

競泳競技者の 1 週間の トレーニングにおける呼気一酸化窒素および 呼吸インピーダンスの変動

Variations in the exhaled nitric oxide and respiratory impedance in swimmers over one week

今井智子*1, 渡部厚一*2

キー・ワード：Respiratory inflammation, respiratory impedance, swimmer
気道炎症, 呼吸インピーダンス, 競泳競技者

〔要旨〕 トレーニングが呼吸器系に与える影響を明らかにするため、研究1として呼気一酸化窒素 (FeNO) の評価を1週間行った。対象は連日 FeNO の測定に参加した22名の競泳競技者とした。FeNO ≥ 25 ppb 以上を炎症群、FeNO < 25 ppb を非炎症群とし6日間の変動を比較検討したところ、炎症群のみ有意な変動を認めた ($p < 0.05$)。研究2として、FeNOに加えて呼吸インピーダンス (呼吸抵抗および呼吸リアクタンス) を検討した。対象は研究1に参加した競泳競技者の内、呼吸インピーダンスの測定に全て参加した11名 (非炎症群) とした。FeNOに明らかな変動は認められなかったが、呼吸インピーダンスの指標のみ有意な変動を認めた。研究1,2の結果より、炎症群は日々の変動が大きいこと、また気道炎症が認められない場合でも全呼吸抵抗を示す呼吸インピーダンスは連日のトレーニングの影響を受けて変動することが認められた。FeNOと呼吸インピーダンスの評価は、連日のトレーニングにおける呼吸器系へのストレスをモニタリングする指標として有用であると示唆された。

緒 言

運動により喘息発作が誘発される運動誘発喘息 (EIA) は一般に比べてアスリートの罹患率が高く¹⁾、中でも競泳競技者は高い EIA 罹患率であることが報告されている²⁾。その要因は水の消毒で 사용되는塩素系化学物質の長時間暴露、および換気量増加に伴う気道上皮へのメカニカルストレス³⁾があげられる。しかしながら、どのような経過を経て気道炎症が惹起され EIA に至るのか、その詳細は明らかではない。

近年、呼気中に含まれる呼気一酸化窒素濃度 (FeNO) は好酸球性気道炎症の指標として用いられている⁴⁾。また、FeNO は短時間で非侵襲的に測

定できるため、モニタリング手法の一つとして活用できる可能性がある^{5,6)}。一方、アスリートにて FeNO を連日評価した報告は数件のみである。アスリートは呼吸器系全般、特に気道上皮に対して強いメカニカルストレスが加わるため^{7,8)}気道炎症など呼吸器に関するコンディションは著しく変化する可能性がある。したがって、FeNO を用いて気道炎症を連日モニタリングすることは、EIA のリスクや気道過敏性亢進の予防に有効なツールとなりうる^{5,6)}。

さらに、近年では非侵襲的に安静換気で負担なく呼吸器全体の抵抗を評価する手法として強制オシレーション法 (Forced Oscillation Techniques (FOT)) が用いられている⁹⁾。FOT はサイレントゾーンである末梢気道をも含めた呼吸インピーダンスを評価するため¹⁰⁾、トレーニングによる呼吸器系へのストレスを細部にわたり評価できる可能

*1 愛知工業大学基礎教育センター

*2 筑波大学体育系

性がある。

そこで、本研究は連日のトレーニングにおける呼吸器系へのストレスを明らかにするため、FeNO 及び FOT を用いて検討を行った。また、気道炎症が存在する場合、トレーニングの影響を強く受けるか否かを検討するため、好酸球性気道炎症の基準¹¹⁾である FeNO25ppb 以上と未満に分け、FeNO の変動を比較検討した(研究 1)。さらに、呼吸器全体の抵抗を検討するため、FOT を用いて呼吸インピーダンス(呼吸抵抗および呼吸リアクタンス)の評価を行った(研究 2)。

対象と方法

1. 対象

対象は T 大学の水泳部員とした。測定時間による測定条件・時間のばらつきを避けるため、4 グループに分けて測定を行った。測定はトレーニング前 30 分内で行い、各グループは 1 週間、同一曜日(火曜日～月曜日)にて測定を行った。2 週目の 2 日間(土、月)は通常使用しているプールの都合により民間プールを使用した。日曜日は休日のため、測定は行っていない。トレーニングメニューは水泳部にて作成され、通常と変わりなくトレーニングが実施された。トレーニングに参加した部員は、同じ時間に同量のトレーニングを行った。日々の呼吸器系の評価には気道炎症の評価の指標として FeNO および呼吸インピーダンスの評価を一人 5～10 分ほどで行った。競泳競技者の中に喫煙者はいなかった。呼吸器疾患の既往歴、アレルギーの有無は小児喘息既往歴 3 名、喘息と診断されたことがある者 1 名(投薬なし)、アレルギー疾患 7 名、過換気症候群を経験したことがある者 7 名だった。尚、投薬治療を行っている喘息罹患者は分析から除外した。

本研究は筑波大学人間総合科学研究科の承認を得て実施した。競泳競技者に対し、事前に研究の目的および測定内容を文書と口頭で説明し、書面に参加の同意を得た。

2. 呼吸機能測定

(1) スパイロメーター

競泳競技者の呼吸機能の評価を行うため、実験期間中に電子スパイロメーター(HI-105 チェスト、東京)を用いて呼吸機能の測定を行った。測定は「呼吸機能検査ガイドライン」(日本呼吸器学会肺生理専門委員会編 2004 年)に基づいて実施し

た。尚、外挿気量が FVC の 5% 未満または 150 ml 以下のどちらかの条件を満たしていない場合は分析から除外した。

(2) 呼気一酸化窒素 (FeNO)

気道炎症の評価は好酸球性気道炎症の指標である FeNO とし、測定は携帯型測定器 NIOX MINO[®](Aerocrine, スウェーデン)を使用した。測定は呼気の後、フィルターに口をつけて息を深く吸い込み、呼出速度が 45～55ml/sec になるように呼出を行った。呼出速度は機器から発せられるピープ音と画面上の画像を確認させた。

(3) 呼吸インピーダンス

呼吸インピーダンスは強制オシレーション法(FOT)を用いて測定を行った。測定機器はモストグラフ(MostGraph-01, チェスト社、東京)を用いた。測定姿勢は安静座位とし、マウスピースを加えて自動的に終了するまで安静換気が続けた。自動解析にて得られたパラメーターの平均値を呼吸抵抗(Rrs)および呼吸リアクタンス(Xrs)として評価した。

3. 解析方法

測定終了後、日々のトレーニングにおける気道炎症の変化を検討するため、全ての FeNO 測定に参加した水泳部員 22 名の解析を行った(研究 1)。

気道炎症の違いによる FeNO の変動を比較検討するため、1 日目の FeNO の値を基準とし、FeNO25ppb 以上(炎症群, n=6)と FeNO25ppb 未満(非炎症群, n=16)に分けた。測定値の差の検定には Two-way Repeated-Measures ANOVA で評価し、有意差は Tukey-kramer を用いて多重比較および群間の差の検定を行った。

研究 2 として FeNO と呼吸インピーダンスを評価するため、研究 1 の競泳競技者の内、全ての呼吸インピーダンス測定に参加した 11 名の分析を行った。解析は One-Way Repeated-Measures ANOVA にて評価し、有意差は Tukey-kramer を用いて多重比較および群間の差の検定を行った。呼吸機能検査にて得られた値は平均±標準偏差を算出した。

結 果

研究 1：非炎症群と炎症群の 1 週間の FeNO の変動

表 1 は研究 1 に参加した 22 名の呼吸機能測定の結果を示す。予測努力性肺活量(%FVC)は全例、

表1 呼吸機能測定の評価 (n=22)

No.	FVC (L)	%FVC	FEV ₁ (L)	%FEV ₁	FEV ₁ /FVC (%)	PEF (L/s)	%PEF
1	6.7	140.0	6.4	133.9	96.4	12.6	125.8
2	3.5	110.2	3.0	95.9	87.3	4.2	53.4
3	5.1	118.7	4.6	111.8	91.1	10.2	104.2
4	5.1	114.3	4.6	104.5	90.4	10.3	107.2
5	4.6	138.3	3.2	93.3	69.3	3.4	43.2
6	4.8	109.9	4.2	98.3	86.8	7.3	74.2
7	6.0	128.4	4.6	98.7	76.7	9.7	100.2
8	3.5	114.1	2.9	94.7	82.7	4.7	60.6
9	3.8	113.9	2.3	67.7	61.1	2.9	36.4
10	4.8	136.1	3.5	96.2	73.7	5.5	69.1
11	5.3	119.5	4.4	100.0	82.2	8.6	87.0
12	4.5	139.8	3.8	117.1	85.1	5.4	69.3
13	5.6	128.9	4.5	108.1	81.2	8.9	89.3
14	6.4	142.9	5.0	112.2	77.3	12.2	120.1
15	5.2	117.2	4.3	98.6	82.4	7.8	79.8
16	4.9	110.0	4.3	98.0	87.9	7.0	71.2
17	4.7	140.7	4.0	117.0	85.4	6.5	82.1
18	4.8	109.4	4.2	99.8	88.6	10.0	102.8
19	4.4	130.0	3.6	102.6	81.5	6.2	77.8
20	3.5	106.6	3.1	92.6	89.0	5.0	63.5
21	5.0	111.4	4.4	98.4	87.4	7.9	82.6
22	5.6	129.0	5.1	120.5	90.8	11.3	118.1
平均	4.9	123.2	4.1	102.7	83.4	7.6	82.6
標準偏差	0.9	12.4	0.9	13.1	8.0	2.8	24.3

FVC：努力性肺活量 FEV₁：一秒量 FEV₁/FVC：一秒率 PEF：ピークフロー

予測一秒量(%FEV₁)は半数が100%以上だった。一方、一秒率(FEV₁/FVC)の平均値は83.4%で70%未満が2名、70%台が3名、80%台が13名、90%台は4名だった。

図1は6日間のFeNOの変動を示す。6日間の測定すべてに参加した競泳競技者は22名だった。測定1日目のFeNO25ppb以上を炎症群(n=6)、FeNO25ppb未満を(n=16)とし、FeNOの変動を確認したところ、1日目と6日目のFeNOにおいて炎症群と非炎症群のFeNOの間に明らかな差が認められた。また、炎症群は1日目に比べて2~5日のFeNOは有意に低下した。一方、非炎症群には明らかな変動は認められなかった。呼吸機能検査とFeNOとの関係を表2に示す。全ての指標においてFeNOと有意な関連は認められなかった。

研究2：FeNOと呼吸インピーダンスの変動

図2は全ての測定に参加した11名のFeNOおよび呼吸インピーダンスの変動を示す。FeNOおよび呼吸インピーダンスの指標5項目(R5, R20, R5-R20, Xrs, Fres)の解析を行ったところ、

FeNO, R20, R5-R20には明らかな変動は認められなかったが、R5は3日目に1日に比べて有意に増加した。呼吸リアクタンスの指標であるXrs, Fresは1日目に比べて3日目、5日目に有意な低下を示した。

■ 考 察

研究1：非炎症群と炎症群の1週間のFeNOの変動

競泳競技者のFeNOおよび呼吸インピーダンスの応答を明らかにするため、炎症群(n=6)、非炎症群(n=16)に分けて検討したところ、炎症群のみ測定期間中に有意な変動を認めた。

%FVC, %FEV₁の平均値は100%以上だった(図1)。競泳競技者は他の競技種目や一般に比べて肺機能が優れ、努力性肺活量、一秒量が高いことが報告されている¹²⁾。本研究の競泳競技者は大学アスリートであり、%FVC, %FEV₁は高い値となったと考えられる。一方、気道閉塞を示すFEV₁/FVCは70%未満2名を含み、平均±標準偏差は83.4±8.0%だった。スパイロメーターは気

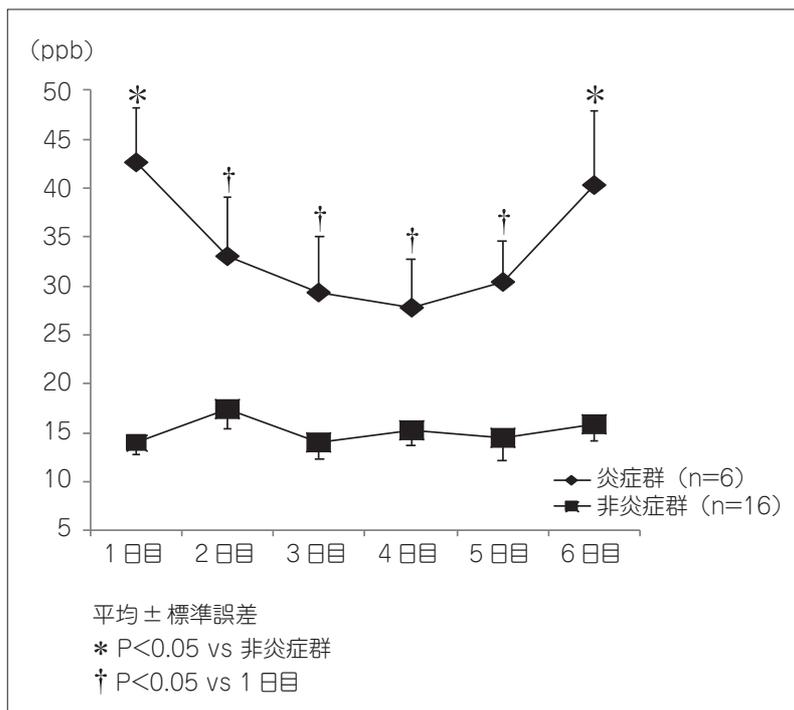


図1 競泳競技者における1週間の呼気一酸化窒素の変動 (n=22)

表2 呼気一酸化窒素 (FeNO) と呼吸機能検査との関連 (n=22)

	FVC		%FVC		FEV ₁		%FEV ₁		FEV ₁ /FVC		PEF		%PEF	
	r	p 値	r	p 値	r	p 値	r	p 値	r	p 値	r	p 値	r	p 値
FeNO 1日目	-0.03	0.88	-0.06	0.79	0.08	0.73	0.13	0.56	0.24	0.29	0.08	0.74	0.06	0.79
2日目	-0.20	0.38	-0.19	0.40	-0.02	0.95	0.11	0.64	0.35	0.11	-0.03	0.91	-0.02	0.94
3日目	-0.23	0.30	-0.29	0.19	-0.11	0.63	-0.09	0.68	0.20	0.38	-0.07	0.75	-0.09	0.69
4日目	-0.16	0.47	-0.12	0.60	-0.04	0.85	0.04	0.87	0.20	0.37	-0.04	0.87	-0.03	0.88
5日目	-0.09	0.70	-0.10	0.65	0.09	0.68	0.16	0.47	0.36	0.11	0.10	0.64	0.13	0.55
6日目	-0.09	0.70	-0.12	0.60	-0.01	0.95	-0.02	0.94	0.12	0.59	-0.02	0.93	-0.05	0.83

r : 相関係数

FVC : 努力性肺活量 FEV₁ : 一秒量 FEV₁/FVC : 一秒率 PEF : ピークフロー

道閉塞性を評価する優れた手法であるが、FEV₁、FVCには呼吸筋、呼吸補助筋など、筋力の要素も反映される。動的手法にて呼吸機能を評価する際は、競技特性などを考慮する必要がある¹²⁾。FeNOは気道炎症を示す指標であり、必ずしも気道閉塞との関連性はない。本検討においてもFeNOとの関連はなかった(表2)。

FeNOの変動は炎症群の競泳競技者のみ2日から休日前の5日まで低下が認められた。一方、6日目のFeNOは1日目と有意差が認められていない。現在のところ、運動におけるFeNO低下のメカニズムとして、気道内FeNOのwash out¹³⁾、活性酸素への変換⁴⁾または循環血液量増加に伴う血管内因性拡張物質への変換⁵⁾などが推察されて

いるが、安静時に戻った後も長時間に渡って影響を及ぼすことは考えにくい。一過性の運動にてFeNOが低下した報告では30分で常態に戻っている¹⁴⁾。本検討では6日目の値が1日目の値に近づいた理由は明らかにできなかった。炎症群のFeNOの変動因子に関して引き続き慎重に検討する必要がある。

本検討では測定時間を練習前に授けたため、測定時間に違いがある。現在のところFeNOにおけるサーカディアンリズムの報告例は少なく明確ではないが、非喘息性疾患対象の報告では午後に低下¹⁵⁾、または変化なし¹⁶⁾、喘息罹患者では変化なし¹⁶⁾の報告がある。本結果では、非炎症群のFeNOには明らかな変動はなく、測定値に影響を与える

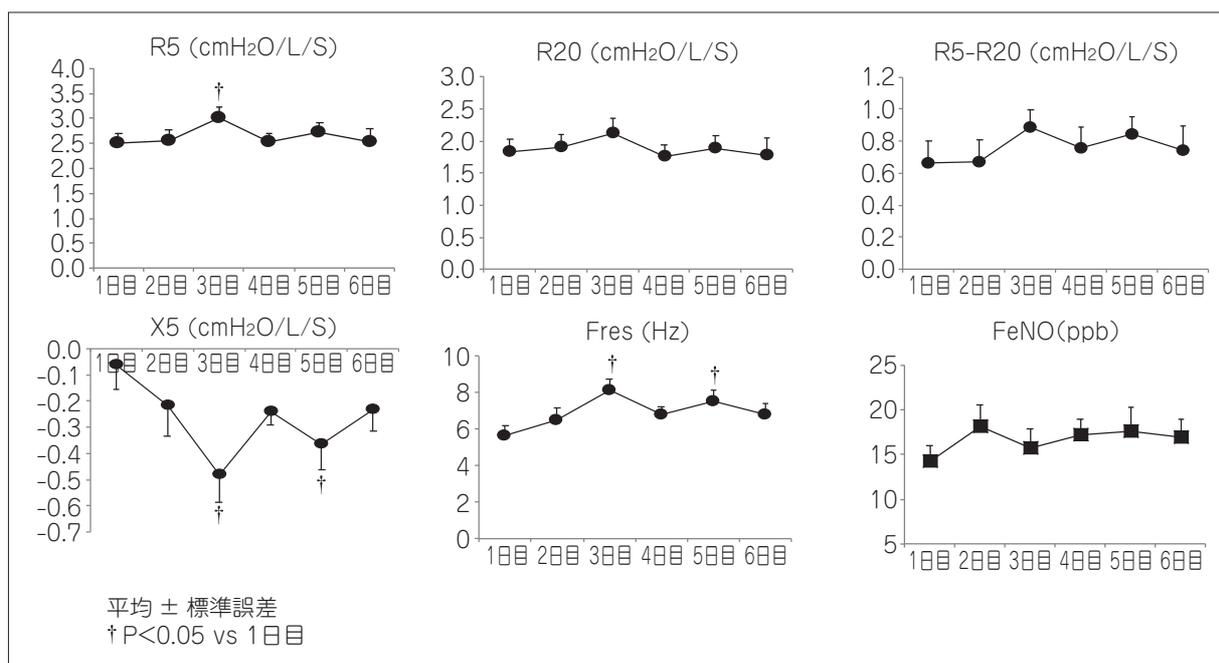


図2 呼吸一酸化窒素および呼吸インピーダンス（呼吸抵抗と呼吸リアクタンス）の変動（n=11）

ほどの時間差はなかったと考えられる。したがって、非炎症群における2日目から休日前の5日目までのFeNOの低下は直前のトレーニングや測定開始時間の違いによる影響ではないと考えられる。

一方、非炎症群では明らかな変動はなかった。以上から、気道炎症がみられると呼吸器に関わるコンディションが変動しやすい可能性があり、コンディションの変化に注視する必要がある。ただし、非喘息性疾患患者対象の報告にて身体活動量(PA)の強さとFeNOとの関連が確認されているため¹⁷⁾ FeNOが25ppb未満であっても定期的に気道炎症を評価する必要がある。

研究2：FeNOと呼吸インピーダンスの変動

1週間の呼吸インピーダンスの変動をFOT測定にて検討するため、研究1の参加者の内6日間全ての測定に参加した非炎症群11名にて検討を行った。FeNOおよび呼吸インピーダンスの応答を検討したところ、FeNOは変化せず、呼吸インピーダンスのみ有意な変動が認められた。呼吸インピーダンスを測定することで連日のトレーニングにおける呼吸器系の変動を細部にわたり評価できる可能性がある。

FOT測定での評価は呼吸筋が換気をする際の負担、つまり呼吸器全体のインピーダンス評価を示す。インピーダンスは呼吸抵抗(R5, R20, R5-

R20)と呼吸リアクタンス(Xrs, Fres)成分からなり、抵抗成分は主に空気抵抗や組織抵抗などエネルギー消費を伴う抵抗を、リアクタンス成分(Xrs)はエネルギー消費を伴わない呼吸器系の弾性(マイナス成分)や空気の慣性(プラス成分)を示し¹⁸⁾、FresはXrs=0となる共振周波数を示す¹⁸⁾。本研究では、1週間の測定を行った11名の評価を行った結果、R5が3日目に増加、呼吸リアクタンス成分であるXrs, Fresが3日目と5日目に有意な変化を認めた。FeNOは25ppb未満で1週間に明らかな変化はみられていない。スパイロメーターは呼吸機能検査の主流であり、呼吸流量の体積および速度にて気道閉塞を評価する。しかしながら、測定者の努力が必要であり反復測定には不向きである。一方、FOTは安静換気にて短時間で測定ができるため測定者の負担が少ない。室温と冷氣環境で6分間運動後の気道狭窄を評価した報告ではスパイロメーターよりも気道内の機能変化を敏感に検出したことを報告している¹⁹⁾。また気道閉塞性の指標との関連も報告され、呼吸リアクタンスの指標はFVCやFEV₁と有意相関、Fresの変化率は気道可逆性の評価として臨床的に有用である可能性が示唆されている²⁰⁾。したがって、本研究における3日目の抵抗、3日および5日目の呼吸リアクタンスの増加は、全呼吸器抵抗が高くなったことを示す。これは、呼吸器系に

関して前日のトレーニング影響, 例えば疲労などが反映した可能性が推察される。呼吸インピーダンスの評価は日々のトレーニングにおける呼吸器系へのモニタリング指標となり得ると示唆される。

従来からアスリートに呼吸器疾患が多いことが報告されているものの, 具体的な予防策はない。トレーニングによる日々の呼吸器系へのストレスをモニタリングすることが習慣となれば, 特に気管支喘息やEIAの予防, その他アレルギー疾患を抱えた競技者のコンディション低下の予防に寄与できる可能性がある。本研究は, 競泳競技者のみのため, 他の種目との比較および長期的な検討が必要である。

結 論

FeNO高値の炎症群では1週間のトレーニング中に明らかな変動がみられた。一方, FeNO低値の非炎症群は1週間のトレーニングによる変動はみられなかったが, 呼吸抵抗, 呼吸リアクタンスには有意な変動がみられた。FeNOと呼吸インピーダンスをあわせて評価を行うことで, 連日のトレーニングにおける呼吸器系へストレスをモニタリングする指標として有用であることが示唆された。

研究の限界

日常のトレーニング期間中に競泳競技者に協力を得て測定を行ったため, 日常のトレーニングの影響を反映したデータを取得できた。一方で, トレーニング前に測定を終える必要があり, 連日全てのデータを揃えることはできなかった。これにより, 炎症群は呼吸インピーダンスとの関連を検討することができなかった。複数の測定は競技者に負担を強いることにもなるため, 限られた条件で負担なく, 有効なデータを示すことが必要であり, 今後の課題である。

謝 辞

本研究を行うにあたり, ご協力賜りました水泳部の皆様, 仙石泰雄先生, スタッフの皆様にご心よりお礼申し上げます。

利益相反

本論文に関連し, 開示すべき利益相反はなし。

文 献

- 1) Helenius I, Lumme A, Haahtela T. Asthma, airway inflammation and treatment in elite athletes. *Sports Med.* 2005; 35: 565-574.
- 2) Carlsen KH, Anderson SD, Bjermer L, et al. Exercise-induced asthma, respiratory and allergic disorders in elite athletes: epidemiology, mechanisms and diagnosis: part I of the report from the Joint Task Force of the European Respiratory Society (ERS) and the European Academy of Allergy and Clinica. *Allergy.* 2008; 63: 387-403.
- 3) Bougault V, Turmel J, St-Laurent J, et al. Asthma, airway inflammation and epithelial damage in swimmers and cold-air athletes. *Eur Respir J Off J Eur Soc Clin Respir Physiol.* 2009; 33: 740-746.
- 4) Silkoff PE, Erzurum SC, Lundberg JO, et al. ATS workshop proceedings: exhaled nitric oxide and nitric oxide oxidative metabolism in exhaled breath condensate. *Proc Am Thorac Soc.* 2006; 3: 131-145.
- 5) Grob NM, Laskowski D, Dweik RA. A technical report on exhaled nitric oxide measurement: asthma monitoring in athletes. *J Breath Res.* 2008; 2: 37027.
- 6) Saito J, Gibeon D, Macedo P, et al. Domiciliary diurnal variation of exhaled nitric oxide fraction for asthma control. *Eur Respir J.* 2014; 43: 474-484.
- 7) Kippelen P, Fitch KD, Anderson SD, et al. Respiratory health of elite athletes - preventing airway injury: a critical review. *Br J Sports Med.* 2012; 46: 471-476.
- 8) D'Amato G, Liccardi G, D'Amato M, et al. Environmental risk factors and allergic bronchial asthma. *Clin Exp Allergy.* 2005; 35: 1113-1124.
- 9) Muñoz X, Bustamante V, Lopez-Campos JL, et al. Usefulness of noninvasive methods for the study of bronchial inflammation in the control of patients with asthma. *Int Arch Allergy Immunol.* 2015; 166: 1-12.
- 10) 黒澤 一. 安静換気のできる呼吸機能評価 (IOS-MostGraph). *Clinician (Goa).* 2012; 59: 879-884.
- 11) Parsons JP, Hallstrand TS, Mastrorarde JG, et al. An official American thoracic society clinical practice guideline: Exercise-induced bronchoconstriction. *Am J Respir Crit Care Med.* 2013; 187: 1016-1027.
- 12) Lazovic-Popovic B, Zlatkovic-Svenda M, Durmic T,

- et al. Superior lung capacity in swimmers: Some questions, more answers! *Rev Port Pneumol.* 2016; 22: 151-156.
- 13) Shin HW, Schwindt CD, Aledia AS, et al. Exercise-induced bronchoconstriction alters airway nitric oxide exchange in a pattern distinct from spirometry. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2006; 291: R1741-1748.
- 14) Gabriele C, Pijnenburg MWH, Monti F, et al. The effect of spirometry and exercise on exhaled nitric oxide in asthmatic children. *Pediatr. Allergy Immunol.* 2005; 16: 243-247.
- 15) Antosova M, Bencova A, Psenkova A, et al. Exhaled nitric oxide - circadian variations in healthy subjects. *Eur J Med Res.* 2009; 14: 6-8.
- 16) Ten Hacken NHT, Van Der Vaart H, Van Der Mark TW, et al. Exhaled nitric oxide is higher both at day and night in subjects with nocturnal asthma. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998; 158: 902-907.
- 17) Sachs-Olsen C, Berntsen S, Lødrup Carlsen KC, et al. Time spent in vigorous physical activity is associated with increased exhaled nitric oxide in non-asthmatic adolescents. *Clin Respir J.* 2012; 7: 1-10.
- 18) 黒澤 一. 呼吸機能検査-モストグラフの開発と応用. *呼吸.* 2010; 29: 40-47.
- 19) Evans TM, Rundell KW, Beck KC, et al. Airway narrowing measured by spirometry and impulse oscillometry following room temperature and cold temperature exercise. *Chest.* 2005; 128: 2412-2419.
- 20) 柴崎 篤, 黒澤 一, 田村 弦. モストグラフとスパイメトリーによる気道狭窄の評価—可逆性試験を用いた検討—. *アレルギー.* 2013; 62: 566-573.

(受付：2018年5月7日，受理：2019年2月28日)

Variations in the exhaled nitric oxide and respiratory impedance in swimmers over one week

Imai, T.*¹, Watanabe, K.*²

*¹ Center for General Education, Aichi Institute of Technology

*² Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

Key words: Respiratory inflammation, respiratory impedance, swimmer

[Abstract] To evaluate the influence of respiratory damage on training in swimmers, we measured the exhaled nitric oxide (FeNO) level, which is an indicator of eosinophilic airway inflammation, for 6 days (Study 1). Twenty-two swimmers participated and underwent all the measurements. Based on the FeNO level, we classified the participants into the inflammation (FeNO \geq 25ppb) and non-inflammation (FeNO < 25ppb) groups. Only the FeNO level in the inflammation group changed significantly during the week ($p < 0.05$).

In study 2, we assessed both the FeNO level and respiratory impedance (respiratory resistance and respiratory reactance) in eleven swimmers in the non-inflammatory group in Study 1. Though the FeNO level did not change during the week in this group, the respiratory impedance changed significantly. Furthermore, respiratory impedance, which included all respiratory resistance indexes, changed as a result of training stress. The evaluation of FeNO level and respiratory impedance in swimmers suggested that these are useful indices to monitor respiratory stress in daily training.