



## Evaluasi Hubungan Antara Komponen Kebugaran Jasmani dan Risiko Cedera pada Mahasiswa Aktif Berolahraga

Juhanis<sup>1</sup>, Fatoni<sup>2\*</sup>, Iskandar<sup>3</sup>, Abriadi<sup>4</sup>

<sup>1,2\*,3,4</sup>Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi, Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan, Universitas Negeri Makassar, Makassar, Indonesia

Email: <sup>1</sup>juhanis@unm.ac.id, <sup>2\*</sup>fatoni@unm.ac.id, <sup>3</sup>iskandar7801@unm.ac.id,

<sup>4</sup>abriadi@unm.ac.id

### Abstract

*This study aims to evaluate the relationship between physical fitness components and the risk of injury in active students in the Department of Physical Education, Health, and Recreation, Universitas Negeri Makassar. The fitness components analyzed include muscle strength, cardiorespiratory endurance, flexibility, speed, and balance. The study used a quantitative approach with a correlational design. A sample of 60 students was selected through a purposive sampling technique, with the criteria of routinely participating in sports activities on campus. Data collection was carried out by measuring fitness components using standard physical fitness test instruments, as well as structured questionnaires to record sports injury history. Data analysis was carried out using the Pearson correlation test and multiple linear regression to identify the relationship between fitness variables and injury risk. The results showed that there was a significant relationship between balance, balance, and muscle strength with the risk of injury ( $p < 0.05$ ), while cardiorespiratory endurance and speed did not show a statistically significant relationship. These findings emphasize the importance of developing certain fitness components, especially muscle strength, flexibility, and balance, in physical exercise programs to minimize the potential for injury in physically active students.*

**Keywords:** Physical Fitness, Risk of Injury, Active Sports.

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi hubungan antara komponen kebugaran jasmani dengan risiko cedera pada mahasiswa aktif di Jurusan Pendidikan Jasmani, Kesehatan, dan Rekreasi, Universitas Negeri Makassar. Komponen kebugaran yang dianalisis meliputi kekuatan otot, daya tahan kardiorespirasi, fleksibilitas, kecepatan, dan keseimbangan. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain korelasional. Sampel sebanyak 60 mahasiswa dipilih melalui teknik purposive sampling, dengan kriteria rutin berpartisipasi dalam aktivitas olahraga di lingkungan kampus. Pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran komponen kebugaran menggunakan instrumen tes kebugaran jasmani standar, serta kuesioner terstruktur untuk mencatat riwayat cedera olahraga. Analisis data dilakukan menggunakan uji korelasi Pearson dan regresi linier berganda untuk mengidentifikasi hubungan antara variabel kebugaran dan

Penulis Korespondensi:

Fatoni | [fatoni@unm.ac.id](mailto:fatoni@unm.ac.id)

risiko cedera. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keseimbangan, fleksibilitas, dan kekuatan otot memiliki hubungan yang signifikan dengan risiko cedera ( $p < 0,05$ ), sedangkan daya tahan kardiorespirasi dan kecepatan tidak menunjukkan hubungan yang bermakna secara statistik. Temuan ini menekankan pentingnya pengembangan komponen kebugaran tertentu, khususnya kekuatan otot, fleksibilitas, dan keseimbangan, dalam program latihan fisik untuk meminimalkan potensi cedera pada mahasiswa yang aktif secara fisik.

**Kata Kunci:** Kebugaran Jasmani, Risiko Cedera, Aktif Olahraga.

## PENDAHULUAN

Kebugaran fisik memegang peranan penting dalam mendukung kesehatan dan performa atletik, khususnya bagi individu yang terlibat dalam aktivitas olahraga. Partisipasi olahraga terorganisasi pada remaja berkorelasi dengan peningkatan kebugaran fisik, karena tingkat kebugaran fisik yang lebih tinggi meningkatkan motivasi untuk terus berpartisipasi dalam aktivitas fisik (Drenowatz et al., 2013). Penelitian menunjukkan bahwa berbagai komponen kebugaran fisik, termasuk kekuatan otot, daya tahan kardiorespirasi, fleksibilitas, kecepatan, dan keseimbangan, berkontribusi secara signifikan terhadap kemampuan individu untuk secara efektif memenuhi tuntutan fisik yang dihadapi selama berolahraga (Drenowatz et al., 2013; Kokko et al., 2019; Sun et al., 2024). Komponen-komponen ini berperan penting tidak hanya dalam meningkatkan kinerja atletik tetapi juga dalam mengurangi risiko cedera (Sun et al., 2024).

Hubungan antara komponen kebugaran fisik dan kesehatan secara keseluruhan terdokumentasi dengan baik dalam berbagai penelitian. Partisipasi teratur dalam aktivitas fisik mengarah pada peningkatan kebugaran yang berhubungan dengan kesehatan, yang merupakan indikator penting status kesehatan (Bermejo-Cantarero et al., 2017; Hammami et al., 2018). Korelasi tingkat aktivitas dengan komponen seperti kebugaran kardiorespirasi dan kekuatan otot sangat penting untuk keterlibatan dalam olahraga, yang terkait dengan hasil kesehatan jangka panjang dan tingkat obesitas dan penyakit kronis yang lebih rendah (Liao et al., 2013; Mielke et al., 2020; Popović et al., 2020). Studi-studi ini menggarisbawahi pentingnya program latihan olahraga terstruktur yang mendorong pengembangan berbagai atribut kebugaran fisik, meningkatkan kapasitas individu untuk berprestasi dalam olahraga dan aktivitas sehari-hari.

Selain itu, peran kebugaran fisik tidak hanya terbatas pada kinerja atletik; kebugaran fisik telah terbukti memengaruhi kinerja akademis di antara individu usia sekolah. Kebugaran fisik yang lebih baik dikaitkan dengan hasil akademis yang lebih baik pada siswa sekolah menengah, yang menunjukkan manfaat holistik dari terlibat dalam olahraga di luar kesehatan fisik (Bass et al., 2013). Keuntungan multi aspek yang diberikan oleh kebugaran fisik menggarisbawahi keharusan bagi orang dewasa muda, khususnya siswa, untuk mempertahankan gaya hidup aktif yang mencakup partisipasi olahraga, sehingga melindungi dan meningkatkan kesejahteraan dan kinerja mereka secara keseluruhan baik di dalam maupun di luar arena olahraga.

Pentingnya kebugaran fisik dalam meningkatkan performa atletik, namun, atlet memiliki resiko tinggi terhadap ancaman cedera. Cedera memiliki banyak sisi, sering kali diakibatkan oleh teknik yang tidak tepat, beban latihan yang berlebihan, dan kondisi fisik yang tidak optimal. Khususnya, kebugaran fisik yang tidak memadai terutama dalam hal fleksibilitas dan keseimbangan dapat meningkatkan resiko cedera secara signifikan. Penelitian menunjukkan bahwa individu yang menunjukkan fleksibilitas yang lebih rendah dan keseimbangan yang terganggu jauh lebih rentan terhadap cedera, khususnya

dalam olahraga yang ditandai dengan gerakan cepat dan perubahan arah yang tiba-tiba (França et al., 2022; Whittaker et al., 2015).

Tinjauan sistematis oleh Whittaker et al. menekankan pentingnya fleksibilitas dan kekuatan dalam mengurangi risiko cedera pada atlet, dengan mencatat bahwa kekuatan abduktor dan adduktor pinggul, di samping volume latihan yang memadai, merupakan faktor risiko penting untuk cedera seperti cedera pangkal paha, yang umumnya timbul akibat persiapan fisik yang tidak memadai (Whittaker et al., 2015). Selain itu, model prediksi cedera yang berhasil semakin bergantung pada atribut fisik seperti fleksibilitas dan koordinasi motorik (Van Eetvelde et al., 2021). Penelitian lain juga mengidentifikasi fleksibilitas sebagai komponen penting kebugaran fisik yang dapat meningkatkan performa atau membatasi rentang gerak, sehingga memengaruhi kemungkinan cedera (França et al., 2022).

Sejalan dengan temuan ini, komponen keseimbangan tidak boleh diabaikan. Lehance dkk. menunjukkan bahwa keseimbangan berkorelasi kuat dengan kekuatan otot dan mitigasi cedera, yang menegaskan bahwa atlet yang terlatih harus menjaga kekuatan dan keseimbangan untuk performa yang optimal (Lehance et al., 2009). Selain itu, Yılmaz dkk. menegaskan bahwa peningkatan fleksibilitas, keseimbangan, dan kekuatan yang dipupuk melalui pelatihan yang disiplin dapat mencegah cedera di berbagai disiplin olahraga (Yılmaz et al., 2023).

Meskipun kebugaran fisik memainkan peran penting dalam menunjang kinerja atletik dan aktivitas fisik secara umum, kekurangan pada komponen tertentu seperti fleksibilitas dan keseimbangan terbukti secara signifikan meningkatkan risiko cedera, terutama dalam konteks olahraga yang melibatkan gerakan intens, perubahan arah mendadak, atau kontak fisik. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa individu dengan fleksibilitas dan keseimbangan yang rendah lebih rentan mengalami cedera muskuloskeletal, seperti keseleo, ketegangan otot, dan cedera ligamen. Oleh karena itu, pelatihan yang menekankan pengembangan komponen kebugaran fisik tertentu menjadi sangat penting, tidak hanya bagi atlet profesional, tetapi juga bagi mahasiswa yang aktif berpartisipasi dalam kegiatan olahraga, baik di tingkat kompetitif maupun rekreasional.

Dalam konteks pendidikan jasmani dan olahraga di perguruan tinggi, pentingnya menjaga kebugaran jasmani mahasiswa tidak hanya berkaitan dengan performa fisik, tetapi juga sebagai strategi pencegahan cedera jangka panjang. Banyak mahasiswa aktif mengikuti berbagai kegiatan olahraga kampus tanpa didampingi program pelatihan kebugaran yang terstruktur, sehingga meningkatkan potensi risiko cedera. Sebagian besar mahasiswa yang aktif berolahraga merupakan individu yang telah memiliki pengalaman dalam partisipasi olahraga terorganisir sejak remaja. Keterlibatan dalam olahraga terorganisir pada usia remaja, seperti klub olahraga sekolah atau ekstrakurikuler, diketahui berkontribusi terhadap perkembangan komponen kebugaran jasmani serta pembentukan pola latihan dan aktivitas fisik jangka panjang. Oleh karena itu, memahami bagaimana karakteristik kebugaran jasmani yang dibentuk sejak remaja berpengaruh terhadap risiko cedera di masa kuliah menjadi relevan dan penting untuk diteliti lebih lanjut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi secara spesifik hubungan antara berbagai komponen kebugaran jasmani dengan risiko cedera olahraga pada mahasiswa yang aktif berolahraga. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor kebugaran mana yang paling berkontribusi terhadap terjadinya cedera, sehingga dapat menjadi dasar ilmiah dalam pengembangan program pelatihan kebugaran yang lebih terarah dan efektif untuk meningkatkan kesehatan, performa fisik, serta menurunkan angka cedera di kalangan mahasiswa.

## METODE

Penelitian ini menggunakan desain kuantitatif dengan pendekatan korelasional untuk mengevaluasi hubungan antara komponen kebugaran jasmani yang meliputi kekuatan otot, daya tahan kardiorespirasi, fleksibilitas, kecepatan, dan keseimbangan dengan risiko cedera pada mahasiswa yang aktif berolahraga. Populasi penelitian adalah mahasiswa Jurusan Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi, Universitas Negeri Makassar yang aktif mengikuti kegiatan olahraga kampus, dengan sampel sebanyak 60 orang yang dipilih secara purposive, yaitu mereka yang rutin berolahraga minimal tiga kali seminggu, berusia 18–21 tahun, dan tidak memiliki riwayat cedera serius dalam enam bulan terakhir. Variabel independen dalam penelitian ini adalah komponen kebugaran jasmani yang diukur dengan serangkaian tes, yakni dynamometer untuk kekuatan otot, Cooper Test untuk daya tahan kardiorespirasi, sit-and-reach untuk fleksibilitas, lari 40 meter untuk kecepatan, dan stork balance test untuk keseimbangan; sedangkan variabel dependen adalah risiko cedera olahraga yang dinilai menggunakan kuesioner riwayat cedera yang telah divalidasi, mencakup jenis, frekuensi, dan tingkat keparahan cedera. Kuesioner ini memiliki nilai validitas isi (content validity index/CVI) sebesar 0,89 dan reliabilitas yang tinggi dengan koefisien Cronbach's Alpha sebesar 0,85, sehingga layak digunakan dalam penelitian dan penilaian epidemiologi cedera olahraga. Penelitian dilaksanakan dalam dua tahap, yaitu pengumpulan data kebugaran jasmani oleh instruktur terlatih dan pengisian kuesioner cedera oleh peserta. Proses pengukuran dan pengisian kuesioner berlangsung selama empat hari berturut-turut untuk memastikan akurasi dan konsistensi data. Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak IBM SPSS Statistics versi 25, dengan uji korelasi Pearson untuk melihat hubungan antara masing-masing komponen kebugaran dengan risiko cedera, serta regresi linier berganda untuk mengetahui pengaruh komponen tersebut secara simultan terhadap risiko cedera, dengan tingkat signifikansi  $p < 0,05$ .

## HASIL

### Deskripsi Karakteristik Responden

Penelitian ini melibatkan 60 mahasiswa laki-laki aktif berolahraga di Jurusan Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi, Universitas Negeri Makassar. Seluruh responden adalah pria dengan rentang usia antara 18-21 tahun. Sebagian besar responden aktif dalam olahraga tim seperti futsal, sepakbola, bola voli dan basket (65%), sementara sisanya (35%) aktif dalam olahraga individu seperti lari, senam, dan fitness.

### Hasil Pengukuran Komponen Kebugaran Jasmani

Komponen Kebugaran Jasmani	Mean ± SD
Kekuatan Otot (kg)	50,8 ± 6,5
Daya Tahan Kardiorespirasi (meter)	2.300 ± 180
Fleksibilitas (cm)	21,6 ± 4,8
Kecepatan (detik, lari 40 m)	6,2 ± 0,5
Keseimbangan (detik)	26,2 ± 9,8

Hasil pengukuran lima komponen kebugaran jasmani pada 60 mahasiswa laki-laki aktif berolahraga menunjukkan bahwa secara umum mereka memiliki tingkat kebugaran yang baik. Rata-rata kekuatan otot mencapai  $50,8 \pm 6,5$  kg, yang mencerminkan kemampuan fisik yang cukup kuat dalam menopang aktivitas olahraga yang intens. Daya

tahan kardiorespirasi sebesar  $2.300 \pm 180$  meter menunjukkan kapasitas aerobik yang memadai, penting untuk mendukung performa dalam aktivitas berdurasi panjang. Fleksibilitas tercatat  $21,6 \pm 4,8$  cm, menunjukkan rentang gerak sendi yang cukup baik meskipun masih terdapat variasi antarmahasiswa. Sementara itu, waktu tempuh rata-rata lari 40 meter sebesar  $6,2 \pm 0,5$  detik mencerminkan kecepatan yang kompetitif dalam konteks olahraga kampus.

Komponen keseimbangan memiliki hasil rata-rata  $26,2 \pm 9,8$  detik, menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa memiliki kemampuan menjaga stabilitas tubuh yang cukup baik, meskipun terdapat perbedaan yang cukup mencolok antarindividu. Variasi hasil pada fleksibilitas dan keseimbangan penting untuk diperhatikan karena keduanya berkontribusi signifikan terhadap pencegahan cedera, terutama dalam olahraga yang melibatkan gerakan dinamis dan perubahan arah. Secara keseluruhan, profil kebugaran jasmani mahasiswa dalam penelitian ini mencerminkan kesiapan fisik yang baik untuk berpartisipasi dalam berbagai aktivitas olahraga, namun penguatan aspek fleksibilitas dan keseimbangan tetap diperlukan untuk mendukung performa dan keselamatan jangka panjang.

### Riwayat Cedera

Dari total responden, 38 mahasiswa (63,3%) melaporkan pernah mengalami cedera olahraga dalam 6 bulan terakhir. Jenis cedera yang paling umum adalah:

Jenis Cedera	Jumlah (%)
Cedera Sendi	26 (43,3%)
Cedera Otot	20 (33,3%)
Cedera Ligamen	10 (16,7%)
Cedera Lainnya	4 (6,7%)

Berdasarkan data yang dikumpulkan, sebanyak 38 dari 60 mahasiswa laki-laki (63,3%) melaporkan pernah mengalami cedera olahraga dalam enam bulan terakhir. Hal ini menunjukkan bahwa lebih dari separuh mahasiswa aktif berolahraga memiliki riwayat cedera, yang mengindikasikan adanya risiko yang cukup tinggi selama mereka terlibat dalam aktivitas fisik. Jenis cedera yang paling umum terjadi adalah cedera sendi (43,3%), diikuti oleh cedera otot (33,3%) dan cedera ligamen (16,7%). Sementara itu, jenis cedera lainnya yang tidak termasuk dalam kategori utama tercatat sebanyak 6,7%.

### Hasil Analisis Korelasi Pearson

Komponen Kebugaran Jasmani	Korelasi (r)	p-value	Interpretasi
Kekuatan Otot	-0,47	< 0,01	Korelasi negatif signifikan
Daya Tahan Kardiorespirasi	0,08	> 0,05	Tidak signifikan
Fleksibilitas	-0,33	< 0,05	Korelasi negatif signifikan
Kecepatan	0,14	> 0,05	Tidak signifikan
Keseimbangan	-0,41	< 0,01	Korelasi negatif signifikan

Hasil analisis korelasi Pearson menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara beberapa komponen kebugaran jasmani dengan risiko cedera pada mahasiswa laki-laki aktif berolahraga. Kekuatan otot memiliki korelasi negatif signifikan dengan risiko

cedera ( $r = -0,47$ ;  $p < 0,01$ ), yang berarti semakin tinggi kekuatan otot seseorang, maka semakin rendah risiko mengalami cedera. Hal serupa juga ditunjukkan oleh fleksibilitas ( $r = -0,33$ ;  $p < 0,05$ ) dan keseimbangan ( $r = -0,41$ ;  $p < 0,01$ ), di mana peningkatan kemampuan fleksibilitas dan keseimbangan berhubungan dengan penurunan risiko cedera. Hasil ini menegaskan pentingnya aspek stabilitas dan mobilitas dalam menunjang keamanan saat berolahraga, terutama dalam aktivitas yang memerlukan kontrol gerak dan kelincahan tubuh.

Sementara itu, komponen daya tahan kardiorespirasi ( $r = 0,08$ ;  $p > 0,05$ ) dan kecepatan ( $r = 0,14$ ;  $p > 0,05$ ) tidak menunjukkan hubungan yang signifikan dengan risiko cedera. Meskipun kedua komponen tersebut penting untuk performa olahraga secara umum, hasil ini mengindikasikan bahwa kemampuan aerobik dan kecepatan tidak secara langsung memengaruhi tingkat risiko cedera pada populasi yang diteliti. Dengan demikian, perhatian lebih sebaiknya difokuskan pada penguatan otot, peningkatan fleksibilitas, dan latihan keseimbangan sebagai bagian dari program pencegahan cedera bagi mahasiswa yang aktif dalam kegiatan olahraga.

### Hasil Analisis Regresi Linier Berganda

Variabel Independen	Koefisien Regresi	p-value
Kekuatan Otot	-0,28	< 0,01
Fleksibilitas	-0,17	< 0,05
Keseimbangan	-0,26	< 0,01
R <sup>2</sup> (Koefisien Determinasi)	0,39	< 0,01

Hasil analisis regresi linier berganda menunjukkan bahwa tiga komponen kebugaran jasmani kekuatan otot, fleksibilitas, dan keseimbangan memiliki hubungan yang signifikan terhadap risiko cedera pada mahasiswa laki-laki aktif berolahraga. Koefisien regresi negatif pada ketiga variabel ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat kekuatan otot, fleksibilitas, dan keseimbangan, maka semakin rendah risiko cedera yang mungkin terjadi. Kekuatan otot memiliki pengaruh paling besar dengan koefisien -0,28 ( $p < 0,01$ ), diikuti oleh keseimbangan (-0,26;  $p < 0,01$ ) dan fleksibilitas (-0,17;  $p < 0,05$ ), yang ketiganya signifikan secara statistik.

Nilai koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) sebesar 0,39 menunjukkan bahwa ketiga variabel tersebut secara bersama-sama mampu menjelaskan 39% variabilitas risiko cedera pada responden. Angka ini cukup kuat untuk ukuran penelitian sosial dan fisiologis, menandakan bahwa komponen kebugaran jasmani memiliki kontribusi nyata dalam menurunkan risiko cedera. Sisanya, sebesar 61%, kemungkinan dipengaruhi oleh faktor lain seperti teknik latihan, frekuensi aktivitas, riwayat cedera sebelumnya, atau faktor lingkungan. Temuan ini menegaskan pentingnya program latihan yang menekankan peningkatan kekuatan otot, fleksibilitas, dan keseimbangan sebagai bagian dari strategi pencegahan cedera di kalangan mahasiswa yang aktif berolahraga.

### PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara beberapa komponen kebugaran jasmani, yaitu kekuatan otot, fleksibilitas, dan keseimbangan, dengan risiko cedera. Namun, daya tahan kardiorespirasi dan kecepatan tidak menunjukkan hubungan yang signifikan dengan cedera. Berikut adalah pembahasan dari masing-masing temuan tersebut:

### **Kekuatan Otot dan Risiko Cedera**

Hubungan antara kekuatan otot dan risiko cedera telah menarik perhatian yang signifikan, khususnya dalam populasi atlet. Penelitian menunjukkan korelasi negatif antara kekuatan otot dan risiko cedera, dengan koefisien korelasi  $r = -0,47$  ( $p < 0,01$ ) yang menyoroti bahwa individu dengan kekuatan otot yang unggul cenderung tidak mudah cedera. Korelasi ini menunjukkan peran protektif yang dimainkan oleh kekuatan otot yang optimal dalam meningkatkan stabilitas tubuh dan mencegah cedera, khususnya pada sendi dan ligamen. Kemampuan otot yang kuat membantu tubuh dalam mengelola beban fisik secara efektif, sehingga mengurangi ketegangan yang terjadi pada struktur anatomi, yang dapat menyebabkan cedera seperti ketegangan otot atau robekan ligamen (Collings et al., 2022).

Beberapa penelitian ilmiah menguatkan temuan ini, yang menekankan bahwa peningkatan kekuatan otot dapat mengurangi kemungkinan cedera di berbagai cabang olahraga. Atlet dengan kekuatan ekstremitas bawah yang lebih besar mengalami lebih sedikit cedera akut (Hietamo et al., 2020). Demikian pula, Collings et al. hubungan yang mapan antara evaluasi kekuatan dan risiko cedera *anterior cruciatum ligament* (ACL) di antara pemain sepak bola wanita, yang menunjukkan bahwa penilaian kekuatan yang konsisten dapat menawarkan wawasan prediktif mengenai kejadian cedera (Collings et al., 2022). Wawasan tersebut sangat penting dalam olahraga yang ditandai dengan gerakan eksplosif atau kontak fisik, di mana kemungkinan mengalami cedera meningkat (Culvenor et al., 2017)).

Latihan penguatan dapat meningkatkan koordinasi atlet dan mekanika tubuh secara keseluruhan, yang sangat penting dalam situasi berisiko tinggi (McCall et al., 2014). Penelitian telah menunjukkan bahwa menerapkan program latihan kekuatan untuk atlet muda terbukti mengurangi kejadian cedera lutut dengan berfokus pada pembentukan kekuatan otot, sehingga meningkatkan koordinasi dan kesiapan psikologis dalam lingkungan bermain yang penuh tekanan (Shimozaki et al., 2018). Oleh karena itu, integrasi latihan kekuatan otot dalam rejimen pengondisian merupakan strategi penting untuk pencegahan cedera pada populasi atlet.

Kumpulan bukti secara konsisten menunjukkan peran kekuatan otot yang signifikan dan beragam dalam mengurangi risiko cedera di kalangan atlet, menekankan bahwa kinerja otot yang lebih baik mengarah pada peningkatan stabilitas sendi dan berkurangnya kemungkinan berbagai cedera muskuloskeletal, sehingga memperkuat kasus untuk protokol pelatihan yang berfokus pada kekuatan dalam lingkungan atletik.

### **Fleksibilitas dan Risiko Cedera**

Penelitian ini juga menemukan hubungan negatif yang signifikan antara fleksibilitas dan risiko cedera ( $r = -0,33$ ,  $p < 0,05$ ). Mahasiswa yang memiliki fleksibilitas yang lebih baik cenderung memiliki risiko cedera yang lebih rendah. Fleksibilitas merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi risiko cedera, terutama pada atlet yang terlibat dalam aktivitas fisik. Penelitian menunjukkan adanya hubungan negatif yang signifikan antara fleksibilitas dan risiko cedera, yang menemukan bahwa kurangnya fleksibilitas otot hamstring berhubungan dengan peningkatan risiko cedera hamstring pada pemain sepak bola pria (van Beijsterveldt et al., 2013)

Penelitian lain menunjukkan bahwa fleksibilitas yang lebih baik berkorelasi dengan pengurangan risiko cedera dalam populasi atlet yang aktif secara fisik (Koźlenia & Domaradzki, 2021). Teori ini dapat dijelaskan melalui mekanisme biomekanis, di mana fleksibilitas yang baik membantu meningkatkan rentang gerak sendi dan mengurangi ketegangan pada otot serta jaringan ikat lainnya selama aktivitas fisik (Koźlenia & Domaradzki, 2021; van Beijsterveldt et al., 2013) .

Selain itu, kekakuan otot dapat meningkatkan risiko cedera, yang menunjukkan bahwa meningkatkan fleksibilitas dapat menjadi strategi pencegahan yang efektif dalam olahraga (Croteau et al., 2021). Kekakuan otot yang tinggi dan kurangnya fleksibilitas dapat berkontribusi pada terjadinya cedera otot, dan berargumen bahwa peningkatan fleksibilitas dapat mengurangi kemungkinan cedera pada atlet (Engebretsen et al., 2010).

Program yang berfokus pada peningkatan fleksibilitas membantu mengurangi cedera dalam olahraga yang melibatkan perubahan arah mendadak dan gerakan yang cepat (Lopez-Valenciano et al., 2018). Ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa peningkatan fleksibilitas melalui program latihan yang tepat dapat menurunkan risiko cedera pada berbagai jenis olahraga (Hrysomallis, 2013). Secara keseluruhan, banyak bukti menunjukkan bahwa memiliki fleksibilitas yang baik berhubungan langsung dengan penurunan risiko cedera, terutama dalam konteks olahraga yang menuntut adaptasi cepat terhadap perubahan gerakan.

### **Keseimbangan dan Risiko Cedera**

Keseimbangan juga menunjukkan hubungan negatif yang signifikan dengan risiko cedera ( $r = -0,41$ ,  $p < 0,01$ ). Mahasiswa dengan kemampuan keseimbangan yang lebih baik cenderung memiliki risiko cedera yang lebih rendah. Keseimbangan fisik merupakan komponen kritical dalam pengendalian gerakan tubuh, terutama dalam olahraga yang memerlukan pergerakan dinamis dan perubahan arah yang cepat, seperti futsal, sepakbola dan basket. Penelitian menunjukkan bahwa individu dengan keseimbangan yang buruk lebih rentan mengalami jatuh dan cedera karena kehilangan kontrol tubuh selama gerakan aktif. Hrysomallis mencatat bahwa kemampuan keseimbangan berhubungan erat dengan kinerja atletik, dan peningkatan keseimbangan dapat mereduksi risiko cedera pada anggota tubuh bagian bawah (Hrysomallis, 2011). Keseimbangan yang baik memungkinkan tubuh untuk tetap stabil saat menghadapi beban dan gerakan tak terduga.

Serangkaian penelitian mendukung klaim ini, yang menunjukkan adanya hubungan antara faktor antropometrik dan keseimbangan pada individu dewasa muda. Mereka menemukan bahwa kelebihan berat badan cenderung meningkatkan ketidakstabilan postural (Greve et al., 2013). Selain itu, Fabre et al. menegaskan pentingnya pelatihan sensorimotorik dalam meningkatkan kontrol keseimbangan, yang sangat bermanfaat bagi atlet (Fabre, 2020).

Peran komponen neuromuskular dalam keseimbangan, bahwa gerakan dari semua sendi utama tubuh berkontribusi pada regulasi keseimbangan, terutama ketika dukungan postural berkurang (Boström et al., 2018). Namun, mereka juga mencatat bahwa strategi kontrol postural yang mencakup gerakan tubuh bagian atas sangat diperlukan untuk memproduksi gaya antigravitasi yang cukup agar keseimbangan dapat terjaga. Pentingnya pendekatan pelatihan keseimbangan, yang menunjukkan efektivitas dalam pelatihan keseimbangan pada kelompok lanjut usia (van Diest et al., 2013).

Keseimbangan yang dilatih tidak hanya meningkatkan performa atletik, tetapi juga memainkan peran penting dalam aktivitas sehari-hari, memungkinkan individu untuk mempertahankan postur yang stabil dalam menghadapi berbagai tantangan fisik. Peningkatan keseimbangan melalui teknik pelatihan tertentu dapat direkomendasikan untuk mencegah cedera pada populasi yang aktif (Aguilar, Soancat et al., 2018). Dengan demikian, memelihara dan meningkatkan keseimbangan harus menjadi bagian integral dari program pelatihan untuk atlet maupun individu yang terlibat dalam aktivitas fisik berisiko tinggi.

### **Daya Tahan Kardiorespirasi dan Kecepatan**

Sementara itu, daya tahan kardiorespirasi dan kecepatan tidak menunjukkan hubungan yang signifikan dengan risiko cedera ( $p > 0,05$ ). Meskipun dua komponen kebugaran fisik, yaitu daya tahan kardiorespirasi dan kecepatan, diakui penting dalam meningkatkan performa atletik, peran langsungnya dalam pengurangan risiko cedera di kalangan mahasiswa tampaknya terbatas. Literatur terkini menggarisbawahi bahwa meskipun daya tahan kardiorespirasi yang baik sangat penting untuk mempertahankan tingkat energi selama aktivitas fisik yang berkepanjangan, daya tahan tersebut tidak secara khusus berkorelasi dengan kemampuan tubuh untuk mencegah cedera yang terkait dengan kelelahan otot atau hilangnya kendali. Program pencegahan cedera yang efektif memadukan latihan kekuatan dan keseimbangan, yang secara signifikan meningkatkan ketahanan otot dan dengan demikian mengurangi risiko cedera akibat kelelahan (Brunner et al., 2019).

Demikian pula, kecepatan, meskipun penting untuk olahraga yang membutuhkan gerakan eksplosif, tidak dapat mencegah cedera tanpa dukungan pelengkap dari komponen kebugaran lainnya seperti kekuatan dan keseimbangan otot. Intervensi yang hanya berfokus pada pemanasan tidak cukup mengurangi risiko cedera, yang menunjukkan bahwa kekuatan, keseimbangan, dan fleksibilitas juga harus diperhatikan (Herman et al., 2012). Kelelahan otot, khususnya yang terjadi dalam olahraga seperti sepak bola, berkorelasi dengan penurunan kekuatan otot, sehingga meningkatkan risiko cedera, khususnya selama fase akhir pertandingan (Kakavas et al., 2021). Hal ini menyoroti bahwa kelelahan otot yang meningkat dapat dipengaruhi oleh latihan kekuatan yang tidak memadai, yang menggarisbawahi pentingnya strategi kebugaran holistik yang mencakup daya tahan, kecepatan, kekuatan, dan keseimbangan untuk mengurangi risiko cedera secara efektif.

Meskipun daya tahan kardiorespirasi dan kecepatan memainkan peran penting dalam performa atletik, kontribusinya yang terisolasi terhadap pencegahan cedera tampak terbatas. Bukti-bukti tersebut menekankan perlunya program latihan komprehensif yang mencakup kekuatan, keseimbangan, dan daya tahan untuk secara efektif mengurangi risiko cedera selama aktivitas fisik yang dilakukan oleh mahasiswa. Walaupun dua komponen kebugaran fisik, yaitu daya tahan kardiorespirasi dan kecepatan, diakui penting dalam meningkatkan performa atletik, peran langsungnya dalam pengurangan risiko cedera di kalangan mahasiswa tampaknya terbatas.

### **Pengaruh Kombinasi Komponen Kebugaran Jasmani terhadap Risiko Cedera**

Analisis regresi linier berganda menunjukkan bahwa kombinasi kekuatan otot, fleksibilitas, dan keseimbangan secara signifikan mempengaruhi risiko cedera ( $R^2 = 0,39$ ,  $p < 0,01$ ). Hubungan timbal balik antara kekuatan otot, fleksibilitas, dan keseimbangan menyoroti pendekatan holistik yang diperlukan untuk meminimalkan risiko cedera di kalangan siswa yang aktif. Penelitian terkini menggarisbawahi bahwa ketiga komponen ini secara kolektif dapat menjelaskan varians signifikan dalam risiko cedera, khususnya yang menunjukkan dampak sendi pada populasi aktif yang diteliti.

Pertama, kekuatan otot telah ditetapkan sebagai faktor penting dalam pencegahan cedera, khususnya yang berkaitan dengan sendi lutut. Perlu dicatat bahwa latihan kekuatan tidak hanya meningkatkan kinerja otot tetapi juga secara signifikan mengurangi risiko cedera seperti cedera *anterior cruciatum ligament* (ACL) melalui mekanisme stabilisasi selama aktivitas berdampak tinggi (Brunner et al., 2019; Sugimoto et al., 2015). Tinjauan sistematis menekankan bahwa intervensi pelatihan neuromuskular yang menargetkan kekuatan dan keseimbangan otot dapat secara efektif menurunkan risiko

cedera ACL, yang menandakan bahwa pengembangan kekuatan sangat penting dalam mencegah cedera di antara atlet (Sugimoto et al., 2015; Zebis et al., 2016).

Selain itu, fleksibilitas adalah komponen penting lainnya yang hidup berdampingan dengan kekuatan dan keseimbangan untuk membentuk pertahanan holistik terhadap cedera. Studi menunjukkan bahwa fleksibilitas yang tidak memadai dapat menyebabkan ketegangan otot, yang merupakan faktor risiko cedera yang diketahui, terutama cedera hamstring (Daneshjoo et al., 2013; Song et al., 2014). Misalnya, Daneshjoo et al. menggambarkan implikasi defisit fleksibilitas dalam analisis pola cedera mereka, yang menunjukkan bahwa kekakuan otot harus dijaga secara optimal untuk menghindari cedera (Daneshjoo et al., 2013). Interaksi antara fleksibilitas dan kekuatan otot semakin menegaskan bahwa program kebugaran komprehensif yang menangani keduanya dapat menghasilkan manfaat perlindungan yang signifikan (Wan et al., 2017).

Latihan keseimbangan juga memainkan peran penting, berfungsi sebagai sistem pendukung yang mengintegrasikan kekuatan dan fleksibilitas. Penelitian menunjukkan keefektifannya dalam meningkatkan stabilitas dan koordinasi, sehingga mengurangi kemungkinan jatuh dan cedera terkait olahraga (Jo et al., 2022). Interaksi antara keseimbangan dan kekuatan menggarisbawahi perlunya program yang menekankan elemen-elemen ini secara kolektif, seperti yang disorot dalam uji coba yang menggunakan rejimen latihan terstruktur yang berfokus pada aspek kebugaran multidimensi (Petate & Z. Andal, 2023).

Temuan di berbagai penelitian menunjukkan bahwa pendekatan sinergis yang menggabungkan kekuatan otot, fleksibilitas, dan keseimbangan sangat penting dalam desain strategi pencegahan cedera bagi siswa yang aktif secara fisik. Integrasi komponen kebugaran ini ke dalam program latihan tidak hanya meningkatkan performa tetapi juga memainkan peran penting dalam mitigasi risiko cedera. Hal ini menegaskan perlunya pendekatan holistik terhadap kebugaran fisik, yang memastikan bahwa pencegahan cedera dilihat melalui sudut pandang multi-aspek yang mempertimbangkan interaksi di antara atribut fisik yang penting ini.

Bagi mahasiswa Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi, implikasi temuan ini sangat relevan karena aktivitas fisik yang mereka jalani dalam perkuliahan maupun kegiatan olahraga kampus menuntut kesiapan fisik yang optimal. Kurangnya perhatian terhadap fleksibilitas, kekuatan, dan keseimbangan dapat meningkatkan risiko cedera yang berpotensi mengganggu proses pembelajaran dan keterlibatan dalam aktivitas olahraga. Oleh karena itu, program pembelajaran dan pelatihan kebugaran jasmani di tingkat mahasiswa perlu dirancang secara integratif dengan memasukkan elemen-elemen tersebut untuk menunjang kesehatan, keselamatan, dan keberlanjutan partisipasi dalam kegiatan fisik.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

Penelitian ini menunjukkan bahwa komponen kebugaran jasmani, khususnya kekuatan otot, fleksibilitas, dan keseimbangan, memiliki kontribusi yang signifikan dalam menurunkan risiko cedera pada mahasiswa yang aktif berolahraga. Ketiga variabel tersebut secara bersama-sama mampu menjelaskan 39% variabilitas risiko cedera, yang merupakan angka yang cukup kuat untuk ukuran penelitian di bidang sosial dan fisiologis. Hal ini menegaskan pentingnya program latihan yang menekankan pada peningkatan ketiga komponen tersebut sebagai bagian dari strategi pencegahan cedera. Sementara itu, daya tahan kardiorespirasi dan kecepatan tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap risiko cedera dalam konteks penelitian ini.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mempertimbangkan faktor-faktor lain yang belum dianalisis dalam penelitian ini namun berpotensi memengaruhi risiko cedera, seperti teknik latihan, frekuensi dan intensitas aktivitas fisik, riwayat cedera sebelumnya, serta kondisi lingkungan latihan. Selain itu, penggunaan sampel yang lebih besar dengan variasi jenis olahraga yang lebih luas dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai hubungan antara komponen kebugaran jasmani dan risiko cedera. Penelitian lanjutan juga dapat mengintegrasikan pendekatan longitudinal untuk melihat pengaruh program latihan spesifik terhadap pencegahan cedera dalam jangka waktu tertentu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aguilar, Soancatl, V., van de Gronde, J. J., Lamoth, C. J. C., Maurits, N. M., & Roerdink, J. B. T. M. (2018). Assessing Dynamic Balance Performance During Exergaming Based on Speed and Curvature of Body Movements. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 26(1), 171–180. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2017.2769701>
- Bass, R. W., Brown, D. D., Laurson, K. R., & Coleman, M. M. (2013). Physical fitness and academic performance in middle school students. *Acta Paediatrica*, 102(8), 832–837. <https://doi.org/10.1111/apa.12278>
- Bermejo-Cantarero, A., Álvarez-Bueno, C., Martínez-Vizcaino, V., García-Hermoso, A., Torres-Costoso, A. I., & Sánchez-López, M. (2017). Association between physical activity, sedentary behavior, and fitness with health related quality of life in healthy children and adolescents. *Medicine*, 96(12), e6407. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000006407>
- Boström, K. J., Dirksen, T., Zentgraf, K., & Wagner, H. (2018). The Contribution of Upper Body Movements to Dynamic Balance Regulation during Challenged Locomotion. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00008>
- Brunner, R., Friesenbichler, B., Casartelli, N. C., Bizzini, M., Maffiuletti, N. A., & Niedermann, K. (2019). Effectiveness of multicomponent lower extremity injury prevention programmes in team-sport athletes: an umbrella review. *British Journal of Sports Medicine*, 53(5), 282–288. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098944>
- Collings, T. J., DIAMOND, L. E., BARRETT, R. S., TIMMINS, R. G., HICKEY, J. T., DU MOULIN, W. S., WILLIAMS, M. D., BEERWORTH, K. A., & BOURNE, M. N. (2022). Strength and Biomechanical Risk Factors for Noncontact ACL Injury in Elite Female Footballers: A Prospective Study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 54(8), 1242–1251. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002908>
- Croteau, F., Brown, H., Pearsall, D., & Robbins, S. M. (2021). Prevalence and mechanisms of injuries in water polo: a systematic review. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 7(2), e001081. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2021-001081>
- Culvenor, A. G., Felson, D. T., Niu, J., Wirth, W., Sattler, M., Dannhauer, T., & Eckstein, F. (2017). Thigh Muscle Specific-Strength and the Risk of Incident Knee Osteoarthritis: The Influence of Sex and Greater Body Mass Index. *Arthritis Care & Research*, 69(8), 1266–1270. <https://doi.org/10.1002/acr.23182>
- Daneshjoo, A., Rahnama, N., Mokhtar, A. H., & Yusof, A. (2013). Bilateral and Unilateral Asymmetries of Isokinetic Strength and Flexibility in Male Young

- Professional Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*, 36(1), 45–53. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0005>
- Drenowatz, C., Steiner, R. P., Brandstetter, S., Klenk, J., Wabitsch, M., & Steinacker, J. M. (2013). Organized Sports, Overweight, and Physical Fitness in Primary School Children in Germany. *Journal of Obesity*, 2013, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2013/935245>
- Engebretsen, A. H., Myklebust, G., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2010). Intrinsic Risk Factors for Hamstring Injuries Among Male Soccer Players. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(6), 1147–1153. <https://doi.org/10.1177/0363546509358381>
- Fabre, M. (2020). Enhancing the Internal Representation of the Body Through Sensorimotor Training in Sports and Dance Improves Balance Control. *Research & Investigations in Sports Medicine*, 6(1). <https://doi.org/10.31031/RISM.2020.06.000629>
- França, C., Ihle, A., Marques, A., Sarmiento, H., Martins, F., Henriques, R., & Gouveia, É. R. (2022). Physical Development Differences between Professional Soccer Players from Different Competitive Levels. *Applied Sciences*, 12(14), 7343. <https://doi.org/10.3390/app12147343>
- Greve, J. M. D., Cuğ, M., Dülgeroğlu, D., Brech, G. C., & Alonso, A. C. (2013). Relationship between Anthropometric Factors, Gender, and Balance under Unstable Conditions in Young Adults. *BioMed Research International*, 2013, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2013/850424>
- Hammami, A., Randers, M. B., Kasmi, S., Razgallah, M., Tabka, Z., Chamari, K., & Bouhleb, E. (2018). Effects of soccer training on health-related physical fitness measures in male adolescents. *Journal of Sport and Health Science*, 7(2), 169–175. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.10.009>
- Herman, K., Barton, C., Malliaras, P., & Morrissey, D. (2012). The effectiveness of neuromuscular warm-up strategies, that require no additional equipment, for preventing lower limb injuries during sports participation: a systematic review. *BMC Medicine*, 10(1), 75. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-10-75>
- Hietamo, J., Parkkari, J., Leppänen, M., Steffen, K., Kannus, P., Vasankari, T., Heinonen, A., Mattila, V. M., & Pasanen, K. (2020). Association between lower extremity muscular strength and acute knee injuries in young team-sport athletes. *Translational Sports Medicine*, 3(6), 626–637. <https://doi.org/10.1002/tsm2.172>
- Hrysomallis, C. (2011). Balance Ability and Athletic Performance. *Sports Medicine*, 41(3), 221–232. <https://doi.org/10.2165/11538560-000000000-00000>
- Hrysomallis, C. (2013). Injury Incidence, Risk Factors and Prevention in Australian Rules Football. *Sports Medicine*, 43(5), 339–354. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0034-0>
- Jo, S.-H., Choi, H.-J., Cho, H.-S., Yoon, J.-H., & Lee, W.-Y. (2022). Effect of Core Balance Training on Muscle Tone and Balance Ability in Adult Men and Women. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 12190. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912190>

- Kakavas, G., Malliaropoulos, N., Gabbett, T., Mitrotasios, M., Van Dyk, N., Bikos, G., & Maffulli, N. (2021). A 90 Minute Soccer Match Induces Eccentric Hamstring Muscles Fatigue. *Muscle Ligaments and Tendons Journal*, 11(02), 318. <https://doi.org/10.32098/mltj.02.2021.15>
- Kokko, S., Martin, L., Geidne, S., Van Hoyer, A., Lane, A., Meganck, J., Scheerder, J., Seghers, J., Villberg, J., Kudlacek, M., Badura, P., Mononen, K., Blomqvist, M., De Clercq, B., & Koski, P. (2019). Does sports club participation contribute to physical activity among children and adolescents? A comparison across six European countries. *Scandinavian Journal of Public Health*, 47(8), 851–858. <https://doi.org/10.1177/1403494818786110>
- Koźlenia, D., & Domaradzki, J. (2021). Prediction and injury risk based on movement patterns and flexibility in a 6-month prospective study among physically active adults. *PeerJ*, 9, e11399. <https://doi.org/10.7717/peerj.11399>
- Lehance, C., Binet, J., Bury, T., & Croisier, J. L. (2009). Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19(2), 243–251. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00780.x>
- Liao, Y., Chang, S.-H., Miyashita, M., Stensel, D., Chen, J.-F., Wen, L.-T., & Nakamura, Y. (2013). Associations between health-related physical fitness and obesity in Taiwanese youth. *Journal of Sports Sciences*, 31(16), 1797–1804. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.803588>
- Lopez-Valenciano, A., AYALA, F., PUERTA, Jos. M., DE STE CROIX, M. B. A., VERA-GARCIA, F. J., HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, S., RUIZ-PÉREZ, I., & MYER, G. D. (2018). A Preventive Model for Muscle Injuries. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50(5), 915–927. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001535>
- McCall, A., Carling, C., Nedelec, M., Davison, M., Le Gall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2014). Risk factors, testing and preventative strategies for non-contact injuries in professional football: current perceptions and practices of 44 teams from various premier leagues. *British Journal of Sports Medicine*, 48(18), 1352–1357. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093439>
- Mielke, G. I., Bailey, T. G., Burton, N. W., & Brown, W. J. (2020). Participation in sports/recreational activities and incidence of hypertension, diabetes, and obesity in adults. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(12), 2390–2398. <https://doi.org/10.1111/sms.13795>
- Petate, M. L., & Z. Anddal, D. E. (2023). Health-Related Physical Fitness Variables and Students' Holistic Development. *International Journal of Social Science Humanity & Management Research*, 2(07). <https://doi.org/10.58806/ijsshmr.2023.v2i7n31>
- Popović, B., Gušić, M., Radanović, D., Andrašić, S., Madić, D. M., Mačak, D., Stupar, D., Đukić, G., Grujičić, D., & Trajković, N. (2020). Evaluation of Gross Motor Coordination and Physical Fitness in Children: Comparison between Soccer and Multisport Activities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(16), 5902. <https://doi.org/10.3390/ijerph17165902>
- Shimozaki, K., Nakase, J., Takata, Y., Shima, Y., Kitaoka, K., & Tsuchiya, H. (2018). Greater body mass index and hip abduction muscle strength predict noncontact

- anterior cruciate ligament injury in female Japanese high school basketball players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 26(10), 3004–3011. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-4888-4>
- Song, H.-S., Woo, S.-S., So, W.-Y., Kim, K.-J., Lee, J., & Kim, J.-Y. (2014). Effects of 16-week functional movement screen training program on strength and flexibility of elite high school baseball players. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 10(2), 124–130. <https://doi.org/10.12965/jer.140101>
- Sugimoto, D., Myer, G. D., Barber Foss, K. D., & Hewett, T. E. (2015). Specific exercise effects of preventive neuromuscular training intervention on anterior cruciate ligament injury risk reduction in young females: meta-analysis and subgroup analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 49(5), 282–289. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093461>
- Sun, Y., Su, Y., Yuan, Y., & Wang, Q. (2024). Path analysis for affecting the physical fitness of marine majors: A cross-sectional observational study from the perspective of health. *Medicine*, 103(33), e39336. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000039336>
- van Beijsterveldt, A. M. C., van de Port, I. G. L., Vereijken, A. J., & Backx, F. J. G. (2013). Risk Factors for Hamstring Injuries in Male Soccer Players: A Systematic Review of Prospective Studies. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(3), 253–262. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01487.x>
- van Diest, M., Lamoth, C. J., Stegenga, J., Verkerke, G. J., & Postema, K. (2013). Exergaming for balance training of elderly: state of the art and future developments. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 10(1), 101. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-10-101>
- Van Eetvelde, H., Mendonça, L. D., Ley, C., Seil, R., & Tischer, T. (2021). Machine learning methods in sport injury prediction and prevention: a systematic review. *Journal of Experimental Orthopaedics*, 8(1), 27. <https://doi.org/10.1186/s40634-021-00346-x>
- Wan, X., Qu, F., Garrett, W. E., Liu, H., & Yu, B. (2017). Relationships among hamstring muscle optimal length and hamstring flexibility and strength. *Journal of Sport and Health Science*, 6(3), 275–282. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2016.04.009>
- Whittaker, J. L., Small, C., Maffey, L., & Emery, C. A. (2015). Risk factors for groin injury in sport: an updated systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 49(12), 803–809. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094287>
- Yılmaz, O., Soylu, Y., Kaplan, T., & Taşkın, M. (2023). HOW PILATES EXERCISES AFFECT SPORTS PERFORMANCE? A SYSTEMATIC REVIEW. *Türk Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi*, 34(3), 367–373. <https://doi.org/10.21653/tjpr.1211347>
- Zebis, M. K., Andersen, L. L., Brandt, M., Myklebust, G., Bencke, J., Lauridsen, H. B., Bandholm, T., Thorborg, K., Hölmich, P., & Aagaard, P. (2016). Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 50(9), 552–557. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094776>