

〈研究プロジェクト〉

順天堂大学体格体力累加測定研究プロジェクト (J-Fit+) の
開始にあたって

河村 剛光*・鈴木 宏哉*・染谷 由希*,**・福 典之***

Launching of the Juntendo Fitness Plus Study (J-Fit+)

Yoshimitsu KOHMURA*, Koya SUZUKI*, Yuki SOMEYA*,** and Noriyuki FUKU***

〔要 旨〕

順天堂大学体格体力累加測定(以下,累加測定)は,1969年から学部行事として組み込まれ,これまで47年間継続して実施されており,今後も継続して実施していく予定である。また,1980年から毎年のように,平均値等のデータが本学紀要に報告されている。2016年度より学内共同研究として,順天堂大学体格体力累加測定研究(通称J-Fit+)が採択され,スタートを切ったことから,ここにその概要を報告する。本プロジェクトは,累加測定を活用し,その意義を高めていくための研究基盤を形成するプロジェクトである。この研究基盤は4つの柱,DASHからなる。すなわち,D(Database & Share):累加測定及び関連調査のICT化・データ共有,A(Alumni follow-up):体力データをもとにした同窓生追跡研究,S(Sports & health science):スポーツ健康科学研究,H(Hereditry & variation):運動能力・スポーツ障害と遺伝要因に関わる大規模データの収集と蓄積の4つの研究グループでプロジェクトを構成している。また,有機的に相互に連携して研

究を推進していき,毎年の累加測定機会の活用やデータ利用の手順の整備なども行っていく。

1. はじめに

累加測定は,現在も学部行事として組み込まれ,1969年以来¹⁸⁾,2016年までの47年間継続し,本学スポーツ健康科学部に在籍する1年生から4年生までの全学生の形態及び機能の基礎的データが蓄積されている。入学から卒業までの4年間継続して測定しているために,同一個人を4年間追跡できることが特徴のひとつである。今後も累加測定は継続されていく予定である。加えて,1980年から毎年のように,順天堂大学保健体育紀要,順天堂大学スポーツ健康科学研究,順天堂大学スポーツ健康科学研究において平均値等のデータが報告されている²⁰⁾。累加測定は,継続してトレーニングを実施している大学生の体力を横断的,縦断的に研究調査しながらデータを蓄積することを目的としている¹⁸⁾。これまでにも,累加測定に関連したプロジェクトがいくつか実施されており,近年では,2012~13年度に学内共同研究大型研究プロジェクトとして,データベースの整備,その活用に関する議論や予備調査等も行われた。それらの成果を受けて,新たに2016年度より学内共同研究(区分A)「順天堂大学累加測定の有効活用と発展に関する基盤研究」として,順天堂大学

* 順天堂大学スポーツ健康科学部

** 順天堂大学大学院医学研究科スポーツロジセクター

*** 順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科



図1 J-Fit+ 広報用の研究案内



図2 J-Fit+ ロゴマーク

体格体力累加測定研究プロジェクト(通称J-Fit+と命名され、以下そのように表記する)が採択されてスタートを切ったことから、ここに概要を報告し、現時点での主要な各研究テーマの担当研究者から、4つの研究の柱についてそれぞれ報告することとした。なお、本プロジェクトでは、積極的な広報、共同研究の募集、成果の還元などのために、研究案内(図1)や研究ロゴ(図2)の作成を行い、プロジェクトを推進している。

2. J-Fit+ の概要

本プロジェクトは、累加測定を活用し、その意義を高めていくための研究基盤を形成するプロジェクトであり、現時点では4つの研究グループで構成し、連携して研究を推進している。また、今後の累加測定機会の活用やデータ利用の手順の整備なども行っていく。以降には、4つの各研究テーマの概要や関連トピックについて、それぞれの担当者が執筆を行った。

D (Database & Share) : 累加測定及び関連調査のICT化(主担当: 鈴木宏哉)

1. 研究計画

これまで累加測定の際に、記録用紙を対象者が持参し、各測定場所で記録員がその記録用紙を受け取り、記録するというアナログ方式で行われていたデータ収集方法をデジタル化し、即時的データ収集とフィードバックを実現する。そしてデータ収集のデジタル化を通して、様々な同窓生調査データを統合することや、同一個人の縦断データを一元管理できるデータベース構築を目指す。

累加測定のデータ収集について、対象者の携帯端末(スマートフォンやタブレット端末)を用いて対象者が入力できるプログラムを作成する。平成28年度に関しては累加測定当日におけるこれまでのデータ収集方法は維持したままに、試作プログラムの検証を行う。そして、年度内に過去の累加測定データ及び過去に実施した関連調査のデータを統合し、次年度以降のデータベース構築に備える。平成28年度に試作したプログラムの修正と同時に、累加測定に付随したアンケート調査や同窓生を対象としたアン

ケート調査などすべてをデジタル化し、Web調査システム及びデータベースを構築する。実施にあたっては、本プロジェクトの概要、調査案内、そしてプロジェクト成果の公表のためにHPを開設する。そして、学内の研究者がデータを活用できるためのルール作りを行う。

2. 研究の目的や期待される結果

本研究では、47年間継続実施されている累加測定によって蓄積された体格と体力に関するデータを有効活用する仕組み(データ管理システムと活用のルール作り)を構築することを目的とする。

我々はこれまでにいくつかの公的調査データを用いた研究に従事する中で、研究者だけでは実施が困難な大規模調査データが、狭い研究目的に限定された分析にとどまり、十分に解析されないままにお蔵入りしている実情を目の当たりにしてきた。また、公的調査では、全国規模の大標本の分析ができる反面、原則単年度予算の繰り返しで実施されているため、同窓生追跡研究のような対象者を縦断的に追跡した分析は行うことができない。1969年から追跡している1万人規模の累加測定データを活用すること、そしてこのデータを公共財として国内外の研究者に広く提供する仕組みを構築することで、日本人を対象としたエビデンス作りを加速させることができると考えられる。

本研究の意義はスポーツ健康科学研究における日本人の新しいエビデンスを提供できるだけでなく、近年社会調査や遺伝子研究分野で広まりつつある「データシェアリング」の思想をスポーツ健康科学研究へ浸透させることにある。研究データシェアリングの取り組みは欧米で始まりつつあり、国内でも議論が始まっている中、いち早く具体的な研究を進める必要がある。

3. 進捗状況及び将来的な展望

2016年度の累加測定において、対象者の携帯端末を用いて記録を入力できるシステムを構築した。詳細については、体格体力累加測定委員会(2017)の報告を参照されたい。本プロジェクトは国内外の研究者へデータを提供することを想定しているため、

プロジェクトのリーフレットを3000部作成し、国内の学会等で配布した。そして、データ提供における利用申請書を作成した。また、これまで蓄積された生データを研究に活用するにあたり障壁となっていたデータ利用の同意については、同窓生の会報「啓友」(2017年度最新号)において本プロジェクトの告知を通してデータ利用の不同意の申し出を受け付ける準備を進めている。

本研究の目指すところは、日本人を研究対象としたスポーツ健康科学に関するエビデンスの向上、そして日本の研究機関におけるスポーツ健康科学研究のアクティビティを向上させることを通して、日本でしかできないスポーツ健康科学研究を創造し、スポーツ健康科学分野における日本の国際競争力を高めることにある。この目標達成のために、日本の研究機関にしかない環境、特に、世界のスポーツ健康科学研究者がほしがる「長期追跡ビッグデータ」という環境とその永続的仕組みを整えることを着実に進めていきたい。

A (Alumni follow-up) : 体力データをもとにした同窓生追跡研究(主担当者: 染谷由希)

1. 研究計画

本学スポーツ健康科学部(旧体育学部)の全卒業生を対象とした健康調査(追跡調査)を実施する。方法は、郵送法による質問紙調査とし、質問紙では、高血圧症や糖尿病といった生活習慣病既往歴やロコモ度の聴取を行うとともに、身長、体重、運動習慣(IPAQ: International Physical Activity Questionnaire)、食習慣(BDHQ: Brief-type self-administered Diet History Questionnaire)、喫煙歴などの生活習慣も調査する。大学在学中に測定した青年期の体力(全身持久力、筋力、柔軟性、筋持久力など)をベースラインとし、疾病発症または健康調査までを追跡期間としたコホート研究を実施する。

2. 研究の目的や期待される結果

中高年期の全身持久力や筋力といった体力や、肥満などの体格が、疾病発症リスクや死亡率と深く関連していることは多く報告されてきているが、青年

期の体力や体格が、疾病発症予防に対して及ぼす長期的な効果については不明な部分が多く残されている。そこで、本研究では、体育系大学生の卒業後の生活習慣や疾病既往歴を調査し、大学時代の体力と比較することで、疾病の発症予防における体力の長期的効果を検証することを目的とする。現在までに蓄積された累加測定データのデータを活用して、健康調査(追跡調査)のデータを合わせることで、大学時代のさまざまな体力や体格と疾病発症リスクとの関連を分析することができる。また、蓄積された累加測定データを活用することで、数十年間という長期にわたる追跡調査を実施することが可能になり、体力の長期的な効果を明らかにできることが本研究の特徴である。本研究調査によって、体力の長期的効果を明らかにできることは、今後の予防医学において、青年期や若年期といった早期からの疾病予防に対する効果的な運動を提唱するエビデンスを示せることが期待できる。

3. 進捗状況及び将来的な展望

すでに、2007-2009, 2011年に本学卒業生に対する健康調査(追跡研究)が実施されており、累加測定での全身持久力(1500 m 走)が高いと、その後の糖尿病発症リスクが低値であることを明らかにしている¹⁷⁾。更に2017年3月には、2007-2011年までの健康調査にて回答を得られた平成3年以前の卒業生約1300名に、再度、追跡調査を実施した。今後、本学全卒業生に対し、引き続き健康調査を実施し、特に既往歴や採血結果などの医学的指標を調査し、累加測定で得られた体力測定結果との関連を調べ、青年期の体力と健康や種々の疾病発症との関連の新たな知見を得る。すでに報告した全身持久力と糖尿病の関わりのように、他の体力要素との関連も明らかにしていく。

S (Sports & health science) : 体育スポーツ系大学生の体力および専門種目経歴等に関する研究 (主担当者: 河村剛光)

1. 研究計画

既存の累加測定データを整理し、競技の特性と体

力の関連、また、種目トランスファーや競技力向上の観点から、競技種目の経歴等についても調査することとする。特に同窓生追跡研究とも効率的に連携して研究を実施する予定である。将来的には、心理学や社会的な観点からの調査や解析を行うことができるような仕組みを構築することも重要な課題である。まずは、これまでのような体格体力データだけでなく、対象者の基本的な属性情報を収集して、研究調査に活用することとする。

2. 研究の目的や期待される結果

国民の体力低下や子どもの運動不足など、一般の人々の健康やスポーツに関する課題が話題になることも多いが、それでは、スポーツや運動を定期的に行っているような体育スポーツ系大学生の体力はどのような現状にあり、この数十年でどのように変化しているのだろうか。体育スポーツ系大学生の体力は、スポーツ・運動の効果を示すものであり、国民の目標値となるような貴重なデータとなる。そのような貴重なデータを分析して、分かりやすく公開していくことが最初の目的となり、競技種目や競技レベルなどと体力の関わりについても明らかにしていく。これまでのデータ¹⁹⁾²⁰⁾を概観しても、競技種目別の体力の違いは明確であり、累加測定の結果においても競技種目の特性が反映され、指導現場にて活用できる体力テストとしても有効であると考えられる。我々の研究²⁾⁸⁾においても報告してきたように、各種のスポーツ競技において、最も身近で実践可能な科学的アプローチは、体力テストによって選手の体力を把握し、トレーニングの目標設定等に利用することであり、本研究もそのような活用を目指して展開していく。

また、本学には高い競技レベルで、様々な経歴と背景を持った大学生アスリートが数多く在籍し、卒業している。このような対象者の経歴と競技レベルから、種目適正に関するデータ分析や種目のトランスファーに関する新しい知見を得ることも本研究の大きな目的の1つである。陸上競技において行われている調査研究¹⁵⁾も参考に本研究を実施していく。過去のアスリートは早い時期(子どもの頃)から種

目を固定して、同じ競技を長く続けているケースも多かったと推察されるが、現代では種々の種目を広く経験できる機会もあり、年代による違いや、それらが競技成績に及ぼす影響についても明らかにしていく。

3. 進捗状況及び将来的な展望

本プロジェクトの最初の数年間は、以上のような具体的な研究テーマにて調査や解析を実施していくが、体育スポーツ系大学生での調査基盤を活かし、体力や経歴と心理面や社会的な面からの調査、また卒業生のキャリアパスなど競技力とはまた異なる視点からのアプローチも想定している。プロジェクト初年度においては、体育スポーツ系大学生の体力を学会にて報告⁹⁾しており、基礎的な研究として本学部学生の体力の推移を分析した。詳細な分析や発表については、同窓生に対してデータ利用に関する同意が得られた後(平成29年度の同窓会報「啓友」での告知後)に予定している。また、28年度の累加測定当日においては、被験者の競技経歴などに対する調査を実施しており、そのデータの蓄積も開始できた。今後、競技別の分析をはじめ、さらなる研究調査を推進していく予定である。

H (Heredity & variation) : 運動能力・スポーツ障害と遺伝に関わる大規模データの収集と蓄積 (主担当者: 福典之)

1. 研究計画

運動能力は、トレーニングや栄養といった環境要因と遺伝要因で決まる²³⁾。大規模な疫学調査によれば、競技力の66%は遺伝要因によって決定されるとの報告もある³⁾。しかしながら、この遺伝要因の何が運動能力を規定しているのかについては、未だ明らかになっていない。これまでに、持久のおよび瞬発的運動能力に関連するとされる遺伝子多型は、国内外において約120種ほど報告されている¹⁾。我々も、血管収縮の調節に関わる ACE 遺伝子²¹⁾、筋肉の構造に関わる ACTN3 遺伝子⁷⁾¹¹⁾¹⁶⁾、免疫の調節に関わる TGFβ1 遺伝子⁵⁾、ならびにミトコンドリア遺伝子⁴⁾⁶⁾¹⁰⁾¹²⁾¹³⁾における多型が競技力や筋量と

関連することを報告した。しかしながら、これらの遺伝子多型で競技力を説明するには未だ不十分である。そこで、多種目の大学競技者を対象に、その競技力ならびに競技力に関連する体力におよぼす遺伝子多型の影響を検討するとともに、継続的な調査および追跡調査が可能な仕組みづくりを行うこととする。

2. 研究の目的や期待される結果

瞬発的運動能力や持久的運動能力ならびにスポーツ障害リスクを規定する遺伝的要因に着目し、競技力や筋損傷、疲労骨折、靭帯損傷といったスポーツ傷害のリスクを予測する遺伝子型を探索する。また、大学時代の体力がその後の生活習慣病リスクに対する影響や遺伝的要因との交互作用についても検討を加える。

これまで、120種ほどの遺伝子多型¹⁾が運動能力に関連することが報告されているが、これらの多くの研究は欧米人を対象とした研究がほとんどであり、アジア人を対象とした検討で報告された多型は10種程度である。遺伝子多型の表現型に対する影響は民族毎に異なることが知られていることから、アジア人を対象とした検討は重要である。実際、我々は、欧米人を中心とした研究で報告された運動能力に関連する遺伝子多型をもとに瞬発的運動能力および持久的運動能力に対する遺伝子多型の複合的な影響を検討したが、それらの影響は認められなかった¹⁴⁾²²⁾。したがって、日本人の運動能力を規定する遺伝子多型を明らかにできれば、日本人のための適正種目の選択や種目変更などの資料として活用できる可能性がある。また、一流のアスリートになるためには長期間の過酷なトレーニングに耐える身体が必要である。これまで、ケガによって選手生命を絶たれるケースが多く存在していたと考えられる。本研究は、スポーツ障害と関係する遺伝子多型の同定を試みており、それらが解明できればスポーツ障害の予防に対して有益な情報を与えることができる可能性がある。

3. 進捗状況及び将来的な展望

平成28年度に278名の本学スポーツ健康科学部生

の競技力, スポーツ障害調査, そして, 筋損傷と関連するといわれている柔軟性や筋硬度を測定した。これまで柔軟性に関連すると考えられる5つの遺伝子多型を解析した結果, ある種の遺伝子多型は柔軟性や筋硬度に関連すること, さらにはその遺伝子多型は筋損傷発生率に関係することを見いだしている。本プロジェクトにおいて, スポーツ傷害のリスクを予め推測することができれば, 例えば, リスクが高い部位にターゲットを絞った重点的なケアといったカスタムメイドなスポーツ障害予防が可能になるだろう。また, 競技力に関連する遺伝子多型の解明は, 適正種目の選択や種目変更などの資料として活用できる可能性がある。

持久的なスポーツ選手は, 生活習慣病になりにくいことが一般的に知られている。これは, 持久的なスポーツそのものが生活習慣病に対して有効であるという考えと, 持久力に優れた選手は生まれつきミトコンドリアが豊富な遅筋が多いといった先天的な素因が生活習慣病に対して予防的に働く可能性があるという考えもできる。したがって幼少期から成人期におこなったスポーツの種類が生活習慣病に与える影響, さらにはそれらに対する遺伝要因の影響を検討することは, 遺伝情報を元にした個別のトレーニング介入が可能となり, 今後の日本における最大の課題である健康長寿の達成に大きく貢献できると考えられる。

3. おわりに

本研究プロジェクトの大きな特色は, 過去に遡って収集することが不可能な40年間以上も蓄積された形態及び機能のデータを活用する点であり, また今後も大規模な調査と追跡研究が可能である点である。さらに, これらのデータの価値を高めるべく, 継続してデータを収集していくための仕組みを構築していくことも必要である。各プロジェクトの実施においては, 相互に連携及び情報交換することで, 効率的に研究を推進していくことを意識している。まず, 当該研究期間においては, 各研究テーマについての研究基盤を形成することを第1の目的とし, すでに

取得したデータを用いながら, 新たなデータ収集も行い, 体育スポーツ系大学出身者の卒業後の健康や体力に関わる調査や競技能力と遺伝の関わりについての研究を実施していきたい。また, 蓄積されたデータを取りまとめ, 累加測定当日に効率的にデータ収集するためのシステム構築も優先的な目的に定めている。

なお, 本研究プロジェクトの最大の特徴は, J-Fit+の「+」が意味する今後のデータがさらに“プラス”されていくことと, 多くの研究者の新しいアイデアを活かした調査研究が“プラス”されていくことを目指す点である。そのため, データの有効活用やそれを利用する仕組みづくりも本プロジェクトの重要な課題であり, その整備も行っている。すでに, データ利用の申請や許可についての事務的手続きの方法を検討しており, 比較的自由にデータ活用できるような仕組みを整え始めることができている。今回の各テーマに関連した研究だけではなく, 新たな研究, そして学外の研究者が中心となるような研究についても, 協同して推進していきたい。特に本学部学生の特性と異なる対象者, つまり一般の人々におけるデータや研究ノウハウを有する研究者や研究機関との連携も1つの課題となるかもしれない。

以上のように, 本稿では, 今回のプロジェクトの概要を示し, 今後の研究テーマの発展への期待を込めて執筆させていただいた。また, 本プロジェクトの計画段階での概要を, 平成28年7月21日さくらキャンパス啓友会館において, キックオフミーティングとして口頭発表するなどして, 広報とともに学内外における議論や討論の場を増やすための活動も推進している。今後も各研究の実施やその報告に加えて, 多種多様な研究テーマの募集や本学累加測定に関わる論文や記事の投稿を積極的に推進していきたいと考えている。

引用文献

- 1) Ahmetov, II, Fedotovskaya ON: Current Progress in

- Sports Genomics. *Adv Clin Chem* 2015, 70: 247-314.
- 2) 青木和浩, 河村剛光, 中丸信吾, 越川一紀, 吉儀宏 (2007) 大学男子跳躍選手における競技パフォーマンスとコントロールテストの関係. *陸上競技学会誌*, 5(1), 12-18.
 - 3) De Moor MH, Spector TD, Cherkas LF, Falchi M, Hottenga JJ, Boomsma DI, De Geus EJ: Genome-wide linkage scan for athlete status in 700 British female DZ twin pairs. *Twin Res Hum Genet* 2007, 10(6): 812-820.
 - 4) Fuku N, Mikami E, Tanaka M: Association of mitochondrial DNA polymorphisms and/or haplogroups with elite Japanese athlete status. *J Phys Fitness Sports Med* 2013, 2(1): 17-27.
 - 5) Fuku N, Mori S, Murakami H, Gando Y, Zhou H, Ito H, Tanaka M, Miyachi M: Association of 29C>T polymorphism in the transforming growth factor-beta1 gene with lean body mass in community-dwelling Japanese population. *Geriatr Gerontol Int* 2012, 12(2): 292-297.
 - 6) Fuku N, Murakami H, Iemitsu M, Sanada K, Tanaka M, Miyachi M: Mitochondrial Macrohaplogroup Associated with Muscle Power. *Int J Sports Med* 2012, 33(5): 410-414.
 - 7) Kikuchi N, Miyamoto-Mikami E, Murakami H, Nakamura T, Min SK, Mizuno M, Naito H, Miyachi M, Nakazato K, Fuku N: ACTN3 R577X genotype and athletic performance in a large cohort of Japanese athletes. *Eur J Sport Sci* 2015: 1-8.
 - 8) Kohmura Y., Aoki K., Yoshigi H., Sakuraba K., and Yanagiya T. (2008) Developments of a Baseball Specific Battery of Tests and a Testing Protocol for College Baseball Players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1051-1058.
 - 9) 河村剛光, 鈴木宏哉, 涌井佐和子, 中嶽 誠, 工藤康宏, 青木和浩 (2016) 約40年間における体育スポーツ系大学生の体力の変化. 第29回日本トレーニング科学会大会. 神奈川.
 - 10) Mikami E, Fuku N, Kong QP, Takahashi H, Ohiwa N, Murakami H, Miyachi M, Higuchi M, Tanaka M, Pitsiladis YP et al: Comprehensive analysis of common and rare mitochondrial DNA variants in elite Japanese athletes: a case-control study. *J Hum Genet* 2013, 58(12): 780-787.
 - 11) Mikami E, Fuku N, Murakami H, Tsuchie H, Takahashi H, Ohiwa N, Tanaka H, Pitsiladis YP, Higuchi M, Miyachi M et al: ACTN3 R577X genotype is associated with sprinting in elite Japanese athletes. *Int J Sports Med* 2014, 35(2): 172-177.
 - 12) Mikami E, Fuku N, Takahashi H, Ohiwa N, Pitsiladis YP, Higuchi M, Kawahara T, Tanaka M: Polymorphisms in the control region of mitochondrial DNA associated with elite Japanese athlete status. *Scand J Med Sci Sports* 2013, 23(5): 593-599.
 - 13) Mikami E, Fuku N, Takahashi H, Ohiwa N, Scott RA, Pitsiladis YP, Higuchi M, Kawahara T, Tanaka M: Mitochondrial haplogroups associated with elite Japanese athlete status. *Br J Sports Med* 2011, 45(15): 1179-1183.
 - 14) Miyamoto-Mikami E, Fujita Y, Murakami H, Ito M, Miyachi M, Kawahara T, Fuku N: CNTFR Genotype and Sprint/power Performance: Case-control Association and Functional Studies. *Int J Sports Med* 2016, 37(5): 411-417.
 - 15) 日本陸上競技連盟. タレントの「拡充→育成→最適種目の選択」へ. 2020東京オリンピックプロジェクトパンフレット.
 - 16) Saito D, Fuku N, Mikami E, Kawahara T, Tanaka H, Higuchi M, Tanaka M: The ACTN3 R577X nonsense allele is under-represented in elite level Japanese endurance runners. *Jpn J Phys Fitness Sports Med* 2011, 60(4): 443-451.
 - 17) Someya Y, Kawai S, Kohmura Y, Aoki K, Daida H. Cardiorespiratory fitness and the incidence of type 2 diabetes: a cohort study of Japanese male athletes. *BMC Public Health*. 2014, 23; 14: 493
 - 18) 体格, 体力等累加測定プロジェクト委員会 (1997) 1996年度順天堂大学体格, 体力等累加測定, 順天堂大学スポーツ健康科学研究, 1, 113-130.
 - 19) 体格体力累加測定委員会 (2015) 2014年度順天堂大学体格体力累加測定. 順天堂スポーツ健康科学研究, 6, Suppl, 17-29.
 - 20) 体格体力累加測定委員会 (2016) 2015年度順天堂大学体格体力累加測定. 順天堂スポーツ健康科学研究, 7, Suppl, 17-28.
 - 21) Wang G, Mikami E, Chiu LL, A DEP, Deason M, Fuku N, Miyachi M, Kaneoka K, Murakami H, Tanaka M et al: Association analysis of ACE and ACTN3 in elite Caucasian and East Asian swimmers. *Medicine and science in sports and exercise* 2013, 45(5): 892-900.
 - 22) Yvert T, Miyamoto-Mikami E, Murakami H, Miyachi M, Kawahara T, Fuku N: Lack of replication of associations between multiple genetic polymorphisms and endurance athlete status in Japanese population. *Physiol Rep* 2016, 4(20).

- 23) Zempo H, Miyamoto-Mikami E, Kikuchi N, Fuku N, Miyachi M, Murakami H: Heritability estimates of muscle strength-related phenotypes: A systematic review and meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports* 2016.