

EFEK PERTAHANAN TUBUH : INFLAMASI SETELAH LATIHAN

Body Defence Effect : Inflammation After Exercise

Muhammad Yusrin Al Gifari^{1*}, Yanasta Yudo Pratama²

¹Program Studi Fisioterapi, Politeknik Unggulan Kalimantan

²Magister Ilmu Biomedik, Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat, dan Keperawatan,
Universitas Gadjah Mada

*Email: algiphysio@gmail.com

ABSTRACT

The immune system is the body's defense effort to prevent and eliminate pathogens. Inflammation is a form of the body's response to the damage that occurs. Acute and chronic effects of exercise on the immune system. Moderate-intensity exercise enhances immune function responses, strengthens anti-oxidant capacity, and reduces inflammatory events. Exercise-induced enhancement of immune function plays a role in countering immunosenescence and the development of chronic disease. The method used in this paper is the literature reviewed using the Google Scholar, Pubmed, and Research Gate database with the topic "Body Defense and Inflammation for Exercise". The search keywords used in the database are keywords used to expand or specify searches so that they can make it easier to determine the articles or research journals used. Literature Review Selection using Inclusion and Exclusion Categories and by taking into account the interrelationships between keywords. Inflammation is a signal that indicates the occurrence of injury to the tissue as a result of exercise. Exercise is known to be able to alter metabolism, which induces an anti-inflammatory response. Proper exercise will determine the process of tissue repair and maintain homeostasis in the body. Exercise causes inflammation caused by tissue damage. The inflammatory response is part of the tissue regulatory process and is considered a method of the body's defense process.

Keywords: Body Defence, Inflammation, Exercise

ABSTRAK

Sistem imun adalah upaya pertahanan tubuh untuk mencegah dan mengeliminasi patogen. Inflamasi sebagai bentuk respon tubuh terhadap kerusakan yang terjadi. Efek akut dan kronis olahraga pada sistem imun. Latihan intensitas sedang meningkatkan respons fungsi kekebalan, memperkuat kapasitas anti-oksidan, dan mengurangi kejadian inflamasi. Peningkatan fungsi kekebalan yang disebabkan oleh olahraga berperan dalam melawan immunosenescence dan perkembangan penyakit kronis. Metode yang digunakan dalam penulisan ini yaitu Literatur yang di Review yang menggunakan Database Google Scholar, Pubmed, dan Research Gate dengan Topik "Body Defence and Inflamasi for Exercise" Kata kunci pencarian yang digunakan pada database yaitu Keyword yang digunakan untuk memperluas atau menspesifikasikan pencarian sehingga dapat mempermudah dalam menentukan artikel atau jurnal penelitian yang digunakan. Seleksi Literatur Review menggunakan Kategori Inklusi dan Eksklusi serta dengan memperhatikan keterkaitan antar Keyword. Inflamasi adalah sinyal yang menunjukkan terjadinya cedera pada jaringan akibat dari latihan. Latihan diketahui mampu mengubah metabolisme yang mendorong respon antiinflamasi Latihan yang tepat akan menentukan proses perbaikan jaringan serta mempertahankan homeostasis dalam tubuh. Exercise menyebabkan terjadinya Inflamasi yang

disebabkan oleh adanya kerusakan pada jaringan. Respon inflamasi merupakan bagian dari proses regulasi jaringan dan dianggap sebagai metode dari proses defence (pertahanan) tubuh.

Kata kunci : Body Defence,Inflamasi, Exercise

Pendahuluan

Sistem imun adalah sistem tubuh yang mencegah, mendeteksi dan mengeliminasi infeksi patogen. Patogen adalah organisme asing yang dapat masuk dan berkembang biak didalam tubuh untuk merusak dan mengganggu fungsi tubuh. Respon imun terhadap infeksi dapat dibagi menjadi dua bagian yang saling terikat. Respon yang pertama adalah Respon Imun Bawaan (innate immune Response) yang terjadi pada awalan infeksi, sangat cepat berespon akan tetapi kurang spesifik. kemudian selanjutnya respon imun adaptif yang bersifat lebih spesifik terhadap patogen, namun akan di perlukan waktu untuk menghasilkan respon imun adaptif. Ketika suatu patogen berhasil masuk kedalam tubuh maka seketika itu pula makrofag melakukan fagositosis sekaligus memproduksi dan melepaskan Nitric Oxide (NO) Reactive Oxygen Species (ROS), sitokin dan kemokin yang memicu terjadinya inflamasi.

Inflamasi sebagai bentuk respon tubuh terhadap suatu kerusakan yang terjadi di dalam tubuh (Hall *et al*, 2020). Inflamasi adalah proses meningkatnya permeabilitas vasa darah, diapedesis dan migrasi sel-sel ke area infeksi patogen. Tanda utama inflamasi adalah rubor (merah), calor (panas), tumor (bengkak), dolor (nyeri) dan functio laesa (menurunnya fungsi) (Murphy K.2016).

Inflamasi biasanya dianggap sebagai proses negatif yang harus dilawan. Inflamasi juga termasuk respons akut pada sistem kekebalan yang terjadi setelah adanya patogen dan infeksi akibat kerusakan atau cedera jaringan. Terdapat dua fase utama: Fase pro-inflamasi dimana leukosit masuk ke area yang terluka dan di ikuti fase anti-inflamasi atau restoratif, yang mana menurut sifat sel parenkimnya akan menyembuhkan (kulit), bekas luka atau meregenerasi (otot rangka) dan ini tergantung pada jaringan dan jenis cedera (trauma, beracun, iskemik) (Chazaud B. 2020).

Sebagai penanda kerusakan otot dalam tingkat jaringan terjadi migrasi sistem imun dari lokasi cedera jaringan berdiferensiasi mengalami proses pro-inflamasi. Sel yang mampu menerima respon cedera salah satunya adalah makrofag yang berfungsi untuk memfagositosis dan mendegenerasi jaringan yang rusak. Makrofag yang aktif serta matang akan melepaskan sejumlah growth faktor seperti sitokin dan molekul sinyal lainnya untuk regenerasi otot rangka saat inflamasi. Makrofag akan di konversi menjadi anti-inflamasi dan berefek pada tahapan perbaikan (Lee, E.C. *et al*, 2017).

Exercise menjadi salah satu terapi non farmakologis untuk pencegahan banyak penyakit yang fisiopatologinya terkait dengan kekebalan akut atau berkelanjutan. Adanya efek akut dan kronis olahraga pada sistem kekebalan tubuh. Menurut pedoman aktivitas fisik untuk orang amerika, individu yang terkena penyakit kronis harus berlatih minimal 150 menit per minggu dengan intensitas sedang, atau setidaknya 75 menit per minggu aktifitas fisik aerobik dengan intensitas tinggi untuk meningkatkan kesehatan. Manfaat kesehatan lainnya juga dapat dengan melakukan aktivitas penguatan otot yang melibatkan semua otot utama kelompok setidaknya dua kali seminggu. Secara umum, latihan intensitas sedang yang berulang meningkatkan respons fungsi kekebalan, memperkuat kapasitas anti-oksidatif, mengurangi stres oksidatif, dan meningkatkan efisiensi pembangkit energi, oleh karena itu mengurangi kejadian inflamasi yang bisa menyebabkan terjadinya penyakit (Scheffer D.I., 2020). Peningkatan fungsi kekebalan yang disebabkan oleh olahraga mungkin berperan dalam melawan immunosenescence dan perkembangan penyakit kronis, (Nieman, D.C.2020)

Kronik Exercise dapat memandu sistem imun dengan respon sistem yang mendukung atas anti-inflamasi. Aktifitas sistem imun ini menghasilkan dan melepaskan sitokin yang dapat di

klarifikasi sebagai pro inflamasi (IL-1,L-8, TNF-, IFN-EGF) atau anti inflamasi seperti (IL-2,L-4, IL-10 dan IL-13 (Scheffer D.I., 2020). Sehingga perlu adanya program latihan yang terukur yang mampu menilai proses inflamasi.yang mampu di evaluasi untuk memberikan informasi tambahan serta perubahan sinyal/ tanda sehingga bisa di ukur tingkat stres serta kerusakan. Diharapkan melalui kontrol inflamasi akan memberikan dampak positif terhadap perlindungan tubuh terhadap patogen.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penulisan ini yaitu literatur review yang menggunakan database pencarian google scholar, pubmed, dan research gate dengan topik “body defence and inflamasi for exercise” kata kunci pencarian yang digunakan pada database yaitu keyword yang digunakan untuk memperluas atau menspesifikasikan pencarian sehingga dapat mempermudah dalam menentukan artikel atau jurnal penelitian yang digunakan. seleksi literatur review menggunakan kategori inklusi dan eksklusi serta dengan memperhatikan keterkaitan antar keyword.

PEMBAHASAN

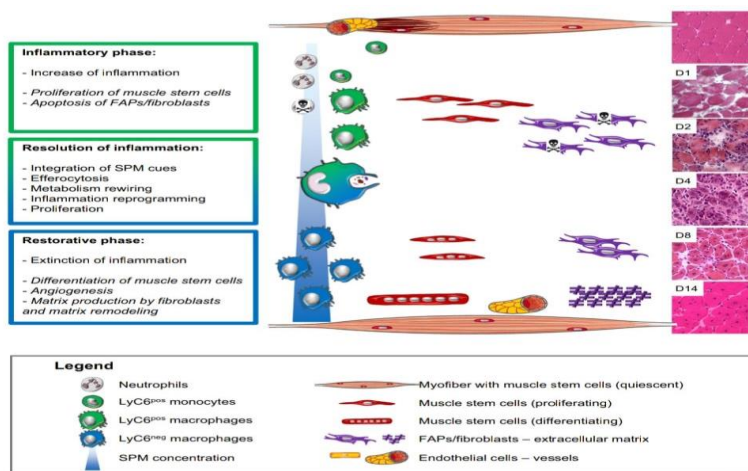
A. INFALMASI SEBAGAI RESPON PERTAHANAN TUBUH

Respon imun dengan kejadian inflamasi

Proses inflamasi sangat penting untuk homeostasis melalui pertahanan aktif Terhadap berbagai rangsangan berbahaya seperti infeksi virus neurotropik dan kejadian troumatis yang mana akan mendorong terjadinya pembentukan fungsi seluler dan jaringanpeni.

Respon Inflamasi setelah Kerusakan Jaringan

Kerusakan jaringan akan memicu terjadinya respon inflamasi, Dimulai dengan fase vaskular termasuk vasodilatasi, peningkatan aliran darah, peningkatan permeabilitas vaskular dan pembentukan edema pada lokasi cedera. Selanjutnya terjadi fase selluler dimana leukosit ekstravasasi dari darah melintasi endotelium dan lalu lintas ke daerah yang terluka terjadi peningkatan neutrofil pada respon pro-inflamasi untuk menarik monosit sebelum mereka mati dalam beberapa hari setelah neutrofil maka makrofag akan teraktifkan juga pada fase pro-inflamasi yang membersihkan melalui proses eferositosis kemudian secara aktif terlibat pada fase restoratif, melalui gambar akan di jelaskan tentang respon inflamasi dimana jaringan pulih dan kembali secara homeostatis (Chazaud, B. 2020)



Gambar 1. Respon inflamasi pada regenerasi otot rangka tikus

Sumber : Chazaud, B, 2020

Penyelesaian proses dari inflamasi sangat penting untuk menghindari kejadian inflamasi yang tidak terkontrol. Salah satu mediator inflamasi akan mendorong dan menggeser status makrofag dari pro-inflamasi menjadi anti-inflamasi. Metabolisme pada makrofag juga di ketahui mengontrol status inflamasi berdasarkan penelitian in vitro

Waktu Inflamasi

Waktu sangat berhubungan dengan pentingnya proses resolusi pada saat inflamasi. Memblokir salah satu dari jalur molekuler akan menyebabkan dinamika dari makrofag shift yang kemungkinan akan merusak proses regenerasi otot rangka pada tikus. Lingkungan inflamasi di jaringan dapat mengubah kekebalan reparatif dan kualitas regenerasi jaringan sehingga secara khusus fase inflamasi dengan penghambatan pro-inflamasi diawal (interferon [IFN] γ) atau dengan menambahkan efektor anti-inflamasi (IL-10) dapat mencegah regenerasi otot rangka pada model cedera kardiotoxin di tikus. Sehingga lebih baik jika fase inflamasi tetap terjadi secara sepenuhnya sebelum resolusi peradangan terjadi dan memulai fase restoratif (Chazaud, B.2020).

Penatalaksanaan paling populer pada manajemen injuri akibat cedera pada otot skelet adalah dengan mengoleskan es atau mendinginkan daerah yang terluka misalnya protokol RICE bertujuan menghentikan pendarahan dan mengurangi rasa sakit, dan dianggap untuk mengurangi edema dan peradangan dengan anggapan inflamasi merugikan untuk perbaikan jaringan (Chazaud, B. 2020).

Pendinginan menginduksi penurunan jumlah neutrofil dan makrofag dan menunda kinetika inflamasi pada otot yang sedang beregenerasi. Pada manusia penelitian terbaru melaporkan tidak ada efek atau hasil yang merugikan dari peroses pendinginan setelah cedera pada peroses pemulihan fungsi otot setelah rusak akibat latihan akan tetapi kesimpulan ini tidak pasti, sehingga penanganan kasus cedera bukan untuk melenyapkan respon inflamasi tetapi untuk mengembalikan regulasi normal sesuai dengan proses inflamasi (Chazaud, B. 2020).

B. EXERCISE LINK WITH BODY DEFENSE

Exercise

Aktivitas fisik dan latihan fisik dibagi menjadi akut dan kronis. Latihan fisik akut adalah latihan pada sesi pertama yang ketika diulang dari waktu ke waktu kemudian menjadi latihan kronis. Intensitas latihan menentukan respons fisiologis keseluruhan terhadap latihan olahraga dan biasanya dinyatakan sebagai persentase dari pengambilan oksigen maksimum (VO₂max) individu. VO₂max mewakili maksimum kapasitas aerobik dan penggunaan energi yang tinggi selama latihan, dan itu didefinisikan sebagai kapasitas gabungan dari sistem paru dan kardiovaskular untuk memberikan oksigen ke otot rangka, dan kemampuan otot untuk digunakan. Saat istirahat, rata-rata konsumsi oksigen seluruh tubuh pada individu dewasa adalah sekitar 3,5 mL/kg/menit. Pada saat istirahat konsumsi oksigen tubuh adalah sekitar 20% -25% dari nilai ini. Ketahanan atlet dapat melebihi 25 kali nilai istirahat, sementara pada subjek yang tidak terlatih biasanya tidak melebihi 15 kali.

Latihan fisik direkomendasikan untuk mendukung manfaat kesehatan tergantung pada overload, progression dan spesifisitas aktifitas tersebut. Exercise dianggap mengganggu homeostasis tubuh dengan memprovokasi sel jaringan dan organ yang berbeda beda tergantung tingkat aktifitas yang di terima oleh metabolisme tubuh. Respon fisiologis misalnya terjadi peningkatan denyut jantung serta redistribusi jaringan sementara dari sistem imun.

– Definition of physical exercise-related terms.

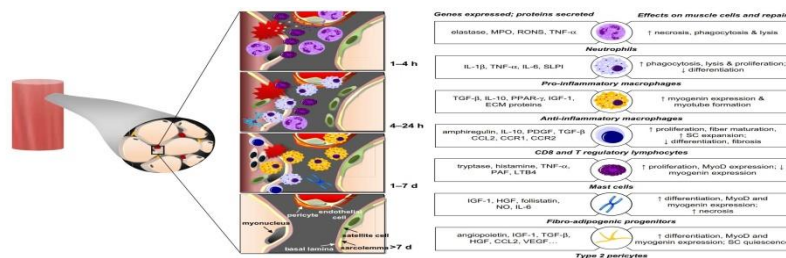
Terms	Definitions
Physical activity	Any bodily movement generated by skeletal muscles which results in energy expenditure above resting levels [1,27]
Physical exercise	Planned, structured, and repetitive bodily movement performed in order to improve and/or maintain one or more components of physical fitness [1,27]
Physical fitness	A set of attributes that are either health- or skill-related.
	The degree to which these attributes can be measured by specific tests as stated in [27]
Physical function	Capacity of an individual to carry out physical activities. It is a direct reflection of motor function and control.
	Physical fitness and habitual physical activity are independent predictors of functional independence, disability, morbidity, and mortality [1]
Physical inactivity	State in which bodily movements are minimal and energy expenditure approximates the resting metabolic rate [29]
Sedentary behavior	Activity that involves little or no movement or physical activity, characterized by energy expenditure ≤ 1.5 MET ^a , e.g., in a sitting, reclining, or lying posture [1]

^a MET: metabolic equivalent of task (index of energy expenditure; 1 MET = 3.5 ml. oxygen/kg/min uptake).

Gambar 2. Tabel aktifitas fisik berdasarkan definisinya (Scheffer D.d.I.,2020)

Kerusakan otot akibat olahraga biasanya diakibatkan oleh adanya kontraksi isometrik pada otot yang panjang dan eksentri serta kontraksi otot walau dalam tahapan intensitas rendah. DOMS biasanya dikaitkan dengan kejadian inflamasi. Kerusakan otot yang menyebabkan penurunan kekurangan otot sebanyak 20% akan pulih dalam 2 hari setelah latihan sedang yang 50% dalam 7 hari. Kerusakan otot akan merangsang berbagai jenis sel otot rangka untuk memulai perbaikan jaringan secara khusus akan melibatkan sel satelit (sel batang otot), Sel inflamasi (Neutrofil, makrofag, T Limfosit, sel Mast), sel vaskular, dan sel stroma (fibroblas) mekanisme akan bisa dilihat pada gambar 3 (Peake, J.M. et al. 2017).

Inflamasi adalah bagian dari sinyal yang menunjukkan cedera atau stres dari overtraining, atau akibat dari infeksi yang dapat diketahui dengan menilai protein serta molekul yang mengontrol terhadap peradangan. Otot rangka yang mengalami inflamasi biasanya disertai dengan penanda yang menunjukkan kerusakan otot berupa peningkatan antioksidan seperti terjadinya stress oksidatif.



Gambar 3. Gambaran ilustrasi tipe sell yang terlibat dalam skeletal muscle yang berinteraksi dengan sistem imun pada saat olahraga (Peake, J.M. et al. 2017)

Modulasi sistem imun dan Olahraga

Latihan akan menghasilkan spesies oksigen reaktif (ROS) dan mengaktifkan sistem kekebalan tubuh. Latihan fisik intensitas sedang mampu meningkatkan status antiinflamasi dan dalam jangka panjang akan mencegah perkembangan penyakit kronis namun latihan high intensity atau kompetisi mampu meningkatkan pro-inflamasi sehingga memunculkan teori open window yang menunjukkan bahwa penurunan fungsi sistem kekebalan tubuh akan terjadi akibat dari olahraga berat dan pada kasus covid biasanya malah mampu meningkatkan resiko tertular patogen/virus (Scheffer D..I.,2020).

Sebagai penanda kerusakan pada tingkat cedera jaringan sel sistem imun naif seperti makrofag akan berdiferensiasi menjadi pro-inflamasi matang yang berfungsi untuk memfagositosis untuk degenerasi jaringan yang mengalami kerusakan. Makrofag akan melepaskan sejumlah growth faktor seperti sitokin dan molekul sinyal lainnya untuk selanjutnya meregenerasi jaringan otot rangka dalam proses inflamasi sebagai proses dari perbaikan jaringan.

Efek exercise pada sistem imun bawaan

a. Exercise dan Neutrofil

Neutrofil sebagai sel pertama melawan infeksi bakteri. Pada saat latihan terdapat banyak neutrofil yang bersirkulasi pada single exercise dan tiga kali lipat pada high doses exercise. Endurance exercise (0.5 - 3 jam) juga menyebabkan jumlah neutrofil meningkat hingga 5x lipat, peningkatan ini akan berakhir setelah 6-24 jam latihan.

b. Exercise dan Monocytes/Makrofag

Monosit adalah jenis leukosit terbesar dalam darah yang mampu bermigrasi kedalam jaringan sehingga ketika matang akan menjadi makrofag dan sel dendritik. Monosit ini sangat penting dalam proses regenerasi jaringan, pemulihan dan perbaikan melalui proses stimulasi sel. Olahraga teratur akan mengurangi jumlah monosit inflamasi pelatikan olahraga teratur juga mampu mengurangi peradangan sistemik pada pemulihan percobaan hewan coba model tikus DM. Sehingga bisa kita pahami bahwa olahraga teratur lebih menunjukkan

efek anti-inflamasi. Fagositosis Makrofag mampu memetabolisme nitrogen kemuktasis, serta aktifitas anti tumor dan reaksi oksidatif.

c. Exercise dan Sel Dendritik

Pada sel dendritik, latihan dinamik mampu meningkatkan dendritik sel yang di turunkan oleh monosit, kemunculannya juga mendorong kurang rentannya proses inflamasi saat latihan.

d. Exercise dan Sel Natural Killer (NK)

Sel NK bersirkulasi dalam proses latihan akut melalui peningkatan downregulasi ekspresi molekul adhesi yang di induksi oleh katekolamin dan menurun di sirkulasi darah tepi akibat migrasi ke jaringan pada latihan dengan dosis resistensi tinggi. Sel NK berfungsi untuk menginduksi kematian sel dari sel yang terinfeksi dengan mensekresikan interferon gama (IFN- γ).

e. Exercise dan Sistem Imun Lainnya

Gender	Type	Exercise protocol	Rest periods	Key findings
Male	Lower body	Leg press	1 min/3 min	LE \uparrow
Female	Upper and lower body	Leg press, leg extension, bench press, overhead press, leg curls, seated rows, biceps curls	3 min	LE \uparrow at 90 min and 180 min post (untrained only)
Female	Full body	Squat	2 min	CD16 ⁺ /CD56 ⁺ NK and T cells \uparrow by 0 min in all the group; B cells \uparrow by 0 min post in high-strength group only (which performed more total work than low strength)
Female	Full body	Squat	2 min	In control and training status, all tested LE \uparrow by 0 min post
Male	Circuit	Bench press, latissimus dorsi pull, leg press, shoulder press, leg extension, crunch, pull-up, biceps curls, leg extension, triceps exercise	1 min	All tested LE \uparrow by 0 min post control and training status; NK (CD16 ⁺ /CD56 ⁺) cells \uparrow approx. 250% then \downarrow blow BL by 30 min post; T (CD4 ⁺) cells \uparrow approx. 20% then \downarrow blow BL by 30 min post; T (CD8 ⁺) cells \uparrow then \downarrow blow BL by 30 min post; NE and MO remained \uparrow and peaked at 2 h post (final time-point)
Male	Circuit	Shoulder press, seated rows, lag press, leg extensions, leg curls, latissimus dorsi pull-downs, abdominal crunches, chest press	1:2 (work:rest) ratio	MO, NE, LY, NK cells, CD8 ⁺ and CD4 ⁺ T cells \uparrow by 0 min post, then \downarrow ; CD8 ⁺ T cells \downarrow to baseline by 15 min post; MO, LY, NK, and CD8 ⁺ T cells except NE \downarrow to baseline by 30 min post
Male	Upper and lower body	Bench press and leg press, hamstring curl, knee station, biceps curls	Not provided	LY and LE (NE and MO accounted for the majority) \uparrow post and remained \uparrow at 3 h post; CD8 ⁺ T and CD16 ⁺ /CD56 ⁺ NK cells \uparrow by 0 min post and \downarrow to baseline by 3 h post; B cells \uparrow by 3 h post

Male	Circuit	Bench press, leg press, leg extension, shoulder press, pull-up, biceps curls, triceps exercise, crunch, latissimus dorsi pull, vertical row	1 min	NE \uparrow by 0 min post (untrained or resistance trained)
Male	Lower body	Leg press	1 min/3 min	LE, LY, MO, NE \uparrow by 0 min post; The change of MO and LY was greatest in 1 min rest group
Male	Upper limb eccentric	Eccentric contractions of the elbow flexors	1 min/3 min; 2 s rest between reps	LE and NE \uparrow by 3 h post; MO and LY no change
Female	Circuit	Arm curl, dead lift, triceps extension, back extension, bench press, seated row, squat, overhead press, leg curl	1 min between rounds	LE, LY, and NE \uparrow by 0 min post in all exercise groups

Male	Circuit	Leg curl, biceps curls, leg press, shoulder press, latissimus pulldowns, bench press, seated row	2 min rest between exercise and 3 min rest between rounds	LE, LY, and NE ↑ by 3 h post and returned to baseline by 24 h post
Male	Circuit	Biceps with barbell, triceps with barbell, trunk extension, sit-up, squat, knee flexion, standing shoulder flexion, dead lift, sitting paddle lift with device, supine bench press	1 min rest between rounds	No change was detected
Male	Lower body	Leg press	3 min/2 min	LE remained ↑ by 0 min post, then ↓ to baseline; NE, LY ↑ by 0 min post then ↓ to baseline by 30 min post
Male	Upper limb: isometric	Thumb exertion: lateral pinch	1 min	LE and LY ↑ by 0 min post; MO ↑ by 60 min post (resistance trained/untrained); T and B cells ↑ by 20 min post, then ↓ to baseline by 60 min post

Gambar 4. Tabel efek olahraga serta sel sistem imun lainnya yang terlibat
Sumber : Wang J et al. 2020

Efek Exercise pada Sistem Imun Adaptif

a. Exercise dan Sel B

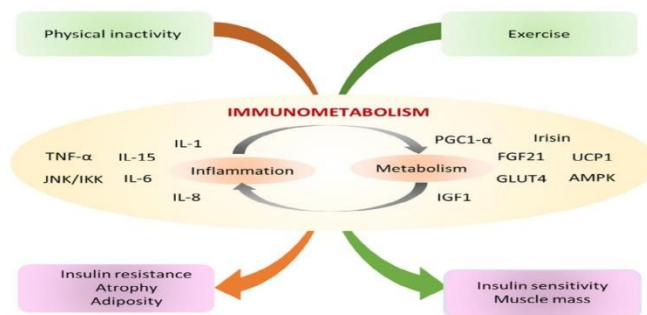
Aktifitas sistem imun selanjutnya adalah adaptive imunité setelah sel B mengalami proliferasi dan diferensiasi serta mature akan menjadi sel memory dan sel Plasma. Sel plasma akan menghasilkan IgA, IgD, IgE, IgM dan IgG imunoglobulin (Ig) yang masing-masing akan mengenali antigen unik dalam imunitas humoral. Status latihan, intensitas latihan serta durasi olahraga dapat mempengaruhi respon sistem imun IgA dengan latihan resistensi yang mampu meningkatkan sirkulasi sel B.

b. Exercise dan Sel T

Sel T akan mengenali antigen yang menyebabkan respon awal yang mengatur kejadian imunologis secara humoral. Profil sitokin sel T dapat mengklasifikasikan fenotipe sel T yang berbeda beda. Sel Th1 berfungsi untuk mengeliminasi patogen intraselluler dengan autoimunitas spesifik, sebaliknya sel Th2 meningkatkan respons terhadap parasit ekstraseluler dan secara tidak langsung mengatur aktifitas inflamasi melalui sekresi sitokin Interleukin. Sel T sangat sensitive terhadap peningkatan beban latihan

Metabolisme dan olahraga

Imunitas yang di induksi oleh olahraga serta kebutuhan energi metabolisme selluler sangat erat kaitannya dan sering disebut sebagai imunometabolisme. Selama aktifitas imunitas yang berkelanjutan dengan cepat melalui metabolisme asam lemak dan kebutuhan glukosa pada otot di bawah latihan maksimal. Aktifitas fosforilasi oksidatif juga mendukung proses anti-inflamasi, dan toleransi dalam sistem kekebalan tubuh, pada kasus ini makrofag M215,16 dan sel T IL10 dan IL 17 menunjukkan peningkatan konsumsi oksigen dan metabolisme asam lemak. Perubahan ini sering di tandai dengan peningkatan biogenesis mitokondria dan fungsi mitokondria serta peningkatan regulasi gen oksidasi asam lemak yang dianggap mampu meningkatkan umur sel yang lebih muda serta membantu proses fungsional pada inflamasi.



Gambar 5. Immunometabolism dengan profil sinyaling yang disebabkan oleh exercise dan physical inactivity (Mukund.K,2019)

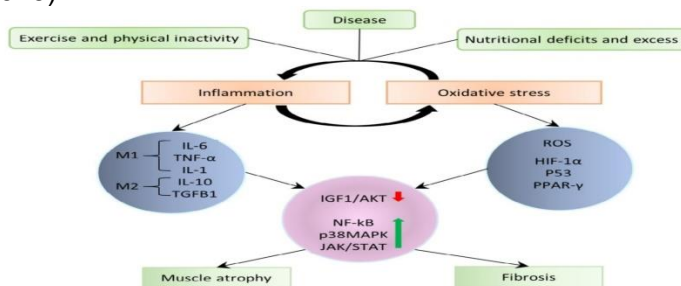
Pada kasus imunometabolisme yang menyimpang,terkait dalam berbagai kondisi penyakit.misalnya obesitas yang ditandai dengan infiltrasi imun kedalam jaringan adiposa yang menyebabkan resistensi insulin yang di induksi oleh inflamasi dan akhirnya menjadi diabetes. Metabolisme sel kekebalan juga mengatur indikator sindrom metabolik yang di tunjukan pada makrofag dan Sel Treg. Exercise diketahui secara konsisten meningkatkan fungsi mitokondria didalam sel mononuklear darah perifer dari individu temuan ini bahkan pada olahraga dengan intensitas tinggi serta olahraga berkelanjutan dengan intensitas sedang.

Physical exercise mengkonsumsi energi menghasilkan spesies oksigen reaktif (ROS) dan mengaktifkan sistem kekebalan tubuh. Efek positif dan negatif tergantung paa jenis dan derajat respon sistem imun yang diaktifkan ketika sedang berolahraga Rutin berolahraga intensirtas sednag meningkatkan status anti inflamasi dan oleh karna itu jika dilaksanakan dalam jangka panjang akan mencegah perkembangan penyakit kronis (Scheffer D.d.I.,2020).

Olahraga memiliki efek serta potensi yang kuat untuk mengubah metabolisme sel imun.sejumlah miokin yang di induksi oleh kontraksi yang berasal dari otot diketahui mengatur imunometabolisme seperti peningkatan IL-6 dan IL-10. Oahraga juga mendorong respon anti inflamasi oleh makrofag melalui peningkatan metabolisme osidatif. Adanya peran proses adenosin protein kinase teraktivasi monnofosfat (AMPK) pada sistem kekebalan tubuh dengan berfungsi untuk membatasi aktifasi inflamasi pada makrofag sel dendritik dan sel . AMPK juga berhubungan dengan inflamasi yang berfungsi untuk membatasi aktivitas target mekanistik rapamycin (mTOR), olahraga juga dapat memprogram ulang metabolisme dalam sel imun dengan mensekresikan miokin dan eksektrin dengan regulasi energi seluler sensor jalur ini diharapkan mampu meningkatkan atau menekan fungsi sesuai keinginan (Scheffer D.d.I.,2020).

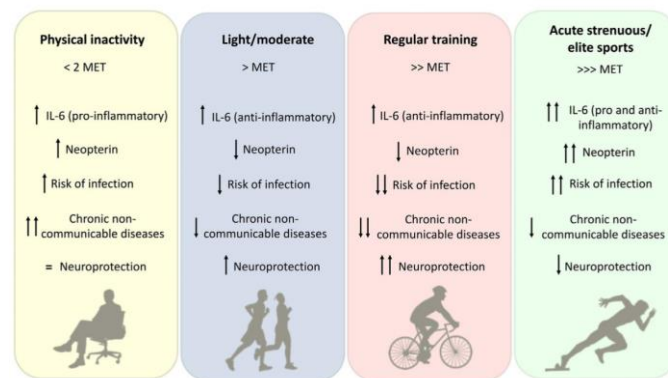
Inflamasi dan Olahraga

Inflamasi dimulai dengan aktivitas terkoordinasi dari beberapa jalur sinyal dengan pengaktifan faktor pro/anti-inflamasi seperti makrofag dan neutrofil kekerusakan jaringan. Neutrofil mewakili sel imun paling banyak yang di aktifkan di tempat terjadinya cidera (dalam 24 jam pertama kejadian) (Mukund,K. 2019).



Gambar.5. Proses terjadinya Inflamasi yang mengaktifkan sinyal gen menyebabkan beberapa dampak diakibatkan beberapa faktor seperti exercise disease, dan Nutritional, (Mukund.K,2019)

Proses inflamasi memainkan peran penting dalam homeostasis, terutama melalui pertahanan aktif terhadap berbagai rangsangan berbahaya seperti infeksi virus neurotropik dan/atau kerusakan traumatis, Inflamasi mendorong pembentukan kembali fungsi seluler dan jaringan Sistem imun bawaan serta adaptif bertanggung jawab untuk menyediakan pertahanan dalam melawan patogen. Patogen (PAMPs) atau mikroorganisme (MAMP) dapat memulai respon inflamasi yang di mediasi oleh sel kekebalan tubuh kerusakan akan menginduksi produksi pro-inflamasi sitokin dalam menanggapi kerusakan atau stress pada saat latihan terdapat .sel pembunuh alami pertama yang ditanggapi oleh tubuh seperti neutrofil, onosit, dan makrofag biasanya akan muncul ketika latihan aerobik akut. Olahraga intensitas sedang secara teratur dapat mengurangi gejala infeksi saluran pernapasan akut sedangkan latihan intensitas kuat akut akan meningkatkan kerentanan untuk tertular penyakit infeksi. Sehingga latihan rutin dengan intensitas sedang lebih direkomendasikan untuk melawan penyakit kronis tingkat rendah yang berkelanjutan.



Gambar 6. Olahraga menurunkan proliferasi hipokampus mikroglia (sel imun pada bagian otak) mengaktifasi NFκB dan ekspresi sitokin pro inflamasi seperti TNF-α, IFN-γ, dan IL-1β. Sedangkan Anti-inflamasi yang disebabkan oleh latihan kronis telah terbukti melibatkan respon sitokin diferensial yang diwakili oleh peningkatan kadar IL-6. Gambar 3. Efek dari aktifitas fisik dan intensitas yang berbeda dari latihan fisik pada respon inflamasi (IL-6 dan Neopterin) dengan hasil kesehatan berupa (resiko infeksi, penyakit tidak menular kronis serta neuroprotection) (Scheffer D.d.I.,2020)

Efek anti-inflamasi dari latihan fisik melibatkan mediator seperti IL-10 dan IL-6 yang menatur pro-inflamasi respon sitokin yang di mediasi oleh IL-1β, IFN-γ, TNF-α dan lainnya. Latihan fisik rutin dapat dianggap sebagai pengontrol sistem kekebalan tubuh yang mampu meningkatkan pertahanan terhadap infeksi dan mengurangi kemungkinan penyakit kronis. Efek anti-inflamasi dengan mekanisme seperti adanya peningkatan produksi adrenalin, kortisol, hormon pertumbuhan prolaktin yang memiliki efek imunomodulator untuk mempengaruhi inflamasi serta fungsi dari leukosit selanjutnya kehilangan lemak viseral dan terjadi peningkatan kadar miokin antiinflamasi oleh otot rangka, serta ekspresi dari TLR dalam sistem imun contoh dari peningkatan produksi hormon, mampu melepaskan hormon stress yang di induksi oleh latihan fisik. Kelenar adrenal akan memproduksi adrenalin atau kortisol misalnya. Selanjutnya ada nya efek latihan yang mampu mengurangi adiposit saat latihan merupakan efek anti inflamatori yang mampu mengurangi terjadinya perkembangan penyakit seperti obesitas ataupun T2DM serta gangguan kardiovaskular latihan yang di tunjukan minimal di lakukan lebih dari 45 menit (Scheffer D.d.I.,2020).

Akut and Kronik Exercise

Neutrofil diketahui terakumulasi dalam jumlah besar pada transplantasi jantung dan paru dalam beberapa jam setelah reperfusi. Sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa infiltrasi neutrofil memiliki efek merusak pada kelangsungan hidup organ. Penurunan rekrutmen neutrofil ke graft dapat menunda infiltrasi sel T, karena terjadi penurunan ekspresi kemokin dan sitokin pro-inflamasi yang dihasilkan neutrofil, termasuk TNF-α, IL-6, dan IFN-γ. Produksi TNF-α oleh neutrofil dapat

merangsang sel dendritik untuk memproduksi IL-12, yang memicu diferensiasi sel T menjadi sel Th1 dan memicu penolakan transplantasi (Spahn *et al*, 2014)

Latihan akut dengan intensitas sedang hingga kuat (<60 menit) dinilai lebih efektif dalam meningkatkan sistem kekebalan secara khusus exercise akan meningkatkan aktivitas antipatogen dengan aktivasi makrofag pada jaringan Dengan latihan setiap hari pada intensitas akut akan meningkatkan efek peningkatan aktifitas sistem kekebalan dan kesehatan metabolisme sebaliknya beban latihan olahraga yang tinggi, kompetisi akan meningkatkan stress fisiologis terkait gangguan sistem imun, peningkatan inflamasi, stres oksidatif serta kerusakan otot akan meningkatkan terjadinya resiko terjadinya penyakit (Nieman D.C.2018).

Kesimpulan

Kerusakan otot akibat dari latihan akan menyebabkan terjadinya inflamasi yang mana untuk hasil baik dan buruk nya masih sering di perdebatkan. Inflamasi setelah terjadinya kerusakan otot dianggap sebagai proses yang merugikan akibat dari adanya kerusakan jaringan, terjadinya nyeri sampai dengan pemulihan cedera jaringan lunak yang tertunda.

Efek positif dari latihan fisik dalam mengurangi resiko penyebab kejadian penyakit kronis. Latihan fisik melindungi diri dari penyakit kronis, penyakit tidak menular, demensia, dan penurunan kognitif serta melindungi diri terhadap bakteri dan infeksi virus, Meningkatkan respon imun terhadap patogen. Adanya pengaturan beban serta intensitas yang tidak terlalu berat mampu menjaga diri serta mengurangi resiko terhadap kerentanan terjadinya penurunan fisik yang mungkin menyebabkan penurunan imunitas. Dengan adanya respon inflamasi juga merupakan bagian dari proses regulasi jaringan dan dianggap sebagai metode dari proses defence (pertahanan) tubuh. Dengan tidak menghalangi proses regulasi di yakinkan mampu lebih baik untuk mempercepat proses penyembuhan terhadap inflamasi di jaringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Chazaud, B. 2020. Inflammation and Skeletal Muscle Regeneration: Leave It to the Macrophages!. *Trend in Immunology*. Vol xx, pneumoniee, e c., Fragala, m s., Kavouras, s a., Queen, r m, pryor, j l and casa, d j., 2017. Biomarkers in sports and exercise : tracking health, performance, and recovery in athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 31(10)/2920–2937
- Mukund, K., Subramaniam, S. 2019. Skeletal Muscle : A Review of Molecular Structure and function, in health and disease. *WIREs Systems Biology and Medicine Wiley Periodicals*..DOI: 10.1002/wsbm.1462
- Murphy K. & Weaver C; *Janeway's Immunobiology*, 9th Edition. 2016.
- Nieman, D.,C., dan Pence, B.,D. 2020. Exercise Immunology : Future directions. *Journal of Sport and Health Science*. 432-445. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2019.12.003>
- Nieman, D., C., dan Wentz, L., M., 2019. The compelling link between physical activity and the body's defense system. *Journal of Sport and Health Science*. 201-217
- Peake, J ., M., Neubauer, X., O., Gatta, P., A., D., dan Nosaka, X., K., 2016. Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *Journal physiology*. 122: 559–570.
- Scheffer, D.,d.,I., dan Latini, A., 2020. Exerciseinduced immune system response: Anti-Inflammatory status on peripheral and cenntal organs. *BBA – Molecular Basic of Disease*. 1866 ; 165823. <https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2020.165823>