結果、SIgA 分泌速度の変動と URTI の発症との間に一様な傾向は認められなかった。しかし URTI の発症前に SIgA 分泌速度が Base line より低値を示した選手が確認されたことから、URT I の症状の発症のリスク管理に SIgA レベルをモニタリングすることが有効である可能性が考えられた。SIgA レベルの変動と URTI の発症リスクとの関係については不明な点が多く、個人の SIgA レベルをどのように評価するかという点を含めて解明すべき課題は多い。今後、本研究の結果を踏まえ、プレシーズンのみならず試合期においても、URT I 発症に対する口腔内局所免疫能評価の有用性を検討する必要性が考えられる。

#### 4.1.5 結論

大学サッカー選手を対象として、URT I の症状の発症の前に SIgA レベルが低下する傾向を示す選手が確認されたことから、プレシーズンにおけるサッカー選手の URT I の発症リスク把握に SIgA レベルを定期的にモニタリングすることが有効である可能性が示唆された。

## 4.2 試合期における口腔内局所免疫の変動と URTI の関連 (実験 2-2)

### 4.2.1 目的

実験 2-1 において、プレシーズンにおける口腔内局所免疫能の変動と URTI の発症との関連を示唆する結果を得た。

本研究は、試合期における URTI の発症に口腔内局所免疫能評価が有効であるか検討するため、高頻度でモニタリングし、その変動と URTI の発症が関連するか検討する。

### 4.2.2 対象および方法

#### A 対象

東京都大学サッカーリーグに所属する男子大学サッカー選手 (age  $20.0 \pm 1.0$  years, height  $172.9 \pm 4.3$  cm, body mass  $64.8 \pm 4.7$  kg) 7 名を対象とした。全ての対象者に実験に関する説明を行い、参加の同意を得た。

#### B 実験デザイン

測定は 2001 年 8 月 6 日から 10 月 13 日まで毎週月曜日を除いて週 6 日、10 週間行った。練習は火曜日から日曜日まで行い、日曜日には試合が行われた。基本的に平日の練習開始は 15:00 であった。被験者は 14:30 に実験室に来室し、体重測定、自覚的コンディションシートの記入を行った後、10 分間の安静を取った。10 分間の安静後、唾液の採取を行った。実験室の温度は  $24^{\circ}\text{C}$  に保つようにした。試合や練習時間の変更等により通常の時間に唾液採取が行うことが困難な場合は、測定を中止した。

測定期間は秋季リーグ戦 (試合期) 約 1 か月前から、リーグ戦途中までの期間であった。測定期間開始から 1 週間は、夏季 TR 中断期間後であったことから、フィジカルコンディションを回復させるため TR を行った。その後は試合期に向け、専門的準備間 (2 週間) を経て、試合期を迎えた。

#### C トレーニング内容

全てのトレーニングは約 2 時間であり、サッカー特有の TR や、有酸素 TR、スプリ

ント TR, レジスタンス TR が行われた. 基本的に, 火曜日はフィジカルコンディションに関わる TR (フィジカル TR), 水曜日から金曜日は戦術的トレーニング, 土曜日は翌日への調整, 日曜日は試合 (練習試合) とした.

#### D 自覚的身体コンディション

被験者の身体的コンディションを評価するため, コンディションおよび URTI の症状に関する質問紙 (Fig. 4-2-1) を作成し, 測定日毎に 5 段階評価 (1 が “悪い” または “ない”, 5 が “とても良い” または “はい”) および症状の有無で回答してもらった. URTI の発症の評価は URTI の症状 (鼻水がでる, 咳がある, のどが痛い, 痰の有無) に関する項目の回答が 1 つ以上回答されており, かつ 48 時間以上 (2 日間以上) 継続して症状が記録されていること, 少なくとも 1 週間以上前回の症状から間隔があることとした (Kostka et al., 2000). 全ての被験者が実験期間の 1 週間前に URTI の症状がないことおよび, 薬の服用がないことを確認した.

#### E 唾液採取法

唾液採取法は第 2 章に記載した方法で行った.

#### F SIgA の定量

SIgA の定量は第 2 章に記載した方法で行った.

#### G 統計

分析に先立ち, URTI に感染していない期間 (非罹患期間) の, 唾液分泌量, SIgA 濃度および SIgA 分泌速度の平均値を求め Baseline とした. 全てのデータは Baseline からの平均値±標準偏差とし, パーセントで示した. 被験者が実験期間中に URTI の症状を発症した場合は, 症状発症の 7 日前から 7 日後までの期間を罹患期間と定め, 非罹患期間から除外した. URTI の発症と唾液分泌量, SIgA 濃度および SIgA 分泌速度の変動との関係を検討するため, 一元配置の分散分析を行った. 有意水準は 5%未満とした.

Condition sheet

name \_\_\_\_\_

	resting haert rate	weight	sleep	sleep	feeling	injuries	fatigue	appetite	mental condition
	(bpm)	pre/post	(hours)	1:bad, 5:good	1:bad, 5:good	1:bad, 5:good	1:bad, 5:good	1:bad, 5:good	1:bad, 5:good
mon		/		1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
tue		/		1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
wed		/		1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
thu		/		1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
fri		/		1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
sat		/		1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
sun		/		1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5

	runny nose	coughing	sore throat	sputum	fever	joint pain	algor	nausea	stomach ache
mon	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no
tue	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no
wed	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no
thu	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no
fri	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no
sat	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no
sun	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no	yes / no

Free comments

Fig. 4-2-1. The questioner of self-reported condition sheet.

#### 4.2.3 結果

##### URTI の症状の発症と SIgA 分泌速度との関係（個別）

測定期間中，URTI と判断された選手は 17 名中 5 名であった．URTI と判断された選手 5 名のうち，2 名（K, TS 選手）は URTI の症状が発症する前 7 日間における SIgA レベルの変動が，1SD の範囲を超えて低値を示した日が確認された．一方，3 名については，URTI の症状が発症する 7 日前までに，いずれかの日において SIgA レベルが Baseline より低値を示すことが確認されたが，1SD の範囲を超える変動は確認出来なかった．

##### 症例 1 K 選手（Fig. 4-2-2）

K 選手は 9 月 3 日を発症日と判断した．URTI の症状を呈していない期間の Base line は 158.0  $\mu\text{g}/\text{min}$  であった．発症日の SIgA 分泌速度は 184.7 $\mu\text{g}/\text{min}$  であった．発症日の 7, 6, 5, 4, 3, 2 日前および発症日，発症日から 1 日後の SIgA 分泌速度はそれぞれ 199.1, 162.7, 122.7, 155.8, 88.5, 71.4, 184.7, 91.8  $\mu\text{g}/\text{min}$  であり，変化率は 7, 6, 5, 4, 3, 2 日前および発症日，発症日から 1 日後でそれぞれ 26, 3, -22, -1, -44, -55, 17, -42 % であった．発症日の 5 日前から 2 日前にかけて，SIgA 分泌速度が Base line と比較して低下したことが確認され，3 日前の SIgA 分泌速度が 1SD より低値を示した．

##### 症例 2 TS 選手（Fig. 4-2-3）

T 選手は 9 月 13 日を発症日と判断した．URTI の症状を呈していない期間の Base line は 123.6  $\mu\text{g}/\text{min}$  であった．発症日の SIgA 分泌速度は 80.4 $\mu\text{g}/\text{min}$  であった．発症日の 7, 6, 5, 3 日前および発症日の SIgA 分泌速度はそれぞれ 131.7, 128.5, 156.9, 29.6, 80.4  $\mu\text{g}/\text{min}$  であり，変化率は 7, 6, 5, 3 日前および発症日でそれぞれ 6.6, 3.9, 27, -76, -35 % であった．発症日の 3 日前にかけて，SIgA 分泌速度が Base line と比較して低下したことが確認され，3 日前の SIgA 分泌速度が 1SD より低値を示した．

## URTI の症状の発症と口腔内局所免疫の変動（全体）

### 唾液分泌量

URTI の症状を発症した前後 1 週間における唾液分泌量の非罹患期間からの変化率を Fig. 4-2-4 に示す。発症の 7 日前, 6 日前, 5 日前, 4 日前, 3 日前, 2 日前, 前日, および発症 1 日後, 2 日後, 3 日後, 4 日後, 5 日後, 6 日後, 7 日後の唾液分泌量の変化率はそれぞれ,  $33.2 \pm 41.1$ ,  $4.2 \pm 9.6$ ,  $-3.0 \pm 10.0$ ,  $-7.8 \pm 13.3$ ,  $-30.0 \pm 33.4$ ,  $13.5 \pm 6.4$ ,  $3.6 \pm 20.8$ ,  $-7.8 \pm 14.5$ ,  $3.3 \pm 15.2$ ,  $-7.6 \pm 22.8$ ,  $6.9 \pm 22.2$ ,  $6.5 \pm 2.5$ ,  $-7.9 \pm 24.4$ ,  $7.3 \pm 17.1$ ,  $29.0 \pm 4.8\%$ であった。URTI の症状発症前後において, Baseline より低値を示した日は, 発症 5, 4, 3 日前, 発症当日および発症 2, 5 日後であった。

また, 罹患期間における唾液分泌量の変動は, Baseline と比較して有意な変動を示さなかった。

### SIgA 濃度

URTI の症状を発症した前後 1 週間における SIgA 濃度の非罹患期間からの変化率を Fig. 4-2-5 に示す。発症の 7 日前, 6 日前, 5 日前, 4 日前, 3 日前, 2 日前, 前日, および発症 1 日後, 2 日後, 3 日後, 4 日後, 5 日後, 6 日後, 7 日後の SIgA 濃度の変化率はそれぞれ,  $41.3 \pm 33.6$ ,  $14.2 \pm 54.5$ ,  $20.0 \pm 49.7$ ,  $32.6 \pm 70.8$ ,  $18.9 \pm 45.5$ ,  $58.4 \pm 101.0$ ,  $2.8 \pm 54.3$ ,  $-4.8 \pm 63.7$ ,  $7.4 \pm 53.7$ ,  $43.1 \pm 51.6$ ,  $23.8 \pm 40.7$ ,  $46.2 \pm 67.3$ ,  $18.5 \pm 53.2$ ,  $-0.2 \pm 49.7$ ,  $58.0 \pm 82.3\%$ であった。URTI の症状発症前後において, Baseline より低値を示した日は, 発症当日および発症 6 日後であった。また, 罹患期間における SIgA 濃度の変動は, Baseline と比較して有意な変動を示さなかった。

### SIgA 分泌速度

URTI の症状を発症した前後 1 週間における SIgA 分泌速度の非罹患期間からの変化率を Fig. 4-2-6 に示す。

発症の 7 日前, 6 日前, 5 日前, 4 日前, 3 日前, 2 日前, 前日, および発症 1 日後, 2 日後, 3 日後, 4 日後, 5 日後, 6 日後, 7 日後の SIgA 分泌速度の変化率はそれぞれ,

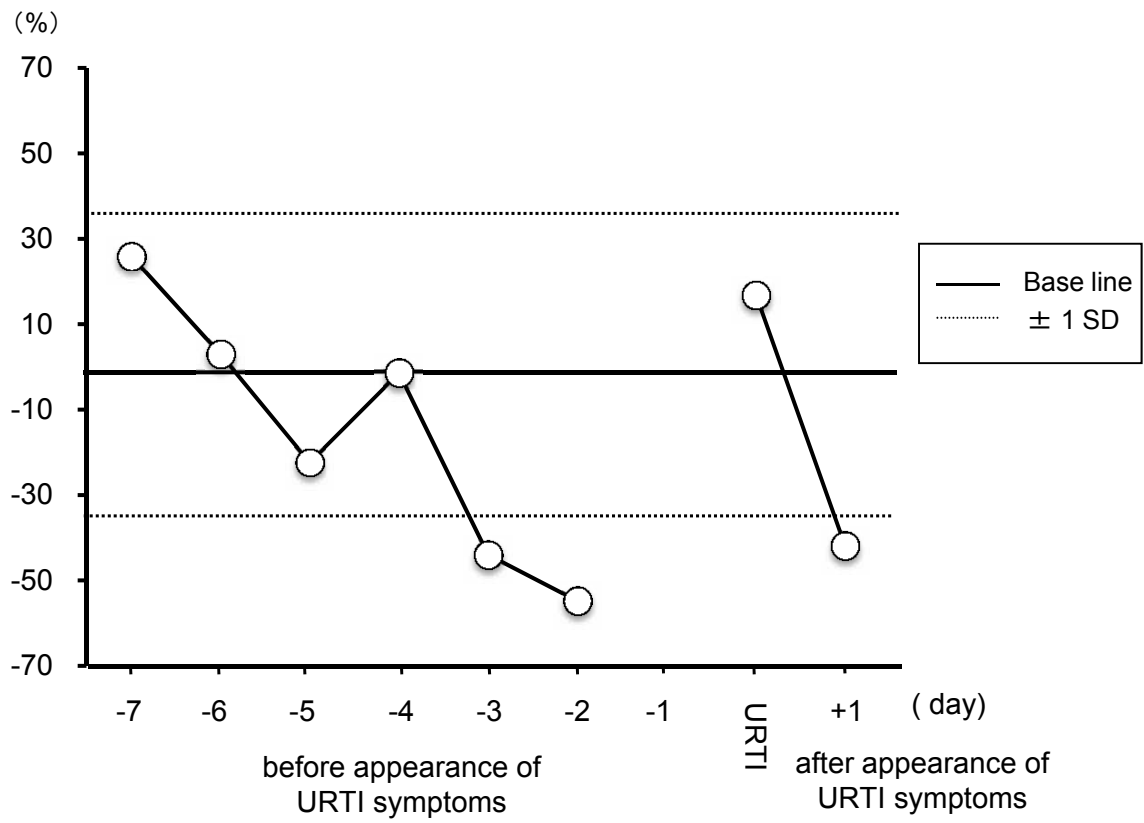


Fig. 4-2-2. Case 1. Subject K  
Daily changes of SIgA secretion rate before appearance of URTI.



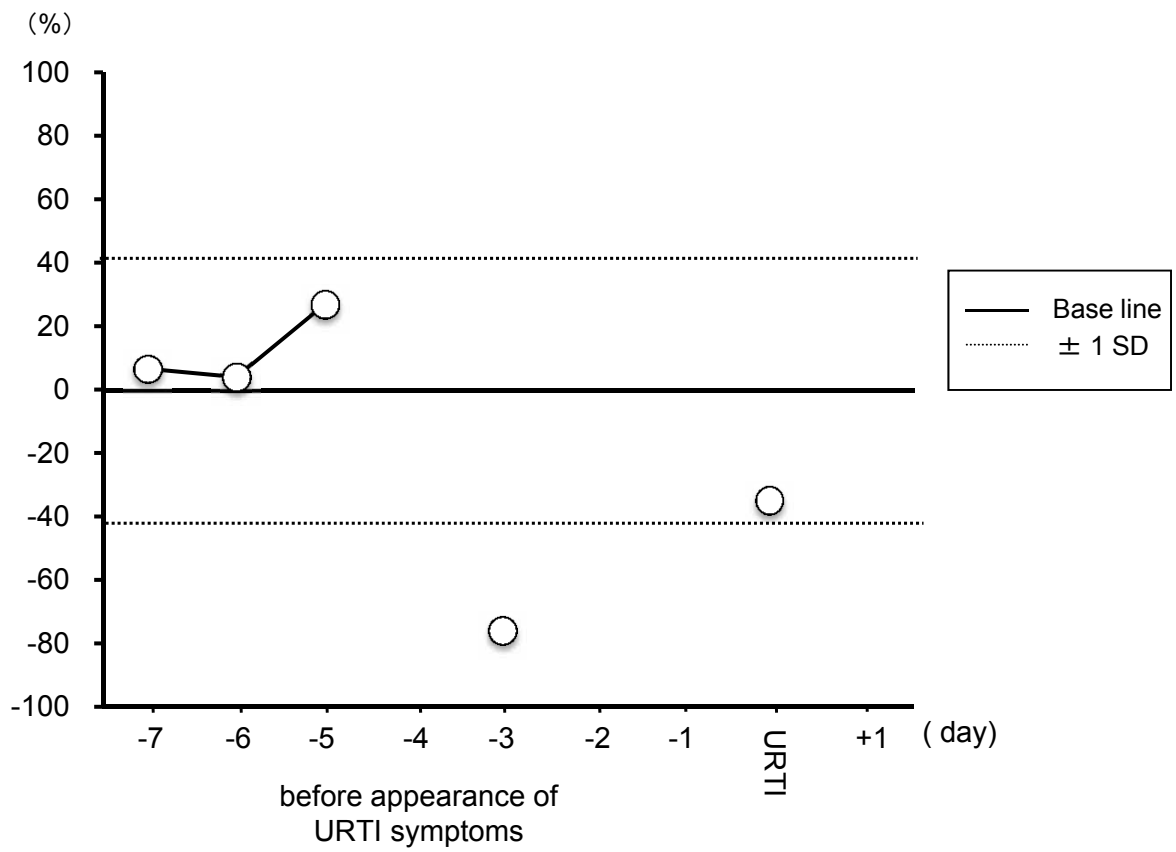


Fig. 4-2-3. Case 2. Subject TS  
Daily changes of SIgA secretion rate before appearance of URTI.

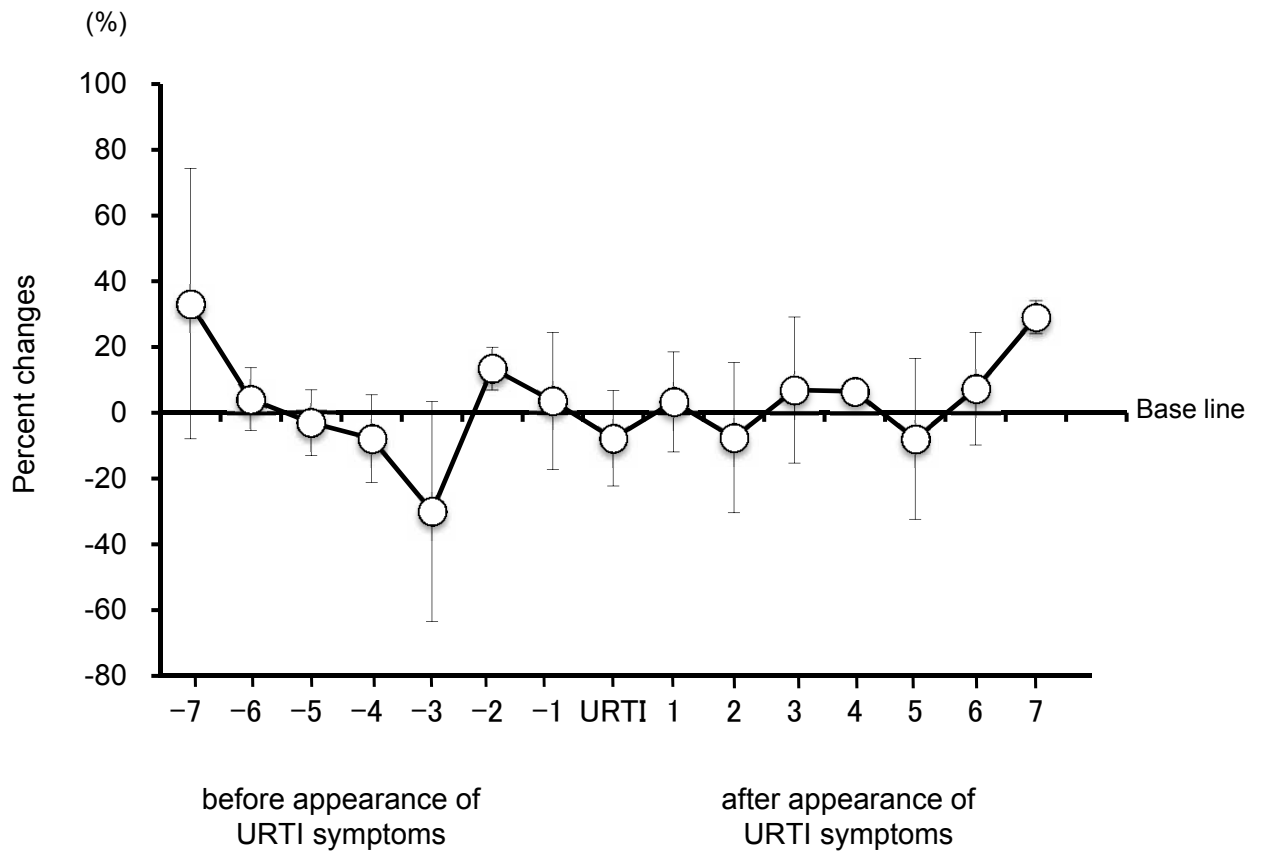


Fig. 4-2-4. Percent Changes in saliva flow rate before the appearance of URTI symptoms. Data are expressed as mean  $\pm$  SD. -7 - 7 day: 7 day(s) before and after appearance of URTI symptoms. appearance: The day that subject exhibited URTI symptoms. base line: the average in not infection period.

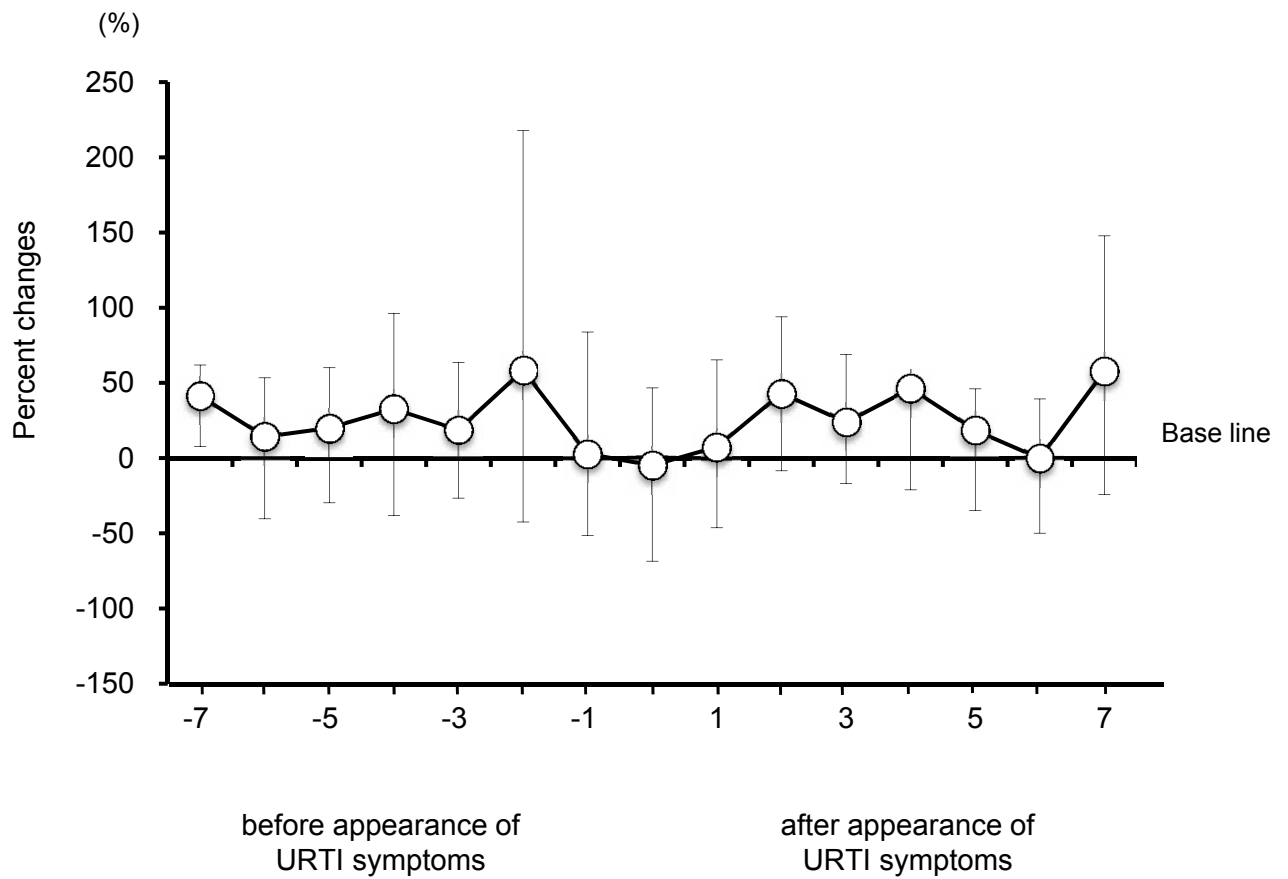


Fig. 4-2-5. Percent Changes in SIgA concentration before the appearance of URTI symptoms.

Data are expressed as mean  $\pm$  SD.

-7 - 7 day: 7 day(s) before and after appearance of URTI symptoms.

appearance: The day that subject exhibited URTI symptoms.

base line: the average in not infection period.

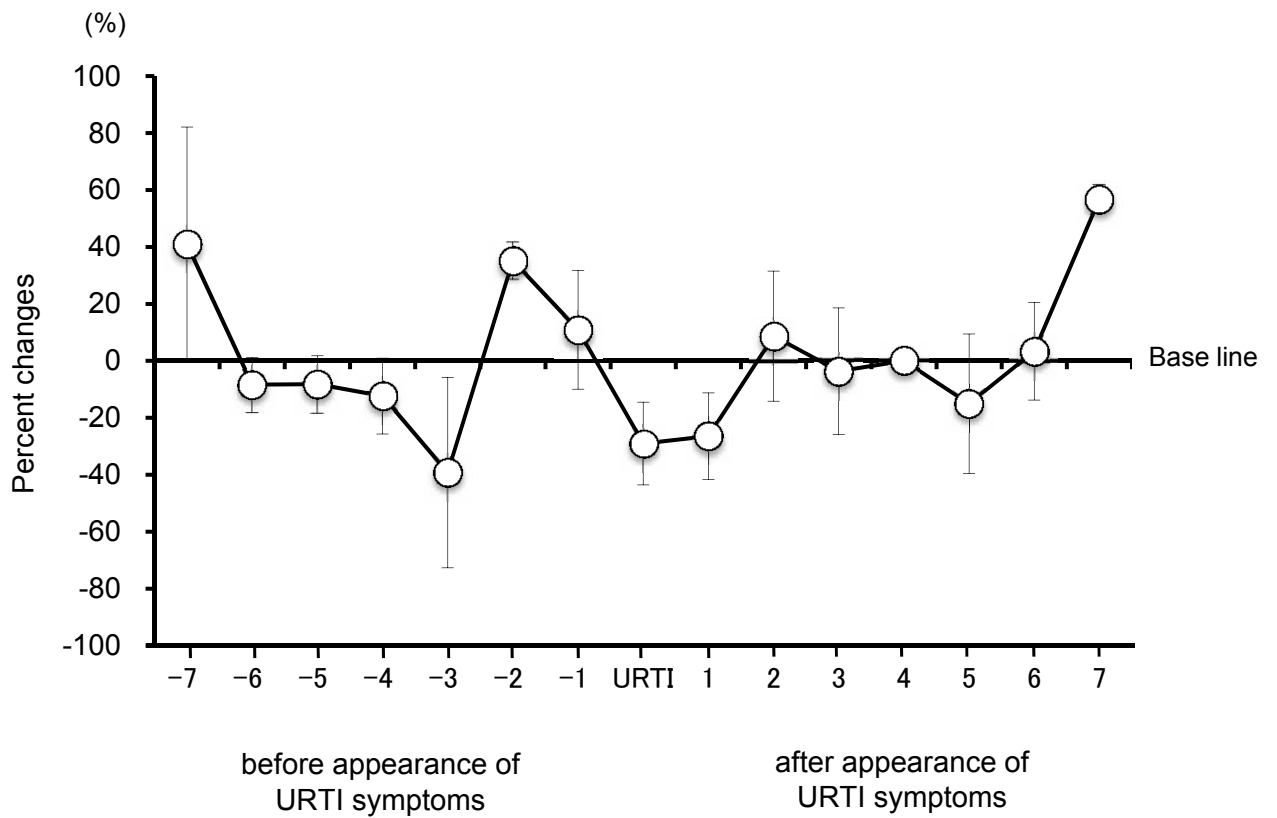


Fig. 4-2-6. Percent Changes in SIgA secretion rate before the appearance of URTI symptoms.

Data are expressed as mean  $\pm$  SD.

-7 - 7 day: 7 day(s) before and after appearance of URTI symptoms.

appearance: The day that subject exhibited URTI symptoms.

base line: the average in not infection period.

41.0 ± 43.8, -8.4 ± 15.3, -8.2 ± 40.5, -12.3 ± 10.3, -39.2 ± 39.4, 35.2 ± 130.7, 10.9 ± 78.5, -29.0 ± 33.0, -26.5 ± 27.8, 8.7 ± 50.3, -3.6 ± 39.2, 0.0 ± 2.0, -15.0 ± 41.6, 3.4 ± 47.7, 56.8 ± 47.6%であった。URTI の症状発症前後において、Baseline より低値を示した日は、発症 6, 5, 4, 3 日前, 発症当日および発症 3, 4, 5 日後であった。また、罹患期間における SIgA 分泌速度の変動は、Baseline と比較して有意な変動を示さなかった。

#### 4.2.4 考察

SIgA レベルの変動と URTI に関する調査は、アスリート (Gleeson et al., 1999; Gleeson et al., 2000b; Mackinnon et al., 1993b) に限らず、いくつかの研究 (Deinzer et al., 1998; Fahlman et al., 2001; Klentrou et al., 2002) が行われている。URTI は感染者からの飛沫を介して感染が成立するため、URTI などの原因となるウイルスや細菌の侵入に対しては鼻腔および口腔の局所免疫が重要な役割を果たす。口腔内局所免疫は唾液と口腔粘膜からなり、唾液の機能は物理的清掃・洗浄と唾液中の液性因子による作用とに分けられる。液性因子の中でも SIgA が URTI 感染防御に重要な役割を担っている (秋本ら, 1998)。Gleeson et al. (1999) は水泳選手を対象として、SIgA レベルをモニタリングした結果、練習前の SIgA レベルと URTI の発症との関係を示唆する研究結果を報告している。また Mackinnon et al. (1993b) も同様に、SIgA レベルの低下が URTI の症状の発症と関係することを示唆する研究成果を得ている。これらの知見や実験 2-1 で得られた結果は SIgA レベルの変動と URTI の発症との関係を示唆していると考えられることから、SIgA レベルの変動 (低下) が URTI の発症と関連するという仮説の妥当性は高いと思われる。また、12 週間の定期的な適度な運動を行ったグループがコントロール群と比較して、安静時の SIgA レベルを増加させ、インフルエンザの症状の発症リスクを減少させたとする報告 (Klentrou et al., 2002) も上記の仮説を支持する結果であると考えられる。しかしながら、この報告における口腔内局所免疫の評価方法は異なっているため、解釈には注意が必要である。

先行研究における SIgA レベルの評価は、絶対値での評価 (Mackinnon et al., 1993) や、前日のトレーニング前の値からの変化率での評価 (Gleeson et al., 1999) が散見さ

れる。SIgA レベルは運動に対する変動の個人差が大きいこと (Koch et al., 2007; Schouten et al., 1988), 同じ採取法を用いた場合においても, 被験者間における変動の個人差を考慮する必要がある (実験 2-1), 被験者間での比較には注意を要する。これらの点を考慮して本研究では, URTI の症状を発症していない期間 (非罹患期間) の SIgA の平均値 (Baseline) を算出し, Baseline からの変化率を用いて評価を行うことで, 前述の問題点に配慮した。

また, URTI の評価には質問紙を用いた。先行研究では, URTI の評価に自己申告質問紙 (Heath et al., 1991; Kostka et al., 2000; Peters et al., 1997), 日記形式 (Hooper et al., 1995), 内科医による診断 (Pyne et al., 1995) を用いている。このうち質問紙は各被験者の症状に対する感受性の違いが関与する側面があるが, 多くの人数を対象とした長期間の調査において, 時間的, 人的および経済的側面を総合的に考慮した場合に, 最も現実的な方法であると考えられる。

URT I は高強度トレーニングを行っているアスリートに最も頻発する感染症であり (Mackinnon et al., 1994), それはサッカー選手にも当てはまる (Dvorak et al., 2011; Orhant et al., 2010)。年間を通したサッカー選手のコンディショニングを考慮すると, プレシーズン開始時期が最もコンディションが低いことが示唆されていることから (実験 1, Fig. 3-1, 3-2), プレシーズンにおいてはフィジカルコンディションの向上の為に, 合宿や高強度の TR が計画されることが予想される。このような期間は身体的, 精神的なストレスの増加が予想されることから, 試合期同様, URTI に選手が罹患するリスクは高いと考えられる (実験 2-1)。また, URTI への罹患による等速性筋力や等尺性筋力の低下が示唆されている (Daniels et al., 1985) ことから, サッカー選手が最適なパフォーマンスを試合や TR で発揮するために, URTI などの感染症の防御を第一線で担う口腔内局所免疫能を定期的にモニタリングし, そのリスク評価に用いることはコンディショニングにおいて非常に有効である可能性が高い。

実験 2-1 および 2-2 の結果から, サッカー選手のフィジカルコンディションが低下する原因となる URTI の症状の発症の前に, Baseline より低値を示すことが確認された。前述したように, Baseline をどのように設定するかによって, SIgA レベルの評価は変化する。本研究では, 実験 2-1, 2-1 共に URTI の症状がない期間を Baseline と定義し

て評価を行った。この理由として、日々の SIgA レベルは運動をしていない場合、比較的安定した値をとること（秋本，1995），運動を行った場合にはその個人差が大きいこと（Koch et al., 2007; Schouten et al., 1988）が挙げられる。また、先行研究（Glesson et al., 2000）や実験 2-1，および 2-2 において口腔内局所免疫の絶対値の高低が必ずしも URTI の罹患リスクと直結しないことを考慮し，URTI の症状がない期間を **Baseline** と定義して評価を行った。当然のことながら，今後，URTI への罹患予防を目的としたコンディショニングにおいて，SIgA レベルを用いる際には **Baseline** を決定し，その基準に対する変動を基に罹患リスクを評価する方法が考えられる。従って，本研究における評価法以外でも検討を行う必要性十分にあると思われる。しかしながら，実験 2-1 においては，6 名中 3 名の被験者，実験 2-2 においては 5 名中 2 名の被験者において，URTI の症状が発症する数日前に SIgA レベルが低値を示したことは，口腔内局所免疫をモニタリングすることで URTI の症状の発症のリスクを評価できる可能性を排除する結果ではないと考えられる。

URTI は年間を通して罹患する可能性があり，特に，プレシーズンや試合期においてその発症が懸念される。URTI の罹患には生活環境なども関連することから，罹患のリスクを最小限に留める為に口腔内局所免疫能のモニタリングのみならず，“手洗い”や“うがい”を奨励することが有効であることは言うまでもない。本研究の結果が，更なる研究成果と合わせ，Prospective な視点からサッカー選手のみならず，アスリートにおける URTI 罹患予防のコンディショニングを行う際の一助となることを期待したい。

#### 4.2.5 結論

URTI の症状の発症の数日前に，口腔局所免疫能の低下傾向が確認されたことから，試合期におけるサッカー選手の URTI の発症のリスク評価に口腔内局所免疫能をモニタリングすることが有効である可能性が示唆された。

第5章 オフトレーニング期におけるTR量の減少またはTRの中止がランニングパフォーマンスに与える影響（研究課題3：実験3-1, 3-2, 3-3）

5.1 TRの中止がゲームパフォーマンスおよび高強度ランニングパフォーマンスに与える影響（実験3-1）

#### 5.1.1 目的

実験1において、高強度ランニングパフォーマンスはシーズンを通して変動し、シーズン終了後のオフトレーニング期間によって低下する可能性を示した。

本研究は、数週間のTRの中止が試合中のフィジカルパフォーマンス、Yo-YoIR2 test パフォーマンス、スプリントパフォーマンスに与える影響を検討する。

#### 5.1.2 対象および方法

##### A 対象

東京都大学サッカーリーグに所属する男子サッカー選手26名（age  $22.0 \pm 0.2$  years, height  $174.6 \pm 5.4$  cm, body mass  $66.1 \pm 6.6$  kg）とした。実験に際して被験者には十分な説明を行った上で、同意書のサインを求め、実験参加の同意を得た。この実験は立教大学倫理委員会にて承認を得た。

##### B 実験プロトコル

2週間のTRの中止がサッカー選手のコンディションに与える影響を検討するために、実験期間前（Pre）後（Post）において、試合中のフィジカルパフォーマンス、Yo-YoIR2 test パフォーマンス、20m スプリントタイムの変動を検討した。

実験デザインを Fig. 5-1-1 に示す。まず始めに26名の被験者が所属するA、B大学の試合を行った（Pre G）。Pre Gの4日後にA大学およびB大学に所属する8名の選手（age  $21.8 \pm 0.7$  years, height  $175.4 \pm 3.4$  cm, body mass  $66.0 \pm 3.5$  kg）を対象に、Yo-YoIR2 test および20 m スプリントテストを行った（Pre T）。Pre Gから14日後に、同様の方法で再び試合を行い（Post G）、Post Gの4日後にPre Tと同様の順番で、同



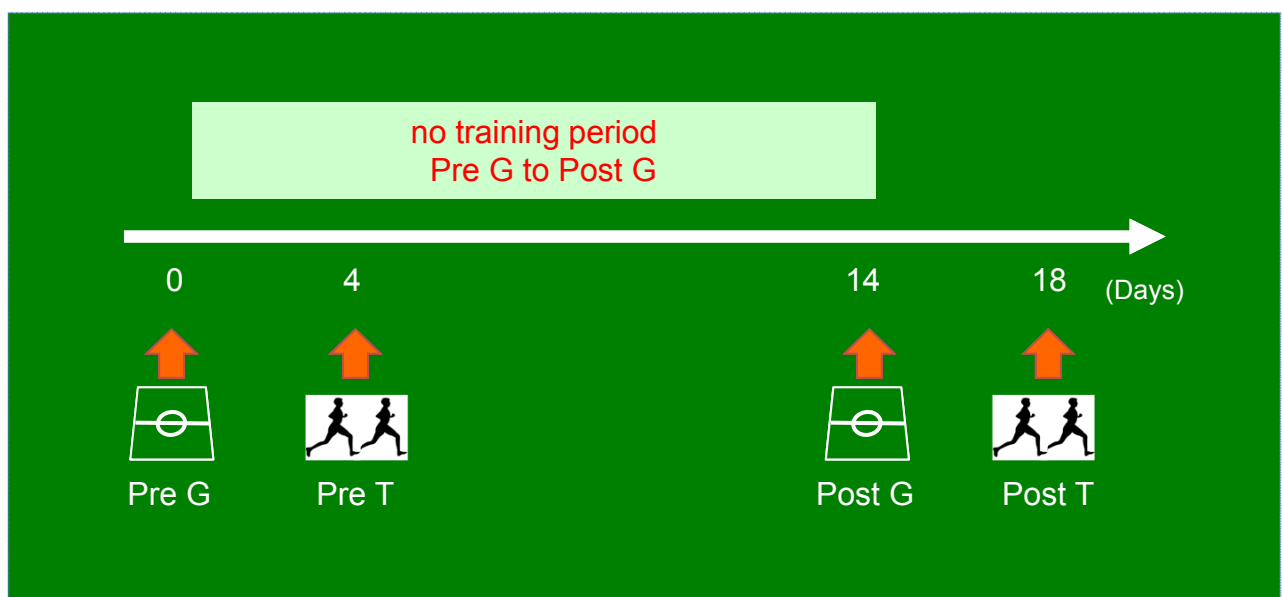


Fig. 5-1-1. Experimental design of the experiment.  
G ; Game, T ; Yo-YoIR2, 20m sprint

様のテストを行った (Post T).

## C 試合

試合は人工芝のサッカー専用グラウンドにて行った (96 m×68 m). Pre G と Post G の試合は同所で行い, 試合開始時刻は 18:00 (Pre G) と 19:00 (Post G) から行った. 試合形式は 90 分 (45 分×2, ハーフタイム 15 分) で行い, 試合当日の気温はそれぞれ摂氏 16.9 °C および 16.7 °C であった. 両試合の結果はそれぞれ, 3-0 (前半 0-0) および 5-4 (前半 3-2) であった. 試合中の飲水は自由とした. 試合時間が夜間であったため, 両試合とも照明を使用して行った.

## D ビデオ撮影

試合の撮影はビデオカメラ 3 台を使用して行った (Fig. 5-1-2). 映像分析は, グラウンド全体を 2 台の定点カメラ (HDR-CX560V ; SONY, 東京) の映像と, ボール周辺を撮影する操作カメラ (DCR-HC62 ; SONY, 東京) の映像を用いて行った. 定点映像は 2 m の脚立に 1 m の三脚を固定し, 地上 3 m の高さから撮影を行った. 操作カメラの映像は 2 m の脚立に 50 cm の三脚を固定し, 地上 2.5 m の高さから撮影を行った. 全ての映像は広角レンズ (VCL-HGA07B ; SONY, 東京) を使用して撮影し, タッチラインから 2 m 離れた位置から撮影を行った.

## E ゲーム中におけるフィジカルパフォーマンス

ゲーム中におけるフィジカルパフォーマンス分析は, パフォーマンス分析ソフト (Trak Performance ; Sportstec, Australia) を用いて行い, アウトオブプレーおよびグラウンド外での移動も含めて分析を行った. 本研究では, Randers et al., (2010) および Bangsbo et al., (1991) の先行研究を参考にして, 以下の項目に対して分析を行った.

- 1) 総移動距離 (km)
- 2) 総移動距離に対する各種移動スピードでの移動距離 (km)
  - Standing 0~2 km·h<sup>-1</sup> : St

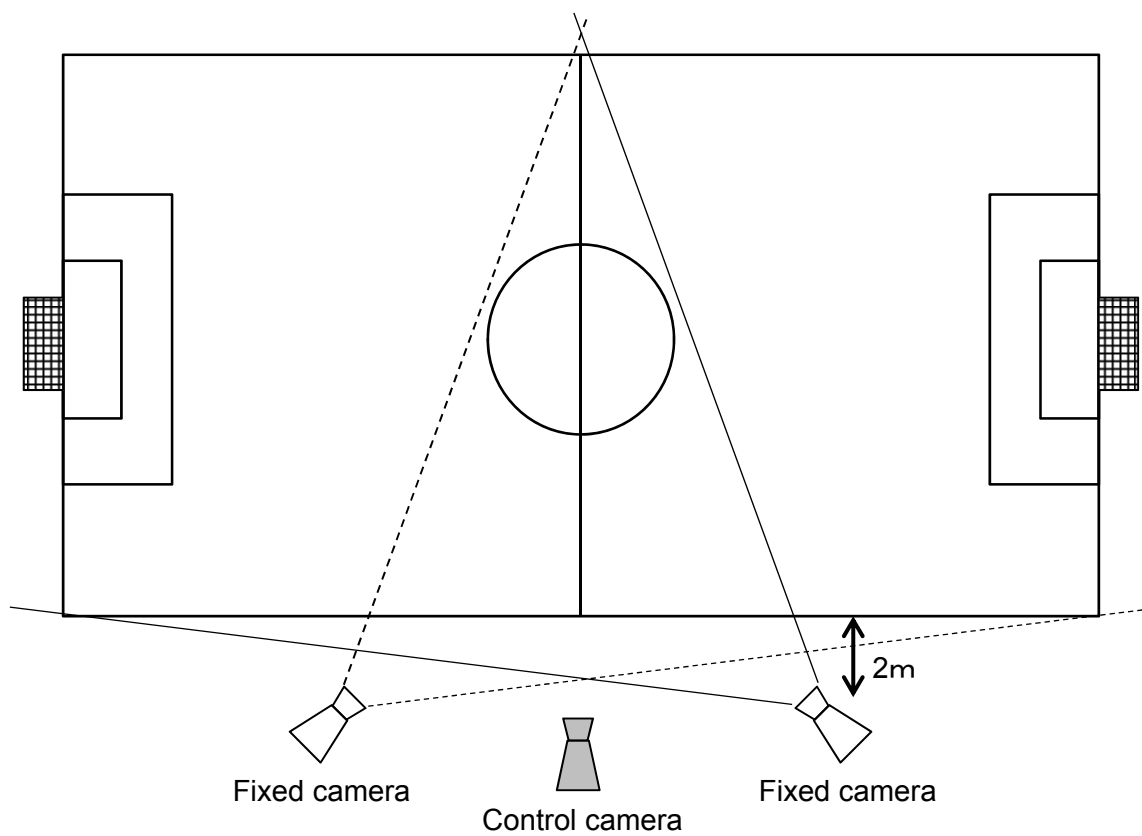


Fig. 5-1-2. Filming procedure of Pre and Post games.

- ・ Walking 2~7 km h<sup>-1</sup> : W
  - ・ Jogging 7~9 km h<sup>-1</sup> : Jog
  - ・ Low-speed running 9~13 km h<sup>-1</sup> : LS
  - ・ High-intensity running > 13 km h<sup>-1</sup> : HIR
- 3) 前半に対する後半の総移動距離の低下率 (%)

## F パフォーマンステスト

### Yo-YoIR2 test

Yo-YoIR2 test の測定は第 2 章に記載した方法で行った.

### スプリントテスト

20m スプリントタイムの測定は, 第 2 章に記載した方法で行った.

## G 統計

各データは平均値±標準偏差で示し, 対応のある t 検定 (paired t-test) を用いて検討を行った. 有意水準は 5%未満とした.

### 5.1.3 結果

#### A ゲーム中のフィジカルパフォーマンス

ゲーム中のフィジカルパフォーマンス分析は Pre G と Post G に 90 分間全て出場した選手 10 名を対象として行った.

##### 1) 総移動距離

Pre G および Post G における総移動距離の変動を Fig. 5-1-3 に示す.

Pre G の前半, 後半, 合計の総移動距離はそれぞれ, 5.5 ± 0.6 km, 4.9 ± 0.7 km, 10.4 ± 1.1 km であり, Post G は 5.1 ± 0.5 km, 4.6 ± 0.4 km, 9.7 ± 0.8 km であった. Pre G と比較して Post G の前半と合計における総移動距離が有意な低下を示した (p < 0.05) が, 後半の総移動距離に有意な変化は認められなかった.

##### 2) 総移動距離に対する各種移動スピードでの移動距離

総移動距離に対する各種移動スピードでの移動距離の変動を Fig. 5-1-4 に示す。Pre G と比較して Post G における Walking での移動距離が有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。反対に, Jogging および HIR での移動距離は Post G において有意に低値を示した ( $p < 0.05$ )。

### 3) 前半に対する後半の総移動距離の低下率 (%)

前半に対する後半の総移動距離の低下率は Pre G, Post G でそれぞれ  $10.5 \pm 1.1\%$ ,  $9.2 \pm 0.8\%$  であり両群間において有意な差は認められなかった。

## B Yo-YoIR2 test

2 週間の TR の中断によって, Yo-YoIR2 test パフォーマンスは有意に低下することが確認された ( $850 \pm 109$  m vs  $695 \pm 77$  m,  $p < 0.05$ , Fig. 5-1-5)。

## C 20 m スプリントタイム

2 週間の TR の中断によって, 20 m スプリントタイムは有意に低下することが確認された ( $3.14 \pm 0.1$  sec vs  $3.21 \pm 0.1$  sec,  $p < 0.05$ , Fig. 5-1-6)。

### 5.1.4 考察

本研究は 2 週間の TR の中止が, ゲーム中のフィジカルパフォーマンス, Yo-YoIR2, スプリントパフォーマンスに与える影響を検討することを目的とした。これらのパフォーマンスは 2 週間の TR の中止の影響を受けて低下する可能性が示唆された。しかし, 前半に対する後半の総移動距離の低下率に関しては, 両試合間で有意な変化を認めなかった。著者の知る限りでは, サッカー選手のフィジカルコンディションの変動をゲーム中のフィジカルパフォーマンスとフィジカルテストパフォーマンスの両視点から検討した例はなく, 非常に重要な知見であると考えられる。

2010 年に行われた, 2010 FIFA World cup South Africa™ 大会における各選手の移動距離に関する報告 (FIFA, 2011) では, 1 試合における総移動距離は 10~11 km であることが示唆されている。欧州トップレベルのサッカー選手を対象とした先行研究においても, 個人差はあるが, 試合中の総移動距離は 10 km 前後であることが示唆され

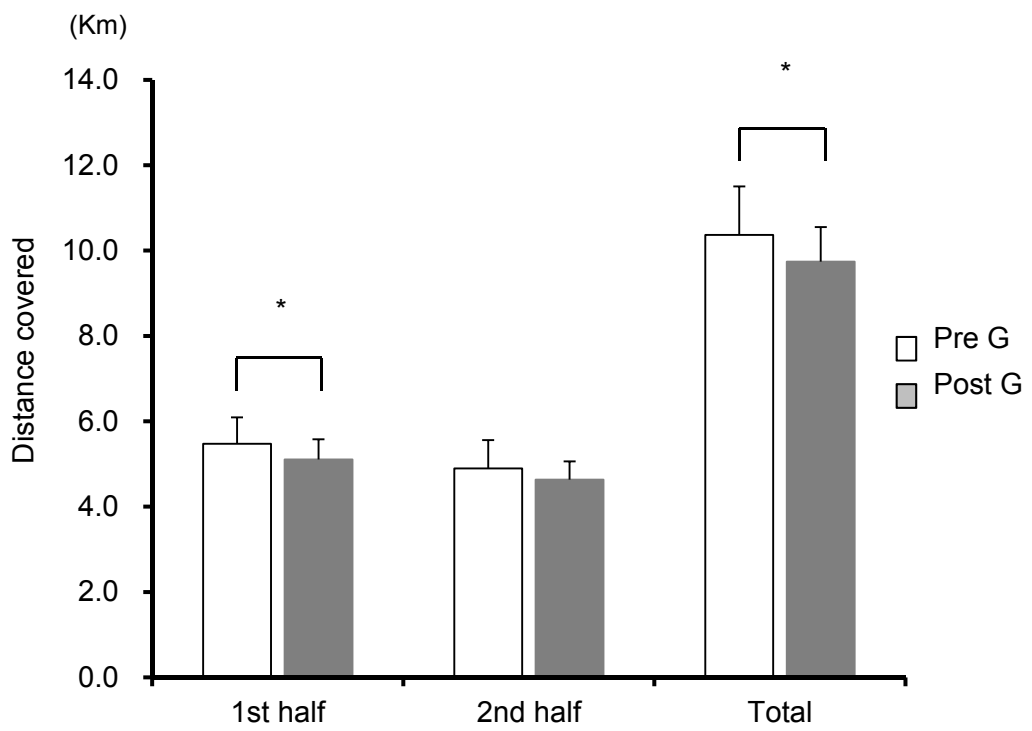


Fig. 5-1-3. Changes in distance covered during a match before and after 2 weeks training cessation.  
Data are mean  $\pm$  SD. \* : p < 0.05.

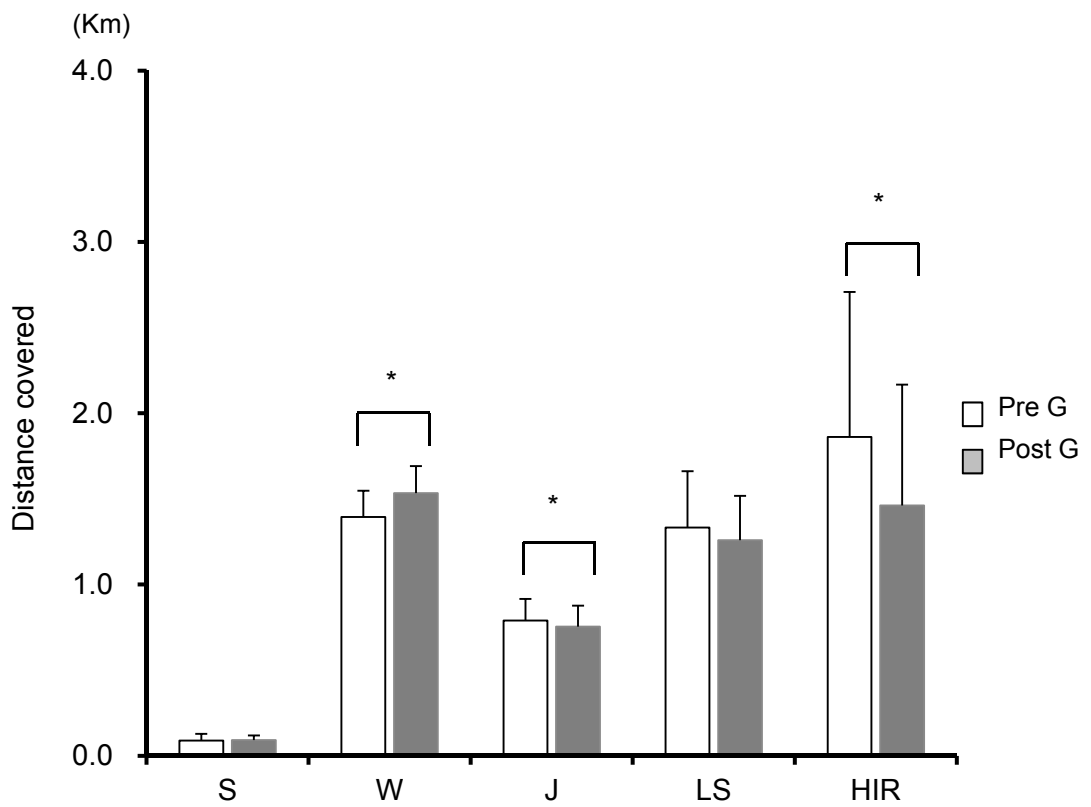


Fig. 5-1-4. Changes in locomotors categories before and after 2 weeks training cessation.

Data are mean  $\pm$  SD. \* :  $p < 0.05$ .

S ; standing, W ; walking, J ; jogging, LS ; low-speed running, HIR ; high-intensity running.

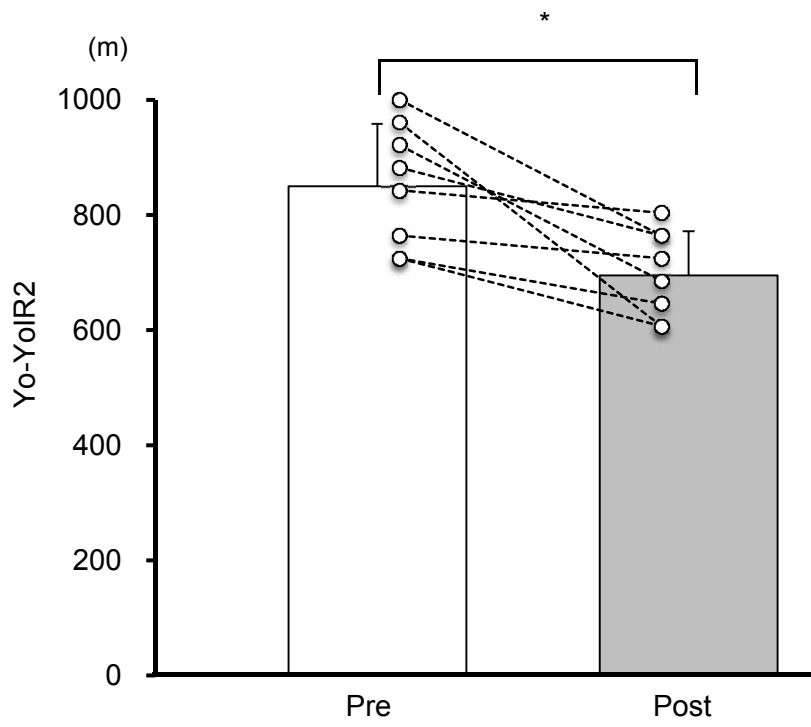


Fig. 5-1-5. Changes in Yo-YoIR2 before and after 2 weeks training cessation.

Data are mean  $\pm$  SD. \* :  $p < 0.05$ .



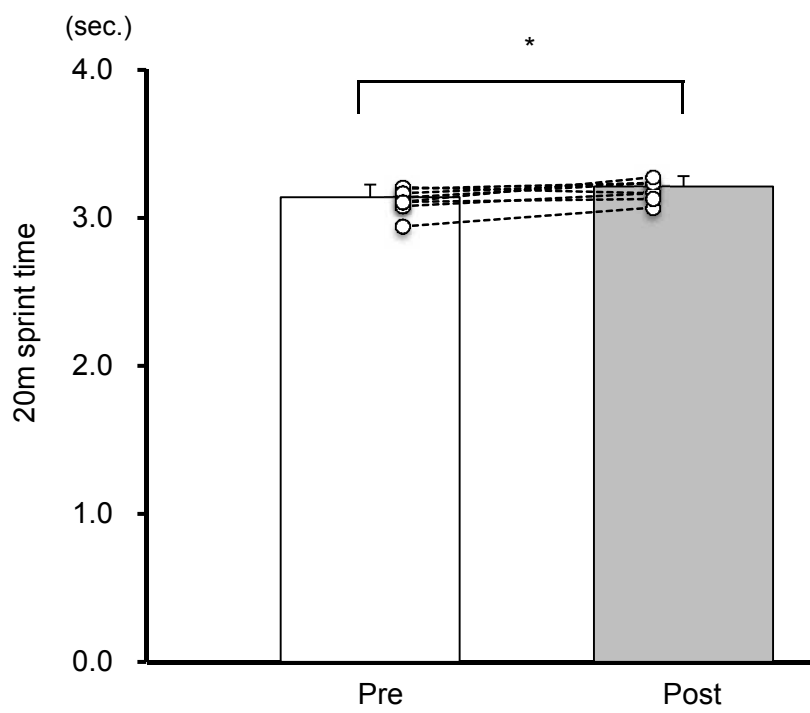


Fig. 5-1-6. Changes in 20m sprint time before and after 2 weeks training cessation.  
 Data are mean  $\pm$  SD. \* :  $p < 0.05$ .

ている (Mohr et al., 2003). 一方, GPS を用いたスペインリーグ 2 部および 3 部に所属する選手の移動距離は, これらの値より若干低い値であることが報告されている (Randers et al., 2010). これらの報告から, 本研究の被験者 (Pre G における総移動距離が 10.4 km) はトップレベルの選手が実際の試合で移動する距離と比較した場合に, 著しく劣る値ではなかったと考えられる.

本研究の結果, 2 週間の TR の中止によって試合中におけるフィジカルパフォーマンス (総移動距離および HIR) は有意に低下することが示唆された. 試合中におけるフィジカルパフォーマンスが低下した要因は, TR の中止によるフィジカルコンディションの変動や技術レベルへの影響, および試合展開などがその要因として考えられる.

Pre G および Post G の両試合に 90 分間を通して出場した 5 名の選手において, Yo-YoIR2 test パフォーマンスが 15.9%低下した点や, Post G において運動誘発性筋痙攣 (いわゆる足がつる状態) を訴えた選手がいたことは, フィジカルコンディションが低下したことと関連する可能性がある. また 2 週間の TR の中断が Yo-YoIR2 test パフォーマンスを有意に低下させたという報告 (Christensen et al., 2010) や, 体力レベルの向上によって試合中の総移動距離が増加したという報告 (Helgerud et al., 2001) を考慮すると, TR の中止によるフィジカルコンディションの低下がゲーム中のフィジカルパフォーマンスの低下の要因の 1 つとして推察できる.

一方, 2 週間の TR の中止によって Yo-YoIR2 test パフォーマンスおよびスプリントタイムもゲーム中のフィジカルパフォーマンス同様, 低下する傾向が示唆された. 試合中における HIR の重要性が示唆されている現代サッカーにおいて, Yo-YoIR2 test パフォーマンスなどに代表される高強度間欠的能力のコンディショニングの良し悪しが, 選手のゲームパフォーマンスを左右する要因の 1 つであることは否めない. 本研究における被験者, 各選手個人の Yo-YoIR2 test パフォーマンスの低下率と, TR 中止前の Yo-YoIR2 test パフォーマンスとの関係を検討した結果, Pre の Yo-YoIR2 test の結果が良い選手ほど, TR 中止後の低下率が大きくなる傾向が示された (Fig. 5-1-7,  $r = 0.68$ ,  $p = 0.06$ ). この結果は, サッカー選手を含むアスリートのフィジカルコンディションは, TR の強度や頻度の影響を受け敏感に変動するという Krustup et al. (2006) や Mujika et al. (2001) の報告を支持する結果であると考えられる. シーズン中の数週間単位の

中断期のコンディショニング次第では, 試合再開後のゲームパフォーマンスに大きな影響を与えることを予想させる結果となった.

今後, 本研究で得られた結果を踏まえて, 短期間の中断期間におけるフィジカルコンディショニングの大幅な低下を防ぐ為に, 有効な TR の検討を行う必要性が考えられた.

#### 5.1.5 結論

2週間のオフトレーニング期における TR の中止はサッカー選手のゲーム中におけるフィジカルパフォーマンス, 高強度ランニングパフォーマンスを有意に低下させることが示唆された.

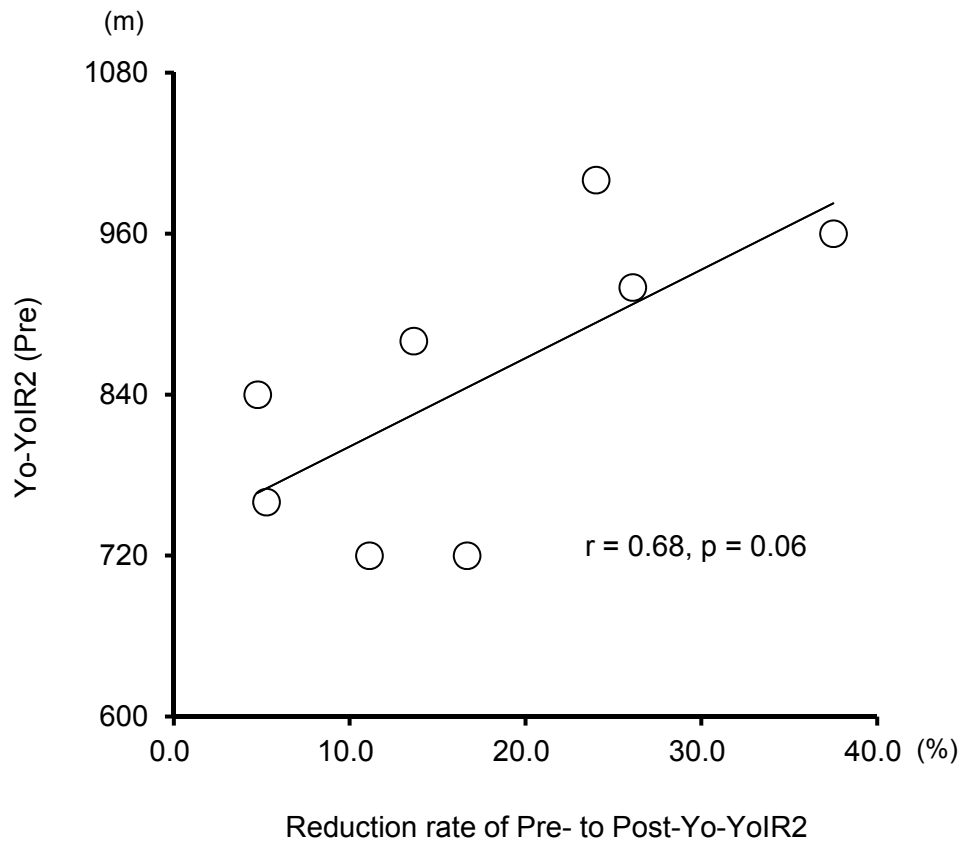


Fig. 5-1-7. Correlation plots of the relationship between Yo-YoIR2 (Pre) and reduction rate (%) of Pre- to Post-Yo-YoIR2 .

## 5.2 TR 量の減少が高強度ランニングパフォーマンスに与える影響（実験 3-2）

### 5.2.1 目的

実験 3-1 において、2 週間の TR の中止によって高強度間欠的ランニングパフォーマンスおよびゲーム中のフィジカルパフォーマンスが低下する可能性を示した。

本研究は、3 週間のオフトレーニング期における TR 量の減少、または中止が Yo-YoIR2 test パフォーマンスおよびスプリントパフォーマンスにどのような影響を与えるか検討する。

### 5.2.2 対象および方法

#### A 対象

JFL に所属する 13 名のセミプロフェッショナルサッカー選手と関東大学リーグに所属する大学サッカー選手 16 名を対象とした。被験者は、週に 6 日間の活動日のうち 1 日は公式戦または練習試合であり、1 日の練習時間は約 120 分であった。

実験に際して被験者には十分な説明を行った上で、同意書のサインを求め、実験参加の同意を得た。この実験は立教大学倫理委員会にて承認を得た。

#### B 実験プロトコル

オフトレーニング期における TR 量の減少や中断がサッカー選手の体力に与える影響を検討するために、各リーグ戦の終了直後の 3 週間を実験期間とした。29 名の被験者を、適度なランニングを行う群（R 群,  $n = 13$ ; age  $23.3 \pm 2.8$  years, height  $175.0 \pm 5.0$  cm, body mass  $67.0 \pm 5.0$  kg), プライオメトリック TR を行う群（P 群,  $n = 11$ ; age  $22.7 \pm 2.4$  years, height  $175.4 \pm 5.1$  cm, body mass  $68.8 \pm 9.1$  kg), および TR を全く行わないコントロール群（C,  $n = 5$ ; age  $22.0 \pm 0.0$  years, height  $174.4 \pm 3.8$  cm, body mass  $64.0 \pm 2.4$  kg) の 3 群に分け、実験期間前（Pre）後（Post）で Yo-YoIR2 test, 20m スプリントテストおよび身体組成の計測を行った。

R 群・P 群ともに週に 2 日の TR を行い、TR 時間はウォーミングアップとクーリングダウンを含め 60 分程度とした。各 TR とフィールドテストの実施は 19:00 から 20:00

(セミプロフェッショナル選手), および 15:00 から 16:00 (大学サッカー選手) の間に行った. 練習中の飲水は自由とし, コントロール群は実験に影響を与えられられる激しい運動は避けるように指示した.

## C TR プログラム

### ランニング TR 群 (R 群)

ランニング TR は週に 2 日とし, 連続した 2 日とならないようにした. TR に先立ち, 被験者は各自で 15 分間のウォーミングアップを行った. TR は Yo-YoIR2 test (Pre) 時における最大心拍数の 70-80% の強度で, 30 分間のランニングとした. ランニング中は無線式心拍計 (RS 400, Polar, Finland) で心拍数を確認しながらランニングを行えるように配慮した. TR 終了後は各自クールダウンを行い, 実験に影響を及ぼすと思われるその他の TR を行うことを禁止した.

### プライオメトリック TR 群 (P 群)

プライオメトリック TR は週に 2 日とし, 連続した 2 日とならないようにした. TR の前に被験者は各自でウォーミングアップを行った. プライオメトリック TR は被験者がレギュラーシーズンで行っている TR を 2 種類採用した.

1 つ目の TR は, 高さ 60 cm のコーンを十字型に配置し, 対角にある 2 本のコーンの上部にプラスチック製のバーを設置した後, 上部を時計周りに連続ジャンプを 10 回行った. 30 秒の休息を挟み, この TR を 2 回行うことを 1 セットとし, 3 セット連続して行った. セット間におけるレストは 2 分間とした (合計 60 回のジャンプ).

2 つ目の TR はサッカー場のペナルティーエリアの縦方向のライン (16.5 m) を用いて行うバウディングジャンプとした. 被験者はバウディングジャンプでペナルティーエリアを往復 (2 × 16.5 m) する TR を 2 分間の休息を挟み, 3 セット行った. TR 終了後, 各自クールダウンを 10 分程度行った. 実験期間中は実験の結果に影響を与えられられる, その他の TR の実施を控えるように指示した.

### コントロール群 (C 群)

実験期間中において実験に影響を与えると考えられる運動を行わないように指示した。

## D パフォーマンステスト

### Yo-YoIR2 test

Yo-YoIR2 test の測定は第 2 章に記載した方法で行った。

### スプリントテスト

20m スプリントタイムの測定は、第 2 章に記載した方法で行った。

## E 統計

オフトレーニング期における TR の効果の差異を検討するため、各 TR または TR の中断が Yo-YoIR2 test, 20m スプリントテストおよび身体組成に与える影響を検討した後、各 TR 群の変化率に差があるか検討した。

統計処理に先立ち、データの正規性の検定を Kolmogorov-Smirnov test および正規残差プロットを用いて判断を行った。正規性の仮定が立証された場合は、分散分析による手法を用いた。また、仮に正規性の検定が立証されなかった場合は、ノンパラメトリックによる検定を行った。

TR 効果の検定には 2 元配置の分散分析を用い、交互作用の有無を検定した。各 TR 群における変化率の検討には Kruskal-Wallis test を用いて検討を行った。有意水準は 5%未満とした。データは平均値±標準偏差で示した。

### 5.2.3 結果

実験期間前後の R, P, C 各群における Yo-YoIR2 test パフォーマンスの結果を Fig. 5-2-1 に示す。Yo-YoIR2 test パフォーマンスの変動において、TR による有意な交互作用は認められなかった。

実験期間前後の R, P, C 各群における、20 m スプリントテストの結果を Fig. 5-2-2

に示す。20 m スプリントタイムの変動において、TR による有意な交互作用は認められなかった。

実験期間前後における各群の Yo-YoIR2 test パフォーマンス、20 m スプリントテストの変化率を検討した結果、その変動に有意な差は認められなかった。

#### 5.2.4 考察

本研究の結果、3 週間の実験期間におけるランニング TR 群およびプライオメトリック TR 群は、TR を行わなかったコントロール群と比較して、Yo-YoIR2 test パフォーマンスおよびスプリントタイムに有意な TR 効果を認めなかった。この結果は、サッカー選手を対象とした、オフトレーニング期における TR の減少が Yo-YoIR2 に与える影響を示した初めての知見である。

Krustrup et al. (2006) によると、Yo-YoIR2 の結果はテスト初期段階 (< 280 m) での血中乳酸値と有意な相関があることが報告されている。従って Yo-YoIR2 test パフォーマンスの維持には、最大下運動時における血中乳酸応答を維持する強度での TR が有効である可能性が考えられる。Rietjens et al. (2001) は 3 週間にわたり、週に 3 日、1 回 2 時間、最大酸素摂取量の 68 %強度での間欠的サイクリング TR が、サイクリングパフォーマンスと最大下運動時における乳酸応答の維持に有効であったことを報告している。一方、4 週間における最大酸素摂取量の 68.2 %強度での週 3 日のランニング TR では最大酸素摂取量の有意な減少は認めなかったが、最大下運動時における血中乳酸値が有意に上昇したとの報告 (McConnell et al., 1993) がある。これらの結果を考慮すると、日々継続して TR を行っているスポーツ選手を対象とした研究における、TR の量 (頻度) および強度の減少による最大下運動時の血中乳酸応答に対する影響に関しては、一致した見解が得られているとは言い難い。本研究では、オフトレーニング期間に経験的に行われている適度なランニング TR が Yo-YoIR2 test パフォーマンスに与える影響を検証することを最優先としたことから、実際の血中乳酸値の測定は行っておらず、その変動は不明である。しかしながら本研究で用いた適度なランニング TR は、3 週間のオフトレーニング期間における、Yo-YoIR2 test パフォーマンスの維持に対して有効ではない可能性が示された。



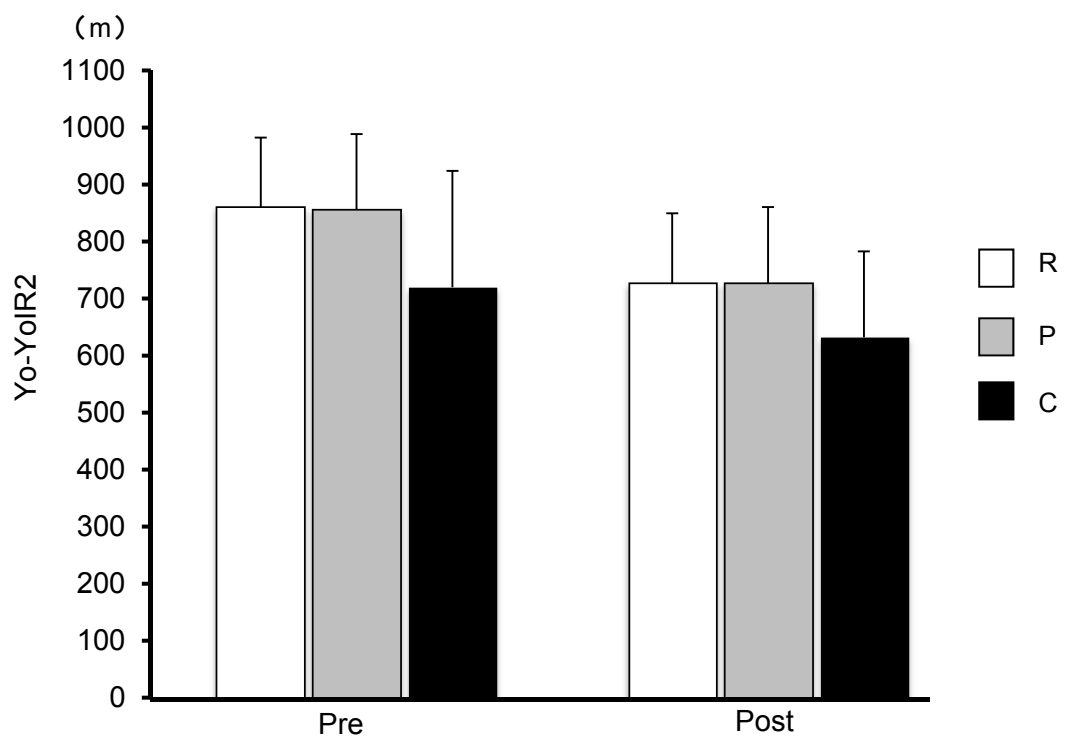


Fig. 5-2-1. Changes in Yo-YoIR2 in each group before (pre) and after (post) a three week period of reduced training. Values are means  $\pm$  SD. R = running group, P = plyometric group, C = control group. There was no significant interaction (time  $\times$  training).

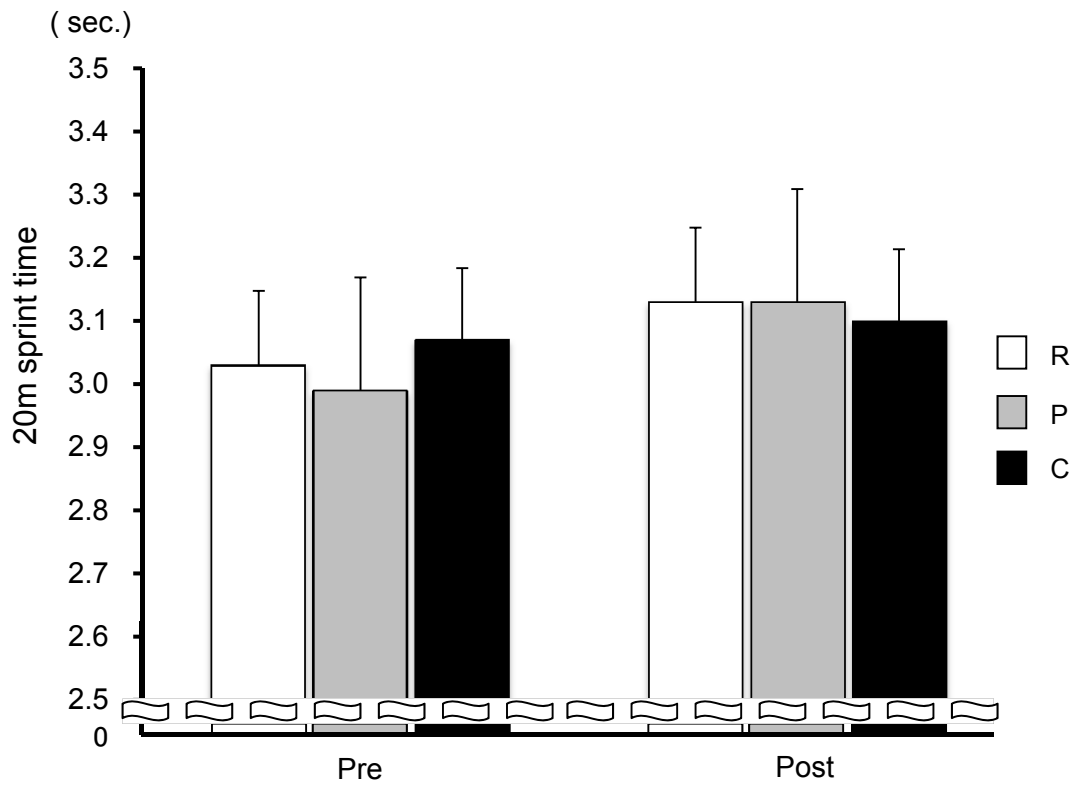


Fig. 5-2-2. Changes in 20 m sprint time in each group before (Pre) and after (Post) a three-week period of reduced training. Values are means  $\pm$  SD. R = running group, P = plyometric group, C = control group. There was no significant interaction (time  $\times$  training).

また 20 m スプリントタイムの変動においてもランニング TR 群、プライオメトリック TR 群ともに、コントロール群と比較して有意な TR 効果を示すことはできなかった。主効果における検討においても 20m スプリントタイムは有意に低下することが確認されたことから、3 週間の TR 量の減少や中断によって、スプリントパフォーマンスが低下する可能性を示唆する結果であると考えられる。先行研究では、TR 量の減少や中断によるスプリントパフォーマンスへの影響について一致した見解が得られていない (Amigo et al. 1998; Diallo et al.2001)。この理由として、中断期間の長さ、TR 量 (頻度)、TR 強度 (内容)、被験者の体力特性が異なることが原因として考えられるが、いずれにしても、サッカー選手におけるスプリントパフォーマンスに対する TR 効果や TR の中止に関する報告は少なく、更なる検証が必要である。

本研究の被験者において、PreのYo-YoIR2の測定において、29名のうち5名の被験者が1000 mを超える結果であったが、これらの被験者のPostにおけるYo-YoIR2 test パフォーマンスは、Preで1000 mを超えなかった選手と比較して、その低下量が大きい傾向が見られた (258 m vs 86 m)。また、被験者全体でのPreのYo-YoIR2 test パフォーマンスとPostにおける低下率を検討した結果、両者の間に相関関係が示唆され (Fig. 5-2-3,  $r = 0.47$ ,  $p < 0.05$ )、研究課題3.1の結果 (Fig. 5-1-7) と一致する傾向が得られた。これらの結果は、Yo-YoIR2 test パフォーマンスの結果が良い選手ほど、TR量・強度の減少によって、そのパフォーマンスが損なわれる割合が大きくなる可能性を示唆しているのではないだろうか。

本研究の結果、3週間のオフトレーニング期間における、週2日の適度なランニングとプライオメトリックTRは、TRを行わないコントロール群と比較して、Yo-YoIR2 test パフォーマンス、およびスプリントパフォーマンスに有意なTR効果を示さなかった。また主効果の検定において、実験期間前後において双方は有意に低下することが確認された。

### 5.2.5 結論

3 週間のオフトレーニング期における、週 2 日の適度なランニングとプライオメトリック TR は、TR を行わないコントロール群と比較して、高強度ランニングパフォーマンス

ンスの変動に対して、有意な TR 効果を示すことが出来なかった。加えて、各 TR 群における変化率は各 TR 間で有意な変動を示さないことが確認された。

従って、シーズン中における数週間の中断期におけるフィジカルコンディションの低下を防ぐ為の有効な TR 方法の検討を行う必要性が示された。

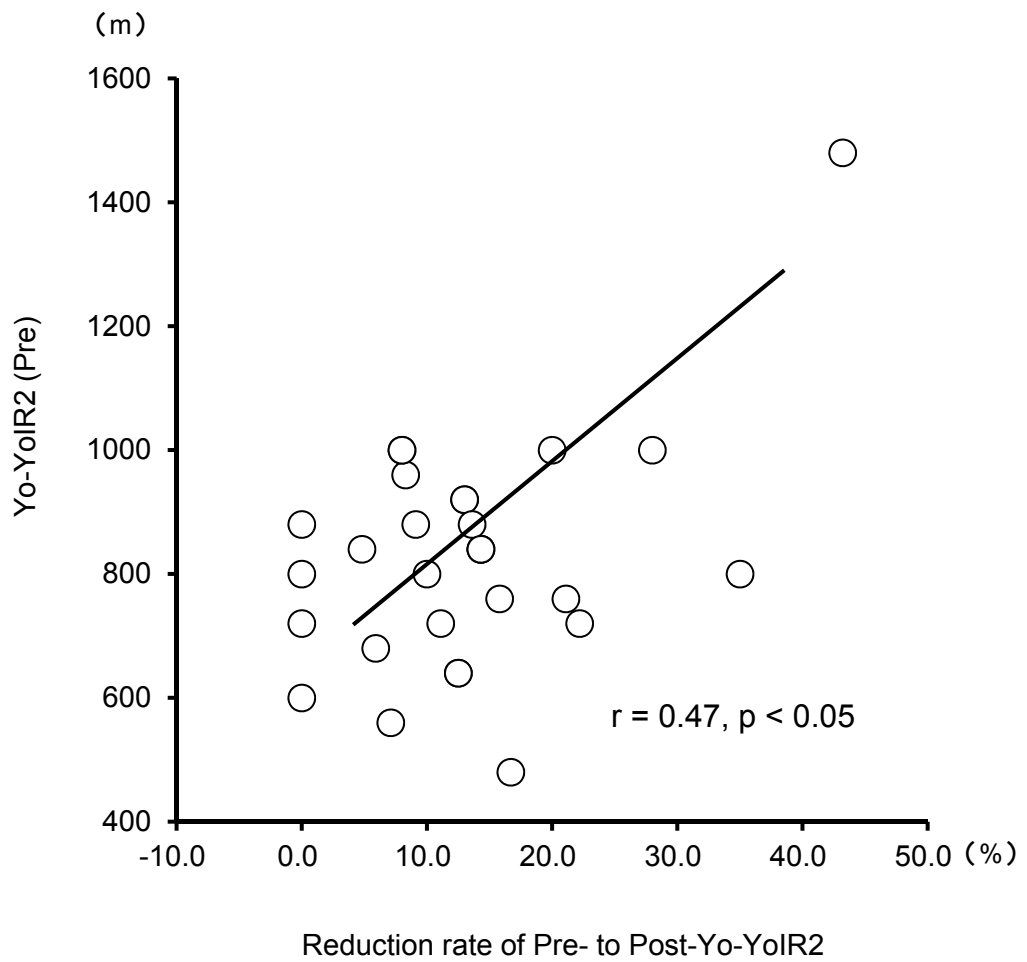


Fig. 5-2-3. Correlation plots of the relationship between Yo-YoIR2 (Pre) and reduction rate (%) of Pre- to Post-Yo-YoIR2.

### 5.3 オフトレーニング期における高強度間欠的ランニングトレーニングが高強度ランニングパフォーマンスに与える影響（実験 3-3）

#### 5.3.1 目的

実験 3-1 および 3-2 において、サッカー選手のフィジカルコンディションは数週間の TR の中止および TR の減少によって有意に低下することが示唆された。

本研究は 2 週間のオフトレーニング期における週 2 回の高強度間欠的ランニング TR が、Yo-YoIR2 test パフォーマンスおよび VMA（Velocity of Maximum Aerobic）に与える影響を検討する。

#### 5.3.2 対象および方法

##### A 対象

東京都大学サッカーリーグに所属する男子大学サッカー選手 7 名（age  $19.7 \pm 1.0$  years, height  $173.5 \pm 3.7$  cm, body mass  $66.0 \pm 3.1$  kg）とした。

実験に際して被験者には十分な説明を行った上で、同意書のサインを求め、実験参加の同意を得た。この実験は立教大学倫理委員会にて承認を得た。

##### B 実験デザイン

2 週間の TR 中断期間における週 2 回の高強度間欠的ランニング TR がサッカー選手の体力に与える影響を検討するため、2 週間の実験期間前（Pre）後（Post）において Yo-YoIR2 test および VMA の測定を行った。

##### C トレーニングプログラム

高強度間欠的ランニング TR は先行研究を参考にし決定した（Dupont et al., 2004; Tabata et al., 1996）。Pre 測定時における VMA の 115% の速度で、20 秒間のランニングを 40 秒のレストを挟み 6 本行い、4 分間の休憩を挟み同様のランニングを再度行った。高強度間欠的ランニング TR の実施は陸上競技場の 400 m トラックにて行った。

## D パフォーマンステスト

### Yo-YoIR2 test

Yo-YoIR2 test の測定は第 2 章に記載した方法で行った。

### VMA

VMA の測定は、第 2 章に記載した方法で行った。

## E 統計

各データは平均値±標準偏差で示し、対応のある t 検定 (paired t-test) を用いて検討を行った。有意水準は 5% 未満とした。

### 5.3.3 結果

実験期間前後における Yo-YoIR2 test パフォーマンスおよび最大有酸素性スピードを Fig. 5-3-1 および Fig. 5-3-2 に示す。実験期間前後における Yo-YoIR2 test パフォーマンスおよび VMA に有意な変動は認められなかった。

### 5.3.4 考察

本研究の結果、実験期間前後における Yo-YoIR2 test パフォーマンスおよび VMA の値に有意な低下を認めなかったことから、高強度間欠的ランニング TR は 2 週間のオフトレーニング期において、高強度ランニング能力の維持に有効である可能性が示唆された。

トップレベルで活躍するサッカー選手は 10 か月以上の長いシーズンを戦うため、身体的のみならず、精神的にも厳しいコンディションでゲームパフォーマンスを発揮することが求められる。シーズン半ばにおける試合の中断期は、そのような状況から離れ、精神的、身体的なリフレッシュを図ることと、試合の再開に向けてコンディションの低下を防ぐことが必要であり、そのバランスを取ることが重要になる。一方で、TR の中断や中止によって、ゲーム中のフィジカルパフォーマンスが損なわれるだけでなく、Yo-YoIR2 test などの高強度ランニングパフォーマンスも低下することが実験 3-1 およ

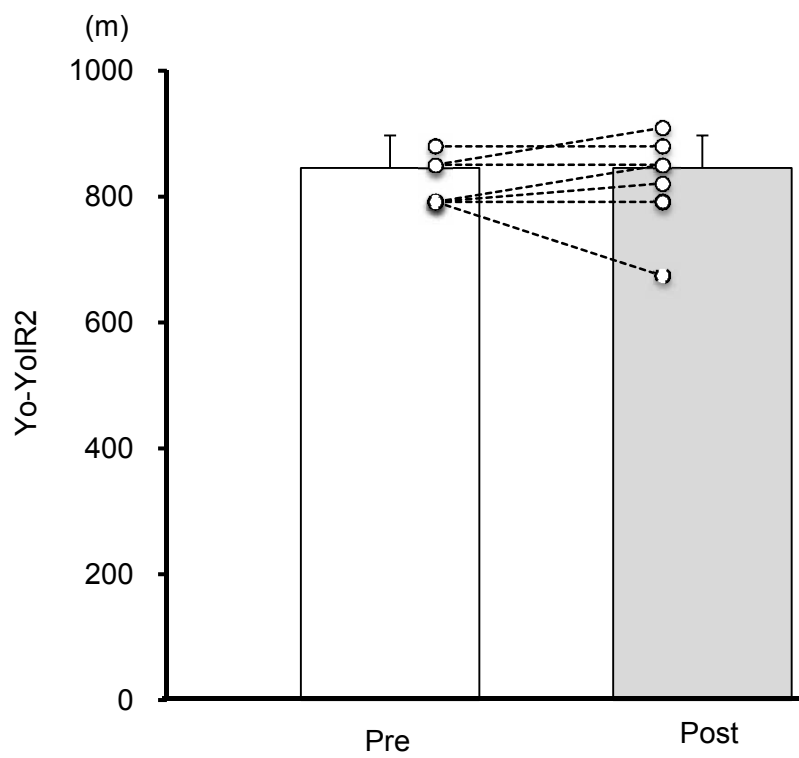


Fig. 5-3-1. Changes in Yo-YoIR2 before and after 2 weeks experimental period. Data are mean  $\pm$  SD. There was no significant difference.



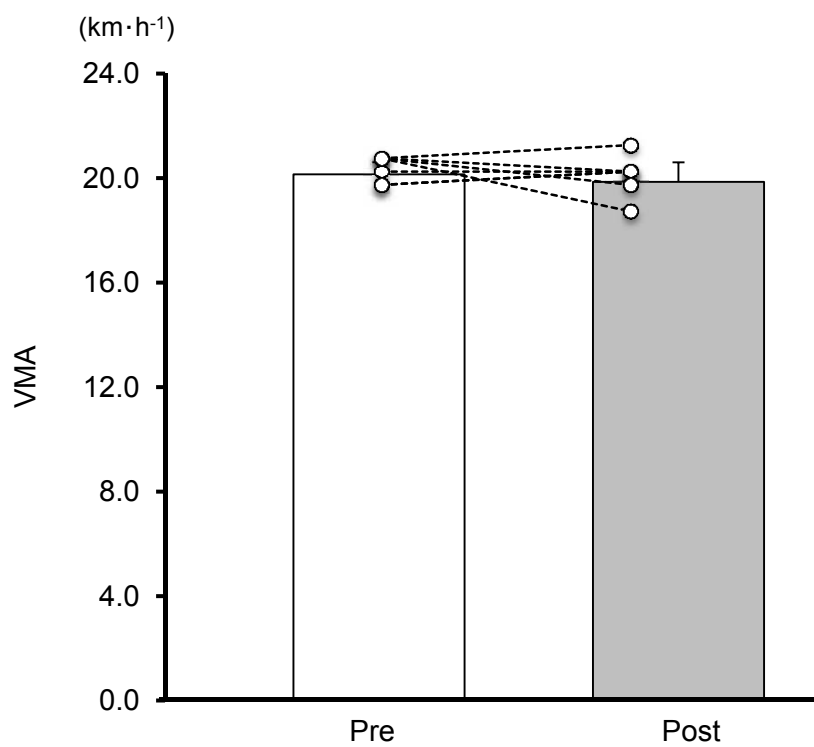


Fig. 5-3-2. Changes in VMA before and after 2 weeks experimental period.

Data are mean  $\pm$  SD. There was no significant difference.

VMA : velocity maximum of aerobic.

び 3-2 から明らかになった。従って、本研究では選手のフィジカルコンディションを低下させず、かつリフレッシュとしての時間が損なわれないことに配慮し、効率的に TR 効果を示すことを試みた。

Ferrari et al. (2008) は高強度ランニング TR がサッカー選手のコンディションに与える影響を検討し、全力スプリントを繰り返し行った TR 群における Yo-YoIR test および Repeat sprint test の結果が、最大下でのランニング TR (最大心拍数の 90-95%) を行った群より有意に向上したことを報告している。また、Dupont et al. (2004) は通常のサッカーの TR に加え、10 週間に渡り VMA の 120% 強度でのランニング TR を行った結果、40 m スプリントタイムおよび VMA の向上が認められたことを報告している。同様に、Helgerud et al. (2001) の報告においても、最大心拍数の 90-95% 強度でのランニング TR を 8 週間に渡り週に 2 日の頻度で行った結果、ゲーム中のフィジカルパフォーマンス (総移動距離やスプリント回数) および、最大酸素摂取量、ランニングエコノミーが改善したことを報告している。これらの知見は、高強度ランニング TR がサッカー選手のフィジカルコンディションの向上に関与する可能性を示唆する結果であるが、通常トレーニングと合わせて付加的に行った TR である点を考慮しなければならない。本研究はオフトレーニング期における単独の TR 効果を検証した研究成果であり、前述の先行研究の成果とは区別して考える必要がある。

本研究は週に 2 日の適度なランニング TR が Yo-YoIR2 test パフォーマンスの維持に効果を示さなかった (実験 3-2) 点や、Yo-YoIR2 test 時における生理学的負荷 (Krustrup et al., 2006) を考慮し、有酸素能力と無酸素能力 (最大酸素借) の双方を高めることに効果があると報告されている TR プログラム (Tabata et al., 1996)、および Dupont et al. (2004) の先行研究を参考にして TR 内容の設定を行った。加えて、現場で簡易に測定可能なフィジカルテストの値を基準として強度設定を行うことや、中断期の TR としての利用を考え、時間的な制約にも配慮した。本研究における被験者の TR 中の最高心拍数は 180 拍前後 (Fig. 5-3-3) であり、無酸素性エネルギー供給の割合が高い TR 強度であったとが想像される。従って、オフトレーニング期に行う TR としては強度が高く、TR の実行には入念なウォーミングアップが求められることは言うまでもないが、本研究で得られた結果 (Fig. 5-3-1, Fig. 5-3-2) から考えると、シーズン中における中

断期のコンディショニングに利用できる可能性は高いと考えられる。

一方、個別の変動では低下傾向を示す選手が確認されたことから、本研究で認められた TR 方法による効果が、3 週間以上の中断期においても有効であるかは不明であり、更なる検討課題であると言える。

前述したようにサッカー選手のコンディション評価には、フィジカルテストの結果だけで判断せず、ゲームパフォーマンスと合わせた解釈も必要であると考えられる。今後、このような TR 期に行う TR がゲームパフォーマンスの維持に関連するかどうか検討を行う必要があるが、本研究の知見は、シーズン中における中断期のコンディショニングを考える際の有用な一助となると考えられる。

### 5.3.5 結論

2 週間のオフトレーニング期における、週 2 日の高強度ランニング TR は Yo-YoIR2 test パフォーマンスおよび最大有酸素性スピードの有意な低下を防ぐ可能性が示唆されたことから、数週間の中断期におけるサッカー選手のコンディション維持に有効である可能性が示された。

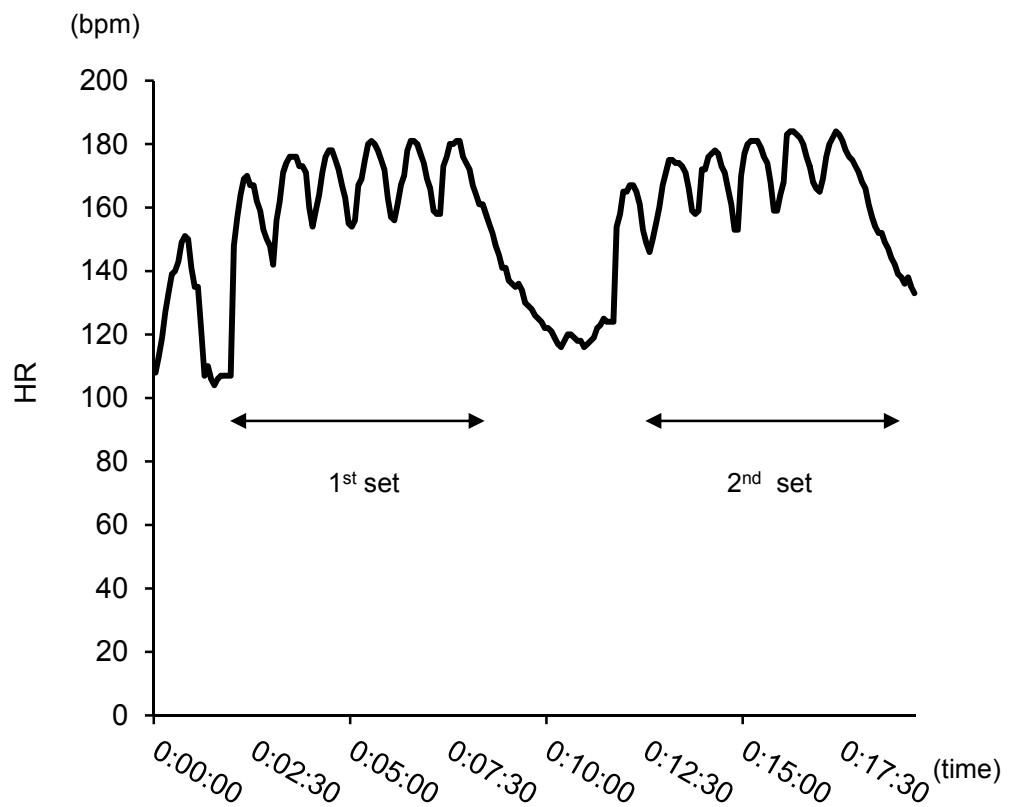


Fig. 5-3-3. Example of changes in heart rate during high-intensity intermittent running training. Training was consisted of 2 sets of 6 × 20 seconds high-intensity running at 115% of VMA running speed with 40 seconds of passive recovery between the running, 4 minutes of passive recovery between sets.

## 第6章 総合討論

### 6.1 本研究の目的

本研究はプレシーズン、試合期、オフトレーニング期における問題点に着目し、サッカー選手のコンディショニングを行動体力および防衛体力の両指標を用いて明らかにすることを目的とした。

### 6.2 本研究で得られた成果の意義および今後の課題

近年、試合数が増加傾向にあるサッカー選手のコンディショニングにおいて、その“ピークをいつにするか”という課題については、常に熟慮する必要がある。しかしその一方で、前述の傾向に対してどのようにして“コンディショニングを維持するか（低下させないか）”という視点を排除してコンディショニングを行うことはできない。本研究はこの点に着目し、理想的なコンディショニングを行う際の一助となる知見を提供するため、プレシーズン、試合期、オフトレーニング期において選手の行動体力および防衛体力がどのように変化するか検討を行った。

課題1では年間を通した高強度ランニングパフォーマンスの変動を検討し、この変動が年間を通して変化すること、その変化のなかでも、オフトレーニング期前後の変化が最も大きいことが明らかになった。課題2ではサッカー選手がコンディショニングを崩す原因の1つとして考えられるURTIに対して、その防御機構として働く口腔内局所免疫能がURTIの症状の発症の数日前に低下することから、これをモニタリングすることで、URTIの発症のリスク評価に利用できる可能性を示した。課題3では数週間のTRの中止が選手の高強度ランニングパフォーマンスおよびゲーム中のフィジカルパフォーマンスに与える影響を検討し、これらのパフォーマンスが有意に低下することを示した。その後これらの低下を防ぐ目的で、高強度間欠的ランニングTRの有効性を検討し、その効果を示した。これらの研究課題から得られた成果は、理想的なサッカー選手のコンディショニングを行う際の有用な一助となると思われる。

## 課題 1：シーズンを通した高強度ランニングパフォーマンスの変動

サッカー選手に必要とされる体力要素は多岐にわたる。本研究では高強度ランニングパフォーマンスの指標として、Yo-YoIR2 test パフォーマンスおよび 20 m スプリントタイムを用いて、各 TR 期において測定を行い、年間を通してどのように変化するか検討した。本研究の結果、Yo-YoIR2 test パフォーマンスおよび 20 m スプリントタイムの双方においてプレシーズン開始直後の値がその他の TR 期と比較して有意に低値を示したことから、サッカー選手の高強度ランニングパフォーマンスは年間を通して変動し、TR 開始時 (Preseason start) が最も低値であることが確認された。

一般に、プレシーズンは試合期に向けた準備期として考えられ、フィジカルコンディショニングの向上を主とした TR が行われる傾向にある。プレシーズンにおいてはフィジカルコンディショニングの向上が認められる反面、スポーツ外傷・障害のリスクが高いことが報告されている。これらの原因としては、TR に対する選手のフィジカルコンディショニングとの関係が指摘されている。本研究では中断期を含む試合期 (Preseason end から Mid. season brake までおよび Mid. season brake から End of the season までの 2 つの試合期) において、Yo-YoIR2 パフォーマンスは有意な変動を示さないことが確認された。また、これらの TR 期において、プレシーズン開始時と比較して有意に Yo-YoIR2 パフォーマンスが向上することも確認された (Fig. 3-1)。この結果は、プレシーズン以降の TR 期においても選手への働き掛け (コンディショニング) 次第で、高強度ランニングパフォーマンス (Yo-YoIR2 パフォーマンスおよびスプリントパフォーマンス) が改善することを示唆していると考えられる。試合期における付加的な TR が高強度ランニングパフォーマンスの向上を示した先行研究 (Dupont et al., 2004) においてもこの点は示唆されている。これらの点を考慮すると、プレシーズンにおけるスポーツ外傷・障害の発生リスクを軽減するために、本研究の結果が利用できるのではないだろうか。つまり、試合期においてもフィジカルコンディショニングが向上する可能性があるならば、試合期を含めて長期的視野に立った上でフィジカルコンディショニングの向上を図ることが、それらの発生のリスクを軽減させることにつながるのではないかという視点である。しかしその一方で、この計画はチームが優勝するための戦略を無視して実行することは

できない。開幕からのスタートダッシュを大事にするチーム、リーグ終盤においてコンディショニングが最も良くなるような戦略を採用するチームなど、それぞれのチームによって年間の戦略は異なり、その目的を達成するために各 TR 期における TR 計画が決定される。従って、各 TR 期におけるコンディショニングをどのように行うかという課題は非常に難しい。しかし年間を通したフィジカルコンディショニングの変動と各 TR 期の変動を明らかにした本研究の結果は、コンディショニングを立案、実践する現場スタッフにとって有益な一助となると考える。

今後、競技レベルやカテゴリーの選手に対しても同様な傾向が認められるかどうか、また、Yo-YoIR2 test パフォーマンスの変動と実際のゲームパフォーマンスの双方を用いて年間、そして各 TR 期における検証を重ねることが、より効果的なコンディショニングを行う上で必要である。

## 課題 2：プレシーズンおよび試合期における口腔内局所免疫の変動

試合や高強度 TR を長期に渡り継続して行うサッカー選手において、URTI などの感染症への罹患は大きな問題となっている。試合期のみならず、試合期に向けた準備期となるプレシーズンでの URTI への罹患は、そのタイミングによっては試合期直前となることや、URTI の罹患によって TR の中断を余儀なくされた場合に、チームとして戦術理解を深める TR に参加できなくなる可能性もある。従って、この両 TR 期において URTI の罹患予防を行う意義は大きい。

本研究の実験 2-1 および 2-2 において、URTI の症状の発症の前に SIgA レベルや唾液分泌量が低下する傾向を認められた。URTI の罹患リスク把握に口腔内局所免疫を用いて、コンディショニングに利用するためには、Prospective な視点からの利用が不可欠である。そのためには、URTI の症状の発症と口腔内局所免疫能の変動との関係を明らかにすることが第一であると考えられる。本研究では、URTI の症状の発症の前に SIgA レベルおよび唾液分泌量が低下することが確認されたが、低下の判断は被験者が URTI の症状を訴えていない期間の平均値を Baseline として算出し、その 1SD の範囲を指標として検討を行った。しかしながら、口腔内局所免疫能がこの範囲を超えて低下

しても、URTI の症状を示さなかった選手も確認されたこと、1SD 以外の指標を用いて判断した場合や、Baseline の設定を変えた場合に解釈が異なる可能性があることを踏まえて、本研究の結果に接する必要がある。

第二に、口腔内局所免疫能の低下（変化）をどのように判断し、コンディショニングの指標として利用するか解決する必要がある。言い換えると、どの程度の変動が確認され場合に TR の中断や、その他の対策を講ずるかという課題である。実際の競技現場において口腔内局所免疫能の低下が確認される度に、TR 量・強度の見直しや TR の中断を行うことは、本来の TR の目的に到達できないリスクが生じる。つまり、低下による判断基準が曖昧では競技現場におけるコンディショニングに支障を生じ、結果的に TR の妨げになる可能性が考えられる。この点を考慮すると、口腔内局所免疫をコンディショニングの指標として利用するためには、解決すべき検討課題が残る。しかし、アスリートで問題となっている URTI の罹患予防に対し、その症状の発症前に低下傾向を認めたという点においては、今後の研究につながる成果であると考えられる。

現時点において、URTI の罹患予防に関するコンディショニングは口腔内局所免疫能の変動をモニタリングすることに合わせて、物理的な対策を講じることが最も効果的な方法であると考えられる。物理的な対策とは、手洗い、うがい、消毒、マスク、感染者または感染のリスクがある人物との（事前）隔離がそれにあたる。Hanstad et al. (2011) は Vancouver 冬季オリンピック大会に対する URTI の罹患予防を目的として、大会期間中のみならず、開催 1 か月前のプレシーズン、つまり準備期を含めた長期間にわたり、高強度 TR を行う選手の宿泊を個室対応（隔離）とすることや、宿泊施設における空気清浄機の利用、ワクチン接種、消毒液による衛生管理等を行った。このような対策を講じた結果、前回の Torino 冬季オリンピックより疾病件数が減少したことを報告している。この結果や本研究の結果を考慮すると、高強度 TR や精神的ストレスなどにより口腔内局所免疫能の低下が予想されるタイミングにおける適切な対応、口腔内局所免疫能の変動が確認された時点における TR 実行の可否判断、およびその後の物理的な対策を適切なタイミングで行うことの 3 点を合わせて行うことが URTI の罹患予防のコンディショニングとして効果的であると考えられる。

Prospective な視点から、アスリートにおける URTI の罹患予防のコンディショニング



グに口腔内局所免疫を用いるために解決すべき課題は多い。しかし、本研究の結果や今後の研究の成果をもとに、将来、アスリートを悩ませる URTI の罹患に対する効果的なコンディショニングが確立されることを期待したい。

### 課題 3 : オフトレーニング期における TR 量の減少または TR の中止が ランニングパフォーマンスに与える影響

サッカー選手にとっていかにコンディションを向上させ試合で最適なパフォーマンスを発揮できるようにコンディショニングを行うことは非常に重要である。それと同時に、欧州の主要リーグに見られるクリスマス休暇や国際大会の開催によるリーグ戦の中断期においては、コンディションの大幅な低下を防ぐことも重要な課題となる。このような中断期は、身体的、精神的なリフレッシュを図ることも同時に求められることから、双方のバランスを取ることは難しく、コンディションのマネージメントは難しい。この点を考慮すると、サッカー選手のコンディショニングにおいて“オフトレーニング期をどのように過ごすべきか”という議論は検討されるべき課題であるにも関わらず、これまで科学的な検証は十分であるとは言い難い。

本研究の結果（実験 3-1 および 3-2）から、サッカー選手の体力は数週間の TR の中止によって低下し、ゲーム中のランニングパフォーマンスも有意に減少することが確認された。また、実験 3-3 ではフィジカルコンディションの維持を目的とした、高強度間欠的ランニング TR の有用性を示した。

中断期やオフトレーニング期における TR の目的の 1 つに、次の TR 期における最適な準備が挙げられる。中断期であれば再開される試合期に向けた準備であり、シーズン終了後の長期のオフトレーニング期であれば、新しいシーズン、つまりプレシーズンに向けた準備となる。本研究で得られた知見や TR 方法は、中断期におけるフィジカルコンディションの大幅な低下を防ぐことを目的としたコンディショニングに際して、その利用価値は高いと考えられる。

しかしその一方で、高強度 TR を中断期に行うことによる外傷・障害の発生リスク、このような TR を行うことによる精神的な影響、試合期再開後以降における外傷・障害

の発生に与える影響など、より多角的な視点からこの TR の有効性を示す必要性がある。これらの問題を解決することにより、オフトレーニング期における最適なコンディショニングを行うことが可能になると考えられる。しかしながら、これまで科学的な検証が不十分であったオフトレーニング期における TR の中止や減量がフィジカルコンディションへ与える影響を明らかにした点において、本研究は有意義であると考えられる。

今後、フィジカルコンディションの維持とゲーム中のフィジカルパフォーマンスとの関連、TR を行うことによる精神的な側面を含め総合的な検討を行うことが課題である。

### 6.3 本研究で得られた知見をもとにした年間を通した理想的なサッカー選手の コンディショニングの提案

本研究で得られた知見をもとにコンディションの低下に配慮した、理想的なサッカー選手のコンディショニングに関する提案を行う (Fig. 6-1)。まず始めに、選手のコンディショニングを行う際には対になる視点を用いてコンディション評価を行うことが必要である。すなわち、全体と各 TR 期における視点、チーム全体と各選手個人の視点、そして行動体力と防衛体力の視点などから評価を行う必要がある。これらの点を常に考慮しながら年間を通してコンディション評価を行い、最適なパフォーマンスを導き出すためのコンディショニングを行うことが理想的である。

年間を通したフィジカルコンディションの評価には、Yo-YoIR2 test など高強度ランニングパフォーマンスの指標となるフィジカルテストと合わせ、ゲームパフォーマンス (試合中のフィジカルパフォーマンスと技術的パフォーマンスの双方の評価) を用いてコンディション評価を行うことが望ましい。特に試合期においては、フィジカルコンディションと合わせて、ゲームパフォーマンスの評価を行うことでフィジカルコンディションを整える TR に比重を置くべきか、技術的、戦術的な TR に比重を置くべきかという指針を決定する貴重な判断材料となる。

これらフィジカルコンディションの評価を行う際には、サッカーがチームスポーツであることを考慮に入れ、チーム全体のコンディション評価のみならず、個人の変動にも留意し、選手間のコンディションの差異を極力小さくする働き掛けが必要になる。本研

	Preseason	Game	Off-training (Mid-season brake)	Game	Off-training
YoYoIR2	↘	↘	↘	↘	↘
Game performances	↘	↘	↘	↘	
Mucosal immunity	▬	▬	▬	▬	
Heart rate	▬	▬	▬	▬	
Body compositions	↘	↘	↘	↘	↘
Subjective conditions	▬	▬	▬	▬	
Risk factors as impairing physical condition.	URTI, Sports injuries	URTI, Reduced TR#	Reduced TR# TR cessation#	URTI, Reduced TR#	
Notes	① URTI; monitoring mucosal immunity + another effective ways. ② Sports injuries; decrease risk factor, especially training load.	① URTI; monitoring mucosal immunity + another effective ways. ② Reduced TR; care for each player's condition.	① Take balance between TR & rest. ② Using high-intensity TR to keep physical fitness.	① URTI; monitoring mucosal immunity + another effective way. ② Reduced TR; care for each player's condition.	① High-priority of rest both physical and mental. ② Avoid large decline of fitness levels or changes body composition.

Fig. 6-1. A suggestion of ideal conditioning for soccer players throughout a competitive season.

↘; measure or evaluation. ▬; daily monitoring as much as possible.

#; an effect of reduced training on physical fitness levels. #; an effect of training cessation on physical fitness levels.

究で得られた結果においても、選手各個人で Yo-YoIR2 test パフォーマンスの変動が異なることが確認された。フィジカルテストの変動はスポーツ外傷・障害によるコンディション低下の可能性や、疲労の蓄積による低下の可能性を示唆するだけでなく、レギュラー、準レギュラーなど、チーム内における選手の立場によって、TR の負荷が各選手で異なる TR の構成上の問題点とも関係する。加えて、現代サッカーではポジションによって求められる運動能力が異なると考えられる (Di salvo et al., 2009; Krustруп et al., 2006) ことから、チーム全体の変動と選手個人の変動を定期的に且つ的確に捉え、各選手個人にあったコンディショニングを行う必要がある。

フィジカルテストやゲームパフォーマンスの評価と平行して体組成および心拍数を定期的にモニタリングし選手のコンディションを管理することも有効である。これらの指標は、選手のコンディションを低下させる要因として考えられる、スポーツ外傷・障害の発生や、疲労の蓄積との関連が示唆されている。Arnason et al. (2004) は サッカー選手を対象とした外傷・傷害の発生と体脂肪率や最大酸素摂取量、柔軟性、トレーニング時間や試合時間など様々な要因との関連を調査した結果、股関節の痛みを訴え選手は、痛みを訴えなかった選手と比較して体脂肪率が有意に高値であったことを報告している。また Andersen et al. (2012) は、2010 FIFA World cup South Africa™ 大会に参加する Denmark 代表選手を対象として、3 週間のコンディション調整を目的とした事前キャンプにおいて、選手のコンディション把握に Yo-YoIR2 test 時における心拍変動を指標として利用し、キャンプ期間を通じて同テストを複数回行った結果、最大下運動負荷時の心拍数の減少と、選手のコンディションとの間に関係があったことを報告している。他競技においても心拍変動と疲労との関連が示唆されている (菅原ら, 1999) ことから、選手のコンディション評価に心拍数を用いることは有用である可能性が高い。これらの客観的な指標に加え、選手の自覚的なコンディションをコンディションシートを作成し、継続して記録することにより更に効果的にマネジメントが行えると考えられる。

プレシーズンにおけるコンディショニングでは、この TR 期前後におけるフィジカルコンディションの評価が大切である。TR 開始時の評価は TR 内容を決める際の有用な情報として、プレシーズン終了時のフィジカルコンディションの評価はその TR 期に

における TR 効果や、試合期のコンディショニングを検討する上で有用な情報となる。

プレシーズンにおいては一般に、試合期に向けた準備期として考えられ、主にフィジカルコンディションの向上や、チーム戦術を浸透させることを目的とした TR が行われる。この TR 期におけるコンディション低下のリスクに関して、Dauty et al. (2011) はシーズン開始期や、中断期終了後における外傷・障害の発生数が多いことを 15 年間に及ぶ調査から指摘している。これらの発生には、フィジカルコンディションの不良が関係している可能性が考えられるため、メディカルスタッフとコーチングスタッフ、そして選手が三位一体となり、選手個人のコンディション評価やパフォーマンス分析を行い、外傷・障害の発生リスクに細心の注意を払うことや、積極的にフィジカルコンディションの向上を目指す TR 計画から、より長い視点でフィジカル面の向上を目指すことを目的とした TR 計画への変更などを行うことによってそのリスクを軽減できるかもしれない。

また、URTI に罹患することで、チーム戦術を高める TR への離脱や、試合期直前のタイミングでコンディションを低下させることは、選手個人にとって不利益となるだけでなく、チームとしての損失も大きいと考えられる。従って、外傷・障害のリスクマネジメントのみならず、URTI などの感染症への罹患に対するコンディショニングが行われるべきである。口腔内局所免疫の変動をモニタリングすることに合わせて、物理的な感染症対策を合わせて講じることが必要である。

プレシーズンにおけるコンディショニングは、チームが試合期に対してどのような状態で臨むかというチーム方針と密接に関わる。従って、コンディショニングを担当する現場スタッフは、チームの強化方針に従い TR 計画を立て、選手のコンディションを多角的に見極めた上でコンディショニングを行うべきである。

試合数が多い現代サッカーの競技方式を考えると、試合期において優先されるべき、コンディショニングは選手のコンディションを低下させない、“守りのコンディショニング” であると考えられる。一方、試合期における選手のコンディションを低下の要因として URTI への罹患が報告されていることから、プレシーズン同様、口腔内局所免疫をモニタリングすることに合わせて、URTI の罹患リスクを軽減することに効果がある物理的な対策を講じることが必要である。合わせて、防衛体力に影響を及ぼす精神的ストレ

スにも着目する必要がある。コンディションシートを活用することで、選手の精神的コンディションを把握できると考える。

他方、試合期である以上、フィジカルコンディションの評価も合わせて行うべきである。試合期におけるフィジカルコンディションの評価にはゲームパフォーマンス評価が最も有効である。試合中の総移動距離や高強度ランニングでの走行距離などのフィジカルパフォーマンスのみならず、パス成功率やボール保持率などを合わせた技術、戦術的要因と関連する項目を定期的に確認することができれば、次の試合にむけた修正点に特化したTRを行うことが可能となる。また試合期では、レギュラー、準レギュラーなど試合の出場状況によって選手のコンディションに差が生じる可能性が高い。この点に関してはフィジカルテストを実行することにより、その変動を客観的に捉えることが可能になる。特に交代出場が主となっている選手や、試合に出場する機会に恵まれない選手に対しては、個別にTRを行い、コンディションの維持または向上を図らなければならない。

試合期におけるコンディショニングは、それぞれの選手がチーム内で置かれた状況によって変化させる必要がある。コンディションを損なうリスクに対するコンディショニングに留まらず、選手によってはコンディションの向上を目的としたTRを行うことが必要である。測定のタイミングを考慮してフィジカルコンディションの評価を行い、選手が試合で最適なパフォーマンスを発揮できるように、一人一人のコンディション（身体面、精神面）と、チームの状況（成績、試合内容など）に応じたコンディショニングを行う必要がある。

オフトレーニング期（中断期）におけるコンディショニングの目的は、次のTR期に向けた最適な準備である。シーズン半ばに設けられた中断期においては、試合の再開に向けたコンディショニング、シーズン終了後における長期のオフトレーニング期においては、心身のリフレッシュが優先されるべきである。

中断期では、心身のリフレッシュとしての側面と試合の再開に向けてコンディションの低下を防ぐ（チーム状況によってはパフォーマンスの向上）、双方のバランスを見極める必要がある。このバランスの決定には、試合期終了時（前期）のフィジカルコンディションとゲームパフォーマンス評価が役立つ。これらの情報はフィジカルコンディシ

ョンやゲームパフォーマンスの改善・向上を目的としたコンディショニングに重点を置くか、反対にコンディションの低下を防ぐコンディショニングに重点を置くかというバランスを見極める客観的根拠となる。後者の方針を選択した場合は、本研究の TR 方法を外傷・障害の発生に十分留意した上で行うことが 1 つの有効な選択肢となる。

一方、長期のオフトレーニング期におけるコンディショニングで留意すべきことは、長期におよぶ TR の継続や試合のストレスから離れ、心身双方のリフレッシュを図ることである。加えて留意すべき点は、翌年のプレシーズンにおける外傷・障害の発生のリスクをできるだけ軽減することである。特に体組成の変動や体力レベルの低下は、外傷・障害の発生のリスクとの関係が指摘されている (Arnason et al., 2004; 山本, 2001) ことから、定期的に測定しこれらの点に配慮する必要がある。しかし、上記の問題点に関しては、現場のコーチやメディカルスタッフがプレシーズンにおける TR 内容や、選手のフィジカルコンディションに配慮することによって、そのリスクを軽減できる可能性があるのではないだろうか。このような対策を講じることで、選手がより有意義にこの期間を過ごすことができると考える。

サッカー選手に限らず、選手が試合で最適なパフォーマンスを発揮するためには、常にコンディションの変動に注意を払う必要がある。選手に関わるコーチやトレーナーは、コンディション評価を多角的な視点から行い、年間を通じた視点やチーム方針を考慮に入れ、各 TR 期の特徴に配慮したコンディショニングを行うべきである。そのためには選手の声に常に耳を傾け、パフォーマンスを的確に分析し、科学的な根拠に経験を組み合わせ、総合的にコンディショニングを立案、実践することが必要である。

#### 6.4 まとめ

***“Football is not science but science may improve the level of football.”***

Denmark の生理学者 Dr. Jens Bangsbo は彼の著書 “The physiology of soccer with special reference to intense intermittent exercise” においてこのように述べている。

近年のスポーツ科学の進歩により、競技力向上における科学の貢献は非常に大きくなっている。医学、生理学、トレーニング科学、心理学、ゲーム分析、バイオメカニクスなどの各分野において昼夜研究が重ねられている。

サッカー選手が試合で最良のパフォーマンスを発揮するためには、コンディションが良好であることが条件の1つとなる。つまり、コンディショニングの善し悪しが選手のパフォーマンスを左右する大きな要因となる。筋力や持久力、間欠的能力などに代表される行動体力は選手のパフォーマンスに直結する要素であり、選手のコンディションを把握する際の有用な指標となる。これらの行動体力はTRの影響を受けて向上することや、TRの中止によって低下することが報告されている。つまりサッカー選手のコンディショニングを行う際には、これらの体力要素が年間を通してどのように変動するか検討し、各TR期に応じたコンディショニングを実行する必要がある。一方、行動体力同様、生体が受けるストレスに対する抵抗力として考えられる防衛体力も、選手のパフォーマンス発揮において重要な役割を果たす。この防衛体力の1つである免疫系は、“かぜ”などの原因となる生物学的ストレスに対して働くことから、選手の健康状態と密接に関わる。従って、選手のパフォーマンス発揮と密接に関連する2つの体力要素を用いて、サッカー選手のコンディションを評価、検討を行うことで得られた本研究の知見は、サッカー選手のコンディショニングを考える際の有益な一助となると思われる。

また本博士論文では、実際の競技現場において、科学的根拠が乏しく究明の必要がある問題点に着目したこと、研究と競技現場の橋渡し、“**Bridge the Gap**”としての側面を持つこと、この2点に配慮して検討を行った。サッカー選手のみならず、アスリートに多発するURTIの問題や、TRの中断によるフィジカルコンディションの変動に関する検討、そして実際の競技現場で直面するスケジュールや、経験的に行われているTRの検証など、現場に携わる選手やコーチにとって応用可能となる情報が提供できるように配慮し得られた今回知見は、現場のコーチにとって有益な知見であると考えている。

プロフェッショナルな選手からグラスルーツの選手はもちろん、性別、年代、選手、サポーターの立場に関わらず、世界で最も愛されているサッカーの競技力向上に対して、今回の知見が“**may improve the level of football**”に少しでも寄与できることを願って稿を終えたい。



## 第7章 結論

本研究では、サッカー選手を対象として、(1) シーズンを通じた高強度ランニングパフォーマンスの変動、(2) プレシーズンおよび試合期における口腔内局所免疫の変動、(3) オフトレーニング期における TR 量の減少または TR の中止がランニングパフォーマンスに与える影響、以上3つの研究課題について検討し以下の結論を得た。

1) Yo-YoIR2 test パフォーマンスおよび 20 m スプリントタイムは年間を通して変動し、シーズン開始時が最も低値を示すことが確認された。

2) URTI の症状の発症前に、唾液分泌量および SIgA 分泌速度の低下傾向が確認された。

3) 2 週間のオフトレーニング期において、サッカー選手のゲーム中のフィジカルパフォーマンス、Yo-YoIR2 test パフォーマンスおよび 20 m スプリントタイムは有意に低下することが確認された。

4) 3 週間のオフトレーニング期における、週 2 日の適度なランニング TR とプライオメトリクス TR は、コントロール群と比較して、Yo-YoIR2 test パフォーマンスおよび 20 m スプリントタイムに有意な TR 効果を示さなかった。

5) 2 週間のオフトレーニング期間における、週 2 日の高強度間欠的ランニング TR は Yo-YoIR2 test パフォーマンスおよび VMA の維持に有効であることが確認された。

以上の知見は、理想的なサッカー選手のコンディショニングに関する有益な知見を提供するものと考えられる。

## 謝辞

稿を終えるにあたり、本論文作成に際し、的確かつ建設的なご意見、ご助言を賜りました筑波大学人間総合科学研究科准教授 向井直樹 先生に厚く御礼申し上げます。筑波大学人間総合科学研究科教授 宮川俊平 先生には学位取得申請から、論文作成に至るまで、長期におよび本当に御世話になりました。心より感謝申し上げます。また、副指導教官をお受け頂き、研究における視点のみならず競技現場からの観点を踏まえ、様々な有益なご助言を賜りました筑波大学体育系助教 福田崇 先生に感謝申し上げます。そして、私が筑波大学に入学以降、論文指導をはじめ、研究活動や人生におけるアドバイスを頂きました、独立行政法人日本スポーツ振興センター理事長、筑波大学学長特別補佐 河野一郎 特命教授に深謝いたします。私にとって先生との出会いは、何物にも替え難い、唯一無二の財産です。

立教大学コミュニティ福祉学部教授 安松幹展 先生には、論文指導、プレゼンテーション指導など本当に御世話になりました。常に親身になり、私の気持ちを理解し、適切な指導をしていただいた後は、いつも言葉がありませんでした。また、同大学院 前迫雅人さんにも研究遂行、論文作成に際して多大なご協力を賜りました。ここでお礼を述べさせていただきます。今後とも、サッカーを科学的な視点で捉え、選手のパフォーマンス向上に貢献する研究において、世界をリードする Research group になれるように共に歩んで行くことができればと思っております。

成蹊大学在学以降、研究やサッカー、私生活において様々なアドバイスを頂き、私をこの世界に導いてくださった、前成蹊大学経済学部教授 故 鈴木滋 先生に深く感謝いたします。本博士論文を先生も天国で読んで頂いていると思っております。

また、本研究を実施するにあたり快く協力してくださった、成蹊大学体育会蹴球部の皆様、横河武蔵野フットボールクラブの選手およびスタッフの皆様、そして研究に関して多くのアドバイスを頂きました、筑波大学スポーツ医学研究室的の皆様に感謝いたします。

最後になりますが、研究活動、論文指導など、この世界で生きていくための基本を、一から丁寧に指導してくださった東京大学医学研究科講師 秋本崇之 先生に心より御礼申し上げます。今日の私がここまで辿り着けたことも、大学で教壇に立てていること

も、先生のお力添えなしには考えられません。本当にありがとうございました。

そして、同期入学以降、研究、論文作成に留まらず、家族ぐるみで御世話になっている国立スポーツ科学センター 中村真理子さん、研究室の後輩で論文作成や研究活動のサポート、多くのアドバイスをくれたばかりでなく、人生のパートナーにもなってくれた妻、多くの不安があるなか大学院進学を許してくれた両親、愛くるしい笑顔で私を支えてくれた愛息子、みんな本当にありがとう。

参考文献

秋本崇之. 運動による局所免疫能の変動. 筑波大学大学院修士論文, 茨城県, 1995.

秋本崇之, 赤間高雄, 杉浦弘一, 龍野美恵子, 香田泰子, 和久貴洋, 河野一郎. 持久性ランニングによる口腔局所免疫能の変動. *体力科学*, 47, 53-62, 1998.

赤間高雄, 秋本崇之, 河野一郎. 急性および慢性のスポーツ活動による液性免疫の変化. 平成6年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告: No.IV スポーツ活動が免疫に与える影響に関する研究-第1報-, 13-20, 1994.

Amigó, N., Cadefau, JA., Ferrer, I., Tarrados, N., Cussó, R. Effect of summer intermission on skeletal muscle of adolescent soccer players. *J Sports Med Phys Fitness.*, 38, 298-304, 1998.

Andersen, TR., Poulsen, A., Bangsbo, J. Non-exhaustive YO-YO intermittent endurance testing effectively evaluates changes in performance of international level football players. *Abstract book of 3rd World conference of science and soccer*, 250, 2012.

Anderson, L., Triplett-McBride T., Foster, C., Doberstein, S., Brice, G. Impact of training patterns on incidence of illness and injury during a women's collegiate basketball season. *J Strength Cond Res.*, 17, 734-738, 2003.

Arnason, A., Sigurdsson, SB., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., Bahr R. Risk factors for injuries in football. *Am J Sports Med.*, 32, 5-16, 2004.

Bangsbo, J., Nørregaard, L., Thorsø, F. Activity profile of competition soccer. *Can J Sport Sci.*, 16, 110-116, 1991.

**Bangsbo, J.** Fitness training in football: A scientific approach. HO+Storm, Bagsværd, Denmark, pp.1-336, 1994.

**Bangsbo, J.** Planning the season. In: Aerobic and Anaerobic Training in Soccer. Bangsbo, J., and Hellsten, Y., eds. Stormtryk, Bagsværd, Denmark, pp. 194, 2007.

**Baker, D.** The effects of an in-season of concurrent training on the maintenance of maximal strength and power in professional and college-aged rugby league football players. *J Strength Cond Res.*, 15, 172-177, 2001.

**Baxter-Jones A, Maffulli N, Helms P.** Low injury rates in elite athletes. *Arch Dis Child*, 68, 130-132, 1993.

**Bishop, NC., Blannin, AK., Armstrong, E., Rickman, M., Glesson, M.** Carbohydrate and fluid intake affect the salivary flow rate and IgA response to cycling. *Med Sci Sports Exerc.*, 32, 2046-2051, 2000.

**Brady, K., Maile, A., Ewing, B.** An investigation into fitness levels of professional soccer players over two competitive seasons. Science and football. *Reilly, T., Bangsbo, J., Hughes, M. (eds)*. E and Span, London, pp. 118-122, 1997.

**Brooks, JH., Fuller, CW., Kemp, SP., Reddin, DB.** Epidemiology of injuries in English professional rugby union: part 1 match injuries. *Br J Sports Med.*, 39, 757-766, 2005.

**Bompa, T., O., Carrera, M. C.** Periodization training for sports: Science-based strength and conditioning plans for 20 sports (2<sup>nd</sup> ed.). Human kinetics, USA, 2005.

**Bompa, T. O.** 競技力向上のトレーニング戦略：ピリオダイゼーションの理論と実際.  
大修館書店, 東京, 2006.

**Casajús, JA.** Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 41, 463-469, 2001.

**Christensen, PM., Gunnarsson, TP., Bangsbo, J.** The effect of two weeks training cessation in trained soccer players. *The second world conference on science and soccer conference program*, 2010.

**Cometti, G., Maffiuletti, NA., Pousson, M., Chatard, JC., Maffulli, N.** Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *Int J Sports Med.*, 22, 45-51, 2001.

**Daniels, WL., Vogel, AJ., Sharp, DS., Friman, G., Wright, JE., Beisel, WR.** Effects of virus infection on physical performance in man. *Military Med.*, 150, 8-14, 1985.

**Dauty, M., Collon, S.** Incidence of injuries in French professional soccer players. *Int J Sports Med.*, 32, 965-969, 2011.

**Deinzer, R.** Dynamics of stress-related decrease of salivary immunoglobulin A (sIgA) : relationship to symptoms of the common cold and studying behavior. *Behavioral Medicine*, 23, 161-169, 1998.

**Diallo, O., Dore, E., Duche, P., Van Praagh, E.** Effects of plyometric training followed by a reduced training programme on physical performance in prepubescent soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 41, 342-348, 2001.

**Di Salvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P., Drust, B.** Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *Int J Sports Med.*, 30, 205-212, 2009.

**Dupont, G., Akakpo, K, Berthoin, S.** The effect of in-season, high-intensity interval training in soccer players. *J Strength Cond Res.*, 18, 584-589, 2004.

**Dvorak, J., Junge, A., Derman, W., Schwellnus, M.** Injuries and illnesses of football players during the 2010 FIFA World Cup. *Br J Sports Med.*, 45, 626-630, 2011.

**Fahlman, MM., Engels, HJ., Morgan, AL.** Mucosal IgA response to repeated Wingate tests in females. *Int J Sports Med.*, 22, 127-133, 2001.

**Feeley, BT., Kennelly, S., Barnes, RP., Muller, MS., Kelly, BT., Rodeo, SA., Warren, RF.** Epidemiology of National Football League training camp injuries from 1998 to 2007. *Am J Sports Med.*, 36, 1597-1603, 2008.

**Ferrari, BD., Impellizzeri, FM., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Wisloff, U.** Sprint vs. interval training in football. *Int J Sports Med.*, 29, 668-674, 2008.

**FIFA (2010),** 2010 FIFA World cup south Africa statistics. *FIFA*.URL (<http://www.fifa.com/worldcup/archive/southafrica2010/statistics/players/distanceand-speed.html>)

**Gabbett TJ.** Incidence, site, and nature of injuries in amateur rugby league over three consecutive seasons. *Br J Sports Med.*, 34, 98-103, 2000.

**Gabbett, TJ., Domrow, N.** Risk factors for injury in subelite rugby league players. *Am J Sports Med.*, 33, 428-34, 2005.

**Glesson, M., McDonald, WA., Pyne, DB., Cripps AW, Francis JL, Fricker PA, Clancy RL.** Salivary IgA levels and infection risk in elite swimmers. *Med Sci Sports Exerc.*, 31, 67-73, 1999.

**Gleeson M.** Mucosal immunity and respiratory illness in elite athletes.  
*Int J Sports Med.*, 21(Suppl.), 33-43, 2000a.

**Gleeson, M., McDonald, WA., Pyne, DB., Clancy, RL., Cripps, AW., Francis, JL., Fricker, PA.** Immune status and respiratory illness for elite swimmers during a 12-week training cycle.  
*Int J Sports Med.*, 21, 302-307, 2000b.

**Hanson, LA., Björkander, J., Oxelius, VA.** Selective IgA deficiency. In: Chandra RK ed. Primary and secondary immunodeficiency disorders. Edinburgh: Churchill Livingstone, 62-64, 1983.

**Hanstad DV., Rønsen, O., Andersen, SS., Steffen, K., Engebretsen, L.**  
Fit for the fight? Illnesses in the Norwegian team in the Vancouver Olympic Games.  
*Br J Sports Med.*, 45, 571-575, 2011.

**Hawkins. RD., Hulse. MA., Wilkinson. C., Hodson. A., Gibson. M.**  
The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *Br J Sports Med.*, 35, 43-47, 2001.

**Heath, GW., Ford, ES., Craven, TE., Macera, CA., Jackson, KL., Pate, RR.** Exercise and the incidence of upper respiratory tract infections. *Med Sci Sports Exerc.*, 23, 152-157, 1991.



**Helgerud, J., Engen, LC., Wisloff, U., Hoff, J.** Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc.*, 33, 1925-1931, 2001.

**Hermassi, S., Chelly, MS., Tabka, Z., Shephard, RJ., Chamari, K.** Effects of 8-week in-season upper and lower limb heavy resistance training on the peak power, throwing velocity, and sprint performance of elite male handball players. *J Strength Cond Res.*, 25, 2424-2433, 2011.

**Hoff, J, Wisløff., U, Engen., LC, Kemi., OJ, Helgerud., J.** Soccer specific aerobic endurance training. *Br J Sports Med.*, 36, 218-221, 2002.

**Hooper, SL., Mackinnon, LT., Howard, A., Gordon, RD., Bachman, AW.** Markers for monitoring overtraining and recovery. *Med Sci Sports Exerc.*, 27, 106-112, 1995.

**Hooper, SL., MacKinnon, LT., Gordon, RD., Bachmann, AW.** Hormonal responses of elite swimmers to overtraining. *Med Sci Sports Exerc.*, 25, 741-747, 1993.

**Hoshikawa, Y., Kanno, A., Ikoma, T., Muramatsu, M., Iida, T., Uchiyama, A., Nakajima, Y.** Off-season and pre-season changes in total and regional body composition in Japanese professional soccer league players. *Science and football V: The proceedings of the fifth world congress on science and football*, 160-166, 2008.

**Housh, TJ., Johnson, GO., Housh, DJ., Evans, SL., Tharp, GD.** The effect of exercise at various temperatures on salivary levels of immunoglobulin A. *Int J Sports Med.*, 12, 498-500, 1991.

Houtkooper L, Abbot JM, Nimmo M; International Association of Athletics Federations. Nutrition for throwers, jumpers, and combined events athletes. *J Sports Sci.*, 25, 39-47, 2007.

猪飼道夫. 体育生理学序説. 体育の科学社, 東京, pp.42, 1961.

Jemmott, JB. 3rd, Borysenko, JZ., Borysenko, M., McClelland, DC., Chapman, R., Meyer, D., Benson, H. Academic stress, power motivation, and decrease in secretion rate of salivary secretory immunoglobulin A. *Lancet*, 25, 1400-1402, 1983.

Kalapocharakos, VI., Strimpakos, N., Vithoulka, I., Karvounidis, C., Diamantopoulos, K., Kapreli, E. Physiological characteristics of elite professional soccer teams of different ranking. *J Sports Med Phys Fitness*, 46, 515-519, 2006.

加地正郎. カゼ症候群のすべて. 南江堂, 東京, pp.103-104, 1978.

Koch, AJ., Wherry, AD., Petersen, MC., Johnson, JC., Stuart, MK., Sexton, WL. Salivary immunoglobulin A response to a collegiate rugby game. *J Strength Cond Res.*, 21, 86-90, 2007.

Klentrou, P., Cieslak, T., Macneil, M., Vintinner, A., Plyley, M. Effect of moderate exercise on salivary immunoglobulin A and infection risk in humans. *Eur J Appl Physiol.*, 87, 153-158, 2002.

河野一郎. 運動と免疫. *体力科学*, 41, 139-146, 1992.

**Kostka, T., Berthouze, SE., Lacour, J., Bonnefoy, M.** The symptomatology of upper respiratory tract infections and exercise in elderly people. *Med Sci Sports Exerc.*, 32, 46-51, 2000.

**Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., Pedersen, PK., Bangsbo, J.** The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sports Exerc.*, 35, 697-705, 2003.

**Krustrup, P., Mohr, M., Nybo, L., Jensen, JM., Nielsen, JJ., Bangsbo, J.** The YoYoIR2 test: physiological response, reliability, and application to elite soccer. *Med Sci Sports Exerc.*, 38, 1666-1673, 2006.

**Lemmink, KA., Verheijen, R., Visscher, C.**

The discriminative power of the Interval Shuttle Run Test and the Maximal Multistage Shuttle Run Test for playing level of soccer. *J Sports Med Phys Fitness*, 44, 233-239, 2004.

**Lorenz, DS., Reiman, MP., Walker, JC.** Periodization: current review and suggested implementation for athletic rehabilitation. *Sports Health*. 2, 509-518, 2010.

**Mackinnon, LT., Chick, TW., As, AV.** Decreased secretory immunoglobulins following intense endurance exercise. *Sports Training Med Rehab.*, 1, 209-218, 1989.

**Mackinnon, LT., Ginn, E., Seymour, GJ.** Decreased salivary immunoglobulin A secretion rate after intense interval exercise in elite kayakers. *Eur J Appl Physiol.*, 67, 180-184, 1993a.

**Mackinnon, LT., Ginn, E., Seymour, GJ.** Temporal relationship between decreased salivary IgA and upper respiratory tract infection in elite athletes. *Aust J Sci Med Sport.*, 25, 94-99, 1993b.

**Mackinnon, LT., Hopper, S.** Mucosal (secretory) immune system response to exercise of varying intensity and during overtraining. *Int J Sports Med.*, 15, 179-183, 1994.

**Mackinnon LT.** Immunity in athletes. *Int J Sports Med.*, 18, 62-68, 1997.

**Marshall, J.** In-Season Periodization With Youth Rugby Players. *ストレングス&コンディショニング*, 13, 4-13, 2006.

**Matveyev, LP.** Periodization of sports training. *Fisicultura i Sport, Moscow*, 1966.

**McBride, JM., Triplett-McBride, T., Davie, A., Newton, RU.** The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *J Strength Cond Res.*, 16, 75-82, 2002.

**McConnell, GK., Costill, DL., Widrick, JJ., Hickey, MS., Tanaka, H., Gatin, PB.** Reduced training volume and intensity maintain aerobic capacity but not performance in distance runners. *Int J Sports Med.*, 14, 33-37, 1993.

**McDowell, SL., Chaloa, K., Housh, TJ., Tharp, GD., Johnson, GO.** The effect of exercise intensity and duration on salivary immunoglobulin A. *Eur J Appl Physiol.*, 63, 108-111, 1991.

**McDowell, SL., Hughes, RA., Hughes, RJ., Housh, TJ., Johnson, GO.**

The effect of exercise training on salivary immunoglobulin A and cortisol responses to maximal exercise. *Int J Sports Med.*, 13, 577-580, 1992.

**McMillan, K., Helgerud, J., Grant, SJ., Newell, J., Wilson, J., Macdonald, R., Hoff, J.**

Lactate threshold responses to a season of professional British youth soccer. *Br J Sports Med.*, 39, 432-436, 2005.

**Metaxas, T., Sendelides, T., Koutlianos, N., Mandroukas, K.**

Seasonal variation of aerobic performance in soccer players according to positional role. *J Sports Med Phys Fitness*, 46, 520-525, 2006.

**Mohr, M., Krstrup, P., Bangsbo, J.** Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci.*, 21, 519-528, 2003.

**Moore O., Cloke, DJ., Avery, PJ., Beasley, I., Deehan, DJ.** English Premiership Academy knee injuries: lessons from a 5 year study. *J Sports Sci.*, 29, 1535-1544, 2011.

**Mujika, I., Padilla, S.** Cardiorespiratory and metabolic characteristics of detraining in humans. *Med Sci Sports Exerc.*, 33, 413-421, 2001.

**National strength and conditioning association.** Essentials of strength and conditioning. (2<sup>nd</sup> ed.). ブックハウス HD, 東京, 2002.

**Newman, MA, Tarpinning, KM, Marino, FE.** Relationships between isokinetic knee strength, single-sprint performance, and repeated-sprint ability in football players. *J Strength Cond Res.*, 18, 867-872, 2004.

**Nieman DC.** Is infection risk linked to exercise workload? *Med Sci Sports Exerc.*, 32, 406-411, 2000.

**Nieman, DC., Johanssen, LM., Lee, JW., Arabatzis, K.** Infectious episodes in runners before and after the Los Angeles Marathon. *J Sports Med Phys Fitness*, 30, 316-328, 1990.

日本サッカー協会, JFA フィジカル測定ガイドライン, 日本サッカー協会, 東京, 2004.

**Orhant, E., Carling, C., Cox, A.** A three-year prospective study of illness in professional soccer players. *Res Sports Med.*, 18, 199-204, 2010.

**Peters, EM., Bateman, ED.** Ultramarathon running and upper respiratory tract infections. *S Afr Med J.*, 64, 582-584, 1983.

**Peters, EM.** Altitude fails to increase susceptibility of ultramarathon runners to post-race upper respiratory tract infections. *S Afr Med J.*, 5, 4-8, 1990.

**Peters EM.** Exercise immunology and upper respiratory tract infections. *Int J Sports Med.*, 18, 69-77, 1997.

**Posner, M., Cameron, KL., Wolf, JM., Belmont, PJ. Jr, Owens, BD.** Epidemiology of Major League Baseball injuries. *Am J Sports Med.*, 39, 1676-1680, 2011.

**Pyne, DB., Baker, MS., Fricker, PA., McDonald, WA., Telford, RD., Weidemann, MJ.** Effects of an intensive 12-wk training program by elite swimmers on neutrophil oxidative activity. *Med Sci Sports Exerc.*, 27, 536-542, 1995.

**Randers, MB., Mujika, I., Hewitt, A., Santisteban, J., Bischoff, R., Solano, R., Zubillaga, A., Peltola, E., Krusturup, P., Mohr, M.** Application of four different football match analysis systems: a comparative study. *J Sports Sci.*, 28, 171-182, 2010.

**Reilly, T., Thomas, V.** A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *J Hum Mov Study*, 2, 87-97, 1976.

**Rienzi, E., Drust, B., Reilly, T., Carter, JE., Martin, A.** Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 40, 162-169, 2000.

**Rietjens, GJ., Keizer, HA., Kuipers, H., Saris, WH.** A reduction in training volume and intensity for 21 days does not impair performance in cyclists. *Br J Sports Med.*, 35, 431-434, 2001.

**Schouten, WJ., Verschuur, R., Kemper, HC.** Habitual physical activity, strenuous exercise, and salivary immunoglobulin A levels in young adults: the Amsterdam Growth and Health Study. *Int J Sports Med.*, 9, 289-293, 1988.

**清水和弘.** 中高年齢者の局所粘膜免疫能に対する身体活動の影響 (博士論文). 筑波大学, 茨城県, 2007.

**Stellingwerff, T., Boit, MK., Res, PT.** Nutritional strategies to optimize training and racing in middle-distance athletes. International Association of Athletics Federations. *J Sports Sci.*, 25, S17-28, 2007.

**Stewart, AM., Hopkins, WG.** Seasonal training and performance of competitive swimmers. *J Sports Sci.*, 18, 873-884, 2000.

菅原順, 濱田豊, 鍋倉賢治, 西嶋尚彦, 松田光生. 運動終了後の副交感神経活動の簡易評価法とコンテ・イシヨニク・における応用. *体力科学*, 48, 467-476, 1999.

**Tabata, I., Nishimura, K., Kouzaki, M., Hirai, Y., Ogita, F., Miyachi, M., Yamamoto, K.** Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO<sub>2</sub>max. *Med Sci Sports Exerc.*, 28, 1327-1330, 1996.

田中美季, 横手健太. チームスポーツにおけるトレーニング指導の計画・実施・課題(その1) —ハンドボール競技を例にして—. *高松大学紀要*, 51, 129-144, 2009.

**Teiple, D., Mastumoto M., Sugiyama Y., Uemukai, K.** Attitudes towards specific stress conditions in Japanese soccer players. *Bull Inst Health Sport Sci, Univ. of Tsukuba*, 17, 115-122, 1994.

**Tharp GD.** Basketball exercise and secretory immunoglobulin A. *Eur J Appl Physiol.*, 63, 312-314, 1991.

**Tharp, GD., Barnes, MW.** Reduction of saliva immunoglobulin levels by swim training. *Eur J Appl Physiol.*, 60, 61-64, 1990.



飛田格子. スピードスケートにおける, かぜ, インフルエンザ対策 -よりよいコンディショニングでシーズンをおくるために-. *臨床スポーツ医学*, 24, 149-153, 2007.

**Tomasi, TB., Tan E M., Solomon, A., Prendergast, RA.** Characteristics of an immunesystem common to certain external secretions. *J Exp Med.*, 121, 101-124, 1965.

トレーニング科学研究会編, コンディショニングの科学. 朝倉書店, 東京, 1995.

山本利春, 測定と評価, Book House HD, 東京, pp.117-118, 2001.

山内亮平, 清水和弘, 古川拓生, 渡部厚一, 竹村雅裕, 赤間高雄, 秋本崇之, 河野一郎. 大学ラグビー選手における合宿期間中の唾液中分泌型免疫グロブリンAの変動. *体力科学*, 58, 131-142, 2009.

**Verheijen, R.** The complete handbook of conditioning for soccer. Reedswain, Pennsylvania, USA, pp.10, 1988.

**Wolf, BR., Ebinger, AE., Lawler, MP., Britton, CL.** Injury patterns in Division I collegiate swimming. *Am J Sports Med.*, 37, 2037-2042, 2009.

**Woods, C., Hawkins, RD., Maltby, S., Hulse, M., Thomas, A., Hodson, A.** The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football--analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med* 38, 36-41, 2004.

付記

研究業績

著者の研究業績を以下に記す.

原著論文

【本博士論文に関係する原著論文】

- 1 中村大輔, 秋本崇之, 和久貴洋, 鈴木滋, 河野一郎. 大学サッカー選手における唾液中 SIgA を用いた上気道感染症罹患リスクの試み. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 10, 445-450, 2002.
- 2 D. Nakamura, T. Akimoto, S. Suzuki, I. Kono. Daily changes of salivary secretory immunoglobulin and appearance of upper respiratory symptoms during physical training. *J Sports Med Physical Fit.*, 46, 152-157, 2006.
- 3 中村大輔, 鈴木滋. エリートアマチュアレベルにおけるサッカー選手の体力特性. *立教大学研究報告 スポーツ・健康科学*, 24, 2010.
- 4 D. Nakamura, T. Suzuki, M. Yasumatsu, T. Akimoto. Moderate running and plyometric training during off-season did not show significant difference on soccer-related high-intensity performances compared with no-training controls. *J Strength Cond Res.*, *in press*.
- 5 D. Nakamura, T. Suzuki, K. Sekizawa, M. Yasumatsu, T. Akimoto. Does isokinetic muscle strength of lower limbs contribute to the short sprint performance and repeated-sprint ability? (submitted)

## 著書

### 【本博士論文に関する著書】

#### 1 中村大輔

健康スポーツ指導教本Ⅰ 体育科学とスポーツ文化. 小澤博, 丸山克俊編,  
第10章 身体運動と免疫. 体育教育出版会, 新潟, 2004.

#### 2 中村大輔

健康スポーツ指導教本Ⅱ 体育科学とスポーツ文化Ⅱ. 小澤博, 丸山克俊編,  
第7章 サッカーにおける体力評価. 体育教育出版会, 新潟, 2006.

#### 3 中村大輔 安松幹展

コーチとプレーヤーのためのサッカー医学 テキスト. 財団法人日本サッカー協会  
スポーツ医学委員会編, 第3章 サッカーの運動生理学. 金原出版, 東京, 2011.

## 学会発表

### 【本博士論文に関する学会発表】

#### 1 中村大輔 秋本崇之 和久貴洋 鈴木滋 河野一郎

大学サッカー選手における免疫学的コンディショニングの試み.  
-唾液中 sIgA を指標として- 第55回日本体力医学会学術総会, 富山, 2000.

#### 2 中村大輔 秋本崇之 和久貴洋 鈴木滋 河野一郎

大学サッカー選手における唾液中 sIgA を用いた上気道感染症予防の試み.  
第12回 日本臨床スポーツ医学会学術集会, つくば, 2001.

#### 3 中村大輔 古矢武士 鈴木滋

アマチュアサッカー選手における YO-YO intermittent recovery test,  
有酸素性最大スピード, およびスプリント能力.  
日本フットボール学会 3<sup>rd</sup> Congress, 埼玉, 2006.

- 4 R. Yamauchi, D. Nakamura, F. Kimura, K. Suzuki, I. Kono, T. Akimoto.  
The relationship between Epstein-Barr virus reactivation and upper respiratory infection during intensive training and competitive period. 11<sup>th</sup> annual Congress of the European College Of Sports Science, Lausanne / Switzerland, 2008.
- 5 D. Nakamura, T. Suzuki, S. Suzuki, I. Kono, T. Akimoto. The seasonal variation of high intensity performance in soccer players. 2nd World Conference on Science and Soccer, Port Elizabeth / South Africa, 2010.
- 6 D. Nakamura, M. Maesako, Y. Iida, H. Koga, K. Uemukai, T. Akimoto, M. Yasumatsu. The effect of off-training period high-intensity running training on YOYOIR2 and VMA in collegiate soccer players. 3rd World Conference on Science and Soccer, Ghent / Belgium, 2012.