

**運動前の食事摂取の違いが動脈ステイフネスと
有酸素性運動パフォーマンスに及ぼす影響
—植物性ベース食品と動物性ベース食品の比較—**

日本体育大学 岡本孝信

**Effects of Differences in Pre-Exercise Dietary Intake on
Arterial Stiffness and Aerobic Exercise Performance
-Comparison of Vegetable and Animal Based-Foods-**

by

Takanobu Okamoto
Nippon Sport Science University

ABSTRACT

This study was investigated the effects of vegetable-based versus animal-based dietary intake before exercise on arterial stiffness and aerobic exercise performance. Eleven healthy young adults performed a vegetable-based or animal-based dietary trial on separate days in a randomized crossover trial. We matched the protein, fat, and carbohydrate (PFC) balance of vegetable and animal-based diets. Carotid-femoral pulse wave velocity (cfPWV), blood pressure and heart rate were measured before and 120 min after the meal on the both vegetable-based or animal-based dietary trial. After the all measurement, aerobic performance was assessed using a graded power test. The cfPWV in the vegetable-based diet significantly decreased after the meal ($p < 0.05$). However, The cfPWV in the animal-based diet did not differ before and after meal. Blood pressure and heart rate did not differ before and after meal in the both trials. Maximal oxygen uptake was higher in the vegetable-based diet trial than in the animal-based diet trial ($P < 0.05$). These results indicate that pre-exercise vegetable-based dietary intake may reduce arterial stiffness, and may improve aerobic exercise

performance.

キーワード

食事摂取, 脈波伝播速度, 最大酸素摂取量, 血圧, 心拍数

Keyword

Dietary intake, Pulse wave velocity, Maximal oxygen uptake, Blood pressure, Heart rate

要 旨

本研究は運動前の植物性ベース食品と動物性ベース食品の摂取が動脈ステイフネスと有酸素性運動パフォーマンスに及ぼす影響について検討した。11名の健康な若年成人男性（21歳～27歳）を対象に、タンパク質、脂質、炭水化物（PFC）のバランスを同様の比率で設定された植物性ベース食品（植物性条件）または動物性ベース食品（動物性条件）条件をそれぞれ別々の日に実施した。植物性または動物性条件において、食品摂取前および食品摂取120分後に頸動脈-大腿動脈間脈波伝播速度（cfPWV）、血圧および心拍数を測定した。全ての測定終了後、有酸素性運動パフォーマンスとして最大酸素摂取量を測定した。植物性条件では、食後にcfPWVが有意に減少した（ $p < 0.05$ ）。しかし、動物性条件におけるcfPWVは、食前と食後で有意差が認められなかった。両条件において、食事前後で血圧および心拍数に有意差は認められなかった。最大酸素摂取量は、植物性条件において動物性条件と比較して有意に高値を示した（ $P < 0.05$ ）。本研究の結果から、運動前の植物性ベースの食品摂取は動脈ステイフネスを低下させ、最大酸素摂取量を向上させる可能性が示唆された。

緒 言

動脈ステイフネス（硬さ）の増大は心血管系疾患の独立した危険因子である¹⁾。動脈ステイフネ

スは加齢や様々な生活習慣にともない増大するため、その増加の抑制や改善が心血管系疾患発症の一次予防として重要であろう。中でも、頸動脈-大腿脈波伝播速度（cfPWV）で評価した中心動脈ステイフネスの上昇は、心筋梗塞または脳卒中などの将来の心血管イベントおよび全死因死亡の強力な予測因子である²⁻⁴⁾。したがって、中心動脈ステイフネスの上昇を出来るだけ抑えることは、心血管疾患の予防に重要である。

世界的な食事志向の変化にともない、植物性食品摂取を中心としたベジタリアンやヴィーガンといった菜食者は毎年世界各国で増加傾向にある⁵⁾。植物性食品には、硝酸塩、亜硝酸塩やフラボノイドなどが豊富に含まれており、動脈機能に対して好影響を与えることが報告されている。実際、植物性食品の摂取を中心とした菜食者は雑食者と比較して、動脈ステイフネスの指標である脈波伝播速度（pulse wave velocity : PWV）や頸動脈内膜中膜複合体厚が有意に低く⁵⁾、血管内皮機能の指標である血流依存性血管拡張反応が有意に高いことが示された⁶⁾。一方、日常的食事における菜食者は雑食者と比較して、最大酸素摂取量（ VO_2max ）を始めとする有酸素性運動パフォーマンスが有意に高いことが報告されている⁷⁾。このように、植物性食品の摂取は動脈機能のみならず、有酸素性運動パフォーマンスの向上に有効である可能性が推測される。

近年、中心動脈は有酸素性運動パフォーマンスと関連することが報告されており、加齢にともな

う動脈スティフネスの増大がVO₂maxの低下や肥満度(BMI)と関連することが明らかにされている⁸⁾。また、Fernberg et al.⁸⁾は、若年者であってもVO₂maxが低い場合は動脈伸展性が低いことを報告している。さらに、われわれはVO₂maxと動脈スティフネスの日差変動とその関係性について検討し、動脈スティフネスが低い日はVO₂maxが高く、動脈スティフネスが高い日のVO₂maxは低いことを報告している⁹⁾。しかし、運動前の植物性食品の摂取が動脈スティフネスや有酸素性運動パフォーマンスに及ぼす影響については明らかにされていない。

本研究では、運動前の一回の食事摂取の違いが動脈スティフネスおよび有酸素性運動パフォーマンスに及ぼす影響について検討することを目的とした。

1. 方法

1.1 対象者

対象者は定期的な運動習慣および喫煙習慣のない健康な成人男性11名(年齢:21歳~27歳,身長:171.1 ± 5.0cm,体重:63.7 ± 5.8kg,体脂肪率:14.9 ± 4.1%,BMI:21.8 ± 2.0kg/m²)とした。なお、対象者の選定においては、国際標準化身体活動質問票(IPAQ)日本語短縮版を用いて低身体活動と評価された者を対象とした(表1)。実験の開始にあたり、ヘルシンキ宣言の原則に基づいて、本研究の目的と実験手順について文章および口頭で十分に説明し、全ての参加者から書面における実験

表1 対象者の身体特性

年齢(平均:歳)	22.6 ± 1.8
年齢(範囲:歳)	21-27
身長(cm)	171.1 ± 5.0
体重(kg)	63.7 ± 5.8
体脂肪(%)	14.9 ± 4.1
BMI(kg/m ²)	21.8 ± 2.0
身体活動量	低い
喫煙習慣	なし

BMI:体格指数

参加への同意を得た。

なお、本研究は日本体育大学倫理審査委員会の承認(承認番号第021-H026号)を得て実施した。

1.2 身体組成の測定

身長は身長計(株式会社ヤガミ製:YG-200)を用いて0.1cm単位で測定した。体重および体脂肪はインピーダンス法により体組成計(株式会社インボディー・ジャパン製:Inbody770)を用いて測定した。

1.3 実験プロトコル

対象者は、実験室来室後に気温23℃、湿度50%に設定した人工気候室にて仰臥位で10分間の安静を取った。中心動脈の伸展性の測定として大動脈-大腿間脈波伝播速度(cfPWV)を、下肢動脈伸展性の測定として大腿動脈-足首間脈波伝播速度(faPWV)を測定した。また、上腕動脈の血圧および心拍数を測定した。全ての事前測定が終了後、被験者は指定の時間から植物性ベース食品または動物性ベース食品を摂取した。食事2時間後から動脈機能の測定を行うため、再度測定前に仰臥位で10分間の安静を取り、cfPWV、faPWV、血圧および心拍数の測定を行った。その後、自転車エルゴメーター(Lode社製:Corivalcpet)を用いた漸増負荷試験を実施し、VO₂maxを測定した(図1)。

各条件はクロスオーバーで実施され、1週間以上の条件間隔で実験を行った。

1.4 植物性ベース食品および動物性ベース食品

対象者は植物性ベース食品と動物性ベース食品の摂取を行った。植物性および動物性ベース食品の両方において、PFC(タンパク質、脂質、炭水化物)バランスをエネルギー生産栄養素バランスの目標量内(タンパク質:13~20%,脂質:20~30%,炭水化物:50~65%)に収まるよう同

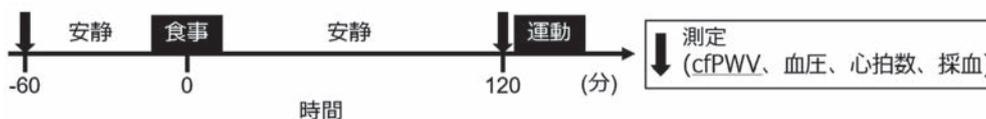


図1 実験プロトコル
cfPWV: 頸動脈-大腿動脈脈波伝播速度

様に設定した。PFCバランスは、PFCそれぞれのカロリー（タンパク質:4kcal, 脂質:9kcal, 糖質:4kcal）と1日の推定エネルギー必要量から目標量内に収まるよう算出した。

推定エネルギー必要量 (kcal/日) = 基礎代謝量 (kcal/日) × 身体活動レベル¹⁰⁾

植物性ベース食品は米類, 野菜, 穀物, 豆類で構成されていた。一方, 動物性ベース食品は米類, 肉類, 野菜で構成されていた。なお, 植物性, 動物性ベース群共, 卵製品や乳製品は摂取しなかった。

1. 5 動脈スティフネスの測定

本研究では, 大動脈および下肢の動脈スティフネスをそれぞれ反映する頸動脈-大腿動脈PWV (cfPWV) および大腿骨-足首PWV (faPWV) を測定した。cfPWV および faPWV の測定には, 血圧脈波検査装置 (formPWV/ABI, フクダコーリン社製, 東京, 日本) を使用した。本装置は, 心音図, 心電図, 脈波および血圧を同時に測定することで, 動脈スティフネスを非侵襲的に測定することが可能である。PWVの測定に先立って, 対象者を仰臥位にて20分間安静にさせた。

cfPWV は以下の式より算出した。

$$\text{cfPWV} = \text{Dcf}/\text{Tcf}$$

Dcf は頸動脈起始部から大腿動脈に当たったトノメトリーセンサーまでの距離を, Tcf は頸動脈から大腿動脈波形の切痕までの時間差を示す。

faPWV は足関節のセンサーと大腿動脈のセンサーから得られる足関節動脈波と大腿動脈波の立

ち上がり時間の時間差を基に算出された。

1. 6 血圧および心拍数の測定

上腕動脈の収縮期血圧および拡張期血圧は血圧脈波検査装置 (フクダコーリン株式会社製: FORM -5 PWV/ABI) を用いて上腕にオシロメトリーセンサーを取り付けて動脈の血圧波形を記録して評価した。頸動脈収縮期血圧は同じ血圧脈波検査装置を用いて頸動脈にトノメトリーセンサーを取り付けて血圧波形を記録して評価した。プレチスモグラフィを用いて得られた圧力信号は, 収縮期血圧および拡張期血圧の値を等しくすることで校正し, 平均動脈血圧を算出するために使用された。

心拍数は両手首に心電図センサーを装着して評価した。

1. 7 最大酸素摂取量の測定

最大酸素摂取量 (VO_2max) の測定は自転車エルゴメーター (Lode社製: Corival 1000SS) を用いた運動負荷試験を行った。1分間安静を保った後, 20Wで1分のウォームアップを行い, 1分間で20W分徐々に増加するプログラムで疲労困憊まで測定した。運動中は電子メトロノームに従って所定のペダリング頻度 (60回転/分) を保った。運動中の呼気ガスは, 呼気ガス分析装置 (ミナト医科学株式会社製: AE-310S) を用いてブレスバイブレス法で測定した。 VO_2max は, 呼吸交換比が>1.15かつ, VO_2 がプラトーに達したときの30秒平均の最大値を酸素摂取量と定義した。

1. 8 血糖値

検者がメーカーのマニュアルに従って、看護師が採血をした採血針の先から採血針（株式会社三和化学研究所製：アイピット）に血液（約2 μL）を採取し、自己検査用グルコース測定器（PHCホールディングス株式会社製：GT-1830グルコガード™ Gブラック）にセンサー（アークレイ株式会社：自己検査用グルコースキット Gセンサー）を注入後、血液を吸入してグルコースオキシダーゼ酵素電極法により血糖値の測定を行った。

1. 9 血液生化学分析

血液サンプルは、採血針（テルモ株式会社：シュアシールドSV採血セット）を用いて各参加者の非利き腕の尺骨静脈から収集した。1 mLの蒸留水を加えた後、全てのサンプルを4,000RCFで15分間遠心分離し、血清分注後に冷凍保存（5℃）した。

分析項目は、中性脂肪（TG）、総コレステロール、高比重リポタンパク（HDL）-コレステロール、低比重リポタンパク（LDL）コレステロールとした。

中性脂肪（TG）は酵素法（遊離グリセロール消去法）、総コレステロール、HDLコレステロールおよびLDL-コレステロールは酵素法（直接法）により測定した。

1. 10 統計処理

すべてのデータは平均値±標準偏差で示した。統計解析には統計解析ソフトウェア（IBM：SPSS

Statistics Ver.27.0）を用いた。測定データの経時の変化の比較には、繰り返しのある2元配置分散分析（条件×時間）を行い、有意差が認められた場合は下位検定としてBonferroni法による多重比較を行った。VO₂maxの比較には対応のあるt検定を用いた。統計処理の有意水準は危険率5%未満とした。

2. 結果

2. 1 対象者の特性

表1に本研究の対象者11名の身体特性を示した。本研究は非肥満者で身体活動量が低く、喫煙習慣がない者を対象とした。

cfPWVの変化

表2に、植物性および動物性条件における食事前後のcfPWVの変化を示した。食前のcfPWVは植物性条件および動物性条件の間に有意差を認めなかった。植物性条件におけるcfPWVは食前と比較して食後において有意に低下した（p<0.05）。一方、動物性条件におけるcfPWVは摂取前後において有意な変化は認められなかった。

表2 植物性および動物性条件における食事前後のcfPWVの変化

cfPWV (cm/秒)	食前	食後
植物性条件 (n=11)	860 ± 66	790 ± 95*
動物性条件 (n=11)	826 ± 63	835 ± 85

cfPWV: 頸動脈-大腿動脈間脈波伝播速度

* p<0.05 vs. 食前

faPWV, 血圧および心拍数の変化

表3に、植物性および動物性条件における食事前後のfaPWV, 血圧および心拍数の変化を示し

表3 植物性および動物性条件における食事前後のfaPWV, 血圧および心拍数の変化

	植物性条件 (n=11)		動物性条件 (n=11)	
	食前	食後	食前	食後
faPWV (cm/秒)	918 ± 144	966 ± 119	921 ± 122	937 ± 98
収縮期血圧 (mmHg)	115 ± 6	117 ± 10	114 ± 10	116 ± 7
拡張期血圧 (mmHg)	66 ± 5	65 ± 8	64 ± 7	65 ± 6
平均血圧 (mmHg)	83 ± 5	84 ± 7	80 ± 8	82 ± 5
脈圧 (mmHg)	49 ± 5	52 ± 4	50 ± 7	51 ± 6
心拍数 (bpm)	53 ± 8	56 ± 10	54 ± 6	57 ± 8

faPWV: 大腿動脈-足首間脈波伝播速度

た。食前のfaPWV, 血圧および心拍数は植物性条件および動物性条件の間に有意差を認めなかった。faPWV, 血圧および心拍数は両条件において食前と比較し, 食後に有意な変化は認められなかった。

VO₂maxの比較

表4に, 植物性および動物性条件におけるVO₂maxの比較を示した。植物性条件におけるVO₂maxは動物性条件と比較し, 有意に高値を示した (p < 0.05)。

表4 植物性および動物性条件におけるVO₂maxの比較

	植物性条件 (n=11)	動物性条件 (n=11)
VO ₂ max (mL/kg/秒)	47.0 ± 3.2*	44.9 ± 4.1
VO ₂ max: 最大酸素摂取量		
* p < 0.05 vs. 動物性条件		

血糖値, 総コレステロール, HDLコレステロール, LDLコレステロールおよび中性脂肪の変化

表5に, 植物性および動物性条件における食事前後の血糖値, 総コレステロール, HDLコレステロール, LDLコレステロールおよび中性脂肪の変化を示した。食前の血糖値, 総コレステロール, HDLコレステロール, LDLコレステロールおよび中性脂肪は植物性条件および動物性条件の間に有意差を認めなかった。血糖値, 総コレステロール, HDLコレステロールおよびLDLコレステロールは, 両条件において食前と比較して食後に有意な変化は認められなかった。中性脂肪

表5 植物性および動物性条件における食事前後の血糖値, 中性脂肪, 総コレステロール, HDLコレステロールおよびLDLコレステロールの変化

	植物性条件 (n=11)		動物性条件 (n=11)	
	食前	食後	食前	食後
血糖値 (mg/dL)	91.7 ± 6.6	96.1 ± 9.5	91.1 ± 6.8	98.5 ± 11.4
中性脂肪 (mg/dL)	73.3 ± 38.9	82.3 ± 22.6	75.8 ± 31.5	97 ± 43.9*
総-cho (mg/dL)	157.5 ± 33.4	162.9 ± 33.3	163.5 ± 35.4	164.4 ± 31.1
HDL-cho (mg/dL)	57.2 ± 11.8	59.5 ± 11.2	56.4 ± 13	57.7 ± 10
LDL-cho (mg/dL)	84.5 ± 26.2	87.9 ± 28.4	90.8 ± 27.1	90.5 ± 25.5

cho: コレステロール, HDL: 高比重リポタンパク, LDL: 低比重リポタンパク

(TG)は動物性条件において食前と比較し, 食後において有意に増加した (p < 0.05)。

3. 考 察

本研究では, 運動前の1回の食事摂取の違いが動脈ステイフネスおよび有酸素性運動パフォーマンスに及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。その結果, 植物性条件におけるcfPWVは食前と比較して食後において有意に低下した。また, 植物性条件におけるVO₂maxは, 動物性条件と比較して有意に高値を示した。したがって, 運動前の植物性ベース食品の摂取は動脈ステイフネスを低下させ, 有酸素性運動パフォーマンスの向上に寄与している可能性が示唆された。

Taylor et al.¹¹⁾は, 健康な成人男女17名を対象に液体混合食(経腸栄養剤:1日のエネルギー消費量の40%)の摂取前と比較して摂取60分後と180分後の両方でcfPWVが有意に減少したことを報告した。また, 食事の内容により動脈ステイフネスが増大することも報告されており, 例えば高脂肪食摂取180分後に, 中性脂肪増加にともなうcfPWVの有意な増加が報告されている¹²⁾。このように, 動脈ステイフネスは1回に摂取する食事の内容によって変化する。本研究は植物性ベース食品の摂取において, 食後2時間後のcfPWVは有意に低下した一方で, 動物性ベース食品におけるcfPWVは摂取前後において有意な変化が認められなかった。これらの結果は, 1回の植物性ベ-

ス食品の摂取が中心動脈スティフネスの低下に効果的であることを示唆する。植物性食品には多くの植物性ポリフェノールが含まれており¹³⁾、動脈スティフネスの低下に影響したものと考えられる。実際、若年男性を対象とした研究において、植物性ポリフェノール類の1回の摂取は、摂取2時間後の動脈スティフネスを有意に低下させることが報告されている¹⁴⁾。また、先行研究において1回のポリフェノールの摂取は若年者の動脈スティフネスを有意に低下させることが報告されている¹⁵⁾。このように、本研究結果は先行研究と同様の結果を示している。さらに、植物性食品の一つである大豆食品にはイソフラボンが含まれており、その代謝物であるエクオールは、ヒトの血管内皮細胞において一酸化窒素合成酵素 (eNOS) と熱ショックタンパク質 (Hsp90) の結合を促進する。Hsp90はeNOSに結合することで、eNOSの活性化が促進され¹⁶⁾、LアルギニンをLシトルリンおよびNOに変換する。NOは血管平滑筋を弛緩させ動脈スティフネスを低下させる。したがって、本研究の結果は、植物性ベース食品摂取にともない食後2時間においてcfPWVが有意に低下していることから、イソフラボンやエクオールの作用により血管平滑筋の緊張度を急激に減少させた可能性が示唆された。

本研究では、動物性食品条件と比較して、植物性食品条件においてVO₂maxが有意に高値を示した。VO₂maxを規定する因子は一回拍出量、心拍数、動静脈酸素較差であり、心血管系の影響を強く受ける。特に左心室から駆出される血液を緩衝する大動脈の伸展性はVO₂maxに影響を及ぼすことが明らかにされている¹⁷⁾。一般の集団において、動脈伸展性が高いほど左室の収縮および拡張機能が強く¹⁸⁾、さらには、持久性アスリートにおいても、動脈伸展性が高いほど、左心室の収縮および拡張機能が強い報告されている¹⁹⁾。また、加齢にともなう中心動脈スティフネスの増大

はVO₂maxの低下と関連することが示唆されている。実際、Tomoto et al.²⁰⁾は、18-64歳の健康な男性82名を対象にした検討で、近位大動脈の動脈スティフネスがVO₂maxと負の相関関係にあることを報告した。

一方、Boreham et al.²¹⁾は405名を対象とした研究において大動脈スティフネスとVO₂maxに負の相関があることを報告した。さらに近年、Okamoto et al.⁹⁾は、健康な若年男女24名を対象に個々のVO₂maxと動脈スティフネスの日差変動とその関係性について検討し、動脈伸展性が高い日はVO₂maxが高く、動脈伸展性が低い日のVO₂maxは低いことを報告している。したがって、動脈スティフネスの低下はVO₂maxの増加に寄与する可能性があるものと考えられる。

先行研究において、菜食者は雑食者と比較してVO₂maxが有意に高い⁷⁾ことが報告されている。しかし、菜食者は雑食者と比較し、炭水化物の摂取量及びグリコーゲン貯蔵量が多く、運動時のエネルギー生産、運動パフォーマンス向上に起因している可能性が報告されている⁷⁾。しかし、本研究では植物性食品および動物性食品のPFCバランスを同等に設定し、糖質摂取量はほぼ統一した。その結果、血糖値は両条件において食前と比較し食後に変化は見られず、条件間差も認められなかった。一方、動物性条件における食後の中性脂肪は食前と比較して有意に増加した。植物性条件の中性脂肪は食事前後において有意な変化を認めなかったことから、両条件間のPFCバランスを統一したものの、動物性条件の脂質の割合が高くなっていた可能性が示唆される。さらに、植物性食品に含まれる血漿硝酸塩と亜硝酸塩は動脈機能とともに、有酸素性運動パフォーマンスを増加させることが報告されている²²⁾。したがって、本研究の結果は、グリコーゲン貯蔵量と関係なく、一過性の植物性食品摂取による動脈スティフネスの低下が有酸素性運動パフォーマンスの向上に起

困したものと考えられた。

本研究で得られた成果は、日常生活において応用が可能である。例えば、本研究の結果は、健康増進のためにジョギングやウォーキングを実施する前の食事として、植物性食品を摂取することによって効率の良い運動を行える可能性を示唆する。また、本研究の結果において、動物性条件と比較し、植物性条件のVO₂maxは有意に高値を示したことから、競技会やトレーニングなどの運動実施前の食事選択においても応用可能である。競技種目や競技レベルにおいて日々の食事の選択やタイミングは異なるが、運動前の食事選択の新しい知見を提供する。

以上のことより、本研究で得た知見は、健康増進や競技力向上のための新しい食事選択として活用することができる重要な知見である。

4. 結 論

本研究の結果から、運動前の植物性食品の摂取が動脈ステイフネスを低下させ、最大酸素摂取量を向上させる可能性が示唆された。

謝 辞

本研究の遂行に際して、助成を賜りました公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に心より御礼申し上げます。

文 献

- 1) Sutton-Tyrrell K., Najjar S.S., Boudreau R.M., Venkitachalam L., Kupelian V., Simonsick E.M., Havlik R., Lakatta E.G., Spurgeon H., Kritchevsky S., Pahor M., Bauer D., Newman A.; Health ABC Study., Elevated aortic pulse wave velocity, a marker of arterial stiffness, predicts cardiovascular events in well-functioning older adults. *Circulation.*, 28;111 (25):3384-90 (2005)
- 2) Scuteri A., Tesaro M., Appolloni S., Preziosi F., Brancati A.M., Volpe M., Arterial stiffness as an independent predictor of longitudinal changes in cognitive function in the older individual. *J. Hypertens.*, 25 (5):1035-40 (2007)
- 3) Vlachopoulos C., Aznaouridis K., O'Rourke M.F., Safar M.E., Baou K., Stefanadis C., Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality with central haemodynamics: a systematic review and meta-analysis. *Eur. Heart J.*, 31 (15):1865-71 (2010)
- 4) Vlachopoulos C., Aznaouridis K., Stefanadis C., Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality with arterial stiffness: a systematic review and meta-analysis. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 55 (13):1318-27 (2010)
- 5) Acosta-Navarro J., Antoniazzi L., Oki A.M., Bonfim M.C., Hong V., Acosta-Cardenas P., Strunz C., Brunoro E., Miname M.H., Filho W.S., Bortolotto L.A., Santos R.D., Reduced subclinical carotid vascular disease and arterial stiffness in vegetarian men: The CARVOS Study. *Int. J. Cardiol.*, 230:562-6 (2017)
- 6) Lin C.L., Fang T.C., Gueng M.K., Vascular dilatory functions of ovo-lactovegetarians compared with omnivores. *Atherosclerosis.*, 158 (1):247-51 (2001)
- 7) Boutros G.H., Landry-Duval M.A., Garzon M., Karelis A.D., Is a vegan diet detrimental to endurance and muscle strength? *Eur. J. Clin. Nutr.*, 74 (11):1550-5 (2020)
- 8) Fernberg U., Fernström M., Hurtig-Wennlöf A., Arterial stiffness is associated to cardiorespiratory fitness and body mass index in young Swedish adults: The Lifestyle, Biomarkers, and Atherosclerosis study. *Eur. J. Prev. Cardiol.*, 24 (17):1809-18 (2017)
- 9) Okamoto T., Kobayashi R., Hashimoto Y., Kikuchi N., Ogoh S., Is individual day-to-day variation of arterial stiffness associated with variation of maximal aerobic performance? *BMC Sports Sci. Med. Rehabil.*, 9;13 (1):4 (2021)
- 10) Murakami K., Livingstone M.B.E., Okubo H., Sasaki S., Prevalence and characteristics of misreporting of energy intake in Japanese adults: the 2012 National Health and Nutrition Survey. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.*, 27 (2):441-50 (2018)
- 11) Taylor J.L., Curry T.B., Matzek L.J., Joyner M.J., Casey D.P., Acute effects of a mixed meal on arterial stiffness and central hemodynamics in healthy adults. *Am J. Hypertens.*, 27 (3):331-7 (2014)

- 12) Fryer S., Stone K., Paterson C., Brown M., Faulkner J., Lambrick D., Credeur D., Zieff G., Martínez Aguirre-Betolaza A., Stoner L., Central and peripheral arterial stiffness responses to uninterrupted prolonged sitting combined with a high-fat meal: a randomized controlled crossover trial. *Hypertens. Res.*, **44** (10) :1332-40 (2021)
- 13) Burkholder-Cooley N, Rajaram S, Haddad E, Fraser GE, Jaceldo-Siegl K., Comparison of polyphenol intakes according to distinct dietary patterns and food sources in the Adventist Health Study-2 cohort. *Br. J. Nutr.*, **115** (12) :2162-9 (2016)
- 14) Rodriguez-Mateos A., Weber T., Skene S.S., Ottaviani J.J., Crozier A., Kelm M., Schroeter H., Heiss C., Assessing the respective contributions of dietary flavanol monomers and procyanidins in mediating cardiovascular effects in humans: randomized, controlled, double-masked intervention trial. *Am. J. Clin. Nutr.*, **108** (6) :1229-37 (2018) .
- 15) Nishiwaki M., Kora N., Matsumoto N., Ingesting a small amount of beer reduces arterial stiffness in healthy humans. *Physiol. Rep.*, **5** (15) :e13381 (2017)
- 16) Joy S., Siow R.C., Rowlands D.J., Becker M., Wyatt A.W., Aaronson P.I., Coen C.W., Kallo I., Jacob R., Mann G.E. The isoflavone Equol mediates rapid vascular relaxation: Ca²⁺-independent activation of endothelial nitric-oxide synthase/Hsp90 involving ERK1/2 and Akt phosphorylation in human endothelial cells. *J. Biol. Chem.*, **15**:281 (37) :27335-45 (2006)
- 17) Vaitkevicius P.V., Fleg J.L., Engel J.H., O'Connor F.C., Wright J.G., Lakatta L.E., Yin F.C., Lakatta E.G., Effects of age and aerobic capacity on arterial stiffness in healthy adults. *Circulation.*, **88** (4 Pt 1) :1456-62 (1993)
- 18) Borlaug B.A., Melenovsky V., Redfield M.M., Kessler K., Chang H.J., Abraham T.P., Kass D.A., Impact of arterial load and loading sequence on left ventricular tissue velocities in humans. *J. Am. Coll. Cardiol.*, **16**:50 (16) :1570-7 (2007)
- 19) D'Andrea A., Riegler L., Cocchia R., Scarafile R., Salerno G., Gravino R., Golia E., Vriz O., Citro R., Limongelli G., Calabrò P., Di Salvo G., Caso P., Russo M.G., Bossone E., Calabrò R. Left atrial volume index in highly trained athletes. *Am. Heart J.*, **159** (6) :1155-6 (2010)
- 20) Tomoto T., Maeda S., Sugawara J., Relation between arterial stiffness and aerobic capacity: Importance of proximal aortic stiffness. *Eur. J. Sport Sci.*, **17** (5) :571-5 (2017)
- 21) Boreham C.A., Ferreira I., Twisk J.W., Gallagher A.M., Savage M.J., Murray L.J., Cardiorespiratory fitness, physical activity, and arterial stiffness: the Northern Ireland Young Hearts Project. *Hypertension.*, **44** (5) :721-6 (2004)
- 22) Cermak N.M., Gibala M.J., van Loon L.J., Nitrate supplementation's improvement of 10-km time-trial performance in trained cyclists. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.*, **22** (1) :64-71 (2012)