

ADAPTASI KARDIOVASKULAR TERHADAP LATIHAN FISIK

Oleh : Akmarawita kadir

Dosen Fakultas Kedokteran Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

ABSTRAK

Tujuan latihan adalah meningkatkan kekuatan, ketahanan, kelentukan, kelincahan dan kecepatan. Kekuatan-kekuatan ini berhubungan dengan struktur dan faal dalam tubuh. Kalau latihan itu dikerjakan secara teratur dan sesuai dengan cara berlatih, maka diharapkan adanya perubahan-perubahan (adaptasi) yang menunjang tercapainya kekuatan-kekuatan tersebut. (Soekarman. 1986)

CARDIOVASCULAR ADAPTATION TO PHYSICAL TRAINING

By: Akmarawita Kadir

Lecturer Faculty of Medicine, University of Wijaya Kusuma Surabaya

ABSTRACT

The purpose of the exercise is to increase strength, endurance, flexibility, agility and speed. These powers relate to the structure and function in the body. If exercise is done regularly and in accordance with the way practice, it is expected that any changes (adaptations) that support the achievement of these forces.

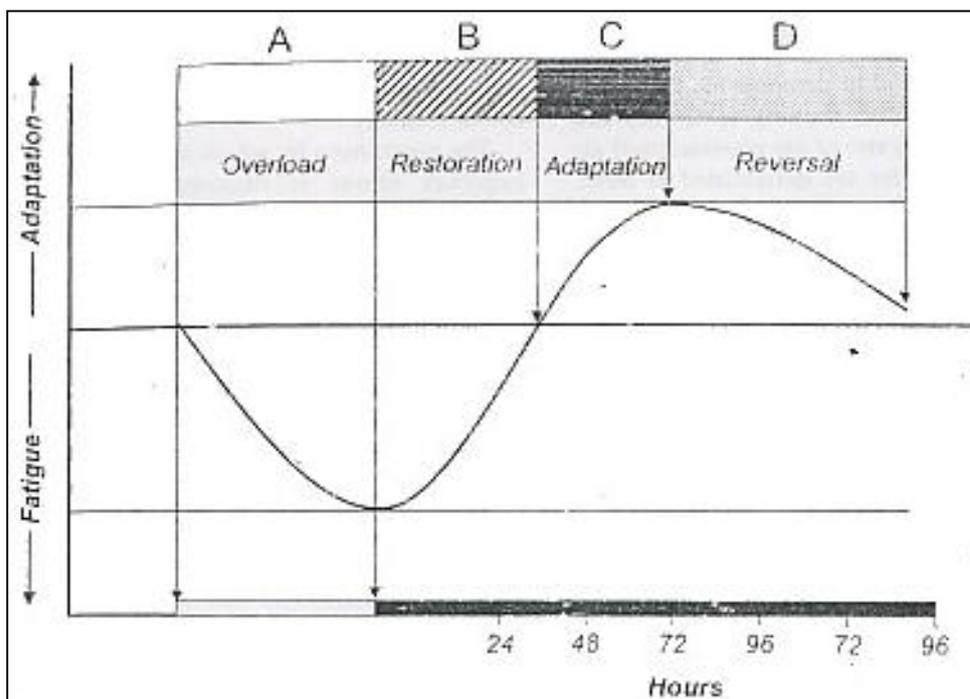
PENDAHULUAN

Tujuan latihan adalah meningkatkan kekuatan, ketahanan, kelentukan, kelincahan dan kecepatan. Kekuatan-kekuatan ini berhubungan dengan struktur dan faal dalam tubuh. Kalau latihan itu dikerjakan secara teratur dan sesuai dengan cara berlatih, maka diharapkan adanya perubahan-perubahan (adaptasi) yang menunjang tercapainya kekuatan-kekuatan tersebut. (Soekarman. 1986)

Dalam suatu latihan yang terprogram (physical training) untuk

mencapai suatu performa/penampilan yang baik ada beberapa fase yang harus diperhatikan, yaitu fase overload, restoration, adaptation dan reversal. (Moyna. 2001)

Tujuan overload (latihan dengan beban lebih, dari beban sebelumnya) adalah agar kemampuan kardiovaskuler (jantung dan peredaran darah) dan kemampuan otot-otot kerangka dapat berkembang terus, sampai terjadinya proses adaptasi, sehingga meningkatkan performa/penampilan.



Gbr 1. Super compensation cycle. **A.** Program latihan yang overload satu atau lebih sistem fisiologis. **B.** sel-sel, jaringan-jaringan dan organ-organ diperbaiki. **C.** Perbaikan fitness yang disebabkan perubahan struktur dan fungsi. **D.** Fitness menurun bila program latihan dihentikan. (Moyna. 2001)

Adaptasi fisiologi pada latihan fisik sangat tergantung pada umur, intensitas, durasi, dan frekuensi latihan, faktor genetik, dan cabang olahraga yang dipertandingkan.

Oleh karena itu latihan-latihan yang dikerjakan adalah terutama untuk ketahanan jantung dan paru, maka dengan sendirinya yang terlihat adalah salah satunya perubahan pada kedua organ tersebut, yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan mengangkut oksigen. (Soekarman. 1986)

FISIOLOGI KARDIOVASKULER PADA LATIHAN

Jantung adalah dua buah pompa berotot yang terletak dalam satu alat. Jantung bagian kiri memompa darah ke seluruh jaringan tubuh dan jantung bagian kanan memompa darah ke paru. Serat otot jantung berhubungan sedemikian rupa sehingga seluruh serat-serat otot jantung berfungsi seakan-akan satu otot. Jantung mempunyai sifat untuk menimbulkan irama kontraksi sendiri (Fox. 1993, Soekarman. 1986).

Stroke Volume

Stroke volume (isi sekuncup) adalah volume atau jumlah darah yang di pompa oleh jantung pada setiap denyutannya. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi jumlah darah yang dapat di pompa keluar oleh jantung, yaitu :

- (1) Besarnya ventrikel (bilik jantung) itu sendiri. Dengan melakukan latihan Ventrikel dapat bertambah besar.
- (2) Kekuatan dari jantung waktu memompa. Hal ini tergantung dari

kekuatan otot jantung, dan kekuatan ini dapat bertambah dengan adanya latihan.

- (3) Jumlah darah yang dikembalikan ke jantung. Latihan olahraga yang berjalan secara ritmik, dan menekan pembuluh darah balik (vena) pada otot-otot kaki, dapat mengembalikan jumlah darah yang cukup banyak dan membantu menaikkan stroke volume (Sumosardjuno. 1994, Guyton. 2000)

Cardiac output

Cardiac output (curah jantung) adalah jumlah darah yang di pompa oleh jantung setiap menit. Ini bisa naik sesuai dengan kenaikan tingkat kerja sampai pada titik kelelahan.

Perbedaan nyata antara pelari yang betul-betul terlatih dan yang kurang baik kondisinya terletak pada jumlah cardiac output-nya, atau pada jumlah darah yang dapat di pompa setiap menit ke dalam otot-otot dalam bandanya.

Darah yang di pompa dari jantung setiap denyut nya ditentukan oleh laju pemompaan jantung (heart rate) dan jumlah darah yang dikeluarkan (stroke volume) sehingga cardiac output dapat dihitung :

$$\text{Cardiac Output} = \text{Heart Rate} \times \text{Stoke Volume}$$

Di samping itu cardiac output juga dapat dihitung dengan cara mengetahui konsumsi oksigen maksimal seseorang selama satu menit dan perbedaan rata-rata antara kandungan oksigen pada arteri dan vena (a-v O₂ diff). (Sumosardjuno. 1994, Guyton. 2000)

$$\text{Cardiac Output} = \frac{\text{Konsumsi O}_2 \text{ (ml/menit)}}{\text{a-v O}_2 \text{ diff}} \times 100$$

Aliran Darah

Darah di pompa oleh jantung ke berbagai bagian tubuh kita, sesuai dengan kebutuhan jaringan masing-masing. Selama melakukan latihan olahraga, darah

dikirim ke daerah yang paling tinggi kebutuhan metabolismenya, yaitu otot-otot. Daerah-daerah yang kurang membutuhkannya, yaitu aktivitas

metabolismenya sedikit, hanya mendapat sedikit darah, misalnya usus.

Pada hari-hari dengan cuaca yang panas, kulit mendapat darah yang cukup untuk membantu mendinginkan badan. Karenanya darah mengalir ke kulit, sehingga mengakibatkan darah yang berada di otot-otot berkurang. Hal ini menerangkan mengapa dalam latihan di tempat yang panas tidak diperbolehkan. (Sumosardjuno. 1994, Guyton 2000)

Tekanan Darah

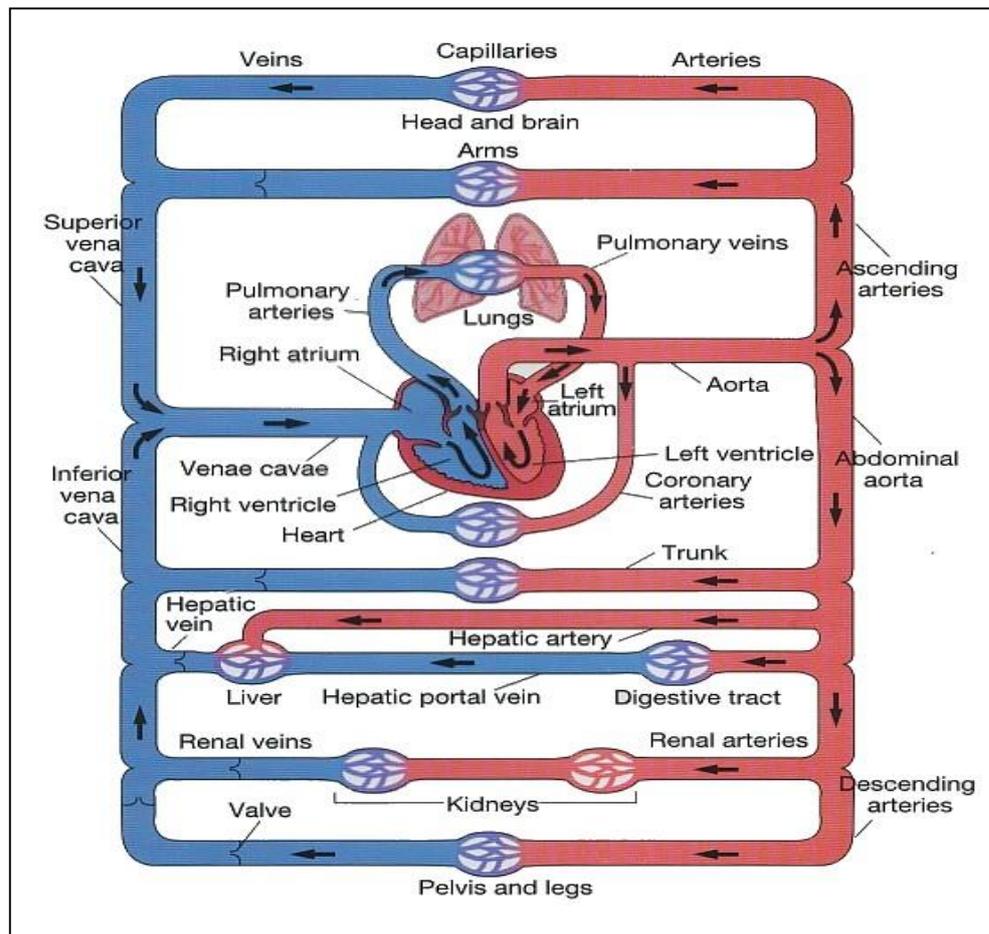
Tekanan darah adalah tekanan dari darah yang berada di pembuluh-pembuluh darah pada waktu jantung berdenyut, ini disebut sistolik. Sedangkan yang berada di antara denyutan jantung, tekanannya disebut tekanannya disebut diastolik. (Sumosardjuno.1994)

Supaya jantung dapat berfungsi sebagai pompa yang baik, maka pada jantung didapatkan katub-katub. Katub-katub ini menjaga agar jantung bekerja lebih efektif. Katub antara atrium dan ventrikel menutup pada waktu kontraksi otot ventrikel. Apabila terjadi kebocoran,

maka diperlukan lebih besar tenaga dari ventrikel untuk memompa sejumlah darah yang sama ke sirkulasi pulmoner atau sirkulasi sistemik. Lama-kelamaan terjadi hipertropi otot jantung yang kalau tetap tidak diadakan koreksi dapat menjadi (dekompensasi) payah jantung.

Jantung bagian kiri memompa darah ke sirkulasi sistemik lebih luas dan mempunyai tahanan yang tinggi, sedangkan sirkulasi pulmoner mempunyai tahanan yang rendah. Oleh karena itu otot ventrikel kiri lebih tebal daripada ventrikel kanan.

Jantung sebagai pompa mempunyai sifat untuk mengeluarkan rangsangan secara berirama. Dalam keadaan biasa irama jantung berasal dari simpul SA (Sino auricular node) yang terletak di atrium kanan. Selanjutnya semua bagian dari jantung mengikuti irama dari simpul S-A ini. Banyak faktor yang mempengaruhi irama dari simpul ini, diantaranya adalah rangsangan suhu yang meningkat, kekurangan oksigen, turunnya tekanan darah, ketokolamin dan lain-lain. (Fox. 1993, Guyton. 2000)



Gambar2. Sistem kardiovaskuler (Silverthorne. 2001)

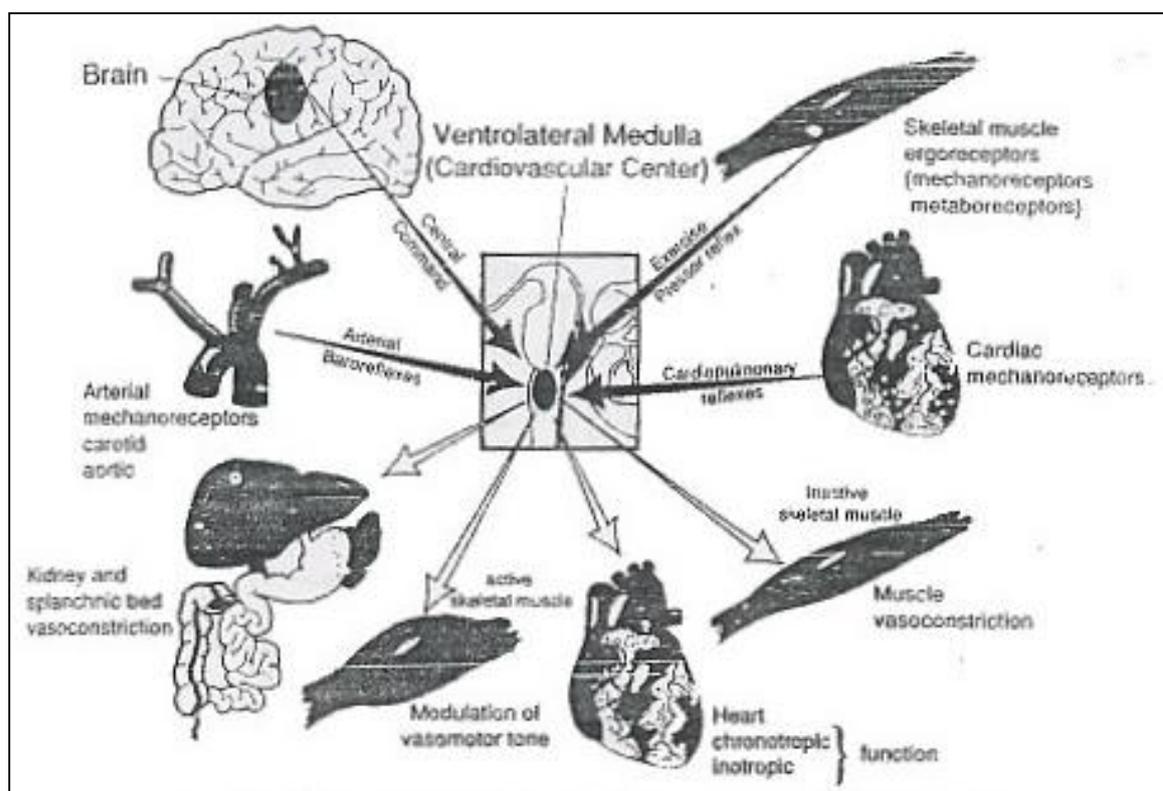
Pada latihan terjadi dua kejadian yaitu peningkatan curah jantung (*cardiac output*) dan redistribusi darah dari otot-otot yang tidak aktif ke otot-otot yang aktif. Curah jantung tergantung dari isi sekuncup (*stroke volume*) dan frekuensi denyut jantung (*heart rate*). Kedua faktor ini meningkat pada waktu latihan. Redistribusi darah pada waktu latihan menyangkut vasokonstriksi pembuluh darah yang memelihara daerah yang tidak aktif vasodilatasi dari otot yang aktif yang disebabkan oleh kenaikan suhu setempat, CO₂ dan asam laktat serta kekurangan oksigen.(Fox. 1993, Soekarman.1986)

Pada latihan yang mengakibatkan frekuensi jantung meningkat serta isi sekuncup meningkat, maka curah jantung juga meningkat. Pada atlet, irama jantung dalam keadaan istirahat lebih rendah dibandingkan dengan seorang yang tidak terlatih. Irama jantung pada waktu istirahat dapat mencapai 40 *x/menit* pada seorang

atlet, sedangkan pada seorang yang tidak terlatih mencapai 90 *x/menit*. Isi sekuncup (*stroke volume*) pada seorang atlet lebih besar daripada yang bukan atlet. Hal ini terjadi pada waktu istirahat maupun pada waktu bekerja. Curah jantung maksimum (*cardiac output*) pada seorang atlet dapat mencapai 40 *l/menit*. Curah jantung sangat mempengaruhi maksimum daya serap oksigen. Boleh dikatakan lebih besar curah jantung, lebih besar pula daya serap oksigennya (Fox. 1993, Soekarman. 1986).

Pengendalian Cardiovascular

Berbagai macam informasi dari semua bagian tubuh dikirimkan ke pusat pernafasan dan sirkulasi. Dengan berdasarkan informasi ini pusat mengirimkan rangsangan untuk penyesuaian (adaptasi) terhadap kebutuhan.

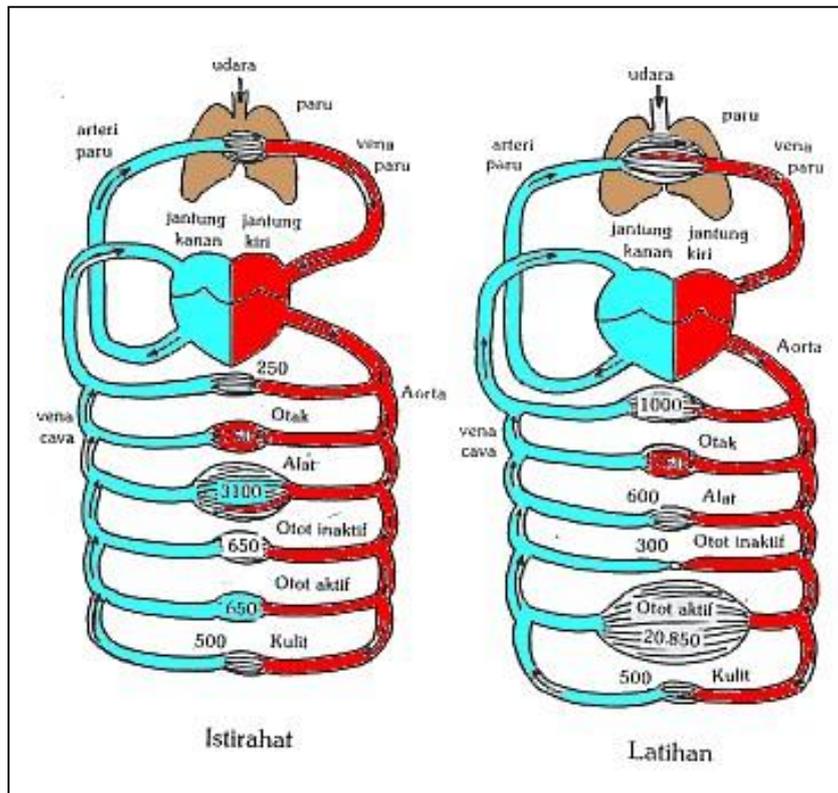


Gambar 3. Gambaran respon kardiovaskuler saat latihan. *Central command* memulai proses respon, yang dipertahankan dalam kondisi keseimbangan melalui sistem *feedback* dari kardiopulmonar serta baroreseptor arterial, dan sistem neurologik. (Moyna. 2001)

Di bawah ini akan diberikan gambar penyesuaian organ tubuh baik jantung dan peredaran darah pada orang dalam keadaan istirahat dan yang latihan.

Dari gambar di bawah ini terlihat perubahan dari cardiac output, distribusi ke otot yang aktif dari 650 cc menjadi 20.850 cc, distribusi yang menurun pada

alat-alat dari 3100 cc menjadi 600 cc. Dalam waktu istirahat ventilasi per menit 4-15 liter per menit. Pada waktu latihan ventilasi per menit meningkat sampai mencapai 180 liter per menit. Yang terpenting dalam olah raga adalah kemampuan jantung dan paru secara sempurna. (Soekarman. 1986)



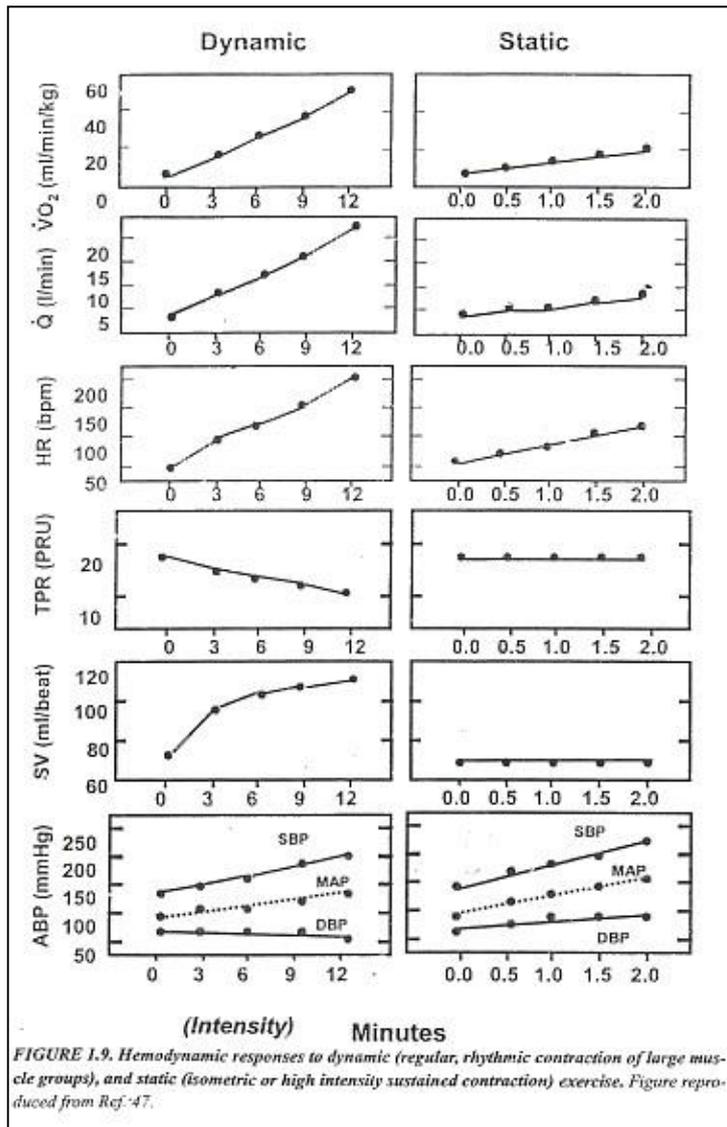
Gambar 4 Penyesuaian organ tubuh pada keadaan istirahat dan latihan. (Soekarman. 1986)

ADAPTASI SISTEM KARDIOVASKULER

Perubahan fungsi sistem kardiovaskuler selama latihan tergantung pada tipe (*dinamis atau statis*) dan intensitas latihan. Selama latihan dinamis (seperti lari, renang, atau bersepeda) akan merangsang kontraksi kelompok otot-otot besar. Sehingga menyebabkan respon/perubahan *akut* yang besar pada sistem kardiovaskuler yaitu sangat meningkatnya cardiac output, heart rate, dan tekanan darah sistolik, dan sedikit peningkatan pada tekanan rata-rata arteri dan tekanan darah diastolik. Respon akibat latihan dinamik ini, akan merangsang pusat otak, dan apabila latihan diteruskan akan memberikan signal mekanisme umpan balik pada kardiovaskular center di batang otak, sehingga menimbulkan

perubahan-perubahan berupa **penurunan tahanan vaskuler (*vascular resistance*) untuk mengimbangi peningkatan perfusi otot, dan peningkatan cardiac output untuk meningkatkan ambilan oksigen. Yang pada akhirnya akan meningkatkan tekanan arteri rata-rata.**

Respon kardiovaskuler pada latihan dinamik dan static sangat berbeda, pada latihan static (high intensity, strength exercise, dan latihan yang membatasi kontraksi otot seperti angkat berat atau latihan isometric) didapatkan hasil sedikit peningkatan ambilan oksigen, cardiac output, dan stroke volume daripada latihan dinamik. Tetapi pada latihan static lebih meningkatkan tekanan darah dan tekanan rata-rata arteri. (Fahey. 1984, Fletcher. 1995, Levine. 2001).



Gambar. 5 Respon Hemodinamik pada latihan dinamik (regular, rhythmic contraction of large muscle group), dan static (isometric or high intensity sustained contraction) (Levine. 2001)

Latihan endurance (aerobic) menyebabkan banyak perubahan adaptasi pada sistem kardiovaskuler. Perubahan ini dapat dilihat pada tabel 1. Latihan aerobic (daya tahan) ini sangat baik untuk

meningkatkan kapasitas sistem kardiovaskular. (Fahey. 1984, Fox. 1989, Soekarman. 1986, Sumosardjuno. 1994, Seiler. 1996, Wilmore. 2003)

Tabel. 1 Adaptasi kardiovaskuler yang didapat pada latihan daya tahan (endurance/aerobic) (Fox. 1989, Fahey. 1984)

FACTOR	REST	SUBMAXIMAL EXERCISE	MAXIMAL EXERCISE
HEART SIZE	↑	-	-
HEART RATE	↓	↓	↓
STROKE VOLUME	↑	↑	↑
A-V O ₂ DIFFERENT	O↑	↑	↑
CARDIAC OUTPUT	O↓	O↓	↑
WORK CAPACITY	-	-	↑

SYSTOLIC BLOOD PRESSURE	O↓	O↓	O
DIASTOLIC BLOOD PRESSURE	O↓	O↓	O↓
MEAN ARTERIAL BLOOD PRESSURE	O↓	O↓	O↓
TOTAL PERIPHERAL RESISTANCE	O	O↓	O↓
CORONARY BLOOD FLOW	↓	↓	↑
BRAIN BLOOD FLOW	O	O	O
VISCERAL BLOOD FLOW	O	↑	O
INACTIVE MUSCLE BLOOD FLOW	O	O	O
ACTIVE MUSCLE BLOOD FLOW	↓O	↓O	↑
SKIN BLOOD FLOW	O	O	O
BLOOD VOLUME	↑	-	-
PLASMA VOLUME	↑	-	-
RED CELL MASS	O↑	-	-
HEART VOLUME	↑	-	-

Symbol :

↑ = meningkat

↓ = menurun

O = tidak ada perubahan

Peningkatan Ukuran Jantung (Heart Size)

Ukuran jantung pada atlet pada umumnya lebih besar bila dibandingkan dengan bukan atlet. Pada atlet untuk olahraga ketahanan (endurance/aerobic) maka peningkatan ukuran jantung disebabkan peningkatan volume ventrikel tanpa peningkatan tebal otot. Sedangkan pada atlet untuk gerakan-gerakan cepat

(non endurance/anaerobic) seperti lari cepat, gulat, dan lain-lainnya maka peningkatan ukuran disebabkan oleh penebalan dinding ventrikel dengan tanpa peningkatan volume ventrikel. Bersamaan dengan peningkatan ukuran jantung, juga didapatkan peningkatan jumlah kapiler (Fox 1993, Soekarman 1986, Fleck 1992, Sumosardjuno 1994, Seiler 1996, Wilmore 2003)

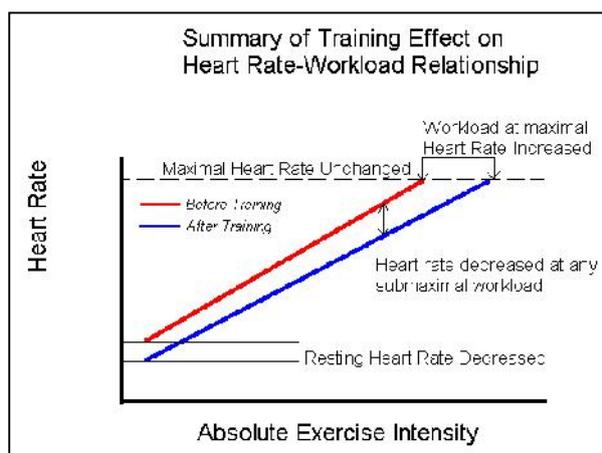
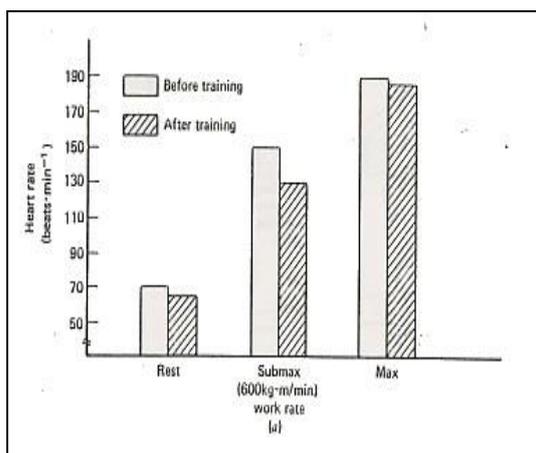
Tabel 2. Cardiac morphology adaptations at rest (Fleck 1992)

Wall thickness	
• Left ventrikel	↑↑↑
• Septal	↑↑↑
• Right ventrikel	No Change
Chamber volume	
• Left ventrikel	↑↑ or No Change
• Right ventrikel	No Change
Left ventrikel mass	↑↑↑ or No Change

Penurunan Frekuensi Jantung/Denyut Nadi (Bradikardi)

Dengan penurunan frekuensi jantung, maka jantung mempunyai cadangan denyut jantung (Heart Rate Reserve/HRR) yang lebih tinggi. Penurunan frekuensi jantung ini disebabkan oleh peningkatan tonus saraf Parasimpatis, penurunan saraf Parasimpatis, penurunan saraf simpatis atau kombinasi. Juga terjadi penurunan

dari frekuensi pengeluaran impuls dari paru jantung. Dengan perubahan volume, maka isi sekuncup (stroke volume) menjadi lebih besar dan bila cadangan denyut jantung meningkat hasilnya curah jantung (cardiac output) akan menjadi lebih tinggi dan dengan begitu pengangkutan oksigen menjadi lebih tinggi lagi. (Soekarman 1986, Fox 1993, Fahey 1984, Seiler 1996, Wilmore 2003)



Gambar. 6 Respon Heart rate sebelum dan setelah latihan. (Fahey 1984, Seiler 1996)

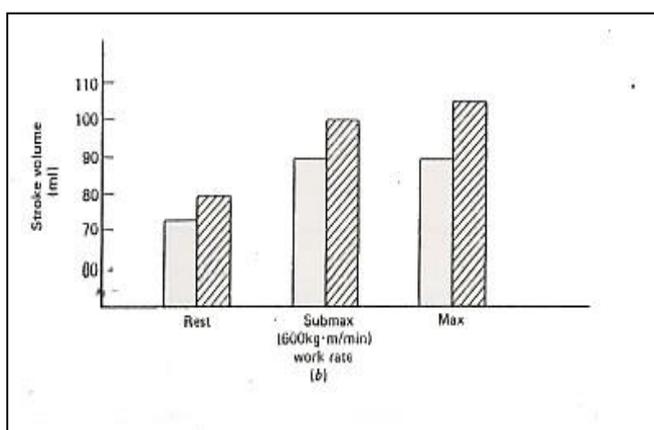
Peningkatan Volume Darah Dan Hemoglobin

Kemampuan mengangkut oksigen tergantung dari jumlah hemoglobin dan jumlah darah. Apabila hemoglobin meningkat, maka kemampuan mengikat oksigen juga meningkat. Namun peningkatan hemoglobin akan menyebabkan viskositas darah meningkat sehingga akan menyebabkan meningkatnya tekanan dalam pembuluh darah yang berakibat kapasitas mengangkut oksigen justru menurun. Yang mengikat bukanlah jumlah Hb/100 cc darah, tetapi jumlah Hb total. Peningkatan jumlah Hb total ini disebabkan karena peningkatan volume darah sesudah latihan yang cukup lama, maka jumlah darah meningkat dari 5 l menjadi 6 l. (Soekarman 1986, Fox. 1993)

Peningkatan Stroke Volume

Akibat dari pembesaran otot jantung akan menyebabkan volume darah meningkat, maka dengan demikian jantung dapat menampung darah lebih banyak, dan dengan sendirinya stroke volume pada waktu istirahat menjadi lebih besar. Karena stroke volume pada waktu istirahat menjadi lebih besar, maka hal ini memungkinkan jantung memompa darah dalam jumlah yang sama setiap menit dengan denyutan lebih sedikit.

Jantung atlet endurance memiliki stroke volume jauh lebih besar daripada orang yang tidak terlatih dengan umur yang sama. Baik pada waktu istirahat maupun pada waktu latihan. Latihan daya tahan ini meningkatkan stroke volume saat istirahat, selama latihan sub maksimal dan latihan maksimal (Soekarman. 1986, Sumosardjuno. 1994, Fahey. 1984, Fox.1993, Seiler. 1996, Wilmore. 2003)



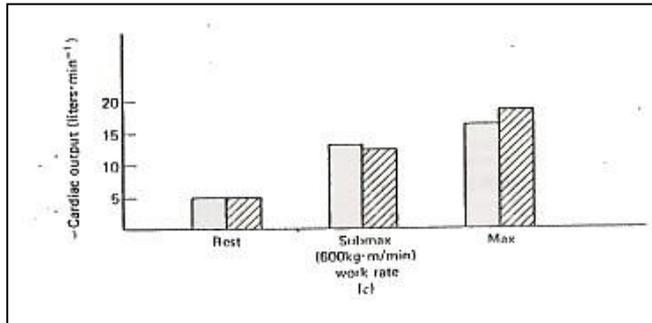
Gambar. 7 Perubahan stroke volume (Fahey. 1984)

Cardiac Output

Ada tendensi cardiac output tidak mengalami perubahan saat istirahat dan kerja yang sub maximal, tetapi sangat meningkat pada kerja yang maksimal.

Cardiac output pada waktu istirahat lebih kurang antara 4-6 liter per

menit, dan maksimumnya sekitar 20-30 liter per menit. Pada orang normal dan betul-betul terlatih dapat mencapai 40 liter per menit. (Soekarman. 1986, Sumosardjuno. 1994, Fahey. 1984, Fox. 1993, Seiler. 1996, Wilmore. 2003)

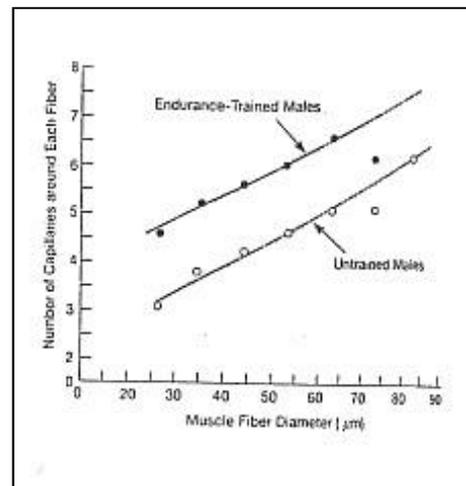
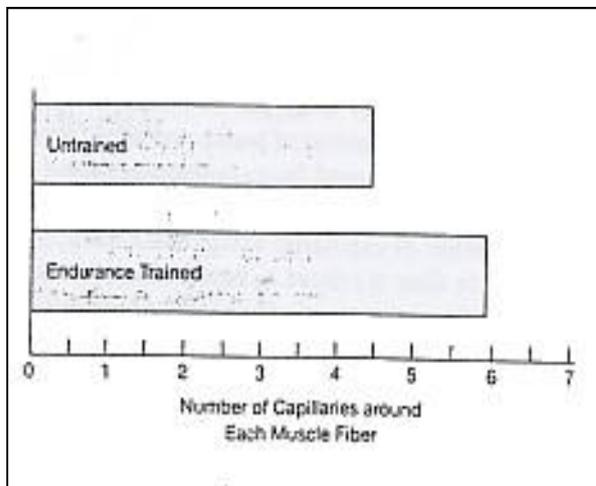


Gambar. 8 Perubahan cardiac output. (Fahey. 1984)

Peningkatan Jumlah Kapiler

Latihan endurance yang lama untuk suatu kompetisi menyebabkan pembesaran otot rangka, yang diikuti oleh meningkatnya pembuluh darah kapiler pada otot tersebut. Pembuluh darah kapiler pada otot bertambah banyak, sehingga memungkinkan difusi oksigen di dalam otot dapat lebih mudah, akibatnya

mempunyai kemampuan untuk mengangkut dan mempergunakan oksigen lebih besar daripada orang yang tidak terlatih. Karena itu dapat mengkonsumsi oksigen lebih banyak per-unit massa otot, dan dapat bekerja lebih tahan lama. (Soekarman. 1986, Sumosardjuno. 1994, Fahey. 1984, Fox. 1993, Seiler. 1996, Wilmore. 2003)



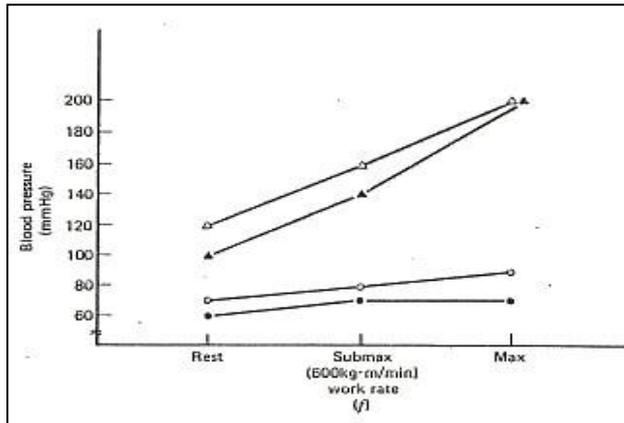
Gambar. 9 Perubahan jumlah kapiler antara yang terlatih dan yang tak terlatih

Gambar. 10 Perubahan diameter serabut otot antara yang terlatih dengan tak terlatih (Fox. 1993)

Tekanan Darah

Pada waktu istirahat, tekanan yang normal adalah 120 mmHg sistolik dan 80 mmHg diastolik (120/80). Selama melakukan olahraga, tekanan sistolik naik

secara cepat dan kadang-kadang dapat mencapai 200 atau 250 mmHg (respon akut). Sedangkan tekanan diastolik perubahannya hanya sedikit. (Sumosardjuno. 1994, Fahey. 1984)



Gambar. 11 Perubahan tekanan darah. (Fahey. 1984)

Latihan Daya tahan/endurance (training) cenderung menurunkan tekanan systole, diastole dan tekanan rata-rata arteri. Penurunan tekanan darah ini penting untuk menghindari terjadinya resiko penyakit-penyakit jantung. (Fahey. 1984)

Selama latihan daya tahan yang bersifat dinamis (lari, bersepeda, dll) terjadi dilatasi kapiler dalam otot yang sedang bekerja menurunkan tahanan arteri terhadap aliran darah, yang melebihi dari vasokonstriksi pembuluh darah pada jaringan yang tidak bekerja. Oleh karena itu pengaruh perubahan diameter pembuluh darah selama latihan menurunkan tekanan darah. (Lamb. 1984)

Aliran Darah

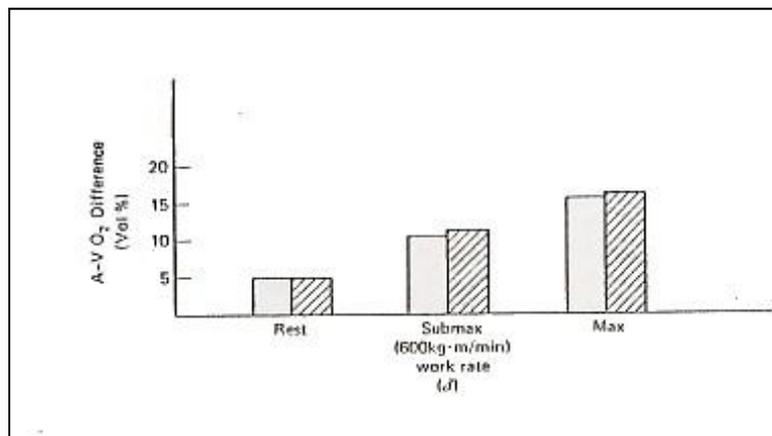
Dengan training, akan menurunkan aliran darah coroner pada istirahat, maupun selama latihan submaximal. Peningkatan stroke volume dan penurunan heart rate menyebabkan penurunan konsumsi oksigen otot jantung. Peningkatan aliran darah coroner terjadi pada latihan maximal, ini untuk

mendukung peningkatan metabolic untuk peningkatan cardiac output. (Fahey. 1984)

Aliran darah otot rangka cenderung rendah selama latihan submaximal dan meningkat pada latihan maximal. Pada otot yang aktif (latihan maximal) kecenderungan arteriole untuk menekan jaringan lain (selain otot), dan mengalihkan darah ke otot yang sedang aktif. (Lamb. 1984)

Arteriovenous Oksigen Different

Latihan fisik menyebabkan perbedaan a-v O_2 yang lebih besar, terutama pada latihan maximal. Peningkatan a-v O_2 ini disebabkan oleh jumlah kandungan oksigen yang di konsumsi oleh jaringan (otot) meningkat semakin banyak kandungan oksigen semakin besar perbedaannya. Peningkatan perbedaan a-v O_2 ini juga dipengaruhi oleh distribusi aliran darah, karena jaringan yang secara metabolic lebih aktif (seperti pada latihan maximal) mengandung oksigen lebih banyak dibandingkan jaringan yang kurang aktif. (Fahey. 1984, Fox. 1993)



Gambar. 12 Perubahan A-V O_2 Difference. (Fahey. 1984)

KESIMPULAN

Adaptasi fisiologi pada latihan fisik sangat tergantung pada umur, intensitas, durasi, frekuensi latihan, faktor genetik, dan cabang olahraga yang ditekuni (tipe latihan, baik static maupun dinamik).

Tujuan dari adaptasi fisiologi adalah untuk ketahanan jantung dan paru, yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan untuk mengangkut oksigen.

Latihan endurance (ketahanan) menyebabkan banyak perubahan (adaptasi) pada sistem kardiovaskuler.

Adaptasi kardiovaskuler pada latihan fisik menyebabkan volume total (stroke volume) dari jantung meningkat, kenaikan ini disebabkan oleh membesarnya rongga jantung. Maka jantung dapat menampung darah lebih banyak, sehingga stroke volume pada waktu istirahat menjadi lebih besar, hal ini memungkinkan jantung untuk memompa darah dalam jumlah yang sama setiap menit dengan denyutan lebih sedikit.

Adaptasi kardiovaskuler ini juga menyebabkan peningkatan volume darah dan hemoglobin, jumlah kapiler otot dan mempengaruhi cardiac output, tekanan darah, aliran darah serta A-V O₂ diff.

Terjadinya proses adaptasi kardiovaskuler terhadap latihan fisik ini adalah terutama untuk mencegah kerusakan jaringan, khususnya Resiko penyakit jantung.

DAFTAR PUSTAKA

- Fox E.L., Bowers R.W., Foss M.L. 1993. *The Physiological Basis for Exercise and Sport*. 5th. Ed. Boston-USA. WCB/McGraw-Hill.
- Fletcher G.F, Balady G., 1995. *Exercise Standards, A statement for Healthcare Professionals From The American Heart Association, Article of Circulation*. American Heart Association, Inc
- Fleck S.J. 1992. *Cardiovascular Response to Strength Training, in Strength and Power in Sport*. Edited : Komi P.V., International Olympic Committee, London. Blackwell Scientific Publication.
- Fahey, B. 1984. *Exercise Physiology, Human Bioenergetics and Its Applications*. USA. John Wiley & Sons.
- Guyton A.C. 2000. *Text Book of Medical Physiology*. 10th. Ed. USA. W.B. Saunders Co.
- Levine B.D. 2001. *Exercise Physiology for The Clinician. In Exercise and Sports Cardiology*. Editor : Thompson P.D., McGraw-Hill Companies, Inc.
- Lamb D.R. 1984. *Physiology of Exercise Responses and Adaptation*. 2th. Ed. Macmillan Publishing Company.
- Moyna N.M. 2001. *Principles of Exercise Training For Physicians, In Exercise and Sports Cardiology*. Editor: Thompson P.D., McGraw-Hill Companies, Inc.
- Silverthorne D.V. 2001. *Human Physiology an Integrated Approach*. 2th. Ed. New Jersey P – Hall, Inc.
- Sumosardjuno S. 1994. *Pengetahuan Praktis Kesehatan dalam Olahraga 2*. Jakarta. PT. Gramedia.
- Soekarman R. 1986. *Dasar Olahraga untuk Pembina, Pelatih dan Atlet*. Jakarta. CV. Haji Masagung.
- Seiler S. 1996. *Myocardial Adaptations to Training*. Article of Burns Telecommunications center. April. 1996. Montana State University – Bozeman.
- Wilmore J.H. 2003. *Aerobic Exercise and Endurance*. J of The Physician and Sports medicine, Vol.31 - No. 5 May. 2003.

