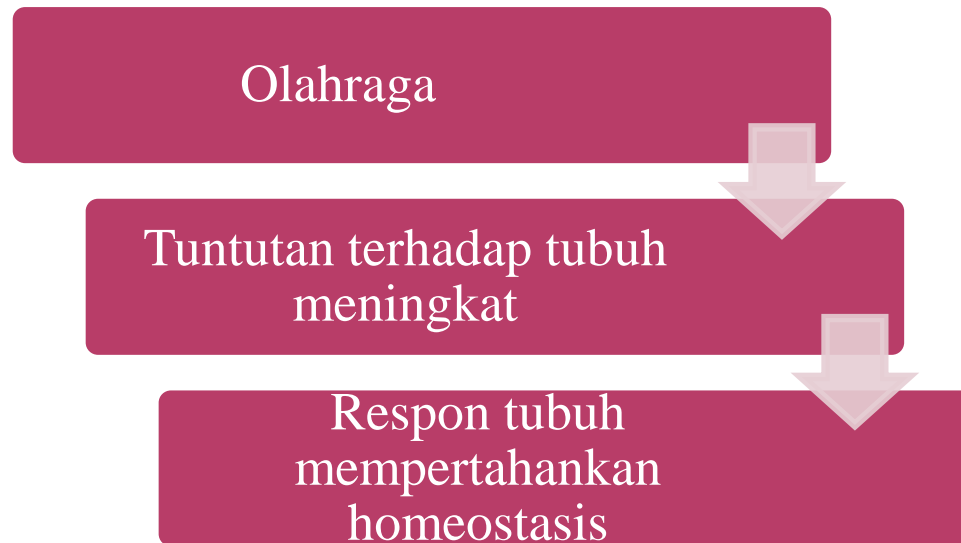


FISIOLOGI OLAHRAGA

Dr.Hanna Cakrawati

FISIOLOGI OLAHRAGA

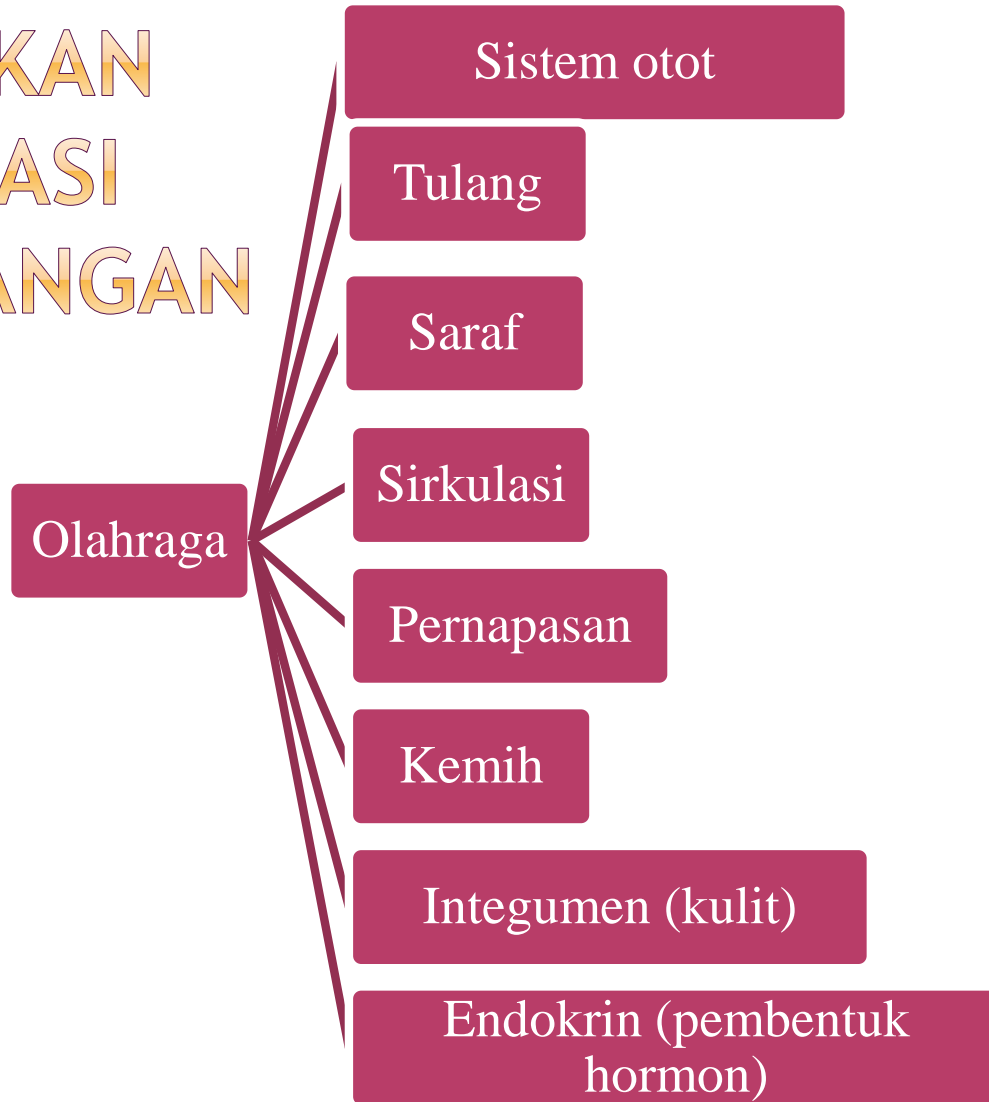
- Ilmu tentang perubahan-perubahan fungsional yang terjadi sebagai respon terhadap satu sesi olahraga dan adaptasi yang terjadi akibat sesi-sesi olahraga yang berulang.



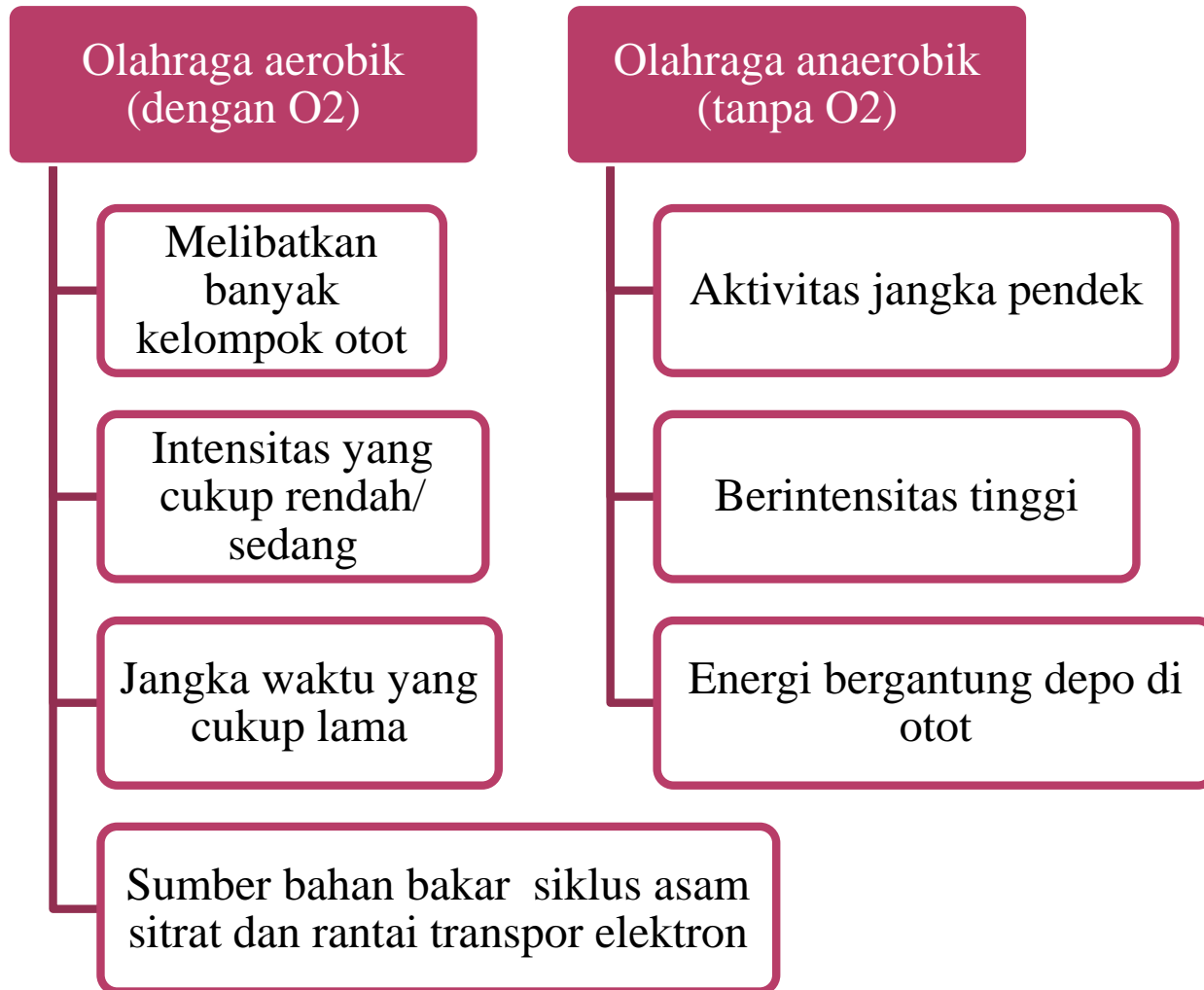
RESPON AKUT VERSUS LATIHAN FISIK

- ⦿ Jika kegiatan fisik dilakukan secara teratur → tubuh akan **adaptasi** untuk membuat stres fisik selanjutnya lebih mudah dihadapi.
- ⦿ Adaptasi dimulai **segera** setelah program latihan fisik dimulai meskipun mungkin diperlukan waktu beberapa bulan hingga beberapa tahun sebelum hasilnya terlihat.

OLAHRAGA MEMERLUKAN KOORDINASI BERKEPANJANGAN



KLASIFIKASI OLAHRAGA BERDASARKAN KEBUTUHAN O₂



ADAPTASI LATIHAN FISIK AEROB DAN ANAEROB

- ◉ Adaptasi dgn meningkatkan kemampuan otot menyimpan dan memproses substrat energi secara aerob.
 - ◉ Meningkatkan simpanan glikogen miosit.
 - ◉ Meningkatkan ukuran dan jumlah mitokondria
 - ◉ Menaikkan kandungan mioglobin otot
 - ◉ Menaikkan jumlah enzim oksidatif
- ◉ Adaptasi dengan meningkatkan kekuatan melalui hipertrofi otot, perbaiki rekrutmen saraf dan menaikkan daya tahan melalui perubahan metabolik (glikolisis)

Latihan fisik aerobik

Latihan fisik anaerobik

KLASIFIKASI OLAHRAGA

Olahraga	Tipe
Lari sprint 400-m	Anaerob
Lari 10-km	Aerob
Bersepeda dilintasan (1 km)	Anaerob
Bersepeda dijalan (40 km)	Aerob
Berenang gaya bebas 100-m	Anaerob
Berenang gaya bebas 1500-m	Aerob

OTOT DALAM KERJA FISIK

PENENTU AKHIR KESUKSESAN PADA PERTANDINGAN ATLETIK ADALAH OTOT BAGI TUBUH:

- ⊙ **Kekuatan otot** sewaktu dibutuhkan
- ⊙ **Daya** yang dapat dicapai otot sewaktu kerja
- ⊙ Berapa lama otot dapat melakukan aktifitasnya
(**ketahanan otot**)

KEKUATAN, DAYA DAN KETAHANAN OTOT

Kekuatan otot

- Ditentukan oleh ukuran, potongan lintang otot.
- Membesarkan otot → kekuatan otot >>

Daya otot

- Suatu pengukuran jumlah total kerja yang dilakukan otot dalam satu satuan waktu (kg-m/mnt) → otot dapat mengangkat berat 1 kg setinggi 1 m dalam 1 menit.
- Ditentukan oleh : - kekuatan kontraksi otot - jarak kontraksi otot - jumlah otot yang berkontraksi per menit

Ketahanan otot

- Bergantung pada glikogen yang tersimpan dalam otot sebelum periode kerja fisik

DIET NUTRISI TERHADAP KETAHANAN OTOT

Ketahanan otot yang di ukur dari **waktu** yang dibutuhkan untuk **dapat bertahan** sampai timbulnya **kelelahan** maksimal. Ex: atlet lomba marathon

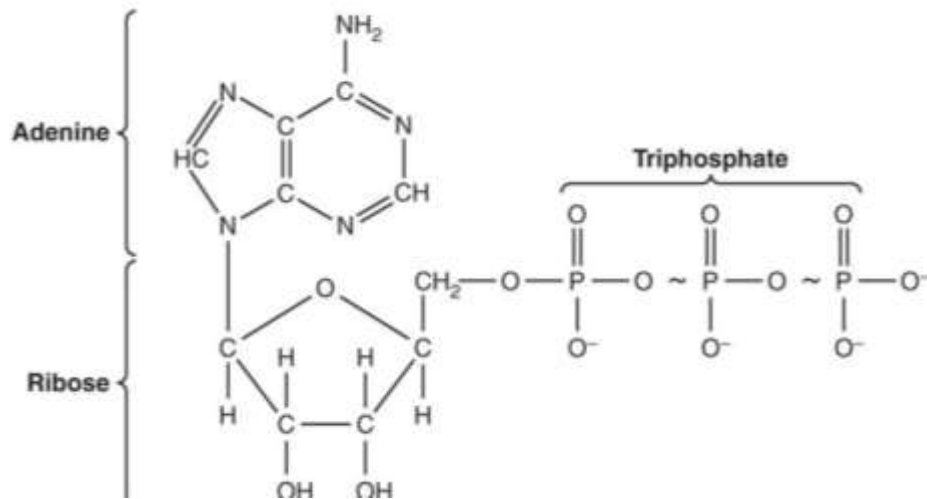
	Minutes
High-carbohydrate diet	240
Mixed diet	120
High-fat diet	85

	g/kg Muscle
High-carbohydrate diet	40
Mixed diet	20
High-fat diet	6



Jumlah simpanan glikogen

SISTEM METABOLIK OTOT DALAM KERJA FISIK



Struktur kimia dan adenosin trifosfat

SISTEM OTOT SKELETAL

Olahraga dan aktifitas fisik menggunakan **otot skeletal** untuk menghasilkan kekuatan yang menggerakkan tulang melalui tendon.



Tulang akan bergerak di sepanjang vektor kekuatan dalam kisaran gerak yang spesifik-sendiri untuk mentransfer kekuatan



Otot+tulang+ATP

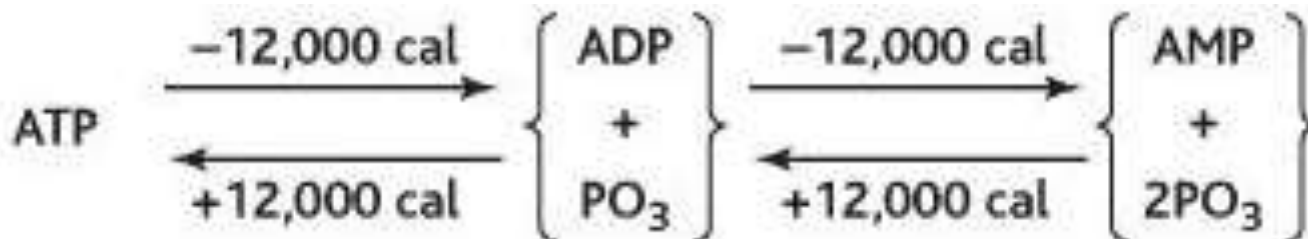
misalnya **melempar bola basket kepada keranjangnya**

ADENOSIN TRIFOSFAT (ATP)

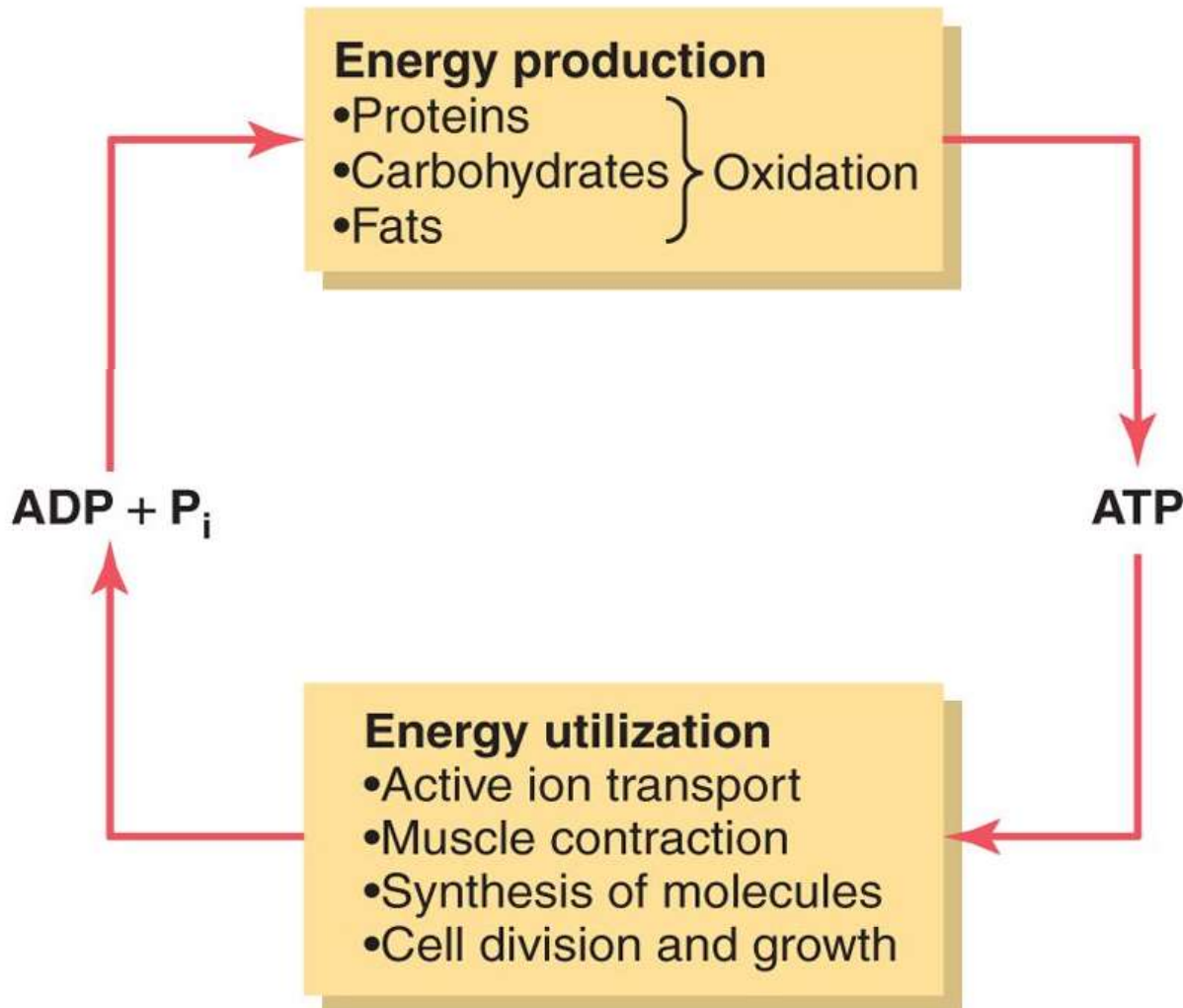
- ◉ Sumber energi yg digunakan untuk kontraksi otot → ATP



- ◉ 1 radikal fosfat dilepaskan, >7.300 kalori energi dibebaskan untuk menggerakkan proses kontraksi otot.



ATP ADALAH PENYEDIA ENERGI TUBUH



ATP sebagai rantai penghubung utama antara sistem penghasil energi dan sistem penggunaan energi tubuh

ENERGI UNTUK KONTRAKSI: ATP & PHOSPHOCREATINE

- Otot disebut sebagai mesin pengubah energi kimia menjadi energi mekanis
- Sumber energi utama adalah fosfat
- Fosfat yang dipakai oleh otot berasal dari penguraian karbohidrat (penguraian glukosa menjadi CO₂ dan H₂O) dan lipid (FFA : Free Fatty Acid) serta fosforilkreatin
- Saat istirahat ATP di mitokondria melepaskan fosfat ke kreatin → fosforilkreatin

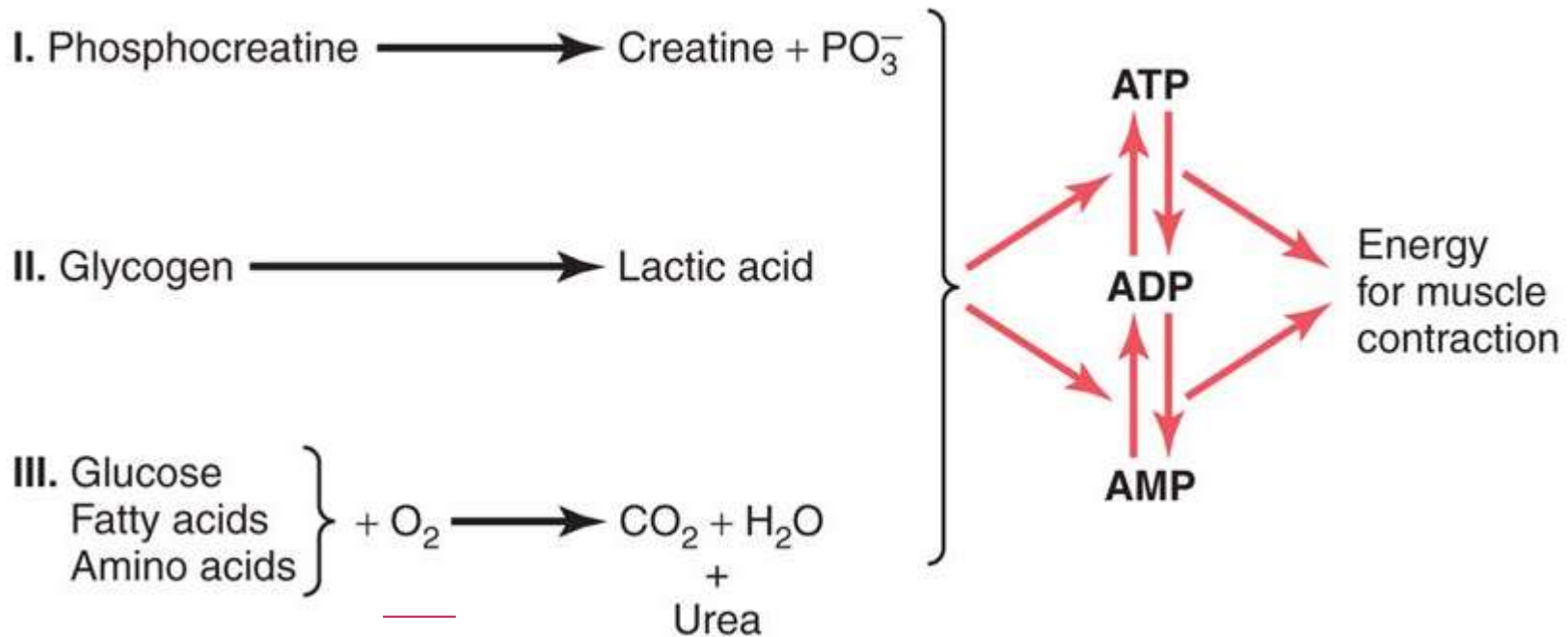
Sherwood. Fisiologi manusia dari sel ke sistem edisi 6. hal.298

Silverthorn, Human physiology integrated approach 5th, hal.420

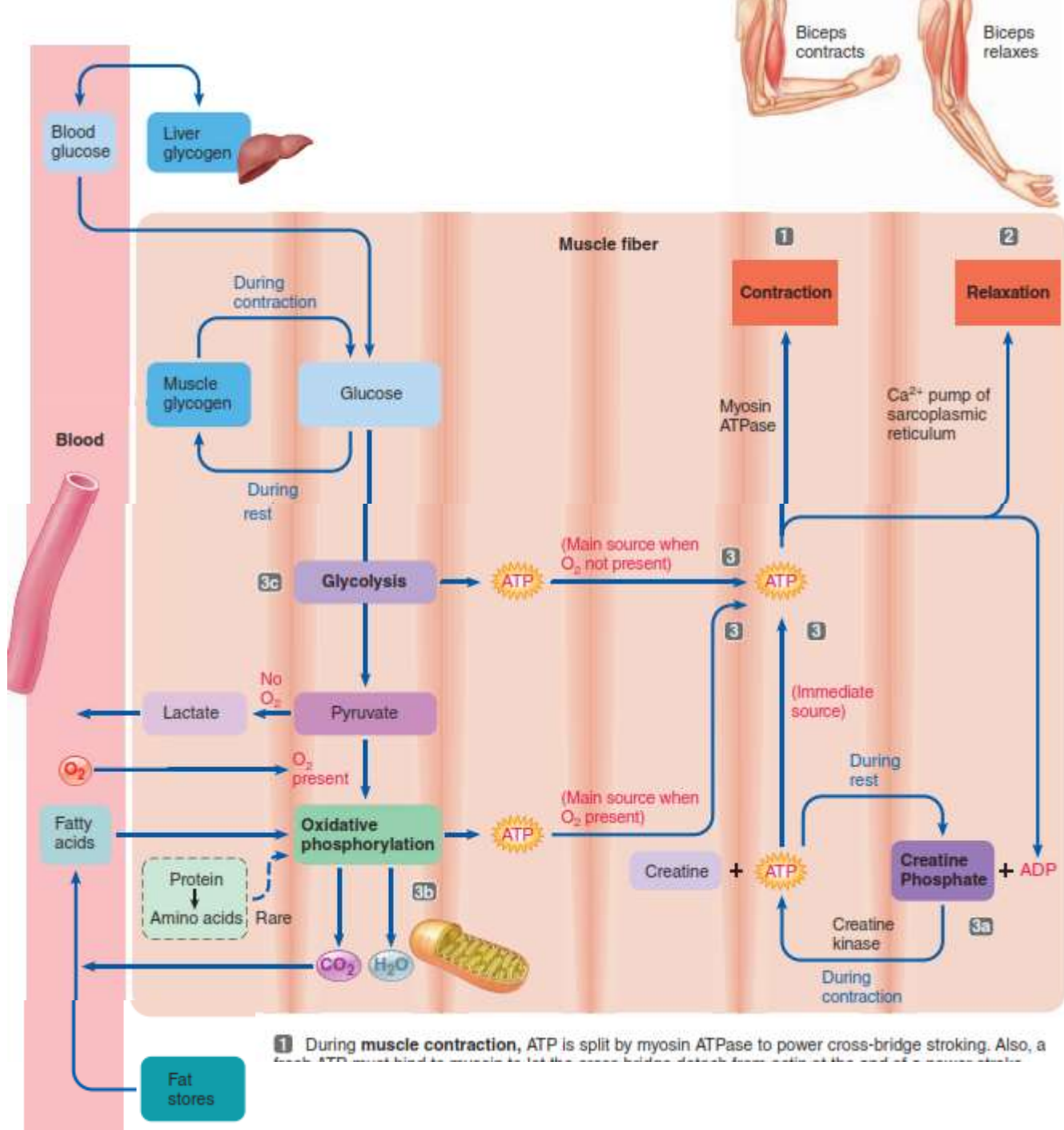
SISTEM METABOLIK OTOT DALAM LATIHAN

- Di dalam otot terdapat sistem metabolik dasar yang sama seperti di dalam semua bagian tubuh yang lain
 - Sistem metabolik tersebut:
 - 1) Sistem fosfokreatin-kreatin
 - 2) Sistem glikogen-asam laktat
 - 3) Sistem aerobik
- } Sistem anaerobik

SISTEM METABOLISME ENERGI



Ketiga sistem metabolisme yg terus menerus menyuplai ATP dalam serat otot



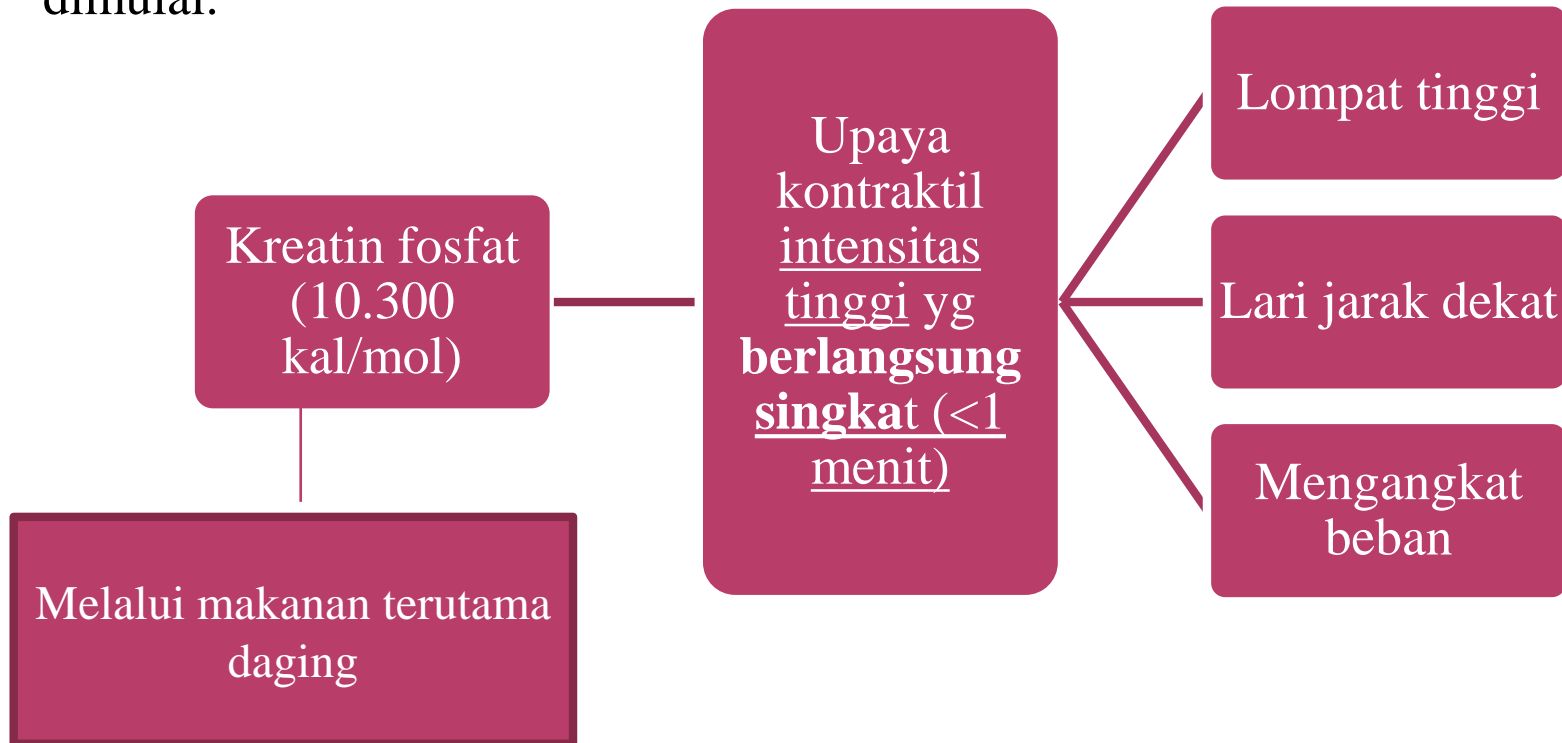
JALUR METABOLIK YANG MENGHASILKAN ATP SELAMA KONTRAKSI DAN RELAKSASI OTOT

1 During muscle contraction, ATP is split by myosin ATPase to power cross-bridge stroking. Also, a fresh ATP must bind to myosin to let the cross-bridges detach from actin at the end of a power stroke.

I. SISTEM KREATIN FOSFAT

Creatine ~ PO_3^-

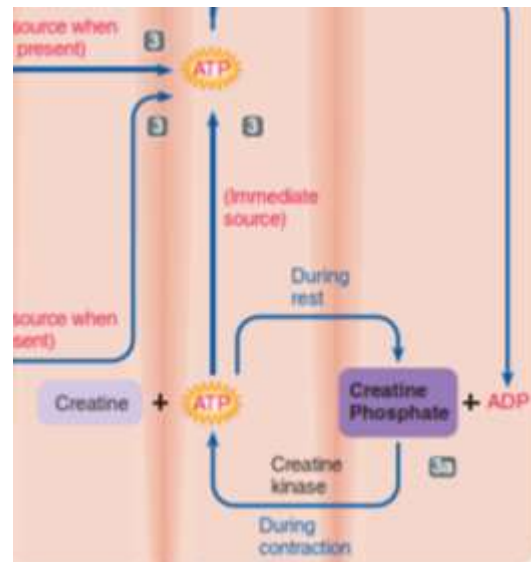
- Kreatin fosfat → mengandung ikatan fosfat energi tinggi yg dapat digunakan regenerasi ATP dengan cepat kepada ADP. Sumber energi pertama untuk memasok ATP tambahan ketika olahraga dimulai.



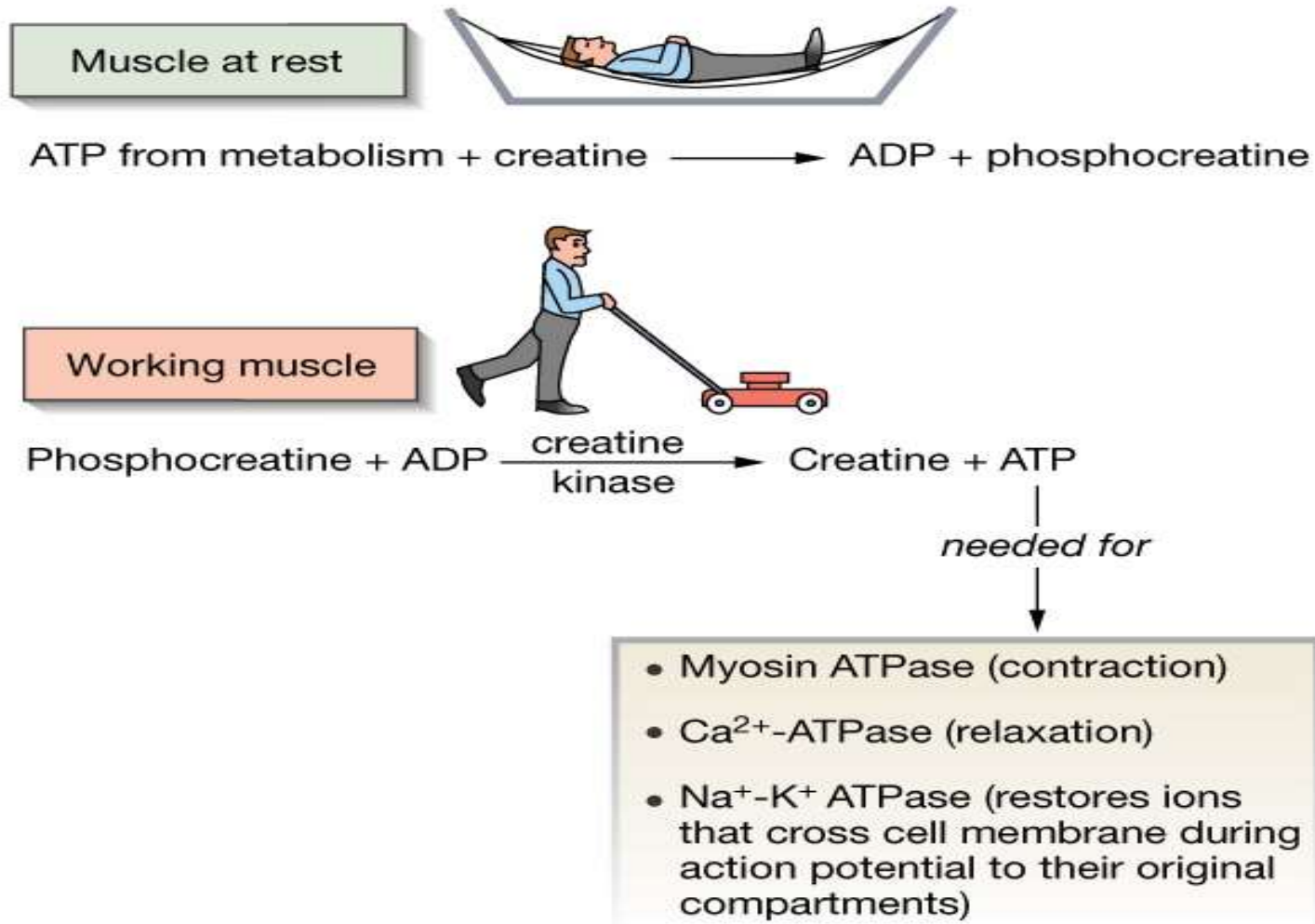
SISTEM KREATIN FOSFAT (CONT..)

Gabungan ATP sel dan fosfokreatin → sistem energi fosfagen mendukung daya otot maksimal selama 8-10 detik → lari 100 m

Energi dari sistem fosfagen digunakan untuk letupan-letupan singkat tenaga otot maksimal.



ENERGI UNTUK KONTRAKSI: ATP DAN PHOSPHOCREATINE



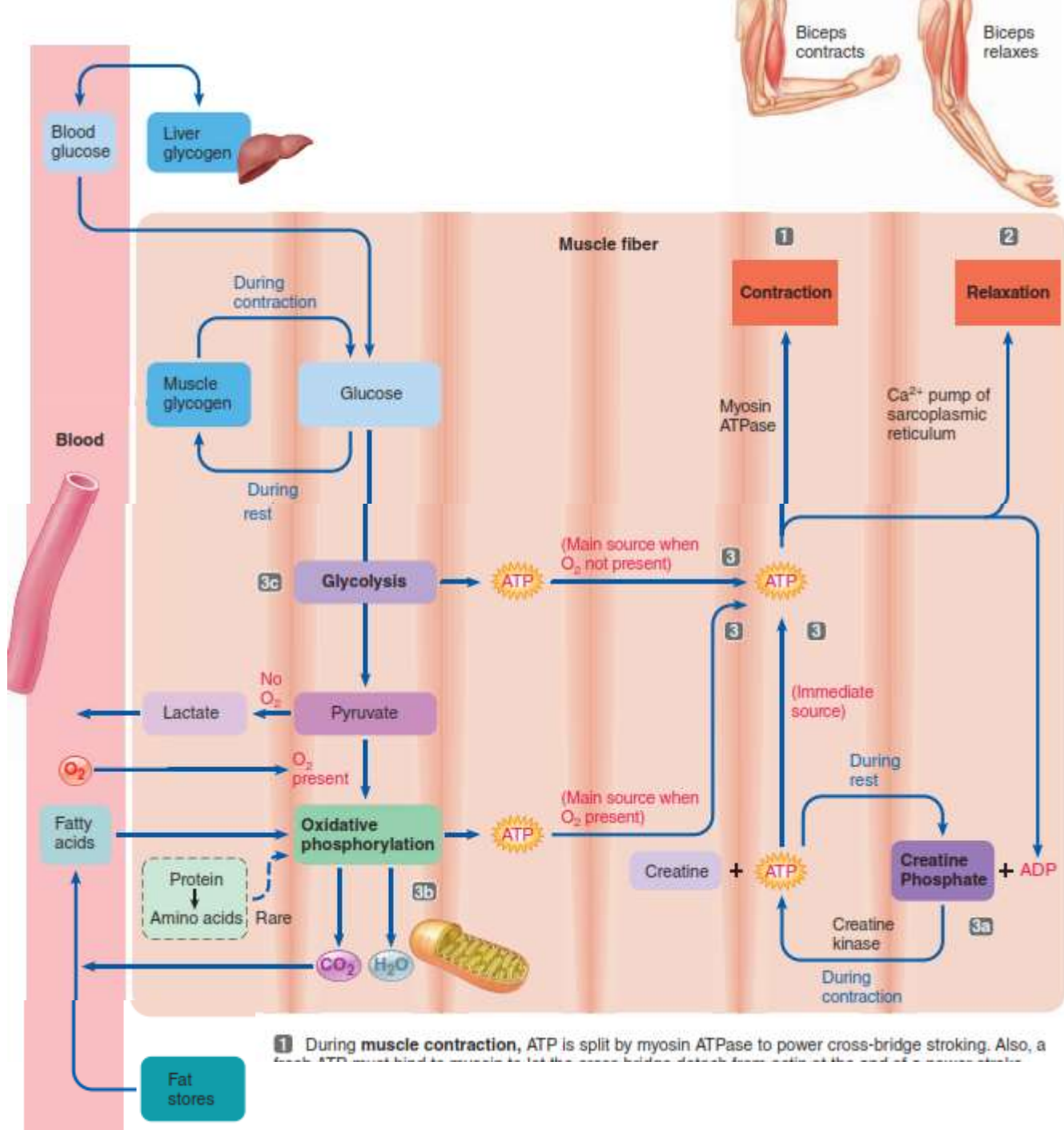
SISTEM KREATIN FOSFAT (CONT..)

- ◉ Pemberian kreatin tambahan bagi otot → simpanan kreatin fosfat bertambah → peningkatan kinerja aktivitas yg memerlukan **letupan energi singkat**.
- ◉ Suplemen kreatin harus di gunakan hati-hati!
- ◉ Simpanan kreatin tambahan **tidak bermanfaat** pada aktivitas yg memerlukan **waktu lama** yang mengandalkan mekanisme-mekanisme pemasok energi jangka panjang.

II. FOSFORIOLASI OKSIDATIF (SISTEM AEROBIK)

- ⊙ Jika aktivitas kontraktil dependen energi akan dilanjutkan → otot beralih ke jalur alternatif fosforilasi oksidatif dan glikolisis untuk ATP.
- ⊙ Berlangsung di **mitokondria otot** jika **tersedia O₂**.
- ⊙ Jalur ini dijalankan oleh glukosa atau asam lemak.
- ⊙ Menghasilkan **36 molekul ATP** untuk setiap molekul glukosa.
- ⊙ Fosforilasi oksidatif relatif **lambat** karena banyaknya tahap yg harus dilalui.
- ⊙ Sistem ini dapat berlangsung beberapa jam (tergantung pada intensitas exercise serta ketersediaan substrat → glukosa, asam lemak, asam amino)
- ⊙ Olahraga ringan (jalan kaki) sampai sedang (joging atau berenang) → **Olahraga aerobik** atau **olahraga bersifat daya tahan**

- ⊙ Sumber glukosa dan asam lemak berasal dari makanan yg masuk.
- ⊙ **Otot** mampu menyimpan glukosa dlm **jumlah terbatas** (glikogen).
- ⊙ Taktik yg digunakan sebagian atlet sebelum pertandingan → peningkatan asupan karbohidrat sebelum suatu pertandingan



JALUR METABOLIK YANG MENGHASILKAN ATP SELAMA KONTRAKSI DAN RELAKSASI OTOT

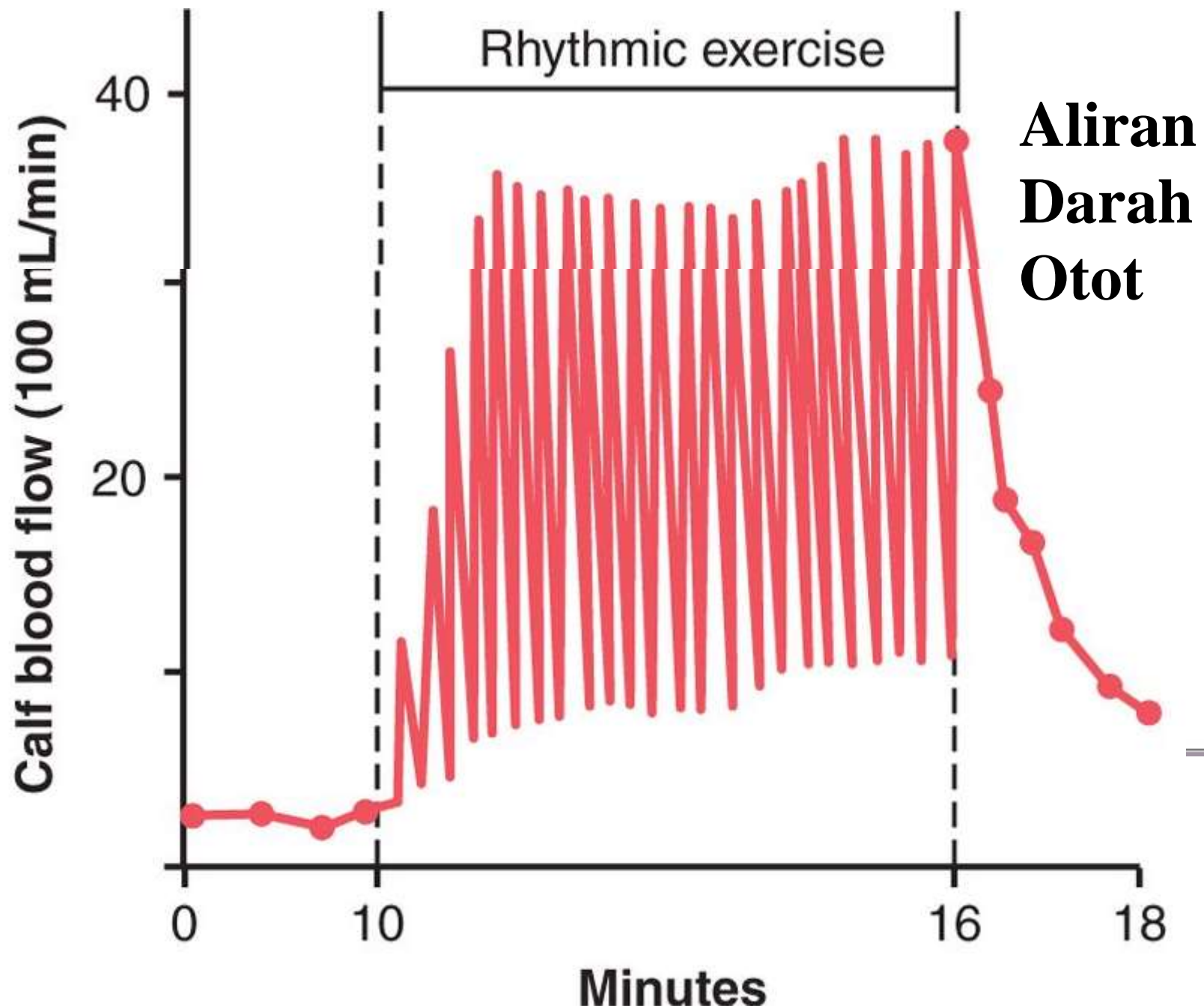
MEKANISME PENINGKATAN O₂ KE OTOT SEWAKTU OLAHRAGA:

- ⊙ **Pernapasan yg lebih cepat dan dalam** → peningkatan O₂ yg masuk
- ⊙ **Kontraksi jantung lebih cepat dan lebih kuat** → memompa lbh banyak darah ber-O₂ ke jaringan
- ⊙ **Lbh banyak darah yg dialihkan ke otot yg sedang beraktifitas** → dilatasi pembuluh darah yg mendarahnya
- ⊙ **Molekul Hb yg membawa O₂ dlm darah mengeluarkan lbh banyak O₂ di otot yg sedang beraktifitas.**
- ⊙ **Mioglobin** → mempercepat pemindahan O₂ dari darah ke otot

BEBERAPA FAKTOR SAAT TIDAK TERCUKUPI KESEDIAAN O₂ PADA SAAT EXERCISE

- Terdapat pembatasan respiratorik dan kardiovaskular mengenai berapa banyak penyerapan dan pengangkutan O₂ yg dapat disalurkan ke otot.
- Kontraksi maksimal pada otot yg berkontraksi → kontraksi yg kuat menekan pembuluh darah yg berjalan melintasi otot hingga hampir tertutup.
- O₂ tersedia → system fosforilasi oksidatif yg relative lambat tdk mampu menghasilkan ATP cukup cepat.

Kontraksi pada otot yg berkontraksi terhadap aliran darah otot



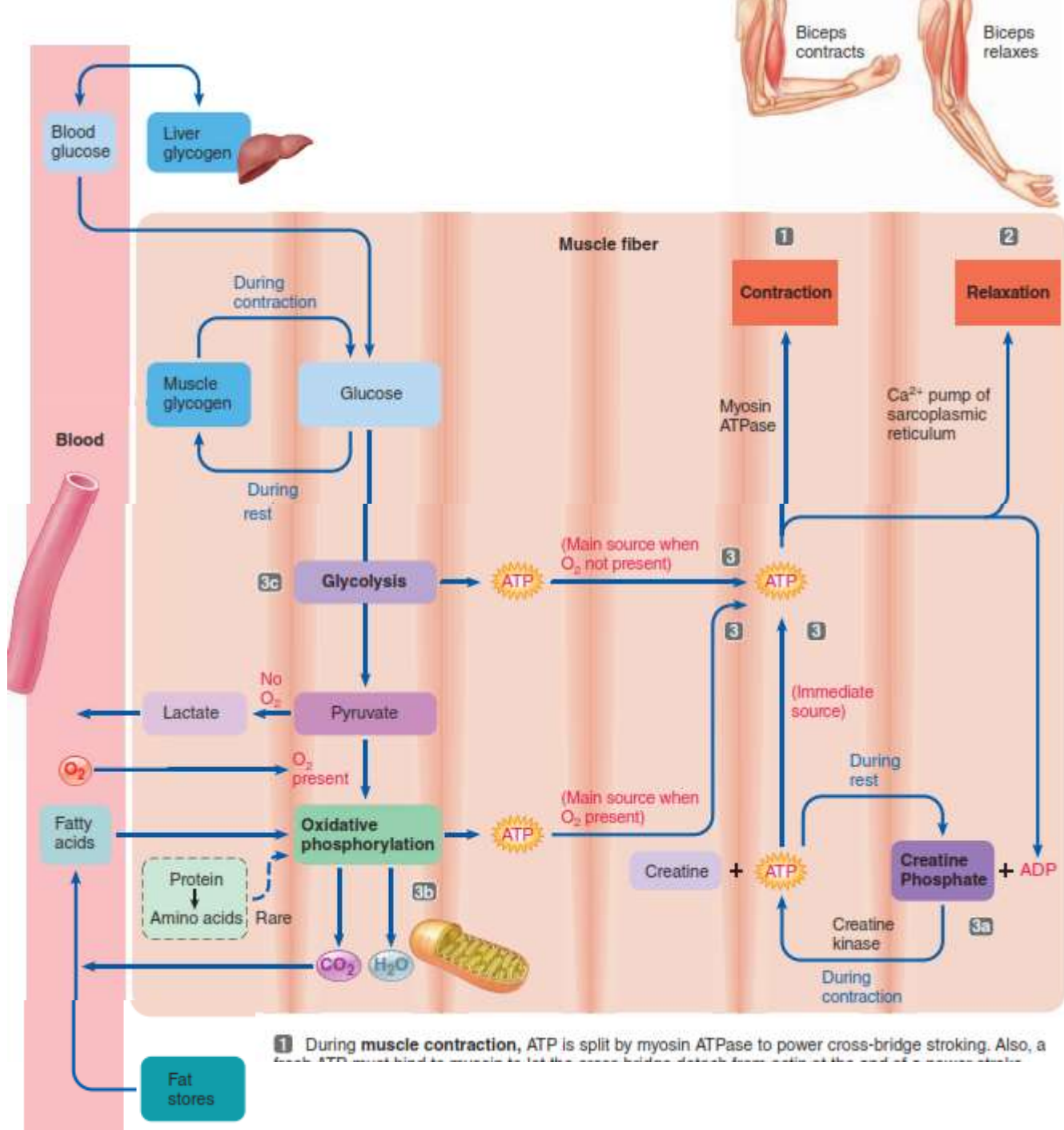
III. GLIKOLISIS

(SISTEM GLIKOGEN ASAM LAKTAT)

- Reaksi kimiawi pada glikolisis menghasilkan produk-produk yg akhirnya masuk ke jalur fosforilasi oksidatif, ttp juga dpt berlangsung tanpa produk-produknya diproses lbh lanjut oleh fosforilasi oksidatif.

Keunggulan dibandingkan jalur fosforilasi oksidatif

- Glikolisis dpt membentuk ATP tanpa O₂
- Berlangsung lbh cepat drpd fosforilasi oksidatif



JALUR METABOLIK YANG MENGHASILKAN ATP SELAMA KONTRAKSI DAN RELAKSASI OTOT

Anaerobic conditions



Aerobic conditions



- ⊙ Pada anaerob → Energi di dalam molekul glukosa yg belum diambil tetap tersimpan dalam ikatan-ikatan molekul **asam piruvat** → asam laktat jika tdk masuk ke jalur → **fosforilasi oksidatif (36 mol ATP/mol glukosa)**

SISTEM GLIKOGEN ASAM LAKTAT (CONT.)

- ⊙ Membentuk molekul ATP 2,5x > cepat daripada mekanisme oksidatif mitokondria.
- ⊙ Kontraksi otot untuk waktu singkat sampai sedang
- ⊙ Digunakan untuk memperpanjang waktu kontraksi yang maksimal 1,3-1,6 menit.
- ⊙ Olahraga anaerob atau intensitas tinggi

KEKURANGAN SYSTEM GLIKOLISIS

- ◉ Jauh kurang efisien dibandingkan dgn fosforilasi oksidatif dlm mengubah energi menjadi ATP.
- ◉ Sel otot menyimpan glikogen dlm jumlah terbatas → glikolisis cepat menguras simpanan glikogen otot.
- ◉ Ketika produk akhir glikolisis anaerob (asam piruvat) tdk dpt diproses oleh fosforilasi oksidatif → asam laktat

PERBANDINGAN SUPLAI ENERGI DARI BERBAGAI SISTEM METABOLISME ENERGI TUBUH

In comparing this aerobic mechanism of energy supply with the glycogen-lactic acid system and the phosphagen system, the relative *maximal rates of power generation* in terms of moles of ATP generation per minute are the following:

Kecepatan pembentukan ATP	Moles of ATP/min
Phosphagen system	4
Glycogen-lactic acid system	2.5
Aerobic system	1

When comparing the same systems for endurance, the relative values are the following:

Lama ketahanan ATP	Time
Phosphagen system	8-10 seconds
Glycogen-lactic acid system	1.3-1.6 minutes
Aerobic system	Unlimited time (as long as nutrients last)

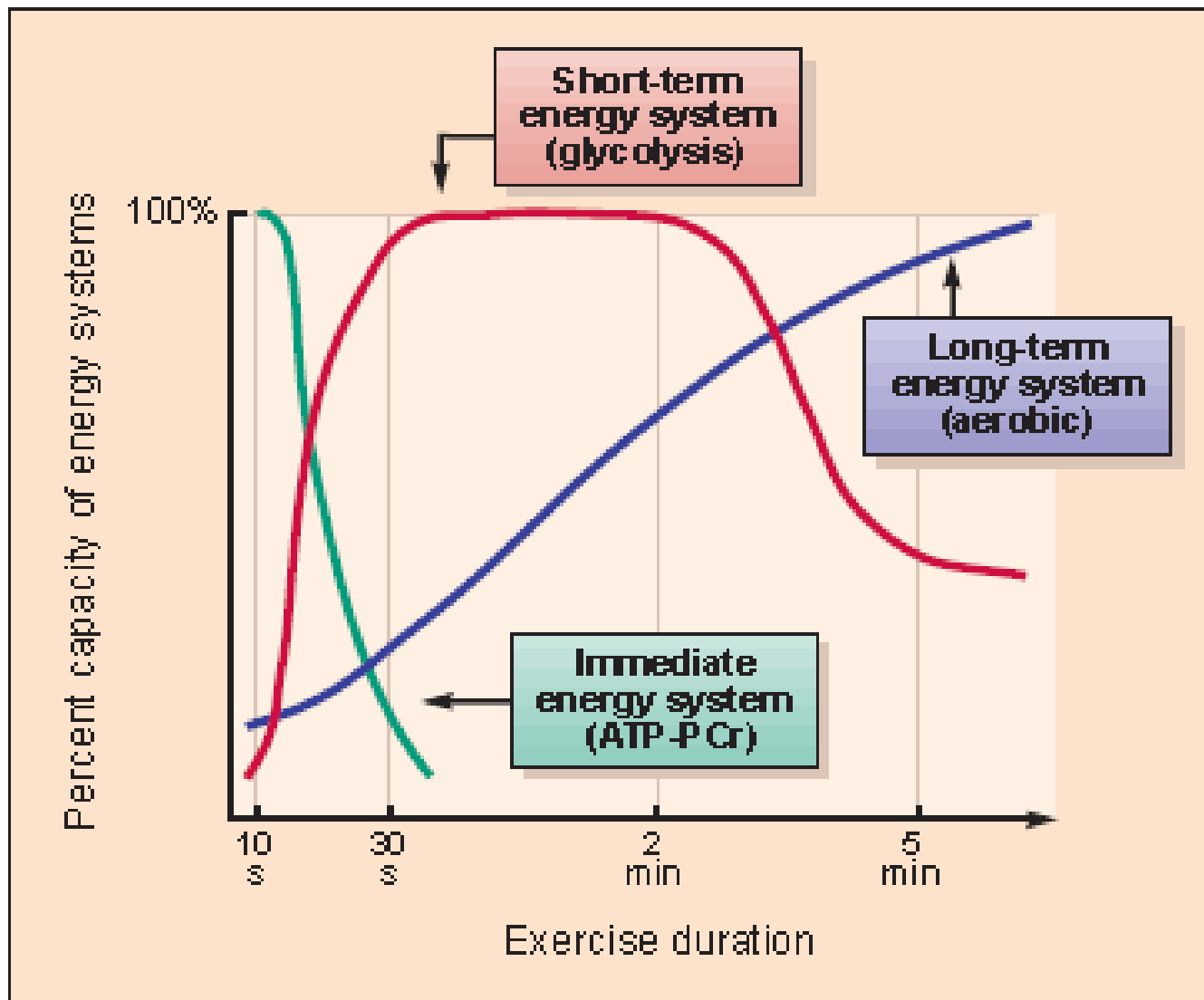


Figure 7.2 Three energy systems and their percentage contribution to total energy output during all-out exercise of different durations.

SISTEM ENERGI YANG DIGUNAKAN DALAM BERBAGAI JENIS OLAHRAGA

Phosphagen System, Almost Entirely

100-meter dash

Jumping

Weight lifting

Diving

Football dashes

Baseball triple

Phosphagen and Glycogen-Lactic Acid Systems

200-meter dash

Basketball

Ice hockey dashes

Glycogen-Lactic Acid System, Mainly

400-meter dash

100-meter swim

Tennis

Soccer

Glycogen-Lactic Acid and Aerobic Systems

800-meter dash

200-meter swim

1500-meter skating

Boxing

2000-meter rowing

1500-meter run

1-mile run

400-meter swim

Aerobic System

10,000-meter skating

Cross-country skiing

Marathon run (26.2 miles, 42.2km)

Jogging

Olahraga jenis apa? Menggunakan sistem mana?



Figure 13.1 Classification of physical activity based on duration of all-out exercise and corresponding predominant intracellular energy pathways.

PEMULIHAN SETELAH KERJA FISIK

PEMULIHAN SETELAH EXERCISE DIPERLUKAN:

- Pelunasan **defisit oksigen** yg terjadi selama OR → aktifitas kontraktile di topang oleh ATP non-oksidadif.
 - Simpanan keratin fosfat otot-otot aktif berkurang.
 - Asam laktat menumpuk
 - Simpanan glikogen terkuras



Oksigen diperlukan untuk pemulihan system-system energi

PEMULIHAN SISTEM METABOLISME OTOT SETELAH KERJA FISIK

- ◉ Pasokan ATP segar oleh fosforilasi oksidatif → O₂ peningkatan bernapas setelah OR.
- ◉ ATP menyusun kembali keratin fosfat (menit)
- ◉ Asam laktat → asam piruvat
- ◉ Sisa asam piruvat → diubah kembali menjadi glukosa oleh hati → simpanan glikogen di otot dan hati (beberapa jam)
- ◉ Energi dari glikogen-asam laktat → menyusun kembali fosfokreatin maupun ATP
- ◉ Energi dan metabolisme oksidatif sistem aerobik → menyusun kembali semua sistem yg lain (ATP, fosfokreatin dan sistem glikogen-asam laktat).

PEMULIHAN SISTEM AEROBIK SETELAH KERJA FISIK

Kemampuan energi
aerobic (atlit)
berkurang

```
graph TD; A[Kemampuan energi aerobic (atlit) berkurang] --> B[1. Utang oksigen]; A --> C[2. Pengurangan cadangan glikogen otot];
```

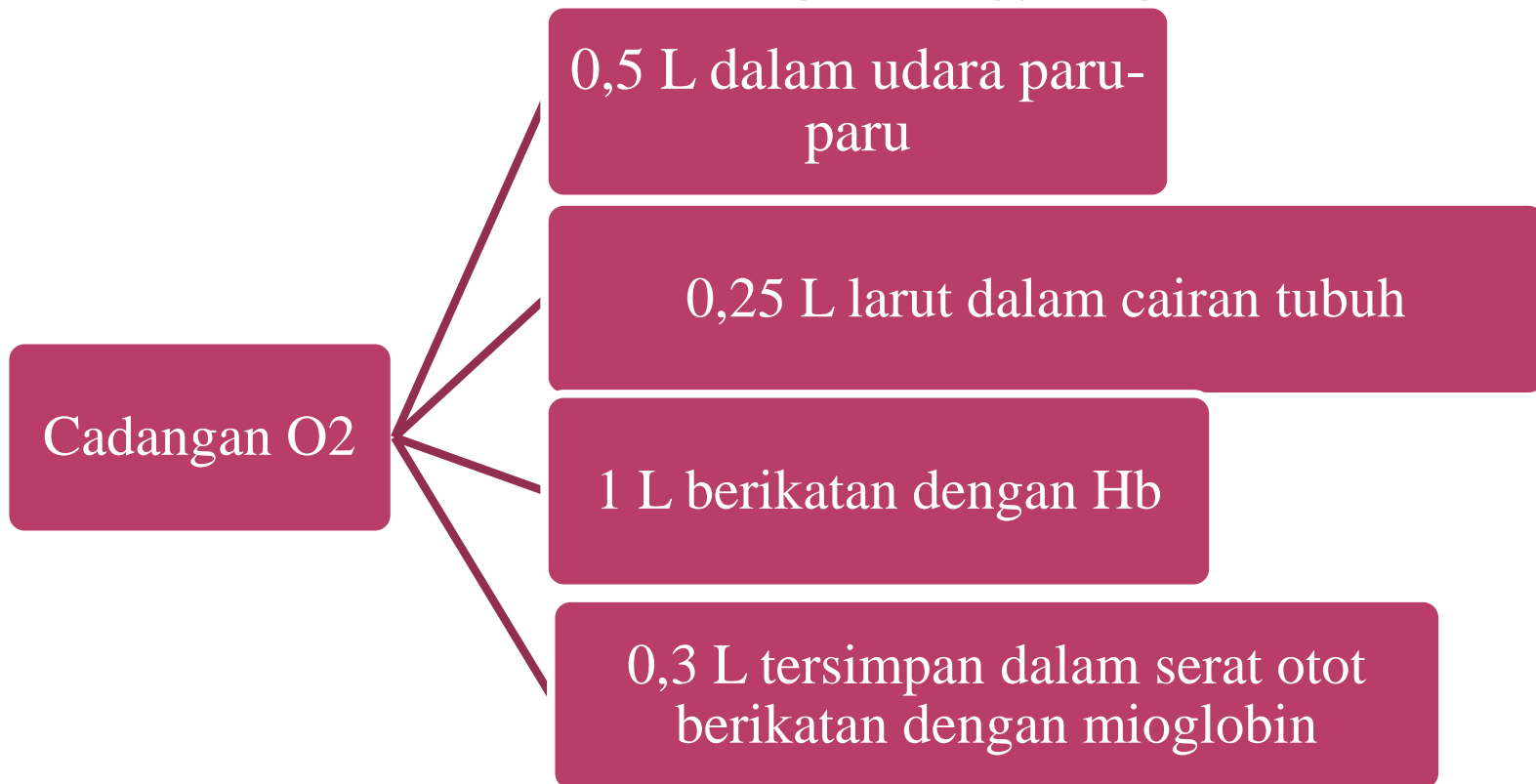
1. Utang oksigen

2. Pengurangan
cadangan glikogen
otot

1.UTANG OKSIGEN

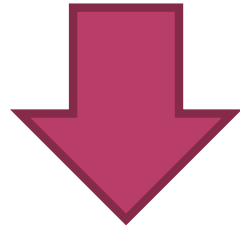
UTANG OKSIGEN!→ 11,05 L

- Tubuh normalnya memiliki 2 L oksigen cadangan u/metabolisme aerobik tanpa menghirup O₂ baru!



UTANG OKSIGEN (CONT..)

Cadangan O₂ digunakan pada kerja fisik yg berat dalam waktu sekitar 1 menit → metabolisme aerobik



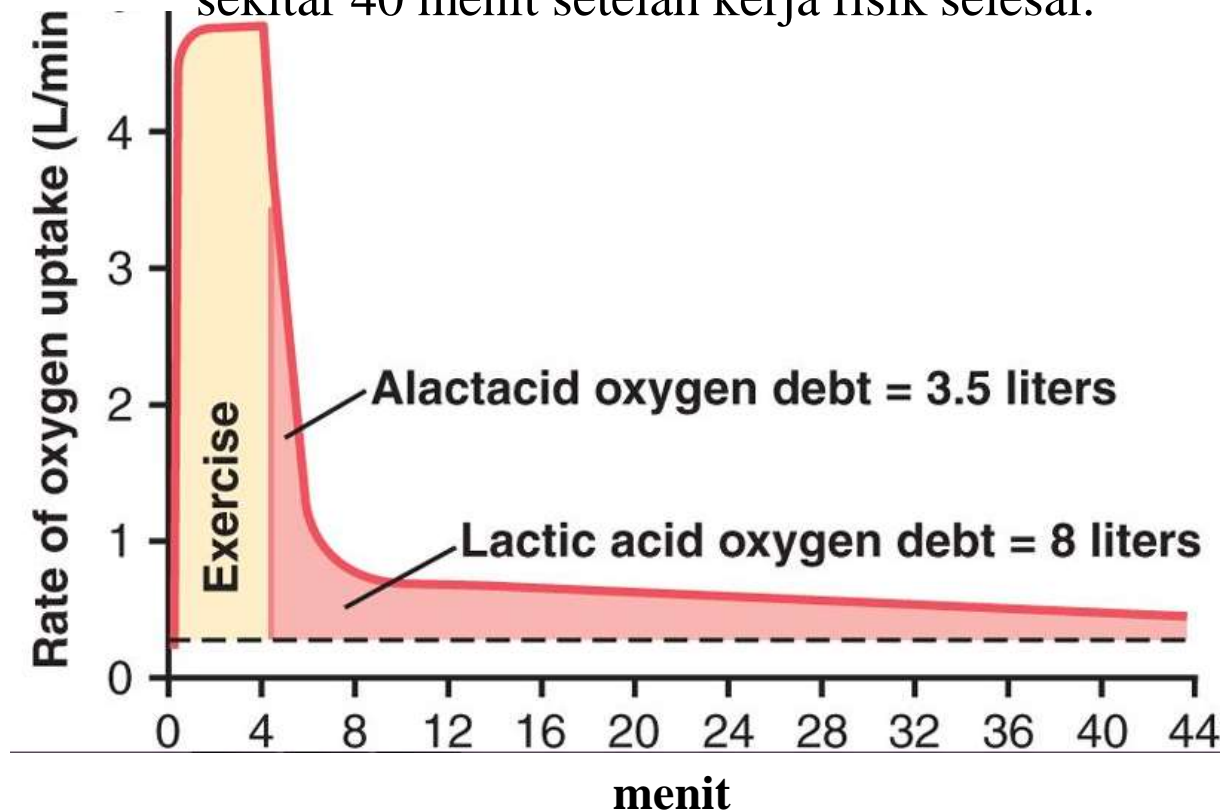
Kerja fisik selesai

- ◉ Menghirup O₂ **melebihi kebutuhan normal**
- ◉ 9 L, O₂ harus di konsumsi → penyusunan kembali sistem fosfagen dan sistem asam laktat
- ◉ 2 L, O₂ untuk membayar utang O₂ (cadangan O₂)

Total~11,05L

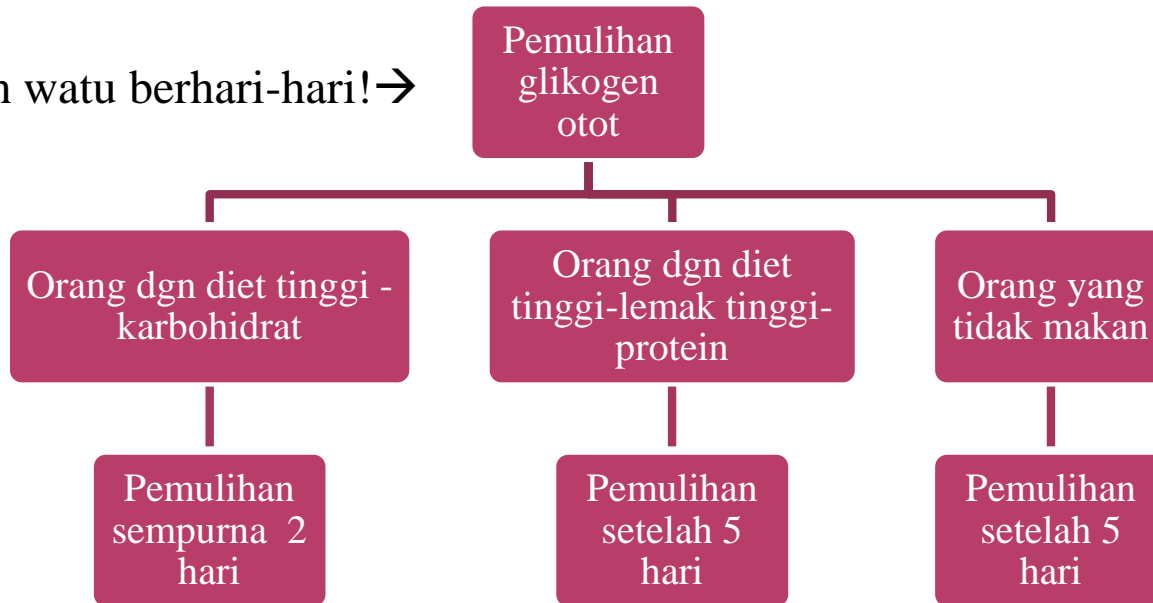
PRINSIP UTANG OKSIGEN

Kecepatan ambilan oksigen oleh paru-paru selama kerja fisik maksimal selama 4 menit meningkat $>15x$ dan kemudian selama sekitar 40 menit setelah kerja fisik selesai.



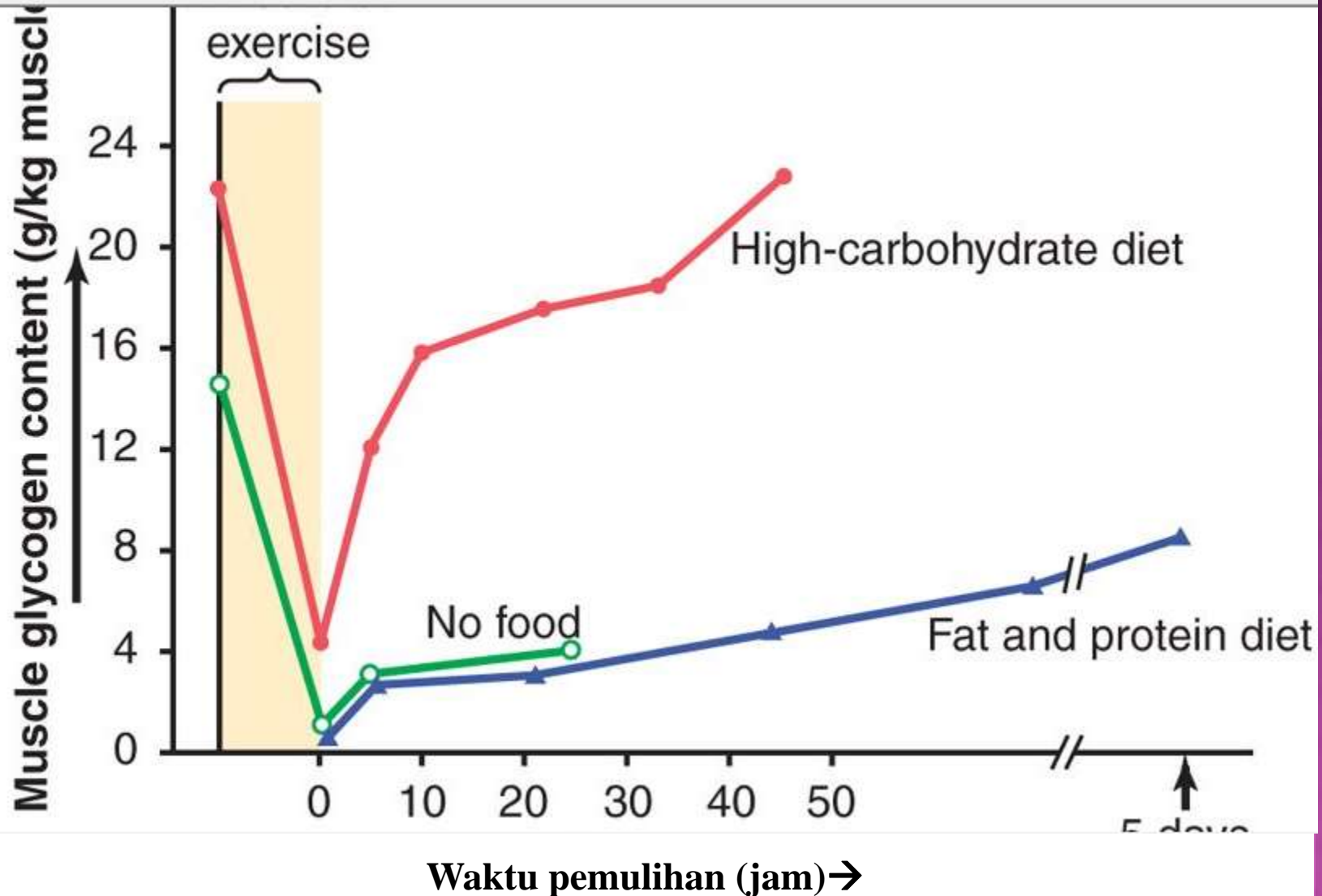
2. PEMULIHAN GLIKOGEN OTOT

Membutuhkan waktu sehari-hari! →



- **Penting** bagi seorang atlet **u/diet tinggi karbohidrat** sebelum mengikuti perlombaan atletik yg melelahkan
- **Tidak berpartisipasi dalam kerja fisik** yg melelahkan selama 48 jam **sebelum pertandingan**

PENGARUH DIET TERHADAP KECEPATAN PENGISIAN KEMBALI GLIKOGEN OTOT (KANDUNGAN GLIKOGEN OTOT) SETELAH KERJA FISIK YANG LAMA



ZAT GIZI YANG DIGUNAKAN SELAMA AKTIVITAS OTOT

Kondisi terbaik Perlombaan atletik ketahanan berlangsung >4-5 jam

Cadangan glikogen otot hampir habis seluruhnya

Tidak menimbulkan kontraksi otot

Butuh! Energi lain

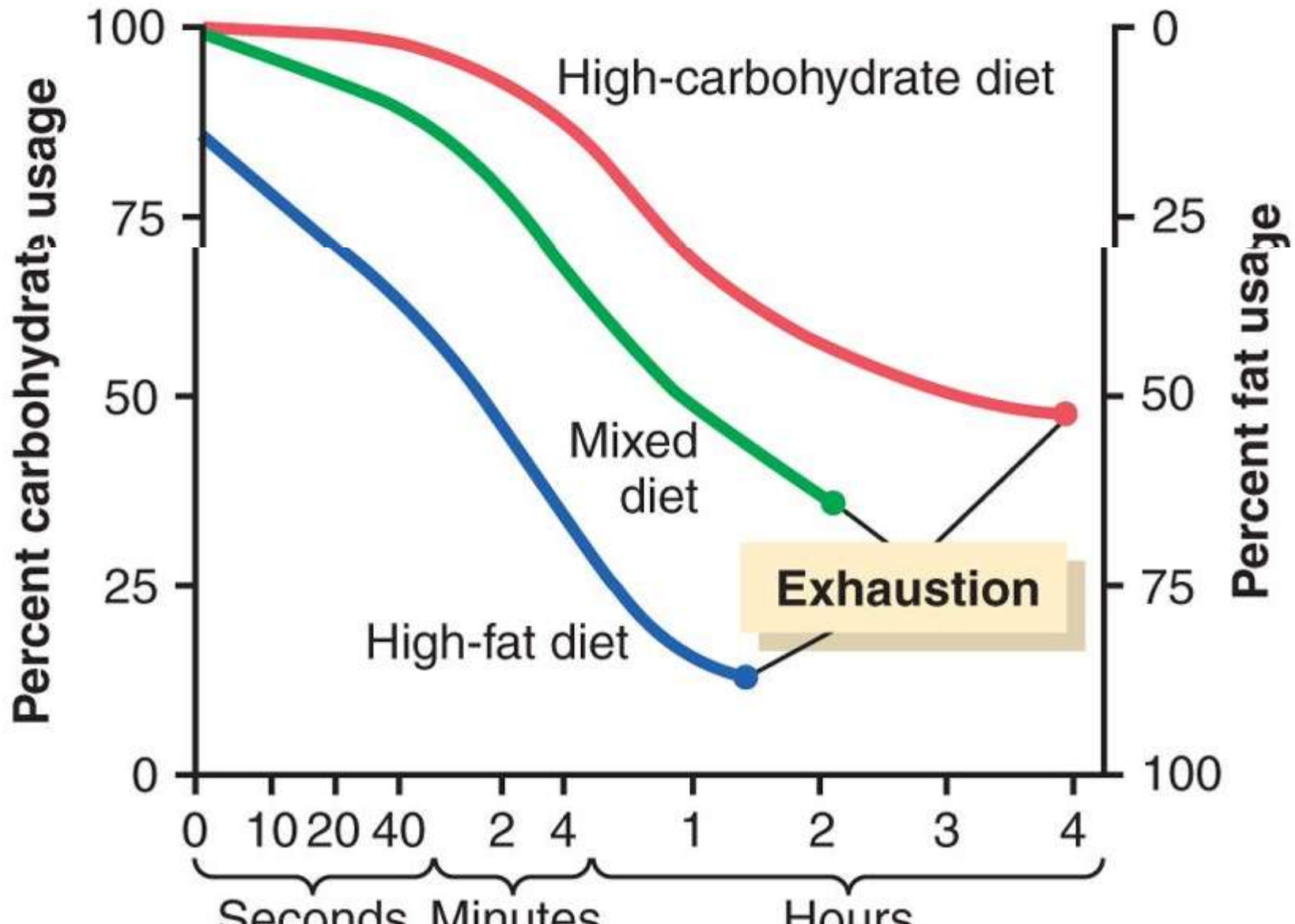
Protein (asam amino)

Lemak (asam lemak dan asam asetoasetat) 60-80%

Energi karbohidrat:

- ⊙ Simpanan glikogen otot
- ⊙ Glikogen di hati
- ⊙ Glukosa darah

EFEK LAMANYA KERJA FISIK DAN JENIS DIET TERHADAP PRESENTASE RELATIVE PEMAKAIAN KARBOHIDRAT ATAU LEMAK YG DIGUNAKAN SEBAGAI ENERGI OLEH OTOT



TIPE SERAT OTOT RANGKA

- ◉ **Slow Twitch Fiber (Tipe I)**
- ◉ **Fast Twitch Fiber (Tipe II)**

TERDAPAT TIGA JENIS SERAT OTOT RANGKA, BERDASARKAN PERBEDAAN DALAM HIDROLISIS DAN SISNTESES ATP

- ⦿ Serat oksidatif lambat (tipe I)
- ⦿ Serat oksidatif cepat (tipe IIa)
- ⦿ Serat glikolitik (tipe IIx)

*Kecepatan kontraksi

*Jenis enzimatik utama yg digunakan membentuk
ATP

OTOT SERAT CEPAT VS SERAT LAMBAT

Ketahanan terhadap kelelahan rendah sehingga relatif lebih lemah.

- ◉ Tipe otot ini kaya akan glikogen namun mengandung sedikit myoglobin
- ◉ Contoh: **otot gastrocnemius**

Serat otot cepat

Ketahanan terhadap kelelahan tinggi sehingga otot tersebut relatif memiliki daya tahan yang lebih baik

- Densitas kapiler yang tinggi
- Banyak mengandung mitokondria
- Memiliki cadangan energi yang tinggi
- Kaya akan *red pigmentmyoglobin* (penyimpanan O₂ jangka pendek) dan enzim oksidatif
- Contoh: **otot soleus**

Serat otot lambat (tipe I)

▲ TABLE 8-1

Characteristics of Skeletal Muscle Fibers

Characteristic	TYPE OF FIBER		
	Slow-Oxidative (Type I)	Fast-Oxidative (Type IIa)	Fast-Glycolytic (Type IIx)
Myosin-ATPase Activity	Low	High	High
Speed of Contraction	Slow	Fast	Fast
Resistance to Fatigue	High	Intermediate	Low
Oxidative Phosphorylation Capacity	High	High	Low
Enzymes for Anaerobic Glycolysis	Low	Intermediate	High
Mitochondria	Many	Many	Few
Capillaries	Many	Many	Few
Myoglobin Content	High	High	Low
Color of Fiber	Red	Red	White
Glycogen Content	Low	Intermediate	High

PERBEDAAN HEREDITER ANTARA SERAT OTOT BERKEDUT-CEPAT DENGAN SERAT OTOT BERKEDUT-LAMBAT

Latihan atletik **tdk terbukti** dpt mengubah proporsi relatif serat berkedut-cepat dan serat berkedut-lambat.

↓
Warisan genetik

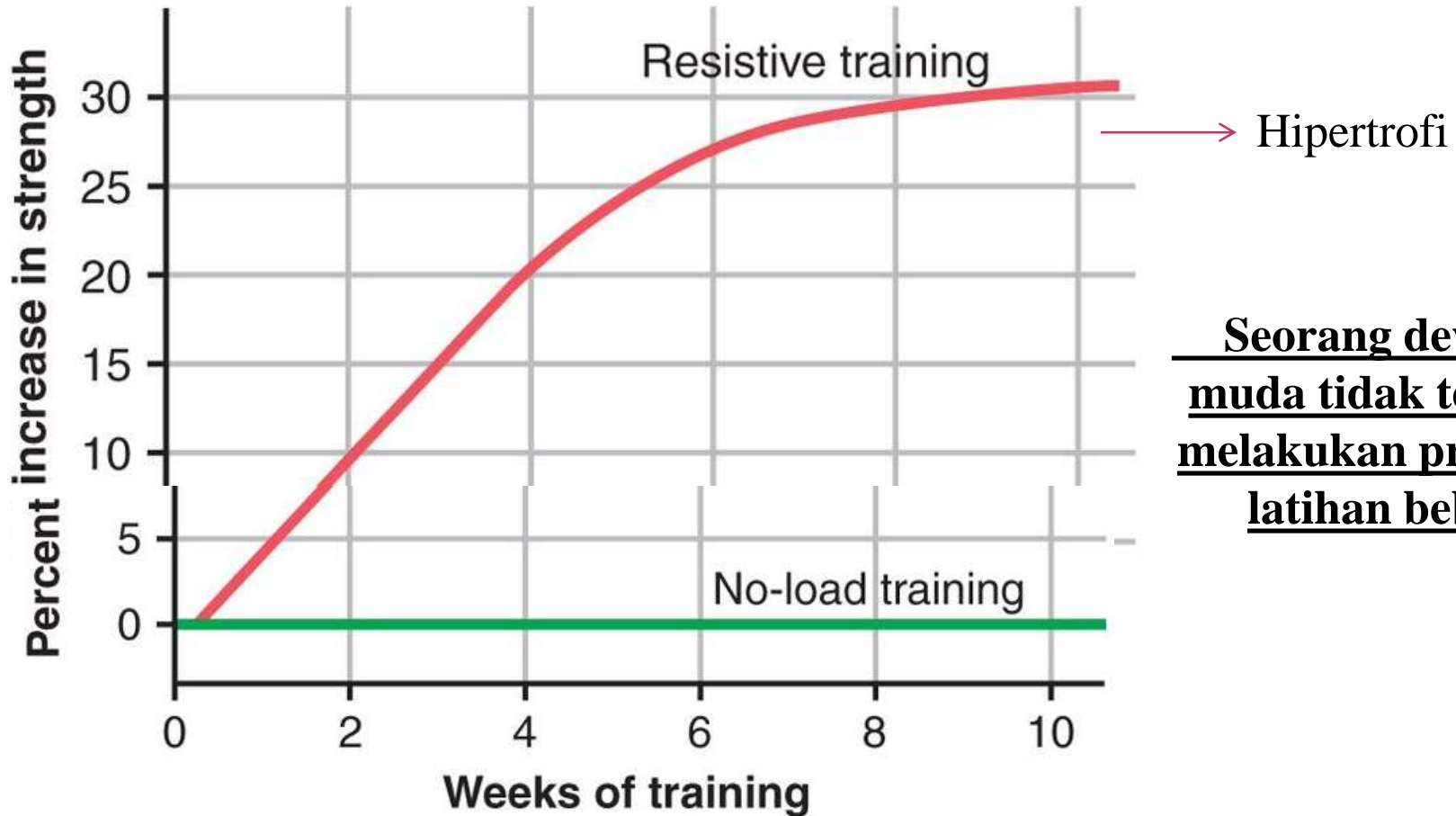
Otot quadricep	Fast-Twitch	Slow-Twitch
Marathoners	18	82
Swimmers	26	74
Average male	55	45
Weight lifters	55	45
Sprinters	63	37
Jumpers	63	37

PENGARUH LATIHAN ATLETIK PADA OTOT DAN KINERJA OTOT

Pentingnya latihan daya tahan maksimal

Prinsip! Otot yg bekerja tanpa beban dilatih berjam-jam → kekuatannya hanya sedikit meningkat dibandingkan dengan otot yg dilatih dengan menggunakan beban.

PERKIRAAN EFEK LATIHAN BEBAN YANG OPTIMAL PADA PENINGKATAN KEKUATAN OTOT SELAMA MASA LATIHAN 10 MINGGU



Seorang dewasa muda tidak terlatih melakukan program latihan beban

HIPERTROFI OTOT

- Otot dapat mengalami hipertrofi (30-60%) → latihan reisitensi anaerob dgn durasi singkat
- Peningkatan diameter serat otot daripada peningkatan jumlah serat

Perubahan yg terjadi dalam serat otot hipertrofi

Peningkatan jumlah miofibril sebanding dgn derajat hipertrofi

Peningkatan enzim mitokondria (120%)

Peningkatan komponen sistem metabolisme fosfagen (60-80%) ATP & fosfokreatin

Peningkatan cadangan glikogen (50%)

Peningkatan cadangan trigliserida (75-100%)

Kemampuan system aerob dan anaerob meningkat

PERNAPASAN DALAM KERJA FISIK

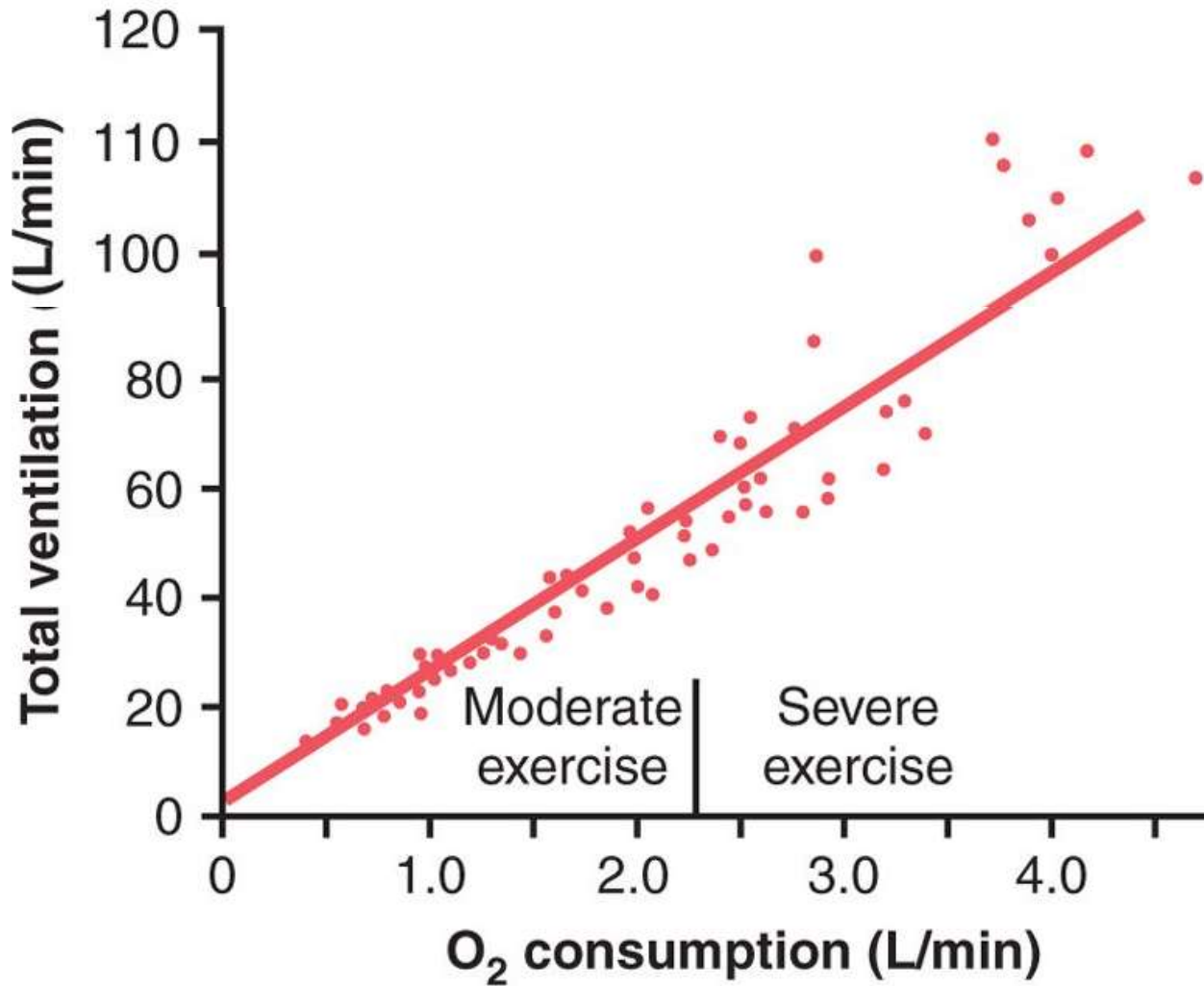
KONSUMSI OKSIGEN DAN VENTILASI PARU PADA KERJA FISIK

Konsumsi O₂ pria dewasa muda sewaktu istirahat adalah **250 ml/menit**.

Pada keadaan maksimal, dapat ditingkatkan sampai sekitar nilai rata-rata berikut ini:

Konsumsi O ₂	ml/min
Untrained average male	3600
Athletically trained average male	4000
Male marathon runner	5100

PENGARUH KERJA FISIK TERHADAP KONSUMSI OKSIGEN DAN KECEPATAN VENTILASI



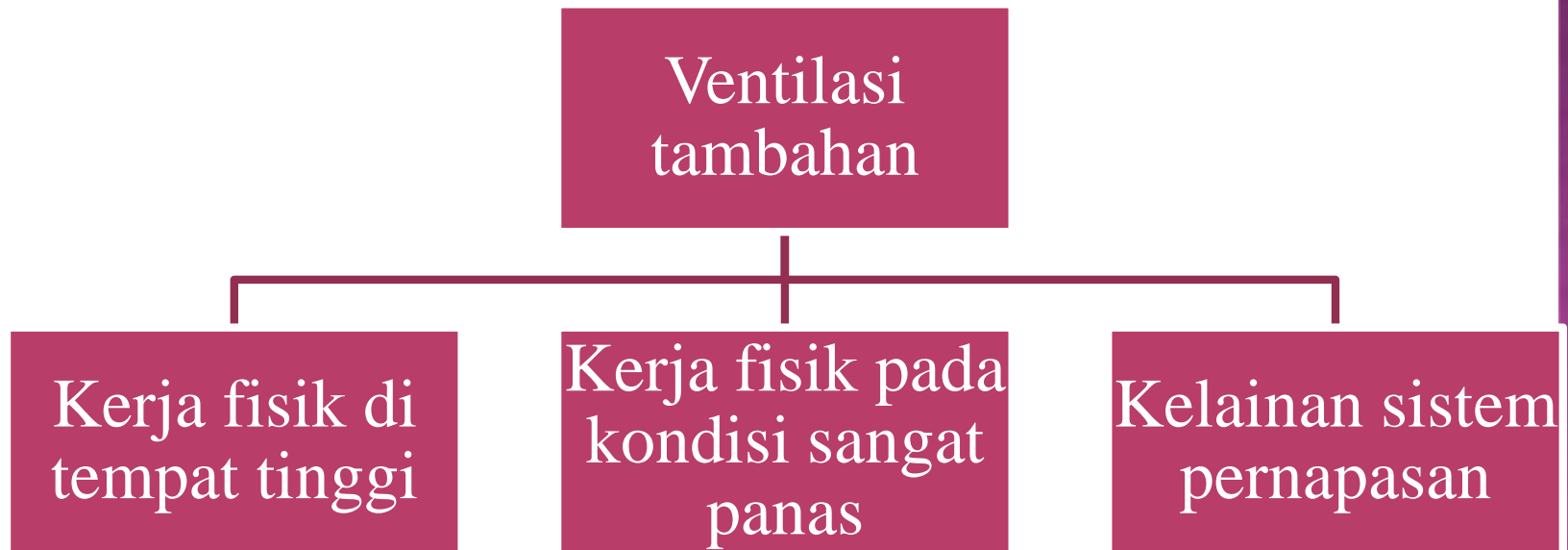
BATAS VENTILASI PARU

- Seberapa berat stres yang diberikan pada sistem pernapasan kita selama kerja?

	L/min
Pulmonary ventilation at maximal exercise	100-110
Maximal breathing capacity	150-170

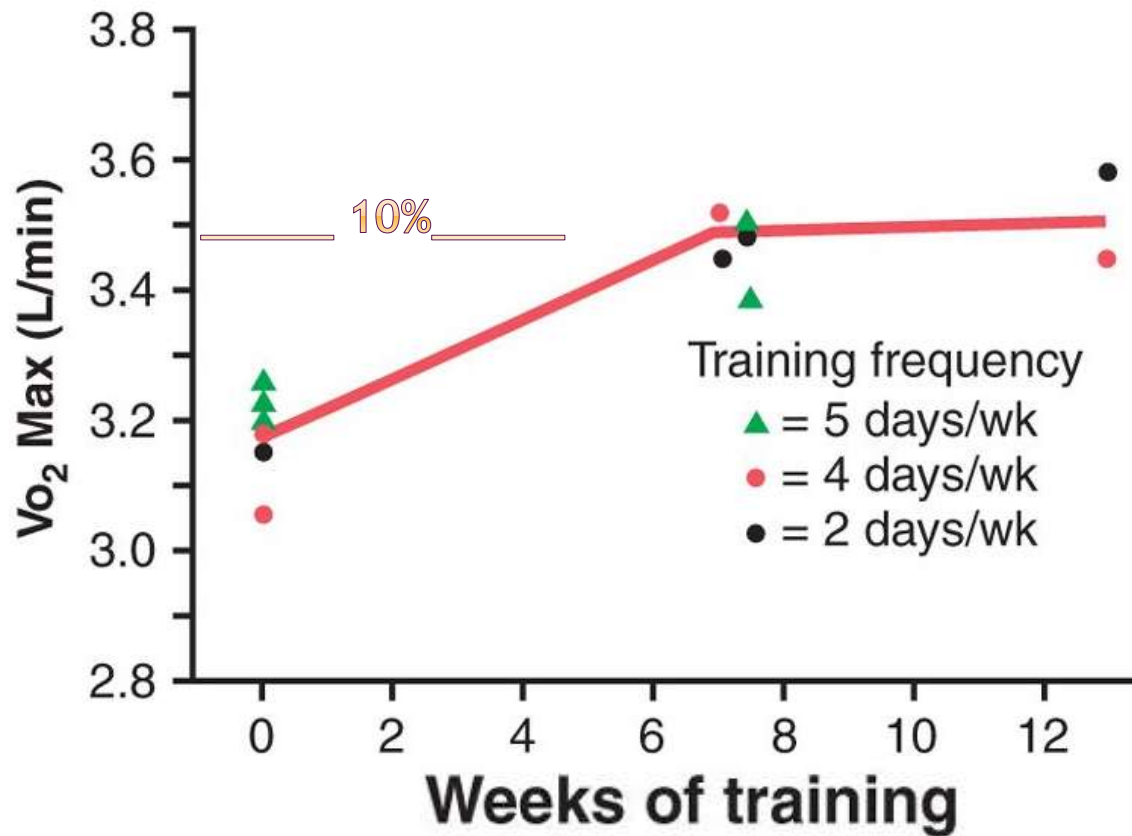
- Kapasitas pernapasan maksimum sekitar 50% > ventilasi paru selama kerja maksimal

VENTILASI TAMBAHAN MENJADI UNSUR KEAMANAN BAGI ATLET



EFEK LATIHAN TERHADAP VO₂ MAKS

VO₂ Maks → kecepatan pemakaian oksigen dalam metabolisme aerob maksimum.



- VO₂ Maks pelari maraton kira-kira 45% > VO₂ Maks orang yg tidak terlatih.
- Latihan bertahun-tahun meningkatkan VO₂ Maks > 10% dari yg terekam dlm latihan jangka pendek

PENINGKATAN KAPASITAS DIFUSI PARU SEWAKTU OLAHRAGA

- ⊙ Kemampuan membran pernapasan dlm pertukaran gas antara alveoli dan darah paru dpt dinyatakan secara kuantitatif dgn **kapasitas difusi membran pernapasan** → volume gas yg berdifusi melalui membran tiap menit pada setiap perbedaan tekanan parsial 1 mm Hg.
- ⊙ Kapasitas difusi pada rata-rata lelaki dewasa muda dlm keadaan istirahat 21 ml/menit/mm Hg.

KAPASITAS DIFUSI OKSIGEN PADA ATLET

- Suatu ukuran kecepatan difusi oksigen dari alveoli paru ke dalam darah (ml/menit/mmHg).

	ml/min
Nonathlete at rest	23
Nonathlete during maximal exercise	48
Speed skaters during maximal exercise	64
Swimmers during maximal exercise	71
Oarsman during maximal exercise	80

KAPASITAS DIFUSI KEADAAN ISTIRAHAT DAN KEADAAN KERJA MAKSIMAL

Keadaan istirahat

Aliran darah melalui banyak kapiler pulmonal mengalir sangat lambat

Keadaan maksimal

Peningkatan aliran darah melalui paru
→ meningkatkan kapasitas difusi

Daerah permukaan tempat oksigen dpt berdifusi ke dalam kapiler pulmonal

Vol. Darah Kapiler paru ↗

Tek. Arteri paru ↗

Vol. Paru ↗

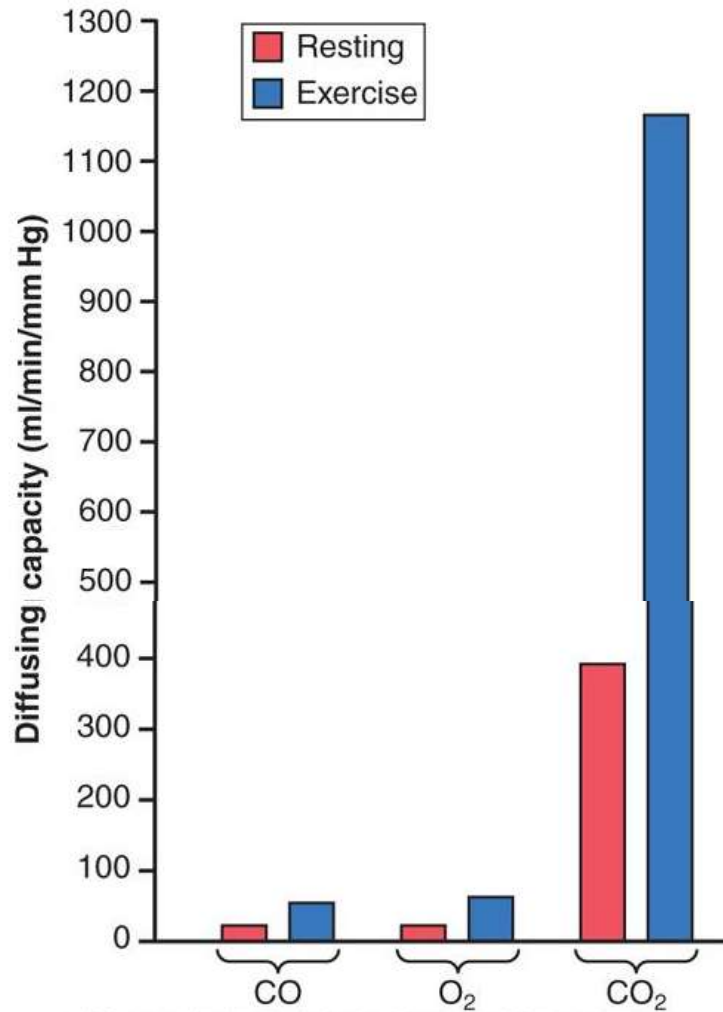
Luas permukaan difusi ↗

Permukaan membran Alveolus ↗

Dorongan darah kapiler paru ↗

KAPASITAS DIFUSI ↗

KAPASITAS DIFUSI UNTUK KARBON MONOKSIDA, OKSIGEN DAN KARBON DIOKSIDA PADA PARU NORMAL PADA SAAT ISTIRAHAT DAN SELAMA KERJA FISIK

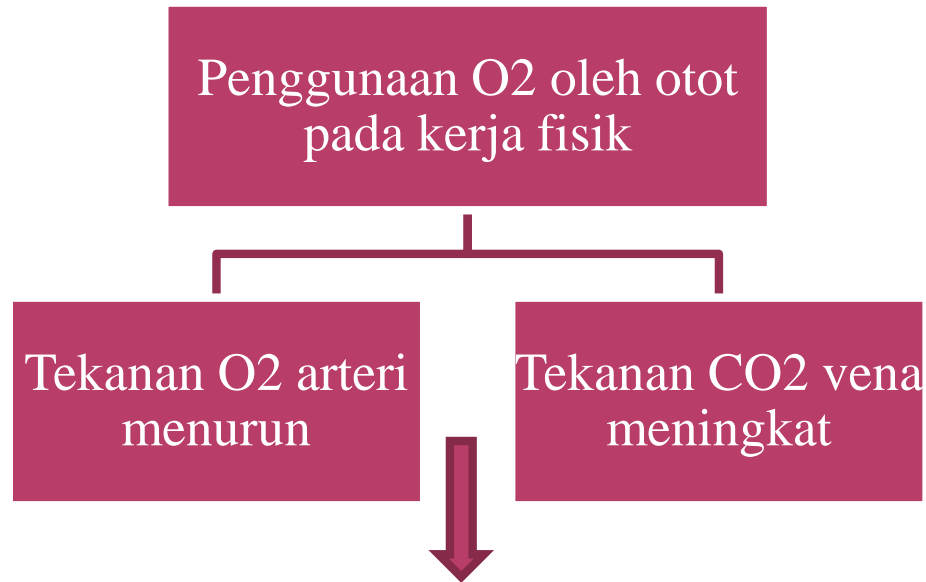


Faktor peningkatan kapasitas difusi:

- Pembukaan kapiler paru yg awalnya tdk aktif atau dilatasi eksta pd kapiler yg telah terbuka.
- Pertukaran yg lebih baik ventilasi alveoli dan perfusi kapiler alveolus dgn darah (rasio ventilasi-perfusi)
- Peningkatan tekanan darah arteri paru mendorong darah untuk melalui banyak kapiler alveolus → bagian atas paru

Peningkatan kapasitas difusi juga terjadi di tempat tinggi.

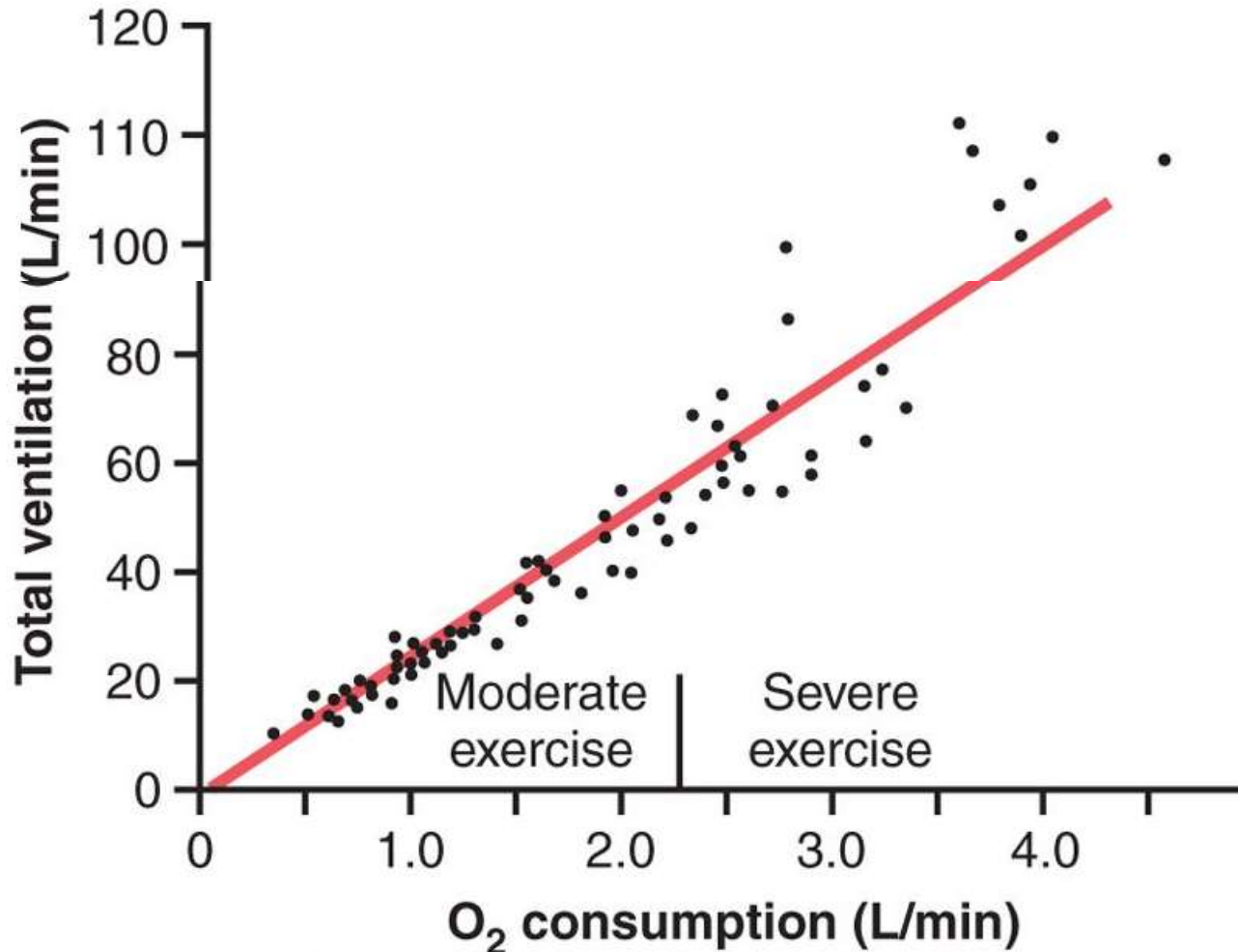
GAS DARAH SELAMA KERJA FISIK



Tetapi pada kenyataannya. Nilainya keduanya tetap normal

Kemampuan ekstrem sistem pernapasan untuk menyediakan aerasi darah yg adekuat walaupun selama kerja berat

EFEK KERJA TERHADAP PEMAKAIAN OKSIGEN DAN LAJU VENTILASI

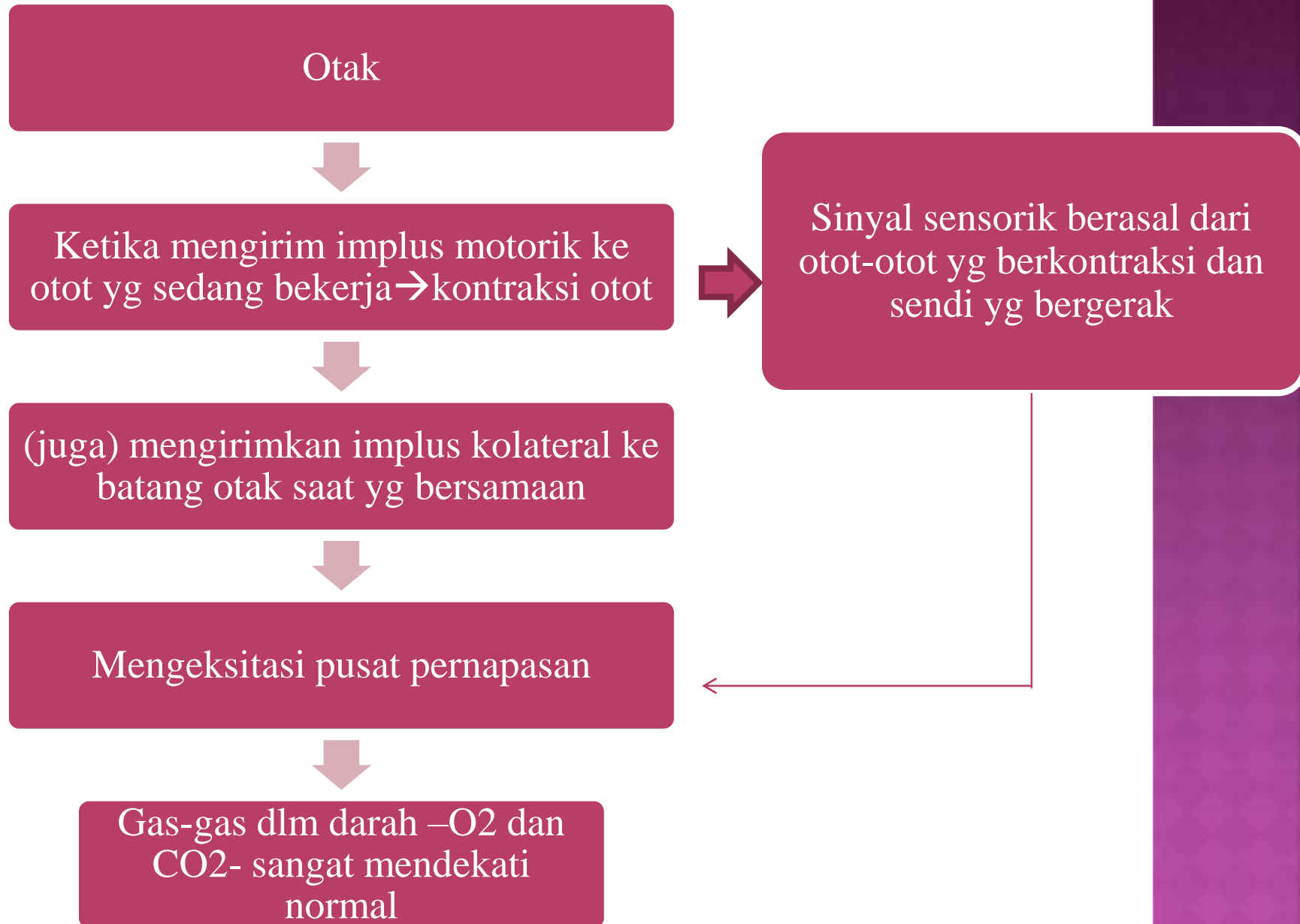


Ventilasi alveolus meningkat hampir sama dgn peningkatan tingkat metabolisme oksigen

Pengukuran PCO₂, pH dan PO₂ arteri tidak ada dari ketiga nilai ini berubah secara bermakna selama latihan fisik

apa yg menyebabkan giatnya ventilasi selama latihan fisik??

APA YG MENYEBABKAN GIATNYA VENTILASI SELAMA LATIHAN FISIK??



SISTEM KARDIOVASKULAR DALAM KERJA FISIK

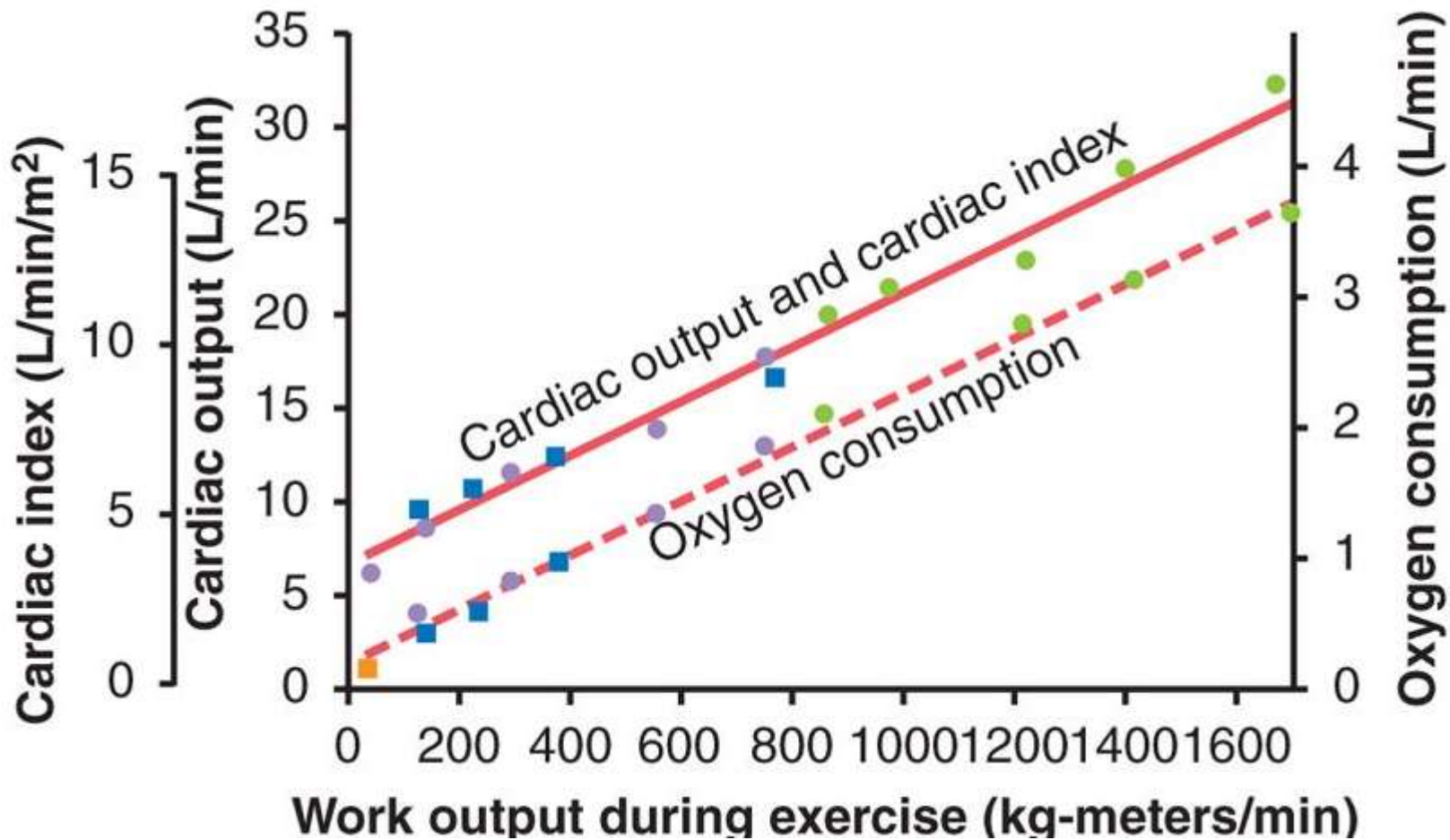
CURAH KERJA, KONSUMSI OKSIGEN, DAN CURAH JANTUNG SELAMA KERJA

- Perbandingan ini menunjukkan kenaikan aliran darah maksimum yang dapat terjadi pada atlet yang berlatih dengan baik.

	ml/100 g Muscle/min
Resting blood flow	3.6
Blood flow during maximal exercise	90

- Perbandingan curah jantung:

	L/min
Cardiac output in young man at rest	5.5
Maximal cardiac output during exercise in young untrained man	23
Maximal cardiac output during exercise in average male marathoner	30



Hubungan antara curah jantung dan curah kerja dan antara konsumsi oksigen dan curah kerja selama berbagai tingkat kerja fisik.

PERBANDINGAN FUNGSI JANTUNG ANTARA PELARI MARATON DENGAN BUKAN ATLET

Table 84-2. Comparison of Cardiac Function Between Marathoner and Nonathlete

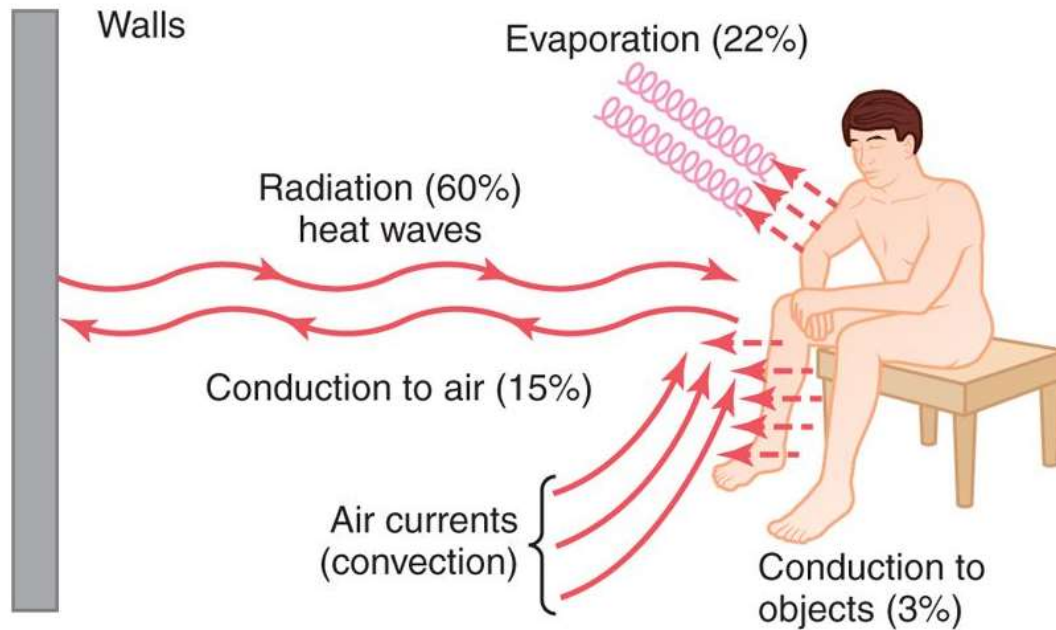
	Stroke Volume (ml)	Heart Rate (beats/min)
Resting		
Nonathlete	75	75
Marathoner	105	50
Maximum		
Nonathlete	110	195
Marathoner	162	185

PANAS TUBUH PADA KERJA FISIK

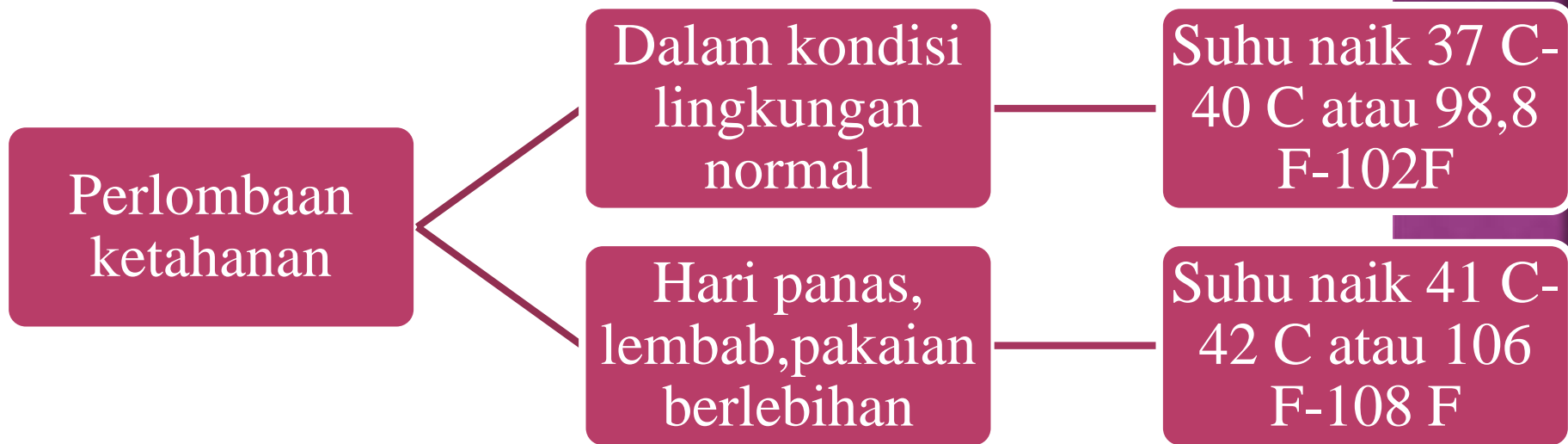
ENERGI MELEPAS PANAS

Metabolisme tubuh → “Energi” → panas tubuh

Kontraksi otot



PERLOMBAAN KETAHANAN TERHADAP KONDISI LINGKUNGAN



HEATSTROKE

Panas dlm jumlah besar masuk ke jaringan tubuh internal selama melakukan perlombaan atletik ketahanan



Aliran panas yg cepat ke dalam tubuh

- Pada hari yg sangat panas
- Lembab



Mekanisme berkeringat tdk dpt mengeliminasi panas



Heatstroke

HEATSTROKE

Panas bersifat destruktif thdp sel jaringan (utama otak)

Gejala:

- Kelemahan ekstrem
 - Nyeri kepala
 - Pusing
 - Mual
- Banyak berkeringat
 - Kebingungan
- Gaya berjalan sempoyongan
 - Kolaps
 - Tidak sadar

Terapi :

- Membuka semua pakaian
- Memberi semprotan air sejuk ke seluruh permukaan tubuh
 - Kompres secara kontinu
- Menghembuskan angin ke tubuh dgn kipas angin

CAIRAN TUBUH DAN GARAM DALAM KERJA FISIK

PENURUNAN BB PADA SAAT LOMBA

1 jam lomba atletik
ketahanan

Kondisi panas dan lembab

Penurunan BB 5-10 pon

Kehilangan keringat >>

BB menurun 3% →
bermakna mengurangi
kinerja atlit

BB menurun 5-10% dgn
cepat → kram otot, mual,
berbagai efek lain

PENTINGNYA MENGGANTI CAIRAN YANG HILANG

Keringat mengandung NaCl >>



Atlet harus menelan tablet garam (NaCl) saat berlatih di hari yang panas dan lembab

Atlet beraklimatisasi tidak memerlukan atau jarang meminum tablet NaCl

Atlet beraklimatisasi terhadap panas

Aklimatisasi kelenjar keringat

Jumlah kehilangan garam <<

OLAHRAGA AEROBIK UNTUK APA ? DAN SEBERAPA BANYAK?

Inaktifitas berkaitan dengan peningkatan resiko terjadinya hipertensi dan penyakit arteri koronaria



American College of Sport Medicine
menganjurkan olahraga aerobik → min **3x**
seminggu selama **20-60 menit** untuk mengurangi
hipertensi dan penyakit arteri koronaria serta untuk
meningkatkan kemampuan kerja fisik.