



Asupan vitamin A, vitamin C, vitamin E, BCAA dan kaitannya dengan kadar hs-CRP pada member *fitness center* dewasa

Intake of vitamin A, vitamin C, vitamin E, BCAA and its correlation with hs-CRP levels in adult fitness center members

Qoniatu Zulfa¹, Deny Yudi Fitrianti^{2*}, Hartanti Sandi Wijayanti³, Etika Ratna Noer⁴

¹ Departemen Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.
E-mail: qoniatzulfa@students.undip.ac.id

² Departemen Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.
E-mail: denyyudi@gmail.com

³ Departemen Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.
E-mail: hartantisandi@fk.undip.ac.id

⁴ Departemen Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.
E-mail: etikaratna@fk.undip.ac.id

*Correspondence Author:

Departemen Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro. Jl. Prof. Sudarto, Tembalang, Kecamatan Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia.
E-mail: denyyudi@gmail.com

Article History:

Received: February 04, 2022; Revised: September 02, 2022; Accepted: September 20, 2022; Published: March 22, 2023.

Publisher:



Politeknik Kesehatan Aceh
Kementerian Kesehatan RI

© The Author(s). 2023 Open Access

This article has been distributed under the terms of the *License Internasional Creative Commons Attribution 4.0*



Abstract

Excessive physical exercise can stimulate proinflammatory cytokines expressions and increases *high sensitivity C-Reactive Protein* (hs-CRP). *Branched Chain Amino Acids* (BCAA) and vitamins A, C, and E are antioxidant mechanisms to reduce oxidative stress. This study analyzes the correlation between vitamin A, C, E, and BCAA intake with hs-CRP. The study design was cross-sectional, which was conducted in Semarang. Participants were 48 men aged 20-43 years. Sampling used consecutive sampling. Data were collected using *food recall 3x24h* to assess dietary intake and laboratory tests using the *Immunoturbidimetric* method to determine hs-CRP levels. Data were statistically analyzed using *Spearman-Rank* and multiple linear regression. The result showed that the subject with high-risk categories of hs-CRP was 18,8%. The intake of BCAA was 10,8% from supplements. Most subjects had an excessive intake of vitamin A but did not meet the needs of vitamins C and E. There was no correlation between BCAA intake ($p= 0,681$) and vitamin C intake ($p= 0,137$) with hs-CRP levels. However, there was a negative correlation between vitamin A ($p= 0,003$) and vitamin E ($p= 0,013$) intake with hs-CRP levels. Multivariate analysis showed that the intake of vitamin A associated with hs-CRP levels of 8,1% ($p= 0,028$). In conclusion, vitamin A intake is the most influential factor in hs-CRP levels in fitness center members.

Keywords: Amino acids, reactive protein, vitamin intake

Abstrak

Latihan fisik secara berlebihan dapat memicu ekspresi sitokin pro-inflamasi dan meningkatkan kadar *High Sensitivity C-Reactive Protein* (hs-CRP). *Branched Chain Amino Acids* (BCAA), vitamin A, C, dan E sebagai antioksidan berperan untuk mengatasi stres oksidatif. Penelitian bertujuan untuk menganalisis hubungan asupan vitamin A, C, E dan BCAA dengan kadar hs-CRP. Desain penelitian yaitu *cross-sectional* yang dilakukan di Semarang Tahun 2020. Subjek sebanyak 48 orang laki-laki usia 20–43 tahun menggunakan teknik *consecutive sampling*. Data asupan diperoleh dengan metode *recall 3x24 jam*. Kadar hs-CRP dalam darah diuji laboratorium dengan metode *Imunoturbidimetri*. Analisis statistik menggunakan uji *Spearman-Rank* dan regresi linear ganda. Hasil menunjukkan bahwa berdasarkan kadar hs-CRP, subjek dengan kategori *high risk* sebanyak 18,8%. Kontribusi asupan BCAA dari suplemen sebesar 10,8%. Sebagian besar subjek memiliki kelebihan asupan vitamin A, sedangkan asupan vitamin C dan E kurang. Tidak terdapat hubungan asupan BCAA ($p= 0,681$) dan vitamin C ($p= 0,137$) dengan kadar hs-CRP. Terdapat hubungan yang berlawanan antara asupan vitamin A ($p= 0,003$) dan vitamin E ($p= 0,013$) dengan kadar hs-CRP. Uji multivariat menunjukkan bahwa asupan vitamin A memberikan pengaruh pada kadar hs-CRP sebesar 8,1 ($p= 0,028$). Kesimpulan, asupan vitamin A merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap kadar hs-CRP pada member *fitness center*.

Kata Kunci: Asam amino, asupan vitamin, protein plasma

Pendahuluan

Kebiasaan berolahraga dan melakukan aktivitas fisik yang teratur merupakan salah satu faktor yang membentuk kesehatan seseorang (Williams et al., 2021). Kebiasaan berolahraga atau latihan fisik yang berlangsung secara rutin dan dalam kurun waktu yang lama akan menginduksi perubahan metabolisme seseorang yang menyebabkan mekanisme adaptif keseimbangan energi. Hal ini akan berujung pada pembentukan tubuh yang ideal (MacInnis & Gibala, 2017). Namun, latihan juga mempunyai efek negative bila dilakukan secara berlebihan (Magherini et al., 2019).

Salah satu cabang olahraga yang berisiko menjalankan olahraga yang berlebihan adalah binaraga. Pada binaragawan, fase *cutting* atau pra-kompetisi akan terjadi peningkatan volume latihan (60 - 120 menit sehari) dengan jumlah pengulangan yang tinggi (de Souza et al., 2018).

Latihan fisik yang dilakukan secara berlebihan dapat meningkatkan risiko peradangan pada otot dan meningkatkan produksi *Reactive Oxygen Species* (ROS) (Cheng et al., 2020). Meningkatnya jumlah ROS akan menyebabkan terjadinya stres oksidatif yang akan memicu ekspresi sitokin pro-inflamasi, salah satunya *C-Reactive Protein* (CRP) yang berperan dalam pathogenesis inflamasi (Cadeyani & Kater, 2019; Jahangiri et al., 2019). Terjadinya peningkatan kadar CRP dapat memberikan efek menguntungkan sesuai dengan Teori Hormesis, yaitu dapat meningkatkan toleransi terhadap paparan stresor berikutnya (Giri, 2019). Namun, jika hal tersebut terjadi secara berulang dan dalam jangka waktu yang lama dapat mengakibatkan kegagalan adaptasi tubuh, karena hilangnya unit fungsional otot atau yang disebut sarkomer (He et al., 2018). *High sensitivity-C Reactive Protein* (hs-CRP) digunakan untuk melihat kadar CRP dengan nilai yang sangat rendah (Moutachakir et al., 2017). Hal ini menandakan bahwa hs-CRP merupakan indikator yang sensitif untuk menentukan keadaan inflamasi yang sistemik (Pahwa et al., 2022).

Orang yang melakukan latihan di *fitness center* dengan tujuan membentuk otot dan meningkatkan kekuatan otot biasanya mengonsumsi *Branched Chain Amino Acids* (BCAA) baik yang berasal dari makanan maupun suplemen. BCAA merupakan asam amino esensial yang terdiri dari leusin, isoleusin, dan

valin. BCAA berperan sebagai sumber energi selama latihan serta dalam proses glukoneogenesis sehingga BCAA dianggap dapat menjadi alternatif untuk mengurangi kerusakan otot, pemulihan fungsi otot setelah latihan, serta menurunkan kadar hs-CRP (Fouré & Bendahan, 2017). Penelitian eksperimental menunjukkan bahwa suplementasi 10 gr BCAA 2 kali sehari selama 4 minggu dapat menurunkan kadar hs-CRP sebagai biomarker inflamasi pada atlet sepeda (Shenoy et al., 2017). Selain itu, pada wanita yang mempunyai plasma BCAA yang rendah cenderung memiliki kadar hs-CRP yang lebih tinggi (Hamaya et al., 2021).

Aktivitas antioksidan endogen akan bekerja lebih maksimal apabila didukung dengan keberadaan antioksidan eksogen. Jenis antioksidan eksogen dapat ditemukan pada makanan yang mengandung beberapa mikronutrien diantaranya vitamin A, vitamin C, dan vitamin E (Dias et al., 2020). Diet tinggi antioksidan (1800 µg vitamin A, 450 mg *ascorbic acid*, 30 mg *α-tocopherol*) selama 14 hari yang diberikan pada atlet *triathlon* terbukti meningkatkan aktivitas enzim antioksidan (Schneider et al., 2018). Semakin tinggi asupan vitamin C dan E juga berhubungan dengan rendahnya kadar hs-CRP (Farajbakhsh et al., 2019; Safabakhsh et al., 2020).

Penelitian serupa sudah pernah dilakukan sebelumnya, namun penelitian ini akan menganalisis asupan BCAA dari makanan dan suplemen secara terpisah yang belum dilakukan peneliti terdahulu. Selain itu konsumsi mikronutrien seperti vitamin E masih tergolong inadekuat sebanyak 34-95% dan 5-65% untuk vitamin C pada golongan masyarakat umum dan atlet (Higgins et al., 2020). Berdasarkan masalah tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis hubungan leusin, isoleusin dan valin (BCAA) serta vitamin A, vitamin C, dan vitamin E dengan kadar hs-CRP, dalam mencegah dan mengatasi stres oksidatif serta inflamasi setelah latihan fisik pada member *fitness center*.

Metode

Penelitian observasional analitik menggunakan rancangan penelitian *cross sectional*. Penelitian telah dilakukan pada bulan Agustus-September 2020 di beberapa *fitness center* di Semarang. Penelitian ini termasuk dalam ruang lingkup gizi olahraga. Populasi terjangkau pada penelitian ini

adalah laki-laki usia 20–43 tahun di Kota Semarang yang melakukan latihan beban di *fitness center*. Besar sampel menggunakan perhitungan rumus besar sampel untuk studi *cros-sectional* menggunakan uji korelasi yaitu (Negida, 2020):

$$n = \left[\frac{Z\alpha + Z\beta}{0,5 \ln \left[\frac{1+r}{1-r} \right]} \right]^2 + 3$$

Perhitungan rumus tersebut mempunyai tingkat kesalahan alfa sebesar 5% (1,96), tingkat kesalahan beta sebesar 10% (1,282) dan nilai $r = 0,482$ (Siahkouhian & Esmaeilzadeh, 2011) dan dihasilkan 41 orang. Minimal sampel ditentukan dengan menghitung besar sampel menggunakan rumus tersebut dengan menambahkan estimasi *dropout* 15% sehingga sampel yang diperlukan sebanyak 48 orang. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *consecutive sampling*. Subjek diminta untuk mengisi formulir via *Google Form*, jika memenuhi kriteria inklusi akan dimasukkan dalam penelitian secara berurutan sampai jumlah subjek minimal terpenuhi. Kriteria inklusi subjek penelitian ini adalah tidak sedang mengalami/memiliki riwayat penyakit (diabetes mellitus, hipertensi, gagal ginjal, jantung, penyakit infeksi), tidak sedang mengonsumsi obat-obatan (obat penurun lipid, obat penurun glukosa darah, obat penyakit jantung, obat hipertensi, obat anti-inflamasi nonsteroid seperti aspirin yang memiliki fungsi penurun panas, antinyeri, dan antiradang) (Angeli et al., 2021; Sinha et al., 2019), telah menjadi member *fitness center* minimal satu tahun dan mengikuti program latihan rutin, serta bersedia untuk diikutsertakan dalam penelitian dengan mengisi *informed consent*.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah asupan BCAA (leusin, isoleusin, valin) serta asupan vitamin A, vitamin C, dan vitamin E. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kadar hs-CRP. Variabel perancu dalam penelitian ini adalah persen lemak tubuh, asupan energi, karbohidrat, protein, lemak, serat, frekuensi latihan, dan durasi latihan.

Data yang diambil dalam penelitian ini berupa data primer yaitu asupan BCAA, asupan vitamin A, asupan vitamin C, asupan vitamin E, kadar hs-CRP, data identitas responden, data

antropometri, asupan energi, asupan karbohidrat, asupan protein, asupan lemak, asupan serat, serta data kegiatan latihan beban di *fitness center*. Data asupan BCAA, asupan vitamin A, vitamin C, vitamin E, energi, karbohidrat, protein, lemak, dan serat diperoleh dengan metode *recall* 3x24 jam secara berurutan melalui *personal chat* sebelum pengambilan darah. Pengambilan data asupan yang berurutan bertujuan untuk melihat efek dari konsumsi suplemen protein/BCAA karena metabolisme dan penyerapan asam amino rantai cabang ini lebih cepat dibanding asam amino lainnya (Gropper et al., 2018). Beberapa penelitian menunjukkan efek BCAA terhadap parameter kerusakan atau kelelahan otot terlihat setelah mengonsumsi BCAA sebelum dan sesudah melakukan latihan eksentrik (Jackman et al., 2010; Shimomura et al., 2010). Data asupan BCAA yang disajikan berupa persen kecukupan asupan harian yang dibandingkan dengan kebutuhan BCAA yang ditentukan dari jumlah BCAA yang dapat mengurangi efek kerusakan otot yaitu 20 gram/hari dengan proporsi leusin:isoleusin:valin adalah 2:1:1 (Howatson et al., 2012).

Data asupan vitamin A, vitamin C, vitamin E, dan serat disajikan dalam bentuk persen kecukupan asupan harian yang dibandingkan dengan AKG 2019 (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2019). Data energi, karbohidrat, protein, dan lemak disajikan dalam bentuk persen kecukupan asupan harian yang dibandingkan dengan kebutuhan asupan untuk *power/strength athletes* (Jäger et al., 2017; Kerksick & Kulovitz, 2013).

Kadar hs-CRP diperoleh melalui pengambilan sampel darah vena oleh perawat, diuji laboratorium dengan metode *Imunoturbidimetri* dan disajikan dalam satuan mg/L. Subjek diminta untuk puasa selama 8–12 jam sebelum pengambilan darah. Data identitas responden dan kegiatan latihan beban di *fitness center* diperoleh melalui *Google Form*. Kegiatan latihan beban yang dimaksud adalah frekuensi dan durasi latihan. Frekuensi latihan adalah jumlah latihan beban yang dilakukan dalam 1 minggu di *fitness center*, diukur berdasarkan *form monitoring* beban latihan dalam satuan kali/minggu. Durasi latihan adalah total lama latihan beban yang dilakukan dalam 1 hari di *fitness center*,

diukur berdasarkan *form monitoring* beban latihan dalam satuan menit/hari (Halson, 2014). Selanjutnya, data kebiasaan merokok selama satu bulan terakhir turut diambil dengan kriteria: 1) merokok, apabila aktif merokok selama satu bulan terakhir baik rokok tembakau maupun rokok elektrik, dan 2) tidak merokok, apabila tidak pernah merokok atau sudah berhenti merokok paling lambat satu bulan sebelum pengambilan data. Data antropometri berupa berat badan dalam kilogram dan persen lemak tubuh yang diukur menggunakan *Bioimpedance Analysis* (BIA) (Campa et al., 2022). Pengambilan data secara langsung dilakukan dengan menerapkan protokol kesehatan COVID-19.

Tabel 1. Uji normalitas variabel penelitian

Variabel	Nilai Z	Nilai p
Kadar hs-CRP	0,590	0,000
Asupan Makanan BCAA		
Leusin	0,552	0,000
Isoleusin	0,538	0,000
Valin	0,544	0,000
Asupan Suplemen BCAA		
Leusin	0,546	0,000
Isoleusin	0,555	0,000
Valin	0,548	0,000
Asupan Vitamin A	0,840	0,000
Asupan Vitamin C	0,461	0,000
Asupan Vitamin E	0,704	0,000
Asupan Energi	0,936	0,012
Asupan Karbohidrat	0,991	0,968*
Asupan Protein	0,664	0,000
Asupan Lemak	0,834	0,000
Asupan Serat	0,962	0,120*
Usia	0,959	0,092*
Lama Latihan Beban	0,749	0,000
Frekuensi Latihan	0,888	0,000
Durasi Latihan	0,895	0,000
Persen Lemak Tubuh	0,951	0,043

*Data berdistribusi normal ($p > 0,05$)

Uji normalitas data menggunakan uji *Saphiro-Wilk* dan disajikan dalam Tabel 1. Analisis hubungan asupan BCAA, vitamin A, vitamin C, dan vitamin E dengan hs-CRP menggunakan uji korelasi *Spearman-Rank*, serta analisis multivariat menggunakan regresi linear ganda dengan derajat kepercayaan 95%. Penelitian ini telah lolos uji etik penelitian oleh Komisi Bioetika Penelitian Kedokteran/Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sultan Agung Semarang tanggal 15 Oktober 2020 dengan Ethical Clearance no. 338/X/2020/Komisi Bioetik.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Subjek

Karakteristik subjek penelitian dapat dilihat pada Tabel 2. Semua subjek dalam penelitian ini adalah laki-laki usia 20–43 tahun dengan rerata usia 28 tahun. Subjek memiliki frekuensi latihan minimal 2x per minggu dan durasi latihan minimal 90 menit per hari. Persen lemak tubuh dengan nilai 18%–24,9% (*acceptable*) memiliki jumlah subjek terbanyak. Lebih dari sebagian subjek tidak memiliki kebiasaan merokok. Besar proporsi subjek yang mengonsumsi dengan yang tidak mengonsumsi suplemen protein/BCAA hampir sama.

Tabel 2. Karakteristik subjek

Karakteristik Subjek	n	%	Median (Min-Maks)
Usia (tahun)			28
20–29	28	58,3	(20-43)
30–43	10	41,7	
Lama latihan beban (tahun)			3
1–5	39	81,2	(1-21)
≥6	9	18,8	
Frekuensi (kali/minggu)			5
2–3	13	27,1	(2-6)
4–5	25	52,1	
6	10	20,8	
Durasi (menit/hari)			90
50–90	34	70,8	(50-180)
91–120	12	25	
>120	2	4,2	
Persen lemak tubuh (%) (William, 2010)			21,4
Atletik (6-13)	2	4,2	(12,8-39,8)
Fitness (14-17,9)	4	8,3	
Acceptable (18-24,9)	28	58,3	
Overweight (≥25)	14	29,2	
Kebiasaan merokok			
Merokok	20	41,7	
Tidak Merokok	28	58,3	
Konsumsi Suplemen protein/BCAA			
Ya	22	45,8	
Tidak	26	54,2	
Kadar hs-CRP (mg/L) (Mazurek et al., 2011)			0,7
Low risk (<1)	30	62,4	(0,1-19,6)
Moderate risk (1-3)	9	18,8	
High risk (>3)	9	18,8	

Sebagian besar subjek memiliki kadar hs-CRP dengan kategori *low risk*. Efek latihan pada hs-CRP dikaitkan dengan peningkatan sitokin anti-

inflamasi seperti Interleukin-1, interleukin-6 dan Interleukin-10 yang menghambat produksi sitokin proinflamasi (Cheng et al., 2020; Giri, 2019). Peningkatan kadar CRP dapat dipengaruhi oleh kondisi stres oksidatif yang terjadi karena ketidakseimbangan jumlah *Reactive Oxygen Species* (ROS) dengan antioksidan di dalam tubuh akibat latihan atau aktivitas fisik yang berlebihan. Namun, ROS yang terbentuk dalam jumlah ringan hingga sedang, yang dipengaruhi oleh frekuensi dan durasi latihan, justru dapat meningkatkan antioksidan endogen. Produksi ROS selama latihan fisik tingkat sedang akan mengaktifasi Jalur *Mitogen Activated Protein Kinases* (MAPKs) yang akan meningkatkan ekspresi antioksidan endogen (Putri, 2018). Sebagian subjek dalam penelitian ini memiliki frekuensi latihan 4–5x/minggu dengan durasi 50–90 menit/hari yang masih termasuk dalam latihan tingkat ringan hingga sedang.

Asupan Makan pada Subjek

Tabel 3 menunjukkan karakteristik kecukupan asupan responden, baik pada nilai gizi makro maupun nilai gizi mikro.

Tabel 3. Karakteristik asupan gizi

Asupan dan Kecukupan Gizi	Median (Min-Maks)
Asupan energi (kkal)	1761 (583-4085)
Kecukupan energi (%)	65,4 (19,6-157,3)
Asupan Karbohidrat (g)	215,3 (36,6-410,9)
Kecukupan karbohidrat (%)	42 (6,4-79,3)
Asupan protein (g)	73,3 (30,1-357,6)
Kecukupan protein (%)	63,1 (22,9-315,3)
Asupan lemak (g)	59,1(11,5-205,6)
Kecukupan lemak (%)	80,9 (13,5-285)
Asupan serat (g)	8,8 91,5-20,7)
Kecukupan eat (%)	3,2 (0,5-7,5)
Asupan vitamin A (mcg)	849,7 (35,7-2253,4)
Kecukupan vitamin A (%)	130,7 (5,5-346,7)
Asupan vitamin C (mg)	29 (0,3-449)
Kecukupan vitamin C (%)	32,2 (0,3-498,9)
Asupan vitamin E (mg)	4,2 90,3-28,8)
Kecukupan vitamin E (%)	28 (2-192)

Beberapa subjek memiliki angka kecukupan asupan BCAA total dari makanan dan suplemen lebih dari 100%, dengan rerata kontribusi asupan BCAA dari makanan sebesar 89,2% dan dari suplemen sebesar 10,8%. Asupan protein subjek berada dalam kisaran kecukupan 22,9% – 315,3% dengan nilai median 63,5, yang artinya masih terdapat beberapa subjek yang kecukupan asupan proteinnya kurang. Hal

tersebut juga terjadi pada member sebuah *fitness center* di Jakarta yang asupan proteinnya berada dalam kategori kurang hingga cukup.

Pengetahuan gizi yang rendah serta kurang tepatnya informasi dari media sosial, sesama member, maupun *personal trainer* dapat menjadi faktor penyebab konsumsi zat gizi yang tidak tepat pada member *fitness center* (Apriantono et al., 2021; McKean et al., 2019). BCAA adalah asam amino yang merupakan bagian dari protein, sehingga asupan protein turut berpengaruh terhadap jumlah BCAA yang dikonsumsi (Sari, 2013).

Hubungan Asupan BCAA dan Antioksidan dengan Kadar hs-CRP

Hasil uji korelasi asupan BCAA baik dari makanan, suplemen, maupun total dari keduanya dengan kadar hs-CRP tidak menunjukkan hubungan yang bermakna (Tabel 4).

Tabel 4. Hubungan asupan BCAA dan antioksidan dengan kadar hs-CRP

Variabel	Kadar hs-CRP	
	Nilai r ^a	Nilai p
Asupan BCAA Total		
Leusin	0,054	0,715
Isoleusin	0,068	0,648
Valin	0,064	0,665
BCAA	0,061	0,681
Asupan Makanan BCAA		
Leusin	0,045	0,759
Isoleusin	0,060	0,685
Valin	0,070	0,638
BCAA	0,047	0,752
Asupan Suplemen BCAA		
Leusin	-0,050	0,736
Isoleusin	-0,054	0,718
Valin	-0,059	0,691
BCAA	-0,052	0,728
Asupan Vitamin A	-0,415	0,003*
Asupan Vitamin C	-0,218	0,137
Asupan Vitamin E	-0,355	0,013*
Asupan Energi	-0,043	0,770
Asupan Karbohidrat	-0,096	0,514
Asupan Protein	0,094	0,523
Asupan Lemak	-0,185	0,208
Asupan Serat	-0,087	0,558
Usia	0,353	0,014*
Lama Latihan	0,029	0,846
Beban Latihan		
Frekuensi	-0,033	0,821
Durasi	0,066	0,654
Persen Lemak Tubuh	0,413	0,004*

^aUji korelasi *Spearman-Rank*

*Signifikan pada 95% CI (p < 0,05)

Tidak terdapat hubungan beberapa variabel tersebut disebabkan karena pola konsumsi BCAA yang tidak teratur dan jumlahnya kurang dari asupan yang dapat mengurangi efek kerusakan otot (20 gram/hari) (Howatson et al., 2012). Sejalan dengan penelitian sebelumnya, pemberian 0,17 g/kg BCAA (2,5 g L-Leusin, 1,25 g L-Isoleusin, 1,25 g L-Valin) selama 7 hari pada orang yang melakukan *resistance training* menunjukkan tidak adanya pengaruh terhadap kadar hs-CRP. Keberhasilan efek BCAA dapat dipengaruhi oleh tingkat kerusakan otot, jumlah asupan BCAA harian, serta lama konsumsi atau suplementasi (Fouré & Bendahan, 2017). Sumber BCAA dari makanan yang sering dan rutin dikonsumsi subjek berasal dari daging ayam, telur ayam, dan daging sapi, sedangkan suplemen protein/BCAA yang dikonsumsi berbentuk *powder*, tablet, dan kapsul.

Efek yang muncul setelah mengonsumsi salah satu dari leusin, isoleusin, dan valin dengan kombinasi ketiganya mungkin akan berbeda. Berdasarkan penelitian, pemberian leusin saja dapat mempengaruhi respon anabolik, sedangkan tidak terdapat bukti untuk isoleusin dan valin (Plotkin et al., 2021). Namun setelah dilakukan uji statistik secara terpisah antara leusin, isoleusin, dan valin dengan hs-CRP pada penelitian ini, semuanya tidak menunjukkan hubungan yang signifikan.

Sementara itu, penambahan isoleusin dan valin dapat membatasi efektivitas leusin karena ketiga zat tersebut akan berkompetisi untuk masuk ke dalam sel otot. BCAA secara aktif diangkut ke dalam sel melalui sistem transportasi yang sama. Keberadaan asam amino esensial lainnya juga dapat menghambat leusin. BCAA akan bersaing dengan asam amino lain termasuk fenilalanin, yang akan mempengaruhi ketersediaan asam amino esensial lainnya di dalam otot (Plotkin et al., 2021). Sebagai hasil dari kompetisi, ada kemungkinan bahwa leusin dapat memiliki efek stimulasi sementara pada sintesis protein otot, sedangkan kombinasi leusin, isoleusin, dan valin gagal memperoleh respon tersebut (Wolfe, 2017).

Sebaliknya, hasil penelitian (Tabel 4), juga menunjukkan bahwa terdapat hubungan bermakna antara asupan vitamin A (kekuatan hubungan sedang) dan vitamin E (kekuatan hubungan lemah) dengan kadar hs-CRP.

Hubungan tersebut menunjukkan semakin tinggi asupan vitamin A dan vitamin E maka semakin rendah kadar hs-CRP. Suatu studi meta analisis menyimpulkan bahwa suplementasi carotenoid dapat menurunkan kadar CRP (Hajizadeh-Sharafabad et al., 2021). Asupan vitamin A subjek pada penelitian yang dilakukan sekarang ini berada dalam kategori lebih dengan rerata mencapai 130% dari kebutuhan harian. Wortel, pisang, daging ayam, hati ayam, telur ayam, dan daging sapi merupakan makanan sumber vitamin A yang paling banyak dikonsumsi oleh subjek. Aktivitas antioksidan vitamin A melalui beberapa jalur: 1) terletak pada rantai hidrofobik unit poliena yang dapat menonaktifkan oksigen singlet 2) transfer electron dari rantai polienik 3) transfer electron dan abstraksi hydrogen melawan radikal bebas. Secara umum, semakin panjang rantai poliena, semakin besar kemampuan menstabilkan radikal peroksil (Pérez-gálvez et al., 2020). Sifat anti-inflamasi dari vitamin A diketahui dapat memodulasi aktivitas pengikatan DNA *Nuclear Factor-Kappa B* (NF- κ B). Aktivasi NF- κ B dipicu oleh stres oksidatif dan mengarah pada produksi hs-CRP (Niknam & Paknahad, 2015).

Vitamin E juga mempunyai hubungan yang bermakna dengan hs-CRP. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Schwab, konsumsi vitamin E berhubungan dengan kadar hs-CRP (Schwab et al., 2015). Adanya hubungan bermakna antara asupan vitamin E dengan kadar hs-CRP dapat disebabkan karena faktor yang dapat mempengaruhi absorpsi vitamin E secara maksimal, salah satunya asupan lemak (Borel et al., 2013). Lemak dapat mempengaruhi absorpsi vitamin E melalui beberapa mekanisme. Pertama, lemak menyediakan fase hidrofobik yang akan membantu pelepasan dari matriks makanannya sehingga vitamin E dapat dilarutkan. Kedua, lemak merangsang sekresi cairan empedu dan pembentukan misel, sehingga dapat meningkatkan proporsi vitamin E untuk diserap. Ketiga, lemak menyediakan produk pencernaan lipid (lisofosfolipid, monogliserida, dan asam lemak bebas), yang berfungsi sebagai komponen misel. Semakin tinggi produk pencernaan lipid maka semakin tinggi jumlah misel yang dapat melarutkan vitamin E (Flory et al., 2019; Jiang, 2022). Jika dilihat dari asupan lemak subjek, nilai mediannya menunjukkan angka 80,9 yang

termasuk dalam kategori asupan cukup. Vitamin E juga berperan dalam perlindungan terhadap peroksidasi lemak di dalam membran. Vitamin E berinteraksi secara langsung dengan radikal peroksil lemak sehingga atom hidrogen lainnya berkurang dan menjadi tokoferil quinon teroksidasi sempurna (Miyazawa et al., 2019).

Tidak terdapat hubungan asupan vitamin C dengan kadar hs-CRP pada penelitian ini. Hasil tersebut tidak sejalan dengan penelitian yang sekarang dilakukan karena asupan vitamin C subjek di bawah angka kebutuhan. Rendahnya asupan vitamin C diduga disebabkan oleh kurangnya asupan sumber vitamin C seperti buah dan sayur. Selain itu, vitamin C merupakan vitamin larut air, mudah rusak, dan mudah teroksidasi oksigen atmosfer, panas, cahaya, dan logam sehingga tidak memberikan efek terhadap hs-CRP (Lykkesfeldt, 2020; Rusiani et al., 2019). Pada studi metaanalisis menemukan bahwa dosis vitamin C yang dikonsumsi juga menentukan efek dalam menurunkan stress oksidatif dalam tubuh. Dosis vitamin C > 500 mg lebih efektif dalam menurunkan indikator stress oksidatif (Righi et al., 2020).

Selain itu, antara variabel usia (kekuatan hubungan lemah) dan persen lemak tubuh (kekuatan hubungan sedang) dengan kadar hs-CRP menunjukkan hubungan yang bermakna; semakin tinggi usia dan persen lemak tubuh maka semakin tinggi kadar hs-CRP. Hal ini sejalan dengan beberapa penelitian sebelumnya, bahwa semakin bertambah usia semakin tinggi pula kadar hs-CRP (Michaud et al., 2013; Puzianowska-Kuźnicka et al., 2016). Sebesar 58,3% subjek berada pada rentang usia 20–39 tahun yang termasuk kategori dewasa awal. Besarnya persentase rentang usia tersebut dapat disebabkan para subjek yang masih berusia muda dan belum menikah memiliki motivasi menjaga penampilan lebih tinggi demi meningkatkan harga diri, dengan cara memperbaiki citra tubuh dengan melakukan latihan beban. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan terdapat hubungan positif antara citra tubuh dengan harga diri pada remaja pria yang melakukan latihan di *fitness center* (Suharjana, 2013).

Selanjutnya, hasil uji menunjukkan adanya hubungan bermakna antara variabel persen lemak tubuh dengan kadar hs-CRP ($p=0,004$; $r=0,413$). Sebuah penelitian

membuktikan menurunnya lemak tubuh berhubungan dengan rendahnya inflamasi yang diukur dari indikator kadar hs-CRP pada individu dengan berat badan normal lemak tubuh akan memediasi produksi sitokin Interleukin-1 (IL-1), Interleukin-6 (IL-6), dan TNF- α yang akan menstimulasi sintesis hs-CRP (Sarin et al., 2019). Sebesar 58,3% subjek memiliki persen lemak tubuh dengan kategori *acceptable* dan 29,2% dengan kategori *overweight/obese*. Subjek cenderung tidak memperhatikan jenis lemak yang harus dibatasi maupun yang baik dikonsumsi sehingga dapat mempengaruhi persen lemak tubuh. Subjek juga tidak memiliki pengaturan waktu konsumsi makanan dan zat gizi, berbeda dengan atlet angkat beban atau *bodybuilder* yang memiliki fase *bulking* dan *cutting*.

Selanjutnya dilakukan analisis multivariat menggunakan uji regresi linear berganda untuk mengetahui besar pengaruh terhadap kadar hs-CRP. Hasil uji menunjukkan bahwa nilai *Adjusted R Square* sebesar 0,081 ($p=0,028$). Hal ini dapat diartikan bahwa asupan vitamin A dapat mempengaruhi kadar hs-CRP sebesar 8,1%, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Nilai -0,315 pada asupan vitamin A adalah bernilai negatif, sehingga dapat dikatakan bahwa semakin tinggi asupan vitamin A maka akan semakin rendah kadar hs-CRP.

Kesimpulan

Tidak terdapat hubungan asupan BCAA dan vitamin C dengan kadar hs-CRP, sedangkan asupan vitamin A dan vitamin E berhubungan dengan kadar hs-CRP pada member *fitness center*. Asupan vitamin A merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap kadar hs-CRP yaitu sebesar 8,1%.

Saran yang dapat diberikan untuk seluruh masyarakat yang berolahraga yaitu agar memperhatikan keseimbangan status antioksidan dalam tubuh dengan cara memperbanyak konsumsi makanan sumber vitamin dari buah sayur dan memperhatikan frekuensi dan durasi latihan yang dilakukan agar terhindar dari efek inflamasi yang kronis. Upaya ini dapat diinisiasi dengan pemberian edukasi tentang pentingnya asupan antioksidan selama berolahraga kepada pengelola pusat kebugaran dan personal trainer serta masyarakat luas.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai oleh dana hibah penelitian riset pengembangan dan penerapan Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro tahun 2020, SK Dekan no 85/UN7.5.4.2/HK/2020.

Daftar Rujukan

- Angeli, F., Reboldi, G., & Verdecchia, P. (2021). The link between inflammation and hypertension: Unmasking mediators. *American Journal of Hypertension*, 34(7), 683–685. <https://doi.org/10.1093/ajh/hpab034>
- Apriantono, T., Hasan, F., Bahri, S., Bahana, I., & Rahadian, R. A. (2021). Level of nutrition knowledge personal trainer in West java. *Jurnal SPORTIF: Jurnal Penelitian Pembelajaran*, 7(3), 454–466. https://doi.org/10.29407/js_unpgri.v7i3.16812
- Borel, P., Preveraud, D., & Desmarchelier, C. (2013). Bioavailability of vitamin E in humans: an update. *Nutrition Reviews*, 71(6), 319–331. <https://doi.org/10.1111/nure.12026>
- Cadegiani, F. A., & Kater, C. E. (2019). Basal hormones and biochemical markers as predictors of overtraining syndrome in male athletes: The EROS-Basal study. *Journal of Athletic Training*, 54(8), 906–914. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-148-18>
- Campa, F., Gobbo, L. A., Stagi, S., Cyrino, L. T., Toselli, S., Marini, E., & Coratella, G. (2022). Bioelectrical impedance analysis versus reference methods in the assessment of body composition in athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 122(3), 561–589. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04879-y>
- Cheng, A. J., Jude, B., & Lanner, J. T. (2020). Intramuscular mechanisms of overtraining. *Redox Biology*, 35. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101480>
- de Souza, D. C., dos Santos, J. A. B., de Jesus, D. M., & Gentil, P. (2018). Biochemical profile and body composition alteration of amateur bodybuilders during the pre-contest period. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 3(2), 1–10. <https://doi.org/10.3390/jfmk3020026>
- Dias, T. R., Martin-Hidalgo, D., M. Silva, B., F. Oliveira, P., & G. Alves, M. (2020). endogenous and exogenous antioxidants as a tool to ameliorate male infertility induced by reactive oxygen species. *Antioxidants and Redox Signaling*, 33(11), 767–785. <https://doi.org/10.1089/ars.2019.7977>
- Farajbakhsh, A., Mazloomi, S. M., Mazidi, M., Rezaie, P., Akbarzadeh, M., Ahmad, S. P., Ferns, G. A., Ofori-Asenso, R., & Babajafari, S. (2019). Sesame oil and vitamin E co-administration may improve cardiometabolic risk factors in patients with metabolic syndrome: a randomized clinical trial. *European Journal of Clinical Nutrition*, 73(10), 1403–1411. <https://doi.org/10.1038/s41430-019-0438-5>
- Flory, S., Birringer, M., & Frank, J. (2019). Bioavailability and metabolism of vitamin E. In *Vitamin E in Human Health* (pp. 31–41). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05315-4_4
- Fouré, A., & Bendahan, D. (2017). Is branched-chain amino acids supplementation an efficient nutritional strategy to alleviate skeletal muscle damage? A systematic review. *Nutrients*, 9(10), 1–15. <https://doi.org/10.3390/nu9101047>
- Giri, M. K. W. (2019). Immunological side in overtraining exercise. *International Journal of Health & Medical Sciences*, 2(1), 1–6. <https://doi.org/10.31295/ijhms.v2n1.52>
- Gropper, S. S., Smith, J. L., & Carr, T. P. (2018). *Advanced Nutrition and Human Metabolism 7th edition*. Cengage Learning.
- Hajizadeh-Sharafabad, F., Zahabi, E. S., Malekahmadi, M., Zarrin, R., & Alizadeh, M. (2021). Carotenoids supplementation and inflammation: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1925870>
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44(suppl 2), 139–147. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>

- Hamaya, R., Mora, S., Lawler, P. R., Cook, N. R., Ridker, P. M., Buring, J. E., Lee, I. M., Manson, J. A. E., & Tobias, D. K. (2021). Association of plasma branched-chain amino acid with biomarkers of inflammation and lipid metabolism in women. *Circulation: Genomic and Precision Medicine*, 14(4), E003330. <https://doi.org/10.1161/CIRCGEN.121.003330>
- He, F., Chuang, C. C., Zhou, T., Jiang, Q., Sedlock, D. A., & Zuo, L. (2018). Redox correlation in muscle lengthening and immune response in eccentric exercise. *PLoS ONE*, 13(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208799>
- Higgins, M. R., Izadi, A., & Kaviani, M. (2020). Antioxidants and exercise performance: with a focus on vitamin e and c supplementation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(22), 1–26. <https://doi.org/10.3390/ijerph17228452>
- Howatson, G., Hoad, M., Goodall, S., Tallent, J., Bell, P. G., & French, D. N. (2012). Exercise-induced muscle damage is reduced in resistance-trained males by branched chain amino acids: a randomized, double-blind, placebo controlled study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9(20), 1–7. <http://www.jissn.com/content/9/1/20>
- Jackman, S. R., Witard, O. C., Jeukendrup, A. E., & Tipton, K. D. (2010). Branched-chain amino acid ingestion can ameliorate soreness from eccentric exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(5), 962–970. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181c1b798>
- Jäger, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., & et al. (2017). International society of sports nutrition position stand: Protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1), 1–25. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>
- Jahangiri, Z., Gholamnezhad, Z., Hosseini, M., Beheshti, F., & Kasraie, N. (2019). The effects of moderate exercise and overtraining on learning and memory, hippocampal inflammatory cytokine levels, and brain oxidative stress markers in rats. *Journal of Physiological Sciences*, 69(6), 993–1004. <https://doi.org/10.1007/s12576-019-00719-z>
- Jiang, Q. (2022). Metabolism of natural forms of vitamin E and biological actions of vitamin E metabolites. *Free Radical Biology and Medicine*, 179, 375–387. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2021.11.012>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2019). *Angka kecukupan gizi yang dianjurkan untuk masyarakat Indonesia*. kementerian kesehatan RI.
- Kerksick, C. M., & Kulovitz, M. (2013). Requirements of Energy, Carbohydrates, Proteins and Fats for Athletes. *Nutrition and Enhanced Sports Performance*, 355–366. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396454-0.00036-9>
- Lykkesfeldt, J. (2020). On the effect of vitamin C intake on human health: How to (mis)interpret the clinical evidence. *Redox Biology*, 34, 101532. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101532>
- MacInnis, M. J., & Gibala, M. J. (2017). Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *Journal of Physiology*, 595(9), 2915–2930. <https://doi.org/10.1113/JP273196>
- Magherini, F., Fiaschi, T., Marzocchini, R., Mannelli, M., Gamberi, T., Modesti, P. A., & Modesti, A. (2019). Oxidative stress in exercise training: the involvement of inflammation and peripheral signals. *Free Radical Research*, 53(11–12), 1155–1165. <https://doi.org/10.1080/10715762.2019.1697438>
- Mazurek, K., Zmijewski, P., Czajkowska, A., & Lutosławska, G. (2011). High-sensitivity c-reactive protein (hsCRP) in young adults relation to aerobic capacity physical activity and risk factors for cardiovascular disease. *Biology of Sport*, 28(4), 227–232. <https://doi.org/10.5604/965482>
- McKean, M., Mitchell, L., O'Connor, H., Prvan, T., & Slater, G. (2019). Are exercise professionals fit to provide nutrition advice? An evaluation of general nutrition knowledge. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(3), 264–268.

- <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.08.018>
- Michaud, M., Balardy, L., Moulis, G., Gaudin, C., Peyrot, C., Vellas, B., Cesari, M., & Nourhashemi, F. (2013). Proinflammatory cytokines, aging, and age-related diseases. *Journal of the American Medical Directors Association*, 14(12), 877–882. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2013.05.009>
- Miyazawa, T., Burdeos, G. C., Itaya, M., Nakagawa, K., & Miyazawa, T. (2019). Vitamin E: Regulatory redox interactions. *IUBMB Life*, 71(4), 430–441. <https://doi.org/10.1002/iub.2008>
- Moutachakir, M., Hanchi, A. L., Baraou, A., Boukhira, A., & Chellak, S. (2017). Caractéristiques immunoanalytiques de la protéine C-réactive et de la protéine C-réactive ultrasensible. *Annales de Biologie Clinique*, 75(2), 225–229. <https://doi.org/10.1684/abc.2017.1232>
- Negida, A. (2020). Sample size calculation guide- Part 7: How to calculate the sample size based on a correlation. *Advanced Journal of Emergency Medicine*, 4(2), e34. <https://doi.org/10.22114/ajem.v0i0.344>
- Niknam, M., & Paknahad, Z. (2015). Anti-inflammatory effects of dietary antioxidants in patients with coronary artery disease. *Endocrinology & Metabolic Syndrome*, 4(4). <https://doi.org/10.4172/2161-1017.1000207>
- Pahwa, R., Goyal, A., & Jialal, I. (2022). *Chronic inflammation*. StatPearls Publishing.
- Pérez-gálvez, A., Viera, I., & Roca, M. (2020). Carotenoids and chlorophylls as antioxidants. *Antioxidants*, 9(6), 1–39. <https://doi.org/10.3390/antiox9060505>
- Plotkin, D. L., Delcastillo, K., van Every, D. W., Tipton, K. D., Aragon, A. A., & Schoenfeld, B. J. (2021). Isolated leucine and branched-chain amino acid supplementation for enhancing muscular strength and hypertrophy: A narrative review. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 31(3), 292–301. <https://doi.org/10.1123/IJSNEM.2020-0356>
- Putri, M. A. (2018). Peningkatan Antioksidan endogen yang dipicu latihan fisik increased endogenous antioxidants triggered by physical exercise. *Jurnal Kedokteran YARSI*, 26(3), 163–172. <https://academicjournal.yarsi.ac.id/index.php/jurnal-fk-yarsi/article/view/760>
- Puzianowska-Kuźnicka, M., Owczarz, M., Wieczorowska-Tobis, K., Nadrowski, P., Chudek, J., Slusarczyk, P., Skalska, A., Jonas, M., Franek, E., & Mossakowska, M. (2016). Interleukin-6 and C-reactive protein, successful aging, and mortality: The PolSenior study. *Immunity and Ageing*, 13(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12979-016-0076-x>
- Righi, N. C., Schuch, F. B., de Nardi, A. T., Pippi, C. M., de Almeida Righi, G., Puntel, G. O., da Silva, A. M. V., & Signori, L. U. (2020). Effects of vitamin C on oxidative stress, inflammation, muscle soreness, and strength following acute exercise: meta-analyses of randomized clinical trials. *European Journal of Nutrition*, 59(7), 2827–2839. <https://doi.org/10.1007/s00394-020-02215-2>
- Rusiani, E., Junaidi, S., Subiyono, H. S., & Sumartiningsih, S. (2019). Suplementasi vitamin C dan E untuk menurunkan stres oksidatif setelah melakukan aktivitas fisik maksimal. *Media Ilmu Keolahragaan Indonesia*, 9(2). <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/miki/article/view/23582>
- Safabakhsh, M., Emami, M. R., Zeinali Khosroshahi, M., Asbaghi, O., Khodayari, S., Khorshidi, M., Alizadeh, S., & Viri, E. H. (2020). Vitamin C supplementation and C-reactive protein levels: Findings from a systematic review and meta-analysis of clinical trials. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*. <https://doi.org/10.1515/jcim-2019-0151>
- Sari, T. (2013). *Faktor-faktor yang berhubungan dengan konsumsi suplemen asam amino pada anggota Fitness Center Syahida Inn UIN Syarif Hidayatullah Jakarta tahun 2013* (Skripsi). UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Sarin, H. v., Lee, J. H., Jauhiainen, M., Joensuu, A., Borodulin, K., Männistö, S., Jin, Z., Terwilliger, J. D., Isola, V., Ahtiainen, J. P., Häkkinen, K., Kristiansson, K., Hulmi, J. J., & Perola, M. (2019). Substantial fat mass loss reduces low-grade inflammation and induces positive alteration in

- cardiometabolic factors in normal-weight individuals. *Scientific Reports*, 9(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40107-6>
- Schneider, C. D., Bock, P. M., Becker, G. F., Moreira, J. C. F., Bello-Klein, A., & Oliveira, A. R. (2018). Comparison of the effects of two antioxidant diets on oxidative stress markers in triathletes. *Biology of Sport*, 35(2), 181–189. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2018.74194>
- Schwab, S., Zierer, A., Schneider, A., Heier, M., Koenig, W., Kastenmüller, G., Waldenberger, M., Peters, A., & Thorand, B. (2015). Vitamin E supplementation is associated with lower levels of C-reactive protein only in higher dosages and combined with other antioxidants: The Cooperative Health Research in the Region of Augsburg (KORA) F4 study. *British Journal of Nutrition*, 113(11), 1782–1791. <https://doi.org/10.1017/S0007114515000902>
- Shenoy, S., Dhawan, M., & Sandhu, J. S. (2017). Effect of chronic supplementation of branched chain amino acids on exercise-induced muscle damage in trained athletes. *Journal of Sports Science*, 5, 265–273. <https://doi.org/10.17265/2332-7839/2017.05.005>
- Shimomura, Y., Inaguma, A., Watanabe, S., Yamamoto, Y., Muramatsu, Y., Bajotto, G., Sato, J., Shimomura, N., Kobayashi, H., & Mawatari, K. (2010). Branched-chain amino acid supplementation before squat exercise and delayed-onset muscle soreness. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 20(3), 236–244. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.20.3.236>
- Siahkoughian, M., & Esmaeilzadeh, S. (2011). Comparisons of serum C-reactive protein in young soccer players and non-athletes. *Biology of Sport*, 28(4), 255–258.
- Sinha, S. K., Nicholas, S. B., Sung, J. H., Correa, A., Rajavashisth, T. B., Norris, K. C., & Lee, J. E. (2019). Hs-CRP is associated with incident diabetic nephropathy: Findings from the Jackson Heart Study. *Diabetes Care*, 42(11), 2083–2089. <https://doi.org/10.2337/dc18-2563>
- Suharjana, S. (2013). Analisis program kebugaran jasmani pada pusat-pusat kebugaran jasmani di Yogyakarta. *Medikora*, XI(2), 135–149.
- William, M. (2010). *Body weight and composition for health and sport*. In: *Nutrition for Health, Fitness, and Sport*. 9th editio. Graw-Hill.
- Williams, K., Carrasquilla, G. D., Ingerslev, L. R., Hochreuter, M. Y., Hansson, S., Pilon, N. J., Donkin, I., Versteyhe, S., Zierath, J. R., Kilpeläinen, T. O., & Barrès, R. (2021). Epigenetic rewiring of skeletal muscle enhancers after exercise training supports a role in whole-body function and human health. *Molecular Metabolism*, 53, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.molmet.2021.101290>
- Wolfe, R. R. (2017). Branched-chain amino acids and muscle protein synthesis in humans: Myth or reality? *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0184-9>