

〔研究ノート〕

2019年度後期リーグ準備期（8月初旬）における 阪南大学サッカー部の有酸素能力に関する考察 ——オールウェザートラック，人工芝ピッチでの血中乳酸濃度の比較——

須 佐 徹 太 郎
黒 部 一 道
上 田 真 也

【はじめに：本研究に至った経緯：本学サッカー部の危機】

1. 戦績の低落傾向

2012年度～2016年度の5年間，関西学生リーグは優勝3回，準優勝2回，全国大会では不出場が1回あるものの，総理大臣杯優勝1回，インカレでベスト4以上が4回というように，本学が全国レベル地歩を固めてきた。しかしその2016年度のインカレでは3位という成績を残したものの，夏の総理大臣杯ではまさかの1回戦敗退，2017年以降からはリーグ優勝からも遠ざかり，全国大会でも1回戦敗退が続き，昨年度のインカレ→今年度の総理大臣杯と連続して出場を逃す始末で，戦績の低落傾向が見える。

2. プレー面での低下

またプレーの面でもボールロストが多くなったり，攻→守の切り替えの遅さが目立ったり，後半にプレー回数¹⁾が落ちていく傾向が強まったりと，このプレー面での低下が，少なからず戦績の低落傾向の一要因となっているというように捉えても間違いではないであろう（2013年度の卒業生で6名のJリーガー輩出，2017年度で5名のJリーガー輩出というところからJリーガー輩出数も落ちている。2017-18年度の戦績低下を戦力ダウン＝確保できなかった側面も否めないが，2016年度以降の本学のトレーニングで伸びきれなかったという面もあるかもしれない）。

3. 故障者の急増

さらに，故障者数の増加は深刻である。特に2016年度以降ジョーンズ骨折（第五中足骨の疲労骨折），膝の半月板損傷，前十字靭帯断裂・損傷，足関節捻挫といったスポーツ傷害・障害の著しい増加である²⁾。その結果，戦線離脱し，これによる戦力ダウンも否めない，という問題を引き起こしている。

2016年3月に本学高見の里グラウンドの人工芝³⁾の張替えを実施し，そのこととプレー面での低下との直接的因果関係を科学的に判定するというのは可能ではないが，2016年3月竣工以降何らかの問題が起こっていると思い，サッカーにおいてフィジカルの要素の重要な一つとして有酸素能力の測定に踏み切ることにした。

【本研究の課題】

今回の測定は血中乳酸濃度を指標とした漸増負荷フィールドテストに基づいて，【ヤンマーフィールド長居のオールウェザー400mトラック】と【阪南大学高見の里グラウンドAコート人工芝ピッチ】との比較を通じてその結果に違いがあるのか，つまり有酸素能力の判定に違いが出るのかを検証するもので

ある。

天候、路面状態に左右されないと考えられるヤンマーフィールド長居のオールウェザー 400mトラックでの測定によって、選手が有している有酸素能力を判定し、人工芝ピッチによって有酸素能力が影響が出るのかを確認していくものである。

違いが出るとしたら、その問題点は何か、何に起因しているのかを理論的に確認していくことが課題となる。

【研究方法】

1. 被検者

被検者は阪南大学サッカー部に所属する A チームの選手 30 名であった。

2. 測定条件

2019年8月1日(木)、2日(金)の両日にわたって行われた。

- (1) 1日午後にヤンマーフィールド長居のオールウェザー 400mトラックで漸増負荷法
- (2) 2日午後に阪南大学高見の里グラウンド A コート人工芝ピッチ(グランガラス PT, ミズノ)内 300m 長方形(縦 100m/横 50m) 臨時ランニングコースで漸増負荷法、同ピッチ回りで「強化走」の測定を実施した⁴⁾。

3. 測定項目

(1) 漸増負荷フィールド有酸素テスト

選手はウォーミングアップ終了後に長居のオールウェザー 400mトラックで、翌日に阪南大学高見の里グラウンド A コート人工芝ピッチ内 300m 長方形(縦 100m/横 50m) 臨時ランニングコースで、3.0, 3.5, 4.0, 4.5m/s の各ランニング速度で 1200m を計 4 回走った。

(2) 強化走

強化走の測定は、同日に漸増負荷法の測定も実施していたので、1 セットのみの測定とした。

ランニング時のそれぞれの強度での生理指標である血中乳酸濃度を簡易型血中乳酸測定器(Lactate Pro2, アークレイ)を用いて、指先より採取した全血から分析された。

採血は各速度での運動終了直後に行われた。なお最大強度の 4.5m/s のペース、強化走の測定は直後、3 分後、6 分後も採血し数値の高い方を採用した。

(3) ボールトレーニング(3:3 → シュート)

上記測定後人工芝ピッチで短時間、ボールトレーニング(3:3 → シュート)を実施し、若干名を抽出して測定を試みた。

4. OBLA の算出

漸増負荷フィールド有酸素テストでは、4 つの速度と血中乳酸濃度の関係から 4mmol/l の走行速度(OBLA: Onset of Blood Lactate Accumulation)を算出した。また、運動終了直前の心拍数も心拍計(FT1, Polar)を使い計測した。尚、設定された速度から遅れた選手のデータは結果から除外した。

I 測定結果 (全体平均⁵⁾ と測定上位者⁶⁾)

1. 【全体平均 (ペース遅延者、TR直近復帰者除く)】 (単位 mmol/l)			
	4.0m/s強度	4.5m/s強度	4.0→4.5比較
オールウェザー	5.12	8.86	1.73
人工芝	6.18	10.78	1.74
オールウェザー→人工芝比較	1.21	1.22	

2. 【測定上位10名の血中乳酸濃度の平均】 (単位 mmol/l)			
	4.0m/s強度	4.5m/s強度	4.0→4.5比較
オールウェザー	3.2	5.85	1.83
人工芝	4.18	8.83	2.11
オールウェザー→人工芝比較	1.31	1.51	

3.① 【4m/s強度で血中乳酸濃度4mmol/l以上の者】			
	対象人数	該当者(A)	(A)内10mmol/l以上
オールウェザー	27	17	2
人工芝	30	23	※2

※10mmol/lに近い9mmol/lの者を含めると5名

3.②測定上位10名

	対象人数	4mmol/l以上
オールウェザー	10	0
人工芝	10	※6

※10mmol/l以上0名

4.① 【4.5m/s強度で血中乳酸濃度4mmol/l以上の者】			
	対象人数	該当者(A)	(A)内10mmol/l以上
オールウェザー	25	23	11
人工芝	25	25	※15

※10mmol/lに近い9.7mmol/lの者を含めると17名

4.②測定上位10名でも

	対象人数	該当者
オールウェザー	10	8
人工芝	10	※10

※そのうち10mmol/l以上3名、10mmol/l以上に近い9.7mmol/l以上の者含めると4名

II 考察

1. 人工芝での血中乳酸濃度の上昇値高・上昇度合い大

4.0m/s強度⁷⁾ ⇨ 4.5m/s強度⁸⁾で、オールウェザーでの測定より人工芝での測定の方が血中乳酸濃度の上昇値が高く上昇度合いも大きい。

2. 測定上位者の血中乳酸濃度の上昇度合い大

しかも、測定結果上位者の方が全体平均よりも

(1) 4.0m/s強度 ⇨ 4.5m/s強度で血中乳酸濃度の上昇度合いが大きい

(2) 同強度でのオールウェザー⇨人工芝の血中乳酸濃度の比較でも上昇度合いが大きい

…全体平均では4.0m/s強度 ⇨ 4.5m/s強度での上昇度合いはオールウェザートラック測定で1.73倍から、人工芝測定で1.74倍というように、たいしたことの無い上昇度合いであるが、4.5m/s強度測定において、オールウェザートラック測定で8.86mmol/lから人工芝での測定で10.78mmol/lにも跳ね上がっていることは問題である(II-4参照)⁹⁾。

3. 人工芝でのペース遅延者増、遅れ幅増

オールウェザーでの4.5m/s強度の測定ではペース遅延者は4名(概算で、NM=150m, KH=80m, KO=50m, SK=35m)だったのに対し、人工芝での同強度の測定では7名(KO=300m, YM=150m, NM=150m, SK=150m, NT=50m, AK=20m, RT=20m)というように、3人増加しているだけでなく、遅れ幅の大きい者が増加している。

…トレーニング中、試合中には4.5m/s強度に達する場面は多々あるが、こういう際に強度の高いプレーを保てない、繰り返すには多くの休息を必要としてしまう。つまり、レベルの高いトレーニング、試合ができない選手が出てくるので、全体としてプレー強度の低下、質の低下が生じてしまうことになる可能性が大きくなると考えられる(後述)。

4. 人工芝での乳酸蓄積傾向

(1) 4m/s強度で血中乳酸濃度4mmol/l以上の者：人工芝測定で77%

① I-3でみたように、4m/s強度ペースでも血中乳酸濃度4mmol/l以上の者がオールウェザー測定でも27名中17名、63%もいることは問題だが、人工芝測定では30名中23名、77%に跳ね上がっている。このことは、この程度の強度でも人工芝では乳酸蓄積傾向があることを示していると考えられる。

② しかも人工芝測定では10mmol/l(9.7mmol/l)以上血中乳酸濃度上昇する者が2名記録しており、9mmol/l以上の者を含めると5名も記録している。測定上位者10名を除く20名中の25%も10mmol/l程度以上出ている、つまり有酸素能力の高くない選手の中に、この人工芝で4.0m/s強度でさえプレーに支障をきたす選手が25%=1/4もいるというのは問題である。

③ 測定上位者でもオールウェザーでは10名全員4mmol/l以下であったが、人工芝では6名も4mmol/l以上を記録しているように、人工芝では乳酸蓄積傾向があることは間違いなさだろう(さすがにこの強度では10mmol/l以上は皆無であったが…)

(2) 4.5m/s強度で血中乳酸濃度4mmol/l以上の者：人工芝で全員は大問題!

① オールウェザーでの4.5m/s強度の測定で血中乳酸濃度4mmol/l以下の者は測定者30名中2名しかい

Mar. 2020 2019年度後期リーグ準備期(8月初旬)における阪南大学サッカー部の有酸素能力に関する考察

ないということは、2019年度段階での本学サッカー部の基礎的有酸素能力の低さを物語っているが、人工芝での4.5m/s強度測定では、測定上位者ですら10名全員が4mmol/l以上を記録しているのも問題である。

- ②しかも、4.5m/s強度の測定者25名中16名=64.0%、10mmol/lに近い9.7mmol/l以上の者を含めると18名=72.0%が9.7mmol/l以上を記録している(さらに、4.5m/s強度測定時に熱中症でリタイアした2人を入れると27名中20名=74.1%)。

測定上位者でさえ10mmol/l以上3名、10mmol/lに近い9.7mmol/l以上の者を含めると4名=40%もいるという状態である。

つまり、2/3～3/4の選手がこの人工芝でトレーニング、試合をして4.5m/s強度に達する場面が長く続くと、血中乳酸濃度が10mmol/l以上に達する可能性があり、そういった選手は中枢神経系の機能低下を招くとともに、濃度低下に時間がかかってしまうため週末の試合のパフォーマンスにも悪影響を及ぼすだろうことが予想される。

5. オールウェザー⇨人工芝で血中乳酸濃度の低下がみられる者の評価

人工芝測定の方が血中乳酸濃度の低下がみられる点をどう考えるか？

- (1) 4.0m/s強度で、4名が人工芝測定の方が血中乳酸濃度の低下がみられる。

オールウェザー⇨人工芝で、ST 5.3 → 4.9mmol/l, RO 5.2 → 4.7mmol/l, YH 8.8 → 7.1mmol/l, KT 12.8 → 7.0mmol/lである。OBLAレベルがそれぞれ3.7, 3.7, 3.6, 3.4というようにこの時点で低レベルにとどまっている選手達であり、4.5m/s強度でそれぞれST 9.1 → 9.8mmol/l, RO 10.2 → 10.9mmol/l, YH 10.2 → 12.6mmol/lと3名は人工芝での測定では、KTを除き、上回っているため、人工芝測定の方が血中乳酸濃度の低下がみられるからといって人工芝自体の問題性を否定されるものではないと考えられる。

- (2) 4.5m/s強度で、7名が人工芝測定の方が血中乳酸濃度の低下がみられる。

①そのうちKO, YM, SK, NTの4名はペース遅延をきたしたことに起因して、求められる強度での運動が実施されず、そこまで血中乳酸濃度を上昇できなかったと考えられるので、除外できる。

②その他の3名、SK (2) 11.7 → 11.1mmol/l, CH 11.7 → 11.4mmol/l, KT 16.9 → 13.8mmol/lはオールウェザー⇨人工芝で血中乳酸濃度の低下がみられるが、原因は不明である。しかしながら、この3選手ともに、本来トップサッカーマンならば血中乳酸濃度が4mmol/l以内かその程度に抑えられなければならない4.5m/s強度でのオールウェザートラック測定でも10mmol/l以上に過剰に蓄積し、人工芝でも当然のように10mmol/l以上に過剰に蓄積している。つまり有酸素能力にかなり問題を抱える3選手の中で生じた事例であること。

同様に、その3選手のオールウェザートラック測定⇨人工芝測定での上昇—低下の差が狭い幅に収まっていること。これらからオールウェザートラック測定⇨人工芝測定で血中乳酸濃度の低下がみられるからといって、この人工芝測定の低下の問題を殊更に重視する必要はないように思われる(オールウェザー⇨人工芝で血中乳酸濃度が10mmol/l以上に過剰に蓄積する者のうち、人工芝測定で上昇がみられる6名に関して、その上昇度合いはオールウェザートラック測定⇨人工芝測定で平均1.47mmol/lで、上記の低下がみられる3名の低下度合いが平均1.33mmol/lであり、平均低下度合いは少ないと考えられる。そのオールウェザートラック測定⇨人工芝測定での上昇—低下の差が2.8mmol/lの範囲に収まっており、さらにオールウェザートラック測定での4.5m/s強度での測定で、10mmol/l以下の選手14名のオールウェザートラック測定⇨人工芝測定での低下—上昇の差が3.2mmol/lであることを考え合わせると、狭い幅に収まっている)。

Ⅲ 結論に向けて：人工芝で乳酸蓄積の問題点

乳酸蓄積傾向の問題を、現在導入している人工芝(施工法も含めて)の問題にのみ帰結することは避けなければならないけれども、上記のように、人工芝測定での測定結果が酷いことになっていることは看過できない。

1. フィジカル面および技術・戦術上の問題点

Ⅱの4. でみたように、現在の人工芝ではオールウェザートラックでの測定に比べて、乳酸蓄積傾向があること、しかも血中乳酸濃度が10(9.7) mmol/l以上という過剰な乳酸蓄積傾向にある選手が3/4程もいること、これでは特にこれらの選手のパフォーマンスに悪影響を及ぼし、チーム全体の技術・戦術的レベルの低下を招きかねない。

(1) 回復遅延 / 異化状態

つまり、2/3～3/4の選手がこの人工芝でトレーニング、試合をして4.5m/s強度に達する場面が長く続くと、血中乳酸濃度が10mmol/l以上に達する可能性があり、

- ①そういった選手は濃度低下に時間がかかってしまうため、週末の試合のパフォーマンスにも悪影響を及ぼすだろうことが予想される。
- ②乳酸蓄積が高くなりすぎると、ストレスホルモンの活性化を招き、異化作用が働き、
 - *トレーニング終了時パフォーマンス悪化→回復困難に陥ることもある。
 - *回復に2～3日も要する場合もあり、5日要する場合もある。
 - *そういうトレーニングが長期化すると、3～4週間要することもある。
 - *本来トレーニング終了時に回復し、ダウン活動で「同化状態」に持っていくことが望ましいが、そうでなければ、中枢神経系の機能低下、免疫力の低下、体重(筋肉)減少を招く。

(2) フィジカル面での問題：エネルギー供給系の面での問題点

4mmol/lを超えて、さらに10(9.7) mmol/l以上という過剰に乳酸蓄積が進んでいくという状態を、この人工芝でのトレーニングが生み出している可能性があるとするれば、ATP-CP系の高エネルギー出力系からのエネルギー供給でのプレー遂行を繰り返すために(これが球技系スポーツ種目の『スタミナ』)、そのエネルギー源たる『クレアチンリン酸』を有酸素機構を活用して回復させていく能力を養っているのではなく、少し強度を上げたトレーニングを課せば(継続時間にも依るが)、その狙いとは裏腹にスピード持久系を支える解糖系(乳酸系)からのエネルギー供給を促進するようなシステムを身体に学習させてしまっている、ということに陥っている可能性が考えられる¹⁰⁾。

(3) 技術・戦術上の問題点

①プレーの実現度の低下

前述のH.リーゼン氏によれば、「乳酸は、クリエイティブなスポーツにおいては創造性に悪影響を及ぼし、技術、パフォーマンスに悪影響を及ぼす」¹¹⁾と警鐘を鳴らしている。

高エネルギー出力系のATP-CP系でなく、解糖系(乳酸系)からのエネルギー供給依存が大きくなれば、身体のキレ、スピードある動作に問題が生じ、プレーの実現度が低下し、つまり戦術の実現度も低下する。

②プレーの創造性の破壊

そればかりではない。「オラフトーンという選手は悲劇的です。15歳までは良かったのですが、20歳まで高乳酸の状態トレーニングを続けられたために創造性を開発される時間がなかった」¹²⁾というように、中枢神経系に支障をきたし、判断力の悪化、プレーの創造性の破壊につながりかねない、と考えられ

Mar. 2020 2019年度後期リーグ準備期(8月初旬)における阪南大学サッカー部の有酸素能力に関する考察

る。

つまり、乳酸蓄積だけの問題ではないが、それが引き金となって、ACTH、コルチゾールなどのストレスホルモンの活性化も伴って、脳の「異化状態」¹³⁾・中枢神経系の機能低下は技術・戦術的判断力、創造性(クレアティビティ)に支障をきたすという¹⁴⁾。

2. この人工芝での活動で有酸素能力が低下した可能性

球技系スポーツに必要なエネルギー供給システムの破壊!?

4mmol/lを超えて、さらに10(9.7) mmol/l以上という過剰に乳酸蓄積が進んでいくという状態を、この人工芝でのトレーニングが発生させている可能性があるとするれば、繰り返しになるが、ATP-CP系の高エネルギー出力系からのエネルギー供給でのプレー遂行を繰り返すために(これが球技系スポーツ種目の『スタミナ』)、そのエネルギー源たる『クレアチンリン酸』を有酸素機構で活用して回復させ、再活用していく能力を養っているのではなく、スピード持久系を支える解糖系(乳酸系)からのエネルギー供給に依存する能力を身体に学習させ、球技系スポーツに必要なエネルギー供給システムを破壊させ、スタミナ養成の桎梏になり、技術・戦術能力に問題を生じさせる原因になっている可能性も否めない。

この人工芝を使用し始めて(2016年3月)から3年半余りである。この間のリーグ成績の低下の原因を人工芝使用にのみ求めるのは早計に過ぎようが、半年～3年半、この人工芝ピッチでトレーニングを積んできた結果、特にボールなしの有酸素トレーニングである「強化走」を、トレーニング管理の面、安全上の面から、主としてこの人工芝ピッチで実施してきたことも相まって(後述)、有酸素トレーニングというより、乳酸系(解糖系)のトレーニングに陥った可能性が考えられる。ボールを使った戦術トレーニング(試合で使えるスタミナトレーニングにもなる強度と休息の度合い・バランスを考慮した)でも同様で、1課題中のトレーニング継続時間が長いと乳酸の過剰蓄積をもたらすトレーニングになり下がっている可能性を否定できない。特に、4.5m/s強度で血中乳酸濃度が10mmol/l以上に達する有酸素能力の低い2/3～3/4の選手にとっては、基礎的有酸素能力を築いていくどころか、この人工芝ピッチでトレーニングを積むことによって、逆に基礎的有酸素能力を低下・破壊させてしまっている可能性が疑われる。

この人工芝ピッチでトレーニングを積む前に同様な乳酸測定をしていないので、断言することは出来ないけれども、今回の測定で、この人工芝ピッチでの乳酸蓄積傾向を斟酌せずに、従来の測定結果と条件に基づいたトレーニング強度、継続時間、頻度のまま、トレーニングを積み重ねた結果、狙いとするトレーニング成果を上げることは出来ていない、とは言える。その原因がこの人工芝に張り替えても従来のトレーニングの基準のまま行ってきたことにあるかもしれない。

3. 問題の本質!?

(1) 本学トレーニングに問題が…?

人工芝でのトレーニングで想像を超える乳酸蓄積

「トレーニングの質、強度、時間をコントロールして、選手を育成していくためには、『最大スピードと爆発的パワーの繰り返し能力』、生理学的には、ATP-CP系の高エネルギー出力系からのエネルギー供給でのプレー遂行を中心とし、Pを放出したADPならびにクレアチンを有酸素過程で使ってATP、クレアチンリン酸に再合成する能力を身体に学習する＝トレーニングすることである。そのベースとして基礎的有酸素能力を築いていること、筋肉の弾力性があること、過度な乳酸系トレーニングを施さないことなどが求められる」¹⁵⁾と私自身もある論稿で指摘したように、トレーニングコントロールに関して、注意を払って日々のトレーニングに向かっていたと思っていた。しかしながら、夏季暑熱環境下での測定と

いう状況を差し引いて考えても¹⁶⁾、この人工芝ピッチでの乳酸蓄積が、想像をはるかに上回るほど大きくなるということが、今回の測定で確認された。

(2) トレーニングコントロールの難しさ

トレーニングコントロールに気を付けてきたつもりだったが、最近サッカー部としての戦績が芳しくない、試合運びが安定しない、その一因としてボールロストが多いということから、今回の測定に踏み切ったわけだが、有酸素能力測定の結果がこれ程悪いとは驚くばかりであった。この人工芝の柔らかさを考慮せずに、以前に実施したトレーニング強度設定に基づいてトレーニングを続けてきたなど、指導者としての甘さを痛感している。

上述のように、トレーニングコントロールに関して、注意を払って日々のトレーニングに向かっていたと思っていたにも関わらず、このような事態を招いてしまった。

①強化走測定結果

しかし選手管理・トレーニング管理の面からAコート人工芝で強化走を実施し、過去の経験から強度コントロールが上手くいっていたと思っていたが、この測定に合わせて強化走も1セットのみ測定を試みたが、驚くべき結果であった。

*測定者27名の平均血中乳酸濃度は9.4mmol/l、

*9mmol/l以上の者16名(最小5.1～最大13.3mmol/l)

基礎的有酸素能力を維持・向上させているどころか、逆にそれを低下・破壊させてしまっている結果となっているといわざるを得ない。

②ボールトレーニング(3:3→シュート)での血中乳酸濃度測定結果

ボールトレーニングでフィジカルトレーニングの要素も加えてサッカーのスタミナ養成の一助とするには、ゲーム形式トレーニングにおいては攻守途切れないやり方の「3:3」では、継続時間は90秒→レスト1分～90秒で数セットをこなしていくのが望ましいとされるが、今回の「3:3」では、スタミナ養成的要素を排除し攻撃側が一回攻撃し、シュート決定する以外は相手守備側のカウンターを受ける形式で、カウンターで攻撃失敗した時点で、「3:3」をリセットし、待っているメンバーと交代させながら実施するトレーニング形式で、無作為に抽出したメンバー12名(20回の採血)の測定を試みた。

条件的・時間的制約から少し適当な測定になったが、やはりよくない結果が出てしまった。

*抽出の12名の平均が4.76mmol/l(少し高い)

*その中で11.1, 8.3, 7.6mmol/lを記録したものが3名も出たということ

*過去の測定では20分間も6名のみで同じ形式のトレーニングを土のグラウンドで実施したが、血中乳酸濃度4mmol/l前後に収まっていたのと比べると、相当劣っていることが分かる。

以上のように、このAコート人工芝では、トレーニングコントロールが難しく、狙ったトレーニング成果を達成できず、この人工芝ピッチでのトレーニングが有酸素能力、サッカー選手としてのスタミナの養成を阻害する要因となりかねないを考える。

(3) この人工芝ピッチで乳酸蓄積する理由

①人工芝の柔らかさが仇:「共縮」

一般的に人工芝ピッチは施工においてコンクリートないしはアスファルトの上に人工芝を敷設している、その「硬さ」が問題視されているが、実はその「柔らかさ」に問題があると考えられる。初動負荷理論の提唱者である小山裕史氏は人工芝での故障者が多いという問題に触れる中で、人工芝の柔らかさにその原因を求めて、「関節固定や筋肉のバネの働くタイミングを失ってしまいやすい…」と筋肉機能や動作遂行に弊害をもたらすことを示唆している¹⁷⁾。

これは人工芝全般について言えることであるが、この柔らかさが引き金となって、故障の原因となり、

Mar. 2020 2019年度後期リーグ準備期(8月初旬)における阪南大学サッカー部の有酸素能力に関する考察

様々な動作に支障をきたすと考えられる。さらに、この人工芝ピッチは殊更柔らかいように感じられるので、問題を深刻化させているように思われる。この柔らかさは動作にどのようなマイナス作用をもたらすのか？ まさに柔らかい人工芝上では「関節固定や筋肉のバネの働くタイミングを失」うこと、つまり筋肉に「共縮」¹⁸⁾を作り出すこと、この状態が発現することが問題であると考えられる。

②「共縮」が引き起こす血流阻害と乳酸蓄積の可能性

「主体として活動する筋肉に拮抗的に作用する収縮」¹⁹⁾＝「共縮」は、筋肉の硬化、力んだ動き、ランニングでいえば「つま先を強く蹴る(使った)走り」等々によってももたらされると考えられているが²⁰⁾、ピッチが柔らかいと、着地し反力を受けるタイミングが遅くなり、上述の「筋肉のバネの働くタイミングを失い、強く踏み込まざるを得なくなること」、「接地時間が長くなること」によって、「共縮」状態が作り出されやすいことは想像できる。

そういう動作形態での動きが誘発されると、「酸素供給、血流等も相当制限され」²¹⁾、「ジョギングの形態がよくなければ『弛緩－伸張－短縮』の一連動作過程が阻害されることから…筋肉を緊張させ、身体レベルを下げ、疲労が発生させやすくなったり疲労回復を逆に遅くしてしまうといったような望ましくないことが出現する」²²⁾と考えられる。

Ⅳ まとめにかえて

1. 本学サッカー部の有酸素能力の低さとAコート人工芝の因果関係！?

上述のようにオールウェザートラックにおける4.0m/s強度の測定において、血中乳酸濃度が平均5.12mmol/lにまで上昇すること、この程度の強度で、血中乳酸濃度4mmol/l以上の者が27名中17名、63%もいることは本学サッカー部の有酸素能力の低さを物語っているが、この有酸素能力の低さが2016年3月竣工のミズノ グランガラスPTとその仕様起因するものなのかは、証明のしようがない。

2. サッカー選手には相応しくない体力を！

しかし、今回の測定結果からして、4年生で3年半、1年生でも半年間、主にこの柔らかいAコート人工芝でのトレーニング&試合を積んできた結果として、上述した理由から、本学サッカー部のサッカー選手としての有酸素能力が順調には築かれていないことは推察できる。

【柔らか過ぎる人工芝⇒「共縮」⇒血流阻害⇒血中乳酸濃度は産生と除去のバランスの崩れ⇒乳酸過剰蓄積】という図式に基づいて考えると、本学サッカー部のトレーニングの強度が少し増す、継続時間が少し長くなったりする状態が生じ、それが半年から3年半という長期にわたり続けたならば、【スピードや瞬発系といった高出力系のエネルギー(クレアチンリン酸)を有酸素機構で回復させる能力】の維持・養成に乱れが生じ、【解糖系(乳酸系)に依存することを学習】するような、サッカー選手には相応しくない「能力」を知らず知らずのうちに身につけてしまっているということが懸念される。

つまり、特に、4.5m/s強度で血中乳酸濃度が10mmol/l以上に達する有酸素能力の低い2/3～3/4の選手にとっては、基礎的有酸素能力を築いていくどころか、この人工芝ピッチでトレーニングを積むことによって、逆に基礎的有酸素能力を低下・破壊させてしまっている可能性が疑われる。

最後に、本学人工芝の製品名を明記したことに他意はなく、人工芝と下に敷き詰めるチップのあり様によって様々な柔らかさがあると考えられ本稿のような有酸素テストによって乳酸蓄積の違いが検証されていくことが求められ、その積み重ねの一環としてあえて製品名を明記した。

注

- 1) BK=Ball Kontaktのことで、ドイツ語を直訳すると、触球数という風感じられるけれども、スローインやヘディングしても1回だが、1人がトラップしてドリブルしても1回と算定していくように、実質的にプレー回数のことを指している。

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
肩							1 KM (2)
膝		1 RT (2)	1 KM	1 KA	1 YY	3 AH, KS, HH	5 TY, KY (持込), AK, NI, TO
足			1 TE	1 HM		6 KH (2), HY, RC, KI, YO, RM	3 YN, CH, ST (2)

- 3) この人工芝というのは、本学が2016年3月竣工したミズノ グラングラスPTとその仕様である。
- 4) 基礎的有酸素トレーニングとして、血中乳酸濃度 4mmol/l レベルスピード=OBLA より少し以下の強度を設定し、4分程度のランニング(強い選手で4.5m/s強度、つまり1080mを4分ペースで走るなど)し、3分のゆっくりのジョギングで繋ぎ、数セット(3~5セットを準備期には週3度、試合期には他のトレーニングとの兼ね合いで2~3セット)実施してきた(「強化走」と名付けている)。
- 5) オールウェザートラックでの4.0m/s強度測定者は30名であったが、4.0m/s強度のデータから、測定結果のデータに疑問のあるRSとペース遅延をきたしたSKとKOを除外し、27名のデータに基づいて集計・考察した。
また、4.5m/s強度ペースのデータからこの3人に加え、ペース遅延をきたしたNM, KHの2人を除外し、25名のデータに基づいて集計・考察した。
人工芝での測定者は30名であったが、4.5m/s強度でペース遅延をきたしたKO, YM, NM, SK, NTの5名を除外したが、同様にペース遅延をきたしたAK, RTの2人に関してはちょっとしたアクシデントによる遅延であることと遅延幅が小さいとの理由から、そのままデータを採用し、24名のデータに基づいて集計・考察した。
- 6) 測定結果上位者とはオールウェザートラックでの測定結果に基づき導き出したOBLA(4.0mmol/l レベルスピード)の上位10名のデータを採用した。
- 7) 4.0m/s強度で血中乳酸濃度 4mmol/l以上上がってしまうのは、サッカー選手としては有酸素能力不足と言わざるを得ない。OBLAを有酸素能力の指標とするが、1986, 90年W杯西ドイツ代表のベッケンバウアー監督を支えたスポーツ医学担当のH.リーゼン氏によれば、おそらく当時の測定で、西ドイツサッカー代表チームのOBLAは平均4.1m/s程度であったが、フィールドホッケーの代表チームでは4.45m/sで、サッカーでは有酸素のトレーニング不足を指摘していた(H. Liesen『サッカーへの科学的トレーニングの導入』サッカー JFA NEWS NO.73. p.49~52)。攻防の激しさを増した現代サッカーでは、経験的にみてフィールドホッケー並みの有酸素能力が求められるだろう。マラソン選手並みの6.0m/sは必要なく、球技系で必要なスタミナを養成するのに、この程度並みの有酸素能力を持ち、スピードや瞬発系といった高出力系のエネルギー(クレアチンリン酸)を有酸素機構で回復させる能力を養成させることである。
また、4mmol/lという値を問題にするのは、この直境にエネルギー供給システムが変わるからである。グリコーゲンをエネルギー源として使う解糖系(乳酸を産生するので乳酸系ともいう)から乳酸が産生されたとしても、4mmol/l以下の強度では何とか有酸素過程の中で乳酸はかなり代謝され、それ以上の強度では解糖系(乳酸系)からのエネルギー供給が支配的になり、乳酸の除去(有酸素エネルギー供給機構の中での再活用)が遅れ、乳酸は蓄積されていく、と理解している。
- 8) 4.5m/s強度を問題にするのは、現代サッカーで求められる有酸素能力の指標OBLAの値が4.5m/s弱だからである。

Mar. 2020 2019年度後期リーグ準備期(8月初旬)における阪南大学サッカー部の有酸素能力に関する考察

- 9) 血中乳酸濃度 8mmol/l以下の蓄積なら、まだ早い回復の余地はあると考えられるが(乳酸系の動員は認められるけれども、緩衝しようと考えられている)、10mmol/l以上の蓄積となると、回復に時間がかかると言われている(H. Liesen, 同上 p.45~48. Heinz Liesen "Schnellichkeitsausdauertraining im Fussball aus sportmedizinischer Sicht": fussballtraining. 1983.5. (Okt.) S.29-30)。
10mmol/l (9.7mmol/l) 以上血中乳酸濃度上昇する問題点に関しては、Ⅲ-1 で考察。
- 10) 上述のH. リーゼン氏によれば、1989年9月のJFA科学委員会講演で「サッカーでは乳酸が8mmolを越えるような運動の必要はない…乳酸の蓄積、乳酸(系=筆者注)からのエネルギー供給は不要なのです」と述べ(H. Liesen『サッカーへの科学的トレーニングの導入』サッカー JFA NEWS NO.73. p.45)、乳酸系依存が、エネルギー代謝や中枢神経系に問題を起こすことが指摘していた。
さらにそれ以前に西ドイツサッカー界に根強く残る『ハードトレーニング』の弊害を問題視して、サッカー選手のコンディショニングの問題に触れて(Heinz Liesen: 同上 fussballtraining誌掲載論文 1983.5. (Okt.) S.27-31)。コンディショニングの基盤は、トレーニング不足というよりも、例えばスピード持久性トレーニングのような、過剰に乳酸産生するトレーニングを実施することによって崩れると憂えていた(Heinz Liesen 同上 fussballtraining 誌掲載論文 1983.5. (Okt.) S.29)。
キレのない状態でトレーニングしても高パフォーマンスを得られるわけではない。さらに、強度の高過ぎる乳酸系トレーニングを長期に渡って継続した場合、身体が異化状態へ向かい筋肉を落とし、中枢へのダメージも大きく残るという(H. Liesen同上 fussballtraining 誌掲載論文 S.27-31. S. Mücke1994年12月10日立命館大での講演「血中乳酸濃度を主要なパラメータとした運動能力診断に基づく、球技スポーツにおけるトレーニング計画と制御」)
そういう点で、血中乳酸濃度10mmol/l以上記録するというのは、エネルギー供給系から見ても、技術・戦術の面から見ても問題を孕んでいると考えられるので、今回の測定で血中乳酸濃度10mmol/l以上記録した選手を追求している。
- 11) H. Liesen『サッカーへの科学的トレーニングの導入』サッカー JFA NEWS NO.73. 46ページ。
12) H. Liesen, 同上 48ページ。
13) 身体・脳が回復、睡眠と栄養補給がうまくいけば「超回復」しレベルアップした状態になる(トレーニング効果が現れる)同化状態になるが、反対に回復がうまくいかない、分解の方向にある状態。
14) H. Liesen, 同上 47ページ。
15) 須佐徹太郎「トレーニングという戦略」in「スポーツ戦略論」大修館書店, 2017年, 236ページ。
16) 暑熱環境下では、体温発散のために、皮膚血流量の増加⇒筋肉への血流量の減少⇒乳酸代謝能力の低下&筋グリコーゲンの分解促進⇒乳酸産生量の増加ということが報告されているが(堀 清起「高温環境下における運動時の生理的反応」体力科学, (56), 2007年, 3~5ページ)、今回の測定結果はあまりにも悪すぎる。
17) 小山裕史「初動負荷理論による野球トレーニング革命」ベースボールマガジン社. 1999年. 232ページ。
18) 「関節を伸ばそうとする時、伸ばさないように働く筋肉があります。力こぶの筋肉がそうですが、力こぶの筋肉に力を込めてボールを投げようとしても投げられません。
自動車の急発進と急バックを同時に行っているようなもので『動けない』のです。これを繰り返していると、『エンジン、各部位の故障』が連想できますね。筋肉同士のこのような状態を『共収縮』『共縮』と呼びます。
身体の歪み、良くない動きも、この『共縮』状態を作り、ゴルフでよく表現されるイップス、また、肩凝り、腰の張り、横になってテレビを見ていると固まっているなどの例も『共縮』です」と、「共縮」を説明している(小山裕史『『奇跡』のトレーニング』講談社. 2004年. 41ページ)。
19) 小山裕史「初動負荷理論による野球トレーニング革命」ベースボールマガジン社. 1999年. 41ページ。
20) 小山氏は「重心の下で土踏まず近くを使って重心を拾うように走る」フォームと「つま先を開く、つま先を強く蹴る等して走る」フォームとの、内側広筋での酸素動態の違いの検討結果を披露し、後者のフォームにおける酸素供給と消費のアンバランス化、筋肉での酸素の抜き取り効率の低下を指摘している(同上書 208-210ページ)。
このことから「つま先を強く蹴る(使った)走り」による「うっ血」の状態は、この「共縮」によってもたらされると考えられる。
21) 同上書, 41ページ。
22) 同上書, 208ページ。

(2019年11月22日掲載決定)

