

国際医療福祉大学審査学位論文（博士）

大学院医療福祉学研究科博士課程

最大口腔内圧法による呼吸筋力と 身体機能との検討

平成 29 年度

国際医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科

保健医療学専攻・理学療法学分野・基礎理学療法学領域

学籍番号：15S3055 氏名：平野 正広

研究指導教員：理学療法学分野 教授 丸山 仁司 先生

副研究指導教員：医療福祉教育・管理分野 教授 黒川 幸雄 先生

最大口腔内圧法による呼吸筋力と身体機能との検討

平野 正広

要旨

呼吸筋力について、通気孔を用いない方法の再現性、通気孔を用いた方法との関連、身体機能との関連を検討した。対象は若年健常成人とした。測定は圧力センサー付きスパイロメータを用いた。再現性はセッション内 (n=50)、同日内および日を改めたセッション内・間 (n=10)、連続3回測定 (n=138) を検討し、級内相関係数がセッション内 0.8 以上、セッション間 0.6 以上、日を改め 0.6 未満であった。通気孔を用いた方法との関連を検討し (n=10)、相関係数は 0.8 以上であった。呼吸筋力と肺機能 (n=73)、運動習慣と身体活動量、および握力 (n=109 名)、四肢筋力 (n=44) の関連を検討し、呼吸筋力は性差を認め、最大呼気流量、握力、肩関節水平内転筋力、膝関節伸展筋力と相関した。同日内のセッション内における測定は安定することや、呼吸筋力は性差があり、肺機能、四肢筋力と関連する特徴を有する可能性が示唆された。

キーワード:最大口腔内圧法, 呼吸筋力, 身体機能

Respiratory muscle strength using maximum mouth pressure and physical function

Masahiro Hirano

Summary

The purpose of this study was to examine method of measuring respiratory muscle strength (RMS) using maximum mouth pressure, and to investigate relationship between RMS and physical function. To this end, reproducibility of RMS with no air leak was firstly examined. Next, relationships RMS with and without small leak were verified. Lastly, relationships RMS without small leak and physical function. Subjects were healthy young adults. Method of RMS tests were measured using a spirometer with a pressure sensor. The examiner blocked a small leak, created by placement of a needle in the sensor. Experiment procedure of reproducibility were some conditions that the intra-rater reliability within the same day on session of three trials for 50 subjects, the intra-rater and inter-rater reliability during and between sessions within the same day and different days for 10 subjects, and the reproducibility on three trials for 138 subjects. The intraclass correlation coefficients were during the session ≥ 0.8 , between sessions within the same day ≥ 0.6 , between sessions within different day < 0.6 . These suggest that there is reproducibility within the same day on session of the measurement. In relationships of the measurement methods, RMS with and without small leak were examined for 10 subjects. Correlation coefficient showed ≥ 0.8 . As a characteristic of RMS was investigated the relationship between respiratory muscle strength in three studies; a) lung function (n=73), b) exercise adherence and physical activities, and handgrip strength (n=109), c) limb muscle strength (n=44). RMS showed gender difference, correlated with peak expiratory flow, handgrip strength, shoulder joint horizontal adductor muscle strength, knee joint extensor muscle strength. These findings suggest that RMS without small leak were stabilized during the session within the same day, RMS has gender difference, possibility of having characteristics related to lung function and limb muscle strength.

Keyword: Maximum mouth pressure, Respiratory muscle strength, Physical function

目次

I 序論

I-1. 緒言	1
背景	1
主題（焦点）と臨床的意義	2
I-2. 従来の研究の動向	3
主題に対する先行研究	3
先行研究から着目した課題	16
課題解決のための研究の必要性	17
I-3. 研究のねらい	19
I-4. 目的	21
I-5. 構成	22
I-6. 倫理的配慮	24

II 再現性

II-1. 検者内再現性

同日内におけるセッション内再現性

はじめに	25
目的	26
方法	26

結果	34
考察	51

II-2. 検者内および検者間再現性

同日内におけるセッション内・セッション間再現性

日を改めたセッション間再現性

はじめに	57
目的	57
方法	57
結果	61
考察	81

III 呼吸筋力測定に関連

はじめに	89
目的	90
方法	90
結果	93
考察	99

IV 呼吸筋力の特性

IV-1. 若年健常成人における呼吸筋力の性差および参考値

はじめに	102
------	-----

目的	102
方法	102
結果	104
考察	118

IV-2. 呼吸筋力と簡易肺機能検査指標の関連

はじめに	123
目的	123
方法	123
結果	125
考察	137

IV-3. 呼吸筋力と運動習慣，身体活動量および握力の関連

はじめに	140
目的	140
方法	140
結果	142
考察	151

IV-4. 呼吸筋力と四肢筋力の関連

はじめに	154
目的	154

方法	154
結果	156
考察	165
V 総括	168
VI 結論	178
VII 謝辞	179
VIII 文献一覽	180
IX 業績	192

I 序論

I-1 緒言

背景

2004年には、日本国内における40歳以上の慢性閉塞性肺疾患（COPD: Chronic Obstructive Pulmonary Disease）の有病率は8.6%であったことが報告され、有病者が潜在している可能性が指摘されている¹⁾。2012年には世界における死因の第3位に下気道感染症、第4位にCOPDが挙げられている²⁾。本邦における2015年の人口動態統計において、死因の3位は肺炎であり、COPDが10位と上位に位置しており³⁾、呼吸器疾患への対応は急務である。

呼吸器疾患に対する治療戦略の一つとしてリハビリテーションが位置づけられており^{4,6)}、その有効性について科学的根拠が構築されている^{7,8)}。2015年には、COPDに対する呼吸リハビリテーションは健康関連QOL（QOL: Quality Of Life）を改善する強い根拠が示され、有益であるとし、コクランレビューのアップデートはしないことが報告された⁹⁾。今後は、トレーニング強度や治療効果の持続期間など、質的な要素が課題とされている。

呼吸リハビリテーションにおける理学療法のひとつに、呼吸筋トレーニングがある⁵⁾。呼吸筋トレーニングについては、COPDに対する吸気筋

トレーニングの効果が報告されており¹⁰⁾、嚥下障害に対する呼吸筋トレーニングも注目を集めている。評価およびトレーニング効果の判定には、呼吸筋力が評価項目として用いられており、呼吸筋力は呼吸理学療法における効果を定量的に評価するための重要な検査指標である^{5,11)}。

主題（焦点）と臨床的意義

呼吸筋力は、換気の構成要素であり、Chest wall の観点から捉えることが必要である。呼吸筋力を発揮する呼吸筋群は、体腔内の横隔膜と、躯幹壁を構成する頸部、胸壁、腹壁の筋群からなり、換気機能および換気運動以外の姿勢、運動や臓器の保護等の非換気機能を有している。呼吸筋の機能のうち、呼吸筋力は主として換気能力評価として用いられ、対象者個々の状態を把握することや、呼吸障害を捉えることに役立てられる。したがって、呼吸筋力は重要であり、主題とした。

I-2 従来の研究の動向

主題に対する先行研究

1) 呼吸筋力に関する研究

呼吸筋力に関する研究について以下に整理する。

正常値の指標

成人の正常値の指標としては、予測式も存在し^{12,13)}、小児においても指標となる値が示されている^{14,15)}。また、正常値とともに下限値についても報告されている^{16,17)}。

性差

口腔内圧法によって得られる圧は、吸気、呼気ともに女性に比して男性の方が大きく^{12,18-20)}、吸気筋力の Systematic Review においても男性の方の値が大きいことがまとめられている²¹⁾。

加齢変化

加齢に伴う呼吸筋力の低下については、55歳以下の人は呼吸筋力に年齢差はないが、55歳よりも上の男性の最大呼気圧（MEP: Maximum Expiratory Pressure; 最大吸気筋力）と女性の最大吸気圧（MIP: Maximum Inspiratory Pressure; 最大呼気筋力）は年齢と共に減少する報告もある¹²⁾。

他のいくつかの研究においても^{13,18,21)}、加齢に伴って呼吸筋力は低下していくとされている。

呼吸機能指標との関連

MIP や MEP は呼吸機能指標との関連における検討項目とされており、評価指標の有用性を示す研究に用いられている。

MIP は、腹部隆起力と相関が高いことや²²⁾、超音波を用いた横隔膜筋厚との関連が認められている²³⁾。また、MIP はスニッフ鼻腔内圧 (SNIP: Sniff Nasal Inspiratory Pressure) との比較指標として用いられている²⁴⁻²⁶⁾。他には、口腔内圧は食道内圧を反映するため、持久性のテストの評価指標においても吸気圧は利用可能であることや²⁷⁾、慢性換気不全患者における非侵襲的人工呼吸器使用中の監視目的で利用することに MIP が応用されている²⁸⁾。

MEP は、胃内圧測定の有用性に関する研究に用いられており、胃内圧は呼気筋群収縮と関連することから、腹筋群の疲労評価に用いられることや²⁹⁾、呼気筋力が弱い対象者における咳嗽にも反応可能なため、呼気筋力の代替評価になることが報告されている³⁰⁾。

MIP および MEP は、呼吸努力時の呼吸筋群の動員の反応についても、口腔内圧と針筋電図による呼吸筋群活動との関連の検討に役立てられている³¹⁾。腹部筋活動の活性における姿勢の影響の検討にも応用されてお

り³²⁾、居宅高齢者における運動習慣が与える影響についても呼吸筋力が指標として用いられている³³⁾。アスリートと坐位で過ごす時間が長い人の比較では、呼吸筋力の差がないことが報告されており³⁴⁾、呼吸筋力と胸郭拡張差と肺機能の関連の検討においては、努力肺活量（FVC: Forced vital capacity）およびMIPが胸郭拡張差（腋窩、胸郭）の影響因子として挙げられている³⁵⁾。MIPは、骨格筋量、膝関節伸展筋力および握力と相関を認めており³⁶⁾、咳嗽力（CPF: Cough Peak Flow）を検討した研究において、中高齢者はCPFと呼吸筋力に有意な相関を認め（MIP $\rho=0.60$, MEP $\rho=0.61$ ）³⁷⁾、地域在住高齢者におけるCPFの有意な独立変数はFVCとMIPであったことが報告されている³⁸⁾。

有症者における呼吸筋力

肺手術後における呼吸筋力は、肺癌患者ではMIP、MEPともに低いとされており、手術施行後ではMIPが術前値よりも低下する³⁹⁾。一方、手術前後で有意な変化を認めなかった報告もある⁴⁰⁾。

COPDにおいては、呼吸筋力と除脂肪体重は関連があり、除脂肪体重が低い（低栄養の）人は呼吸筋力が低いことや⁴¹⁾、急性増悪した入院患者の呼吸筋力は入院中低下するが、退院時および1か月後には向上するため、気流閉塞および過膨張の程度は呼吸筋力と関連することが報告されている⁴²⁾。呼吸筋力は1秒量（FEV_{1.0}: Forced vital capacity in one second）,

FVC, 最大呼気流量 (PEF: Peak Expiratory Flow), 全肺気量 (TLC: Total lung capacity) と相関が示されており, 呼吸筋力は, FEV_{1.0} の減少とともに低下する⁴³⁾. 他には, 上肢の活動量に対する呼吸機能と上肢運動機能の関連の研究において, 検討指標として呼吸筋力が用いられたが, 上肢の活動量が呼吸筋力の代替指標とはできないことが報告されている⁴⁴⁾.

他の呼吸器疾患としては, 嚢胞性線維症患者における慢性緑膿菌感染症は MIP が低下することが示されており, 呼吸筋機能を障害することが報告されている⁴⁵⁾.

慢性心不全 (CHF: Chronic Heart Failure) 患者においては, MIP は低下しており, 予後の予測因子とされている⁴⁶⁾. 一方, MIP は CHF 患者の生存の独立予測因子でなかったことも報告されている⁴⁷⁾. この研究において, MIP は, 体格指数 (BMI: Body Mass Index) と弱く相関しており, CHF 患者においては BMI が生存を予測することを示唆している. また CHF の MIP の障害は, 異化作用と体重減少の結果であるとしている.

心血管疾患事象のリスクについては, MIP の減少は心筋梗塞と心血管疾患における死亡の独立危険因子であり, 脳卒中のリスクを増加することが報告されている⁴⁸⁾.

心臓血管外科手術後に関しては, リハビリテーション遅延因子の検討によって, ニューヨーク心臓協会 (NYHA: New York Heart Association) 分

類，術後循環動態，挿管期間，体外循環時間が関係しており，手術侵襲に伴う炎症による影響が背景にあることが示唆されている．また，呼吸筋力は遅延因子ではなかったことが報告されている⁴⁹⁾．しかしながら，心臓血行再建術後において，MIP と SNIP は低下することが示されており⁵⁰⁾，術前に呼気陽圧療法を実施することによって，心臓手術後の呼吸筋力は低下しないことが示唆されていることから⁵¹⁾，予防介入の重要性が伺える．

心房細動患者においては，健康関連 QOL を測定する SF-36 (SF-36: Medical Outcome Study short-form 36-item health survey) に対して MEP ($r=0.391$) と MIP ($r=0.517$) および 6 分間歩行距離 ($r=0.542$) が関連するため，呼吸筋力は QOL に影響を及ぼしうることが報告されている⁵²⁾．

人工呼吸器離脱において，MIP は離脱開始基準の指標である．人工呼吸器離脱直後のインターロイキン-6 (IL-6: Interleukin-6) と離脱時の MIP との間には，有意な負の相関 ($r=-0.45$) を認め，術直後の IL-6 が高値なほど人工呼吸器離脱時の MIP が低下すると考えられている⁵³⁾．また，呼吸筋力と肺コンプライアンスの両者を加味して自発呼吸トライアルを実施することは，抜管時における換気能力，抜管成否の理解の一助となるとされ⁵⁴⁾，MIP を測定することの有用性が示されている．

呼吸筋力の測定は，外傷性脊髄損傷患者における呼吸筋力と運動レベ

ルの検討にも用いられている⁵⁵⁾。また、筋緊張性筋ジストロフィーとデュシェンヌ型筋ジストロフィー患者における検討では、吸気筋力測定は状態基準における監視に適していることが示唆されている⁵⁶⁾。四肢麻痺患者の呼吸筋活動についても呼吸筋力は評価指標に用いられており、四肢麻痺患者と健常者を比較して、歌う時に四肢麻痺患者は呼吸補助筋をより参加動員させることが報告されている⁵⁷⁾。終末期肝疾患患者における呼吸困難感と呼吸筋力についても検討がされており、末期肝疾患における慢性呼吸困難感は88%（40名中）であり、修正MRC息切れスケール（mMRC: Modified Medical Research Council dyspnea scale）スコアは呼吸筋力と相関を示している⁵⁸⁾。また、パーキンソン病と多系統萎縮症に対して健常者を比較して、パーキンソン病と多系統萎縮症患者は呼吸機能と呼吸筋力が低下していることが示されている⁵⁹⁾。そして、呼吸機能障害を有さない人と比較して、神経筋疾患患者は呼吸筋力が低いことが示唆されている⁶⁰⁾。非特異的腰痛を有する女子学生においては、健常女子学生と比較して呼吸筋力は変わらず、女子学生における非特異的慢性腰痛は、胸腹部可動性に関連したFVC低下を招く可能性が示唆されている⁶¹⁾。

介入指標としての呼吸筋力

COPD において、吸気筋トレーニングは吸気持久力を向上させること

が示されており^{10,62)}、低強度運動療法を主体とした在宅呼吸リハビリテーションの効果指標としても用いられている⁶³⁾。胸部疾患患者において、呼吸筋トレーニングは呼吸筋力と健康関連 QOL を向上させることが示唆されている⁶⁴⁾。また、肺高血圧患者において、呼吸筋力トレーニングは呼吸筋力、日常生活動作時の息切れ度を改善させ、呼吸筋力低値群では高値群と比較して、肺活量 (VC: Vital capacity)、運動時の息切れ度は両者ともに有意に改善したが、両群の息切れの改善度は両群間に差は認めなかったことが報告されている⁶⁵⁾。呼吸器疾患患者のみならず、介入指標として呼吸筋力は利用されており、呼吸筋トレーニングが横隔膜へ与える影響⁶⁶⁾や、アレキサンダーテクニクによる呼吸機能への影響の研究にも用いられている⁶⁷⁾。また、固有受容性神経筋促通法 (PNF: Proprioceptive Neuromuscular Facilitation) とエラスティックバンドを用いた 4 週間の上肢の筋トレーニングは呼吸筋力 (吸気・呼気) を増加する効果が示されている⁶⁸⁾。PNF については、MIP が増加したが、MEP は変化がなかったとの報告もある⁶⁹⁾。通所リハビリテーションにおける要介護認定高齢者に対しても呼吸筋力が介入指標として用いられており、呼吸トレーニングの導入は、呼吸機能や嚥下障害、QOL を改善するとされている⁷⁰⁾。

このように、呼吸筋力は、小児、成人、高齢者、アスリートにおける

健常者や，呼吸器疾患，心疾患，中枢疾患，神経筋疾患，整形疾患，肝疾患の有症者において評価されており，呼吸機能，呼吸障害を捉えるために広く用いられている。

2) 呼吸筋力の評価方法

呼吸筋力の評価方法について以下に整理する。

呼吸筋力の評価方法

呼吸筋力の評価方法は，筋電図や呼吸筋が総体して発生する圧や横隔膜筋力，Chest wall motion として，configuration (Konno-Mead diagram) やシネ撮影による(核)磁気共鳴映像法 (MRI: Magnetic Resonance Imaging) などの画像評価があり，間接的に評価される⁷¹⁻⁷⁴⁾。圧を用いた評価方法には，最大口腔内圧法である MIP と MEP がある。また，スニッフ法(機能的残気量位における)においては，非侵襲的方法として SNIP があり，侵襲的方法には食道バルーン，食道および胃バルーンを用いたものがある。これらのうち，非侵襲的で一般的に用いられるのは最大口腔内圧法である。

最大口腔内圧法による呼吸筋力の測定肺気量位について

最大口腔内圧法による呼吸筋力測定における測定肺気量位について，スパイログラムと肺気量分画を図 1 に示す⁷⁵⁾。機能的残気量は FRC

(Functional residual capacity), 残気量は RV (Residual volume), 全肺気量は TLC (Total lung capacity) と略称する. 吸気筋力として, MIP (FRC) は, 安静呼気位から吸気努力した際の圧を示す. また, MIP (RV) は最大呼気位から吸気努力した際の圧を示す. 呼気筋力として, MEP (FRC) は, 安静呼気位からの呼気努力をした際の圧を示す. また, MEP (TLC) は最大吸気位からの呼気努力した際の圧を示す. したがって, 肺気量分画において, 最大呼気位は RV を, 安静呼気位は FRC を, 最大吸気位は TLC であることを示す.

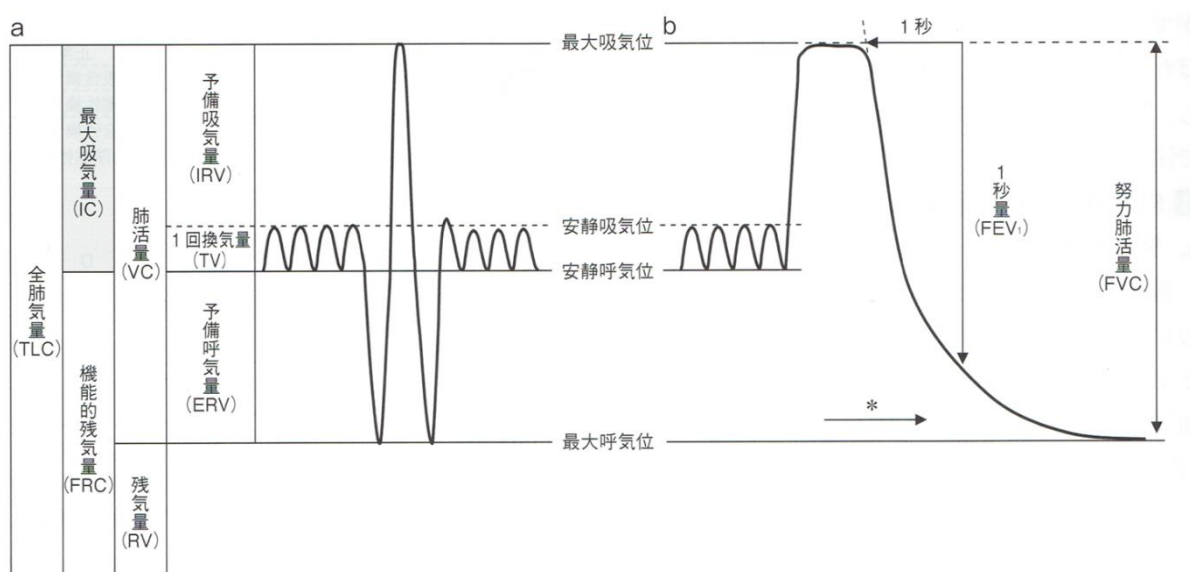


図 1. スパイログラムと肺気量分画 (文献 75 より引用)

a. SVC (Slow vital capacity) 手技: 緩徐な換気で測定した場合

b. FVC (Forced vital capacity) 手技: 努力換気で測定した場合

VC (Vital capacity): 肺活量, IRV (Inspiratory reserve volume): 予備吸気量

TV (Tidal volume): 1 回換気量, ERV (Expiratory reserve volume): 予備呼気量

IC (Inspiratory capacity): 最大吸気量, TLC (Total lung capacity): 全肺気量

FRC (Functional residual capacity): 機能的残気量, RV (Residual volume): 残気量

FVC (Forced Vital Capacity): 努力肺活量, FEV_{1.0} (Forced vital capacity in one second): 1 秒量

最大口腔内圧と測定肺気量の関係

最大口腔内圧法による呼吸筋力評価を実施する際には、圧と肺気量の関係を整理しておく必要がある。最大努力静的口腔内圧と肺気量の関係は、呼吸筋力によって発生する最大努力圧量関係と肺と胸郭の弾性収縮で得られる肺胸郭系の静的圧量関係の2つを加えたものである。つまり、TLC や RV で測定される最大努力静的口腔内圧は、真の呼吸筋力ではなく、肺および胸郭の弾性収縮力に影響を受けていることを意味する⁷⁶⁾(図2)。真の呼吸筋力はこの圧量関係から、肺・胸郭系の弾性収縮力を差し引いて求められ、FRC で測定される。

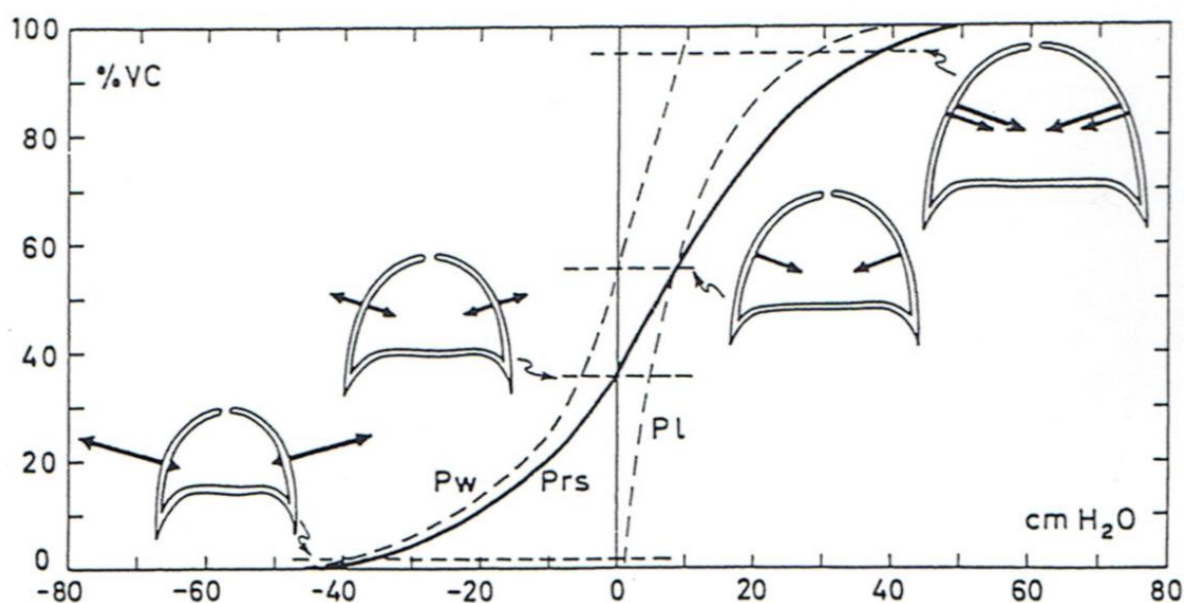


図2. 呼吸器系, chest wall (胸郭), 肺の静的な圧-量曲線 (文献76より引用)

%VC: percentage of Vital Capacity: 対標準肺活量

Pw の破線: chest wall (胸郭)の静的圧量曲線, PL の破線: 肺の静的圧量曲線 (肺弾性収縮圧)

Prs の実線: 呼吸器系(呼吸器系=肺・胸郭系)の静的圧量曲線

$Prs = Pw + PL$: 呼吸器系の弾性圧=胸郭の弾性圧+肺の弾性圧

肺の弾性圧は常に縮小力を示す。胸郭の弾性圧は吸気位において収縮力となり、呼気位では拡張力となる。FRC は胸郭弾性拡張力と肺弾性収縮力が均衡を保つ肺気量レベルに相当する。

静的最大吸気・呼気努力中の肺胞内圧と肺気量関係を図3に示す。MIPはFRCとRV, MEPはFRCとTLCの4点で測定される。

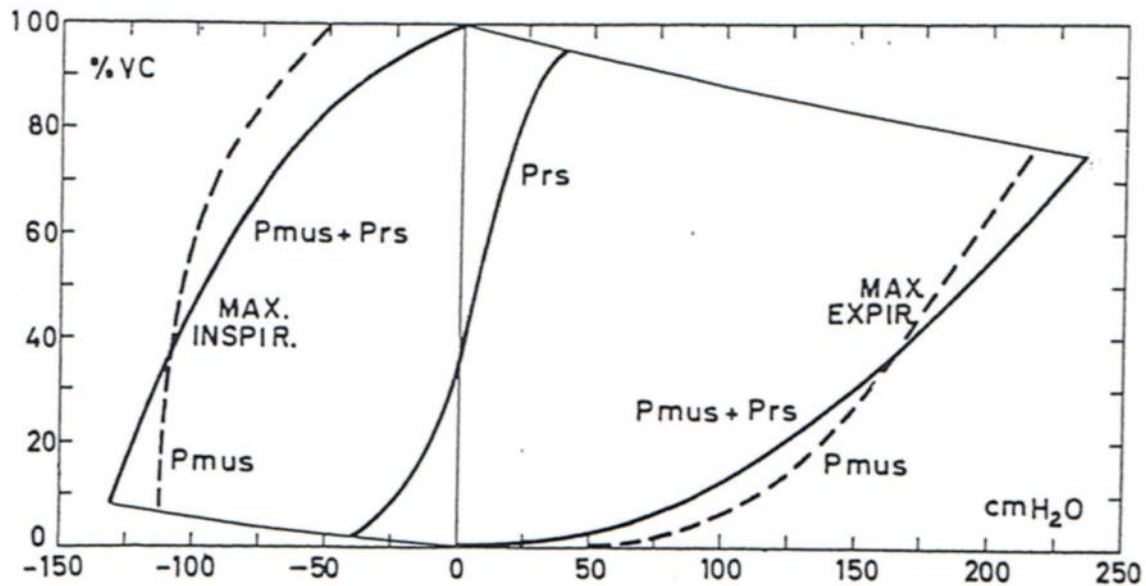


図3. 静的最大吸気・呼気努力中の肺胞内圧と肺気量関係 (文献76より引用)

%VC (percentage of Vital Capacity): 対標準肺活量

Prsの実線: 呼吸器系(肺・胸郭系)の静的圧量曲線

Pmus+Prs: 筋による吸気または呼気努力発生圧と呼吸器系の圧

Pmus: 筋による吸気または呼気努力発生圧

MAX INSPIR (maximum inspiratory): 最大吸気, MAX EXPIR (maximum expiratory): 最大呼気

Prsが0cmH₂Oの点がFRCレベルに相当する。%VCが100%で最大呼気圧, 0%で最大吸気圧が測定されるが, 空気の圧縮と膨張により, 肺気量に変化する。実線(Pmus+Prs)は口腔内圧を示し, 破線(Pmus)は最大呼吸筋力を示す。

最大口腔内圧の測定機器

呼吸筋力の測定機器には、通気孔のある bugle dynamometer⁷⁷⁾や小型の携帯型口腔内圧計⁷⁸⁾、Micro RPM⁷⁹⁾など単独機器で測定可能なものや、スパイロメータの付属品として口腔内圧測定器があり、呼吸筋力測定に用いられている。

最大口腔内圧の測定方法

最大口腔内圧法による呼吸筋力の測定方法として、米国胸部学会/ヨーロッパ呼吸器学会（ATS/ERS: American Thoracic Society / European Respiratory Society）の Statement においては¹¹⁾、測定肢位は坐位姿勢とし、マウスピースをくわえる。ノーズクリップは不要である。MIP は最大呼気位（RV）から測定し、MEP は最大吸気位（TLC）から測定する。マウスピース周囲からの空気漏れに注意する。測定は少なくとも 1.5 秒間は圧を維持し、1 秒間維持できた最大圧（平均値）を記録する。少なくとも 3 回の測定を行い、差が 20% 未満の最大値を採用する。また、本邦における呼吸リハビリテーションマニュアルにおいては⁵⁾、ATS/ERS の statement に加え、ノーズクリップは鼻から呼吸をする患者がいるため、通常はした方がよい。マウスピース周囲からの空気漏れに注意する。特に最大呼気努力の時はマウスピース周囲の唇と頬部を指でしっかりと保持をする。測定中は声掛けにより被験者を励ますとされている。これらの測定は、

測定機器に設置されている通気孔を用いており、頬筋の関与による口腔内圧への影響や声門閉鎖を予防することが可能であり¹¹⁾、測定が簡便である利点がある。また、得られた口腔内圧に影響する口腔、気道、気管支、肺胞、気管支平滑筋や横隔膜、内・外肋間筋や腹筋群、呼吸補助筋群、胸郭を形成する関節の可動性などの因子を総合的に評価できる。つまり、肺および胸郭コンプライアンスや気道抵抗を踏まえて、どのように影響しているのかを総合的に解釈することが可能となる。

一方、通気孔を用いない測定方法も存在する^{71,72)}。呼吸器の状態を知るのに、換気力学では、気流量または気流速度 (\dot{V} : Flow)、換気量または肺気量 (V : Volume)、圧 (P : Pressure) を基本変化量として取扱う⁸⁰⁾。通気孔を用いない測定方法は、気流量、換気量、圧のうち、気流量がゼロ（換気量変化がゼロ）の測定となる。そのため、圧に焦点をあてることができ、値への影響要因を少なくして捉えることが可能となる。また、FRC における測定は胸郭系の弾性力を除いた呼吸筋群の活動を圧で捉えることが可能とされる測定方法である。しかしながら、具体的な方法については不明瞭となっている。

再現性

測定値の再現性については、10 回測定の検討¹⁸⁾や日内変動^{18,19,79,81,82)}について報告されている。また、基準値を得るためには学習効果を考慮

する必要性も指摘されている⁸³⁾。ATS/ERS の Statement では、3 回の測定が推奨されており、採用値は最大値であり、変化が 20%以内とされている。採用値についても 1 秒間の平均値よりも最高値の方が再現性は低いとされているため、平均値がよいとされている¹¹⁾。しかしその後、最高値は、平均値に比べて不都合がなく、同様に使用することができることも報告されている⁸⁴⁾。これら先行研究は、通気孔を用いた測定によるものである。

先行研究から着目した課題

呼吸筋力の測定肺気量位について、吸気筋力測定は FRC から測定している研究もあるが^{27,31,49,54,85)}、多くの研究において吸気筋力は RV からであり、呼気筋力は TLC からの最大努力した時の圧力を用いている^{10,12-70,77-79,81-84,86-88)}。これは、歴史的背景に鑑みると、1969 年の Black ら¹²⁾の測定方法が多く引用されており、影響を与えていると推察される。Black ら¹²⁾は呼吸筋力および胸郭系の弾性力を含めた RV および TLC からの測定を用いている。通気孔 (small leak) を用いた簡便な測定方法であり、気流速度が大きくない範囲とされていること、吸気・呼気の最大圧が得られるため、今日まで RV および TLC からの測定が多く、普及していることが推測される。一般的に用いられる ATS/ERS Statement¹¹⁾および呼吸リハビリテーションマニュアル⁵⁾の測定方法は、声門閉鎖および頬筋の関

与を予防するために通気孔が用いられている測定方法である。測定圧への影響要因となりうる頬筋の関与に関して、頬部をしっかりと保持することが測定方法に述べられている。肺と胸郭系の弾性力が除外される FRC における測定について触れられているが^{5,11)}、FRC における呼気筋力測定については明らかではないことが挙げられ、本研究では通気孔を用いない測定方法における再現性について着目した。

課題解決のための研究の必要性

最大口腔内圧法による呼吸筋力の測定方法は、通気孔の利用の有無による 2 つの測定がある。一般的に広く用いられている測定方法は、通気孔を用いた測定方法である。通気孔を用いた測定方法が多く応用されている理由は、測定手技が明記されていることや^{5,11,12)}、手技が簡易（検者も 1 人）であること、比較可能な先行研究が多いことが挙げられる。胸郭系の弾性力を除いた呼吸筋力による圧を反映する FRC からの測定については、呼吸筋力の測定方法として紹介されているが^{5,11,71-74)}、RV、TLC における測定が一般的となっている。一方、通気孔を用いない測定方法に関する研究は少なく、測定方法として紹介されているものの^{71,72)}、具体的な測定方法については明らかでない。したがって、通気孔を用いない場合の呼吸筋力の知見を構築することを本研究課題とした。また、呼吸筋力の知見を構築するために、身体機能との関連を調査することとし

た.

I-3. 研究のねらい

研究の位置づけ（先行研究との関連性，新規性）と方向性

本研究は，最大口腔内圧法による呼吸筋力および呼吸筋力と身体機能との知見を構築するものである。

新規性は，最大口腔内圧法の通気孔を用いない場合の呼吸筋力の再現性を明らかにし，若年健常成人の吸気・呼気筋力値の参考値を示すことである．測定肺気量位については，MIPにおいてRV，FRC，MEPにおいてTLCがこれまで報告されているが，特に呼気筋力測定（MEP（FRC））についても言及することが挙げられる．また，性差や呼吸筋力と簡易肺機能検査指標，運動習慣や身体活動量，四肢筋力との関連を調査し，呼吸筋力の特性について明らかにすることにある．

本研究の位置づけについて図4に示す．呼吸筋力評価における最大口腔内圧法は，通気孔を利用した測定方法が一般的であり広く浸透している．通気孔を用いない測定方法もあるが，知見は十分に構築されていない．そこで，安定した値が得られるのか再現性を検証し，通気孔を用いた測定との関連を確認する．また，呼吸筋力の特性として，性差，参考値や測定回数，簡易肺機能検査指標，運動習慣や身体活動量，四肢筋力との関連を調べ，知見を構築していくこととした．これは，今後，呼吸筋力評価において一般的に広く用いられている最大口腔内圧法による測

定における測定の選択肢を増やすことに貢献できる可能性がある。

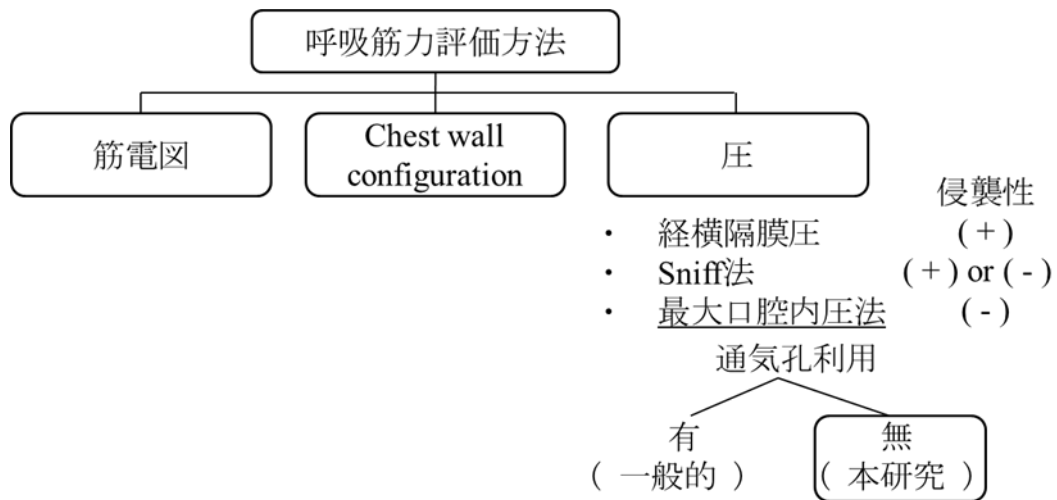


図 4. 本研究の位置づけ

呼吸筋力評価において、最大口腔内圧法による通気孔を用いない測定に関する検討を実施することは、最大口腔内圧法の 1 つとして選択肢を増やすことに貢献できる可能性がある。

I-4. 目的

本研究の目的は、最大口腔内圧法による呼吸筋力について、通気孔を用いない方法の再現性、通気孔を用いた方法との関連、身体機能との関連を検討することである。最大口腔内圧法による呼吸筋力および呼吸筋力と身体機能に関する知見を構築する。最大口腔内圧法の一つである通気孔を用いない測定方法の再現性を検証し、標準的な通気孔を用いた測定方法との関連を示す。また、呼吸筋力の特性として、性差、若年健常成人の吸気・呼気筋力値の参考値、呼吸筋力と簡易肺機能検査指標、運動習慣や身体活動量、四肢筋力との関連を調査する。

I-5. 構成

本研究は、最大口腔内圧法による呼吸筋力および呼吸筋力と身体機能に関する知見を構築するものである。I章においては、序論として呼吸筋力および評価方法についてまとめ、課題を述べた。II章においては、再現性について検証する。III章においては、呼吸筋力測定の関連を検討する。IV章においては呼吸筋力の特性について検討する。

序論においては、呼吸筋力は、呼吸機能、呼吸障害を捉えるための重要な指標であることを述べ、呼吸筋力の評価方法、測定方法について整理した。呼吸筋力測定方法として、最大口腔内圧法には通気孔の利用の有無による2つの測定方法がある。通気孔を用いない場合、気流量を伴わないため、換気量の変化もゼロとなり、圧に着目できる。また、FRCにおける測定は、肺・胸郭の弾性力を除いた呼吸筋群が発生した圧を測定値として得られる点に注目した。しかしながら、測定方法の再現性に関する知見は不十分であることが課題に挙げられた。

II章においては、再現性について述べる。再現性を有するのか検証し、安定した値が得られるのかを確認する。

III章においては、標準的な測定を対象に比較および関連を調べ、呼吸筋力測定の検討をする。

IV章においては、若年健常成人における呼吸筋力の特性として、性差

および参考値を提示する。また、リハビリテーション領域において用いられる簡易肺機能検査指標，運動習慣や身体活動量，四肢筋力との関連を検討する。これにより，呼吸筋力の特徴に関する知見を得ていく。

以下に，本研究の構成を示す。

I 序論

II 再現性

II-1. 検者内再現性

同日内におけるセッション内再現性

II-2. 検者内および検者間再現性

同日内におけるセッション内・間再現性

日を改めたセッション間再現性

III 呼吸筋力測定に関連

IV 呼吸筋力の特性

IV-1. 若年健常成人における呼吸筋力の性差および参考値

IV-2. 呼吸筋力と簡易肺機能検査指標の関連

IV-3. 呼吸筋力と運動習慣，身体活動量および握力の関連

IV-4. 呼吸筋力と四肢筋力の関連

V 総括

VI 結論

I -6. 倫理的配慮

本研究は、「ヘルシンキ宣言」および「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」を遵守して実施した。国際医療福祉大学の研究倫理委員会承認（承認番号: 17-I g -42）および所属施設である了徳寺大学生命倫理審査委員会の承認（承認番号: 2708）を得ている。また、被験者には口頭および書面によって十分な説明と同意を得て実施し、個人情報保護を遵守した。被験者には口頭および書面にて十分な説明をした後に同意および署名を得て実施した。また、個人情報保護を遵守した。

本研究における呼吸筋力測定方法は、呼吸を止めて吸気・呼気努力を行うため、鼓膜や心肺系へ一定の負荷が加わる。そのため、事前に、耳の疾患や障害がないのか確認し、該当者である場合は本研究対象者からは除外した。

II 再現性

II-1. 検者内再現性

同日内におけるセッション内再現性

はじめに

呼吸筋力の測定は、通気孔を用いない測定方法もあるが、再現性については明らかになっていない。

通気孔を用いた測定における再現性について、Hamnegård CH ら⁷⁸⁾は、小型の携帯型口腔内圧計を用いて 5 回測定した結果、再現性は高く、誤差が小さいことを報告した。また、セッション内、セッション間の再現性を各 10 回の 4 セッションから検討し、健常者は 2 セッションが必要であることが報告されている⁸³⁾。Dimitriadis Z ら⁷⁹⁾は、級内相関係数が 0.90 よりも高く得るためには 5 回の練習後（最大呼気・吸気）に 2 回の測定が必要であることを報告した。また、西村ら¹⁹⁾は、3 回の測定において、再現性のよい値が得られたため、最大値を採用している。呼吸筋力の測定において、測定機器には頬筋の関与による口腔内圧発生および声門閉鎖の予防を目的として通気孔が付加されている^{11,12)}。これら先行研究は、通気孔を用いた測定による検討結果であり、高い再現性が得られるための測定回数は一定の見解には至っていない。通気孔の影響について通気孔の有無による測定圧を比較し、通気孔無の測定方法で得られた口腔内

圧が大きかったことを報告されているが⁸⁹⁾、通気孔を用いない測定による再現性について、知見は不十分である。

呼吸筋力の測定には、市販されている機器に通気孔が設置されており、広く活用されている。そこで、本章では、通気孔が設置されている機器を用いて通気孔を塞いだ測定で安定した測定値が得られるのであれば、呼吸筋力における知見を増やすことができると着想し、市販機器を用いた測定の再現性を検討することとした。また、再現性を検討するにあたり、呼吸筋力の多寡が性差によって存在するのであれば、採用値や測定回数を検討する際の影響が考えられるため、性差を検討し、性別の再現性を検討することとした。

目的

本研究の目的は、同日内繰り返しの検者内再現性について、通気孔を用いない場合の呼吸筋力の再現性を明らかにすることであり、採用値について検討することとした。

方法

対象

対象は、若年健常成人である大学生 50 名（男性 28 名，女性 22 名。年齢，身長（平均値±標準偏差），体重（平均値±標準偏差）の順に 20～22

歳, 165.8 ± 8.0 cm, 60.2 ± 10.9 kg, 男性: 20~22 歳, 171.5 ± 4.8 cm, 66.3 ± 9.9 kg, 女性: 20~22 歳, 158.4 ± 4.3 cm, 52.4 ± 6.4 kg) である.

測定機器および測定項目

測定機器は電子スパイロメータ (Multi-Functional Spirometer HI-801, チェスト株式会社製) に呼吸筋力センサー (Respiratory pressure, チェスト株式会社製) を使用した. (図 5, 6) また, ノーズクリップ, 呼吸機能検査用フィルタおよびマウスピースを使用し, 呼吸筋力センサーと呼吸機能検査用フィルタは, 空気漏れがないようにビニールテープで連結部を補強した. 呼吸筋力は最大口腔内圧法によって得られた圧とし, MIP, MEP を測定した. MIP は FRC および RV, MEP は FRC および TLC の肺気量位で測定した.



図 5. 電子スパイロメータおよび周辺機器



図 6. 呼吸筋力センサー

測定方法

測定方法は、通気孔利用無、頬圧迫有の方法とし、頬圧迫をするために補助者を配置した。呼吸筋力センサーに設置されている通気孔を検者が塞ぐことによって気流量をゼロとし、測定管が完全に閉鎖された状態における測定とした。しかしながら、通気孔を塞ぐことによって、口腔内圧に影響を及ぼす声門閉鎖および頬筋関与による口腔内圧発生を予防することが困難となる。そのため、検者による事前の説明、測定時における検者の操作による開放音の確認、測定補助者が被験者の頬を歯に向かって押し付けることによって対応した（図7）。



図7. 呼吸筋力測定方法

検者1名、補助者1名による測定。検者は、通気孔を塞ぎ、呼吸努力の声掛けを実施した。補助者は、後方より被験者の頬を歯に向かって押し付けるようにして頬筋の関与を最小化した。

測定手順

測定姿勢は椅子における坐位姿勢とした。

測定は、検者 1 名（理学療法士，経験年数 10 年），補助者 1 名で実施した。検者はオリエンテーション，口頭指示，測定管閉鎖，測定後において表示される圧力がグラフィックモニターで安定した値が得られているのか確認することを実施した。また，測定時に被験者が声門を閉鎖していないかの確認は，測定中における吸気または呼気努力時において呼吸機能検査用フィルタとマウスピースを急に引き離す際の呼出および開放音によって判断した。頬筋の関与による口腔内圧発生を予防するためには，補助者は被験者の後方に位置し，検査時に後方から被験者の頬を歯に押し付けるようにして頬筋の関与を最小化する役割を担うと同時に口唇からの空気漏れを防いだ。検者および被験者に対する測定値の盲検化は，測定圧の読み取りを行う記録者を別に配置し，実施した。検者は，頬筋の影響を除くための力の入れ方と声門を閉鎖しないための事前の十分なオリエンテーションを被験者に対して実施した。その後，被験者は椅子座位でノーズクリップを装着し，マウスピースをくわえて口に保持した。検者はマウスピースの前に手を置くことで気流量および肺気量位の確認をした（図 8）。被検者はマウスピースをくわえたまま換気し，目標肺気量位に到達した際に呼吸を止める。目標測定肺気量位となった際，

検者は気流量がないことを確認し、被験者が挙手すると同時に通気孔を塞ぎながらマウスピースと圧センサーと接続している呼吸機能検査用フィルタを繋ぎ合わせることで測定管を閉鎖状態とした。そして、被験者に最大吸気努力または最大呼気努力を実施させた。その時に発生した口腔内圧を MIP, MEP として測定した。MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) の 4 つの測定項目において各 3 回測定した。測定には 30 秒以上の間隔を空けた。検者は、測定中に吸気または呼気努力は被験者が 3 秒以上努力を続けるように声掛けをした。測定記録圧は 1.5 秒以上持続し、測定後において表示される圧力がグラフィックモニターで棘波となっていない、安定して得られた最高値とした。なお、得られた圧の単位は cmH_2O であるため、国際単位系である kPa に単位変換を実施した。 $1\text{cmH}_2\text{O}$ は 0.0980638kPa として換算し、小数点第一位までの値を示すこととした。

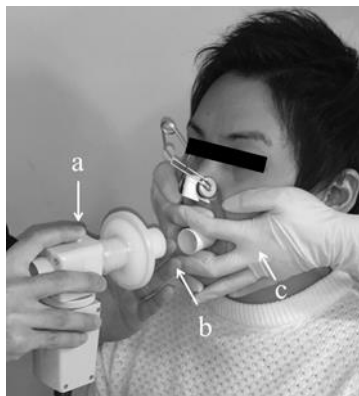


図 8. 通気孔を用いない測定における目標肺気量位設定の操作方法

- a. 検者は、通気孔を塞ぐ。
- b. 検者の手により、気流量および肺気量位の確認を行う。
- c. 補助者は被験者の頬を圧迫し、頬筋の関与による口腔内圧発生を予防するとともに口唇からの空気漏れを防止する。

事前オリエンテーション

事前のオリエンテーションは、測定肺気量位、努力方法、頬筋の関与度を最小化するために補助者が被験者の頬を圧迫すること、声門閉鎖に関して説明を実施した。

努力方法について、検者は、MIP (FRC) の場合、「楽に息をしてくだい。その後、息を吐いたところで息を止めて、手を挙げてくだい。その直後に測定機器を接続します。繋がりましたら最大限息を吸う努力を続けてくだい」とした。MEP (FRC) の場合は、「楽に息をしてくだい。その後、息を吐いたところで息を止めて、手を挙げてくだい。その直後に測定機器を接続します。繋がりましたら最大限息を吐く努力を続けてくだい」とした。MIP (RV) の場合は、「息を全て吐ききってくだい。もう吐けないというところになったら息を止めておき、手を挙げてくだい。その直後に測定機器を接続します。繋がりましたら最大限息を吸う努力を続けてくだい」とした。MEP (TLC) の場合は、「息を吸えるところまで吸ってくだい。もう吸えないというところになったら息を止めておき、手を挙げてくだい。その直後に測定機器を接続します。繋がりましたら最大限息を吐く努力を続けてくだい」とした。それぞれ3秒以上は努力を継続するように説明をした。

測定肺気量位について、検者は、被験者に対してスパイログラムを描

き、視覚で確認できるように提示しながら安静呼気位，安静吸気位，最大呼気位，最大吸気位を事前に説明した。

頬筋の関与を最小化するための説明は、「息を吸う努力をするときには喉に力を入れ，頬を上歯と下歯の間に向かって吸い込まないようにしてください。息を吐く努力をするときには頬を膨らませないようにしてください。頬を使わないように補助者が後ろから頬を歯に強く押し付けます」と説明した。

声門閉鎖予防については、「努力して息を吸ったり，吐いたりする際には，喉（喉頭部）に力を入れて閉めないようにしてください」と説明をした。

測定時の再測定，中止基準

測定において，中止し再測定する基準としては，吸気筋力測定の場合，頬が上歯と下歯の間に吸い込まれることとした。呼気筋力測定の場合は，頬が膨張する場合に測定が不適切であったと判断した。また，有害事象発生時には即中止とし，必要に応じた対応を実施することとした。

検討項目

呼吸筋力の同日内繰り返しの検者内再現性について，通気孔を用いない場合の再現性を全対象者および性別に検討した。3回測定における必要

な測定回数を検討するために、採用値には最大値を用いる方針とした。

統計学的処理

統計学的処理は、R2.8.1を使用した。有意水準は5%とした。

1) 全対象者の検討

絶対信頼性について Bland-Altman 分析 (Bland-Altman analysis: B-A A) を用いて検証した。1回目と2回目の測定値の間、1・2回目の最大値と3回目の測定値の間において B-A A を実施した。

2) 性別の検討

また、性差について、人数比は X^2 検定を実施した。また、基本属性、呼吸筋力の比較には Shapiro-Wilk 検定の正規性の検討によって正規分布を確認した後、levene 検定によって等分散性を確認し、2標本の t 検定、Mann-Whitney 検定または welch の t 検定を実施した。その後、絶対信頼性について、1回目と2回目の測定値の間、1・2回目の最大値と3回目の測定値の間において B-A A を実施した。

結果

1) 全対象者の検討

呼吸筋力の測定結果を表 1 に示す。B-A A の結果を表 2, 図 9~16 に Bland-Altman (B-A) plot を示す。各肺気量位における吸気・呼気筋力測

定において、1回目と2回目の測定値の間に系統誤差を認めなかった。1回測定における最小可検変化量の95%信頼区間(minimal detectable change 95% : MDC_{95})は、MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC)において、それぞれ2.4kPa, 2.0kPa, 2.8kPa, 3.1kPaであった。MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC)それぞれ、 MDC_{95} の値は1回目の平均値の30.7%, 22.9%, 36.8%, 29.8%であった。1・2回目の最大値と3回目の測定値の間には固定誤差を認めた。

表1 呼吸筋力

	1回目	2回目	3回目	1・2回目の最大値
MIP (FRC)	-7.8±3.2	-7.6±3.2	-7.8±3.2	-8.2±3.2
MEP (FRC)	7.6±4.0	7.9±3.9	7.9±4.1	8.3±4.1
MIP (RV)	-8.7±3.3	-8.8±3.2	-8.9±3.3	-9.2±3.3
MEP (TLC)	10.4±4.5	10.2±4.7	10.1±4.7	10.9±4.7

n=50, 平均値±標準偏差 (kPa)

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,

MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,

RV (Residual Volume): 残気量, TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表2 呼吸筋力測定におけるBland-Altman分析 (n=50)

測定項目	比較	固定誤差		比例誤差		LOA(kPa)	MDC ₉₅ (kPa)
		95%信頼区間	有無	直線の傾き	有無		
呼吸筋力 MIP (FRC)	A	-0.59 ~ 0.12	なし	0.002	p=0.967	なし	2.4
	B	-0.70 ~ -0.12	あり	0.008	p=0.858	なし	-1.0 ~ 1.9
MEP (FRC)	A	-0.66 ~ 0.15	なし	0.020	p=0.650	なし	2.8
	B	0.04 ~ 0.72	あり	-0.001	p=0.975	なし	-1.3 ~ 2.1
MIP (RV)	A	-0.25 ~ 0.32	なし	0.009	p=0.839	なし	2.0
	B	-0.54 ~ -0.05	あり	-0.007	p=0.833	なし	-1.5 ~ 0.9
MEP (TLC)	A	-0.32 ~ 0.59	なし	-0.040	p=0.408	なし	3.1
	B	0.30 ~ 1.34	あり	0.010	p=0.854	なし	-3.5 ~ 1.8

A: 1回目と2回目の測定値の比較, B: 1・2回目の最大値と3回目の測定値の比較

LOA (limits of agreement): 誤差の許容範囲,

MDC₉₅ (minimal detectable change 95%): 最小可検変化量の95%信頼区間,

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,

MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量,

TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

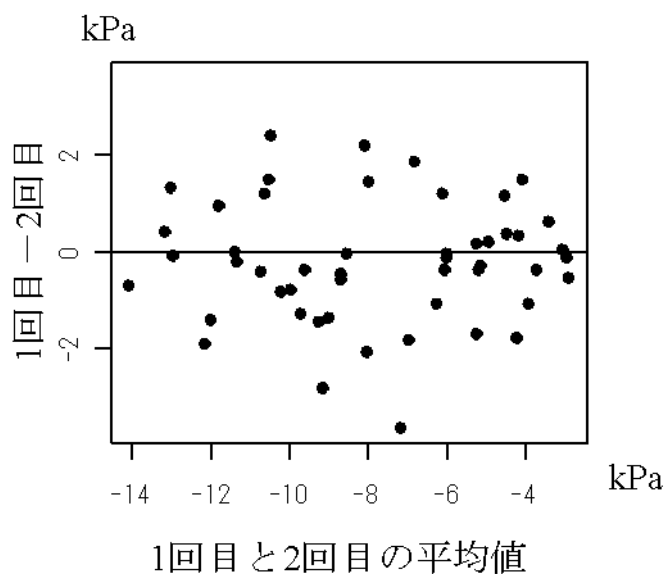


図9. MIP (FRC) 1回目と2回目のB-A plot (全対象者, n=50)

系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった。

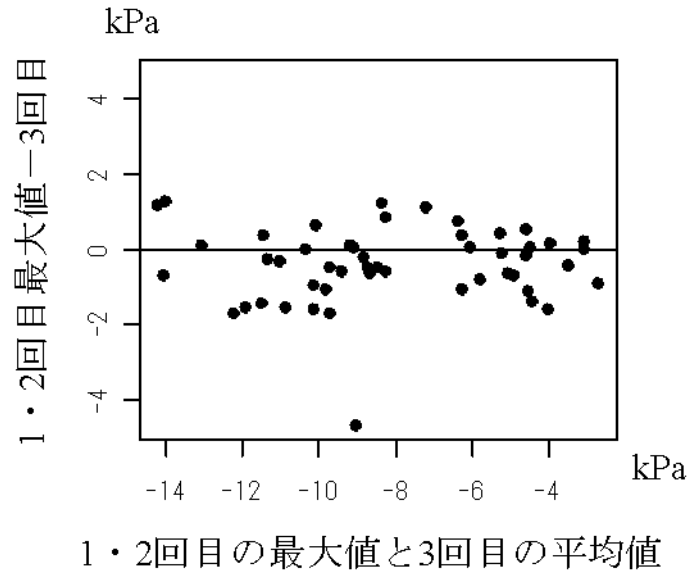


図 10. MIP (FRC) 1・2 回目最大値と 3 回目の B-A plot (全対象者, n=50)
 固定誤差を認め, 3 回目の値よりも 1・2 回目の最大値の方が大きかった.
 比例誤差を認めなかった.

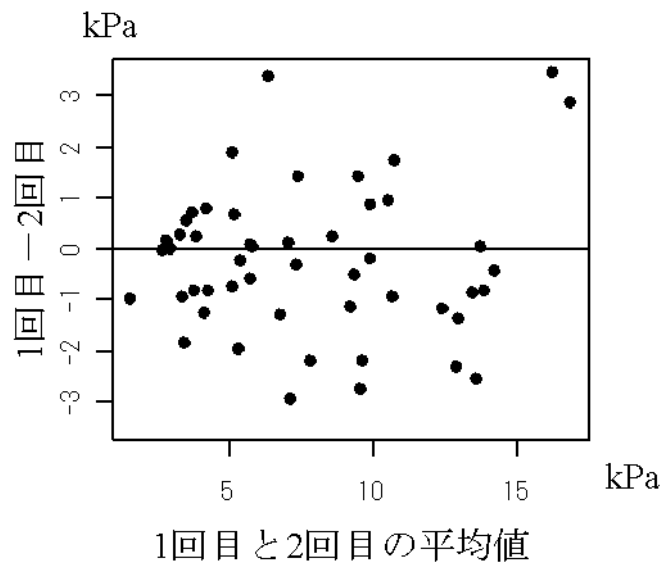


図 11. MEP (FRC) 1 回目と 2 回目の B-A plot (全対象者, n=50)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差) を認めなかった.

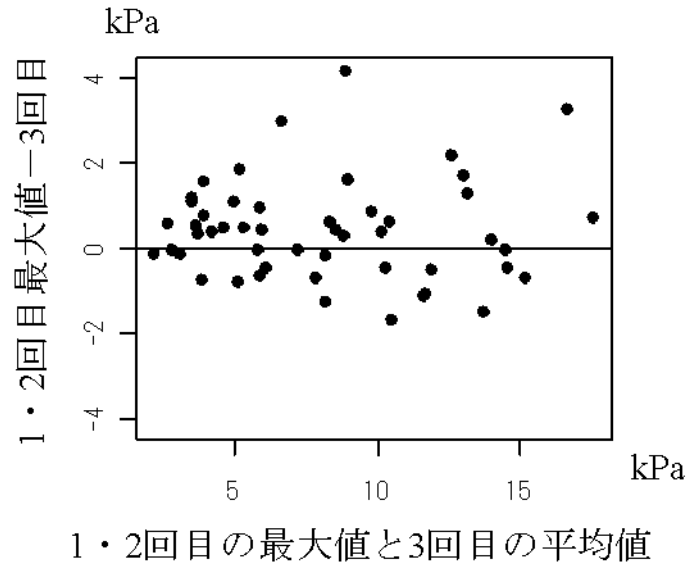


図 12. MEP (FRC) 1・2 回目最大値と 3 回目の B-A plot (全対象者, n=50)
 固定誤差を認め, 3 回目の値よりも 1・2 回目の最大値の方が大きかった.
 比例誤差を認めなかった.

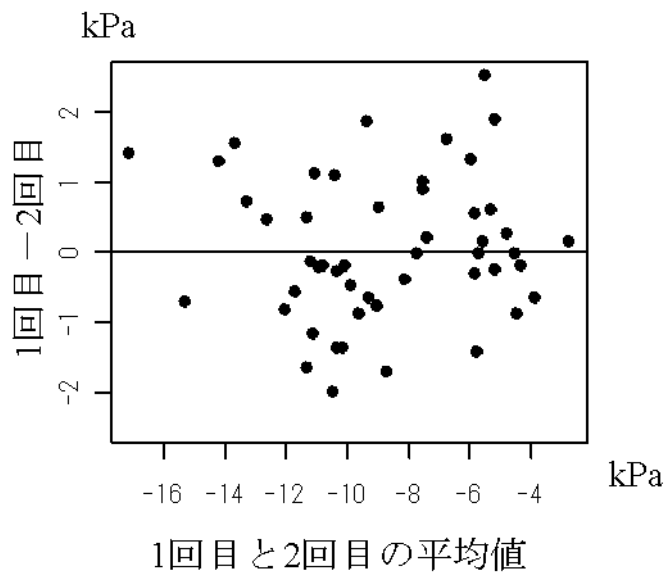


図 13. MIP (RV) 1 回目と 2 回目の B-A plot (全対象者, n=50)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった.

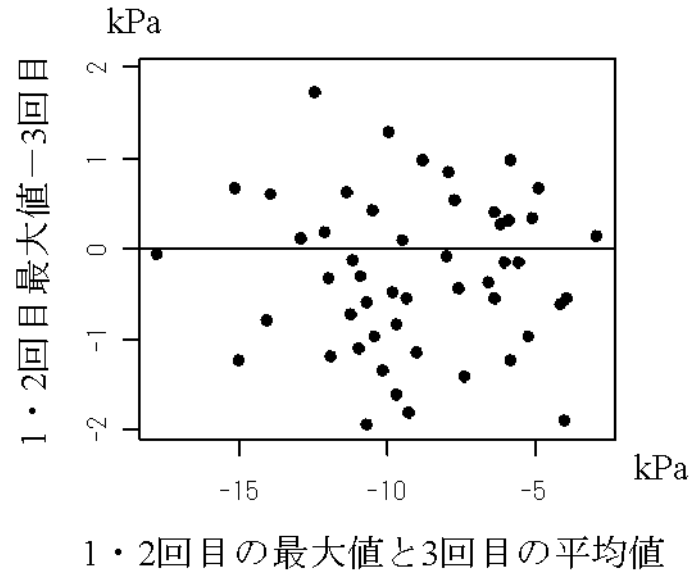


図 14. MIP (RV) 1・2 回目最大値と 3 回目の B-A plot (全対象者, n=50)
 固定誤差を認め、3 回目の値よりも 1・2 回目の最大値の方が大きかった。
 比例誤差を認めなかった。

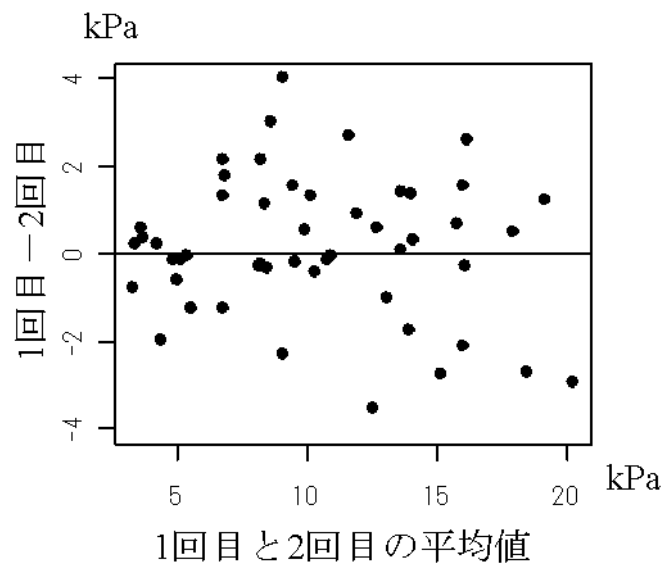


図 15. MEP (TLC) 1 回目と 2 回目の B-A plot (全対象者, n=50)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった。

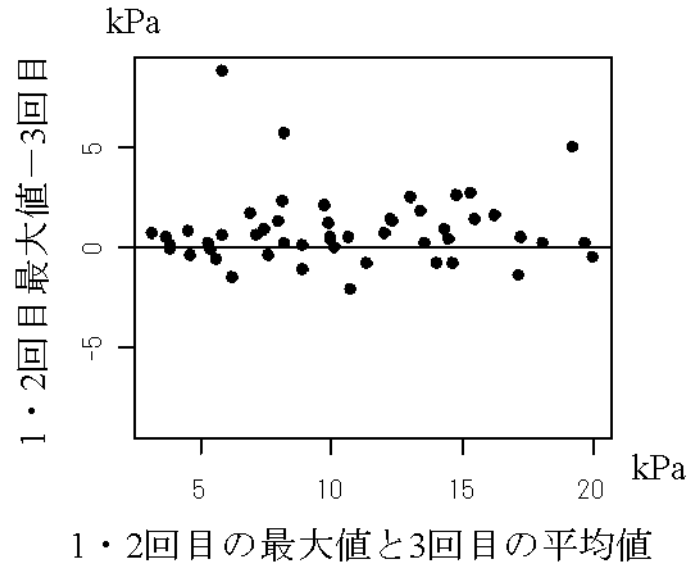


図 16. MEP (TLC) 1・2 回目最大値と 3 回目の B-A plot (全対象者, n=50)
 固定誤差を認め, 3 回目の値よりも 1・2 回目の最大値の方が大きかった.
 比例誤差を認めなかった.

2) 性別の検討

性別の呼吸筋力の結果を表 3 に示す. 身長および体重において有意な差を認め, 女性よりも男性の値が大きかった. 呼吸筋力は, MIP (FRC, RV) と MEP (FRC, TLC) の測定において有意な差を認め, 女性よりも男性の値が大きかった.

表3 最大口腔内圧法による呼吸筋力の性差

		男性	女性
人数	(名)	28	22
年齢	(歳)	20-22	20-22
身長	(cm)	171.5±4.8	158.4±4.3*
体重	(kg)	66.3±9.9	52.4±6.4*
MIP (FRC) (kPa)	1回目	-9.7±2.6	-5.4±2.1*
	2回目	-9.6±2.6	-5.1±1.8*
	3回目	-9.7±2.5	-5.4±2.1*
	1・2回目の最大値	-10.2±2.5	-5.7±2.0*
MEP (FRC) (kPa)	1回目	10.2±3.6	4.4±1.6*
	2回目	10.5±3.2	4.6±1.6*
	3回目	10.6±3.6	4.6±1.8*
	1・2回目の最大値	11.0±3.5	4.9±1.7*
MIP (RV) (kPa)	1回目	-10.6±2.7	-6.3±2.1*
	2回目	-10.5±2.9	-6.5±2.1*
	3回目	-10.7±2.8	-6.5±2.2*
	1・2回目の最大値	-11.0±2.8	-6.8±2.2*
MEP (TLC) (kPa)	1回目	13.0±3.6	7.0±3.1*
	2回目	12.9±4.1	6.8±3.1*
	3回目	12.8±3.8	6.6±3.1*
	1・2回目の最大値	13.7±3.8	7.4±3.2*

年齢: 範囲, 身長, 体重, 呼吸筋力: 平均値±標準偏差 (kPa), *: p<0.05
MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,
FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,
RV (Residual Volume): 残気量, TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

男性

B-A A の結果を表 4, 図 17~24 に Bland-Altman (B-A) plot を示す.

各肺気量位における吸気・呼気筋力測定において、1回目と2回目の測定値の間に系統誤差を認めなかった。1回測定における MDC₉₅ は、MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) において、それぞれ 2.5kPa, 2.0kPa, 3.1kPa, 3.6kPa であった。MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) それぞれ、MDC₉₅ の値は1回目の平均値の 25.7%, 18.6%, 30.3%, 27.6%であった。1・2回目の最大値と3回目の測定値の間には MIP (FRC), MEP (TLC) において固定誤差を認めた。MIP (RV), MEP (FRC) においては、系統誤差を認めず、MDC₉₅ はそれぞれ 1.7kPa, 2.8kPa であった。MIP (RV), MEP (FRC) それぞれ、MDC₉₅ の値は1・2回目の最大値の平均値の 15.4%, 25.4%であった。

表4 男性の呼吸筋力測定におけるBland-Altman分析 (n=28)

測定項目	比較	固定誤差		比例誤差		LOA (kPa)	MDC ₉₅ (kPa)
		95%信頼区間	有無	直線の傾き	有無		
呼吸筋力 MIP (FRC)	A	-0.63~0.36	なし	0.002 p=0.976	なし	-	2.5
	B	-0.98~0.03	あり	-0.014 p=0.879	なし	-2.0~1.0	-
MEP (FRC)	A	-0.98~0.27	なし	0.111 p=0.236	なし	-	3.1
	B	-0.12~1.01	なし	-0.025 p=0.760	なし	-	2.8
MIP (RV)	A	-0.50~0.30	なし	-0.056 p=0.443	なし	-	2.0
	B	-0.61~0.08	なし	0.015 p=0.812	なし	-	1.7
MEP (TLC)	A	-0.57~0.87	なし	-0.124 p=0.196	なし	-	3.6
	B	0.22~1.47	あり	-0.002 p=0.977	なし	-1.2~2.9	-

A: 1回目と2回目の測定値の比較, B: 1・2回目の最大値と3回目の測定値の比較

LOA (limits of agreement): 誤差の許容範囲,

MDC₉₅ (minimal detectable change 95%): 最小可検変化量の95%信頼区間,

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,

MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量,

TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

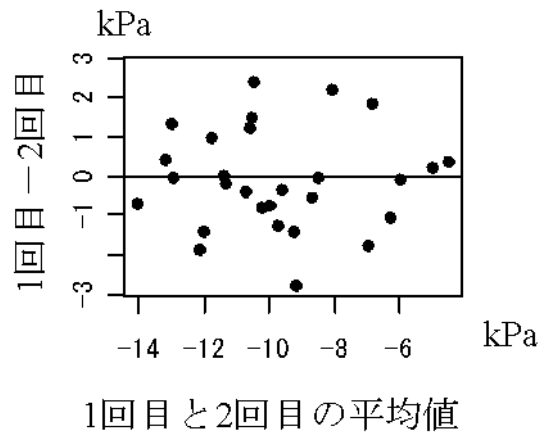


図 17. MIP (FRC) 1 回目と 2 回目の B-A plot (男性, n=28)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった.

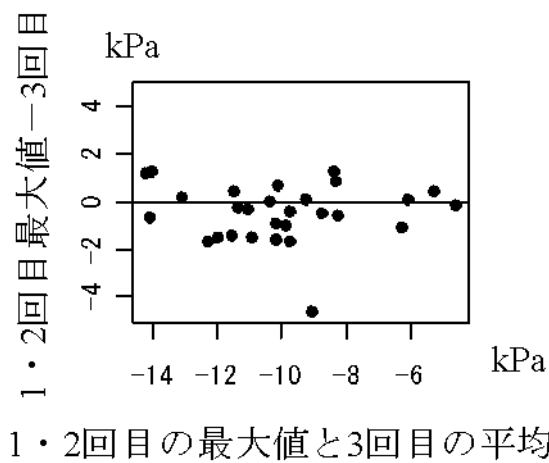


図 18. MIP (FRC) 1・2 回目最大値と 3 回目の B-A plot (男性, n=28)
 固定誤差を認め, 3 回目の値よりも 1・2 回目の最大値の方が大きかった.
 比例誤差を認めなかった.

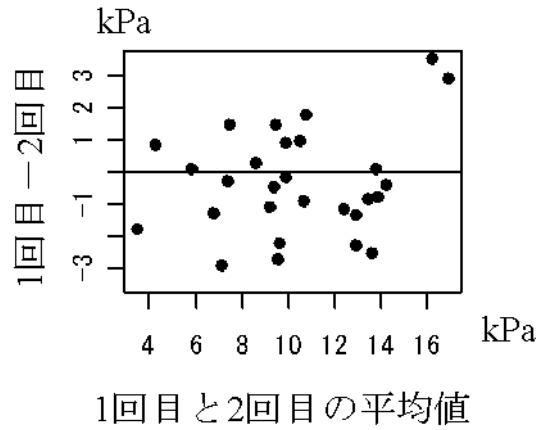


図 19. MEP (FRC) 1 回目と 2 回目の B-A plot (男性, n=28)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった.

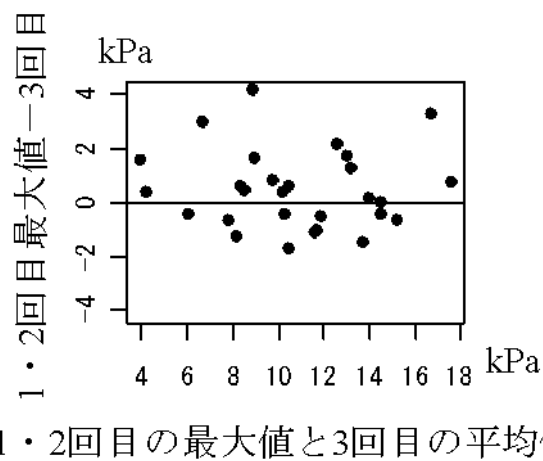


図 20. MEP (FRC) 1・2 回目最大値と 3 回目の B-A plot (男性, n=28)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった.

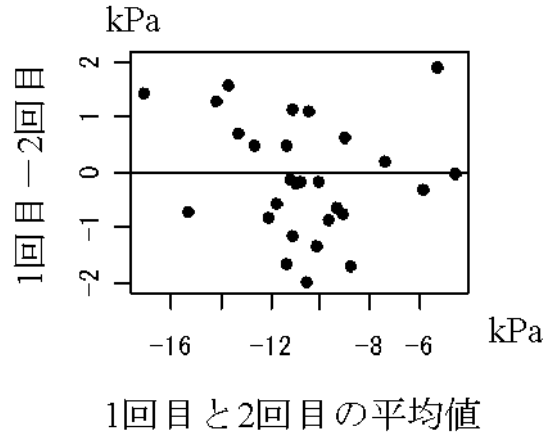


図 21. MIP (RV) 1 回目と 2 回目の B-A plot (男性, n=28)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった.

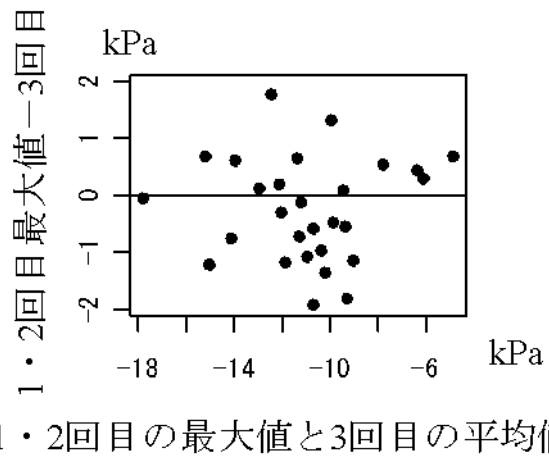


図 22. MIP (RV) 1・2 回目最大値と 3 回目の B-A plot (男性, n=28)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった.

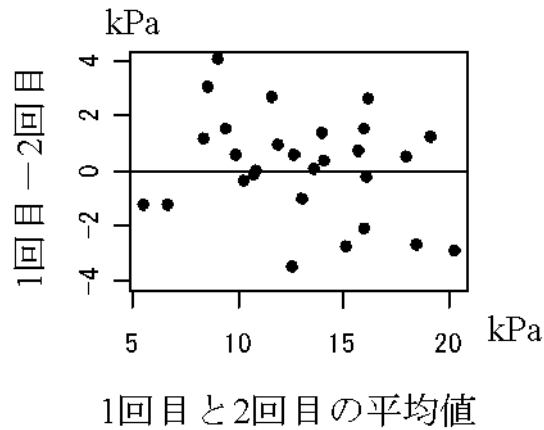


図 23. MEP (TLC) 1 回目と 2 回目の B-A plot (男性, n=28)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった.

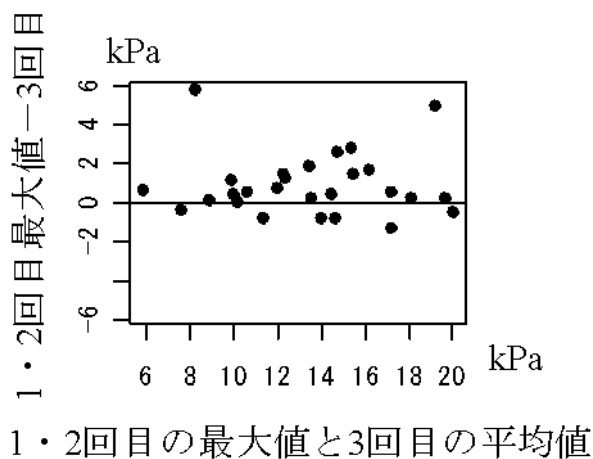


図 24. MEP (TLC) 1・2 回目最大値と 3 回目の B-A plot (男性, n=28)
 固定誤差を認め, 3 回目の値よりも 1・2 回目の最大値の方が大きかった.
 比例誤差を認めなかった.

女性

B-AA の結果を表 5, 図 25~32 に Bland-Altman (B-A) plot を示す.

各肺気量位における吸気・呼気筋力測定において, 1 回目と 2 回目の測

定値の間に系統誤差を認めなかった。1 回測定における MDC₉₅ は、MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) において、それぞれ 2.4kPa, 1.9kPa, 2.3kPa, 2.4kPa であった。MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) それぞれ、MDC₉₅ の値は1 回目の平均値の 44.4%, 30.1%, 52.2%, 34.2%であった。1・2 回目の最大値と 3 回目の測定値の間には、MEP (FRC) において固定誤差を認めた。MIP (FRC, RV), MEP (TLC) においては、系統誤差を認めなかった。MDC₉₅ の値はそれぞれ、1・2 回目の最大値の平均値の 22.8%, 22.0%, 55.4%であった。

表5 女性の呼吸筋力測定におけるBland-Altman分析 (n=22)

測定項目	比較	固定誤差		比例誤差		LOA (kPa)	MDC ₉₅ (kPa)
		95%信頼区間	有無	直線の傾き	有無		
呼吸筋力 MIP (FRC)	A	-0.91~0.18	なし	0.176 p=0.228	なし	-	2.4
	B	-0.59~-0.006	なし	-0.051 p=0.474	なし	-	1.3
MEP (FRC)	A	-0.65~0.41	なし	0.025 p=0.885	なし	-	2.3
	B	0.01~0.06	あり	-0.037 p=0.663	なし	-0.4~1.1	-
MIP (RV)	A	-0.23~0.65	なし	0.009 p=0.932	なし	-	1.9
	B	-0.33~-0.62	なし	-0.037 p=0.641	なし	-	1.5
MEP (TLC)	A	-0.42~0.66	なし	0.011 p=0.897	なし	-	2.4
	B	-0.15~1.74	なし	0.039 p=0.805	なし	-	4.1

A: 1回目と2回目の測定値の比較, B: 1・2回目の最大値と3回目の測定値の比較

LOA (limits of agreement): 誤差の許容範囲,

MDC₉₅ (minimal detectable change 95%): 最小可検変化量の95%信頼区間,

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,

MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量,

TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

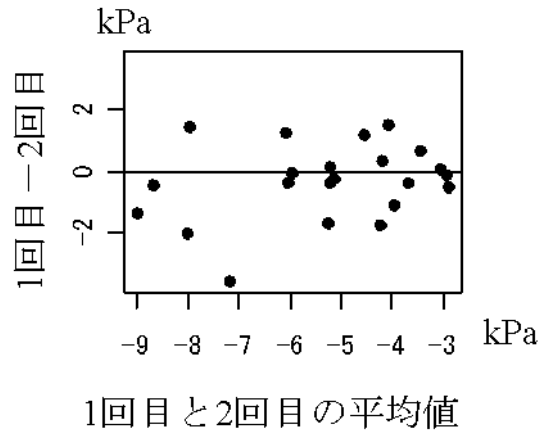


図 25. MIP (FRC) 1 回目と 2 回目の B-A plot (女性, n=22)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった.

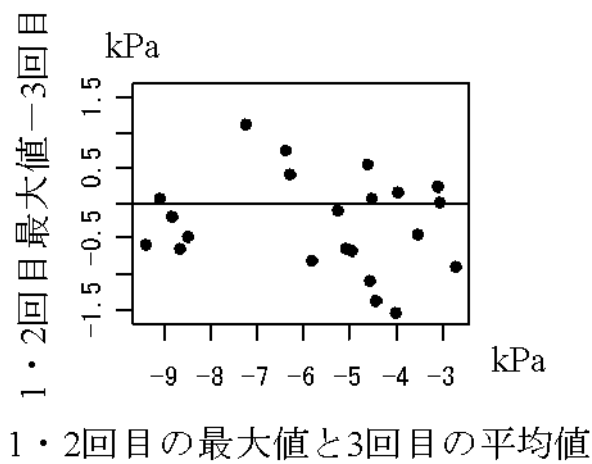


図 26. MIP (FRC) 1・2 回目最大値と 3 回目の B-A plot (女性, n=22)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった.

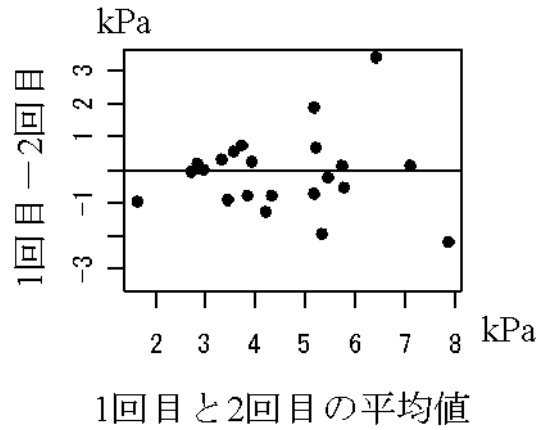


図 27. MEP (FRC) 1 回目と 2 回目の B-A plot (女性, n=22)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった.

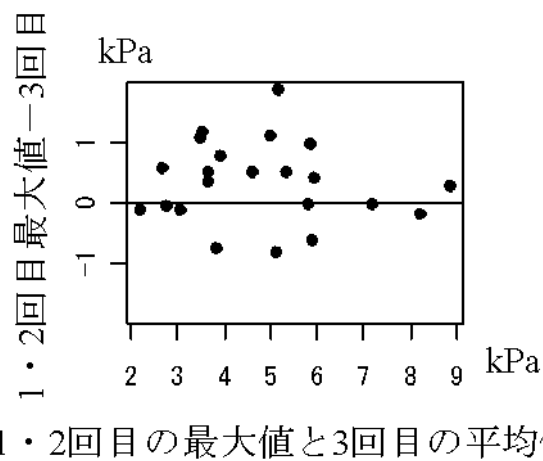


図 28. MEP (FRC) 1・2 回目最大値と 3 回目の B-A plot (女性, n=22)
 固定誤差を認め, 3 回目の値よりも 1・2 回目の最大値の方が大きかった.
 比例誤差を認めなかった.

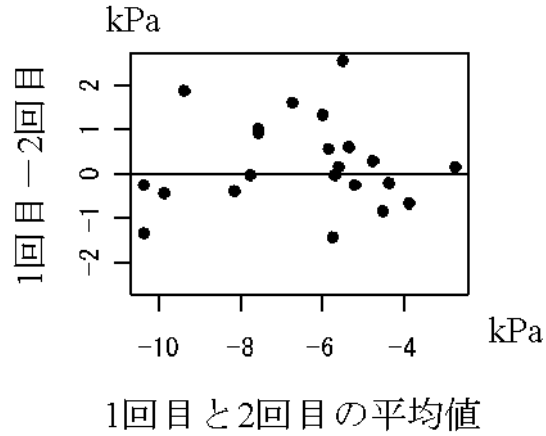


図 29. MIP (RV) 1 回目と 2 回目の B-A plot (女性, n=22)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった.

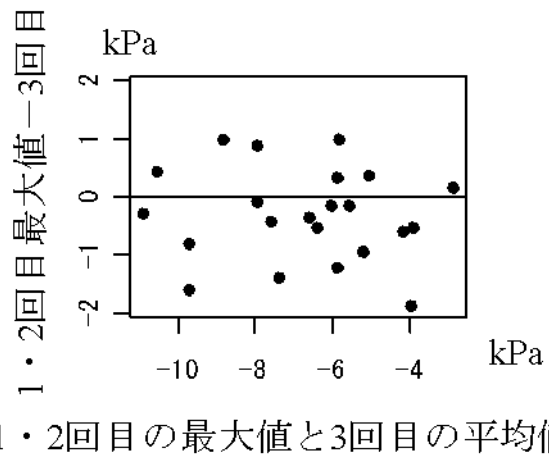


図 30. MIP (RV) 1・2 回目最大値と 3 回目の B-A plot (女性, n=22)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった.

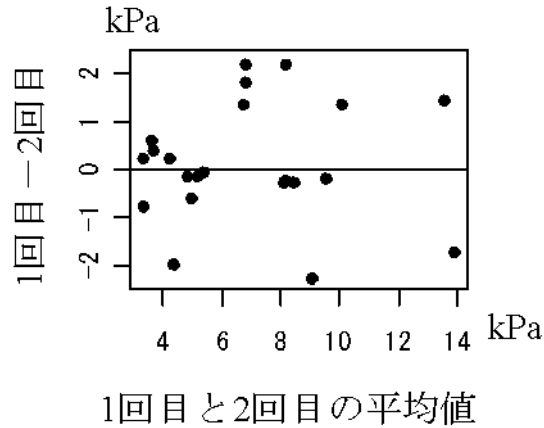


図 31. MEP (TLC) 1 回目と 2 回目の B-A plot (女性, n=22)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった.

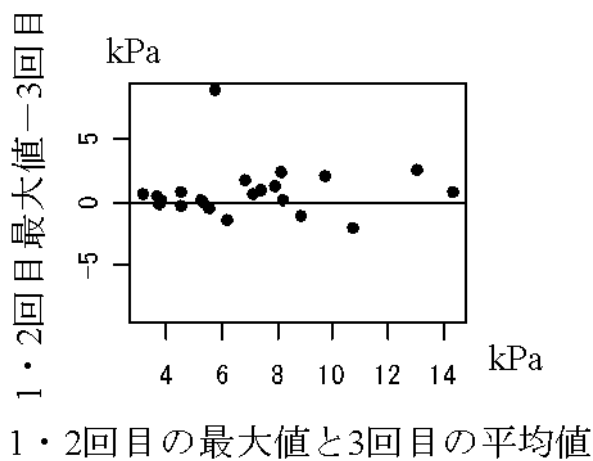


図 32. MEP (TLC) 1・2 回目最大値と 3 回目の B-A plot (女性, n=22)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった.

考察

本研究は、同日内繰り返しの検者内再現性について、通気孔を用いない呼吸筋力測定 の 3 回測定における絶対信頼性を検証し、測定回数および採用値を検討した。また、再現性は性差によって影響を受ける可能性

を有するため、呼吸筋力の性差を確認し、性別の検討をした。

呼吸筋力は、通気孔を塞ぎ、補助者が被験者の頬を歯に向かって押し付け、MIP (FRC, RV) および MEP (FRC, TLC) を測定した。呼吸筋力は、1 秒間の平均値よりも最高値の方が再現性は低いとされている¹¹⁾。再現性が低いとされる最高値において高い再現性が得ることが可能であれば、測定方法として、より再現性が高いものになると考え、最高値を用い検証をした。

1) 全対象者の検討

呼吸筋力測定の再現性については、5 回⁷⁸⁾や 18 回⁷⁹⁾の測定において検討されている。金子ら⁸⁵⁾は、最大吸気筋力を 20 回測定し、反復測定による最大吸気筋力増大には、横隔膜の筋活動増大だけでなく内腹斜筋の筋活動制御も関与している可能性を指摘している。そのため、複数回の測定によって各呼吸筋の参加動員が変化し、得られる呼吸筋力値は測定回数によって変化することが考えられた。一方、Wijkstra PJ ら¹⁸⁾は、最高値を採用した 10 回の吸気筋力測定における差はなかったことから、学習効果はなく、許容される測定であると報告している。本研究における全対象者の 3 回測定の結果においては、1 回目と 2 回目の測定値の間に系統誤差を認めなかった。MIP (FRC, RV)、MEP (FRC, TLC) それぞれ、MDC₉₅ の値は 1 回目の平均値の 30.7%、22.9%、36.8%、29.8% と大きな割

合を占め、偶然誤差による値が大きかった。1・2回目の最大値と3回目の測定値の間に固定誤差を認めた。この固定誤差は、呼吸筋力測定の経験のある同一検者による測定であるため、検者要因は小さく、被験者要因である学習効果や疲労が影響することが推測された。今回、採用値には最大値を用いることとし、3回測定における絶対信頼性を検証することによって測定回数について検討したが、測定回数内における最大値は測定回数が増える毎に大きくなることも考えられた。1・2回目の最大値と3回目の測定値の間に固定誤差を認め、1・2回目の最大値は3回目の測定値よりも大きかった。これより、誤差を考慮すると少なくとも2回の測定を実施し、最大値を採用値に用いることが考えられた。しかしながら、2回測定における最大値を採用した場合、誤差の許容範囲が大きいことから、治療やトレーニングの効果判定における参考値とすることには留意する必要がある。そのため、換気におけるメカニクスの変化が反映されているのか、呼吸筋力が運動耐容能や呼吸困難感等の他の要因に対して影響を及ぼしているのかを含めて、呼吸筋力測定における測定値の変化を解釈することが肝要であると考えられた。

2) 性別の検討

身長および体重において有意な差を認め、女性よりも男性の値が大きかったことより、体格に性差があると考えられた。性差について、通気

孔を用いた測定による MIP, MEP は, 女性に比して男性の方が大きいことが報告されている^{12,17-20)}. 本研究において, 呼吸筋力は, MIP (FRC, RV) と MEP (FRC, TLC) の測定において有意な差を認め, 女性よりも男性の値が大きかったことより, 先行研究同様に性差が存在すると考えられた. 性差が確認されたことより, 男女別に再現性の検討を実施した.

男性

各肺気量位における吸気・呼気筋力測定において, 1 回目と 2 回目の測定値の間に系統誤差を認めなかった. MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) それぞれ, MDC_{95} の値は 1 回目の平均値の 25.7%, 18.6%, 30.3%, 27.6% と大きな割合を占め, 偶然誤差による値が大きかった. MIP (FRC) と MEP (TLC) においては, 1・2 回目の最大値と 3 回目の測定値の間に固定誤差を認め, 1・2 回目の最大値の値が大きかった. また, MIP (RV), MEP (FRC) においては, 1 回目の 2 回目の測定値の間には系統誤差を認めず, 偶然誤差のみであったが, MDC_{95} は 1・2 回目の最大値の平均値の 15.4%, 25.4% であり, 大きいと考えられた. 1・2 回目の最大値と 3 回目の測定値の間には, 1・2 回目の最大値が大きい項目もあり, MDC_{95} は 1・2 回目の最大値を採用することの方が 1 回目と 2 回目の測定値間の検討における値よりも小さいことから, 測定回数は少なくとも 2 回実施し, 最大値を採用値とすることが考えられた. しかしながら, 系統誤差はなく

とも、 MDC_{95} が大きいことが考えられるため、測定回数や採用値については3回以上の繰り返し測定におけるさらなる検討が必要と考えられた。

女性

各肺気量位における吸気・呼気筋力測定において、1回目と2回目の測定値の間に系統誤差を認めなかった。MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) それぞれ、 MDC_{95} の値は1回目の平均値の44.4%, 30.1%, 52.2%, 34.2% と大きな割合を占め、偶然誤差による値が大きかった。1・2回目の最大値と3回目の測定値の間には、MEP (FRC) において固定誤差を認め、1・2回目の最大値の値が大きかった。また、MIP (FRC, RV), MEP (TLC) においては、系統誤差を認めず、 MDC_{95} はそれぞれ、1・2回目の最大値の平均値の22.8%, 22.0%, 55.4%であり、大きいと考えられた。

これらより、男性同様、女性においても、1回目の2回目の測定値の間には系統誤差を認めず、偶然誤差のみであったが、 MDC_{95} は大きいことから、経時的測定を実施した際の解釈には留意する必要があると考えられた。

結論

本研究は、同日内繰り返しの検者内再現性について、通気孔を用いない場合の呼吸筋力の再現性を検証し、記録圧を最高値とした採用値につ

いて検討した。全対象者および性別の検討において、3回測定において、1回目と2回目の測定値の間に系統誤差を認めず、 MDC_{95} は平均値の18.6~55.4%と大きかった。また、1・2回目の最大値と3回目の測定値の間に固定誤差を認めたより、誤差を考慮すると、採用値は、少なくとも2回の測定を実施し、最大値を採用することが考えられた。以上より、通気孔を用いない測定は1回目と2回目の間において系統誤差を認めないが、偶然誤差が大きいことより、安定した値を得るためには繰り返し測定が必要と考えられた。

限界と課題

本研究は、呼吸筋力測定における検者内の絶対信頼性を検証し、採用値について検討した。採用値には、少ない回数で変動が少ない最大値が適している。本研究結果は、測定回数が3回における検討に留まっていることが限界として挙げられる。また、呼吸筋力は性差があることが示唆されたが、繰り返し測定による再現性は男性と異なる点があったため、対象者数を増やし検討していくことが必要と考えられた。4回以上の複数回における呼吸筋力や筋活動の変化、測定にかかる時間、時間帯による変化をみるための同日内または別日における再現性、検者間再現性や高齢者および有疾患者を対象とした検討を要し、今後の課題となる。

II-2. 検者内および検者間再現性

同日内におけるセッション内・セッション間再現性

日を改めたセッション間再現性

はじめに

II-1 において最大口腔内圧法による呼吸筋力測定の検者内再現性について検証し、安定した値が得られることが示唆された。測定回数は、偶然誤差を考慮すると少なくとも 2 回の測定を実施し、採用値は最大値とすることが考えられた。同日内および同一時間帯におけるセッション内の検者内再現性について検討したが、時間帯の異なる同日内再現性や日を改めた再現性は明らかとなっていない。そのため、検者内再現性について、相対的信頼性を用いて再度検証するとともに、検者間再現性についても検討をすることとした。

目的

呼吸筋力測定について、同日内または日を改めた検者内または検者間の再現性を検証し、日内変動や日間変動について検討することである。

方法

対象

対象は、若年健常成人である大学生 10 名（男性 5 名，女性 5 名．年齢，

身長（平均値±標準偏差）、体重（平均値±標準偏差）の順に 21-22 歳，
168.9±9.5cm，64.8±15.8kg，男性：21-22 歳，176.0±7.5cm，76.8±13.4kg，
女性：21-22 歳，161.8±4.7cm，52.7±4.3kg）である．喫煙歴のない大学 4
年生とした．

測定機器，測定項目，実験プロトコール

測定機器，測定項目，測定方法は II-1 と同様とした．MIP（FRC，RV），
MEP（FRC，TLC）において各 2 回測定した．

本研究における検者は 2 グループ（A，B）配置した．A グループは検
者 1 名（理学療法士，経験年数 11 年），補助者 1 名（PTS：理学療法学科
学生 4 年生），B グループは検者 1 名と補助者 1 名ともに PTS であった．
B グループの検者と補助者は，経験を有する理学療法士による方法の説
明と実施を受けた後に，測定を行った．また，検者および被験者とは別
に測定圧の読み取りのための記録者を配置し，盲検化した．得られた圧
の単位は cmH_2O であるため，国際単位系である kPa に単位変換を実施し
た． $1\text{cmH}_2\text{O}$ は 0.0980638kPa として換算しし，小数点第一位までの値を
示すこととした．

測定は午前 10 時からと午後 2 時からの 2 セッションとし，2，7，21，
30 日後に再度測定した．初日，2 および 7，30 日後は午前に A，午後には B
が測定を実施した．21 日後の測定は，午前午後とも A が測定を実施した．

プロトコールを図 33 に示す。

測定	日を改めた再現性				
	初日	2日目	7日目	21日目	30日目
同日内 2セッション の再現性	AM(10時～) A	A	A	A	A
	PM(14時～) B	B	B	A	B

図 33. 呼吸筋力測定における再現性実験のプロトコール

1セッションは、MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC)において、各2回測定(計8回) 実施した。

検者 B における測定方法の学習および練習内容

測定開始前における検者 B グループの学習および練習内容は、測定肺気量位、手を用いた気流量および肺気量位確認、閉鎖回路とするタイミングや被験者への声掛け、開放音の確認とした。また、補助者には、頬筋が大きく関与した際の吸気または呼気努力時の頬の動きを指導し、補助者が被験者の口唇から空気が漏れないようにするとともに頬を歯に向かって押し付ける練習を実施した。そして、被験者として経験することによってより理解を深め、測定精度を高めることに繋げた。

検討項目

呼吸筋力の同日内におけるセッション内再現性（検者内）、同日内セッション間再現性（検者内、検者間）、日を改めた同一時間帯の再現性（検

者内，検者間) について全対象者，性別に検討した。

統計学的処理

統計学的処理は，R2.8.1 を使用した。再現性について，級内相関係数（ICC: Intraclass Correlation Coefficient）の検者内信頼性（Intra-rater reliability）ICC（1，1）および検者間信頼性（Inter-rater reliability）ICC（3，1）および ICC（2，1）を検討した。検討項目を以下に示す。

1) 全対象者の検討

a. 同日内におけるセッション内再現性（検者内）

同日内におけるセッション内再現性については，1 回目と 2 回目の値を採用した。

b. 同日内セッション間再現性（検者内，検者間）

同日内におけるセッション間再現性については午前 2 回，午後 2 回の合計 4 回の測定値を採用した。

c. 日を改めた同一時間帯の再現性（検者内，検者間）

日を改めた際の同一時間帯における再現性については，検者内において A は 1，2，7，21 日目における 1 日 2 回の合計 8 回分の測定値を，B は 1，2，7 日目における 1 日 2 回の合計 6 回分の測定値を採用して検討

した。検者間においては，1日目と21日目の午後の4回分の測定値を採用して検討した。また，Aの1日目と21日目の午前の4回分の測定値を採用して比較検討した。

2) 性別の検討

全対象者の検討と同様の手順で性別に再現性の検討を実施した。

- a. 性別の同日内におけるセッション内再現性（検者内）
- b. 性別の同日内セッション間再現性（検者内，検者間）
- c. 性別の日を改めた同一時間帯の再現性（検者内，検者間）

結果

全対象者における呼吸筋力について，検者 A による測定結果を表 6，検者 B による測定結果を表 7，検者 A および B における 2 回測定の最大値の結果を表 8 に示す。30 日目の参加人数は，被験者 1 名が体調不良によって欠席し，参加者は 9 名であった。

表6 呼吸筋力 (検者Aによる測定結果)

測定日	1日目		2日目		7日目	
時間帯	AM		AM		AM	
測定回数	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
MIP (FRC)	-8.2±2.1	-7.8±2.7	-8.0±2.8	-8.4±2.6	-9.1±2.9	-8.8±3.9
MEP (FRC)	9.7±5.3	9.4±4.2	10.6±3.6	10.1±3.9	11.3±3.9	10.8±3.6
MIP (RV)	-9.1±2.1	-9.1±1.9	-9.9±2.5	-9.8±3.1	-10.7±3.0	-10.9±3.4
MEP (TLC)	11.0±4.0	12.0±4.6	11.8±4.5	12.1±4.2	13.8±5.0	13.9±5.3

測定日	21日目		30日目	
時間帯	AM		PM	
測定回数	1回目	2回目	1回目	2回目
MIP (FRC)	-10.2±2.8	-9.8±2.8	-10.0±2.6	-9.6±2.8
MEP (FRC)	11.9±4.4	11.7±4.8	12.8±4.8	12.9±4.8
MIP (RV)	-11.7±2.4	-11.1±2.3	-11.5±3.9	-11.5±3.4
MEP (TLC)	14.5±5.1	15.0±5.3	14.3±5.6	14.5±4.8

1,2,7,21日目: n=10, 30日目: n=9, 平均値±標準偏差 (kPa)

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,

MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量,

TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表7 呼吸筋力 (検者Bによる測定結果)

測定日	1日目		2日目		7日目		30日目	
時間帯	PM		PM		PM		PM	
測定回数	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
MIP (FRC)	-8.1±2.5	-8.9±2.2	-9.2±2.7	-8.5±1.9	-10.0±2.1	-10.0±1.9	-9.8±3.0	-10.1±2.4
MEP (FRC)	9.0±3.5	8.8±3.5	11.4±4.4	11.5±4.2	12.0±4.3	11.5±3.5	11.7±4.7	12.5±4.6
MIP (RV)	-9.4±2.3	-9.8±2.0	-10.6±3.2	-10.4±3.2	-11.6±3.1	-11.8±3.3	-12.2±2.7	-12.2±3.1
MEP (TLC)	11.6±4.6	10.3±3.5	13.0±4.7	12.9±5.3	14.4±5.2	15.5±5.3	15.3±5.0	15.9±5.0

1,2,7日目: n=10, 30日目: n=9, 平均値±標準偏差 (kPa)

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧, MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量, TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表8 呼吸筋力 (1・2回目の最大値)

検者A						
測定日	1日目	2日目	7日目	21日目		30日目
時間帯	AM	AM	AM	AM	PM	AM
MIP (FRC)	-8.5±2.5	-8.8±2.5	-10.6±1.9	-10.4±2.8	-10.1±2.7	-10.4±2.4
MEP (FRC)	10.3±5.1	10.9±3.7	12.5±4.0	12.3±5.0	13.2±4.7	13.5±4.5
MIP (RV)	-9.4±2.0	-10.2±2.7	-12.3±3.2	-11.8±2.3	-11.9±3.5	-12.0±3.6
MEP (TLC)	12.0±4.6	12.3±4.2	15.7±5.4	15.3±5.5	15.2±5.4	16.0±5.3

検者B						
測定日	1日目	2日目	7日目	21日目		30日目
時間帯	PM	PM	PM	AM	PM	PM
MIP (FRC)	-9.0±2.3	-9.4±2.5	-10.6±1.9	-	-	-10.4±2.7
MEP (FRC)	9.3±3.3	12.1±4.3	12.5±4.0	-	-	12.5±4.6
MIP (RV)	-10.0±2.1	-11.0±3.6	-12.3±3.2	-	-	-12.7±2.7
MEP (TLC)	11.9±4.6	13.9±5.4	15.7±5.4	-	-	16.1±5.0

1,2,7,21日目:n=10, 30日目:n=9, 平均値±標準偏差 (kPa)

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,

MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量,

TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

1) 全対象者の検討

a. 同日内におけるセッション内再現性 (検者内)

同日内におけるセッション内再現性の結果を表9に示す。ICC (1, 1) は、AのMIP (FRC) が0.808~0.933, MEP (FRC) が0.902~0.974, MIP (RV) が0.881~0.994, MEP (TLC) が0.933~0.989であった。一方、Bは、MIP (FRC) が0.805~0.904, MEP (FRC) が0.903~0.967, MIP (RV) が0.825~0.937, MEP (TLC) が0.589~0.966であった。

表9 2回測定におけるセッション内検者内信頼性

測定日	測定時間帯		検者A		測定時間帯	検者B	
			ICC(1,1) (95%CI)	SEM (kPa)		ICC(1,1) (95%CI)	SEM (kPa)
1日目 (n=10)	AM	MIP (FRC)	0.856 (0.548~0.961)	0.9	PM	0.866 (0.574~0.964)	0.7
		MEP (FRC)	0.902 (0.674~0.974)	1.5		0.952 (0.832~0.987)	0.7
		MIP (RV)	0.926 (0.747~0.981)	0.5		0.825 (0.470~0.953)	0.9
		MEP (TLC)	0.938 (0.786~0.984)	0.9		0.589 (0.011~0.877)	2.6
2日目 (n=10)	AM	MIP (FRC)	0.890 (0.641~0.971)	0.9	PM	0.819 (0.453~0.951)	0.9
		MEP (FRC)	0.936 (0.780~0.983)	0.9		0.931 (0.762~0.982)	1.2
		MIP (RV)	0.944 (0.804~0.985)	0.7		0.926 (0.747~0.980)	0.9
		MEP (TLC)	0.977 (0.918~0.994)	0.6		0.878 (0.608~0.967)	1.8
7日目 (n=10)	AM	MIP (FRC)	0.918 (0.724~0.978)	0.9	PM	0.805 (0.421~0.947)	0.9
		MEP (FRC)	0.910 (0.698~0.976)	1.1		0.903 (0.679~0.974)	1.2
		MIP (RV)	0.940 (0.791~0.984)	0.8		0.900 (0.668~0.973)	1.0
		MEP (TLC)	0.989 (0.960~0.997)	0.5		0.918 (0.722~0.978)	1.4
21日目 (n=10)	AM	MIP (FRC)	0.933 (0.768~0.982)	0.7	-	-	
		MEP (FRC)	0.939 (0.788~0.984)	1.1	-	-	
		MIP (RV)	0.928 (0.754~0.981)	0.5	-	-	
		MEP (TLC)	0.948 (0.819~0.986)	1.2	-	-	
	PM	MIP (FRC)	0.956 (0.846~0.988)	0.5	-	-	
		MEP (FRC)	0.983 (0.938~0.995)	0.6	-	-	
		MIP (RV)	0.950 (0.825~0.987)	0.8	-	-	
		MEP (TLC)	0.916 (0.717~0.978)	1.5	-	-	
30日目 (n=9)	AM	MIP (FRC)	0.808 (0.394~0.952)	1.1	PM	0.904 (0.659~0.977)	0.8
		MEP (FRC)	0.974 (0.897~0.993)	0.8		0.967 (0.872~0.992)	0.6
		MIP (RV)	0.881 (0.588~0.971)	1.0		0.937 (0.767~0.985)	0.7
		MEP (TLC)	0.933 (0.752~0.984)	1.4		0.966 (0.868~0.992)	0.9

ICC (1, 1) (Intra-rater reliability): 検者内信頼性, 95%CI (confidence interval 95%): 95%信頼区間,
SEM (standard error of mean): 標本平均の標準誤差, MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧, FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,
RV (Residual Volume): 残気量, TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

b. 同日内セッション間再現性 (検者内, 検者間)

同日内におけるセッション間再現性の結果を表 10 に示す. 21 日目の午前と午後のセッション間における検者内信頼性 ICC (1, 1) は, 各測定において 0.821 以上であった. 検者間信頼性である ICC (2, 1) は MIP (FRC) が 0.628~0.876, MEP (FRC) が 0.824~0.958, MIP (RV) が 0.792~0.850, MEP (TLC) が 0.806~0.941 であった. ICC (3, 1) は, MIP (FRC)

が 0.642~0.870, MEP (FRC) が 0.816~0.971, MIP (RV) が 0.795~0.873, MEP (TLC) が 0.815~0.938 であった。

表10 同日内におけるセッション間再現性 (検者内, 検者間信頼性)

		ICC(1,1) (95%CI)	ICC(2,1) (95%CI)	ICC(3,1) (95%CI)	SEM (kPa)
1日目 (n=10)	MIP (FRC)	-	0.777 (0.547~0.928)	0.788 (0.557~0.933)	1.1
	MEP (FRC)	-	0.824 (0.622~0.945)	0.816 (0.605~0.943)	1.8
	MIP (RV)	-	0.792 (0.571~0.934)	0.795 (0.569~0.935)	0.9
	MEP (TLC)	-	0.806 (0.594~0.939)	0.815 (0.604~0.942)	1.8
2日目 (n=10)	MIP (FRC)	-	0.843 (0.654~0.952)	0.862 (0.689~0.958)	0.9
	MEP (FRC)	-	0.892 (0.748~0.968)	0.907 (0.780~0.972)	1.2
	MIP (RV)	-	0.839 (0.653~0.950)	0.838 (0.645~0.950)	1.2
	MEP (TLC)	-	0.898 (0.766~0.969)	0.904 (0.775~0.971)	1.4
7日目 (n=10)	MIP (FRC)	-	0.628 (0.338~0.869)	0.642 (0.345~0.876)	1.5
	MEP (FRC)	-	0.888 (0.744~0.966)	0.894 (0.753~0.968)	1.2
	MIP (RV)	-	0.795 (0.576~0.935)	0.802 (0.580~0.938)	1.4
	MEP (TLC)	-	0.911 (0.787~0.974)	0.923 (0.816~0.977)	1.4
21日目 (n=10)	MIP (FRC)	0.888 (0.746~0.966)	-	-	0.9
	MEP (FRC)	0.930 (0.834~0.979)	-	-	1.1
	MIP (RV)	0.821 (0.620~0.944)	-	-	1.3
	MEP (TLC)	0.921 (0.814~0.976)	-	-	1.5
30日目 (n=9)	MIP (FRC)	-	0.876 (0.709~0.966)	0.870 (0.649~0.964)	0.9
	MEP (FRC)	-	0.958 (0.874~0.989)	0.971 (0.924~0.992)	0.7
	MIP (RV)	-	0.850 (0.652~0.958)	0.873 (0.699~0.965)	1.1
	MEP (TLC)	-	0.941 (0.851~0.984)	0.938 (0.841~0.983)	1.3

ICC (1, 1) (Intra-rater reliability): 検者内信頼性,

ICC (2, 1), ICC (3, 1) (Inter-rater reliability): 検者間信頼性,

95%CI (Confidence interval 95%): 95%信頼区間,

SEM (standard error of mean): 標本平均の標準誤差,

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,

MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量,

TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

c. 日を改めた同一時間帯の再現性（検者内，検者間）

日を改めた際の同一時間帯におけるセッション間再現性（検者内・検者間）の結果を表 11～14 に示す． A は ICC (1, 1) が 0.678～0.831 であった（表 11）． B は， ICC (1, 1) が 0.535～0.729 であった（表 12）． 1 日目と 21 日目の午後の検者間信頼性の ICC (2, 1) は 0.531～0.606 であり， ICC (3, 1) は 0.579～0.764 であった（表 13）． また， 1 日目と 21 日目の午前の検者内信頼性 ICC (1, 1) は 0.560～0.822 であった（表 14）．

表11 日を改めた同一時間帯における検者内信頼性 (検者A)

	ICC(1,1) (95% CI)	SEM (kPa)
MIP (FRC)	0.779 (0.593~0.925)	1.1
MEP (FRC)	0.831 (0.674~0.945)	1.6
MIP (RV)	0.678 (0.457~0.882)	1.3
MEP (TLC)	0.822 (0.660~0.941)	1.5

1,2,7,21日目の午前における（計8回の測定値）再現性，n=10
ICC (1, 1) (Intra-rater reliability): 検者内信頼性，
95% CI (confidence interval 95%): 95%信頼区間，
SEM (standard error of mean): 標本平均の標準誤差，
MIP (Maximum Inspiratory Pressure):最大吸気圧，
MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧，
FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量，
RV (Residual Volume): 残気量，
TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表12 日を改めた同一時間帯における検者内信頼性 (検者B)

	ICC(1,1) (95%CI)	SEM(kPa)
MIP (FRC)	0.535 (0.279~0.815)	1.4
MEP (FRC)	0.729 (0.509~0.907)	1.7
MIP (RV)	0.587 (0.334~0.842)	1.7
MEP (TLC)	0.682 (0.446~0.887)	2.3

1,2,7日目の午後における (計6回の測定値) 再現性, n=10
 ICC (1, 1) (Intra-rater reliability): 検者内信頼性,
 95%CI (confidence interval 95%): 95%信頼区間,
 SEM (standard error of mean): 標本平均の標準誤差,
 MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
 MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,
 FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,
 RV (Residual Volume): 残気量,
 TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表13 日を改めた同一時間帯における検者間信頼性

	ICC(2,1) (95%CI)	ICC(3,1) (95%CI)	SEM (kPa)
MIP (FRC)	0.582 (0.284~0.847)	0.618 (0.315~0.865)	1.6
MEP (FRC)	0.606 (0.238~0.866)	0.764 (0.519~0.924)	2.0
MIP (RV)	0.531 (0.229~0.821)	0.579 (0.269~0.848)	1.9
MEP (TLC)	0.563 (0.248~0.839)	0.654 (0.360~0.881)	2.7

1日目と21日目の午後 (計4回の測定値) の再現性, n=10
 ICC (2, 1), ICC (3, 1) (Inter-rater reliability): 検者間信頼性,
 95%CI (Confidence interval 95%): 95%信頼区間,
 SEM (standard error of mean): 標本平均の標準誤差,
 MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
 MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,
 FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,
 RV (Residual Volume): 残気量,
 TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表14 日を改めた同一時間帯における検者内再現性 (検者A)

	ICC(1,1) (95%CI)	SEM(kPa)
MIP (FRC)	0.676 (0.397~0.889)	1.1
MEP (FRC)	0.822 (0.621~0.944)	1.6
MIP (RV)	0.560 (0.255~0.838)	1.0
MEP (TLC)	0.732 (0.476~0.912)	1.8

1日目と21日目の午前 (計4回の測定値) の再現性, n=10

ICC (1, 1) (Intra-rater reliability): 検者内信頼性,
 95%CI (confidence interval 95%): 95%信頼区間,
 SEM (standard error of mean): 標本平均の標準誤差,
 MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
 MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,
 FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,
 RV (Residual Volume): 残気量,
 TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

2) 性別の検討

性別による呼吸筋力について、検者 A による男性の結果を表 15、女性の結果を表 16 に示す。検者 B による男性の結果を表 17、女性の結果を表 18 に示す。検者 A および B における 2 回測定の最大値の男性の結果を表 19、女性の結果を表 20 に示す。

表15 男性の呼吸筋力 (検者Aによる測定結果)

測定日 時間帯	1日目		2日目		7日目	
	AM		AM		AM	
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
MIP (FRC)	-8.9±1.1	-9.2±2.2	-8.8±2.7	-9.3±2.9	-10.0±2.8	-9.5±3.5
MEP (FRC)	13.8±3.9	12.4±6.4	13.2±2.7	12.9±3.1	13.7±2.1	12.5±3.0
MIP (RV)	-10.0±1.1	-9.9±1.7	-10.8±2.7	-10.9±2.9	-11.4±1.8	-11.52±2.2
MEP (TLC)	13.7±3.0	15.1±3.8	14.7±5.2	14.4±3.5	16.5±4.0	17.4±3.9

測定日 時間帯	21日目				30日目	
	AM		PM		AM	
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
MIP (FRC)	-11.0±2.4	-10.9±2.5	-10.3±2.0	-9.5±2.4	-10.8±3.0	-10.5±2.1
MEP (FRC)	14.6±3.7	13.9±4.4	15.9±4.3	15.5±5.0	15.6±4.3	15.5±4.7
MIP (RV)	-12.5±2.2	-11.8±2.1	-12.7±1.8	-12.4±2.1	-13.0±2.7	-11.9±2.2
MEP (TLC)	18.1±4.3	18.3±3.5	17.0±6.1	17.4±4.3	17.9±4.4	17.8±5.1

1,2,7,21,30日目: n=5, 平均値±標準偏差 (kPa)

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
 MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,
 FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量,
 TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表16 女性の呼吸筋力 (検者Aによる測定結果)

測定日 時間帯	1日目		2日目		7日目	
	AM		AM		AM	
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
MIP (FRC)	-7.5±2.8	-6.4±2.5	-7.3±3.0	-7.5±2.2	-8.1±3.1	-8.1±3.1
MEP (FRC)	5.6±2.7	6.4±3.1	8.1±2.4	7.4±2.6	8.8±4.0	9.1±3.7
MIP (RV)	-8.2±2.7	-8.3±2.0	-9.1±2.3	-8.7±3.2	-10.0±4.0	-10.4±4.6
MEP (TLC)	8.4±3.2	8.8±2.9	8.8±3.8	9.8±3.8	11.0±4.7	10.9±4.9

測定日 時間帯	21日目				30日目	
	AM		PM		AM	
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
MIP (FRC)	-9.4±3.3	-8.7±2.8	-9.7±3.4	-9.6±3.5	-9.1±2.4	-8.4±2.4
MEP (FRC)	9.1±3.4	9.5±4.3	9.7±3.3	10.2±2.9	10.0±3.1	9.8±2.5
MIP (RV)	-10.9±2.6	-10.5±2.6	-10.3±5.2	-10.5±4.4	-10.2±4.5	-9.6±3.7
MEP (TLC)	11.0±2.9	11.7±4.9	11.6±3.8	11.6±3.4	12.4±4.6	11.8±5.0

1,2,7,21日目: n=5, 30日目: n=4, 平均値±標準偏差 (kPa)

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
 MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,
 FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量,
 TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表17 男性の呼吸筋力(検者Bによる測定結果)

測定日 時間帯	1日目		2日目		7日目		30日目	
	PM		PM		PM		PM	
測定回数	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
MIP (FRC)	-9.4±1.7	-10.5±1.3	-9.6±3.1	-8.8±2.1	-10.2±2.2	-9.8±2.1	-10.8±2.3	-11.2±1.4
MEP (FRC)	10.9±3.6	10.3±3.7	13.4±4.5	13.6±2.6	14.3±4.2	13.5±3.5	13.9±5.0	14.5±5.2
MIP (RV)	-10.6±2.3	-10.6±1.6	-11.3±2.6	-10.5±3.4	-11.3±2.4	-11.8±3.1	-12.8±1.7	-13.0±2.6
MEP (TLC)	13.9±4.9	11.4±2.9	15.2±2.9	15.3±4.8	16.9±5.8	18.6±5.0	17.5±5.1	17.9±5.0

1,2,7,30日目: n=5, 平均値±標準偏差 (kPa)

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧, MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量, TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表18 女性の呼吸筋力(検者Bによる測定結果)

測定日 時間帯	1日目		2日目		7日目		30日目	
	PM		PM		PM		PM	
測定回数	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
MIP (FRC)	-6.8±2.6	-7.3±1.8	-8.8±2.5	-8.2±1.9	-9.8±2.2	-10.2±1.9	-8.4±3.5	-8.8±3.1
MEP (FRC)	7.1±2.5	7.4±2.8	9.5±3.8	9.4±4.7	9.8±3.4	9.5±2.3	9.0±3.0	9.0±3.0
MIP (RV)	-8.1±1.6	-9.0±2.2	-9.9±3.8	-10.3±3.3	-12.0±3.9	-11.9±3.9	-11.5±3.8	-11.3±3.8
MEP (TLC)	9.3±3.4	9.2±3.9	10.7±5.4	10.5±5.2	11.9±3.6	18.6±5.0	12.6±4.0	13.3±4.4

1,2,7日目: n=5, 30日目: n=4, 平均値±標準偏差 (kPa)

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧, MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量, TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表19 男性の呼吸筋力(1・2回目の最大値)

測定日 時間帯	検者A					
	1日目	2日目	7日目	21日目		30日目
	AM	AM	AM	AM	PM	AM
MIP (FRC)	-9.6±1.9	-9.6±2.6	-10.3±2.8	-11.1±2.5	-10.4±2.0	-11.4±2.3
MEP (FRC)	14.1±3.8	13.4±3.0	13.9±2.0	15.0±4.5	16.1±4.4	15.9±4.4
MIP (RV)	-10.3±1.3	-11.1±2.8	-11.9±2.1	-12.6±2.2	-12.8±1.9	-13.2±2.7
MEP (TLC)	15.2±3.7	14.9±3.2	17.0±3.9	18.7±4.0	18.5±4.9	19.0±4.2

測定日 時間帯	検者B					
	1日目	2日目	7日目	21日目		30日目
	PM	PM	PM	AM	PM	PM
MIP (FRC)	-10.5±1.3	-9.9±2.9	-10.3±2.3	-	-	-11.4±1.4
MEP (FRC)	10.9±3.6	14.4±3.3	14.8±3.7	-	-	14.5±5.2
MIP (RV)	-11.0±1.8	-11.6±2.8	-12.3±3.2	-	-	-13.4±2.0
MEP (TLC)	14.1±4.9	16.9±4.0	19.0±5.0	-	-	18.3±4.8

1,2,7,21,30日目: n=5, 平均値±標準偏差 (kPa)

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,

MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量,

TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表20 女性の呼吸筋力 (1・2回目の最大値)

		検者A				
測定日	1日目	2日目	7日目	21日目		30日目
時間帯	AM	AM	AM	AM	PM	AM
MIP (FRC)	-7.5±2.8	-8.1±2.3	-8.6±3.3	-9.7±3.3	-9.8±3.5	-9.2±2.3
MEP (FRC)	6.6±3.0	8.3±2.2	9.2±3.7	9.6±4.3	10.2±2.9	10.5±2.8
MIP (RV)	-8.6±2.5	-9.4±2.6	-10.6±4.3	-11.1±2.4	-10.9±4.8	-10.4±4.2
MEP (TLC)	8.8±2.9	9.8±3.8	11.3±4.8	12.0±4.8	12.0±3.9	12.4±4.6

		検者B				
測定日	1日目	2日目	7日目	21日目		30日目
時間帯	PM	PM	PM	AM	PM	PM
MIP (FRC)	-7.6±2.2	-8.9±2.3	-10.8±1.8	-	-	-9.1±3.6
MEP (FRC)	7.8±2.6	9.8±4.3	10.2±3.0	-	-	10.0±2.3
MIP (RV)	-9.1±2.0	-10.4±3.4	-12.3±3.7	-	-	-11.8±3.6
MEP (TLC)	9.7±3.3	10.9±5.2	12.5±3.6	-	-	13.4±4.4

1,2,7,21日目:n=5, 30日目:n=4, 平均値±標準偏差 (kPa)

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,

MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量,

TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

a. 性別の同日内におけるセッション内再現性 (検者内)

同日内におけるセッション内再現性について、男性の結果を表 21、女性の結果を表 22 に示す。

男性において、ICC (1, 1) は、A の MIP (FRC) が 0.687~0.983, MEP (FRC) が 0.666~0.987, MIP (RV) が 0.692~0.982, MEP (TLC) が 0.828~0.983 であった。一方、B は、MIP (FRC) が 0.709~0.926, MEP (FRC) が 0.848~0.976, MIP (RV) が 0.773~0.930, MEP (TLC) が 0.201~0.953 であった。

女性において、ICC (1, 1) は、A の MIP (FRC) が 0.848~0.995, MEP (FRC) が 0.796~0.991, MIP (RV) が 0.902~0.978, MEP (TLC) が 0.870

～0.987であった。一方、Bは、MIP (FRC) が 0.713～0.923, MEP (FRC) が 0.869～0.969, MIP (RV) が 0.647～0.980, MEP (TLC) が 0.951～0.993であった。

表21 男性における2回測定におけるセッション内検者内信頼性

測定日	測定時間帯		検者A		測定時間帯	検者B	
			ICC(1,1) (95%CI)	SEM (kPa)		ICC(1,1) (95%CI)	SEM (kPa)
1日目 (n=5)	AM	MIP (FRC)	0.687 (-0.154~0.961)	1.0	PM	0.709 (-0.112~0.964)	0.4
		MEP (FRC)	0.666 (-0.190~0.958)	1.9		0.983 (0.884~0.998)	0.2
		MIP (RV)	0.823 (0.164~0.979)	0.6		0.930 (0.580~0.992)	0.5
		MEP (TLC)	0.828 (0.180~0.980)	1.1		0.201 (-0.661~0.867)	3.6
2日目 (n=5)	AM	MIP (FRC)	0.927 (0.565~0.992)	0.7	PM	0.778 (0.041~0.973)	1.2
		MEP (FRC)	0.941 (0.636~0.993)	0.7		0.848 (0.249~0.982)	1.5
		MIP (RV)	0.982 (0.880~0.998)	0.4		0.874 (0.339~0.985)	1.0
		MEP (TLC)	0.978 (0.848~0.997)	0.5		0.609 (-0.284~0.949)	2.7
7日目 (n=5)	AM	MIP (FRC)	0.915 (0.507~0.990)	0.9	PM	0.926 (0.559~0.991)	0.6
		MEP (FRC)	0.643 (-0.231~0.954)	1.4		0.850 (0.253~0.982)	1.5
		MIP (RV)	0.795 (0.085~0.975)	1.0		0.773 (0.029~0.973)	1.4
		MEP (TLC)	0.983 (0.886~0.998)	0.3		0.857 (0.275~0.983)	1.9
21日目 (n=5)	AM	MIP (FRC)	0.985 (0.897~0.998)	0.3	-	-	
		MEP (FRC)	0.873 (0.334~0.985)	1.5	-	-	
		MIP (RV)	0.920 (0.533~0.991)	0.4	-	-	
		MEP (TLC)	0.957 (0.724~0.995)	0.8	-	-	
	PM	MIP (FRC)	0.975 (0.831~0.997)	0.7	-	-	
		MEP (FRC)	0.983 (0.938~0.995)	0.7	-	-	
		MIP (RV)	0.950 (0.685~0.994)	0.4	-	-	
		MEP (TLC)	0.855 (0.271~0.983)	2.2	-	-	
30日目 (n=5)	AM	MIP (FRC)	0.734 (-0.061~0.967)	1.4	PM	0.833 (0.196~0.980)	0.8
		MEP (FRC)	0.987 (0.912~0.998)	0.5		0.976 (0.838~0.997)	0.7
		MIP (RV)	0.692 (-0.145~0.961)	1.3		0.868 (0.317~0.985)	0.9
		MEP (TLC)	0.853 (0.264~0.983)	2.0		0.953 (0.702~0.994)	1.1

ICC (1,1) (Intra-rater reliability): 検者内信頼性, 95%CI (confidence interval 95%): 95%信頼区間,
SEM (standard error of mean): 標本平均の標準誤差, MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧, FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,
RV (Residual Volume): 残気量, TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表22 女性における2回測定におけるセッション内検者内信頼性

測定日	測定時間帯		検者A		測定時間帯	検者B	
			ICC(1,1) (95% CI)	SEM (kPa)		ICC(1,1) (95% CI)	SEM (kPa)
1日目 (n=5)	AM	MIP (FRC)	0.896 (0.425~0.988)	0.4	PM	0.848 (0.245~0.982)	0.9
		MEP (FRC)	0.930 (0.578~0.992)	0.6		0.869 (0.320~0.985)	1.0
		MIP (RV)	0.955 (0.710~0.995)	0.5		0.647 (-0.225~0.955)	1.1
		MEP (TLC)	0.979 (0.855~0.997)	0.4		0.951 (0.688~0.994)	0.9
2日目 (n=5)	AM	MIP (FRC)	0.848 (0.245~0.982)	1.1	PM	0.908 (0.475~0.989)	0.6
		MEP (FRC)	0.796 (0.087~0.976)	1.1		0.969 (0.794~0.996)	0.8
		MIP (RV)	0.902 (0.450~0.980)	0.9		0.974 (0.824~0.997)	0.5
		MEP (TLC)	0.959 (0.733~0.995)	0.4		0.993 (0.955~0.999)	0.4
7日目 (n=5)	AM	MIP (FRC)	0.927 (0.566~0.992)	0.2	PM	0.713 (-0.104~0.964)	1.2
		MEP (FRC)	0.991 (0.941~0.999)	1.4		0.913 (0.497~0.990)	0.9
		MIP (RV)	0.978 (0.849~0.997)	0.6		0.980 (0.862~0.997)	0.6
		MEP (TLC)	0.986 (0.906~0.998)	0.6		0.976 (0.835~0.997)	0.5
21日目 (n=5)	AM	MIP (FRC)	0.898 (0.432~0.988)	0.9	-	-	
		MEP (FRC)	0.971 (0.809~0.996)	0.6	-	-	
		MIP (RV)	0.935 (0.605~0.992)	0.6	-	-	
		MEP (TLC)	0.870 (0.322~0.985)	1.5	-	-	
	PM	MIP (FRC)	0.995 (0.965~0.999)	0.2	-	-	
		MEP (FRC)	0.977 (0.842~0.997)	0.3	-	-	
		MIP (RV)	0.951 (0.689~0.994)	1.1	-	-	
		MEP (TLC)	0.958 (0.728~0.995)	0.8	-	-	
30日目 (n=4)	AM	MIP (FRC)	0.889 (0.263~0.992)	0.7	PM	0.923 (0.429~0.994)	1.0
		MEP (FRC)	0.879 (0.219~0.991)	1.1		0.886 (0.248~0.992)	0.7
		MIP (RV)	0.964 (0.691~0.997)	0.7		0.973 (0.762~0.998)	0.7
		MEP (TLC)	0.987 (0.882~0.999)	0.3		0.973 (0.764~0.998)	0.5

ICC (1,1) (Intra-rater reliability): 検者内信頼性, 95% CI (Confidence interval 95%): 95% 信頼区間,
SEM (standard error of mean): 標本平均の標準誤差, MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧, FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,
RV (Residual Volume): 残気量, TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

b. 性別の同日内セッション間再現性 (検者内, 検者間)

同日内におけるセッション間再現性について, 男性の結果を表 23, 女性の結果を表 24 に示す.

男性において, 21 日目の午前と午後のセッション間における ICC (1, 1) は, 0.789~0.877 であった. ICC (2, 1) は MIP (FRC) が 0.437~0.861, MEP (FRC) が 0.648~0.954, MIP (RV) が 0.662~0.828, MEP (TLC)

が 0.589~0.906 であった. ICC (3, 1) は, MIP (FRC) が 0.463~0.856, MEP (FRC) が 0.742~0.978, MIP (RV) が 0.752~0.866, MEP (TLC) が 0.647~0.969 であった.

女性において, 21 日目の午前と午後のセッション間における ICC (1, 1) は, 0.817~0.952 であった. ICC (2, 1) は MIP (FRC) が 0.549~0.908, MEP (FRC) が 0.805~0.928, MIP (RV) が 0.765~0.891, MEP (TLC) が 0.928~0.960 であった. ICC (3, 1) は, MIP (FRC) が 0.602~0.896, MEP (FRC) が 0.846~0.930, MIP (RV) が 0.750~0.918, MEP (TLC) が 0.941~0.972 であった.

表23 男性における同日内におけるセッション間再現性 (検者内, 検者間信頼性)

		ICC(1,1) (95%CI)	ICC(2,1) (95%CI)	ICC(3,1) (95%CI)	SEM (kPa)
1日目 (n=5)	MIP (FRC)	-	0.437 (0.036~0.894)	0.463 (0.019~0.904)	1.2
	MEP (FRC)	-	0.648 (0.234~0.946)	0.742 (0.338~0.964)	1.8
	MIP (RV)	-	0.748 (0.375~0.965)	0.752 (0.354~0.966)	0.8
	MEP (TLC)	-	0.589 (0.467~0.982)	0.647 (0.506~0.986)	2.2
2日目 (n=5)	MIP (FRC)	-	0.861 (0.590~0.982)	0.856 (0.558~0.981)	1.0
	MEP (FRC)	-	0.900 (0.679~0.987)	0.889 (0.637~0.986)	1.1
	MIP (RV)	-	0.748 (0.375~0.965)	0.752 (0.354~0.966)	0.8
	MEP (TLC)	-	0.775 (0.395~0.969)	0.747 (0.345~0.965)	1.8
7日目 (n=5)	MIP (FRC)	-	0.763 (0.371~0.968)	0.732 (0.321~0.962)	1.4
	MEP (FRC)	-	0.769 (0.410~0.968)	0.773 (0.390~0.969)	1.5
	MIP (RV)	-	0.662 (0.204~0.951)	0.866 (0.447~0.984)	1.5
	MEP (TLC)	-	0.844 (0.555~0.979)	0.852 (0.547~0.981)	1.8
21日目 (n=5)	MIP (FRC)	0.789 (0.445~0.971)	-	-	1.0
	MEP (FRC)	0.877 (0.629~0.984)	-	-	1.4
	MIP (RV)	0.836 (0.537~0.978)	-	-	0.8
	MEP (TLC)	0.856 (0.580~0.981)	-	-	1.8
30日目 (n=5)	MIP (FRC)	-	0.814 (0.471~0.975)	0.789 (0.419~0.972)	1.0
	MEP (FRC)	-	0.954 (0.789~0.994)	0.978 (0.913~0.997)	0.7
	MIP (RV)	-	0.828 (0.523~0.977)	0.841 (0.524~0.979)	0.9
	MEP (TLC)	-	0.906 (0.681~0.988)	0.969 (0.873~0.996)	1.6

ICC (1, 1) (Intra-rater reliability): 検者内信頼性,

ICC (2, 1), ICC (3, 1) (Inter-rater reliability): 検者間信頼性,

95%CI (Confidence interval 95%): 95%信頼区間,

SEM (standard error of mean): 標本平均の標準誤差,

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,

MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量,

TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表24 女性における同日内におけるセッション間再現性 (検者内, 検者間信頼性)

		ICC(1,1) (95%CI)	ICC(2,1) (95%CI)	ICC(3,1) (95%CI)	SEM (kPa)
1日目 (n=5)	MIP (FRC)	-	0.839 (0.544~0.979)	0.845 (0.533~0.980)	0.9
	MEP (FRC)	-	0.867 (0.559~0.983)	0.919 (0.720~0.990)	0.8
	MIP (RV)	-	0.765 (0.392~0.968)	0.750 (0.350~0.965)	1.0
	MEP (TLC)	-	0.948 (0.821~0.993)	0.953 (0.826~0.994)	0.7
2日目 (n=5)	MIP (FRC)	-	0.835 (0.517~0.978)	0.877 (0.608~0.984)	0.8
	MEP (FRC)	-	0.805 (0.467~0.974)	0.846 (0.535~0.980)	1.3
	MIP (RV)	-	0.891 (0.648~0.986)	0.918 (0.718~0.990)	0.9
	MEP (TLC)	-	0.926 (0.740~0.991)	0.947 (0.808~0.993)	1.5
7日目 (n=5)	MIP (FRC)	-	0.549 (0.141~0.923)	0.602 (0.151~0.938)	1.6
	MEP (FRC)	-	0.928 (0.763~0.991)	0.930 (0.753~0.991)	0.9
	MIP (RV)	-	0.863 (0.583~0.982)	0.894 (0.651~0.987)	1.3
	MEP (TLC)	-	0.928 (0.756~0.991)	0.941 (0.786~0.993)	1.0
21日目 (n=5)	MIP (FRC)	0.952 (0.835~0.994)	-	-	0.6
	MEP (FRC)	0.945 (0.814~0.993)	-	-	0.7
	MIP (RV)	0.817 (0.499~0.976)	-	-	1.8
	MEP (TLC)	0.920 (0.741~0.990)	-	-	1.1
30日目 (n=4)	MIP (FRC)	-	0.908 (0.659~0.993)	0.896 (0.600~0.992)	0.9
	MEP (FRC)	-	0.904 (0.659~0.992)	0.906 (0.630~0.993)	0.8
	MIP (RV)	-	0.863 (0.548~0.989)	0.881 (0.557~0.991)	1.3
	MEP (TLC)	-	0.960 (0.823~0.997)	0.972 (0.870~0.998)	0.7

ICC (1, 1) (Intra-rater reliability): 検者内信頼性,

ICC (2, 1), ICC (3, 1) (Inter-rater reliability): 検者間信頼性,

95%CI (Confidence interval 95%): 95%信頼区間,

SEM (standard error of mean): 標本平均の標準誤差,

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,

MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量,

TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

c. 性別の日を改めた同一時間帯の再現性 (検者内, 検者間)

日を改めた際の同一時間帯におけるセッション間再現性 (検者内・検者間) について, 男性の結果を表 25~28, 女性の結果を表 29~32 に示す.

男性において, A は ICC (1, 1) が 0.546~0.726 であった (表 25). B は, ICC (1, 1) が 0.455~0.586 であった (表 26). 1日目と21日目の午

後の ICC (2, 1) は 0.265~0.639 であり, ICC (3, 1) は 0.326~0.645 であった (表 27). また, 1 日目と 21 日目の午前の ICC (1, 1) は 0.356~0.567 であった (表 28).

女性において, A は ICC (1, 1) が 0.741~0.854 であった (表 29). B は, ICC (1, 1) が 0.575~0.833 であった (表 30). 1 日目と 21 日目の午後の ICC (2, 1) は 0.553~0.849 であり, ICC (3, 1) は 0.559~0.958 であった (表 31). また, 1 日目と 21 日目の午前の ICC (1, 1) は 0.658~0.753 であった (表 32).

表25 男性における日を改めた同一時間帯における検者内信頼性 (検者A)

	ICC(1,1) (95%CI)	SEM (kPa)
MIP (FRC)	0.726 (0.428~0.958)	1.2
MEP (FRC)	0.686 (0.376~0.951)	1.8
MIP (RV)	0.546 (0.226~0.917)	1.4
MEP (TLC)	0.599 (0.278~0.931)	2

1,2,7,21日目の午前における (計8回の測定値) 再現性, n=5

ICC (1, 1) (Intra-rater reliability): 検者内信頼性,
 95%CI (Confidence interval 95%): 95%信頼区間,
 SEM (standard error of mean): 標本平均の標準誤差,
 MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
 MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,
 FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,
 RV (Residual Volume): 残気量,
 TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表26 男性における日を改めた同一時間帯における検者内信頼性 (検者B)

	ICC(1,1) (95%CI)	SEM(kPa)
MIP (FRC)	0.478 (0.135~0.900)	1.6
MEP (FRC)	0.586 (0.234~0.930)	2.1
MIP (RV)	0.498 (0.152~0.906)	1.9
MEP (TLC)	0.455 (0.117~0.893)	3.0

1,2,7日目の午後における (計6回の測定値) 再現性, n=5

ICC (1, 1) (Intra-rater reliability): 検者内信頼性,
 95%CI (Confidence interval 95%): 95%信頼区間,
 SEM (standard error of mean): 標本平均の標準誤差,
 MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
 MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,
 FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,
 RV (Residual Volume): 残気量,
 TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表27 男性における日を改めた同一時間帯における検者間信頼性

	ICC(2,1) (95%CI)	ICC(3,1) (95%CI)	SEM (kPa)
MIP (FRC)	0.639 (0.222~0.945)	0.645 (0.201~0.946)	1.5
MEP (FRC)	0.436 (0.063~0.887)	0.618 (0.169~0.941)	2.6
MIP (RV)	0.311 (-0.025~0.843)	0.369 (-0.049~0.876)	1.5
MEP (TLC)	0.265 (-0.045~0.820)	0.326 (-0.077~0.860)	3.8

1日目と21日目の午後 (計4回の測定値) の再現性, n=5

ICC (2, 1), ICC (3, 1) (Inter-rater reliability): 検者間信頼性,
 95%CI (Confidence interval 95%): 95%信頼区間,
 SEM (standard error of mean): 標本平均の標準誤差,
 MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
 MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,
 FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,
 RV (Residual Volume): 残気量,
 TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表28 男性における日を改めた同一時間帯における検者内再現性 (検者A)

	ICC(1,1) (95%CI)	SEM(kPa)
MIP (FRC)	0.567 (0.138~0.929)	1.2
MEP (FRC)	0.554 (0.125~0.927)	2.5
MIP (RV)	0.356 (-0.039~0.870)	1.2
MEP (TLC)	0.398 (-0.010~0.884)	2.4

1日目と21日目の午前 (計4回の測定値) の再現性, n=5

ICC (1, 1) (Intra-rater reliability): 検者内信頼性,
 95%CI (Confidence interval 95%): 95%信頼区間,
 SEM (standard error of mean): 標本平均の標準誤差,
 MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
 MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,
 FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,
 RV (Residual Volume): 残気量,
 TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表29 女性における日を改めた同一時間帯における検者内信頼性 (検者A)

	ICC(1,1) (95%CI)	SEM (kPa)
MIP (FRC)	0.811 (0.558~0.973)	1.0
MEP (FRC)	0.774 (0.498~0.967)	1.0
MIP (RV)	0.741 (0.449~0.961)	1.4
MEP (TLC)	0.854 (0.638~0.980)	1.0

1,2,7,21日目の午前における (計8回の測定値) 再現性, n=5

ICC (1, 1) (Intra-rater reliability): 検者内信頼性,
 95%CI (Confidence interval 95%): 95%信頼区間,
 SEM (standard error of mean): 標本平均の標準誤差,
 MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
 MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,
 FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,
 RV (Residual Volume): 残気量,
 TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表30 女性における日を改めた同一時間帯における検者内信頼性 (検者B)

	ICC(1,1) (95%CI)	SEM(kPa)
MIP (FRC)	0.575 (0.223~0.927)	1.0
MEP (FRC)	0.778 (0.482~0.968)	1.2
MIP (RV)	0.668 (0.326~0.948)	1.4
MEP (TLC)	0.833 (0.579~0.977)	1.4

1,2,7日目の午後における (計6回の測定値) 再現性, n=5

ICC (1, 1) (Intra-rater reliability): 検者内信頼性,
 95%CI (Confidence interval 95%): 95%信頼区間,
 SEM (standard error of mean): 標本平均の標準誤差,
 MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
 MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,
 FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,
 RV (Residual Volume): 残気量,
 TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表31 女性における日を改めた同一時間帯における検者間信頼性

	ICC(2,1) (95%CI)	ICC(3,1) (95%CI)	SEM (kPa)
MIP (FRC)	0.553 (0.145~0.923)	0.659 (0.219~0.949)	1.7
MEP (FRC)	0.674 (0.209~0.951)	0.850 (0.543~0.981)	1.1
MIP (RV)	0.556 (0.128~0.927)	0.559 (0.106~0.928)	2.4
MEP (TLC)	0.849 (0.396~0.981)	0.958 (0.842~0.995)	0.7

1日目と21日目の午後 (計4回の測定値) の再現性, n=5

ICC (2, 1), ICC (3, 1) (Inter-rater reliability): 検者間信頼性,
 95%CI (Confidence interval 95%): 95%信頼区間,
 SEM (standard error of mean): 標本平均の標準誤差,
 MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
 MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,
 FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,
 RV (Residual Volume): 残気量,
 TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表32 女性における日を改めた同一時間帯における検者内再現性 (検者A)

	ICC(1,1) (95%CI)	SEM(kPa)
MIP (FRC)	0.701 (0.302~0.957)	1.1
MEP (FRC)	0.705 (0.308~0.957)	0.9
MIP (RV)	0.658 (0.244~0.949)	0.8
MEP (TLC)	0.753 (0.381~0.965)	1.1

1日目と21日目の午前 (計4回の測定値) の再現性, n=5

ICC (1, 1) (Intra-rater reliability): 検者内信頼性,
 95%CI (Confidence interval 95%): 95%信頼区間,
 SEM (standard error of mean): 標本平均の標準誤差,
 MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
 MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,
 FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,
 RV (Residual Volume): 残気量,
 TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

考察

本研究は、呼吸筋力測定について、同日内または日を改めた検者内または検者間の再現性を検証し、日内変動や日間変動について検討した。

信頼係数の指標

信頼係数の判断には Landis ら⁹⁰⁾の基準を用いた。0.41~0.60 は moderate, 0.61~0.80 は substantial, 0.81~almost perfect である。また、桑原ら⁹¹⁾の基準も参考とした。~0.6 は要再考, 0.6~可能, 0.7~普通, 0.8~良好, 0.9~優秀である。そのため、0.8 以上が望ましいが、0.6 を許容可能な基準として取り扱った。

1) 全対象の検討

a. 同日内におけるセッション内再現性（検者内）

同日内におけるセッション内再現性において、ICC (1, 1) は、A が 0.8 以上であった。B は、MEP (TLC) が 0.6 を未満であったが、その他は 0.8 以上であった。0.6 未満であったのは B における午後の測定の初日で認められたが、2, 7 日目は 0.8 以上であり、同日内のセッション内再現性は良好であると考えられた。

b. 同日内セッション間再現性（検者内，検者間）

同日内におけるセッション間再現性において、21 日目の午前と午後のセッション間における ICC (1, 1) は、各測定において 0.8 以上であった。ICC (2, 1) および ICC (3, 1) は 0.6 以上であった。0.6 台は MIP (FRC) で認められたが、その他は 0.79 以上であった。ICC (2, 1) は各検者の効果（特性）を考慮しての検者間信頼性について検者間の一致度を見ているとされ、ICC (3, 1) は各検者の効果を考慮せず、検者間の一貫性を見ているとされる⁹²⁾。信頼係数は 0.8 以上が望ましいが、0.6 以上は許容可能な範囲と考えられ、同日内における再現性は検者内、検者間ともに担保されると考えられた。呼吸筋力の再現性における日内変動については、午前 8 時、午後 2 時と 9 時の 3 セッションにおいて有意な差を認めなかったことや⁸¹⁾、平均年齢 23 歳の健常成人を対象に午前 9 時、午後 13 時、

午後 17 時の 3 セッションにおいて有意な差を認めなかったこと⁸⁷⁾、午前 8 時、午後 2 時と 8 時において有意な差を認めず、変動係数が 5% 未満であったとし、著明な日内変動はなかったことが示唆されている⁸²⁾。本研究は、午前 10 時、午後 14 時の 2 セッションを日内に実施した。測定方法は異なるものの、先行研究と同様な結果であることが考えられ、同日内における再現性は許容できる範囲であると考えられた。したがって、若年健常成人における日内変動は小さい可能性が考えられた。そのため、同日内におけるセッション間および検者間信頼性の結果からは、測定方法について学び、練習した任意の検者による測定でも再現性は担保されることが示唆された。測定方法について学び、練習した任意の検者による再現性が担保された本研究結果より、これらの事前学習内容および方法は検者予定者に実施することが有用となる可能性が考えられた。

c. 日を改めた同一時間帯の再現性（検者内、検者間）

日を改めた際の同一時間帯におけるセッション間再現性において、午前に測定をした A の ICC (1, 1) が 0.8 以上であったのは MEP (FRC, TLC) の 2 つであった。午後に測定を実施した B は、ICC (1, 1) が 0.8 を超える項目がなく、各測定項目において低い傾向であった。また、1 日目と 21 日目の午後の測定値を検討した検者間信頼性の ICC (2, 1)、ICC (3, 1) の結果は 0.6 未満の項目があり、低い傾向であった。また、A に

における ICC (1, 1) は 0.6 以下の項目が存在した。Landis ら⁹⁰⁾によると moderate であるが、桑原ら⁹¹⁾の基準では要再考の項目を含んでおり、再現性は良好ではなかった。そのため、午前および午後ともに、日を改めた再現性は高くないことが示唆され、日間変動があることが考えられた。

2) 性別の検討

a. 性別の同日内におけるセッション内再現性 (検者内)

男性において、ICC (1, 1) は、A の MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) が 0.6 以上であった。一方、B は、MIP (FRC, RV), MEP (FRC) が 0.7 以上であった。MEP (TLC) が 1 日目に 0.201 であったが、2,7,30 日目は 0.6 以上であった。

女性において、ICC (1, 1) は、A の MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) が 0.8 以上であった。一方、B は、MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) が 0.6 以上であった。

したがって、同日内におけるセッション内再現性 (検者内) は男女とも同様に許容できる範囲であると考えられた。また、男性に比して女性の再現性が良好である可能性が考えられた。

b. 性別の同日内セッション間再現性 (検者内, 検者間)

男性において、21 日目の午前と午後のセッション間における ICC (1,

1) は、各測定において 0.7 以上であった。ICC (2, 1) は 1 日目の MIP (FRC) と MEP (TLC) を除き、0.6 以上であった。また、ICC (3, 1) は、1 日目の MIP (FRC) を除き、0.6 以上であった。

女性において、21 日目の午前と午後のセッション間における ICC (1, 1) は、各測定において 0.8 以上であった。ICC (2, 1) は、7 日目の MIP (FRC) を除き、0.7 以上であった。ICC (3, 1) は、MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) において 0.6 以上であった。

したがって、同日内セッション間再現性は、許容できる考えられ、若年健常成人における日内変動は小さい可能性が考えられた。また、男性に比して女性の再現性が良好である可能性が考えられた。

c. 性別の日を改めた同一時間帯の再現性 (検者内, 検者間)

男性において、A による ICC (1, 1) は MIP (RV), MEP (TLC) において 0.6 未満であった。B による ICC (1, 1) は MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) において 0.6 未満であった。1 日目と 21 日目の午後の検者間信頼性の ICC (2, 1) は MIP (FRC) を除き 0.6 未満であり、ICC (3, 1) は MIP (FRC) を除き 0.6 未満であった。また、1 日目と 21 日目の午前の ICC (1, 1) は MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) において 0.6 未満であった。

女性において、A による ICC (1, 1) は 0.7 以上であった。B による ICC

(1, 1) は MIP (FRC) を除き 0.6 以上であった。1 日目と 21 日目の午後の ICC (2, 1) は MEP (FRC, TLC) を除き 0.6 未満であり, ICC (3, 1) は MIP (RV) を除き 0.6 以上であった。また, 1 日目と 21 日目の午前の検者内信頼性 ICC (1, 1) は 0.6 以上であった。

したがって, 日を改めた同一時間帯の再現性は, 0.6 未満である項目が多いため, 日を改めた場合には安定した値が得られないことが考えられ, 日間変動があることが考えられた。

再現性の影響要因

再現性を考慮する際, 影響要因としては, 測定, 検者および被験者要因が挙げられる。測定要因には, 天候や気圧, 湿度, 時間, 機器などがあり, 検者要因には, 検者の肺気量位 (FRC, RV, TLC) を確認したうえで測定タイミングや, 補助者の頬の押さえ方が考えられる。また, 被検者要因としては, 慣れや学習効果が挙げられ, 繰り返し測定により呼吸筋力が強化された可能性も考えられる。本研究においては, 同一室内で測定を実施し, 時間帯を統一した。また, II-1 の結果および本研究のセッション内検者内再現性の結果より, 検者要因は大きく影響を与えていないことが考えられた。被検者要因としては, 本研究の結果より, 同日内の若年健常成人における再現性は許容範囲であると考えられた。しかしながら, 日を改めた再現性においては, 信頼係数が低い傾向であ

った。対象は大学4年生であり、研究参加期間中に運動活動をしていないことを測定実施後にも確認している。また、21日目の測定は、測定繰り返しが4日目となり、しかも1日2セッションを実施していることから、慣れや学習による影響はすでに含有していると考えられる。四肢麻痺患者においては、呼吸負荷トレーニングの実施有無に関わらず、測定自体がMIPを向上させる可能性が示唆されており⁹³⁾、繰り返し測定による影響を受けて測定値が変化していることが考えられた。また、性別による検討においては、男性よりも女性の再現性が良好である可能性が考えられた。

結論

本研究は呼吸筋力測定について、若年健常成人を対象に同日内および日を改めた検者内または検者間の再現性を検証し、日内変動および日間変動を検討した。また、性別に検討した。同日内におけるセッション内再現性、午前および午後の検者内または検者間再現性は許容できる値と考えられた。しかしながら、初日と21日後の測定値においてICCが0.6未満の項目を認め、日を改めた再現性はさらなる検討を要する。日内変動は小さいが日間変動があることが示唆され、男性に比して女性の再現性が良好である示唆された。

限界と課題

本研究の限界は、若年健常成人であり、対象者数が少ないことである。若年健常成人において、男性に比して呼吸筋力の小さい女性の測定は良好な再現性が得られる可能性が示唆されたが、高齢者や有疾患者の場合、測定値も小さくなり、変動も小さくなることが推察される。そのため、対象の異なる検討が必要であると考えられた。

本研究の測定時間は日中であり、朝や夕方ではなかった。喘息や多発性硬化症、筋委縮性側索硬化症などの有疾患者を想定した場合には、朝や夕方における日内変動を考慮する必要がある。そのため、日内変動について比較検討していく場合には測定時間帯の調整が必要であると考えられた。また、日を改めて長期間繰り返した際の再現性についても再検討していくことが必要であり、測定自体が呼吸筋機能改善に働きかけている可能性について今後検討を要する。

Ⅲ 呼吸筋力測定に関連

はじめに

呼吸筋力評価における最大口腔内圧法による呼吸筋力の標準的な測定は、ATS/ERS¹¹⁾および呼吸リハビリテーションマニュアル⁵⁾による方法がある。いずれも、通気孔を用いた測定方法である。両者の測定方法の相違点は、被験者の頬を圧迫することである。ATS/ERS においてはノーズクリップが不要とされているが、呼吸リハビリテーションマニュアルにおいては着用が推奨されている。また、採用値は1秒間の平均圧もしくは最大値とされている。一方、本研究における通気孔を用いない測定方法は、ノーズクリップを装着し、通気孔を塞ぎ、声門開放した状態において頬を圧迫する測定である。3つの測定方法を整理すると、通気孔を用いた場合、通気孔利用有がATS/ERSの方法¹¹⁾となり、通気孔利用有、頬圧迫有が呼吸リハビリテーションマニュアルの方法⁵⁾となる。また、通気孔を用いない場合は、通気孔利用無、頬圧迫有と表現できる。そこで、通気孔を用いない場合の呼吸筋力の再現性が担保されたため、標準的な測定方法との関連を調べ、呼吸筋力測定の検討をすることとした。測定値にはそれぞれ種々の要因を含むものの、いずれの測定方法も呼吸筋力を捉えているため、関連性は高い結果が得られることが予想される。測定方法間において高い関連性が確認されれば、呼吸筋力を圧で捉える方

法の一つとして寄与する可能性がある。呼吸筋力の測定肺気量位は, RV, TLC が多く, FRC の報告は少ないことから, FRC における測定を含めて検討することとした。これにより, 通気孔を用いた呼吸筋力においても新たな知見を得ていく。

目的

標準的な測定と通気孔を用いない測定の関連を調べることである。

方法

対象

対象は, 若年健常成人である大学生 10 名 (男性 5 名, 女性 5 名。年齢, 身長 (平均値±標準偏差), 体重 (平均値±標準偏差) の順に 20~21 歳, 163.9±10.1cm, 60.0±13.4kg, 男性: 20~21 歳, 172.5±6.0cm, 70.0±12.1kg, 女性: 20~21 歳, 155.3±3.2cm, 50.0±3.2kg) である。

測定機器および測定項目

測定機器はおよび測定項目は II 章と同様とした。

測定方法

呼吸筋力測定の検討において, 3 種類の測定を実施した。標準的な測定として, ATS/ERS¹¹⁾および呼吸リハビリテーションマニュアル⁵⁾に準じ,

通気孔を用いて測定した。本研究における通気孔を用いない測定との比較のために、測定肺気量位、採用値は統一した方法を用いた。また、ノーズクリップは装着して測定した。

ATS/ERS の方法¹¹⁾は、通気孔利用有とし、検者1名で実施した。また、呼吸リハビリテーションマニュアルの方法⁵⁾は、通気孔利用有、頬圧迫有とし、頬圧迫をするために補助者を配置した。呼吸筋力センサー、呼吸機能検査用フィルタとマウスピースを連結した状態とし、目標測定肺気量位となった際に被験者はマウスピースをくわえ、測定した。頬圧迫有の測定の場合においては、被験者がマウスピースをくわえた後に、補助者が後方から頬筋を圧迫すると同時に口唇からの空気漏れを防いだ。本研究における方法は、通気孔を塞いだ通気孔利用無、頬圧迫有とし、頬圧迫をするために補助者を配置した。

測定の順序は、ATS/ERS の方法、呼吸リハビリテーションマニュアルの方法、通気孔を用いない測定方法の順として実施した。

測定姿勢は椅子における坐位姿勢とした。MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) を各3回測定した。測定には30秒以上の間隔を空けた。検者は、測定時に3秒以上努力を続けるように声掛けをした。測定記録圧は1.5秒以上持続したうちの最高値とした。また、3回測定における最大値を採用値とした。なお、単位はcmH₂Oであるため、国際単位系であるkPaに単

位変換を実施した。1cmH₂O は 0.0980638kPa として換算し，小数点第一位までの値を示すこととした。

検討項目

標準的な測定との比較，標準的な測定との関連について検討した。

統計学的処理

統計学的処理は，R2.8.1 を使用した。なお，有意水準は 5% とした。

1) 標準的な測定との比較

標準的な測定と本研究における測定による呼吸筋力の比較には，Shapiro-Wilk 検定の正規性の検討によって正規分布を確認した後，反復測定による分散分析を実施した。正規分布した場合には，反復測定による分散分析後，多重比較法（shaffer 法）を実施した。正規分布しない場合には，Friedman 検定をした後，多重比較法（shaffer 法）を実施した。

2) 標準的な測定との関連

標準的な測定と本研究における測定による呼吸筋力の関連の検討には，Shapiro-Wilk 検定の正規性の検討によって正規分布を確認した後，Spearman の順位相関分析をした。

結果

1) 標準的な測定との比較

ATS/ERS の方法, 呼吸リハビリテーションマニュアルの方法, 本研究における方法による呼吸筋力の結果を表 36 に示す. 呼吸筋力の 3 群間を比較した結果, MIP (FRC, RV) と MEP (FRC) において有意な差を認めなかった. MEP (TLC) における, ATS/ERS の方法と呼吸リハビリテーションマニュアルの方法の測定値間に有意な差を認め, 呼吸リハビリテーションマニュアルの方法の測定値が大きかった. また, ATS/ERS の方法と本研究における測定方法による測定値の間に有意な差を認め, 本研究における測定方法による測定値が大きかった.

表36 最大口腔内圧法による呼吸筋力の比較

	ATS/ERS ¹⁾ (通気孔利用有, 頬圧迫無)	呼吸リハマニュアル ⁵⁾ (通気孔利用有, 頬圧迫有)	本研究 (通気孔利用無, 頬圧迫有)
MIP (FRC)	-8.2±3.5	-8.8±3.5	-8.8±3.3
MEP (FRC)	9.5±4.7	11.7±4.7	10.3±3.1
MIP (RV)	-9.4±3.7	-9.5±3.4	-9.4±3.3
MEP (TLC)	10.2±3.3	14.4±5.2*	13.1±4.3**

n=10, *および**: p<0.05, 3回測定における最大値, 平均値±標準偏差 (kPa)

*: ATS/ERSと呼吸リハマニュアルの比較, **: ATS/ERSと本研究の比較

ATS/ERS (American Thoracic Society / European Respiratory Society): 米国胸部学会/ヨーロッパ呼吸器学会

呼吸リハマニュアル: 呼吸リハビリテーションマニュアル

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧, MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量, TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

2) 標準的な測定との関連

標準的な方法と本研究における方法による呼吸筋力の相関分析結果を表 37 に示す. 本研究における測定方法による MIP (FRC, RV) , MEP (FRC, TLC) は, 標準的な測定方法である ATS/ERS および呼吸リハビ

リテーションマニュアルの方法の測定値と有意な正の相関 ($\rho=0.81\sim0.92$) を認めた。標準的な測定方法と本研究における測定方法による呼吸筋力の関連について散布図を図 34~41 に順に示す。図 34~37 には、標準的な測定方法 (ATS/ERS : 通気孔利用有, 頬圧迫無) と本研究における測定方法 (通気孔利用無, 頬圧迫有) による呼吸筋力の関連について示す。図 38~41 には、標準的な測定方法 (呼吸リハビリテーションマニュアル: 通気孔利用有, 頬圧迫有) と本研究における測定方法 (通気孔利用無, 頬圧迫有) による呼吸筋力の関連について示す。

表37 標準的な方法と本研究における方法による呼吸筋力の関連

	ATS/ERS ¹⁾	呼吸リハマニュアル ⁵⁾
MIP (FRC)	0.89*	0.90*
MEP (FRC)	0.86*	0.92*
MIP (RV)	0.84*	0.86*
MEP (TLC)	0.81*	0.90*

n=10, Spearmanの順位相関分析, *: p<0.05

ATS/ERS (American Thoracic Society / European Respiratory Society): 米国胸部学会/ヨーロッパ呼吸器学会

呼吸リハマニュアル: 呼吸リハビリテーションマニュアル

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧, MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量,

TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

標準的な測定方法（ATS/ERS：通気孔利用有，頬圧迫無）と本研究における測定方法（通気孔利用無，頬圧迫有）による呼吸筋力の関連

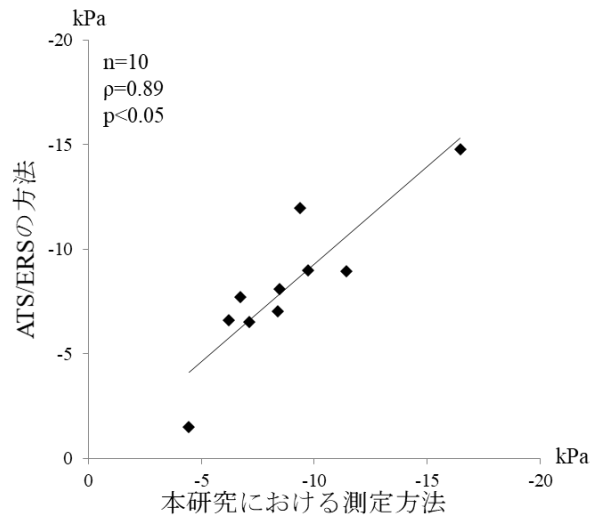


図 34. 標準的測定方法（ATS/ERS）と本研究における測定方法による MIP（FRC）の関連

MIP (FRC)は，有意な正の相関を認めた。

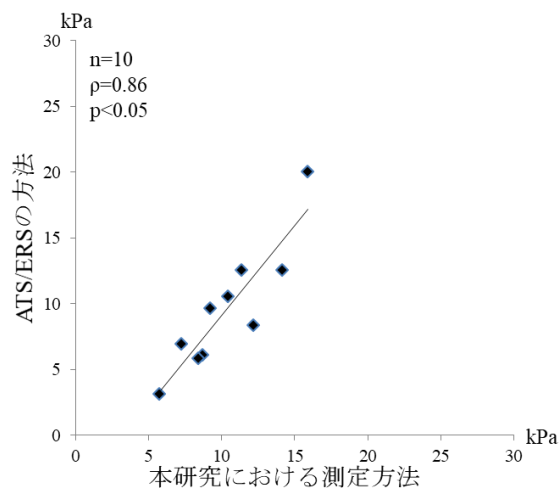


図 35. 標準的測定方法（ATS/ERS）と本研究における測定方法による MEP（FRC）の関連

MEP (FRC)は，有意な正の相関を認めた。

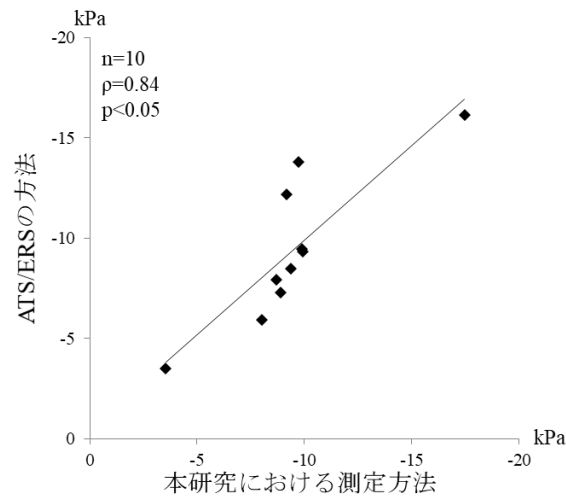


図 36. 標準的測定方法（ATS/ERS）と本研究における測定方法による MIP（RV）の関連

MIP (RV) は、有意な正の相関を認めた。

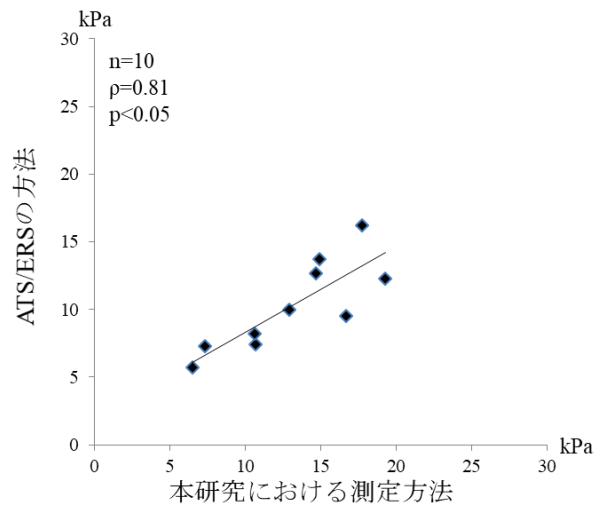


図 37. 標準的測定方法（ATS/ERS）と本研究における測定方法による MEP（TLC）の関連

MEP (TLC) は、有意な正の相関を認めた。

標準的な測定方法（呼吸リハマニュアル：通気孔利用有，頬圧迫有）と
 本研究における測定方法（通気孔利用無， 頬圧迫有）による呼吸筋力の
 関連

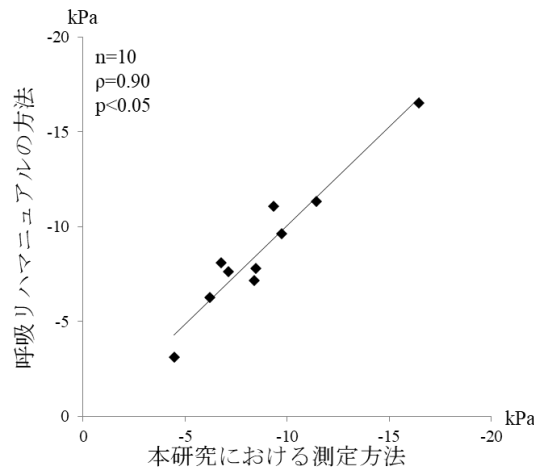


図 38. 標準的測定方法（呼吸リハマニュアル）と本研究における測定方法による MIP (FRC) の関連

呼吸リハマニュアル: 呼吸リハビリテーションマニュアル
 MIP (FRC) は, 有意な正の相関を認めた.

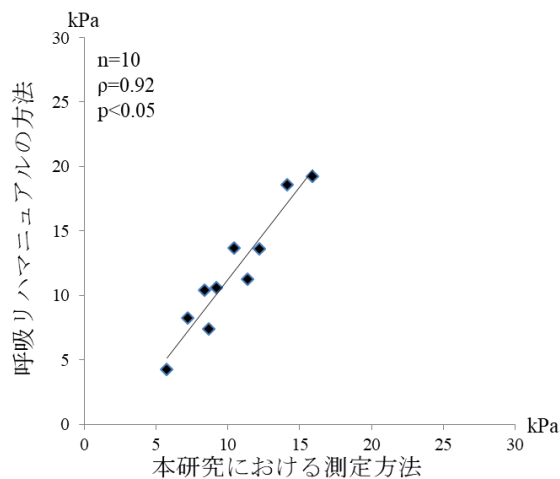


図 39. 標準的測定方法（呼吸リハマニュアル）と本研究における測定方法による MEP (FRC) の関連

呼吸リハマニュアル: 呼吸リハビリテーションマニュアル
 MEP (FRC)は, 有意な正の相関を認めた.

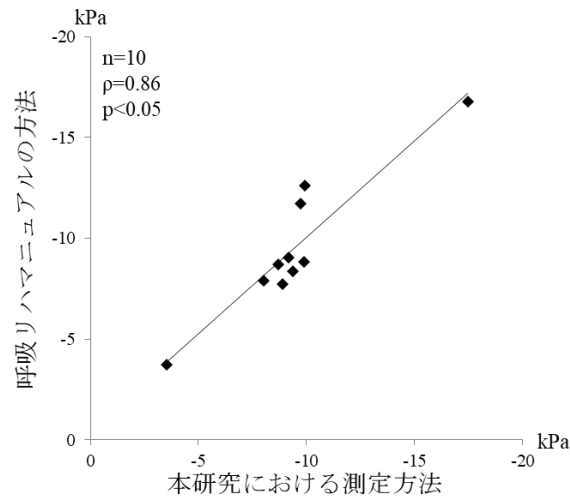


図 40. 標準的測定方法（呼吸リハマニュアル）と本研究における測定方法による MIP (RV) の関連

呼吸リハマニュアル: 呼吸リハビリテーションマニュアル

MIP (RV) は, 有意な正の相関を認めた.

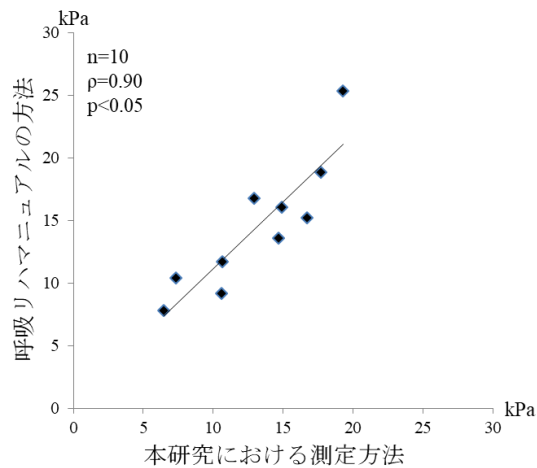


図 41. 標準的測定方法（呼吸リハマニュアル）と本研究における測定方法による MEP (TLC) の関連

呼吸リハマニュアル: 呼吸リハビリテーションマニュアル

MEP (TLC) は, 有意な正の相関を認めた.

考察

本研究は、標準的な測定と通気孔を用いない測定の関連を調べた。ATS/ERS の方法（通気孔利用有）、呼吸リハビリテーションマニュアルの方法（通気孔利用有、頬圧迫有）、本研究における測定方法（通気孔利用無、頬圧迫有）の3つの方法による測定を実施した。

1) 標準的な測定との比較

各測定方法による測定値を比較した結果、MIP (FRC, RV), MEP (TLC) において有意な差を認めなかった。MEP (TLC) において有意な差を認め、通気孔を用いる ATS/ERS による方法が最も値が小さかった。

これまで、被験者の頬を圧迫した通気孔を用いた測定値に比して、頬を圧迫した通気孔を用いない測定値の方が大きかったことが報告されている⁹²⁾。今回、頬の圧迫の有無によって MEP (TLC) で有意な差を認めたことは、同様の結果であった。呼気努力中において、呼気圧に対する頬筋の関与によって頬の形状は変化する。つまり、頬筋の弾性力または収縮力によって、頬の形状は膨らむか維持される。今回、通気孔サイズは同様であっても頬の圧迫の有無によって MEP (TLC) に差を認めたことは、頬筋の関与による結果であることが考えられた。頬を圧迫することは測定値に対する頬筋の関与度を小さくできると推察され、測定時に被験者の頬を圧迫することは必要であると考えられた。したが

って、最大口腔内圧による呼吸筋力測定は、被験者の頬の緊張状態や発生する口腔内圧の大きさによって影響を受けることが考えられた。

2) 標準的な測定との関連

本研究における方法（通気孔利用無，頬圧迫有）による測定値は，ATS/ERS の方法（通気孔利用有）と呼吸リハビリテーションマニュアルの方法（通気孔利用有，頬圧迫有）の測定値との間において有意な正の相関を認めた．相関係数の大きさについて， ≤ 0.2 はほとんどなし， $0.2 \sim 0.4$ をやや相関がある， $0.4 \sim 0.7$ をかなり相関がある， $0.7 \sim 1.0$ をかなり強い（高い）相関がある．と判断基準を置いた場合⁹⁴⁾，本研究における通気孔を用いない方法は標準的測定方法との間に 0.8 以上の係数を認めたことから，高い相関があると考えられた．測定方法の相違によって測定値に影響する要因が異なる部分を有するが，いずれの測定も圧による呼吸筋力の計測であることから，相関を認めたと考えられた．したがって，通気孔を用いない測定は，標準的な測定同様に呼吸筋力を捉えていると考えられた．

結論

本研究は，標準的な測定と通気孔を用いない測定の関連を調べた．通気孔を用いた標準的な測定と本研究における通気孔を用いない測定の比

較において、MIP (FRC, RV), MEP (FRC) は同等の測定値を示した。
また、通気孔を用いない測定は、標準的測定と高い相関を認めた。

限界と課題

標準的な方法と本研究における方法の測定値の比較においては、通気孔を用いた際の頬の形状変化や頬筋の活動は明らかでなく、関与の程度については課題となる。また、本研究は若年健常成人 10 名における検討であるため、対象者数の増加や対象年齢の拡大が必要と考えられた。また、呼吸筋力が小さいまたは大きい対象における群別の検討が課題に挙げられた。

IV 呼吸筋力の特性

IV-1 若年健常成人における呼吸筋力の性差および参考値

はじめに

II章において、同日内における検者内および検者間信頼性が確認された。III章においては、呼吸筋力測定として通気孔を用いない測定は標準的な測定と関連を認めた。そこで、呼吸筋力に関する知見として、若年健常成人における測定値指標としての参考値を提示することを着想した。また、少ない測定回数で再現性の高い測定をすることが、被験者への負担が少なくなることに繋がると考えたため、測定回数についても再考することとした。

目的

若年健常成人における呼吸筋力の性差および参考値を示すこと。また、再現性を検討することによって測定回数を再検討することである。

方法

対象

対象は、若年健常成人である大学生 138 名（男性 79 名，女性 59 名。年齢，身長（平均値±標準偏差），体重（平均値±標準偏差）の順に 20～23 歳，165.8±8.4cm，60.2±10.6kg，男性：20～23 歳，171.6±5.4cm，66.5±9.0kg，

女性：20～22 歳，158.0±4.4cm，51.7±5.5kg) である。

測定機器，測定項目，測定方法

測定機器，項目および方法はⅡ章と同様とした。測定項目である呼吸筋力は最大口腔内圧法によって得られた圧とした。測定姿勢は椅子における坐位姿勢とした。MIP (FRC, RV)，MEP (FRC, TLC) を各 3 回測定した。測定は，検者と補助者によって実施し，測定値の読み取りは別の人を配置した。また，異なる測定者が測定を実施した。測定には 30 秒以上の間隔を空けた。検者は，測定時に 3 秒以上努力を続けるように声掛けをした。測定記録圧は 1.5 秒以上持続したうちの最高値とした。なお，単位は cmH₂O であるため，国際単位系である kPa に単位変換を実施した。1cmH₂O は 0.0980638kPa として換算し，小数点第一位までの値を示すこととした。

検討項目

若年健常成人に呼吸筋力の指標として参考値を示すために，身長および体重補正を実施し，性別の呼吸筋力を検討した。また，再現性を検証することによって測定回数について検討した。身長および体重補正值は小さくなるため，呼吸筋力の単位は小数点第二位までの値を示すこととした。

統計学的処理

統計学的処理は、R2.8.1 を使用した。有意水準は 5% とした。

1) 呼吸筋力

性差について、人数比は X^2 検定を実施した。また、基本属性、呼吸筋力の比較には Shapiro-Wilk 検定の正規性の検討によって正規分布を確認した後、levene 検定によって等分散性を確認し、2 標本の t 検定、Mann-Whitney 検定または welch の t 検定を実施した。

2) 再現性

3 回測定における呼吸筋力において、相対信頼性について、ICC (1, 1) を用いて 2 回および 3 回の繰り返し測定における信頼係数を検討し、絶対信頼性について B-A A を用いて検証した。採用値には最大値を用いる方針とし、3 回測定における必要な測定回数を検討するために、1 回目と 2 回目の測定値の間、1・2 回目の最大値と 3 回目の測定値の間において B-AA を実施した。

結果

1) 呼吸筋力

呼吸筋力の測定結果を表 38 に示す。身長補正した値を表 39 に示す。また、体重補正した値を表 40 に示す。呼吸筋力は、身長または体重補正

した場合においても、有意な差を認め、女性に比して男性の値が大きかった。

呼吸筋力の平均値に対する標準偏差の割合について、呼吸筋力の平均値に対する標準偏差の割合は、男性が 26.2～35.5%，女性が 36.5～48.1%であった。身長補正した呼吸筋力の場合は男性が 26.0～35.0%，女性が 35.9～47.7%であった。体重補正した呼吸筋力の場合は男性が 25.6～33.1%，女性が 34.5～46.8%であった。

表38 最大口腔内圧法による呼吸筋力

		男性	女性
人数	(名)	79	59
年齢	(歳)	20-23	20-23
身長	(cm)	171.6±5.4	158.0±4.4*
体重	(kg)	66.5±9.0	51.7±5.5*
MIP (FRC) (kPa)	1回目	-9.6±2.9 (30.8)	-6.1±2.8 (46.2)*
	2回目	-9.6±3.1 (32.8)	-6.1±2.9 (48.1)*
	3回目	-9.6±3.1 (32.4)	-6.2±2.9 (46.2)*
	1・2回目の最大値	-10.1±6.6 (29.7)	-6.6±2.9 (44.5)*
MEP (FRC) (kPa)	1回目	10.2±3.6 (35.5)	5.5±2.5 (46.0)*
	2回目	10.5±3.5 (33.9)	5.5±2.6 (46.4)*
	3回目	10.4±3.7 (35.4)	5.5±2.4 (44.4)*
	1・2回目の最大値	10.9±3.6 (33.4)	5.9±2.5 (43.3)*
MIP (RV) (kPa)	1回目	-10.7±3.2 (30.3)	-7.0±2.8 (40.5)*
	2回目	-10.7±3.3 (30.7)	-7.1±2.6 (36.8)*
	3回目	-10.9±3.0 (27.9)	-7.1±2.7 (37.6)*
	1・2回目の最大値	-11.1±3.2 (29.3)	-7.4±2.7 (36.5)*
MEP (TLC) (kPa)	1回目	13.1±3.4 (26.2)	7.7±3.3 (42.9)*
	2回目	13.0±3.8 (29.2)	7.5±3.2 (42.1)*
	3回目	13.2±3.8 (28.7)	7.4±3.2 (42.9)*
	1・2回目の最大値	13.8±3.6 (26.3)	8.1±3.2 (39.8)*

男性と女性の比較, *: p<0.05

年齢: 範囲, 身長, 体重: 平均値±標準偏差, 呼吸筋力: 平均値±標準偏差 (平均値に対する標準偏差の割合: %)

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧, MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量,

TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表39 最大口腔内圧法による呼吸筋力(身長補正)

		男性 (n=79)	女性 (n=59)
MIP (FRC) (kPa)	1回目	-0.05±0.01 (30.5)	-0.03±0.01 (45.8)*
	2回目	-0.05±0.01 (32.3)	-0.03±0.01 (47.7)*
	3回目	-0.05±0.01 (32.2)	-0.04±0.01 (45.7)*
	1・2回目の最大値	-0.05±0.01 (29.2)	-0.04±0.01 (44.2)*
MEP (FRC) (kPa)	1回目	0.06±0.02 (35.0)	0.03±0.01 (45.7)*
	2回目	0.06±0.02 (33.3)	0.03±0.01 (46.0)*
	3回目	0.06±0.02 (34.9)	0.03±0.01 (44.0)*
	1・2回目の最大値	0.06±0.02 (32.8)	0.03±0.01 (42.9)*
MIP (RV) (kPa)	1回目	-0.06±0.01 (29.9)	-0.04±0.01 (39.8)*
	2回目	-0.06±0.01 (30.3)	-0.04±0.01 (36.3)*
	3回目	-0.06±0.01 (27.5)	-0.04±0.01 (37.4)*
	1・2回目の最大値	-0.06±0.01 (29.0)	-0.04±0.01 (35.9)*
MEP (TLC) (kPa)	1回目	0.07±0.02 (26.0)	0.04±0.02 (42.4)*
	2回目	0.07±0.02 (29.1)	0.04±0.02 (41.7)*
	3回目	0.07±0.02 (28.5)	0.04±0.02 (42.8)*
	1・2回目の最大値	0.08±0.02 (26.2)	0.05±0.02 (39.3)*

男性と女性の比較, *: p<0.05

呼吸筋力(身長補正值): 平均値±標準偏差(平均値に対する標準偏差の割合: %)

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧, MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量,

TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表40 最大口腔内圧法による呼吸筋力(体重補正)

		男性 (n=79)	女性 (n=59)
MIP (FRC) (kPa)	1回目	-0.146±0.04 (29.3)	-0.118±0.05 (44.2)*
	2回目	-0.146±0.04 (30.4)	-0.119±0.05 (46.8)*
	3回目	-0.146±0.04 (30.7)	-0.122±0.05 (44.5)*
	1・2回目の最大値	-0.154±0.04 (27.5)	-0.128±0.05 (42.8)*
MEP (FRC) (kPa)	1回目	0.155±0.05 (33.1)	0.108±0.04 (44.5)*
	2回目	0.159±0.05 (32.2)	0.108±0.04 (44.2)*
	3回目	0.158±0.05 (32.9)	0.109±0.04 (42.5)*
	1・2回目の最大値	0.166±0.05 (31.3)	0.116±0.04 (41.6)*
MIP (RV) (kPa)	1回目	-0.162±0.04 (29.0)	-0.136±0.05 (37.9)*
	2回目	-0.162±0.04 (29.0)	-0.138±0.04 (35.1)*
	3回目	-0.166±0.04 (26.3)	-0.139±0.05 (35.8)*
	1・2回目の最大値	-0.169±0.04 (27.9)	-0.145±0.05 (34.5)*
MEP (TLC) (kPa)	1回目	0.199±0.05 (25.6)	0.150±0.06 (40.3)*
	2回目	0.198±0.05 (28.4)	0.146±0.05 (40.1)*
	3回目	0.201±0.05 (27.5)	0.145±0.06 (42.0)*
	1・2回目の最大値	0.210±0.05 (25.6)	0.158±0.05 (37.3)*

男性と女性の比較, *: p<0.05

呼吸筋力(体重補正值): 平均値±標準偏差(平均値に対する標準偏差の割合: %)

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧, MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量,

TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

2) 再現性

男性

ICC (1, 1) の結果を表 41 に示す. B-AA の結果を表 42, 図 42~49 に B-A plot を示す. 2 回および 3 回測定における ICC (1, 1) の結果は 0.870 ~0.933 であった. 各肺気量位における吸気・呼気筋力測定において, 1 回目と 2 回目の測定値の間に系統誤差を認めなかった. 1 回測定における MDC_{95} は, MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) において, それぞれ 2.56kPa, 2.35kPa, 2.99kPa, 3.65kPa であった. MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) における MDC_{95} の値は 1 回目の平均値の 26.6%, 21.9%, 29.3%, 27.8% であった. MIP (FRC), MEP (FRC, TLC) において, 1・2 回目の最大値と 3 回目の測定値の間には固定誤差を認め, 1・2 回目の最大値の方が大きかった. MIP (RV) においては系統誤差を認めなかった. MDC_{95} は 2.35kPa であり, 1・2 回目の最大値の 21.1% であった.

表41 男性における繰り返し測定における再現性 (n=79)

測定回数	2回		3回	
	ICC(1,1) (95%CI)	SEM (kPa)	ICC(1,1) (95%CI)	SEM (kPa)
MIP (FRC)	0.910 (0.863~0.941)	0.92	0.893 (0.850~0.927)	1.01
MEP (FRC)	0.908 (0.860~0.940)	1.08	0.873 (0.922~0.912)	1.29
MIP (RV)	0.933 (0.897~0.956)	0.85	0.921 (0.888~0.946)	0.89
MEP (TLC)	0.870 (0.804~0.914)	1.31	0.878 (0.804~0.914)	1.29

ICC (1, 1) (Intra-rater reliability): 検者内信頼性,
 95%CI (Confidence interval 95%): 95%信頼区間,
 SEM (standard error of mean): 標本平均の標準誤差,
 MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
 MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,
 FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,
 RV (Residual Volume): 残気量,
 TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表42 男性の呼吸筋力測定におけるBland-Altman分析 (n=79)

測定項目	比較	固定誤差		比例誤差		LOA (kPa)	MDC ₉₅ (kPa)
		95%信頼区間	有無	直線の傾き	有無		
MIP (FRC)	A	-0.29 ~ 0.28	なし	-0.063 p=0.197	なし	-	2.56
	B	-0.79 ~ -0.18	あり	-0.041 p=0.425	なし	-2.62 ~ 1.64	-
MEP (FRC)	A	-0.61 ~ 0.07	なし	0.021 p=0.664	なし	-	2.99
	B	0.03 ~ 0.93	あり	-0.016 p=0.801	なし	-2.69 ~ 3.65	-
MIP (RV)	A	-0.24 ~ 0.29	なし	-0.017 p=0.683	なし	-	2.35
	B	-0.49 ~ 0.04	なし	0.071 p=0.099	なし	-	2.35
MEP (TLC)	A	-0.33 ~ 0.49	なし	-0.109 p=0.067	なし	-	3.65
	B	0.21 ~ 0.88	あり	-0.049 p=0.289	なし	-1.81 ~ 2.92	-

A: 1回目と2回目の測定値の比較, B: 1・2回目の最大値と3回目の測定値の比較
 LOA (limits of agreement): 誤差の許容範囲,
 MDC₉₅ (minimal detectable change 95%): 最小可検変化量の95%信頼区間,
 MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
 MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,
 FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量,
 TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

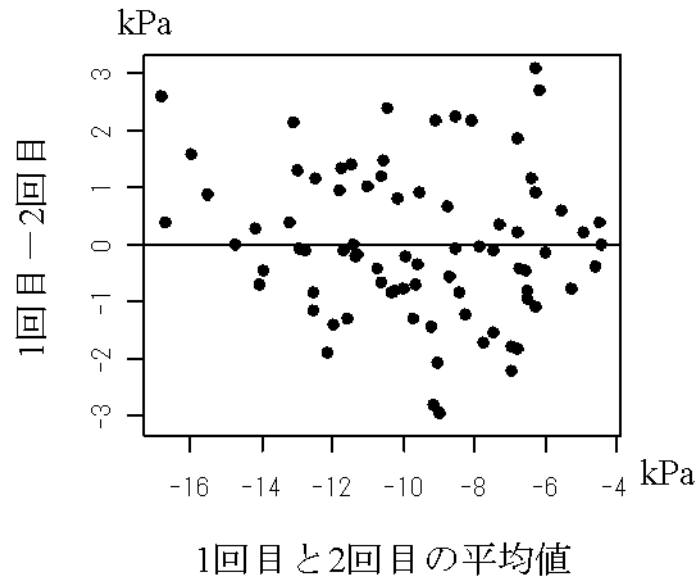


図 42. MIP (FRC) 1 回目と 2 回目の B-A plot (男性, n=79)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった.

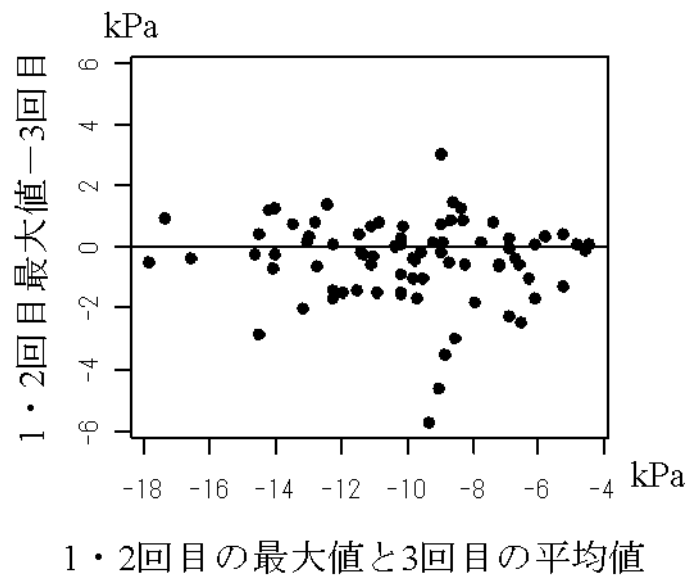


図 43. MIP (FRC) 1・2 回目最大値と 3 回目の B-A plot (男性, n=79)
 固定誤差を認め, 3 回目の値よりも 1・2 回目の最大値の方が大きかった.
 比例誤差を認めなかった.

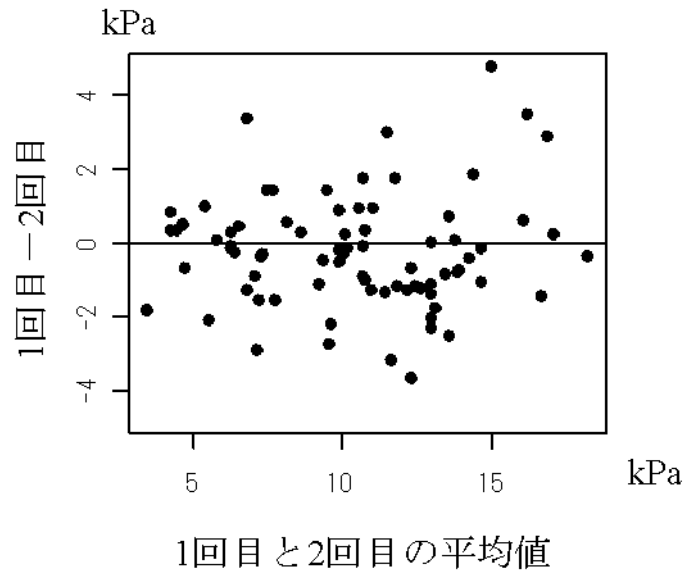


図 44. MEP (FRC) 1 回目と 2 回目の B-A plot (男性, n=79)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった.

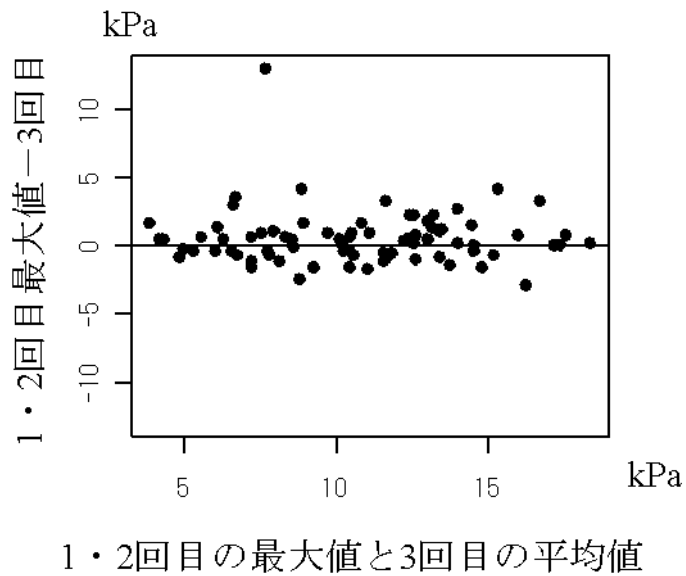


図 45. MEP (FRC) 1・2 回目最大値と 3 回目の B-A plot (男性, n=79)
 固定誤差を認め, 3 回目の値よりも 1・2 回目の最大値の方が大きかった.
 比例誤差を認めなかった.

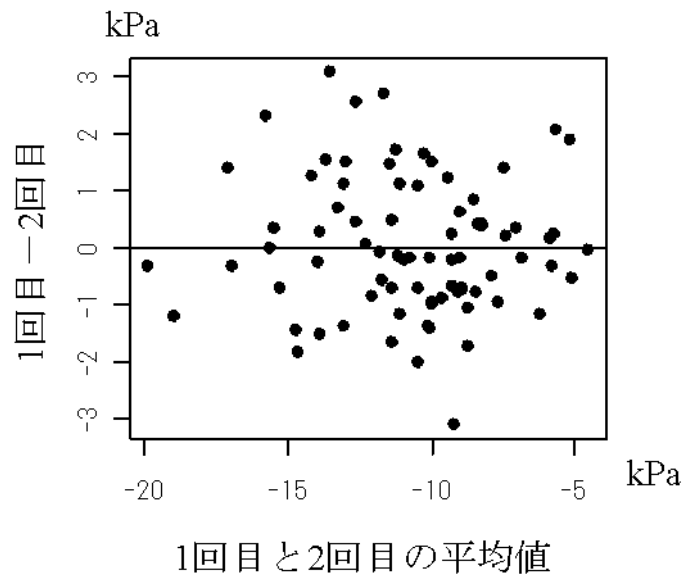


図 46. MIP (RV) 1 回目と 2 回目の B-A plot (男性, n=79)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった.

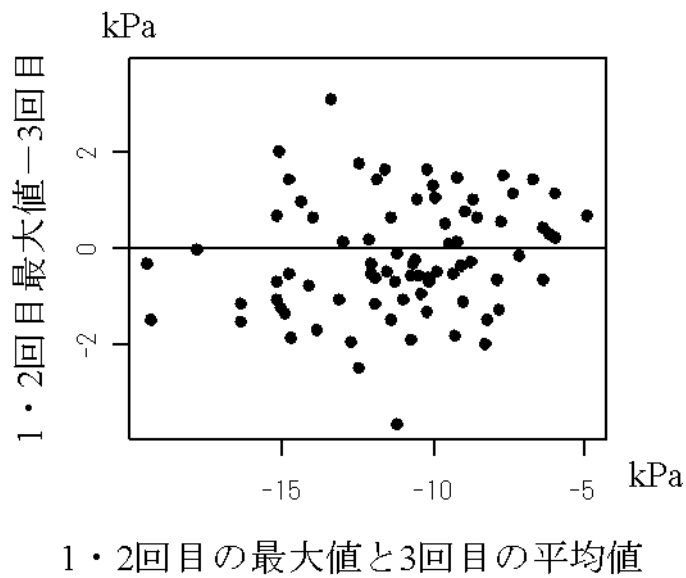


図 47. MIP (RV) 1・2 回目最大値と 3 回目の B-A plot (男性, n=79)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった.

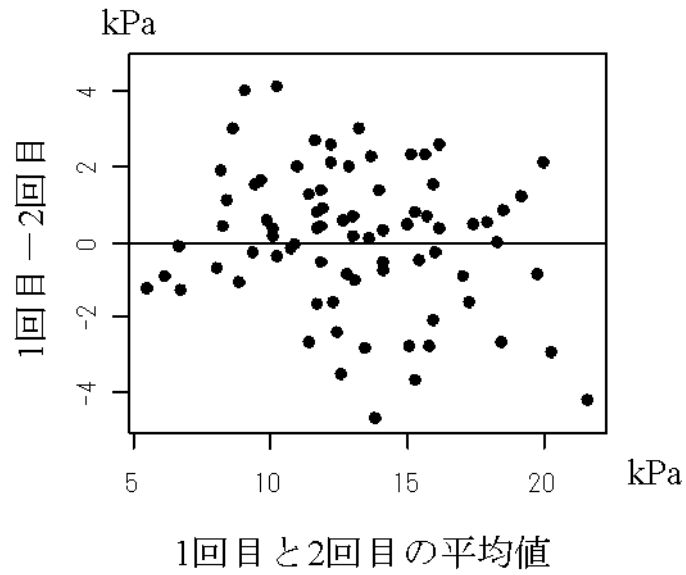


図 48. MEP (TLC) 1 回目と 2 回目の B-A plot (男性, n=79)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった.

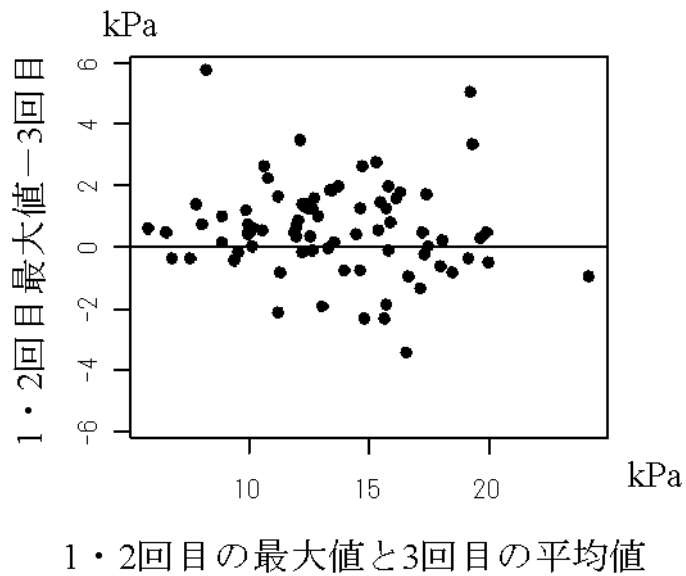


図 49. MEP (TLC) 1・2 回目最大値と 3 回目の B-A plot (男性, n=28)
 固定誤差を認め, 3 回目の値よりも 1・2 回目の最大値の方が大きかった.
 比例誤差を認めなかった.

女性

ICC (1, 1) の結果を表 43 に示す. B-AA の結果を表 44, 図 50~57 に B-A plot を示す. 2 回および 3 回測定における ICC (1, 1) の結果は 0.903 ~0.926 であった. 各肺気量位における吸気・呼気筋力測定において, 1 回目と 2 回目の測定値の間に系統誤差を認めなかった. 1 回測定における MDC_{95} は, MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) において, それぞれ 2.43kPa, 2.10kPa, 2.03kPa, 2.50kPa であった. MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) における MDC_{95} の値は 1 回目の平均値の 39.8%, 30.0%, 36.9%, 32.4% であった. MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) において, 1・2 回目の最大値と 3 回目の測定値の間には固定誤差を認め, 1・2 回目の最大値の方が大きかった.

表43 女性における繰り返し測定における再現性 (n=59)

測定回数	2回		3回	
	ICC(1,1) (95%CI)	SEM (kPa)	ICC(1,1) (95%CI)	SEM (kPa)
MIP (FRC)	0.908 (0.850~0.944)	0.88	0.920 (0.880~0.948)	0.81
MEP (FRC)	0.920 (0.869~0.951)	0.73	0.908 (0.863~0.941)	0.77
MIP (RV)	0.923 (0.874~0.953)	0.75	0.926 (0.890~0.953)	0.73
MEP (TLC)	0.923 (0.874~0.953)	0.90	0.903 (0.855~0.937)	1.01

ICC (1, 1) (Intra-rater reliability): 検者内信頼性,
 95%CI (Confidence interval 95%): 95%信頼区間,
 SEM (standard error of mean): 標本平均の標準誤差,
 MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
 MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,
 FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,
 RV (Residual Volume): 残気量,
 TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

表44 女性の呼吸筋力測定におけるBland-Altman分析 (n=59)

測定項目	比較	固定誤差		比例誤差		LOA (kPa)	MDC ₉₅ (kPa)
		95%信頼区間	有無	直線の傾き	有無		
MIP (FRC)	A	-0.32 ~ 0.32	なし	-0.041 p=0.479	なし	-	2.43
	B	-0.56 ~ -0.08	あり	0.012 p=0.759	なし	-1.70 ~ 1.05	-
MEP (FRC)	A	-0.31 ~ 0.22	なし	-0.018 p=0.740	なし	-	2.03
	B	0.11 ~ 0.62	あり	0.040 p=0.440	なし	-1.09 ~ 1.84	-
MIP (RV)	A	-0.19 ~ 0.36	なし	0.088 p=0.094	なし	-	2.10
	B	-0.51 ~ -0.02	あり	0.008 p=0.859	なし	-1.67 ~ 1.12	-
MEP (TLC)	A	-0.15 ~ 0.50	なし	0.043 p=0.416	なし	-	2.50
	B	0.30 ~ 1.09	あり	0.013 p=0.830	なし	-1.56 ~ 2.96	-

A: 1回目と2回目の測定値の比較, B: 1・2回目の最大値と3回目の測定値の比較

LOA (limits of agreement): 誤差の許容範囲,

MDC₉₅ (minimal detectable change 95%): 最小可検変化量の95%信頼区間,

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,

MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量,

TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

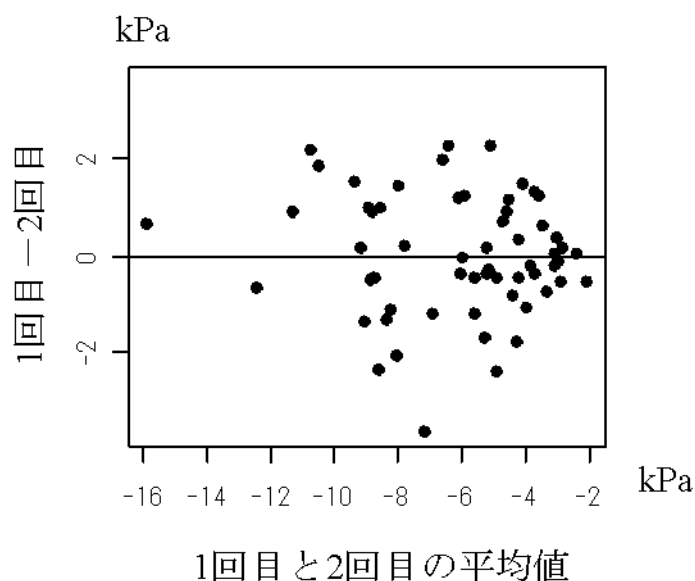
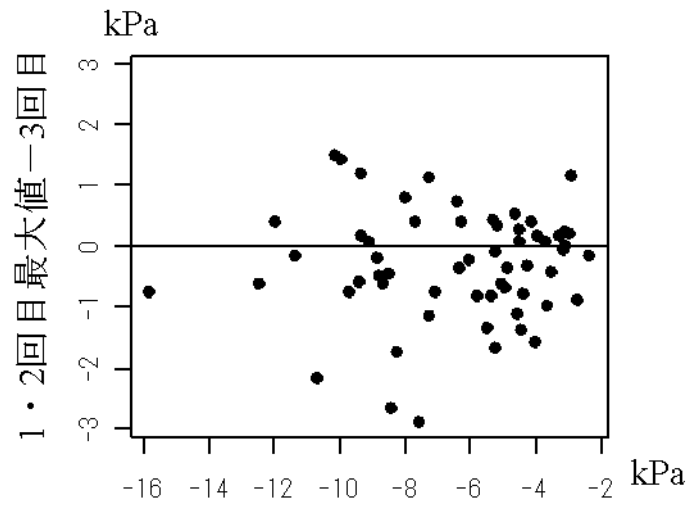
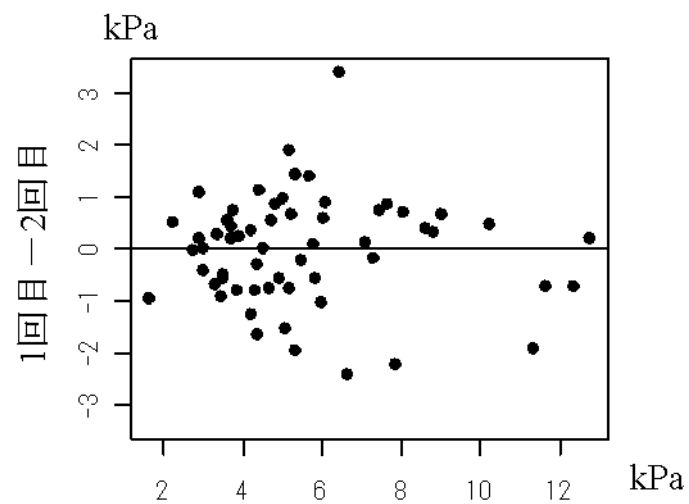


図 50. MIP (FRC) 1 回目と 2 回目の B-A plot (女性, n=59)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった.



1・2回目の最大値と3回目の平均値

図 51. MIP (FRC) 1・2 回目最大値と 3 回目の B-A plot (女性, n=59)
 固定誤差を認め, 3 回目の値よりも 1・2 回目の最大値の方が大きかった.
 比例誤差を認めなかった.



1回目と2回目の平均値

図 52. MEP (FRC) 1 回目と 2 回目の B-A plot (女性, n=59)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった.

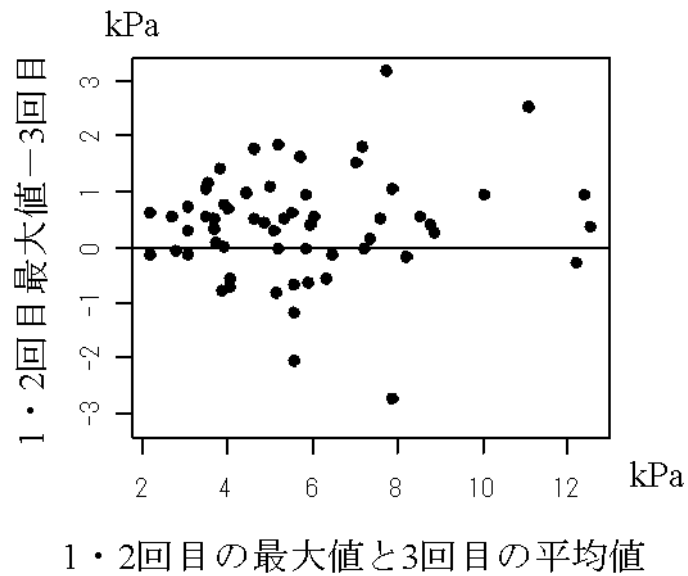


図 53. MEP (FRC) 1・2 回目最大値と 3 回目の B-A plot (女性, n=59)
 固定誤差を認め, 3 回目の値よりも 1・2 回目の最大値の方が大きかった.
 比例誤差を認めなかった.

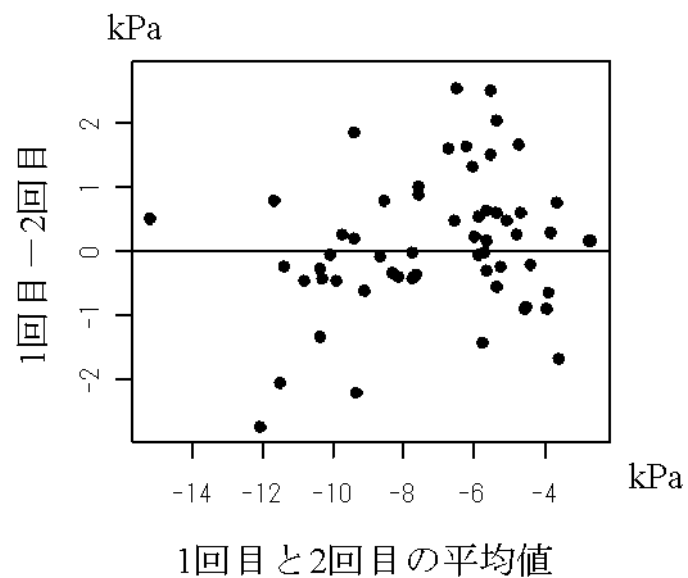
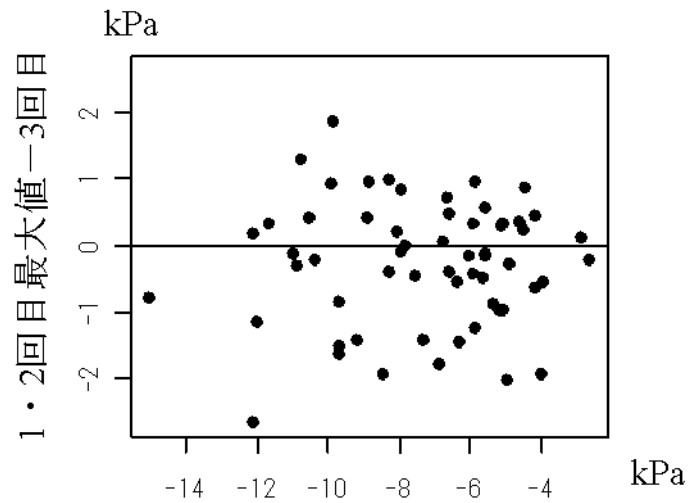
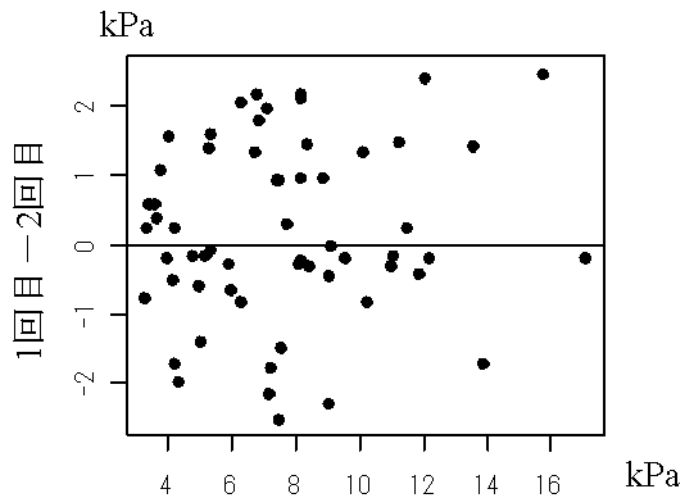


図 54. MIP (RV) 1 回目と 2 回目の B-A plot (女性, n=59)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった.



1・2回目の最大値と3回目の平均値

図 55. MIP (RV) 1・2 回目最大値と 3 回目の B-A plot (女性, n=59)
 固定誤差を認め, 3 回目の値よりも 1・2 回目の最大値の方が大きかった.
 比例誤差を認めなかった.



1回目と2回目の平均値

図 56. MEP (TLC) 1 回目と 2 回目の B-A plot (女性, n=59)
 系統誤差 (固定誤差および比例誤差)を認めなかった.

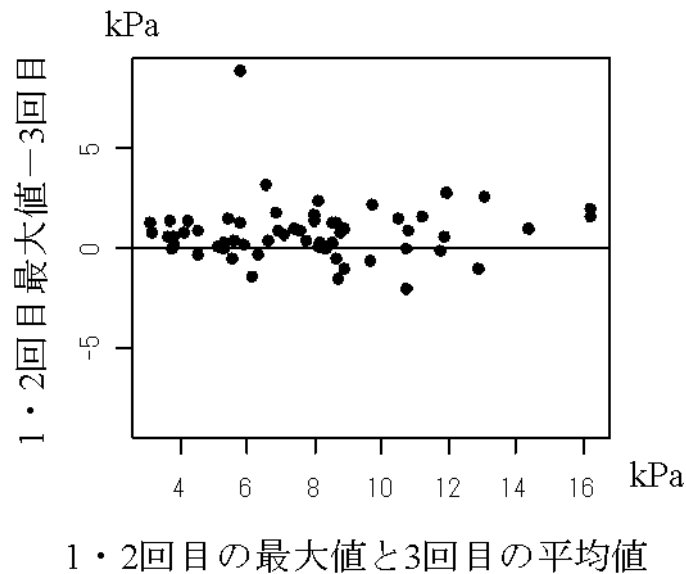


図 57. MEP (TLC) 1・2 回目最大値と 3 回目の B-A plot (女性, n=59)
 固定誤差を認め, 3 回目の値よりも 1・2 回目の最大値の方が大きかった.
 比例誤差を認めなかった.

考察

本研究は, 若年健常成人における呼吸筋力の性差および参考値を示すこと. また, 再現性を検討することによって測定回数を再検討することを目的とした.

1) 呼吸筋力

国民健康・栄養調査の身体状況調査における 2015 年の 20~23 歳の身長, 体重の平均値・標準偏差の年次推移によると, 身長, 体重の平均値は順に男性は 170.7~173.2cm, 64.6~71.3kg, 女性は 156.1~158.1cm, 50.0~52.5kg である⁹⁵⁾. 本研究において, 対象者の身長, 体重の平均値は,

順に男性が 171.6cm, 66.5kg であり, 女性が 158.0cm, 51.7kg であった。したがって, 本研究で対象とした若年健常成人は日本人の 20~23 歳の体格と同等であったといえる。そのため, 本研究の対象者特性は 20~23 歳の代表値として捉えられ, 呼吸筋力は参考値とすることが可能であると考えられた。

身長および体重において有意な差を認め, 女性よりも男性の値が大きかったことより, 体格に性差があることが確認された。また, 呼吸筋力は, MIP (FRC, RV) と MEP (FRC, TLC) の測定において有意な差を認め, 女性よりも男性の値が大きかったことより, 性差が確認された。

呼吸筋力の平均値に対する標準偏差の割合は, 素値, 身長補正または体重補正した値において, 男性が 25.6~35.5%, 女性が 34.5~48.1% と大きかった。身長, 体重によって正規化しても平均値に対する標準偏差の割合は大きかったことから, 呼吸筋力の多寡には個人差が存在すると考えられた。そのため, 呼吸筋力測定は同一個人における経時的な測定指標として用いることが望ましいと考えられた。本研究における対象者属性は 20~23 歳の体格と同様であることから, 同年代における参考値とすることが可能性であると考えられた。

2) 再現性

男性

2回および3回測定における ICC (1, 1) の結果は 0.8 以上であることから、再現性は良好⁹¹⁾であると判断された。各肺気量位における吸気・呼気筋力測定において、1回目と2回目の測定値の間に系統誤差を認めず、1回測定における MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) の MDC_{95} は1回目の平均値の 26.6%, 21.9%, 29.3%, 27.8%であった。MIP (FRC), MEP (FRC, TLC) において、1・2回目の最大値と3回目の測定値の間には固定誤差を認め、1・2回目の最大値の方が大きかった。MIP (RV) においては系統誤差を認めなかったが、 MDC_{95} は1・2回目の最大値の 21.1%であった。 MDC_{95} は大きく、1・2回目の最大値は3回目の測定値よりも大きいことから、測定回数は少なくとも2回実施し、採用値は最大値とすることが考えられた。

女性

2回および3回測定における ICC (1, 1) の結果は 0.9 以上であり、再現性は優秀⁹¹⁾であると判断された。各肺気量位における吸気・呼気筋力測定において、1回目と2回目の測定値の間に系統誤差を認めず、1回測定における MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) の MDC_{95} の値は1回目の平均値の 39.8%, 30.0%, 36.9%, 32.4%であった。MIP (FRC, RV),

MEP (FRC, TLC) において、1・2 回目の最大値と 3 回目の測定値の間には固定誤差を認め、1・2 回目の最大値の方が大きかった。MDC₉₅ は大きく、1・2 回目の最大値は 3 回目の測定値よりも大きいことから、測定回数は少なくとも 2 回実施し、採用値は最大値とすることが考えられた。

結論

本研究は、20~23 歳の若年健常成人における呼吸筋力を提示した。また、相対および絶対信頼性を検証し、必要な測定回数および採用値について再検討した。

本研究の対象者は、本邦における同年代と同様の身長および体重であった。性差について、身長、体重および呼吸筋力は、女性よりも男性の値が大きかった。3 回測定における再現性において、ICC は男女ともに 0.8 以上と高かった。また、1 回目の 2 回目の測定値の間に系統誤差を認めなかった。男女とも MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) において、男性の MIP (RV) を除き、1・2 回目の最大値と 3 回目の測定値の間に固定誤差を認め、1・2 回目の最大値が大きかった。平均値に対する MDC₉₅ の割合は 21.9~39.8% と大きかった。

以上より、呼吸筋力は、若年健常成人において性差を認めた。ICC の結果からは、呼吸筋力の同日内セッション内再現性は良好であることが示唆された。3 回測定における ICC と B-A A による誤差を考慮すると、

測定回数は、少なくとも 2 回実施し、採用値は最大値とすることが考えられた。偶然誤差は大きいことから、安定した値が得られるまでには繰り返し測定が必要である可能性が考えられた。

限界と課題

本研究は、若年健常成人に対し、呼吸筋力測定を 3 回実施し、再現性の検討を用いて測定回数を検討した。少ない回数で最大値が得られるのかについて、少なくとも 2 回の測定を実施し、最大値を採用することが考えられたが、4 回以上の測定は含んでいないことが課題となる。また、身長および体重は同年代と同様であったが、生活背景や活動量、筋力は異なることも想定される。したがって、参考値として提示しているが、種々の要因によって日本人の同年代の代表値であるのかは課題が残る。そのため、活動量や運動習慣、筋力のような他の要因を含めて検討していく必要性が課題として挙げられた。

IV-2. 呼吸筋力と簡易肺機能検査指標の関連

はじめに

肺気量における RV や TLC の決定要因には呼吸筋力が関わる^{75,80)}。肺気量分画を測定する肺機能検査は精密または簡易肺機能検査がある。肺気量の RV や FRC の測定、拡散機能などの評価には精密肺機能検査が必要となる。しかし、リハビリテーション分野において広く汎用されるものは携帯性にも優れた簡易肺機能検査である。そこで、簡易肺機能検査で得られる呼吸機能指標と呼吸筋力の関連が明らかになることは、呼吸筋力トレーニングによる効果により、影響を受ける可能性のある肺機能指標を検討することに役立つと考えられるため、調査することとした。

目的

本研究の目的は、呼吸筋力と簡易肺機能検査指標との関連を検討することである。

方法

対象

対象は、若年健常成人である大学生 73 名（男性 43 名，女性 30 名。年齢，身長（平均値±標準偏差），体重（平均値±標準偏差）の順に 20～23 歳，166.0±8.6cm，52.7±4.3kg，男性：20～23 歳，172.0±5.0cm，66.2±8.2kg，

女性：21～22歳，157.4±4.2cm，50.8±4.6kg）である。

測定機器，測定項目，測定方法

電子スパイロメータ（Multi-Functional Spirometer HI-801，チェスト株式会社製）または電子式診断用スパイロメータ（オートスパイロ AS-507，ミナト医科学社製）を使用した。また，呼吸筋力センサー（Respiratory pressure，チェスト株式会社製），ノーズクリップ，呼吸機能検査用フィルタおよびマウスピースを使用した。呼吸筋力は最大口腔内圧法によって得られた圧とした。MIP（FRC，RV），MEP（FRC，TLC）を各3回測定し，最大値を採用した。肺機能検査の測定方法は，ATS/ERS のガイドライン⁹⁶⁾に準じて少なくとも3回測定し（最大8回まで）⁷⁵⁾，最大値を採用した。緩徐な換気での肺活量（SVC: Slow Vital Capacity），FVC，FEV_{1.0}，1秒率（FEV_{1.0}%（G: Gaensler）），PEFを測定した。なお，呼吸筋力の単位はcmH₂Oであるため，国際単位系であるkPaに単位変換を実施した。1cmH₂Oは0.0980638kPaとして換算し，小数点第一位までの値を示すこととした。

検討項目

呼吸筋力と簡易肺機能検査指標の関連について，呼吸筋力と年齢，身長，体重，SVC，FVC，FEV_{1.0}，FEV_{1.0}%（G）、PEFの関連を性別に検討

した。

統計学的処理

統計学的処理は、R2.8.1 を使用した。有意水準は 5% とした。人数比は X^2 検定を実施した。また、基本属性、呼吸筋力、簡易肺機能検査指標の比較には Shapiro-Wilk 検定の正規性の検討によって正規分布を確認した後、levene 検定によって等分散性を確認し、2 標本の t 検定、Mann-Whitney 検定または welch の t 検定を実施した。呼吸筋力と肺機能の関連は、Shapiro-Wilk 検定の正規性の検討によって正規分布を確認した後、Spearman の順位相関分析をした。

結果

呼吸筋力、簡易肺機能検査指標の結果を表 45 に示す。身長、体重、呼吸筋力、簡易肺機能検査指標 (SVC, FVC, FEV_{1.0}, PEF) において、女性よりも男性の値が大きかった。

表45 呼吸筋力と簡易肺機能検査指標

		男性	女性
人数	(名)	43	30
年齢	(歳)	20-23	21-22
身長	(cm)	172.0±5.0	157.4±4.2*
体重	(kg)	66.2±8.2	50.8±4.6*
MIP (FRC)	(kPa)	-10.4±3.2	-6.9±2.8*
MEP (FRC)	(kPa)	11.5±3.7	6.6±2.5*
MIP (RV)	(kPa)	-11.7±3.3	-7.6±2.5*
MEP (TLC)	(kPa)	14.4±3.4	8.4±3.0*
SVC	(L)	4.43±0.43	3.13±0.42*
FVC	(L)	4.49±0.43	3.13±0.40*
FEV _{1.0}	(L/sec)	3.87±0.51	2.65±0.35*
FEV _{1.0} % (G)	(%)	86.0±9.4	85.1±9.1
PEF	(L/min)	7.83±1.99	4.77±1.50*

男性と女性の比較, 平均値±標準偏差, *: p<0.05

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
 MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,
 FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,
 RV (Residual Volume): 残気量,
 TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量,
 SVC (Slow vital capacity): 緩徐な換気での肺活量,
 FVC (Forced vital capacity): 努力肺活量,
 FEV_{1.0}(Forced vital capacity in one second): 1秒量,
 FEV_{1.0}% (G) (= FEV_{1.0}/ FVC×100 (Gaensler)): 1秒率,
 PEF (Peak Expiratory Flow): 最大呼気流量

呼吸筋力と簡易肺機能検査指標の関連について, 男性の相関分析結果を表 46, 女性の相関分析結果を表 47 に示す. 相関分析の散布図を図 58 ~89 に示す.

男性

身長は MIP (FRC, RV) と有意な相関 ($\rho=0.451, 0.396$) を認めた. 体重は MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) と有意な相関 ($\rho=0.345\sim 0.471$) を認めた. FVC は MEP (TLC) と有意な相関 ($\rho=0.113$) を認めた. FEV_{1.0} は MEP (FRC) と有意な相関 ($\rho=0.331$) を認めた. FEV_{1.0}% (G) は MIP (FRC) と有意な相関 ($\rho=0.169$) を認めた. PEF は MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) と有意な相関 ($\rho=0.453\sim 0.569$) を認めた. 年齢, SVC は呼吸筋力と有意な相関を認めなかった.

表46 男性における呼吸筋力と肺機能指標の相関関係 (n=43)

	年齢	身長	体重	SVC	FVC	FEV _{1.0}	FEV _{1.0} % (G)	PEF
年齢								
身長	0.128							
体重	0.176	0.485*						
SVC	0.380*	0.490*	0.656*					
FVC	0.318*	0.515*	0.597*	0.939*				
FEV _{1.0}	0.201	0.390*	0.263	0.606*	0.667*			
FEV _{1.0} % (G)	0.070	-0.070	-0.332*	-0.283	-0.239	0.452*		
PEF	0.176*	0.325*	0.312*	0.437*	0.343*	0.485*	0.262	
MIP (FRC)	0.149	0.451*	0.471*	0.251	0.227	0.328	0.169*	0.569*
MEP (FRC)	0.197	0.230	0.345*	0.268	0.242	0.331*	0.190	0.467*
MIP (RV)	0.132	0.396*	0.383*	0.137	0.154	0.206	0.069	0.485*
MEP (TLC)	0.218	0.372	0.367*	0.188	0.113*	0.113	0.124	0.453*

Spearmanの順位相関分析, *: p<0.05

SVC (Slow vital capacity): 緩徐な換気での肺活量, FVC (Forced vital capacity): 努力肺活量,

FEV_{1.0} (Forced vital capacity in one second): 1秒量,

FEV_{1.0}% (G) (= FEV_{1.0}/ FVC×100 (Gaensler)): 1秒率, PEF (Peak Expiratory Flow): 最大呼気流量,

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,

MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量, TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

女性

SVC は MIP (RV), MEP (TLC) と有意な相関 ($\rho=0.387, 0.437$) を認めた。FVC は MIP (FRC, RV), MEP (TLC) と有意な相関 ($\rho=0.396, 0.398, 0.447$) を認めた。FEV_{1.0} は MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) と有意な相関 ($\rho=0.447\sim0.610$) を認めた。PEF は MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) と有意な相関 ($\rho=0.487\sim0.659$) を認めた。年齢, 身長, 体重, FEV_{1.0}% (G) は有意な相関を認めなかった。

表47 女性における呼吸筋力と肺機能指標の相関関係 (n=30)

	年齢	身長	体重	SVC	FVC	FEV _{1.0}	FEV _{1.0} % (G)	PEF
年齢								
身長	0.017							
体重	0.291	0.272						
SVC	0.038	0.146	0.447*					
FVC	0.035	0.090	0.453*	0.989*				
FEV _{1.0}	-0.266	-0.011	0.247	0.696*	0.713*			
FEV _{1.0} % (G)	-0.273	-0.257	-0.288	-0.497*	-0.470*	0.090		
PEF	-0.007	-0.309	0.058	0.210	0.223	0.597*	0.223	
MIP (FRC)	0.241	-0.295	0.320	0.357	0.396*	0.478*	0.396	0.614*
MEP (FRC)	0.043	-0.090	0.045	0.312	0.306	0.559*	0.306	0.539*
MIP (RV)	0.141	-0.185	0.224	0.387*	0.398*	0.447*	0.398	0.487*
MEP (TLC)	0.252	-0.228	0.337	0.437*	0.447*	0.610*	0.447	0.659*

Spearmanの順位相関分析, *: $p<0.05$

SVC (Slow vital capacity): 緩徐な換気での肺活量, FVC (Forced vital capacity): 努力肺活量,

FEV_{1.0} (Forced vital capacity in one second): 1秒量,

FEV_{1.0}% (G) (= FEV_{1.0}/FVC×100 (Gaensler)): 1秒率, PEF (Peak Expiratory Flow): 最大呼気流量,

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,

MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量, RV (Residual Volume): 残気量, TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

MIP (FRC) と簡易肺機能検査指標の関連 (図 58~65)

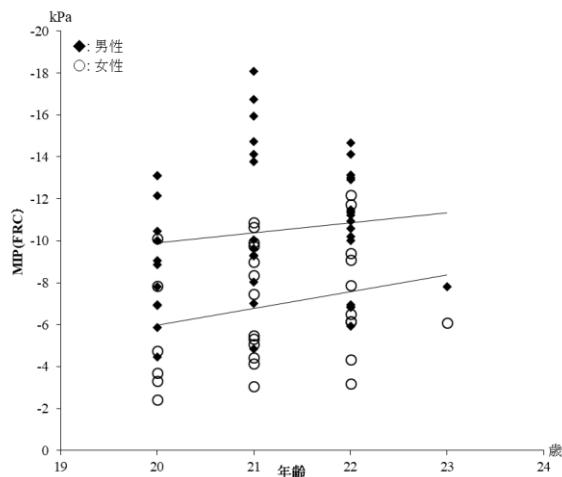


図 58. MIP (FRC) と年齢

男性 (n=43, $\rho=0.149$, no significant difference)

女性 (n=30, $\rho=0.241$, no significant difference)

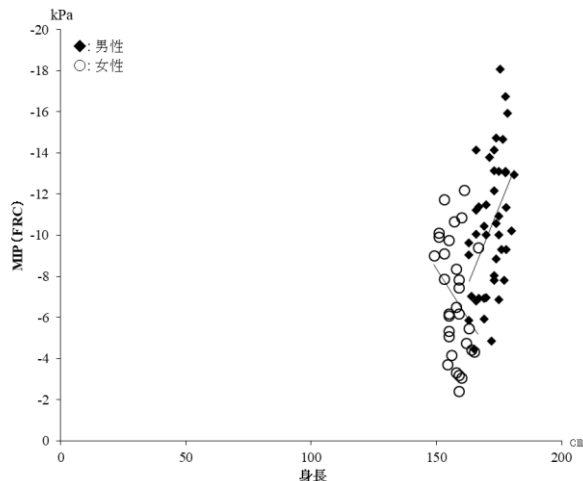


図 59. MIP (FRC) と身長

男性 (n=43, $\rho=0.451$, $p<0.05$)

女性 (n=30, $\rho=-0.295$, no significant difference)

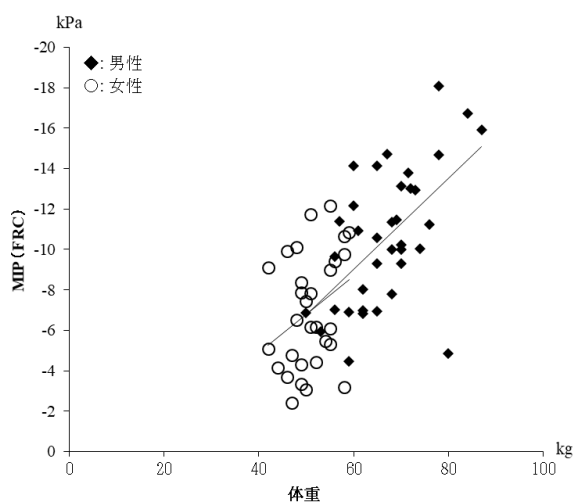


図 60. MIP (FRC) と体重

男性 (n=43, $\rho=0.471$, $p<0.05$)

女性 (n=30, $\rho=0.320$, no significant difference)

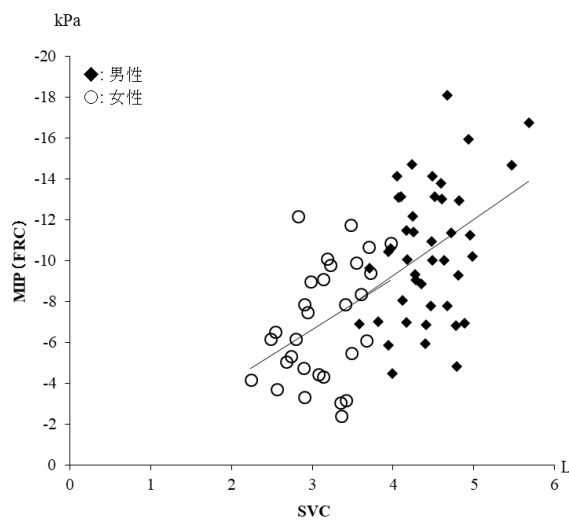


図 61. MIP (FRC) と SVC

男性 (n=43, $\rho=0.251$, no significant difference)

女性 (n=30, $\rho=0.357$, no significant difference)

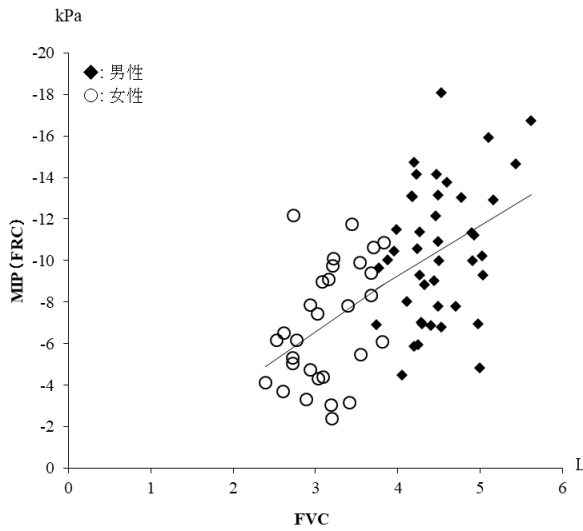


図 62. MIP (FRC) と FVC

男性 (n=43, $\rho=0.227$, no significant difference)

女性 (n=30, $\rho=0.396$, $p<0.05$)

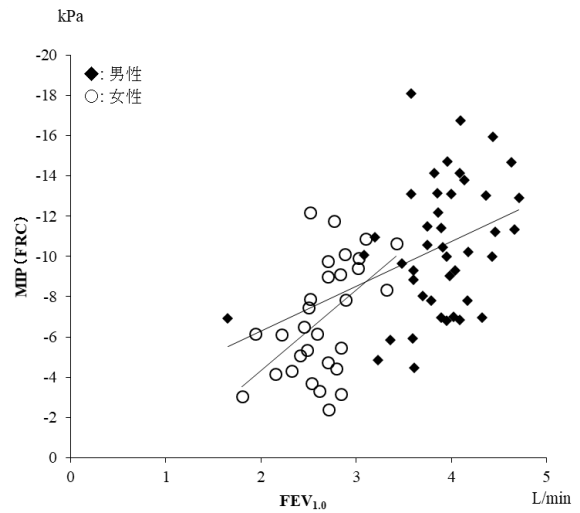


図 63. MIP (FRC) と FEV_{1.0}

男性 (n=43, $\rho=0.328$, no significant difference)

女性 (n=30, $\rho=0.478$, $p<0.05$)

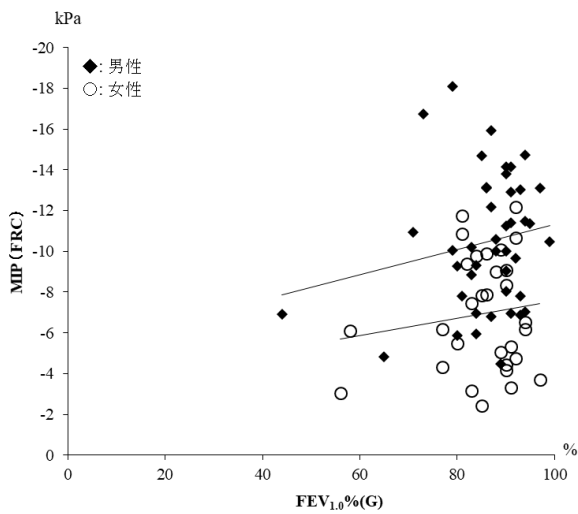


図 64. MIP (FRC) と FEV_{1.0}% (G)

男性 (n=43, $\rho=0.169$, $p<0.05$)

女性 (n=30, $\rho=0.396$, no significant difference)

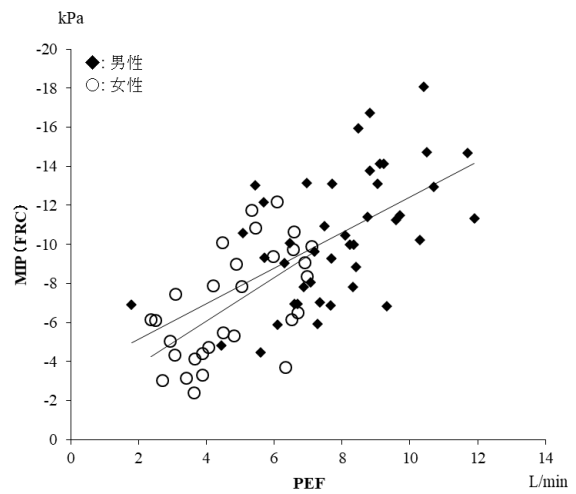


図 65. MIP (FRC) と PEF

男性 (n=43, $\rho=0.569$, $p<0.05$)

女性 (n=30, $\rho=0.614$, $p<0.05$)

MEP (FRC) と簡易肺機能検査指標の関連 (図 66~73)

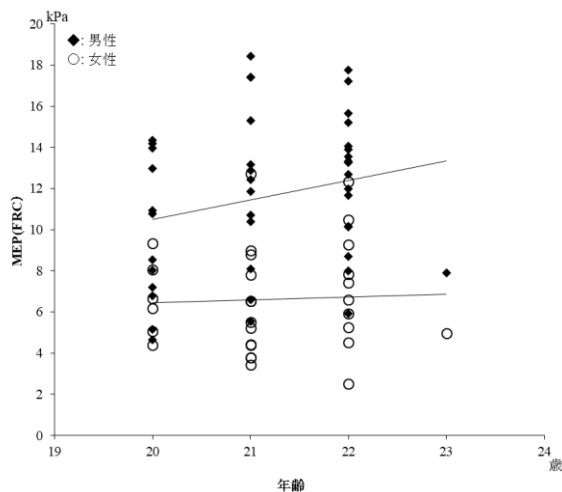


図 66. MEP (FRC) と年齢

男性 (n=43, $\rho=0.197$, no significant difference)

女性 (n=30, $\rho=0.043$, no significant difference)

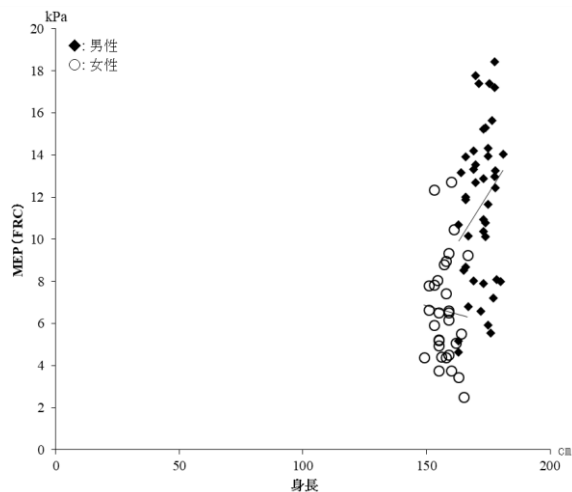


図 67. MEP (FRC) と身長

男性 (n=43, $\rho=0.230$, no significant difference)

女性 (n=30, $\rho=-0.090$, no significant difference)

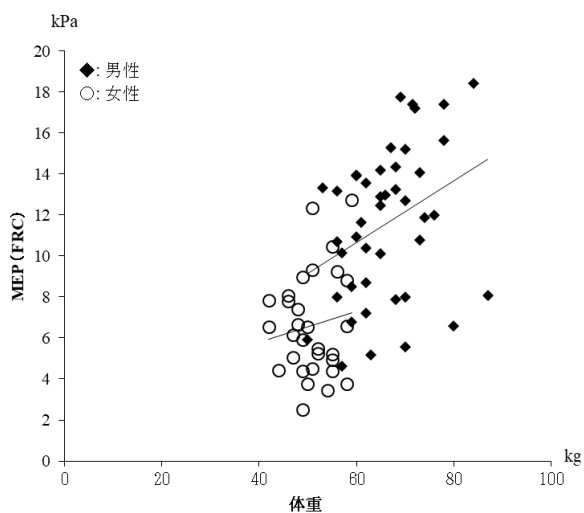


図 68. MEP (FRC) と体重

男性 (n=43, $\rho=0.345$, $p<0.05$)

女性 (n=30, $\rho=0.045$, no significant difference)

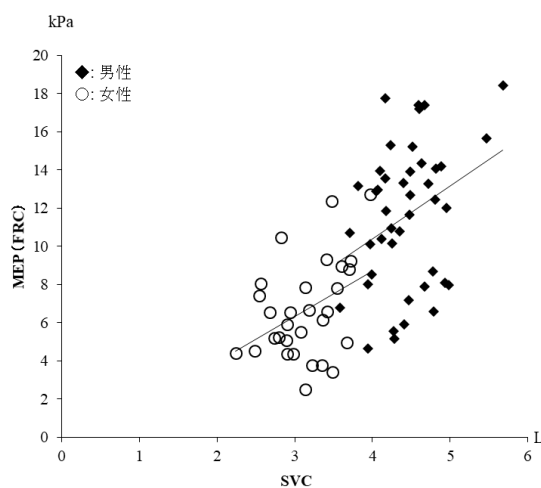


図 69. MEP (FRC) と SVC

男性 (n=43, $\rho=0.268$, no significant difference)

女性 (n=30, $\rho=0.312$, no significant difference)

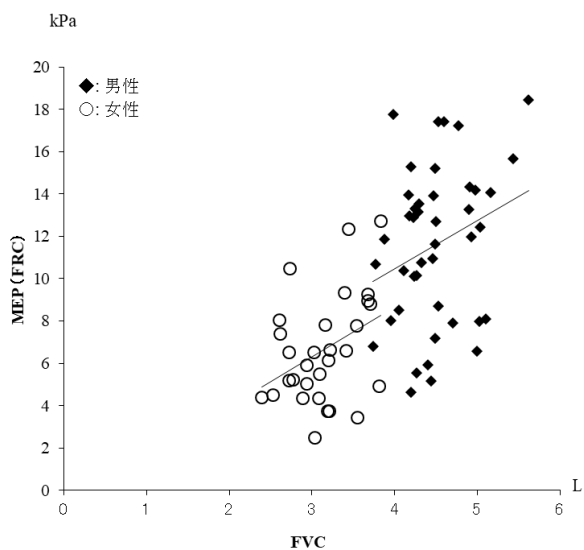


図 70. MEP (FRC) と FVC

男性 (n=43, $\rho=0.242$, no significant difference)

女性 (n=30, $\rho=0.306$, no significant difference)

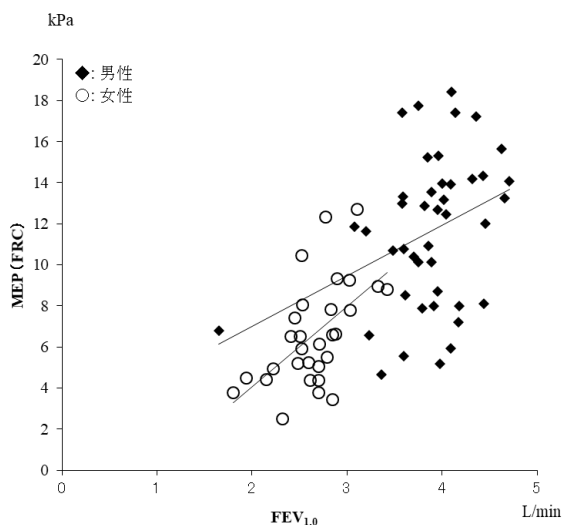


図 71. MEP (FRC) と FEV_{1.0}

男性 (n=43, $\rho=0.331$, $p<0.05$)

女性 (n=30, $\rho=0.559$, $p<0.05$)

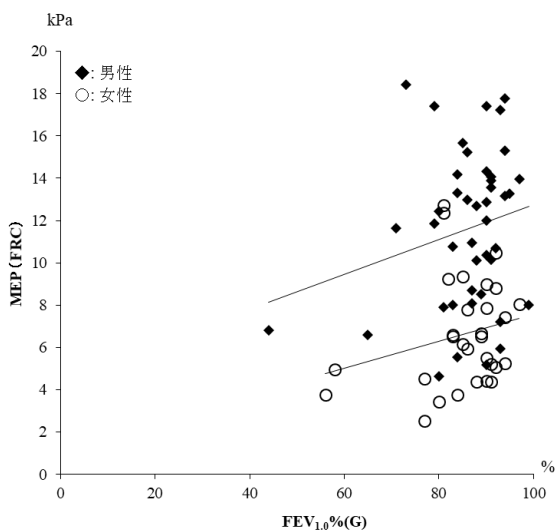


図 72. MEP (FRC) と FEV_{1.0}%(G)

男性 (n=43, $\rho=0.190$, no significant difference)

女性 (n=30, $\rho=0.306$, no significant difference)

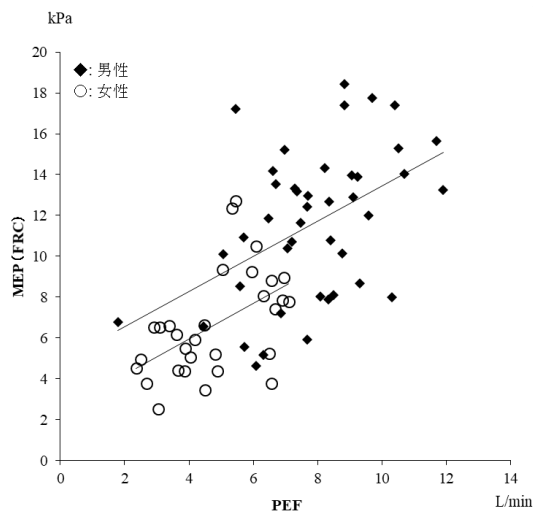


図 73. MEP (FRC) と PEF

男性 (n=43, $\rho=0.467$, $p<0.05$)

女性 (n=30, $\rho=0.539$, $p<0.05$)

MIP (RV) と簡易肺機能検査指標の関連 (図 74~81)

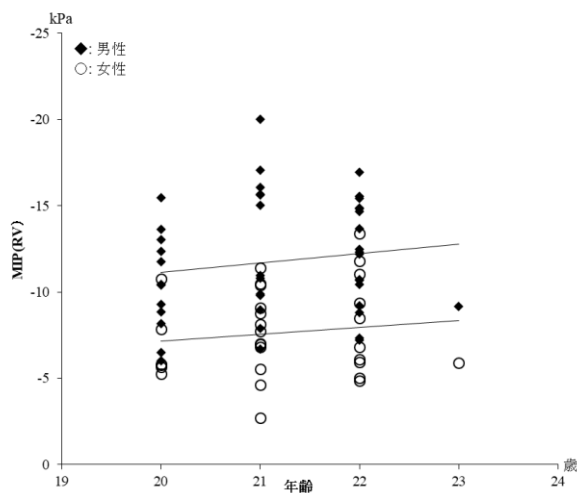


図 74. MIP (RV) と年齢

男性 (n=43, $\rho=0.132$, no significant difference)

女性 (n=30, $\rho=0.141$, no significant difference)

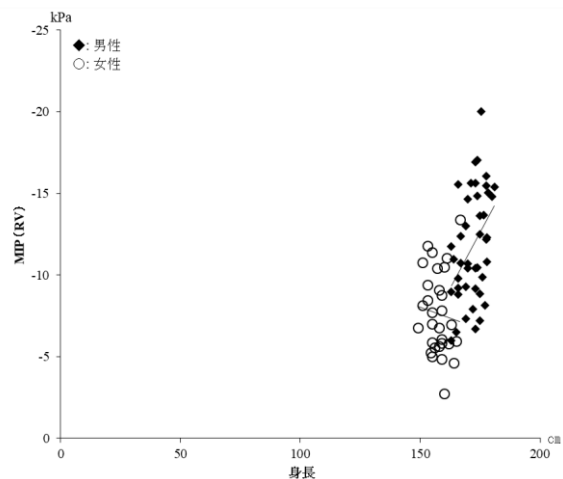


図 75. MIP (RV) と身長

男性 (n=43, $\rho=0.396$, $p<0.05$)

女性 (n=30, $\rho=-0.185$, $p<0.05$)

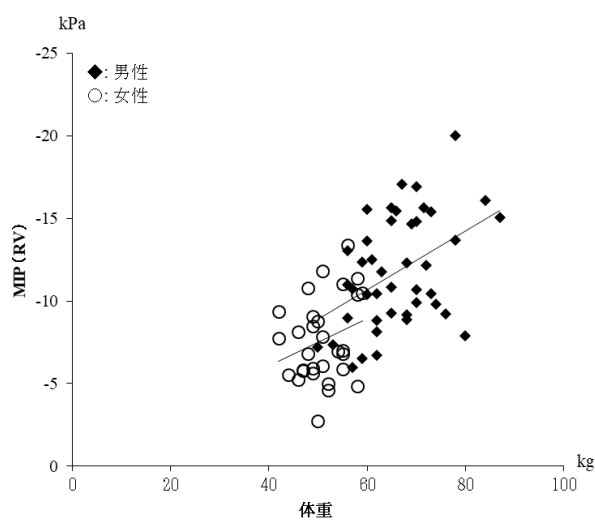


図 76. MIP (RV) と体重

男性 (n=43, $\rho=0.383$, $p<0.05$)

女性 (n=30, $\rho=0.224$, no significant difference)

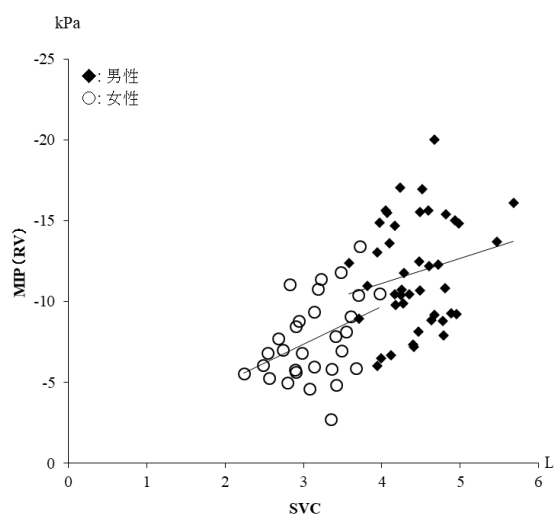


図 77. MIP (RV) と SVC

男性 (n=43, $\rho=0.137$, no significant difference)

女性 (n=30, $\rho=0.387$, $p<0.05$)

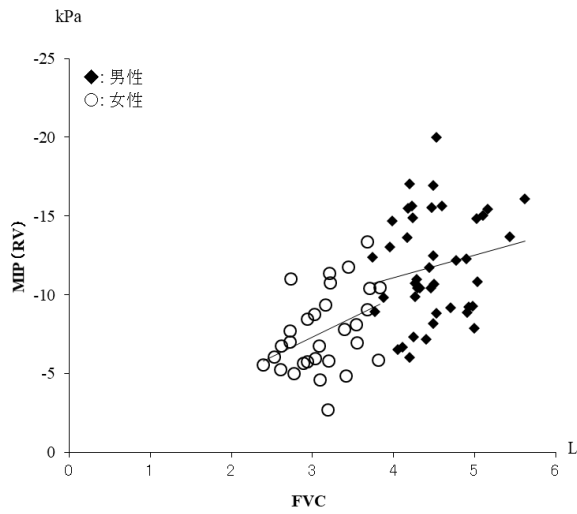


図 78. MIP (RV) と FVC

男性 (n=43, $\rho=0.154$, no significant difference)

女性 (n=30, $\rho=0.398$, $p<0.05$)

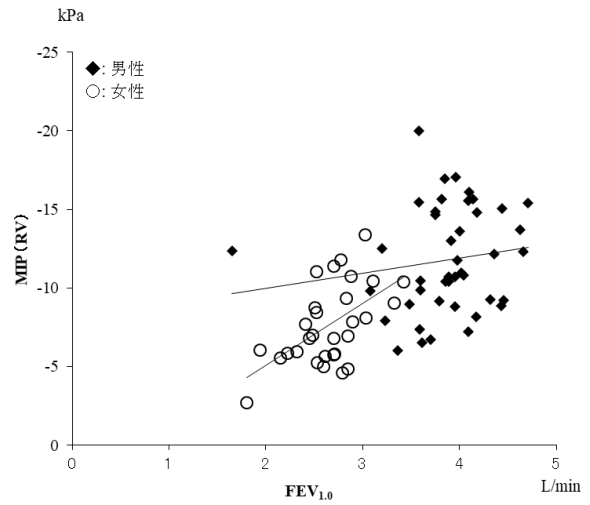


図 79. MIP (RV) と FEV_{1.0}

男性 (n=43, $\rho=0.206$, no significant difference)

女性 (n=30, $\rho=0.447$, $p<0.05$)

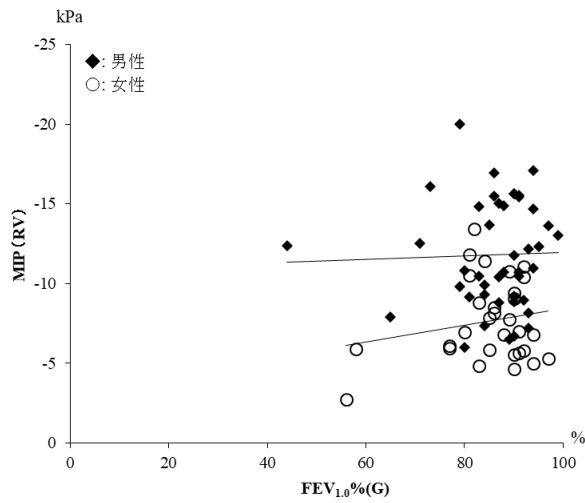


図 80. MIP (RV) と FEV_{1.0}% (G)

男性 (n=43, $\rho=0.069$, no significant difference)

女性 (n=30, $\rho=0.398$, no significant difference)

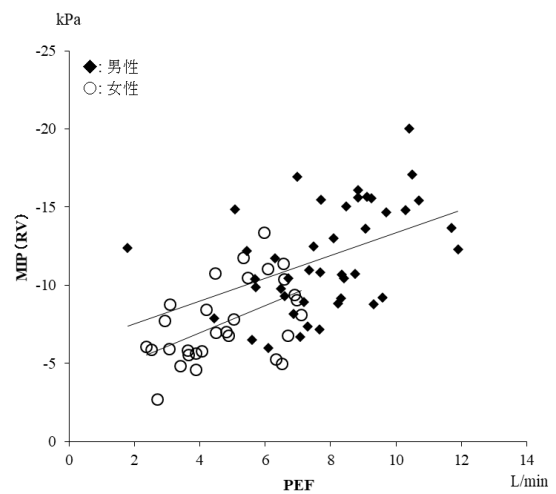


図 81. MIP (RV) と PEF

男性 (n=43, $\rho=0.485$, $p<0.05$)

女性 (n=30, $\rho=0.487$, $p<0.05$)

MEP (TLC) と簡易肺機能検査指標の関連 (図 82~89)

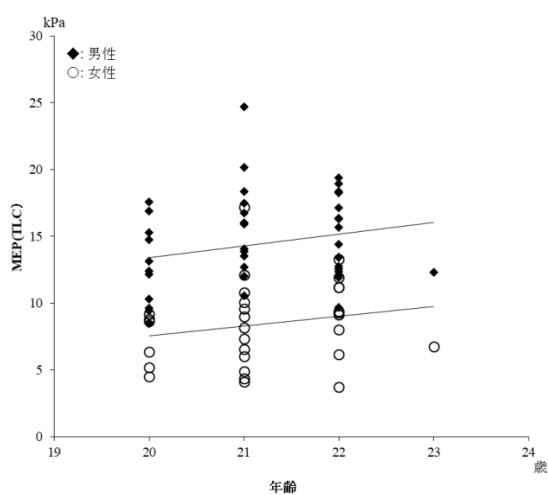


図 82. MEP (TLC) と年齢

男性 (n=43, $\rho=0.218$, no significant difference)

女性 (n=30, $\rho=0.252$, no significant difference)

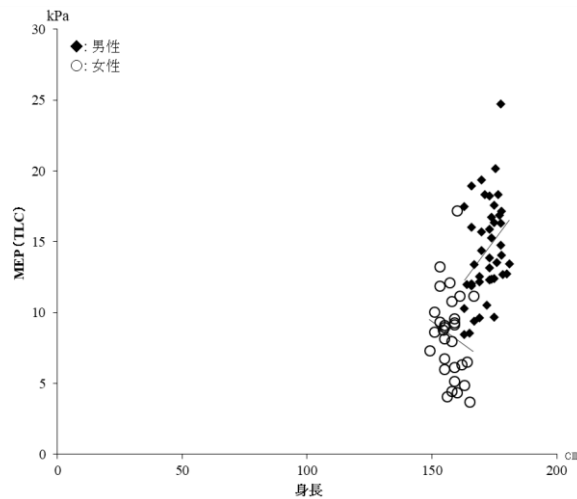


図 83. MEP (TLC) と身長

男性 (n=43, $\rho=0.372$, no significant difference)

女性 (n=30, $\rho=-0.228$, no significant difference)

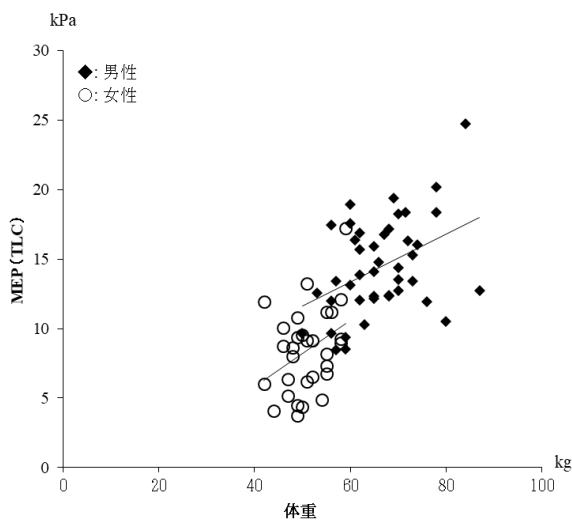


図 84. MEP (TLC) と体重

男性 (n=43, $\rho=0.367$, $p<0.05$)

女性 (n=30, $\rho=0.337$, no significant difference)

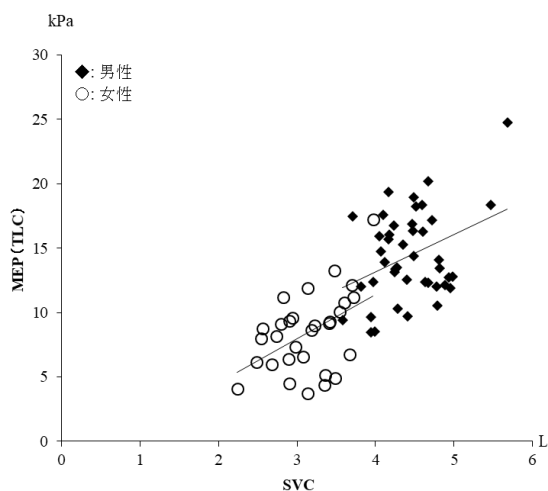


図 85. MEP (TLC) と SVC

男性 (n=43, $\rho=0.188$, no significant difference)

女性 (n=30, $\rho=0.437$, $p<0.05$)

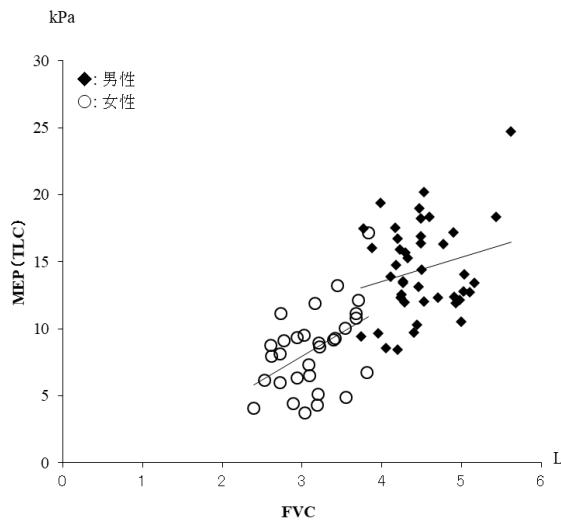


図 86. MEP (TLC) と FVC

男性 (n=43, $\rho=0.113$, $p<0.05$)

女性 (n=30, $\rho=0.447$, $p<0.05$)

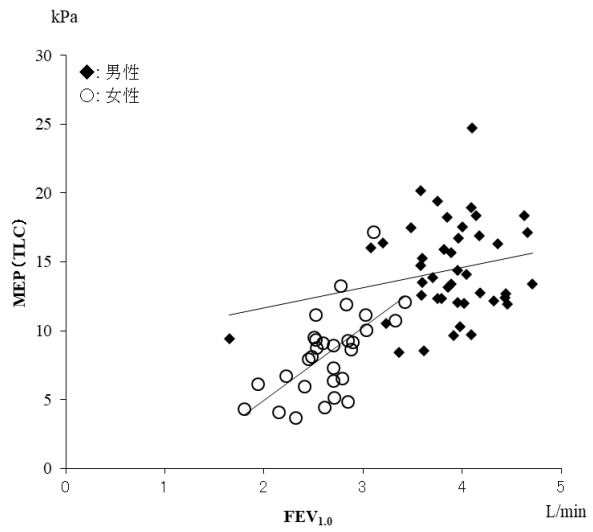


図 87. MEP (TLC) と FEV_{1.0}

男性 (n=43, $\rho=0.113$, no significant difference)

女性 (n=30, $\rho=0.610$, $p<0.05$)

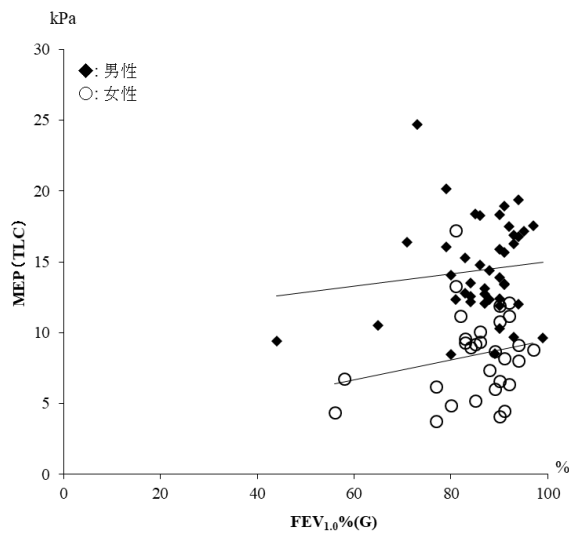


図 88. MEP (TLC) と FEV_{1.0}%(G)

男性 (n=43, $\rho=0.124$, no significant difference)

女性 (n=30, $\rho=0.447$, no significant difference)

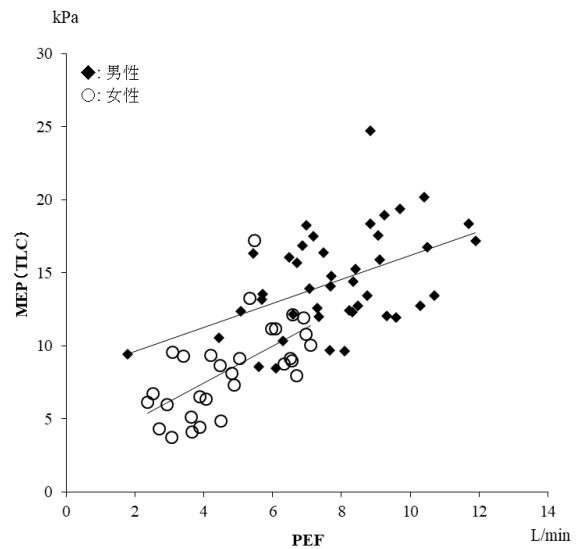


図 89. MEP (TLC) と PEF

男性 (n=43, $\rho=0.453$, $p<0.05$)

女性 (n=30, $\rho=0.659$, $p<0.05$)

考察

本研究は、呼吸筋力と簡易肺機能検査指標との関連を検討した。呼吸筋力および簡易肺機能検査指標は女性よりも男性が大きく、性差があることが示唆された。呼吸筋力と簡易肺機能検査指標の関連において、相関分析の結果、男性において、身長、体重、FVC、FEV_{1.0}、FEV_{1.0}% (G)、PEF と有意な相関を認めた。体重($\rho=0.345\sim0.471$)と PEF($\rho=0.453\sim0.569$)のみが MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) と関連した。女性において、SVC, FVC, FEV_{1.0}, PEF と有意な相関を認めた。FEV_{1.0} ($\rho=0.447\sim0.610$)と PEF ($\rho=0.487\sim0.659$)のみが MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) と関連した。

スパイメトリーにおいて、SVC は、吸気肺活量 (IVC: Inspiratory vital capacity) と呼気肺活量 (EVC: Expiratory vital capacity) によって測定される。FVC は、最大努力下における EVC にて測定される。FEV_{1.0}, PEF は FVC 測定に伴って測定可能であるが、SVC および FVC のいずれの測定においても呼出前の吸気量は結果に影響する。CPF においても、呼吸筋力が関連し^{36,37)}、FVC と MIP が影響因子であったとされている³⁸⁾。また、CPF は肺気量位に依存することが示されている⁹⁷⁾。これらより、呼気前の吸気が重要であるといえる。また、換気機構として呼吸システムは、肺と Chest wall から構成され、Chest wall は頸部や胸部、腹部や骨盤底ま

でを含む。換気において、肺の気量変化量と Chest wall の気量の変化量が等しくなり、Chest wall の気量変化は胸部と腹部の変化量から測定可能であることや^{98,99)}、吸気による受動的な腹部筋のストレッチは横隔膜活動のカウンターバランスをより生じやすくしていることが示されていることから¹⁰⁰⁾、呼吸は胸郭系と腹部系の変化を捉えることが必要と考えられた。また、呼吸筋群は換気機能の他に、姿勢保持などの非換気機能を有する。姿勢によって呼吸筋群の緊張状態は変化し、活動の変化が観察されている¹⁰¹⁻¹⁰⁴⁾。肋間筋においては、吸気・呼気時（腹部と協調）において活動する¹⁰⁵⁾。これらより、呼吸筋群の活動は吸気および呼気の両面から捉えていく必要があるといえる。本研究では、男女とも呼吸筋力と PEF の間に 0.453~0.659 の相関係数を認め、かなり相関があると考えられた。PEF の測定は最大吸気後に実施するため、TLC の決定要因である吸気筋力⁷⁵⁾が関連し、呼出には呼気筋力が関連を認めたためであると考えられた。

結論

本研究は、若年健常成人 73 名を対象に呼吸筋力と簡易肺機能検査から得られる肺機能指標との関連を検討した。相関分析の結果、呼吸筋機能の 1 つである筋力は肺機能の指標である PEF と関連 ($\rho=0.453\sim0.659$, $p<0.05$) する可能性が示唆された。呼吸筋力は、吸気量および呼気流量に

関連する因子であることが考えられた。

限界と課題

若年健常成人において呼吸筋力は肺機能と関連することが示唆されたが、対象者数の増加や関連を説明可能な他の指標を含めた検討が課題として挙げられた。また、今回は簡易肺機能検査を用いている。そのため、精密肺機能検査によって得られる RV, FRC など肺気量分画との関連性も不明であり、呼吸筋力と肺機能検査指標との関連性の知見はより詳細な検討が必要である。

IV-3. 呼吸筋力と運動習慣，身体活動量および握力の関連

はじめに

呼吸筋群は換気機能および非換気機能を有し，バイタルポンプとして重要な役割を持つ．呼吸筋に負荷が加わる運動をすることが習慣化されていることは呼吸筋力を高め，生活活動と運動から構成される身体活動（PA: physical activity）の量が多いことは，高い呼吸筋力を有することが推測される．そのため，運動習慣の有無および身体活動の多寡は呼吸筋力に影響する可能性を有する．そこで，呼吸筋力と運動習慣，身体活動量の関連を検討することとし，筋力評価で多用される握力を加えて調べることとした．

目的

本研究の目的は，呼吸筋力と運動習慣，身体活動量および握力の関連を検討することである．

方法

対象

対象は，若年健常成人である大学生 109 名（男性 61 名，女性 48 名．年齢，身長（平均値±標準偏差），体重（平均値±標準偏差）の順に 20～23 歳，165.5±8.4cm，60.2±10.8kg，男性：20～23 歳，171.4±5.6cm，66.6±9.4kg，

女性：20～23 歳，158.1±4.6cm，52.0±5.7kg) である。

測定機器，測定および調査項目

呼吸筋力は最大口腔内圧法によって得られた圧とした。測定機器および測定方法はⅡ章と同様である。測定回数は3回とし，最大値を採用した。また，運動習慣とPAを調査した。運動習慣は国民栄養調査の「週2回以上，1日30分以上，1年以上運動をしている者」を採用し，質問した。身体活動量は質問紙票を用いて評価した。質問紙は，国際標準化身体活動量質問紙票日本語版の短縮版^{106,107)}を用いた。歩行強度の割りあてのメッツ数は3.3とした。握力は，デジタル握力計（グリップ-D（デジタル握力計）スメドレー式，竹井機器工業株式会社製）を使用し，左右3回測定した際の最大値を採用した。なお，呼吸筋力の単位はcmH₂Oであるため，国際単位系であるkPaに単位変換を実施した。1cmH₂Oは0.0980638kPaとして換算し，小数点第一位までの値を示すこととした。

検討項目

呼吸筋力と運動習慣，身体活動量および握力の関連について，呼吸筋力と年齢，身長，体重，運動習慣，総身体活動量，握力の関連を性別に検討した。

統計学的処理

統計学的処理は、R2.8.1を使用した。有意水準は5%とした。

呼吸筋力と運動習慣、身体活動量および握力の関連について、人数比、運動習慣の有無は X^2 検定を実施した。また、基本属性、呼吸筋力、総身体活動量、握力の比較には Shapiro-Wilk 検定の正規性の検討によって正規分布を確認した後、levene 検定によって等分散性を確認し、2標本の t 検定、Mann-Whitney 検定または welch の t 検定を実施した。呼吸筋力と運動習慣、総身体活動量、握力の関連は、Shapiro-Wilk 検定の正規性の検討によって正規分布を確認した後、Spearman の順位相関分析をした。

結果

呼吸筋力、運動習慣有無、総身体活動量、握力の結果を表 48 に示す。身長、体重、呼吸筋力、運動習慣を有する人数、握力において、女性よりも男性の値が大きかった。

表48 呼吸筋力と運動習慣，総身体活動量，握力

		男性	女性
人数	(名)	61	48
年齢	(歳)	20-23	20-23
身長	(cm)	171.4±5.6	158.1±4.6*
体重	(kg)	66.9±9.4	52.0±5.7*
MIP (FRC)	(kPa)	-10.2±3.1	-6.6±2.9*
MEP (FRC)	(kPa)	11.0±3.7	5.9±2.4*
MIP (RV)	(kPa)	-11.4±3.2	-7.6±2.8*
MEP (TLC)	(kPa)	13.8±3.9	8.3±3.2*
運動習慣(有, 無)	(名)	(18,43)	(7*,41)
総身体活動量	(METs・h/w)	29.0±28.4	25.0±26.9
握力	(kg)	46.3±7.4	29.0±4.9*

男性と女性の比較，平均値±標準偏差，*：p<0.05

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧，
 MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧，
 FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量，
 RV (Residual Volume): 残気量，
 TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

呼吸筋力と運動習慣有無，総身体活動量，握力の関連について，男性の相関分析結果を表 49，女性の相関分析結果を表 50 に示す．相関分析の散布図を図 90～114 に示す．

男性

運動習慣，身体活動量は MEP (TLC) と有意な相関 ($\rho=-0.273, 0.263$) を認めた．握力は MIP (FRC) と有意な相関 ($\rho=0.244$) を認めた．年齢，身長，体重は呼吸筋力と有意な相関を認めなかった．

表49 男性における呼吸筋力と運動習慣，総身体活動量，握力との相関関係 (n=61)

	年齢	身長	体重	運動習慣	総身体活動量	握力
年齢						
身長	-0.150					
体重	0.058	0.587*				
運動習慣	-0.150	0.202	0.060			
総身体活動量	0.048	-0.091	-0.051	-0.326*		
握力	0.017	0.475*	0.595	0.079	-0.188	
MIP (FRC)	0.124	0.123	0.171	-0.150	0.238	0.244*
MEP (FRC)	0.024	0.209	0.240	-0.243	0.181	0.363
MIP (RV)	0.097	0.111	0.130	-0.110	0.219	0.125
MEP (TLC)	0.045	0.121	0.230	-0.273*	0.263*	0.240

Spearmanの順位相関分析, *: p<0.05

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,

MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,

RV (Residual Volume): 残気量, TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

女性

体重は MEP (TLC) と有意な相関 ($\rho=0.400$) を認めた。握力は MIP (RV), MEP (TLC) と有意な相関 ($\rho=0.384, 0.379$) を認めた。年齢, 身長, 運動習慣, 身体活動量は呼吸筋力と有意な相関を認めなかった。

表50 女性における呼吸筋力と運動習慣，総身体活動量，握力との相関関係 (n=48)

	年齢	身長	体重	運動習慣	総身体活動量	握力
年齢						
身長	0.164					
体重	0.319*	0.465*				
運動習慣	0.240	-0.230	0.004			
総身体活動量	0.006	0.119	0.191	-0.364*		
握力	0.155	0.303*	0.422*	-0.061	-0.143	
MIP (FRC)	-0.0004	0.020	0.157	-0.040	0.070	0.263
MEP (FRC)	-0.122	0.124	0.102	-0.187	0.023	0.123
MIP (RV)	-0.068	0.073	0.115	-0.061	0.124	0.384*
MEP (TLC)	-0.019	0.114	0.400*	-0.187	0.010	0.379*

Spearmanの順位相関分析, *: p<0.05

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
 MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,
 FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,
 RV (Residual Volume): 残気量, TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

MIP (FRC) と運動習慣，身体活動量，握力の関連 (図 90~95)

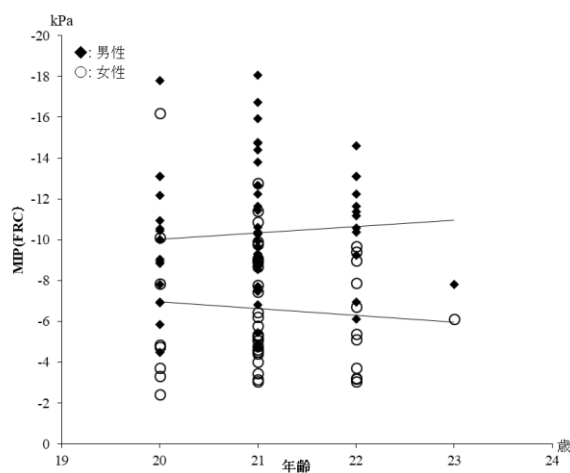


図 90. MIP (FRC) と年齢

男性 (n=61, $\rho=0.124$, no significant difference)
 女性 (n=48, $\rho= -0.0004$, no significant difference)

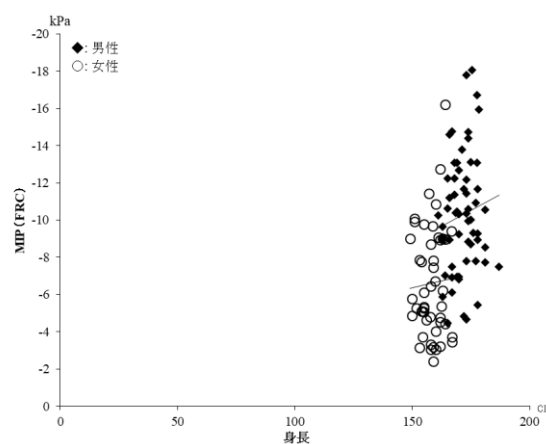


図 91. MIP (FRC) と身長

男性 (n=61, $\rho=0.123$, no significant difference)
 女性 (n=48, $\rho=0.020$, no significant difference)

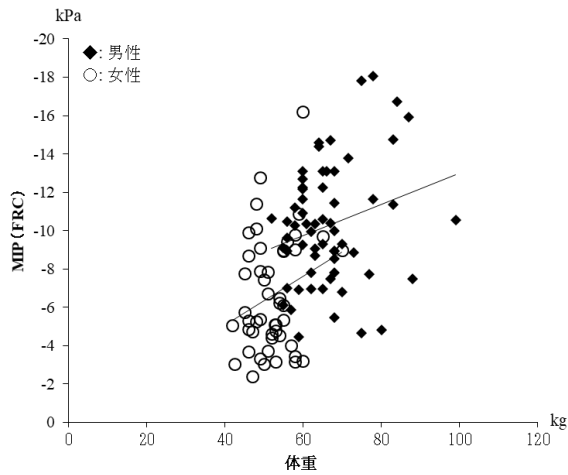


図 92. MIP (FRC) と体重

男性 (n=61, $\rho=0.171$, no significant difference)

女性 (n=48, $\rho=0.157$, no significant difference)

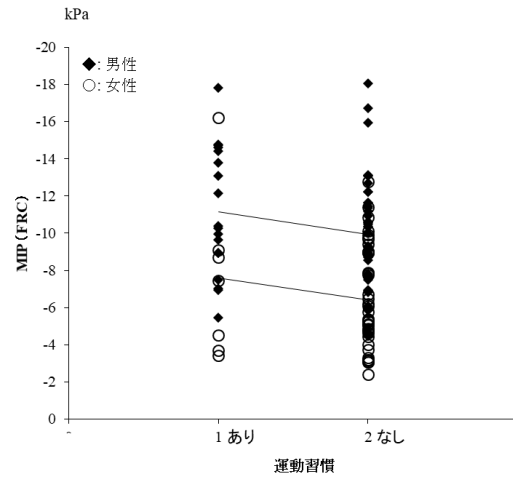


図 93. MIP (FRC) と運動習慣

男性 (n=61, $\rho=-0.150$, no significant difference)

女性 (n=48, $\rho=-0.040$, no significant difference)

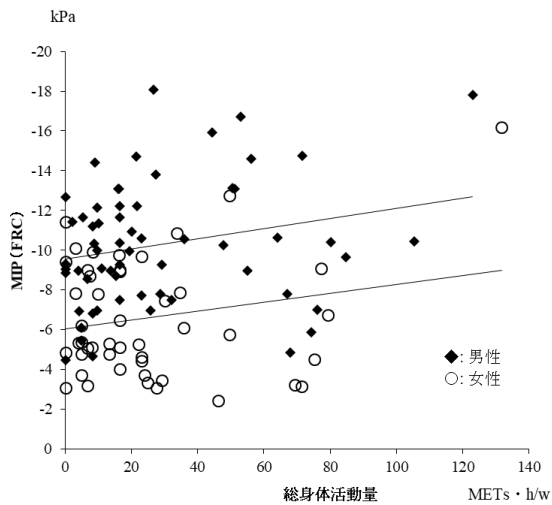


図 94. MIP (FRC) と総身体活動量

男性 (n=61, $\rho=0.238$, no significant difference)

女性 (n=48, $\rho=0.070$, no significant difference)

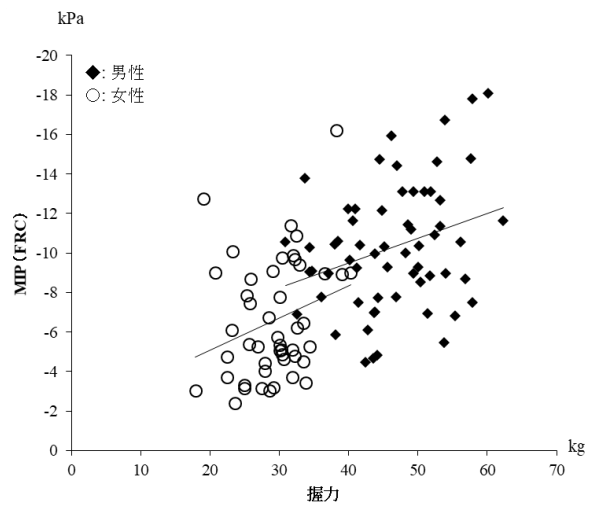


図 95. MIP (FRC) と握力

男性 (n=61, $\rho=0.244$, $p<0.05$)

女性 (n=48, $\rho=0.263$, no significant difference)

MEP (FRC) と運動習慣, 身体活動量, 握力の関連 (図 96~101)

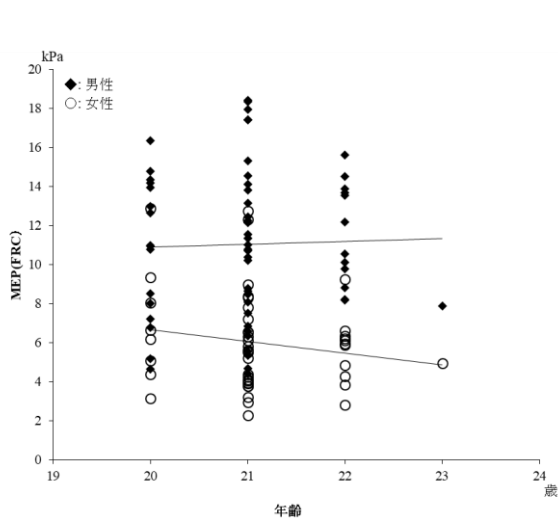


図 96. MEP (FRC) と年齢

男性 (n=61, $\rho=0.024$, no significant difference)
 女性 (n=48, $\rho=-0.122$, no significant difference)

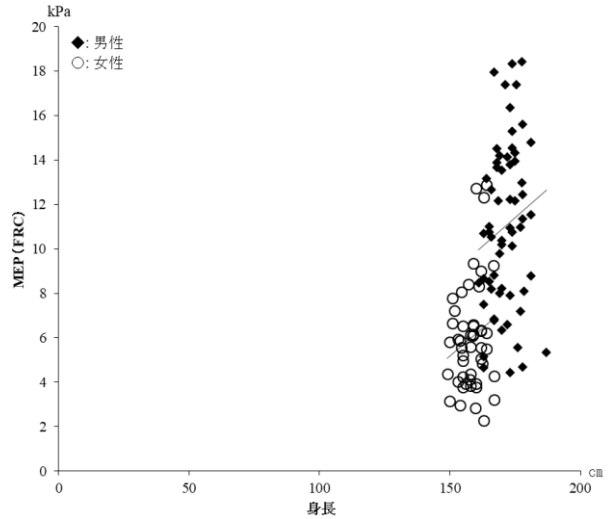


図 97. MEP (FRC) と身長

男性 (n=61, $\rho=0.209$, no significant difference)
 女性 (n=48, $\rho=0.124$, no significant difference)

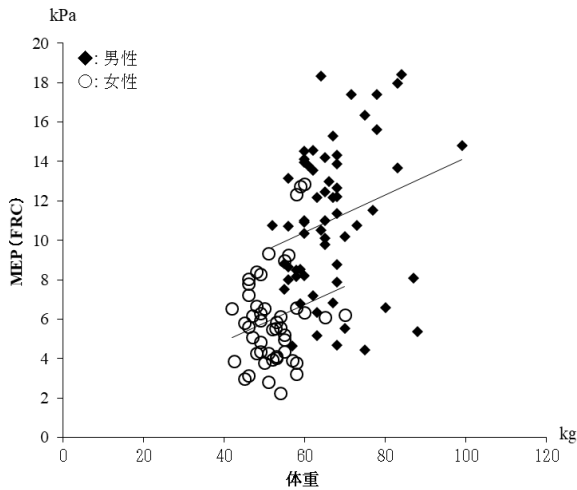


図 98. MEP (FRC) と体重

男性 (n=61, $\rho=0.240$, no significant difference)
 女性 (n=48, $\rho=0.102$, no significant difference)

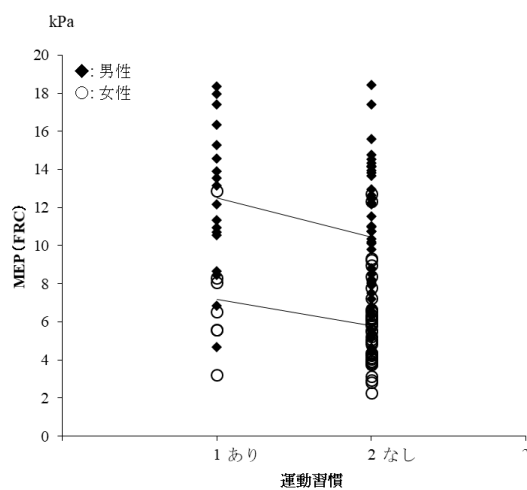


図 99. MEP (FRC) と運動習慣

男性 (n=61, $\rho=-0.243$, no significant difference)
 女性 (n=48, $\rho=-0.187$, no significant difference)

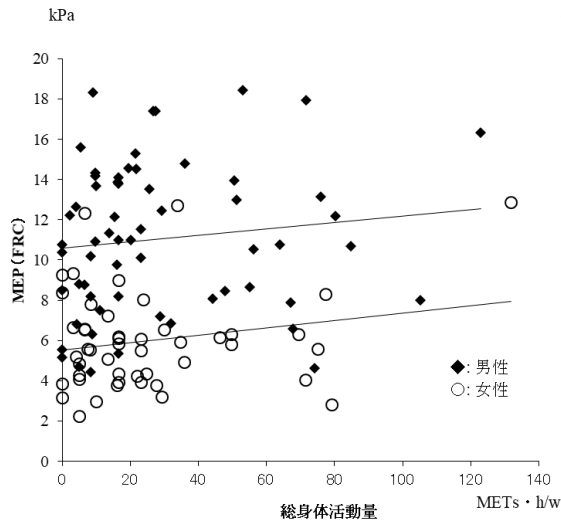


図 100. MEP (FRC) と総身体活動量
 男性 (n=61, $\rho=0.181$, no significant difference)
 女性 (n=48, $\rho=0.023$, no significant difference)

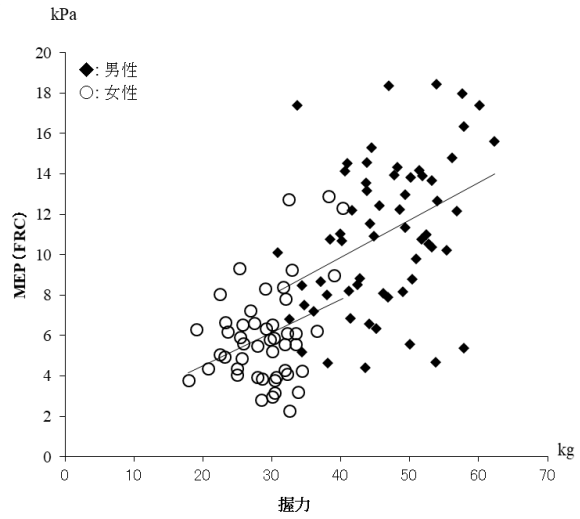


図 101. MEP (FRC) と握力
 男性 (n=61, $\rho=0.363$, no significant difference)
 女性 (n=48, $\rho=0.123$, no significant difference)

MIP (RV) と運動習慣, 身体活動量, 握力の関連 (図 102~108)

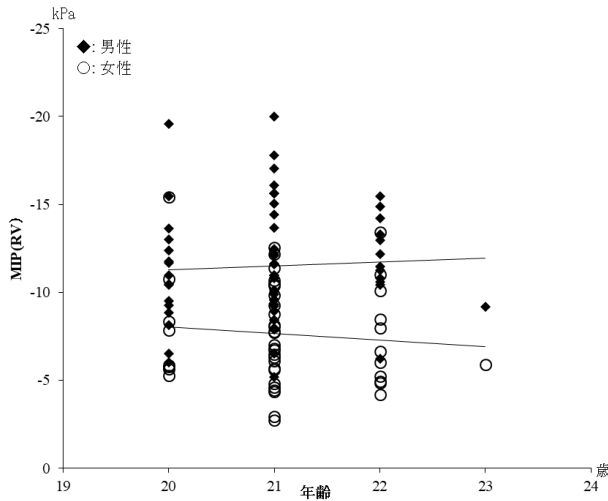


図 102. MIP (RV) と年齢
 男性 (n=61, $\rho=0.097$, no significant difference)
 女性 (n=48, $\rho=-0.068$, no significant difference)

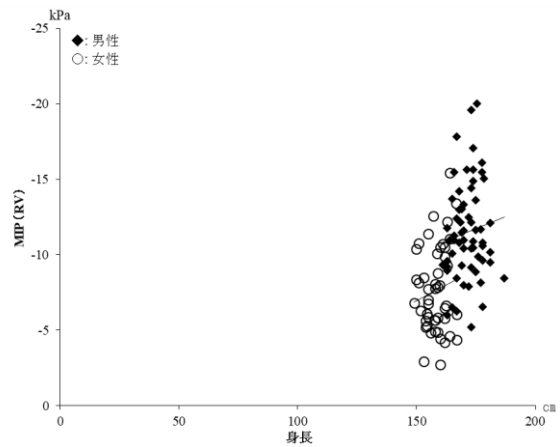


図 103. MIP (RV) と身長
 男性 (n=61, $\rho=0.111$, no significant difference)
 女性 (n=48, $\rho=0.073$, no significant difference)

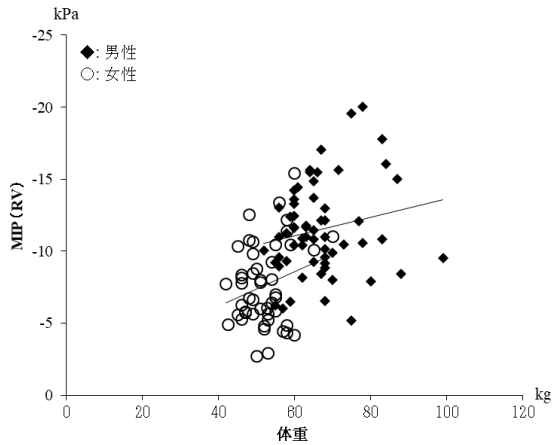


図 104. MIP (RV) と体重

男性 (n=61, $\rho=0.130$, no significant difference)

女性 (n=48, $\rho=0.115$, no significant difference)

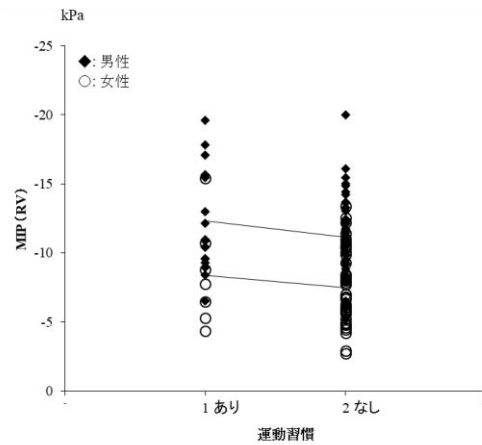


図 105. MIP (RV) と運動習慣

男性 (n=61, $\rho= -0.110$, no significant difference)

女性 (n=48, $\rho= -0.061$, no significant difference)

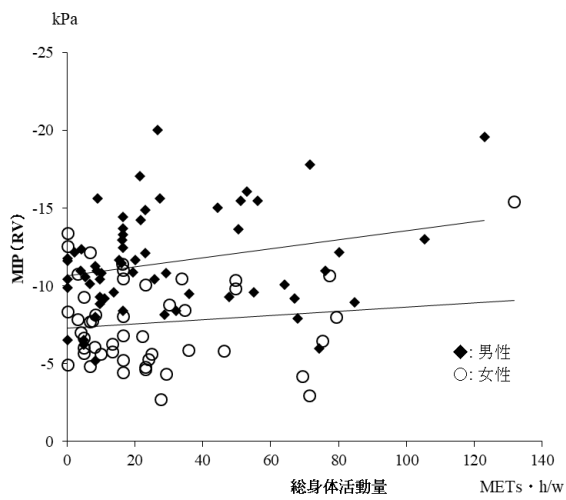


図 106. MIP (RV) と総身体活動量

男性 (n=61, $\rho=0.219$, no significant difference)

女性 (n=48, $\rho=0.124$, no significant difference)

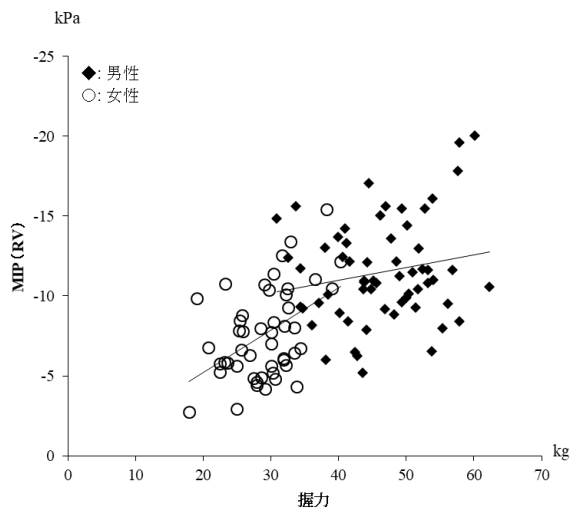


図 107. MIP (RV) と握力

男性 (n=61, $\rho=0.125$, no significant difference)

女性 (n=48, $\rho=0.384$, $p<0.05$)

MEP (TLC) と運動習慣, 身体活動量, 握力の関連 (図 109~114)

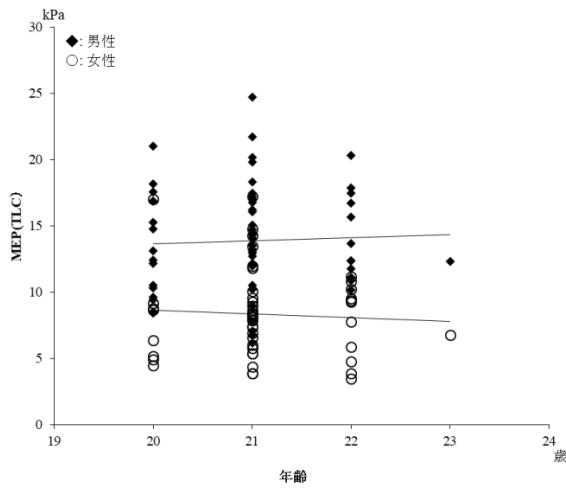


図 109. MEP (TLC) と年齢

男性 (n=61, $\rho=0.045$, no significant difference)
 女性 (n=48, $\rho=-0.019$, no significant difference)

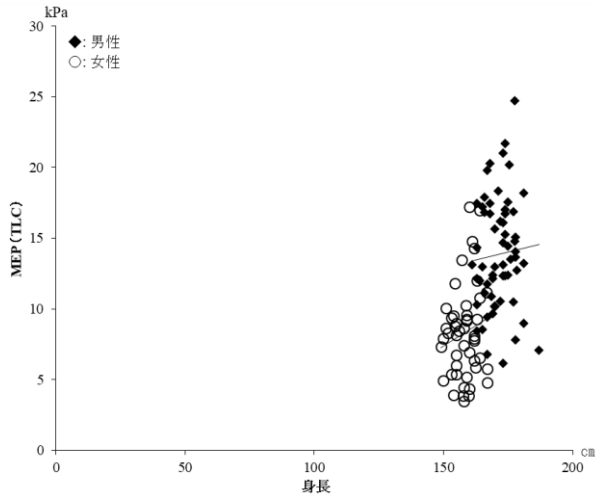


図 110. MEP (TLC) と身長

男性 (n=61, $\rho=0.121$, no significant difference)
 女性 (n=48, $\rho=0.114$, no significant difference)

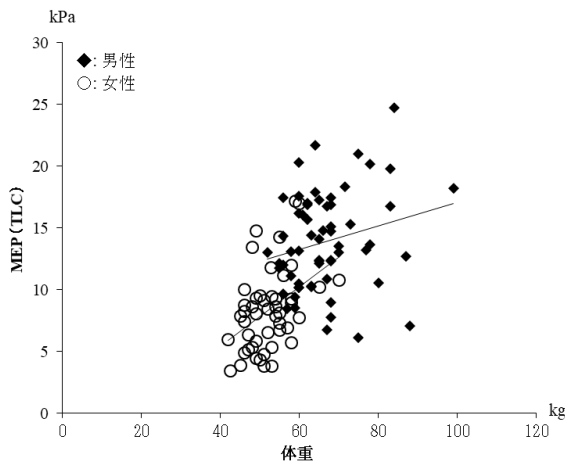


図 111. MEP (TLC) と体重

男性 (n=61, $\rho=0.230$, no significant difference)
 女性 (n=48, $\rho=0.400$, $p<0.05$)

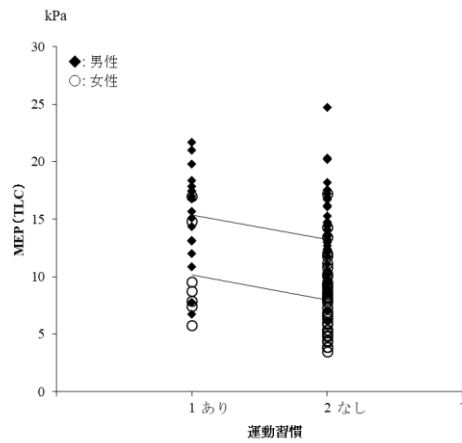


図 112. MEP (TLC) と運動習慣

男性 (n=61, $\rho=-0.273$, $p<0.05$)
 女性 (n=48, $\rho=-0.187$, no significant difference)

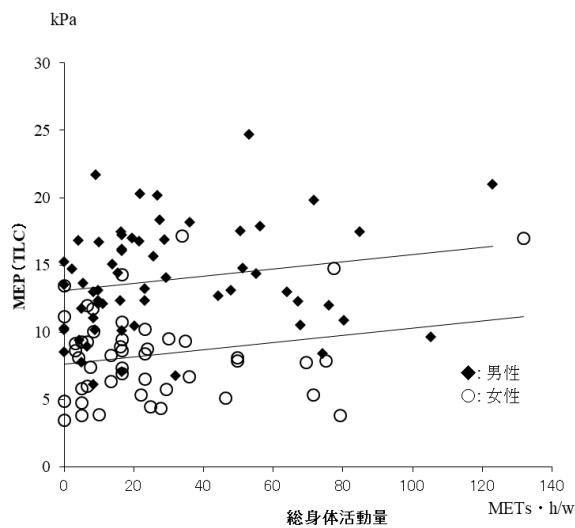


図 113. MEP (TLC) と総身体活動量
 男性 (n=61, $\rho=0.263$, $p<0.05$)
 女性 (n=48, $\rho=0.010$, no significant difference)

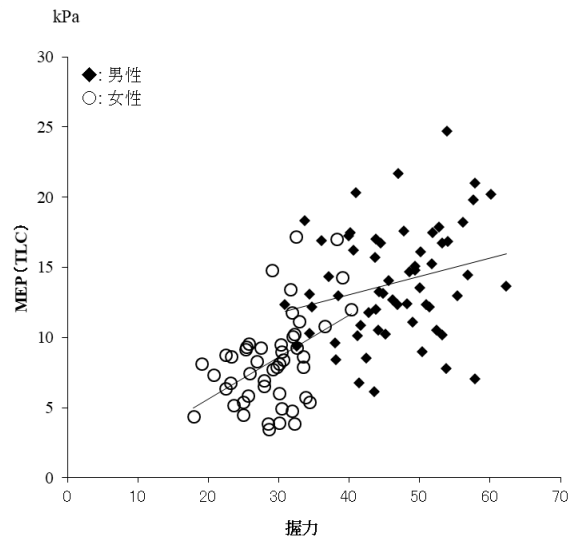


図 114. MEP (TLC) と握力
 男性 (n=61, $\rho=0.240$, no significant difference)
 女性 (n=48, $\rho=0.379$, $p<0.05$)

考察

本研究は、呼吸筋力と運動習慣、身体活動量および握力の関連を検討した。身長、体重、呼吸筋力、運動習慣を有する人数、握力において、女性よりも男性の値が大きかった。日本人の20～24歳における握力の平均値および標準偏差は、男性で $46.4 \pm 7.5\text{kg}$ 、女性で $27.9 \pm 4.9\text{kg}$ とされている¹⁰⁸⁾。本研究の握力の測定結果より、男性が $46.3 \pm 7.4\text{kg}$ 、女性が $29.0 \pm 4.9\text{kg}$ であった。そのため、本研究の対象者は同年代と同等に近い握力を有していたと考えられた。

男性において、運動習慣、身体活動量は MEP (TLC) と有意な相関 ($\rho=-0.273$, 0.263) を認めた。握力は MIP (FRC) と有意な相関 ($\rho=0.244$)

を認めた。女性において、体重は MEP (TLC) と有意な相関 ($\rho=0.400$) を認めた。握力は MIP (RV), MEP (TLC) と有意な相関 ($\rho=0.384, 0.379$) を認めた。観察研究において、呼吸筋力は、下肢筋力と身体活動量を制御した後でも、高齢者の移動性低下と関連することから、呼吸筋力への介入で移動能力低下を減少させうる可能性が示唆されている¹⁰⁹⁾。また、居宅高齢者において運動習慣を確保することは、呼吸筋力を向上させる効果も加わり、運動耐容能を維持、増進させる可能性が報告されている³³⁾。介入研究において、低強度運動療法を主体とした在宅呼吸リハビリテーションにより、身体活動量の増加がみられ、身体機能の向上が歩行時間の増加と関連している可能性が報告されている⁶³⁾。これらは、身体活動量の増加は、呼吸筋力向上に寄与し、運動習慣を有することは呼吸筋力に影響することを示唆している。一方、若年健常成人における本研究の結果において、運動習慣は男性の呼気筋力のみとやや相関を認め、運動習慣を有することは呼気筋力と関連する可能性が考えられた。また、身体活動量は男性においてのみ呼気筋力とやや相関をすると考えられた。身体活動量については、活動量計との関連性が示されているが¹⁰⁶⁾、加速度計を用いた実測の活動量でないことが今回の結果に影響した可能性が考えられた。握力は、男女ともにやや相関があることが考えられたが、握力が何を示しているのか関連する項目を含めた検討を要すると考えら

れた。

結論

本研究は、若年健常成人 109 名を対象に呼吸筋力と運動習慣、身体活動量および握力の関連を検討した。相関分析の結果、呼吸筋力は運動習慣と身体活動量との関連は低く ($\rho=0.010\sim 0.273$, $p>0.05$)、握力と関連 ($\rho=0.244\sim 0.384$, $p<0.05$) する可能性が示唆された。

限界と課題

本研究は、身体活動量の評価に質問紙を用いており、実測の活動量でないことが限界と課題に挙げられる。また、運動習慣者の定義が 1 年以上継続しているものであり、身体活動量の質問紙は平均的な 1 週間の活動量について調査している。そのため、運動習慣と身体活動量は一致しなかった可能性が推察される。呼吸筋力の多寡と運動習慣の有無や身体活動量の関連についてはさらなる検討を要する。具体的には、身体活動量は生活活動と運動から構成されるため、生活活動と運動の種類や量、期間を加味した検討が必要であると考えられた。

IV-4. 呼吸筋力と四肢筋力の関連

はじめに

IV-3 では握力が関連性を有したことより，身体構造・機能レベルにおける指標である四肢筋力と関連があることが推測された．四肢筋力は，リハビリテーションにおいて多く評価されるものである．そこで，上肢筋力の代表として，測定が簡単，安価であり，死亡リスクを層別化する方法である握力¹¹⁰⁾，胸郭に付着しており，換気への関与することが示唆されている肩関節水平内転筋力¹¹¹⁾，移動能力との関連が示されている下肢筋力の膝関節伸展筋力^{112,113)}を対象とし，評価指標として利用しやすい筋力指標との関連について検討することを着想した．

目的

本研究の目的は，呼吸筋力と四肢筋力の関連を検討することである．

方法

対象

対象は，若年健常成人である大学生44名（男性25名，女性19名．年齢，身長（平均値±標準偏差），体重（平均値±標準偏差）の順に20-23歳，165.4±8.7cm，59.7±10.4kg，男性：20～23歳，171.7±5.1cm，66.3±8.6kg，女性：20～23歳，157.1±4.5cm，51.2±4.8kg）である．

測定機器および測定項目

呼吸筋力は最大口腔内圧法によって得られた圧とした。測定機器および測定方法はⅡ章と同様である。測定回数は3回とし、最大値を採用した。握力は、Ⅳ-3と同様の方法とし、最大値を採用した。肩関節水平内転筋力は、ハンドヘルドダイナモメーター（HHD: Hand-held dynamometer, アニマ株式会社製, μ TAS F-1, 東京, 日本）を使用し、ベルトによる固定方法を用いて左右各2回測定し、最大値を採用した^{114,115}。膝伸展筋力は、肩関節水平内転筋力測定と同様のHHDを使用し、ベルト固定方法を用いて、左右1回練習した後に2回測定をした際の最大値を採用値とした¹¹⁶。なお、呼吸筋力の単位は cmH_2O であるため、国際単位系である kPa に単位変換を実施した。 $1\text{cmH}_2\text{O}$ は 0.0980638kPa として換算し、小数点第一位までの値を示すこととした。

検討項目

呼吸筋力と四肢筋力の関連について、握力、肩関節水平内転筋力、膝関節伸展筋力との関連を性別に検討した。

統計学的処理

統計学的処理は、R2.8.1を使用した。有意水準は5%とした。

呼吸筋力と四肢筋力の関連について、人数比は X^2 検定を実施した。ま

た，基本属性，呼吸筋力，握力，肩関節水平内転筋力，膝関節伸展筋力の比較には Shapiro-Wilk 検定の正規性の検討によって正規分布を確認した後，levene 検定によって等分散性を確認し，2 標本の t 検定，Mann-Whitney 検定または welch の t 検定を実施した．呼吸筋力と握力，肩関節水平内転筋力，膝関節伸展筋力の関連は，Shapiro-Wilk 検定の正規性の検討によって正規分布を確認した後，Spearman の順位相関分析をした．

結果

呼吸筋力，握力，肩関節水平内転筋力，膝関節伸展筋力の結果を表 51 に示す．身長，体重，呼吸筋力，握力，肩関節水平内転筋力，膝関節伸展筋力において，女性よりも男性の値が大きかった．

表51 呼吸筋力と四肢筋力

		男性	女性
人数	(名)	25	19
年齢	(歳)	20-23	20-23
身長	(cm)	171.7±5.1	157.1±4.5*
体重	(kg)	66.3±8.6	51.2±4.8*
MIP (FRC)	(kPa)	-10.1±3.7	-6.5±2.8*
MEP (FRC)	(kPa)	10.9±4.0	6.4±2.2*
MIP (RV)	(kPa)	-11.7±3.5	-7.4±2.6*
MEP (TLC)	(kPa)	13.9±3.8	8.2±2.9*
握力	(kg)	43.9±7.1	26.2±4.2*
肩関節水平内転筋力	(N)	552.7±119.2	320.8±75.8*
膝関節伸展筋力	(N)	331.6±78.0	148.7±31.9*

男性と女性の比較, 平均値±標準偏差, *: p<0.05

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
 MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,
 FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,
 RV (Residual Volume): 残気量,
 TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

呼吸筋力と四肢筋力の関連について, 男性の相関分析結果を表 52, 女性の相関分析結果を表 53 に示す. 相関分析の散布図を図 115~139 に示す.

男性

身長は MIP (FRC), MEP (TLC) と有意な相関 ($\rho=0.579, 0.546$) を認めた. 体重は MIP (FRC), MEP (TLC) と有意な相関 ($\rho=0.421, 0.401$) を認めた. 握力は MIP (FRC) と有意な相関 ($\rho=0.447$) を認めた. 肩関

節水平内転筋力は MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) と有意な相関 ($\rho=0.453 \sim 0.571$) を認めた. 膝関節伸展筋力は MIP (FRC), MEP (FRC, TLC) ($\rho=0.599, 0.515, 0.553$) と有意な相関を認めた. 年齢は有意な相関を認めなかった.

表52 男性における呼吸筋力と四肢筋力との相関関係 (n=25)

	年齢	身長	体重	握力	SJHAS	KJES
年齢						
身長	0.168					
体重	0.356	0.645*				
握力	0.014	0.550*	0.552*			
SJHAS	0.200	0.521*	0.469*	0.413*		
KJES	0.187	0.593*	0.600*	0.479*	0.370	
MIP (FRC)	0.193	0.579*	0.421*	0.321	0.457*	0.599*
MEP (FRC)	0.172	0.302	0.267	0.447*	0.510*	0.515*
MIP (RV)	0.233	0.385	0.333	0.146	0.453*	0.288
MEP (TLC)	0.301	0.546*	0.401*	0.393	0.571*	0.553*

Spearmanの順位相関分析, *: $p < 0.05$

SJHAS (Shoulder joint horizontal adduction strength): 肩関節水平内転筋力,
 KJES (Knee joint extension strength): 膝関節伸展筋力,
 MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,
 MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,
 FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,
 RV (Residual Volume): 残気量, TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

女性

握力は MIP (FRC, RV), MEP (TLC) と有意な相関 ($\rho=0.457, 0.566, 0.610$) を認めた. 肩関節水平内転筋力は MIP (RV), MEP (TLC) と有意な相関 ($\rho=0.573, 0.584$) を認めた. 膝関節伸展筋力は MIP (FRC, RV), MEP (TLC) と有意な相関 ($\rho=0.503, 0.631, 0.707$) を認めた. 年齢, 身長, 体重は呼吸筋力と有意な相関を認めなかった.

表53 女性における呼吸筋力と四肢筋力との相関関係 (n=19)

	年齢	身長	体重	握力	SJHAS	KJES
年齢						
身長	0.031					
体重	0.527*	0.304				
握力	0.375	0.192	0.334			
SJHAS	0.176	0.104	0.303	0.676*		
KJES	0.610*	-0.098	0.448	0.591*	0.707*	
MIP (FRC)	0.195	-0.325	0.277	0.457*	0.420	0.503*
MEP (FRC)	-0.080	0.101	0.070	0.427	0.427	0.357
MIP (RV)	0.165	-0.199	0.207	0.566*	0.573*	0.631*
MEP (TLC)	0.374	0.052	0.376	0.610*	0.584*	0.707*

Spearmanの順位相関分析, *: p<0.05

SJHAS (Shoulder joint horizontal adduction strength): 肩関節水平内転筋力,

KJES (Knee joint extension strength): 膝関節伸展筋力,

MIP (Maximum Inspiratory Pressure): 最大吸気圧,

MEP (Maximum Expiratory Pressure): 最大呼気圧,

FRC (Functional Residual Capacity): 機能的残気量,

RV (Residual Volume): 残気量, TLC (Total Lung Capacity): 全肺気量

MIP (FRC) と四肢筋力の関連 (図 115~120)

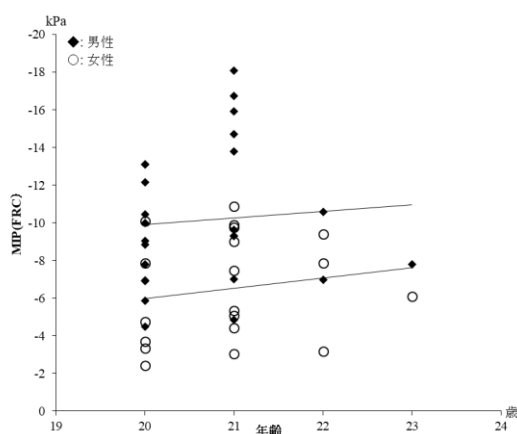


図 115. MIP (FRC) と年齢

男性 (n=25, $\rho=0.193$, no significant difference)

女性 (n=19, $\rho=0.195$, no significant difference)

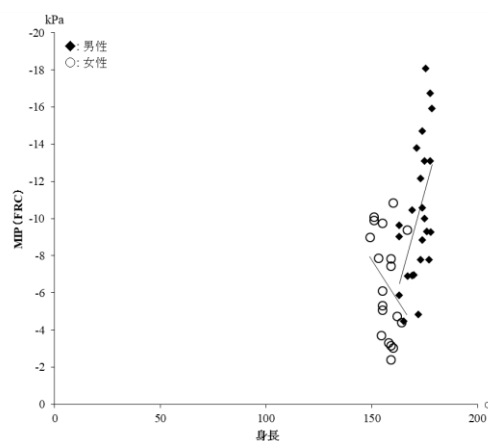


図 116. MIP (FRC) と身長

男性 (n=25, $\rho=0.579$, p<0.05)

女性 (n=19, $\rho=-0.325$, no significant difference)

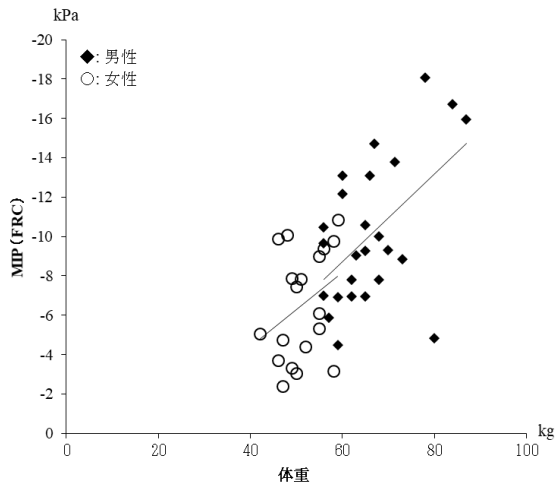


図 117. MIP (FRC) と体重

男性 (n=25, $\rho=0.421$, $p<0.05$)

女性 (n=19, $\rho=0.277$, no significant difference)

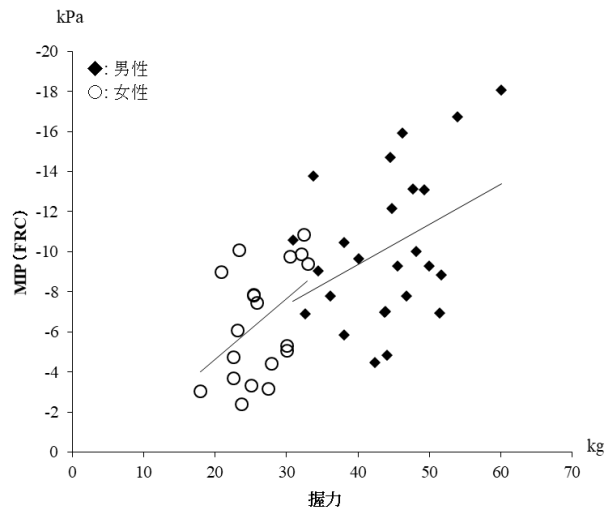


図 118. MIP (FRC) と握力

男性 (n=25, $\rho=0.321$, no significant difference)

女性 (n=19, $\rho=0.457$, $p<0.05$)

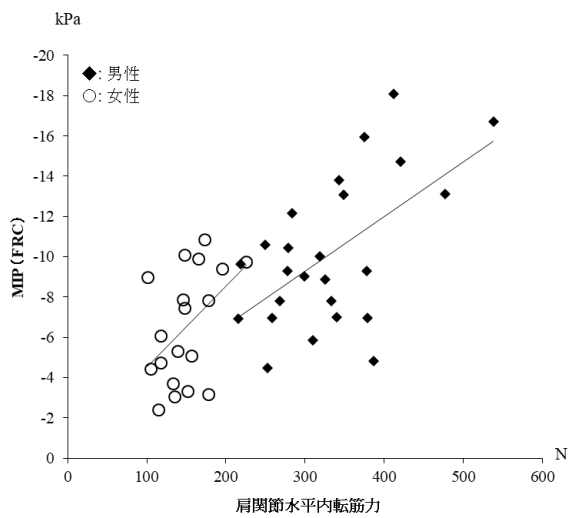


図 119. MIP (FRC) と肩関節水平内転筋力

男性 (n=25, $\rho=0.457$, $p<0.05$)

女性 (n=19, $\rho=0.420$, no significant difference)

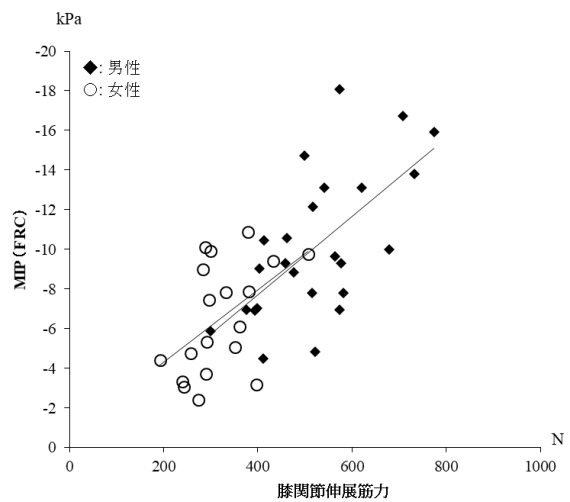


図 120. MIP (FRC) と膝関節伸展筋力

男性 (n=25, $\rho=0.559$, $p<0.05$)

女性 (n=19, $\rho=0.503$, $p<0.05$)

MEP (FRC) と四肢筋力の関連 (図 121~127)

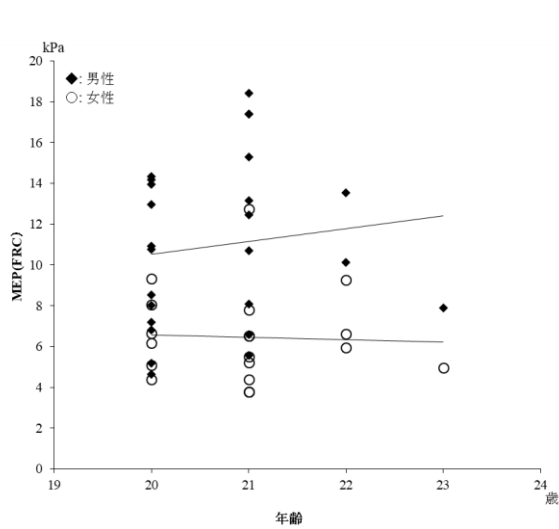


図 121. MEP (FRC) と年齢

男性 (n=25, $\rho=0.172$, no significant difference)
 女性 (n=19, $\rho=-0.080$, no significant difference)

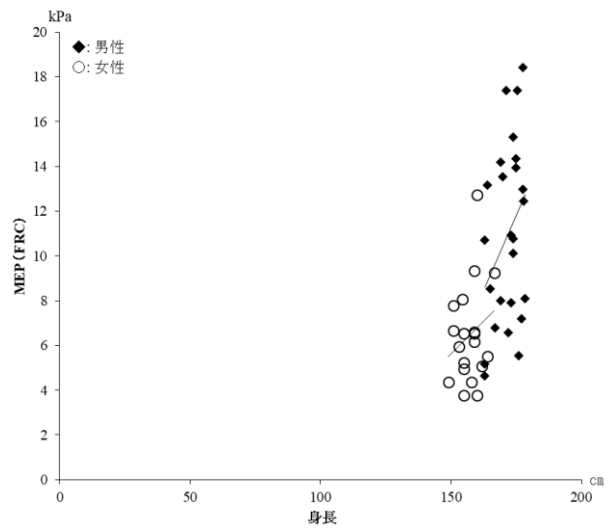


図 123. MEP (FRC) と身長

男性 (n=25, $\rho=0.302$, $p<0.05$)
 女性 (n=19, $\rho=0.101$, no significant difference)

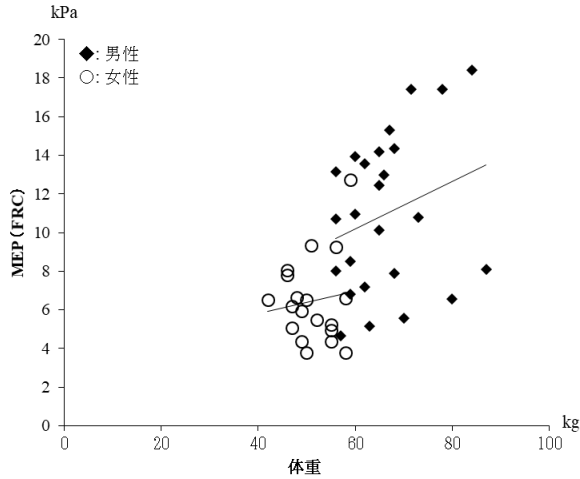


図 124. MEP (FRC) と体重

男性 (n=25, $\rho=0.267$, no significant difference)
 女性 (n=19, $\rho=0.070$, no significant difference)

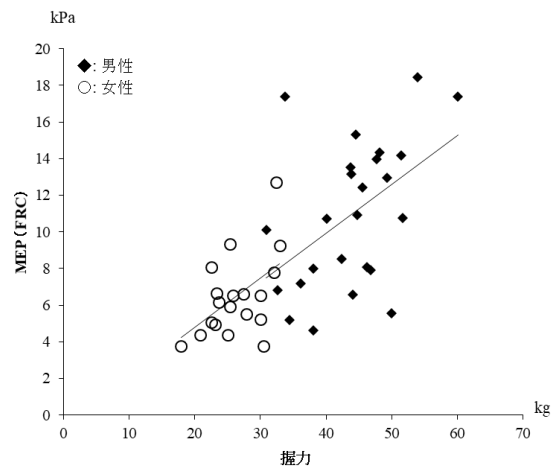


図 125. MEP (FRC) と握力

男性 (n=25, $\rho=0.447$, $p<0.05$)
 女性 (n=19, $\rho=0.427$, no significant difference)

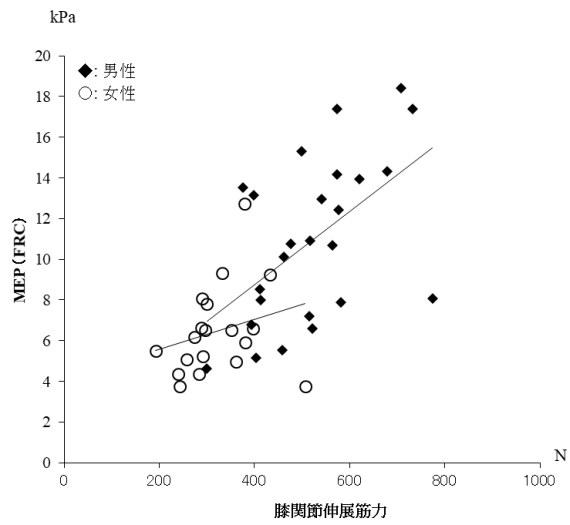
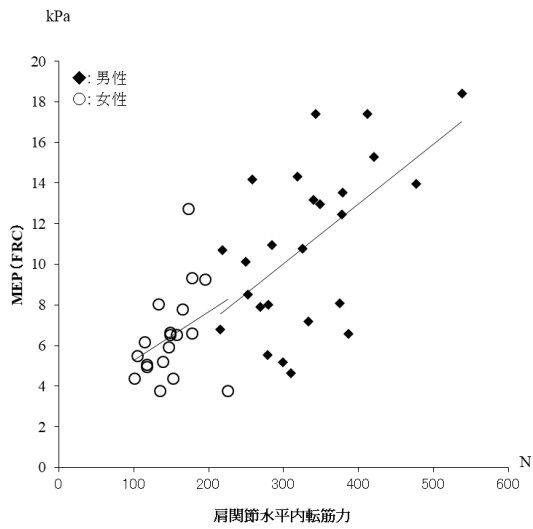


図 126. MEP (FRC) と肩関節水平内転筋力
 男性 (n=25, $\rho=0.510$, $p<0.05$)
 女性 (n=19, $\rho=0.427$, no significant difference)

図 127. MEP (FRC) と膝関節伸展筋力
 男性 (n=25, $\rho=0.515$, $p<0.05$)
 女性 (n=19, $\rho=0.357$, no significant difference)

MIP (RV) と四肢筋力の関連 (図 128~133)

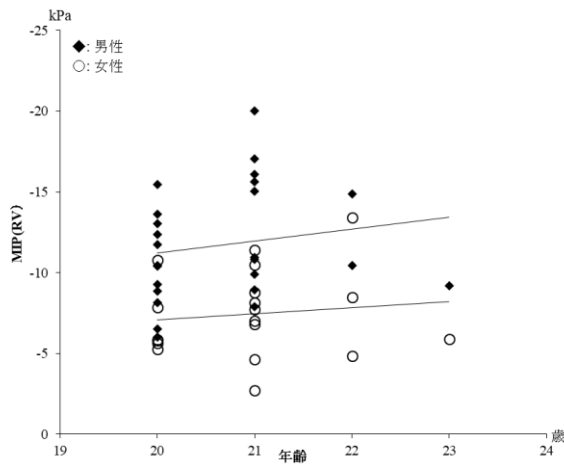


図 128. MIP (RV) と年齢
 男性 (n=25, $\rho=0.233$, no significant difference)
 女性 (n=19, $\rho=0.165$, no significant difference)

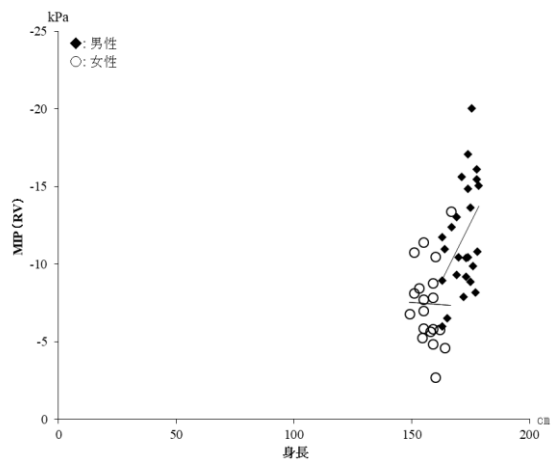


図 129. MIP (RV) と身長
 男性 (n=25, $\rho=0.385$, no significant difference)
 女性 (n=19, $\rho=-0.199$, no significant difference)

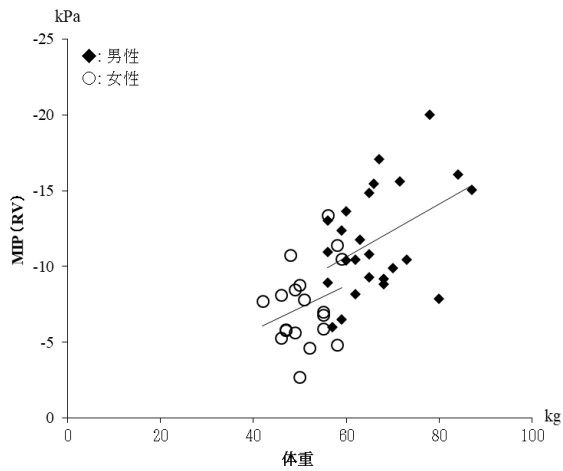


図 130. MIP (RV) と体重

男性 (n=25, $\rho=0.333$, no significant difference)

女性 (n=19, $\rho=0.207$, no significant difference)

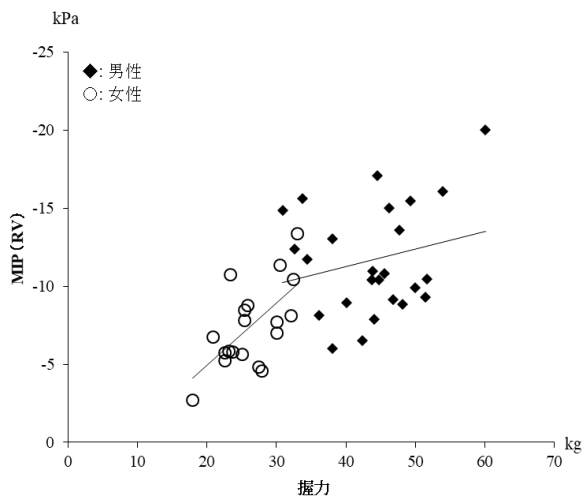


図 131. MIP (RV) と握力

男性 (n=25, $\rho=0.146$, no significant difference)

女性 (n=19, $\rho=0.566$, $p<0.05$)

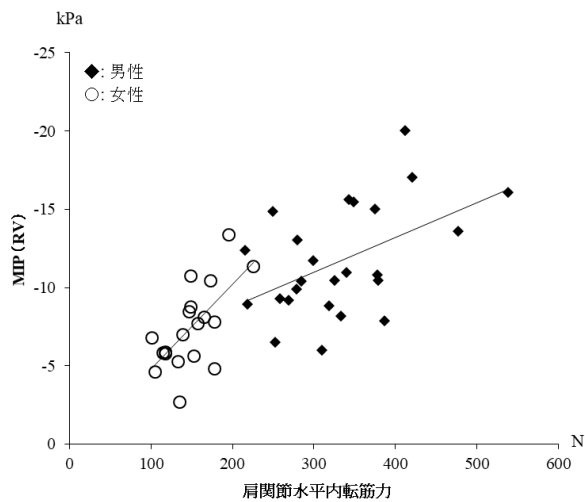


図 132. MIP (RV) と肩関節水平内転筋力

男性 (n=25, $\rho=0.453$, $p<0.05$)

女性 (n=19, $\rho=0.573$, $p<0.05$)

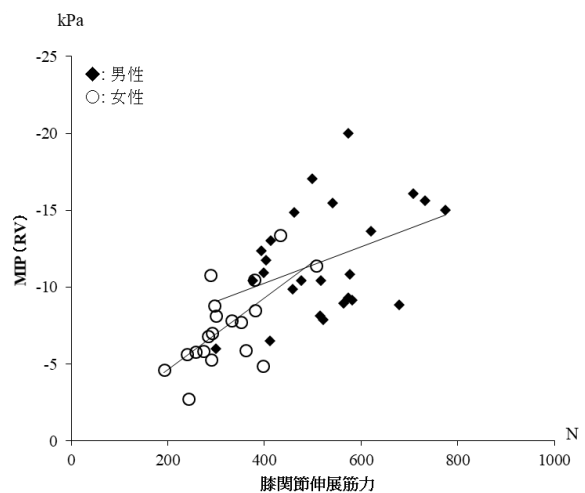


図 133. MIP (RV) と膝関節伸展筋力

男性 (n=25, $\rho=0.288$, no significant difference)

女性 (n=19, $\rho=0.631$, $p<0.05$)

MEP (TLC) と四肢筋力の関連 (図 134~139)

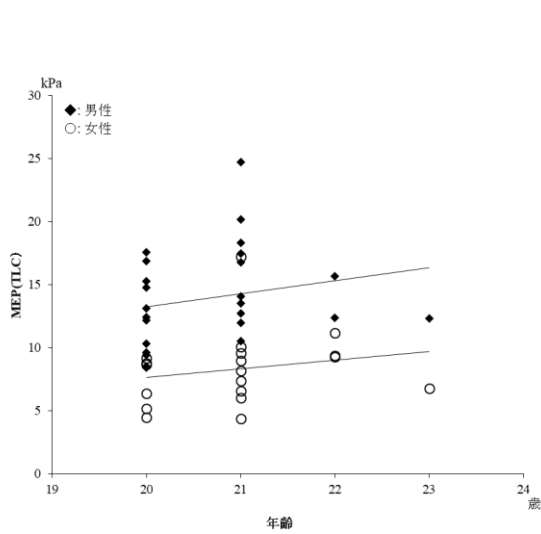


図 134. MEP (TLC) と年齢

男性 (n=25, $\rho=0.301$, no significant difference)

女性 (n=19, $\rho=0.374$, no significant difference)

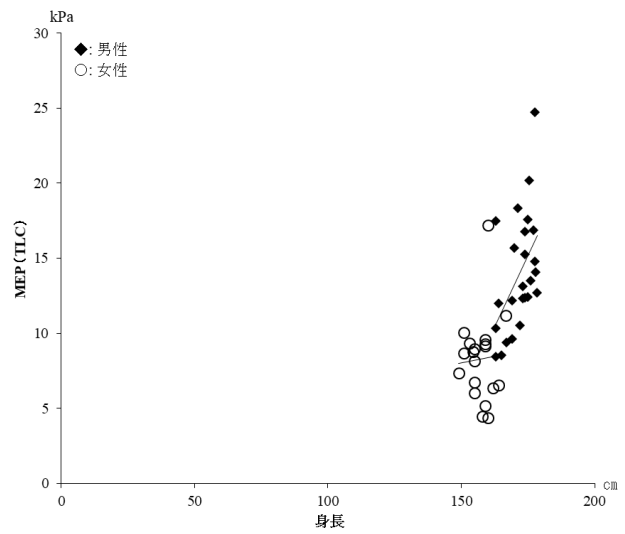


図 135. MEP (TLC) と身長

男性 (n=25, $\rho=0.546$, $p<0.05$)

女性 (n=19, $\rho=0.052$, no significant difference)

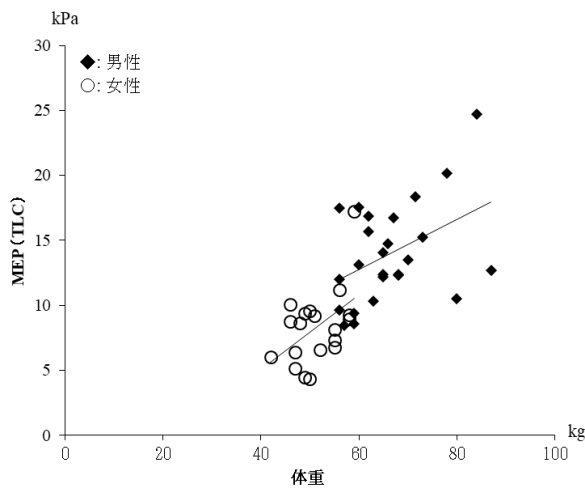


図 136. MEP (TLC) と体重

男性 (n=25, $\rho=0.401$, $p<0.05$)

女性 (n=19, $\rho=0.376$, no significant difference)

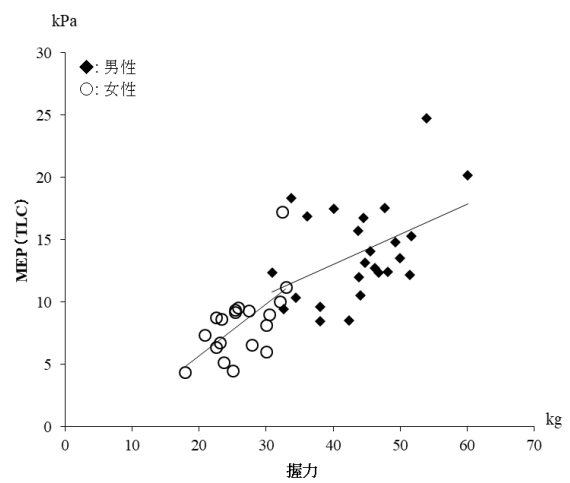


図 137. MEP (TLC) と握力

男性 (n=25, $\rho=0.393$, no significant difference)

女性 (n=19, $\rho=0.610$, $p<0.05$)

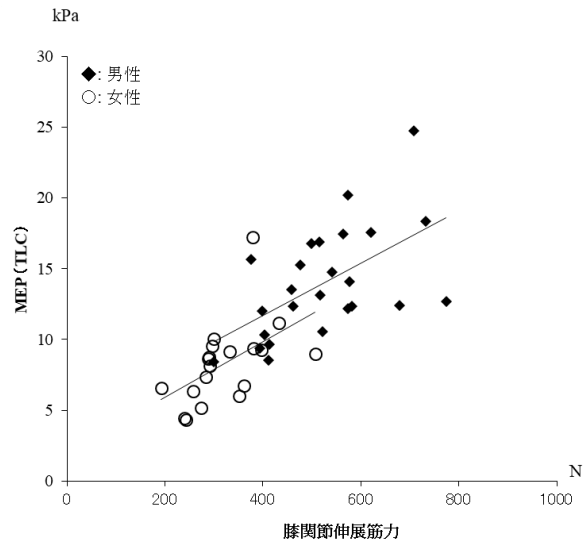
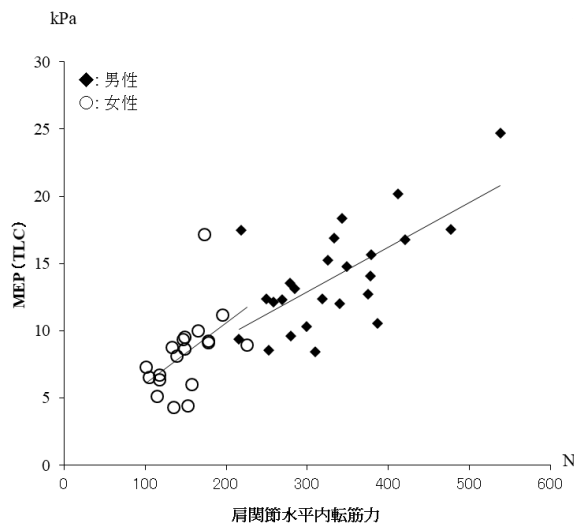


図 138. MEP (TLC) と肩関節水平内転筋力
 男性 (n=25, $\rho=0.571$, $p<0.05$)
 女性 (n=19, $\rho=0.584$, $p<0.05$)

図 139. MEP (TLC) と膝関節伸展筋力
 男性 (n=25, $\rho=0.553$, $p<0.05$)
 女性 (n=19, $\rho=0.707$, $p<0.05$)

考察

本研究は、呼吸筋力と四肢筋力との関連を検討した。男性において、身長、体重、握力、肩関節水平内転筋力、膝関節伸展筋力と有意な相関を認めた。肩関節水平内転筋力は MIP (FRC, RV), MEP (FRC, TLC) において有意な相関 ($\rho=0.453\sim0.571$) を認めた。女性において、握力、肩関節水平内転筋力、膝関節伸展筋力と有意な相関を認めた。

IV-2 において、呼吸筋力と肺機能指標である PEF は相関 ($\rho=0.453\sim0.659$) を認めた。健常者において骨格筋量と握力および FVC に正の相関関係があるため¹¹⁷⁾、肺機能と呼吸筋力が相関を示していることは、筋力とも関連を認めることが想定された。本研究結果において、呼吸筋力は

四肢筋力の代表として用いた 3 つの筋力と有意な相関 ($\rho=0.447\sim0.707$) が認められ、関連を示唆した。体格や体組成による男女の差は筋力に関連性を有している¹¹⁷⁾。そのため、男性で対象者属性と関連を示したことは、体格および体組成による差が生じていることが推察された。肩関節の水平内転作用を有する主動作筋である大胸筋は胸郭に付着しており、吸気および呼気と関連する¹¹¹⁾。特に肩関節水平内転筋力は、男性において吸気および呼気筋力共に各肺気量位で相関を認めたが、女性において MIP (RV), MEP (TLC) で相関を示したことは、筋力だけでなく、胸郭の弾性力が性差として表れていることが考えられた。筋の機能特性を考慮すると肩関節水平内転筋力は、換気へ影響を与える可能性が考えられた。

結論

本研究は、若年健常成人 44 名を対象に呼吸筋力と四肢筋力の関連を検討した。相関分析の結果、呼吸筋力は四肢筋力である握力、肩関節水平内転筋力、膝関節伸展筋力と関連 ($\rho=0.447\sim0.707$, $p<0.05$) する可能性が示唆された。このうち、肩関節水平内転筋力は換気と関連することが推察された。

限界と課題

呼吸筋力との四肢筋力の関連を相関分析によって示したことは、相関係数が高い指標がリハビリテーションにおける介入対象となりうるのか検討材料にできる可能性を有する。しかしながら、本研究は介入研究ではなく、要因が影響する方向性を示していない。また、筋力以外の体組成も検討項目に含まれていなく、対象者数が少ないため、さらなる検討が必要である。また、年齢層を拡大し、年齢の影響を含めた検討が課題に挙げられる。

V 総括

本研究は、最大口腔内圧法による呼吸筋力および呼吸筋力と身体機能との関連を検討したものである。最大口腔内圧法による通気孔を用いない場合の呼吸筋力の再現性について検証し、標準的な通気孔を用いた呼吸筋力測定との関連を示した。また、若年健常成人における呼吸筋力の性差や参考値を示し、呼吸筋力と簡易肺機能検査指標、運動習慣や身体活動量、四肢筋力との関連について検討した。これらは、呼吸筋力測定として広く用いられている最大口腔内圧法による測定の選択肢の一つになる可能性を探るとともに、身体機能との関連を調べ、呼吸筋力に関する知見を構築するために実施した。

研究構成

本研究は、I章の序論において、呼吸筋力評価は、呼吸機能、呼吸障害を捉えるための重要な指標であることを述べ、呼吸筋力の測定方法について整理した。最大口腔内圧法による呼吸筋力測定は、通気孔を用いた測定と通気孔を用いない測定があることについて述べた。II章においては、通気孔を用いない場合の呼吸筋力測定の再現性について、同日内セッション内・セッション間および日を改めたセッション間の検者内または検者間の再現性を検証した。III章においては、呼吸筋力測定との関連として、標準的な通気孔を用いた呼吸筋力測定との関連を検討した。IV

章においては、呼吸筋力の特性として、若年健常成人における性差や参考値、呼吸筋力と簡易肺機能検査指標、運動習慣や身体活動量、四肢筋力の関連性を検討し、最大口腔内圧法による測定によって得られる呼吸筋力の特徴に関する知見を構築した。このような研究構成によって、最大口腔内圧法による呼吸筋力と身体機能との検討について論じた。

I 章 序論

本邦において、呼吸器疾患は死因の上位にあり、呼吸障害に対して呼吸リハビリテーションが実施されている。呼吸リハビリテーションのうち、運動療法における対象の一つに呼吸筋があり、最大口腔内圧法による呼吸筋力評価が用いられる。健常者から有症者まで最大内圧法による呼吸筋力評価は用いられており、呼吸機能や呼吸障害を捉えるための重要な指標である。最大口腔内圧法において、通気孔を利用した測定方法が一般的であり広く浸透している。一方、通気孔を用いない測定方法もある。圧によって呼吸筋力を評価する場合、換気力学では気流量、換気量、圧の3つの観点から捉える必要がある。通気孔を用いない場合、気流量をゼロとすることは換気量を伴わないため、圧に着目して解釈できる。特に、FRCにおける測定は胸郭系の弾性力を除いた呼吸筋群の活動を圧で捉えることが可能とされている。また、筋の長さ-張力関係からは筋長を加味したRVやTLCの測定も胸郭系の弾性を含め重要な測定とな

る。しかしながら、通気孔を用いない場合の呼吸筋力について知見は十分に構築されていなく、本研究はこの点に着目した。そこで、通気孔を用いない場合の呼吸筋力の知見を構築することを本研究課題とした。また、呼吸筋力の知見を構築するために、身体機能との関連を調査することとした。

II章 再現性

II-1. 検者内再現性 同日内におけるセッション内再現性

若年健常成人 50 名（男性 28 名，女性 22 名）を対象に，通気孔を用いない場合の呼吸筋力測定における検者内の絶対信頼性について全対象者および性別に検証し，測定回数および採用値について検討した。3 回測定における B-AA の結果，1 回目と 2 回目の測定値の間に系統誤差を認めなかった。MDC₉₅ は 18.6~55.4% と大きく，誤差を考慮すると少なくとも 2 回の測定を実施し，採用値は最大値とすることが考えられた。限界や課題として，4 回以上の複数回における呼吸筋力や筋活動の変化，測定にかかる時間，検者間再現性や高齢者および有疾患者を対象とした検討が挙げられた。

IV-2. 検者内および検者間再現性 同日内におけるセッション内・セッション間再現性, 日を改めたセッション間再現性

若年健常者 10 名（男女各 5 名）を対象に，同日内および日を改めた検者内または検者間の再現性を検証し，日内変動および日変動を検討した．全対象者，性別に検討した．1, 2, 7, 21, 30 日目の午前および午後に測定を実施した．同日内におけるセッション内再現性，午前および午後の検者内または検者間再現性は ICC が 0.6 以上であり許容できる値と考えられた．しかしながら，初日と 21 日後の測定値において ICC が 0.6 未満の項目を認め，日を改めた再現性はさらなる検討を要する．性別の検討においては，男性よりも女性の方が ICC は高く，再現性が良いことが考えられた．呼吸筋力測定において，日内変動は小さいが日間変動があることが示唆された．限界と課題として，対象者数が少ないことや測定時間帯，日を改めた再現性が挙げられた．

III章 呼吸筋力測定の関連

若年健常成人 10 名（男性 5 名，女性 5 名）を対象に，標準的な測定と通気孔を用いない測定の関連を調べた．通気孔を用いた標準的な測定として，ATS/ERS の方法（通気孔利用有），呼吸リハビリテーションマニュアルの方法（通気孔利用有，頬圧迫有）を用いた．また，本研究における測定方法（通気孔利用無，頬圧迫有）を含めた 3 つの測定方法による

測定を実施した。標準的測定との測定値比較において、MIP (FRC, RV), MEP (FRC) は同等の測定値を示した。MEP (TLC) において測定方法間において差を認め、被験者の頬の緊張状態や発生する口腔内圧の強さに影響を受けることが考えられた。また、標準的測定との通気孔を用いない測定との関連は、0.8 以上 ($p < 0.05$) の相関を認め、関連することが示唆された。限界や課題として、標準的な測定との測定値比較において頬筋の関与の程度が挙げられた。また、対象者数の増加や対象年齢の拡大、呼吸筋力が小さいまたは大きい対象における群別の検討が挙げられた。

IV章 呼吸筋力の特性

IV章においては、呼吸筋力の特性として、若年健常成人における性差や参考値を検討した。また、他の評価指標との関連を検討した。若年健常成人における呼吸筋力は性差を認め、男性が大きい値であった。簡易肺機能検査指標との関連については、PEF と相関を認めた。運動習慣、身体活動量および握力との関連については、運動習慣や身体活動量と相関は低かった。四肢筋力との関連については、呼吸筋力と握力、肩関節水平内転筋力、膝関節伸展筋力について検討し、相関を認めた。本研究において、呼吸筋力は肺機能と四肢筋力と関連する特徴を有する可能性が示唆された。

IV-1 若年健常成人における呼吸筋力の性差および参考値

若年健常成人 138 名（男性 79 名，女性 59 名）を対象に，若年健常成人における呼吸筋力の性差および参考値を検討した．呼吸筋力（素値）および身長または体重補正をした値の性別比較において，有意な差を認め，男性の値が大きい特性があることが示唆された．MIP（FRC，RV），MEP（FRC，TLC）の順に平均値±標準偏差（kPa）（平均値に対する標準偏差の割合：％）を示す．なお，2 回測定 of 最大値を参考値として示す．

男性は -10.1 ± 6.6 kPa (29.7%)， -11.1 ± 3.2 (29.3)， 10.9 ± 3.6 (33.4)， 13.8 ± 3.6 (26.3)．女性は -6.6 ± 2.9 (44.5)， -7.4 ± 2.7 (36.5)， 5.9 ± 2.5 (43.3)， 8.1 ± 3.2 (39.8)．呼吸筋力は平均値に対する標準偏差の割合は大きく，男女ともに各人における経時的な指標として呼吸筋力を評価に用いることが肝要と考えられた．また，相対および絶対信頼性を検証し，必要な測定回数および採用値について再検討した．セッション内の繰り返し測定による相対信頼性が 0.8 以上であった．絶対信頼性の検討結果からは 1 回目と 2 回目の測定値の間に系統誤差を認めなかった．1・2 回目の最大値と 3 回目の測定値の間に固定誤差を認め，1・2 回目の最大値が大きかった．II 章同様の結果であり，誤差を考慮すると，測定回数は少なくとも 2 回実施し，採用値は最大値とすることが考えられた．限界と課題として，4 回以上の測定は含んでいないことが挙げられる．また，代表値としての指

標としていくためには、生活背景、活動量、運動習慣、筋力のような他の要因を含めてさらに検討していくことが課題として挙げられた。

IV-2 呼吸筋力と簡易肺機能検査指標の関連

若年健常成人 73 名（男性 43 名，女性 30 名）を対象に，呼吸筋力と簡易肺機能検査指標との相関を検討した．SVC, FVC, FEV_{1.0}, FEV_{1.0}% (G), PEF が関連を認めた．呼吸筋力は，肺機能の指標のうち PEF と相関 ($\rho=0.453\sim0.659$, $p<0.05$) が最も高く，関連する可能性が示唆された．呼吸筋力は，吸気量および呼気流量に関連する因子であることが考えられた．限界と課題として，対象者数，関連を説明可能な他の指標を含めた検討が挙げられた．また，精密肺機能検査によって得られる FRC など肺気量分画との関連も明らかではなく，より詳細な検討は必要である．

IV-3 呼吸筋力と運動習慣，身体活動量および握力の関連

若年健常成人 109 名（男性 61 名，女性 48 名）を対象に，呼吸筋力と運動習慣，身体活動量および握力の相関を検討した．呼吸筋力は運動習慣と身体活動量との関連は低く ($\rho=0.010\sim0.273$, $p>0.05$)，呼吸筋力は握力と関連 ($\rho=0.244\sim0.384$, $p<0.05$) することが示唆された．限界と課題として，身体活動量の評価は質問紙を用いたことが挙げられ，生活活動と運動の種類や量，期間を加味した検討が必要と考えられた．

IV-4 呼吸筋力と四肢筋力の関連

若年健常成人 44 名（男性 25 名，女性 19 名）を対象に，呼吸筋力と四肢筋力である握力，肩関節水平内転筋力，膝関節伸展筋力の相関を検討した．呼吸筋力は握力，肩関節水平内転筋力，膝関節伸展筋力と関連（ $\rho=0.447\sim 0.707$ ， $p<0.05$ ）することが示唆された．限界と課題として，対象者数が少ないことが挙げられ，体組成を含めた性別による詳細な検討が必要と考えられた．

このように，IV章において呼吸筋力の特性に関する知見を示したことは，介入材料として今後検討することや治療戦略の構築のための情報の一部として今後，役立てられる可能性が考えられた．しかしながら，限界として，関連を示しているに留まっており，介入によって変化を与えるのかは証明できない．そのため，介入効果については，介入研究が必要となり，今後の課題となると考えられた．

まとめ

呼吸筋機能のうち，換気能力を評価することに呼吸筋力測定は役立てられている．呼吸筋力の評価方法である最大口腔内圧法による呼吸筋力は通気孔を塞いで測定した．通気孔を用いないことは，圧に着目することが可能となる．RV や TLC で発揮される呼吸筋力が最大である可能性

を有するが、肺弾性と胸郭弾性の釣り合いがとれる FRC での測定によって得られる圧は呼吸筋力自体の発生圧であるため、FRC における測定を含めて検討した。

呼吸筋群の総体的な間接的筋力評価である最大口腔内圧法による呼吸筋力において、通気孔を用いない場合、同日内のセッション内再現性は良好であり、測定回数は少なくとも 2 回実施し、採用値は最大値とすることが考えられた。また、セッション間においても許容可能な値が得られるが、日を改めた再現性において安定した値は得られず、繰り返し測定による呼吸力向上の可能性が考えられた。通気孔を用いた測定と相関を認め、呼吸筋力測定として広く用いられている最大口腔内圧法による測定の選択肢の一つになる可能性が考えられた。呼吸筋力の特性としては、呼吸筋力は女性に比して男性の方の値が大きかったことから性差を有し、身体機能との関連においては、PEF と握力、肩関節水平内転筋力、膝関節伸展筋力四肢筋力と相関することが認められた。そのため、呼吸筋力は肺機能や四肢筋力といった身体機能と関連することが考えられた。

本研究の対象者は若年健常成人であり、年齢層が限局していることが限界として挙げられる。また、測定には補助者を要することが課題となり、対象者数や年齢層の拡大を考慮すると測定方法における指示方法などの改善の必要性を有する。測定は、バルサルバ現象を生じるため、気

胸の既往歴や巨大気腫の存在などに対するリスク管理を必要とする。適応には、鼓膜への影響もありうるため、中耳障害などがないことが考えられ、口腔の麻痺によってマウスピースをくわえることが出来ないことや心肺系へ過負荷が予測されるような呼吸筋力測定が困難な場合における対応方法が課題として挙げられた。また、同日内のセッション内およびセッション間の再現性は許容可能であるが、測定回数や日を改めた再現性についてはさらなる検討を要し、健常者と高齢者および有疾患者への適応に対する補正や知見をさらに構築していく必要があると考えられた。

呼吸筋力は、機能低下や転倒のリスクおよび長期ケアの必要性を予測することに役立つために、健康診断で測定することが提案されている¹¹⁸⁾。呼吸障害を対象とした場合は、呼吸不全の成因となる肺胞低換気、換気・血流比不均等、拡散障害、シャント、酸素濃度のうち、換気能力評価に呼吸筋力評価が用いられている。呼吸筋力は呼吸機能を捉える上で重要な指標であるため、最大口腔内圧法による呼吸筋力について、本研究で得られた知見は一助になることが考えられた。

VI 結論

本研究の目的は、最大口腔内圧法による呼吸筋力について、通気孔を用いない方法の再現性、通気孔を用いた方法との関連、身体機能との関連を検討することであった。若年健常成人において、最大口腔内圧法による呼吸筋力測定の通気孔を用いない場合、測定記録圧を最高値とした同日内におけるセッション内再現性は ICC が 0.8 以上であり、1 回目と 2 回目の測定の間には系統誤差を認めず、偶然誤差が平均値の 18.6% 以上であった。これより、測定回数は少なくとも 2 回必要であり、繰り返し測定によって落ち着いていく可能性が考えられた。セッション間の検者内および検者間再現性は ICC が 0.6 以上であり、同日内のセッション間は許容可能な値が測定された。日を改めた際の再現性は ICC が 0.6 未満であり、安定した値が得られなかった。通気孔を用いない測定は、通気孔を用いた場合と相関係数が 0.8 以上であり、関連することが示唆された。呼吸筋力の特性としては、女性に比して男性の方の値が大きかった。呼吸筋力と身体機能の関連においては、PEF、握力、肩関節水平内転筋力、膝関節伸展筋力が相関することが認められた。以上より、若年健常成人の呼吸筋力は、通気孔を用いない場合、セッション内の値は安定することや、性差を有し、肺機能および四肢筋力と関連する特徴を有する可能性が示唆された。

VII 謝辞

本論文は筆者が国際医療福祉大学大学院医療福祉学研究科保健医療学専攻理学療法学分野基礎理学療法領域に在籍中の研究成果をまとめたものである。国際医療福祉大学大学院医療福祉学研究科保健医療学専攻理学療法学分野教授の丸山仁司先生、黒川幸雄先生には指導教官として本研究の実施の機会を与えていただき、その遂行にあたって終始、ご指導をいただいた。筆者の所属施設である了徳寺大学理学療法学科教授の加藤宗規先生をはじめとした諸先生方にも、指導、助言および配慮をいただいた。了徳寺大学学生の皆様には被験者および検者としてご協力いただいた。そして、妻と子には支持、配慮をしていただいた。皆様に対し、ここに深謝の意を表す。

VIII 文献一覧

- 1)Fukuchi Y, Nishimura M, Ichinose M, et al.COPD in Japan: the Nippon COPD Epidemiology study. *Respirology*.2004;9(4):458-465
- 2)World Health Organization: The top 10 causes of death.
World Health Organization.
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/en/#> 2018.1.17
- 3)厚生労働省ホームページ 平成 27 (2015) 人口動態統計 (確定数) の概況. 第 6 表 性別にみた死因順位 (第 10 位まで) 別死亡数・死亡率 (人口 10 万対)・構成割合.
http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei15/dl/10_h6.pdf
2018.1.17
- 4)日本呼吸器学会 COPD ガイドライン第 4 版作成委員会 [編]. COPD (慢性閉塞性肺疾患) 診断と治療のためのガイドライン(第 4 版). 一般社団法人日本呼吸器学会.東京都.株式会社メディカルレビュー社,2013
- 5)日本呼吸ケア・リハビリテーション学会・日本呼吸器学会・日本リハビリテーション医学会・日本理学療法士協会 (編) 呼吸リハビリテーションマニュアルー運動療法ー第 2 版.千葉県.照林社,2012:31,50,138,139
- 6)Spruit MA, Singh SJ, Garvey C, et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: key concepts and advances in pulmonary rehabilitation.
Am J Respir Crit Care Med.2013;15:188(8):e13-64
- 7)GLOBAL INITIATIVE FOR CHRONIC OBSTRUCTIVE LUNG DISEASE
GLOBAL INITIATIVE FOR CHRONIC OBSTRUCTIVE LUNG
DISEASE,2017 Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, Inc.
<http://www.sppneumologia.pt/uploads/files/comissoestrabalho/Fisiopatologia%20e%20DPOC/wms-GOLD-2017-FINAL.pdf> 2018.1.17
- 8)McCarthy B, Casey D, Devane D, et al. Pulmonary rehabilitation for chronic obstructive pulmonary disease.

- Cochrane Database Syst Rev.2015;23(2).CD003793.
- 9)Lacasse Y, Cates CJ, McCarthy B, et al. This Cochrane Review is closed: deciding what constitutes enough research and where next for pulmonary rehabilitation in COPD.
Cochrane Database of Syst Rev.2015;18(11).ED000107
- 10)Gosselink R, De Vos J, van den Heuvel SP, et al. Impact of inspiratory muscle training in patients with COPD: what is the evidence?.
Eur Respir J.2011;37(2): 416-425
- 11)Malcolm G, Jeremy R, Gary C, et al. Tests of respiratory muscle strength.
ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing.
Am J Respir Crit Care Med.2002;166:528-547
- 12)Black LF, Hayatt RE. Maximal respiratory pressures: Nomal values and relationship to age and sex.Am Rev Respir Dis.1969;99(5):696-702
- 13)鈴木正史,寺本信嗣,須藤英一ら.最大呼気・吸気筋力の加齢変化.日胸疾会誌.1997;35(12):1305-1311
- 14)Heinzmann-Filho JP, Vasconcellos Vidal PC, Jones MH. Normal values for respiratory muscle strength in healthy preschoolers and school children.
Respir Med.2012; 106(12):1639-1646
- 15)Cox DW, Verheggen MM, Stick SM, et al. Characterization of Maximal Respiratory Pressures in Healthy Children. Respiration.2012;84(6):485-491
- 16)Hautmann H1, Hefele S, Schotten K, et al. Maximal inspiratory mouth pressures (PIMAX) in healthy subjects--what is the lower limit of normal?.
Respir Med.2000;94(7):689-693
- 17)Evans JA, Whitelaw WA. The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. Respir Care.2009;54(10):1348-1359
- 18)Wijkstra PJ, van der Mark TW, Boezen M. et al. Peak Inspiratory Mouth Pressure in Healthy Subjects and in Patients With COPD.
Chest.1995;107(3):652-656
- 19)西村善博,前田均,田中勝治ら.加齢の呼吸筋力に及ぼす影響-最大口腔

- 内圧を用いた検討-.日胸疾会誌.1991;29(7):795-801
- 20)Smyth RJ, Chapman KR, Rebuck AS. Maximal inspiratory and expiratory pressures in adolescents.Normal values. Chest.1984;86(4):568-572
- 21)Sclausser Pessoa IM, Franco Parreira V, Fregonezi GA, et al. Reference values for maximal inspiratory pressure: a systematic review. Can Respir J.2014;21(1):43-50
- 22)宮川哲夫,溝呂木忠,市川秀行ら.呼吸筋力の評価-特に横隔膜筋力について-.理学療法.1988;5(2):148-156
- 23)Ueki J, De Bruin PF, Pride NB. In vivo assessment of diaphragm contraction by ultrasound in normal subjects.Thorax.1995;50(11):1157-1161
- 24)Maillard JO, Burdet L, van Melle G, et al. Reproducibility of twitch mouth pressure, sniff nasal inspiratory pressure, and maximal inspiratory pressure. Eur Respir J.1998;11(4)901-905
- 25)Terzi N, Corne F, Mouadil A, et al. Mouth and nasal inspiratory pressure: learning effect and reproducibility in healthy adults. Respiration.2010;80(5):379-386
- 26)Martínez-Llorens J, Ausín P, Roig A, et al. Nasal inspiratory pressure: an alternative for the assessment of inspiratory muscle strength?. Arch Bronconeumol. 2011;47(4):169-175
- 27)Hart N, Hawkins P, Hamnegård CH, et al. A novel clinical test of respiratory muscle endurance.Eur Respir J.2002;19(2):232-239
- 28)Budweiser S, Jörres RA, Criée CP, et al. Prognostic value of mouth occlusion pressure in patients with chronic ventilatory failure. Respir Med.2007;101(11): 2343-2351
- 29)Suzuki J, Tanaka R, Yan S, et al. Assessment of abdominal muscle contractility, strength, and fatigue. Am J Respir Crit Care Med.1999;159(4 Pt 1):1052-1060
- 30)Man WD1, Kyroussis D, Fleming TA, et al. Cough gastric pressure and maximum expiratory mouth pressure in humans.

- Am J Respir Crit Care Med.2003;168(6):714-717
- 31)Yokoba M, Abe T, Katagiri M, et al. Respiratory muscle electromyogram and mouth pressure during isometric contraction.
Respir Physiol Neurobiol.2003;137(1):51-60
- 32)Kera T, Maruyama H. The effect of posture on respiratory activity of the abdominal muscles.
J Physiol Anthropol Appl Human Sci.2005;24(4):259-265
- 33)堀江淳,村田伸,林真一郎ら.居宅高齢者における運動習慣の有無による呼吸機能,呼吸筋力,運動耐容能への影響.日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌.2011;21(3): 264-269
- 34)Degens H, Maden-Wilkinson TM, Ireland A, et al. Relationship between ventilatory function and age in master athletes and a sedentary reference population.Age (Dordr). 2013;35(3):1007-1015
- 35)Lanza Fde C, de Camargo AA, Archija LR, et al. Chest wall mobility is related to respiratory muscle strength and lung volumes in healthy subjects.
Respir Care.2013;58(12):2107-2112
- 36)Ro HJ, Kim DK, Lee SY, et al. Relationship Between Respiratory Muscle Strength and Conventional Sarcopenic Indices in Young Adults: A Preliminary Study.Ann Rehabil Med.2015;39(6):880-887
- 37)垣内優芳,藤原麻子,河原由梨香ら.中高齢者の随意的咳嗽力に関連性する因子.日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌.2015;25(2):272-275
- 38)鈴木あかり,金子秀雄.地域在住高齢者における咳嗽力と呼吸機能,運動機能,口腔嚥下機能の関連性.理学療法科学.2017;32(4):521-525
- 39)安藤陽夫.肺癌患者の呼吸筋力に関する臨床的研究.岡山医学会雑誌. 1987;99(7-8):987-1001
- 40)酒井桂太,本間千鶴子,佐竹將宏ら.肺切除手術前後の呼吸筋力.理学療法科学.1992;19(5):467-470
- 41)Nishimura Y, Tsutsumi M, Nakata H, et al. Relationship between respiratory muscle strength and lean body mass in men with COPD.

- Chest.1995;107(5):1232-1236
- 42)Mesquita R, Donária L, Genz IC, et al. Respiratory muscle strength during and after hospitalization for COPD exacerbation.
Respir Care.2013;58(12):2142-2149
- 43)Terzano C, Ceccarelli D, Conti V, et al. Maximal respiratory static pressures in patients with different stages of COPD severity. Respir Res.2008;9(1):8
- 44)吉田一正,武田賢一,河崎雄司ら.慢性閉塞性肺疾患患者における上肢の活動量と呼吸機能検査および上肢運動能との関係.日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌.2012;22(2):204-207
- 45)Dassios TG, Katelari A, Doudounakis S, et al. Chronic Pseudomonas aeruginosa infection and respiratory muscle impairment in cystic fibrosis.
Respir Care.2014;59(3):363-370
- 46)Meyer FJ, Borst MM, Zugck C, et al. Respiratory muscle dysfunction in congestive heart failure: clinical correlation and prognostic significance.
Circulation. 2001; 103(17):2153-2158
- 47)Habedank D, Meyer FJ, Hetzer R, et al. Relation of respiratory muscle strength, cachexia and survival in severe chronic heart failure.
J Cachexia Sarcopenia Muscle.2013;4(4):277-285
- 48)van der Palen J, Rea TD, Manolio TA, et al. Respiratory muscle strength and the risk of incident cardiovascular events. Thorax.2004;59(12):1063-1067
- 49)伊藤武久,飯田有輝,河邨誠ら.心臓外科周術期におけるリハビリテーションプログラム遅延因子の検討.日本集中治療医学会雑誌.
2012;19(4):616-621
- 50)Graetz JP, Zamunér AR, Moreno MA. Evaluation of maximal inspiratory and sniff nasal inspiratory pressures in pre- and postoperative myocardial revascularization. Rev Bras Cir Cardiovasc.2012;27(4):607-613
- 51)Urell C, Emtner M, Hedenstrom H, et al. Respiratory muscle strength is not decreased in patients undergoing cardiac surgery.
J Cardiothorac Surg.2016;11:41

- 52) Demir R, Zeren M, Gurses HN, et al. Relationship of respiratory muscle strength, pulmonary function, and functional capacity with quality of life in patients with atrial fibrillation. *J Int Med Res.*2017;1:300060517723252
doi: 10.1177/0300060517723252.
- 53) 上田有紀, 飯田有輝, 西田修ら. 人工呼吸器離脱時の呼吸筋力と interleukin-6 は関係する. *日本集中治療医学会雑誌.*2011;18(3):413-414
- 54) 横山仁志, 横山有里, 武市梨絵ら. 呼吸筋力と肺コンプライアンスの関係が換気指標と抜管の成否に及ぼす影響. *人工呼吸.*2012;29(1):62-69
- 55) Mateus SR, Beraldo PS, Horan TA. Maximal static mouth respiratory pressure in spinal cord injured patients: correlation with motor level. *Spinal Cord.*2007;45(8):569-575
- 56) Terzi N, Orlikowski D, Fermanian C, et al. Measuring inspiratory muscle strength in neuromuscular disease: one test or two?.
*Eur Respir J.*2008;31(1):93-98
- 57) Tamplin J, Brazzale DJ, Pretto JJ, et al. Assessment of breathing patterns and respiratory muscle recruitment during singing and speech in quadriplegia. *Arch Phys Med Rehabil.*2011;92(2):250-256
- 58) Kaltsakas G, Antoniou E, Palamidis AF, et al. Dyspnea and respiratory muscle strength in end-stage liver disease.
*World J Hepatol.*2013; Feb 27;5(2):56-63
- 59) Wang Y, Shao WB, Gao L, et al. Abnormal pulmonary function and respiratory muscle strength findings in Chinese patients with Parkinson's disease and multiple system atrophy--comparison with normal elderly. *PLoS One.*2014;Dec 29;9(12):e116123
- 60) Kaminska M, Noel F, Petrof BJ. Optimal method for assessment of respiratory muscle strength in neuromuscular disorders using sniff nasal inspiratory pressure (SNIP). *PLoS One.*2017;May 16;12(5):e0177723
- 61) 金子秀雄, 木庭知美, 徳永理紗. 女子学生における非特異的慢性腰痛の有無による呼吸機能の違い. *理学療法科学.*2016;31(6):799-804

- 62)Goldstein R1, De Rosie J, Long S, et al. Applicability of a threshold loading device for inspiratory muscle testing and training in patients with COPD. Chest.1989;96(3):564-571
- 63)川越厚良,清川憲孝,菅原慶勇ら.COPD 患者における低強度運動療法を主体とした在宅呼吸リハビリテーションが身体活動量に与える影響.理学療法学.2015;42(3):220-227
- 64)Budweiser S, Moertl M, Jörres RA, et al. Respiratory muscle training in restrictive thoracic disease: a randomized controlled trial. Arch Phys Med Rehabil.2006;87(12):1559-1565
- 65)安藤可織,西崎真里,廣川晴美ら.肺高血圧症患者に対する呼吸筋トレーニングの有用性.心臓リハビリテーション.2013;18(1):124-129
- 66)冨田和秀,阪井康友,居村茂幸ら.吸気筋トレーニングが横隔膜運動に与える影響-dynamic MRI を用いた横隔膜運動解析による検討-.群馬パース大学紀要.2006;3:15-21
- 67)Austin JH, Ausubel P. Enhanced respiratory muscular function in normal adults after lessons in proprioceptive musculoskeletal education without exercises. Chest.1992;102(2):486-490
- 68)Areas GP, Borghi-Silva A, Lobato AN, et al. Effect of upper extremity proprioceptive neuromuscular facilitation combined with elastic resistance bands on respiratory muscle strength: a randomized controlled trial. Braz J Phys Ther.2013;17(6):541-546
- 69)Kim CB, Yang JM1, Choi JD. The effects of chest expansion resistance exercise on chest expansion and maximal respiratory pressure in elderly with inspiratory muscle weakness. J Phys Ther Sci.2015;27(4):1121-1124
- 70)巻直樹,高橋大知,仲田敏明ら.嚥下機能低下を呈した要介護認定高齢者に対する呼吸トレーニングが呼吸機能,嚥下機能,QOL に与える効果.理学療法学.2017;44(2):138-144
- 71)菊池喜博.呼吸筋力の指標.呼吸 1984;3(10):1282-1288
- 72)吉野克樹.呼吸筋力の測定.呼吸 1988;7(5):596-600

- 73)解良武士.呼吸筋力の測定.理学療法科学.2002;17(4):265-271
- 74)千原幸司.呼吸筋の臨床.呼吸.2011;30(4):340-348
- 75)一般社団法人 日本呼吸器学会 肺生理専門委員会〔編〕.臨床呼吸機能検査 第8版.一般社団法人呼吸器学会.東京都.株式会社メディカルビュー社,2016
- 76)Agostoni E, Mead J. Statics of the respiratory system. In: Fenn WO, Rahn H. editors. Handbook of physiology. Respiration. Vol.I.Washington. DC: American Physiological Society,1964:387-409
- 77)Sobush DC, Dunning M 3rd. Assessing maximal static ventilatory muscle pressures using the "bugle" dynamometer. Suggestion from the field. Phys Ther.1984 ;64(11):1689-1690
- 78)Hamnegård CH, Wragg S, Kyroussis D, et al. Portable measurement of maximum mouth pressures. Eur Respir J.1994;7(2):398-401
- 79)Dimitriadis Z, Kapreli E. Konstantinidou I, et al. Test/retest reliability of maximum mouth pressure measurements with the MicroRPM in healthy volunteers. Respir Care.2011;56(6):776-782
- 80)肺機能セミナー〔編〕.臨床肺機能検査 (第3版).肺機能セミナー.東京都.株式会社スズケンセンター出版部,1990;79
- 81)Aguilar X, Fiz JA, Texidó A, et al. Maximum inspiratory and expiratory pressures have no daytime variation in healthy men. Respir Med.1996;90(4):231-233
- 82)寺本信嗣,鈴木正史,松井 弘稔ら.老年者における呼吸筋力測定値の日内変動の検討.呼吸.1999;18(11):1247-1251
- 83)Smeltzer SC, Laviertes MH. Reliability of maximal respiratory pressures in multiple sclerosis. Chest.1999;115(6):1546-1552
- 84)Windisch W, Hennings E, Sorichter S, et al. Peak or plateau maximal inspiratory mouth pressure: which is best?. Eur Respir J.2004;23(5):708-713
- 85)金子秀雄,永井良治,吉住浩平.最大吸気圧測定 of 反復に伴う呼吸筋活動の変化.理学療法科学.2010;25(4):487-492

- 86)Nava S, Ambrosino N, Crotti P, et al. Recruitment of some respiratory muscles during three maximal inspiratory manoeuvres. *Thorax*.1993;48(7):702-707
- 87)Rhee MH, Kim LJ. The changes of pulmonary function and pulmonary strength according to time of day: a preliminary study. *J Phys Ther Sci*.2015;27(1):19-21
- 88)Fregonezi G, Resqueti VR, Cury JL. Diurnal variations in the parameters of pulmonary function and respiratory muscle strength in patients with COPD. *J Bras Pneumol*.2012;38(2):257-263
- 89)Mayos M, Giner J, Casan P, et al. Measurement of maximal static respiratory pressures at the mouth with different air leaks. *Chest*.1991;100(2):364-366
- 90)Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data.*Biometrics*.1977;33:159-174
- 91)桑原洋一, 斉藤俊弘, 稲垣義明. 検者内および検者間の Reliability (再現性, 信頼性) の検討. *呼と循*.1993;41(10):945-952
- 92)今井樹, 潮見泰藏. “理学療法研究における“評価の信頼性”の検査法”. *理学療法科学*.2004;19(3):261-265
- 93)Loveridge B, Badour M, Dubo H. Ventilatory muscle endurance training in quadriplegia: effects on breathing pattern. *Paraplegia*.1989;27(5):329-339
- 94)對馬栄輝.SPSS で学ぶ医療系多変量データ解析.東京都.東京図書株式会社.2010:71
- 95)厚生労働省ホームページ 国民健康・栄養調査, 身体状況調査, 身長
の平均値・標準偏差の年次推移, 体重の平均値・標準偏差の年次推移.
http://www.mhlw.go.jp/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/kenkou/kenkounippou21/eiyouchousa/keinen_henka_shintai.html 2018.1.17
- 96)Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*.2005;26(2):319-338
- 97)Smith JA1, Aliverti A, Quaranta M, et al. Chest wall dynamics during voluntary and induced cough in healthy volunteers.

- J Physiol.2012;Feb 1;590(3):563-574
- 98)Konno K, Mead J. Measurement of the separate volume changes of rib cage and abdomen during breathing. J Appl Physiol.1967;22(3):407-422
- 99)Konno K. Mead J. Static volume-pressure characteristics of the rib cage and abdomen. J Appl Physiol.1968;24(4):544-548
- 100)Kenyon CM, Cala SJ, Yan S, et al. Rib cage mechanics during quiet breathing and exercise in humans.
J Appl Physiol.(1985).1997;83(4):1242-1255
- 101)Strohl KP, Mead J, Banzett RB, et al. Regional differences in abdominal muscle activity during various maneuvers in humans.
J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.1981;51(6):1471-1476
- 102)De Troyer A. Mechanical role of the abdominal muscles in relation to posture. Respir Physiol.1983;53(3):341-353
- 103)Barrett J, Cerny F, Hirsch JA, et al. Control of breathing patterns and abdominal muscles during graded loads and tilt.
J Appl Physiol.(1985).1994;76(6):2473-2480
- 104)Abe T, Kusuhara N, Yoshimura N, et al. Differential respiratory activity of four abdominal muscles in humans.
J Appl Physiol.(1985).1996;80(4):1379-1389
- 105)De Troyer A, Kirkwood PA, Wilson TA. Respiratory action of the intercostal muscles. Physiol Rev.2005;85(2):717-756
- 106)村瀬訓生,勝村俊仁,上田千穂子ら.身体活動量の国際標準化－IPAQ 日本語版の信頼性,妥当性の評価－.厚生の指標.2002;49(11):1-9
(Murase N, Katsumura T, Ueda C, et al. Validity and reliability of Japanese version of International Physical Activity Questionnaire. Journal of Health and Welfare Statistics.2002;49(11):1-9 [In Japanese])
- 107)Craig CL, Marshall AL, Sjöström M, et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity.
Med Sci Sports Exerc.2003;35(8):1381-1395

- 108)文部科学省ホームページ 統計表一覧, 政府統計の窓口, 体力・運動能力調査, 平成 28 年度, 年齢別テストの結果, 握力、上体起こし、長座体前屈.
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001095718&cycode=0>
2018.1.17
- 109)Buchman AS, Boyle PA, Wilson RS, et al. Respiratory muscle strength predicts decline in mobility in older persons.
Neuroepidemiology.2008;31(3):174-180
- 110)Leong DP, Teo KK, Rangarajan S, et al. Prognostic value of grip strength: findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study.
Lancet.2015;18;386(9990):266-273
- 111)平野正広,加藤宗規,中村浩ら.地域在住高齢者における肩関節水平内転筋力と肺機能の関連性.了徳寺大学研究紀要.2017;(11):29-34
- 112)Buchner DM, Beresford SA, Larson EB, et al. Effects of physical activity on health status in older adults. II. Intervention studies.
Annu Rev Public Health.1992;13:469-488
- 113)Katoh M, Kaneko Y. An Investigation into Reliability of Knee Extension Muscle Strength Measurements, and into the Relationship between Muscle Strength and Means of Independent Mobility in the Ward: Examinations of Patients Who Underwent Femoral Neck Fracture Surgery.
J Phys Ther Sci.2014;26(1):15-19.
- 114)Hirano M, Katoh M. Absolute reliability of shoulder joint horizontal adductor muscle strength measurements using a handheld dynamometer.
J Phys Ther Sci.2015;27(7):2125-2157
- 115)Hirano M, Katoh M, Kawaguchi S, et al. Intrarater reliabilities of shoulder joint horizontal adductor muscle strength measurements using a handheld dynamometer for geriatric and stroke patients.
J Phys Ther Sci.2016;28(1):51-55
- 116)Katoh M,Isozaki K, Sakanoue N, et al. Reliability of isometric knee

extension muscle strength measurement using a hand-held dynamometer with a belt: a study of test-retest reliability in healthy elderly subjects.

J Phys Ther Sci.2010;22(4):359-363

117)高橋泰子,石坂正大,久保晃ら.健常者における骨格筋量と呼吸機能の関係.理学療法科学.2017;32(3):429-433

118)Bunki H, Shibata N, Yorimoto A. Functional characteristics and measurement significance of respiratory muscle strength in the elderly.

総合健診.2013;40(4):451-456

IX 業績

国際医療福祉大学大学院博士課程在籍中の業績（平成 27 年 4 月～平成 30 年 1 月現在）を以下に示す.

論文

- 1)五味雅大,平野正広,加藤宗規.ハンドヘルドダイナモメーターとベルト固定を用いた等尺性肩関節筋力測定値の妥当性-等速性筋力測定機器との比較-.理学療法科学.2015;30(2):317-321
- 2)Hirano M, Katoh M. Absolute reliability of shoulder joint horizontal adductor muscle strength measurements using a handheld dynamometer.
J Phys Ther Sci.2015;27(7):2125-2157
- 3)澤広太,中村学,手島雅人,平野正広ら.座位姿勢にいける体幹屈曲筋力および伸展筋力評価の妥当性と信頼性.理学療法科学.2015;30(5):707-712
- 4)Hirano M, Katoh M, kawaguchi S, et al. Intrarater reliability of shoulder joint horizontal adductor muscle strength measurements using a handheld dynamometer in geriatric and stroke patients. J Phys Ther Sci.2016;28:51-55
- 5)五味雅大,平野正広,加藤宗規.ベルト固定を併用したハンドヘルドダイナモメーターによる手関節掌屈筋力測定における検者内再現性.了徳寺大学研究紀要.2016;10:169-174
- 6)高木亮輔,平野正広,終幸伸,川崎翼,加藤宗規.ハンドヘルドダイナモメーターを用いた等尺性膝伸展筋力測定における骨盤固定が測定値におよぼす影響. 了徳寺大学研究紀要.2016;10:175-182
- 7)兎澤良輔,平野正広,川崎翼,加藤宗規.大腿四頭筋に対する Kinesio®tape の貼付が筋力測定値におよぼす即時的な変化.
了徳寺大学研究紀要.2016;10:183-190
- 8)平野正広,加藤宗規.呼吸筋力測定の絶対信頼性.
了徳寺大学研究紀要.2016;10:197-204

- 9) 兎澤良輔, 宮島恵樹, 平野正広ら. 若年健常成人を対象とした後方・前方 2 ステップテストと後方・前方歩行速度との関連性について.
日本転倒予防学会誌.2016;3(1):13-18
- 10) Hirano M, Gomi M, Katoh M. Effects of trunk stability on isometric knee extension muscle strength measurement while sitting.
J Phys Ther Sci.2016;28:2474-2476
- 11) 勝木員子, 中村浩, 柗幸伸, 山田洋一, 平野正広ら. 高齢化率の低い都市部に暮らす高齢女性のロコモ度と骨密度の関連-介護予防事業参加者からの検討-. 了徳寺大学研究紀要.2017;11:23-28
- 12) 平野正広, 加藤宗規, 中村浩, 柗幸伸, 山田洋一, 勝木員子, 川崎翼, 兎澤良輔, 清水菜穂. 地域在住高齢者における肩関節水平内転筋力と肺機能の関連.
了徳寺大学研究紀要.2017;11:29-34
- 13) 五味雅大, 平野正広, 加藤宗規ら. ベルト固定を併用したハンドヘルドダイナモメーターによる肘関節屈曲筋力測定における検者内再現性.
了徳寺大学研究紀要.2017;11:165-170
- 14) 清水菜穂, 平野正広, 柗幸伸ら. Hand-held Dynamometer を使用した背臥位での股関節外転筋力測定方法の信頼性についての検討.
了徳寺大学研究紀要.2017;11:171-176
- 15) 兎澤良輔, 川崎翼, 平野正広ら. 運動頻度の違いによる歩行・バランス能力の相違-定期的な運動習慣のある中・高齢者による評価-.
了徳寺大学研究紀要.2017;11:177-182

学会発表

- 1) 安達拓, 平野正広, 猪飼哲夫, 吉野克樹. 呼吸法による咳嗽発作の回避法の検討. 第 50 回日本理学療法学会. 理学療法学.2015;42
- 2) 兎澤良輔, 宮島恵樹, 平野正広ら. 健常若年者における前方・後方歩行速度と前方・後方 2 ステップテストとの関係. 第 50 回日本理学療法学会. 理学療法学.2015;42

- 3)澤広太,中村学,手島雅人,平野正広ら.端座位による体幹屈曲筋力評価および伸展筋力評価の妥当性,信頼性.第50回日本理学療法学会.理学療法学.2015;42
- 4)平野正広,安達拓,吉野克樹.呼気抵抗負荷 COPD 疾患モデルにおける運動時換気メカニクスの変化.第52回日本臨床生理学会総会.日本臨床生理学会雑誌.2015;45(4):83
- 5)兎澤良輔,平野正広,川崎翼ら.年齢による後方2ステップテストを含めたバランス評価の変化.第51回日本理学療法学会.理学療法学.2016;43(2)
- 6)Hiiragi Y, Nakamura H, Yamada Y, **Hirano M**, et al.The sway of trunk and head during the walk.20th International Meeting of Physical Therapy Science in Vietnam.The first vietnam-japan joint rehabilitation conference.2016:48-49
- 7)兎澤良輔,川崎翼,平野正広ら.定期的な運動習慣のある中・高齢者における運動頻度の違いが歩行およびバランス能力におよぼす影響.第35回関東甲信越ブロック理学療法士学会.第35回関東甲信越ブロック理学療法士学会抄録集.2016
- 8)平野正広,加藤宗規.呼吸筋力測定の再現性.第22回千葉県理学療法士学会.第22回千葉県理学療法士学会プログラム・収録集.2017:59
- 9)終幸伸,中村浩,川崎翼,山田洋一,平野正広ら.歩行時の体幹動揺と頭部の計測とその評価.第52回日本理学療法学会.理学療法学.2017.44(2)
- 10)平野正広,加藤宗規,鎌田優樹ら.運動習慣が呼吸筋力に及ぼす影響-身体活動量を対照とした検討-.第52回日本理学療法学会.理学療法学.2017.44(2)
- 11)川崎翼,三上恭平,青木良磨,阿保吉英,石黒留美子,中村浩,終幸伸,兎澤良輔,山田洋一,勝木員子,平野正広ら.パーキンソン病患者の運動イメージ能力低下における身体活動能力の関与.第52回日本理学療法学会.理学療法学.2017.44(2)
- 12)川崎翼,兎澤良輔,清水奈穂,終幸伸,山田洋一,平野正広ら.高齢者の運動予測誤差は身体活動能力低下に起因する.第36回関東甲信越ブロック理

学療法士学会.2017