

# PERTEMUAN VIII

MK Gzi dan Fisiologi Olahraga (online)

## **Tujuan:**

Memahami proses respirasi terhadap performa.

## **Pendahuluan**

Proses bernapas adalah proses pengambilan oksigen dan pengeluaran karbondioksida dengan kembang kempisnya paru, sehingga proses metabolisme di dalam tubuh kita dapat berjalan dengan baik. Proses merupakan proses penting dalam hidup dan metabolisme produksi energi pada manusia. Manusia dapat bertahan hidup berminggu-minggu tanpa makan, beberapa hari tanpa minum. Namun tanpa bernapas, manusia hanya akan dapat bertahan beberapa menit saja. Tubuh kita mempunyai daya pertahanan untuk menjaga agar paru dan saluran napas kita dapat berfungsi dengan baik.

Selama latihan, permintaan energi meningkat. Permintaan bervariasi, tentu saja, dengan jenis, intensitas, dan durasi latihan. Dalam sebagian besar situasi olahraga, sebagian besar kemampuan tubuh untuk menanggapi permintaan akan lebih banyak energi bergantung pada ketersediaan oksigen. Untuk menyediakan oksigen yang dibutuhkan untuk produksi energi aerobik, sistem resonansi - termasuk ventilasi paru, respirasi eksternal, dan respirasi internal - harus ditanggapi. Ventilasi paru meningkat untuk meningkatkan ventilasi alveolar, respirasi eksternal menyesuaikan untuk mempertahankan hubungan antara ventilasi dan perfusi dalam banyak kasus, dan respirasi internal merespon dengan peningkatan ekstraksi oksigen oleh otot. Perubahan dalam respirasi ini tidak hanya memberikan oksigenasi yang cukup untuk otot tetapi juga memainkan peran utama dalam menjaga keseimbangan asam-basa, yang pada gilirannya terkait erat dengan tingkat karbon dioksida.

Secara umum, semua tingkat aktivitas pernapasan secara tepat disesuaikan dengan tingkat pekerjaan yang dilakukan. Selanjutnya, karena kontrol yang tepat dan cadangan besar yang dibangun ke dalam sistem, respirasi pada individu yang normal, sehat, menetap, atau sedang-sedang saja umumnya bukan faktor pembatas dalam aktivitas. Hal ini benar meski persepsi perasaan kehabisan napas saat berolahraga. Hanya kadang-kadang melakukan kapasitas sistem kardiovaskular dan metabolisme melebihi dari sistem pernafasan sehingga respirasi dapat dianggap sebagai pembatasan untuk bekerja maksimal dan, secara paradoks, yang umumnya di atlet elit yang sangat terlatih. Tentu saja, perubahan ventilasi paru akan sedikit bermanfaat jika perubahan paralel dalam volume dan aliran darah paru dan sirkulasi sistem tubuh total juga tidak terjadi. Tanggapan kardiovaskular yang menyertainya akan dirinci dalam bab-bab berikutnya di unit kardiovaskular.

Jika suplai oksigen ke otot hanya bergantung pada difusi melalui kulit, seseorang tidak dapat mempertahankan kebutuhan oksigen basal 0,2 hingga 0,4 L per menit, apalagi konsumsi oksigen 4L hingga 5L per menit dan eliminasi karbon dioksida yang diperlukan untuk menjalankan kecepatan maraton kelas dunia, 5 menit per mil. Sistem ventilasi yang relatif sesuai dan sangat efisien memenuhi persyaratan untuk pertukaran gas.

Mekanisme ini kita sebut sebagai “mekanisme pertahanan paru” yang terdiri dari bentuk anatomis saluran napas, berupa saluran napas yang berbelok-belok; reflek batuk, upaya paru untuk mengeluarkan apa saja yang ada/masuk ke dalam partikel yang mencapai permukaan alveoli. Bila mekanisme pertahanan paru ini baik, maka bahan yang bersifat infeksi dapat dikeluarkan dan bila mekanisme ini tidak berjalan dengan baik maka dapat terjadi infeksi paru berulang. Di samping peran paru-paru dan saluran napas, juga sangat penting peran rongga dada dan otot-otot sesuai peranan.

Otot pernapasan adalah otot yang menambah ukuran rongga dada terdiri dari: diafragma, otot yang menyekati rongga dada dan rongga perut; otot di antara tulang iga; otot tertentu di leher. Otot pernapasan ini berfungsi pada saat memasukkan dan mengeluarkan napas. Bila kita mengembangkan dada, berarti otot pernapasan berkontraksi, diafragma akan menekan rongga perut, mengakibatkan rongga dada membesar dan udara masuk ke dalam paru, sebaiknya bila dada mengempis udara keluar dari paru. Dengan alasan meningkatkan kesehatan, kekuatan, ketahanan, kelentukan, kelincahan, dan kecepatan. Bila latihan dilakukan secara teratur dan sesuai dengan cara berlatih, maka diharapkan ada perubahan yang menunjang tujuan dari latihan.

Disamping itu perlu pula untuk mengetahui cara-cara mempertahankan perubahan perubahan tersebut sehingga tidak perlu dilatih seperti awal. Oleh karena itu, latihan yang dikerjakan terutama untuk otot dan paru, maka akan terlihat perubahan-perubahan tersebut. Latihan olahraga yang biasa kita kerjakan adakalanya terutama bersifat aerobik dan anaerobik. Keduanya memiliki sistem energi yang berbeda. Aerobik dan anaerobik sangat erat kaitannya dengan ventilasi sistem pernapasan. Sistem Pernafasan: menyediakan sarana pertukaran gas antara lingkungan dan tubuh dan memainkan peran dalam pengaturan keseimbangan asam-basa saat berolahraga.

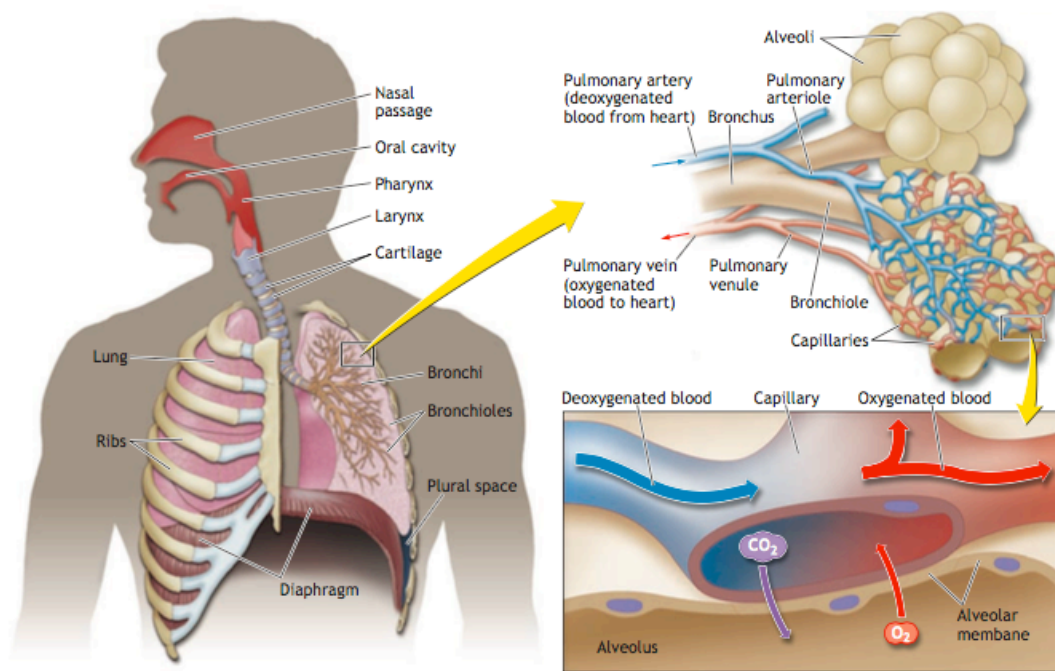
### **Rongga hidung**

Rongga hidung merupakan tempat yang paling awal dimasuki udara pernapasan. Udara pernapasan masuk melalui lubang hidung menuju rongga hidung yang dilengkapi dengan rambut-rambut kecil (silia) dan selaput lendir yang berguna untuk menyaring debu, melekatkan kotoran pada rambut hidung, mengatur suhu udara pernapasan, maupun menyelidiki adanya bau udara. Rongga hidung berhubungan pula dengan tulang dahi, tulang ayak, kelenjar air mata, telinga bagian tengah, serta rongga mulut. Itulah sebabnya kita dapat pula bernapas melalui mulut. Namun, sebaiknya dalam keadaan normal bernapaslah melalui hidung.

### **Paru-paru**

Paru-paru menyediakan permukaan pertukaran gas yang memisahkan darah dari lingkungan gas alveolar sekitarnya. Transfer oksigen dari udara alveolar ke dalam darah kapiler alveolar; secara bersamaan, karbondioksida darah bergerak ke ruang-ruang alveolus di mana ia kemudian mengalir ke udara. Paru-paru dewasa berukuran rata-rata beratnya sekitar 1 kg, dan volumenya bervariasi antara 4 dan 6 L (volume udara dalam bola basket). Jaringan paru-paru terdiri dari sekitar 10% jaringan padat, dengan sisanya diisi oleh udara dan darah. Jika menyebar, jaringan paru akan mencakup area seluas 50 hingga 100 m<sup>2</sup>, area 20 hingga 50 kali lebih besar dari

permukaan eksternal tubuh atau sekitar setengah dari lapangan tenis atau seluruh lapangan bulu tangkis.



Permukaan paru-paru yang sangat vaskularisasi dan lembab cocok di dalam rongga dada dengan banyak infold. Membran paru-paru melipat ke diri mereka sendiri untuk menyediakan antarmuka yang cukup untuk menghirup darah. Saat istirahat, satu sel darah merah tetap berada di kapiler paru hanya sekitar 0,5 hingga 1,0 detik saat melintasi dua hingga tiga alveoli individu. Selama 1 detik dari latihan maksimal, tidak lebih dari 1 aliran darah dalam jaringan halus pembuluh darah jaringan paru-paru.

### Alveoli

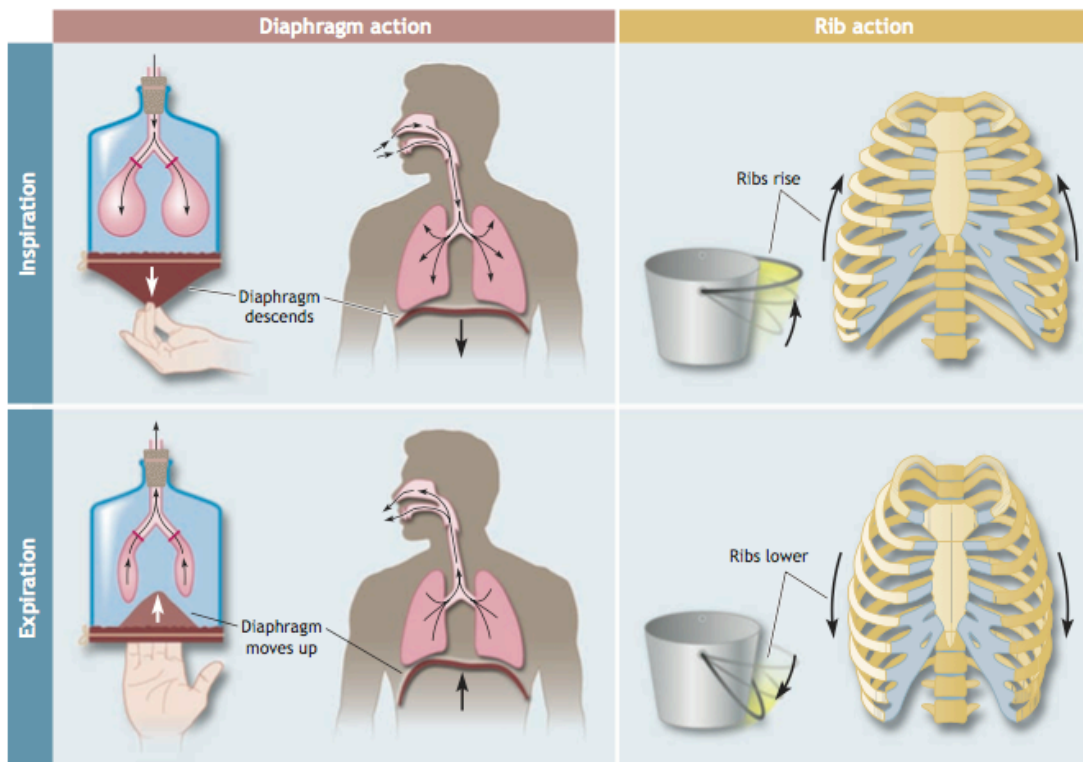
Paru-paru mengandung lebih dari 600 juta alveoli, cabang terakhir dari pohon pernapasan. Kantung membran elastis dan berdinding tipis ini (kira-kira berdiameter 0,3 mm, terdiri dari sel epitel skuamosa sederhana) menyediakan permukaan vital untuk pertukaran gas antara jaringan paru dan darah. Jaringan alveolar menerima suplai darah terbesar dari organ tubuh manapun. Jutaan kapiler pendek dan berdinding tipis dan alveoli terletak berdampingan; udara bergerak sepanjang satu sisi dan darah di sepanjang sisi lainnya.

Gas berdifusi melintasi sel tipis alveolar dan kapiler; jarak difusi tetap relatif konstan di seluruh tingkat latihan yang bervariasi. Integritas penghalang darah-gas paru-paru tetap konstan selama latihan berkelanjutan. Permukaan tetap setipis mungkin (tanpa mengorbankan integritas struktural) untuk memfasilitasi pertukaran gas pernapasan yang cepat. Dalam atlet ketahanan elit, tekanan mekanik alveolar dalam latihan hampir maksimal (ventilasi besar dan aliran darah paru yang menyertainya) dapat mengganggu permeabilitas sawar darah-gas. Untuk individu-individu ini, permeabilitas yang meningkat tercermin dari peningkatan konsentrasi sel darah merah, total protein, dan leukotrien B4 (agen kemotaktik poten yang memulai,

mengoordinasi, dan memperkuat respon inflamasi) dalam cairan lavage bronchoalveolar dengan latihan maksimal.

## MEKANISME VENTILASI

Latihan fisik yang mendasari dinamika pernapasan. Perhatikan dua gambar di bawah ini bentuk paru-paru yang tersusun dalam bagian bawah. Menarik membran ke bawah meningkatkan volume. Ini mengurangi tekanan udara dalam dibandingkan dengan udara di luar, ketidakseimbangan ini menyebabkan tekanan udara meningkat. Sebaliknya, ketika membran elastis kembali, tekanan sementara meningkat dan udara mengalir keluar. Meningkatkan kedalaman dan laju penurunan dan pendakian membran karet menukar volume udara yang cukup dalam balon pada waktu tertentu.



Selama inspirasi, rongga dada bertambah besar karena tulang rusuk naik dan diafragma turun, menyebabkan udara mengalir ke paru-paru. Peningkatan inhalasi di anterior-posterior (A-P) dan diameter vertikal dari tulang rusuk. Sekitar 70% dari hasil ekspansi paru-paru dari A-P pembesaran dan 30% dari keturunan diafragma. Selain tindakan diafragma, otot interkostal eksternal menjadi aktif dan otot interkostal internal bersantai selama inhalasi. Selama pernafasan, tulang rusuk berayun turun dan diafragma kembali ke posisi santai. Ini mengurangi volume rongga toraks dan udara mengalir keluar. Pergerakan tu menyebabkan udara masuk dan keluar dari dua balon, menyimulasikan aksi diafragma.

### Inspirasi Diafragma,

Diafragma, sebuah lembaran besar, berbentuk kubah dari jaringan muskemofibrous. Otot ventilasi utama, yang kepadatan volume mitokondria, kapasitas oksidatif serat otot, dan kapasitas aerobik melebihi hingga empat kali lipat dari sebagian besar otot

rangka lainnya, menciptakan pemisahan kepa udara antara perut dan tulang dada. Diafragma berisi serangkaian celah melalui mana kerongkongan, pembuluh darah, dan saraf berlalu. Membran yang terpisah ini memiliki potensi oksidatif yang tinggi dan kapasitas terbesar dari semua otot pernafasan untuk pemendekan dan pemindahan volume.

### **Selama inspirasi**

Otot diafragma berkontraksi, memipih, dan bergerak ke bawah menuju rongga perut hingga 10 cm. Elongasi dan pembesaran rongga dada memperluas udara di paru-paru, menyebabkan tekanan intrapulmonik menurun hingga sedikit di bawah tekanan atmosfer. Paru-paru mengembang karena hidung dan mulut benar-benar menyedot udara di dalam. Tingkat pengisian tergantung pada besarnya gerakan spiral. Aktivasi maksimal dari otot-otot inspirasi individu yang sehat menghasilkan tekanan yang berkisar antara 80 dan 140 mm Hg. Inspirasi berakhir ketika ekspansi rongga toraks berhenti. Hal ini menyebabkan kesetaraan antara tekanan intra pulmonic dan tekanan atmosfer ambien. Selama latihan, gerakan diafragma yang sangat efisien, tulang rusuk (tulang rusuk dan tulang dada), dan otot perut bersinkronisasi untuk berkontribusi terhadap inspirasi dan ekspirasi.

Selama inspirasi, skroteni dan otot interkostal eksternal antara tulang rusuk berkontraksi, menyebabkan tulang rusuk untuk memutar dan mengangkat serta menjauh dari tubuh. Tindakan ini sesuai dengan gerakan pegangan yang diangkat dan menjauh dari sisi. Tindakan inspirasi meningkat selama latihan ketika diafragma turun, tulang rusuk berayun ke atas, dan sternum mendorong keluar untuk meningkatkan diameter lateral dan anterior-posterior thorax. Atlet sering membungkuk ke depan dari pinggang untuk memfasilitasi pernapasan setelah latihan. Ini melayani dua tujuan: (1) mempromosikan aliran darah kembali ke jantung dan (2) meminimalkan efek gravitasi antagonis pada arah gerakan inspirasi yang biasanya mengarah ke atas.

### **Ekspirasi**

Ekspirasi saat istirahat dan latihan ringan merupakan proses pasif gerakan udara keluar dari paru-paru dan hasil dari dua faktor: (1) penarikan alami dari jaringan paru-paru membentang dan (2) relaksasi otot inspirasi. Sternum dan tulang rusuk berayun turun dan diafragma naik ke arah rongga toraks. Gerakan-gerakan ini menurunkan volume rongga dada dan menekan gas alveolar sehingga udara bergerak dari saluran pernapasan ke atmosfer. Kondisi akan berhenti ketika kekuatan tekan otot ekspirasi berhenti dan tekanan intrapulmonik menurun ke tekanan atmosfer. Selama olahraga berat, otot interkostal internal dan perut bekerja dengan kuat pada tulang rusuk dan rongga perut untuk mengurangi dimensi toraks. Ini membuat ekshasia cepat dan lebih luas.

Tidak ada perbedaan besar dalam mekanika ventilasi antara pria dan wanita dari berbagai usia. Saat istirahat dalam posisi terlentang, kebanyakan orang bernapas diafragma, sedangkan pada posisi tegak tulang rusuk dan tindakan sterum menjadi lebih jelas. Perbedaan biokimia yang berbeda di antara otot-otot yang membentuk pompa pernapasan memberikan bukti bahwa otot-otot tulang rusuk bertindak lebih cepat daripada diafragma dan otot perut. Posisi kepala dan punggung secara alami

diadopsi oleh pelari jarak jauh — maju ramping dari pinggang, leher tertekuk, dan kepala memanjang ke depan dengan mandibula ke tanah — nikmat ventilasi pulmonal selama latihan intens.

### ***Static Lung Volumes***

Spirometer jatuh dan naik selama inhalasi dan kelelahan untuk memberikan catatan volume ventilasi dan laju pernapasan. Volume tidal (TV) menggambarkan volume udara yang dipindahkan selama fase inspirasi atau ekspirasi dari setiap siklus pernapasan (bagian pertama dari rekaman). Dalam kondisi istirahat, TV biasanya berkisar antara 0,4 dan 1,0 L udara per napas. Setelah merekam beberapa percobaan TV, subjek mengilhami sedalam mungkin mengikuti inspirasi normal. Volume 2,5-hingga 3,5-L tambahan di atas inspirasi udara pasang surut mewakili kemampuan cadangan untuk inhalasi, disebut sebagai volume cadangan inspirasi (IRV).

Setelah pengukuran IRV, subjek memantapkan pola pernapasan normal. Setelah pernafasan normal, subjek terus menghembuskan napas dan memaksa udara sebanyak mungkin dari paru-paru. Volume tambahan ini mewakili volume cadangan ekspirasi (ERV), yang berkisar antara 1,0 dan 1,5 L untuk pria berukuran rata-rata. Selama latihan, penambahan pada IRV dan ERV, terutama IRV, sangat meningkatkan TV. Total volume udara secara sukarela bergerak dalam satu napas, dari inspirasi penuh hingga kedaluwarsa maksimum, mewakili kapasitas vital (VC), atau lebih tepatnya kapasitas vital paksa (FVC). Volume paru-paru besar atlet ini umumnya mencerminkan pengaruh genetik dan karakteristik ukuran tubuh karena latihan olahraga tidak cukup mengubah volume paru-paru statis.

### **Fungsi Paru, Kecemasan Aerobik, dan Kinerja Latihan**

Berbeda dengan komponen lain dari sistem aerobik, latihan ketahanan teratur tidak merangsang peningkatan besar dalam kapasitas fungsional sistem paru. Tes fungsi paru dinamis menunjukkan tingkat keparahan penyakit paru obstruktif dan restriktif, namun umumnya memberikan sedikit informasi tentang kebugaran aerobik atau kinerja olahraga ketika nilai jatuh dalam kisaran normal. Sebagai contoh, tidak ada perbedaan yang muncul ketika membandingkan rata-rata FVC dari pegolf prepubescent dan Olimpiade, atlet jarak menengah, dan yang tidak terlatih, subjek yang sehat. Pemain sepak bola profesional rata-rata hanya 94% dari prediksi FVC mereka; punggung defensif hanya mencapai 83% dari nilai "normal" yang diprediksi untuk ukuran tubuh. Agak mengherankan, nilai-nilai yang sama muncul untuk fungsi paru-paru statis dan dinamis pelari maraton yang telah selesai dan atlet yang terlatih ketahanan lainnya dibandingkan dengan kontrol yang tidak terlatih dengan ukuran tubuh yang sama.

Berenang dan menyelam merangsang perkembangan volume paru-paru statis yang lebih besar dari normal. Olahraga-olahraga ini memperkuat otot-otot inspirasi yang bekerja melawan resistensi tambahan dari massa air yang menekan thorax. Peningkatan kekuatan otot dan kekuatan ventilatori menjelaskan FVC yang relatif besar dari penyelam kulit dan perenang kompetitif. Hubungan kecil ada di antara volume dan kapasitas paru-paru yang berbeda dan berbagai pertunjukan trek. Ini termasuk lari jarak jauh untuk sekelompok besar remaja laki-laki dan perempuan, bahkan setelah menyesuaikan untuk perbedaan ukuran tubuh.

Untuk pelari maraton versus subjek sedentari dengan ukuran tubuh yang sama, tidak ada perbedaan untuk nilai fungsi paru. Untuk individu yang sehat dan tidak terlatih, tidak ada hubungan antara konsumsi oksigen maksimal dan FVC atau MVV (d disesuaikan untuk ukuran tubuh). Kelelahan dari olahraga berat sering berhubungan dengan perasaan "kehabisan nafas," atau "tele," namun kapasitas normal untuk ventilasi paru bagi sebagian besar individu tidak membatasi kinerja latihan aerobik maksimal. Volume paru yang lebih besar dari normal dan kapasitas bernapas beberapa atlet mungkin mencerminkan endowment genetik. Pelatihan olahraga khusus dapat meningkatkan fungsi paru dengan memperkuat otot-otot pernapasan.

### **Anthropometric Data, Pulmonary Function, and Resting Minute Ventilation in 20 Marathon Runners and Healthy Controls**

Measure	Runners	Controls	Difference <sup>a</sup>
<b>Anthropometric</b>			
Age, y	27.8	27.4	0.4
Stature, cm	175.8	176.7	0.9
Surface area, m <sup>2</sup>	1.82	1.89	0.07
<b>Pulmonary Function</b>			
FVC, L	5.13	5.34	0.21
TLC, L	6.91	7.13	0.22
FEV <sub>1.0</sub> , L	4.32	4.47	0.15
FEV <sub>1.0</sub> / FVC, %	84.3	83.8	0.5
MVV, L · min <sup>-1</sup>	179.8	176.0	3.8
<b>Resting Ventilation</b>			
V <sub>E</sub> , L · min <sup>-1</sup>	11.9	11.9	0.9
Breathing rate, breaths · min <sup>-1</sup>	10.9	11.1	0.2
Tidal volume, L	1.16	1.06	0.10

### **Latihan Implikasi Perbedaan Gender dalam Pengukuran**

Fungsi Paru Statis dan Dinamis pada wanita dewasa secara konsisten memiliki ukuran paru-paru yang berkurang dan ukuran fungsi paru-paru statis dan dinamis yang lebih kecil, mengurangi diameter saluran napas dan permukaan difusi yang lebih kecil daripada pria bahkan setelah memperhitungkan perbedaan perawakannya. Perbedaan ini menghasilkan keterbatasan aliran ekspirasi, kerja otot pernapasan yang lebih besar, dan penggunaan cadangan ventilatori yang relatif lebih besar dibandingkan dengan pria selama latihan maksimal. Hal ini terutama berlaku untuk wanita yang sangat terlatih dibandingkan dengan pria terlatih dan wanita yang kurang fit. Volume paru yang relatif lebih kecil ditambah persyaratan laju aliran ekspirasi yang tinggi pada wanita terlatih selama latihan intens menempatkan permintaan yang cukup besar pada amplop aliran-volume maksimum udara (yaitu, kendala mekanis TV dan ventilasi menit pulmonal). Ini mempengaruhi bagaimana wanita yang sangat fit mempertahankan pertukaran oksigen alveolar ke arterial, yang dapat membahayakan saturasi oksigen arteri ke tingkat yang lebih besar daripada yang diamati untuk pria.

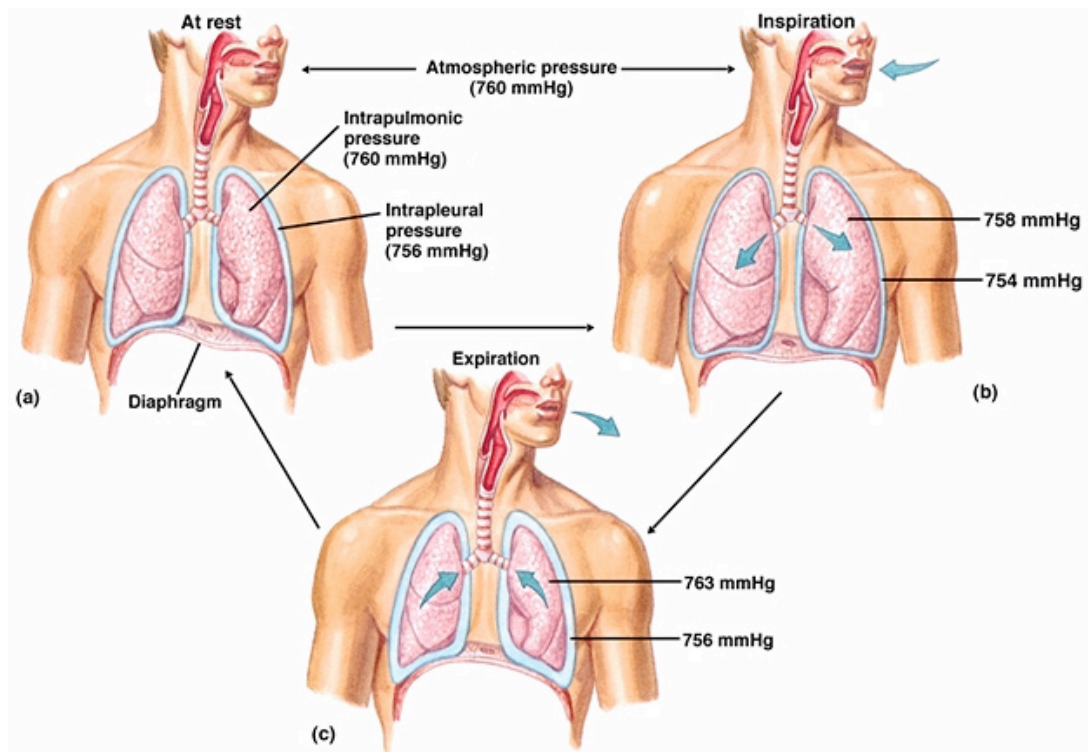
Fungsi Utama: Supply oxygen required in metabolism, Eliminate carbon dioxide produced in metabolism dan Regulate hydrogen ion concentration [H<sup>+</sup>] to maintain



acid–base balance

Tujuan utamanya adalah menyediakan sarana pertukaran gas antara lingkungan eksternal dan tubuh • Ventilasi mengacu pada proses mekanis untuk memindahkan udara ke dalam dan keluar dari paru-paru • Difusi adalah gerakan acak molekul dari area konsentrasi tinggi ke area konsentrasi rendah

### The Mechanics of Inspiration and Expiration



### Pengaruh Pelatihan Ventilasi

- Ventilasi lebih rendah pada tingkat pekerjaan yang sama setelah pelatihan - Mungkin karena kadar asam laktat darah lebih rendah - Hasil dalam umpan balik kurang untuk merangsang pernapasan
- VO<sub>2</sub> Max = Pengambilan oksigen maksimal
- VO<sub>2</sub> maks mengacu pada jumlah maksimum oksigen yang dapat digunakan oleh individu selama latihan yang intens atau maksimal. Ini diukur sebagai "mililiter oksigen yang digunakan dalam satu menit per kilogram berat badan."
- VO<sub>2</sub> adalah salah satu faktor yang dapat menentukan kapasitas seorang atlet untuk melakukan latihan berkelanjutan dan terkait dengan ketahanan tubuh.



## **Respiratory Problem in Exercise**

- Dyspnea
- Hypoxia : a fall in the partial pressure of oxygen (fall in oxygen content)
- Cyanosis : dark bluish or purplish coloration of the skin and mucous membran from deficient oxygenation. (PaO<sub>2</sub> decline, PaCO<sub>2</sub> increase)
- Cough
- Chest pain

## **ARIASI DARI POLA PERNAPASAN NORMAL**

Pola pernapasan selama latihan umumnya berlangsung dengan cara yang efektif dan sangat ekonomis, namun beberapa tanggapan paru dapat mempengaruhi kinerja olahraga dan / atau keseimbangan fisiologis.

### **Hiperventilasi**

Hiperventilasi mengacu pada peningkatan ventilasi paru yang melebihi konsumsi oksigen dan kebutuhan eliminasi karbon dioksida metabolisme. Ini "overbreathing" dengan cepat menurunkan konsentrasi karbon dioksida alveolar normal dan menyebabkan kelebihan karbon dioksida untuk meninggalkan cairan tubuh melalui udara kedaluwarsa. Penurunan konsentrasi ion hidrogen yang menyertainya [H<sup>+</sup>] meningkatkan pH plasma. Beberapa detik hiperventilasi umumnya menghasilkan pusing; hiperventilasi berkepanjangan menyebabkan ketidaksadaran dari pembuangan karbon dioksida berlebihan.

### **Dyspnea**

Dyspnea mengacu pada sesak nafas yang luar biasa atau distress subyektif dalam bernapas. Perasaan ketidakmampuan bernapas selama latihan, terutama di senam semula, biasanya menyertai peningkatan karbon dioksida arteri dan [H<sup>+</sup>]. Kedua kondisi ini membangkitkan pusat inspirasi untuk meningkatkan tingkat dan kedalaman pernapasan. Kegagalan untuk mengatur secara memadai karbon dioksida arteri dan [H<sup>+</sup>] kemungkinan besar berhubungan dengan tingkat kebugaran aerobik yang rendah dan otot ventilasi yang buruk.

### **Valsalva Maneuver**

Otot-otot ekspirasi, selain peran normalnya dalam ventilasi pulmonal, menyediakan manuver ventilasi untuk batuk dan bersin. Mereka juga berkontribusi untuk menstabilkan rongga perut dan dada selama angkat berat. Dalam pernapasan yang tenang, tekanan intrapulmonik berkurang hanya sekitar 3 mm Hg selama inspirasi dan naik jumlah yang sama di atas tekanan atmosfer saat pernafasan. Menutup glotis (bagian tersempit dari laring di mana udara masuk ke trakea) setelah inspirasi penuh sementara secara maksimal mengaktifkan otot ekspirasi menciptakan gaya tekan yang meningkatkan tekanan intratoraks lebih dari 150 mm Hg di atas tekanan atmosfer. Tekanan meningkat ke tingkat yang lebih tinggi dalam rongga perut selama pernafasan maksimal terhadap glotis tertutup.<sup>18</sup> Nafas paksa terhadap glotis tertutup, disebut manuver Valsava, terjadi umumnya dalam pengangkatan berat badan dan kegiatan lain yang memerlukan penerapan kekuatan pendek yang cepat dan singkat lamanya. Valsalva menstabilkan tulang perut dan dada dan dianggap meningkatkan aksi otot

## **Kesimpulan**

Dalam jangka pendek, latihan aerobik ringan hingga sedang, ventilasi menit, ventilasi alveolar, dan perbedaan oksigen arteri meningkat dengan cepat dan mencapai keadaan stabil dalam waktu sekitar 2–3 menit. Tekanan parsial oksigen pada tingkat alveolar dan arteri tidak berubah, dan akibatnya, alveolar menjadi gradien tekanan oksigen arteri dan persen saturasi hemoglobin arterial dengan oksigen dijaga. Rasio Terhadap volume tidal, persen oksigen dalam darah vena, dan tekanan parsial oksigen dalam darah vena menurun dengan cepat dan mencapai keadaan stabil dalam waktu sekitar 2–3 menit. Tekanan karbon dioksida meningkat dalam darah vena sebagai hasil dari peningkatan produksi energi, tetapi tekanan parsial karbon dioksida menurun sedikit karena hiperpnea.

Selama 30 menit pertama latihan aerobik jangka panjang, sedang sampai berat, satu-satunya perbedaan yang bermakna dalam respons pernapasan dari latihan ringan jangka pendek adalah besarnya dan sedikit penurunan tekanan parsial oksigen arteri; ini pada gilirannya memperlebar alveolar menjadi gradien tekanan oksigen arterial. Setelah kira-kira 30 menit, ventilasi menit, ventilasi alveolar menunjukkan gerakan ke atas. Gangguan pernapasan ini dikaitkan dengan peningkatan suhu tubuh.

## **Referensi:**

- Ardle WR. 2010. Exercise physiology: nutrition, energi, and human performance. Wolter kluwer.
- Ptrasetyo Y. Adaptasi Sistem Pernapasan. [http:// staffnew.uny.ac.id / upload / 132308484 / penelitian / Adaptasi \\_ Sistem \\_ Pernapasan \\_ Terhadap \\_ Latihan. pdf](http://staffnew.uny.ac.id/upload/132308484/penelitian/Adaptasi_Sistem_Pernapasan_Terhadap_Latihan.pdf)