



كلية الكوت الجامعة
مركز البحوث والدراسات والنشر



فسيولوجيا التنفس والتدريب الرياضي

إعداد

أ.د. عبدالزهرة حميدي الربيعي

استاذ مادة التدريب الرياضي

قسم التربية البدنية وعلوم الرياضة

كلية الكوت الجامعة

2024

منشورات

مركز البحوث والدراسات والنشر
كلية الكوت الجامعة



٧٩٦ / ٠٧٧

ر ٢٩٦ الربيعي، عبد الزهرة حميدي.

فسيولوجيا التنفس والتدريب الرياضي - ط ١ -
بغداد : مطبعة الرفاه ، ٢٠٢٣ م

٢٠٢ ص ، ٢٤ سم .

١- الرياضة البدنية - تدريب . أ. العنوان

م . و .

٢٠٢٣ / ٣٣٣٥

المكتبة الوطنية / الفهرسة اثناء النشر

رقم الايداع في دار الكتب والوثائق ببغداد

٣٣٣٥ لسنة ٢٠٢٣ م

ISBN: 978-9922-685-53-3



الإهداء

الى روح ولدي الدكتور فراس الذي غادرني مبكرا لكنها
ارادة الله تغمده سبحانه بواسع رحمته واسكنه فسيح
جناته.

الى افراد اسرتي الذين وفرو لي الاجواء المناسبة للكتابة.

الى المدربين والباحثين في مختلف الفعاليات الرياضية .

شكر وتقدير

مع اتمام كتابة هذا المؤلف المتواضع في مجال التدريب اتقدم بعظيم الامتنان الى الدكتور طالب الموسوي رئيس مجلس ادارة كلية الكوت الجامعة بدعمه المتواصل لأساتذة الكلية والباحثين من داخل الكلية وخارجها للتأليف والترجمة والبحث العلمي وتحمل نفقات الطبع والنشر والتوزيع فله كل آيات الاحترام والتقدير .

كما اتقدم بشكري الى الاستاذ المساعد الدكتورة (هديل البعاج) من المديرية العامة لتربية واسط (الاشراف التربوي) لدورها في تزويدي ببيانات خاصة بمؤشرات النمو لدى صغار السن في واسط.

وختاماً شكري الى المدرس المساعد (طالب الدكتوراه) ضرغام حيدر الاكاديمي في وزارة الشباب والرياضة لإسهامه الكبير في تنظيم مفردات الكتاب وتبويبها ، وفقهم الله جميعاً في خدمة العلم والمعرفة .

بسم الله الرحمن الرحيم

تقديم

تعد الدراسات الفسيولوجية في مجال فسيولوجيا التدريب الرياضي من الموضوعات الرئيسية وحجر الأساس للعاملين في حقل التدريب الرياضي التي من خلالها يمكن التعرف على طرائق التدريب البدني على الأجهزة الحيوية لجسم الرياضي نتيجة الاشتراك في المنافسات أو التدريبات التي من خلالها تستطيع تقنين الحمل التدريبي بما يتلاءم وقدرة ذلك الرياضي الفسيولوجية للاستفادة من تأثيراته الإيجابية وتجنب السلبية التي ستؤثر حتماً على الحالة الوظيفية مما يؤدي إلى الاخفاق في أداء الإنجاز ...

ومن خلال ذلك ان هذا المرجع العلمي (فسيولوجيا التنفس والتدريب الرياضي يمثل دليلاً علمياً استوعب من خلاله المؤلف الفراغات التي تركتها المراجع العلمية السابقة ، ولقد اطرها المؤلف باطر علمية وفق احدث المصادر العلمية في مجال التدريب الرياضي وفسيولوجيا الرياضة ، لكي يكون مرجعاً مهماً ودليلاً واضحاً لطلبة الدراسات العليا والمدربين والمتخصصين بالتدريب الرياضي لغرض التزويد بالمعارف النظرية في مجال اللياقة البدنية وطرائق التدريب والأسس الفسلجية وانظمة الطاقة والتكيف البدني .

فالمؤلف كان مستوعباً للاتجاهات الحديثة في فسلجة التدريب وصياغتها بأسلوب علمي شيق وبسيط وبشكل تحليلي.

في الختام اهنيء المؤلف على هذا الجهد العلمي متمنياً له دوام النجاح في البحث والتدريب ... ومن الله التوفيق .

الاستاذ المتمرس الدكتور

عبد الله حسين اللامي

المقدمة

يدرك جميع العاملين في حقل التدريب الرياضي اهمية الجهاز التنفسي للرياضي في كافة ضروب الرياضة والتربية البدنية بل والانسان بشكل عام .

ولكون ان التدريب الرياضي والنشاط البدني يعمل على رفع وتيرة العمل لجميع الاجهزة الوظيفية في جسم الانسان وبالتالي يفرض حاجة عالية للأوكسجين لتزويد خلايا الجسم المختلفة بالدم النقي والمشبع بالأوكسجين وخلاف ذلك يعجز الجسم عن اداء اية مهارة بصورة صحيحة ، فالهواء يعمل على نقل الاوكسجين (O₂) من الهواء الخارجي الى الدم لتزويد الاجهزة الوظيفية بالطاقة عندما يضعف ادائها او يقل بسبب غياب الاوكسجين ، ويلعب القلب وجهاز الدوران عملا مركزيا في هذا المجال وان وجود الدم النقي المشبع بالأوكسجين عامل اساسي في الاداء وديمومة العمل .

الهواء (الاوكسجين) هو العنصر الاكبر الذي يتأثر تبعا للجهد البدني المبذول وحسب شدته حيث ينعكس ذلك على عمليات الايض (التمثيل الغذائي) وهو الطريق لتطوير الانجاز لكافة المستويات ولعموم الفعاليات الرياضية والبدنية ، وتختلف حاجة الجسم للهواء تبعا لذلك وعلى ضوء قابلية الفرد . فاذا علمنا ان الفعاليات والجهد البدني يتوزع على ثلاث مجاميع مهمة هوائية ولا هوائية وفوسفاتية ندرك اهمية تقنين التدريب بما يوفر الاساس الهوائي الرصين للرياضي وحيال هذا الاثر يتأثر نظام الجسم والاجهزة وفقا للمجموعة التي ينتمي اليها ويتم العمل على تطوير امكانيات الرياضي والحاجة الى الاوكسجين تبعا لذلك وتوجيه فعاليات التدريب وعناصره نحو المجموعة .

تناولنا الجهاز التنفسي منذ بدء وصول الهواء الى الجسم عن طريق الانف والفم مرورا بالقصات الهوائية والرئتان ثم الحويصلات الرئوية حيث نقله الى جميع انحاء الجسم ثم اكمال عمليات التمثيل الغذائي سواء اثناء الجهد او الراحة حتى عودته الى الفم مرة اخرى عاملا على طرد الهواء المشبع بثاني اوكسيد الكربون (CO₂) الى خارج الجسم .

فقد تطرق هذا الكتاب الى نشاط الاوكسجين داخل الاجهزة الوظيفية خلال الجهد والراحة وماهي نقاط القوة والضعف خلال رحلة الاوكسجين وسبل تطوير قدرات الرياضي بغية الوصول الى الانجاز الامثل وتحت ظروف تنفسية مناسبة فضلا عن انه سيتناول تطوير القابليات التنفسية لدى الرياضيين من صنف الانجاز العالي اسال الله تعالى ان اكون قد ساهمت بالقدر البسيط في خدمة المدربين والرياضيين والباحثين في هذا المجال ومن الله التوفيق .

المؤلف

فهرس المحتويات

الصفحة	المحتويات	ت
١١	فسيولوجيا التنفس والتدريب الرياضي Respiratory physiology and sports training	
١١	الباب الاول	
١١	الجهاز التنفسي والاداء البدني Respiratory physiology and sports training	
١١	الفصل الاول	
١١	مقدمة Introduction	١
١٢	الرئتان The lungs	٢
١٤	بيئة الرئة ووظيفتها Lung environment and function	٣
١٥	البنية التشريحية لنظام التهوية Anatomical structure of the ventilation system	٤
١٦	احجام الرئة وسعاتها Lung volumes and capacities	٥
١٧	احجام الرئة الساكنة static lung volumes	٦
١٨	احجام الرئة الديناميكية Dynamic lung volumes	٧
١٩	عمق التنفس مقابل معدل التنفس Respiratory depth versus respiratory rate	٨
٢٠	ضيق النفس Shortness of breath	٩
٢١	الحويصلات الهوائية Alveoli	١٠
٢٢	ميكانيكية التهوية Ventilation mechanical	١١

٢٣	Inhale الشهيق	١٢
٢٤	Exhale الزفير	١٣
٢٥	تكيف الجهاز التنفسي للتدريب Respiratory adaptation to training	١٤
٢٧	العوامل المؤثر على الجهاز التنفسي Factors affecting the respiratory system	١٥
٢٨	التدريب الرياضي واثره على الجهاز التنفسي Sports training and its effect on the respiratory system	١٦
٢٩	التغيرات التي تطرأ على تنفس اللاعب عند القيام بمجهود رياضي Changes in the player's breathing when doing sports	١٧
٣١	عضلات التنفس والتدريب Breathing and training muscles	١٨
٣٣	الفصل الثاني	
٣٣	التحمل الدوري التنفسي Respiratory endurance	
٣٣	مقدمة Introduction	١
٣٥	تعريفات التحمل الدوري النفسي Definitions of psychological cyclic endurance	٢
٣٦	أهمية التحمل الدوري التنفسي The importance of the respiratory periodic skin	٣
٣٧	عوامل تؤثر في التحمل الدوري التنفسي Factors affecting the respiratory	٤
٤٢	التحمل الدوري التنفسي للرياضي ذو المستوى الجيد Respiratory cyclic endurance of a good level athlete	٥
٤٢	اعتبارات خاصة لتنمية تحمل الدوري التنفسي Special considerations for the development of the respiratory circulatory skin	٦
٤٣	التغيرات المناخية والصحة البشرية Climate change and human health	٧

٤٤	تأثير العوامل البيئية The influence of environmental factors	٨
٤٥	طرق قياس التحمل الدوري التنفسي Methods for measuring the respiratory periodic skin	٩
٤٧	الفصل الثالث	
٤٧	المناخ والصحة Climate and health	١
٥٣	تأثير المناخ المحلي في صحة الإنسان The influence of the local climate on human health	٢
٥٣	التحمل العام General endurance	٣
٥٩	الفصل الرابع	
٥٩	التبادل الغازي Gaseous exchange	
٥٩	الغازات المنبعثة (التركيزات والضغط الجزئية) Emitted gases (concentrations and (partial pressures	١
٦٠	الهواء المحيط Ambient air	٢
٦٠	الهواء الداخل للقصبة الهوائية Air entering the trachea	٣
٦١	الهواء داخل الحويصلات الهوائية Air inside the alveoli	٤
٦١	العلاج بالاكسجين عالي الضغط للرياضيين Hyperbaric oxygen therapy for Athletes	٥
٦٢	حركة الغاز في الهواء والسوائل Movement of gases in air and liquids	٦
٦٣	قابلية الذوبان solubility	٧
٦٧	الفصل الخامس	
٦٧	انتقال الاوكسجين و ثاني اوكسيد الكربون Transfer of oxygen and carbon dioxide	١
٦٧	انتقال الدم في محلول فيزيائي Transmission of blood in a physical solution	٢

٦٨	اتحاد الاوكسجين مع الهيموجلوبين The union of oxygen with hemoglobin	٣
٦٩	الضغط الجزئي للأكسجين في الرئتان PO2	٤
٧٠	PO2 الانسجة	٥
٧٠	تأثير بور Bohr effect	٦
٧١	تخزين المايوغلوبيين للأكسجين في العضلات Myoglobin stores oxygen in muscles	٧
٧٣	انتقال ثاني أكسيد الكربون في الدم Transport of carbon dioxide in the blood	٨
٧٣	ثاني أكسيد الكربون في المحلول carbon dioxide in the solution	٩
٧٤	ثاني أكسيد الكربون في المحلول carbon dioxide in the solution	١٠
٧٤	ثاني أكسيد الكربون على هيئة بيكربونات Carbon dioxide in the form of bicarbonate	١١
٧٧	الفصل السادس	
٧٧	التحكم في التهوية أثناء الراحة	١
٧٧	العوامل العصبية Neurological factors	٢
٧٨	العوامل السائلة liquid agents	٣
٨٠	الضغط الجزئي للأكسجين في البلازما والمستقبلات الكيميائية Partial pressure of oxygen in plasma and chemoreceptors	٤
٨١	عوامل غير كيميائية	٥
٨٧	الفصل السابع	
٨٧	مقدمة Introduction	١
٨٧	أسباب تراكم اللاكتات في الدم OBLA	٢
٨٨	ممارسة الرياضة وتدخين السجائر Exercising and smoking cigarettes	٣

٨٩	العملية التنظيمية للحامضية والقاعدية	٤
٩٢	Regulating breathing تنظيم التنفس	٥
٩٥	الباب الثاني	
٩٥	الجهاز الدوري والاداء البدني	
٩٥	الفصل الاول	
٩٥	Introduction مقدمة	١
٩٧	Heart القلب	٢
٩٨	مكونات الجهاز القلبي الوعائي Components of the cardiovascular system	٣
١٠١	Arteries الشرايين	٤
١٠١	Capillaries الشعيرات الدموية	٥
١٠٦	Veins الأوردة	٦
١٠٩	Blood pressure ضغط الدم	٧
١١٦	source of energy for the heart مصدر طاقة القلب	٨
١١٧	الفصل الثاني	
١١٧	جهاز القلب الوعائي (التنظيم والتداخل) Cardiovascular system (regulation and intervention)	١
١١٨	Regulating the heart تنظيم معدل ضربات القلب rate	٢
١١٩	الدافع الكهربائي للقلب The electrical impulse of the heart	٣
١٢٠	Electrocardiography تخطيط كهربائية القلب	٤
١٢١	تأثير الجهاز العصبي السمبثاوي The influence of the sympathetic	٥

١٢١	تأثير الجهاز العصبي الباراسمبثاوي The influence of the parasympathetic nervous system	٦
١٢٥	عدم انتظام ضربات القلب Arrhythmia	٧
١٣٣	الفصل الثالث	
١٣٣	ديناميكية القلب والاعوية الدموية اثناء التدريب Cardiovascular dynamics during training	
١٣٣	مقدمة Introduction	١
١٣٤	الناتج القلبي Cardiac output	٢
١٣٥	قياس الناتج القلبي Measurement of cardiac output	٣
١٣٨	الناتج القلبي عند الراحة Cardiac output at rest	٤
١٣٩	الافراد غير المتدربين	٥
١٤٠	رياضيو التحمل	٦
١٤١	الناتج القلبي أثناء التدريب Cardiac output during exercise	٧
١٤٢	حجم الضربة أثناء التدريب Stroke volume during exercise	٨
١٤٣	حجم الضربة وأقصى استهلاك للأوكسجين and maximum oxygen consumption stroke volume	٩
١٤٦	معدل القلب أثناء التدريب Heart rate during training	١٠
١٤٩	إعادة توزيع تدفق الدم Redistribution of blood flow	
١٤٩	تدفق الدم إلى القلب والدماغ Blood flow to the heart and brain	١١
١٤٩	الناتج القلبي ونقل الأوكسجين Cardiac output and oxygen transport	١٢
١٥١	الارتباط الوثيق بين الحد الأقصى للناتج القلبي والحد الأقصى للاستهلاك الاوكسجين	١٣

١٥٢	الفروق بين الجنسين في الناتج القلبي Gender differences in cardiac output	١٤
١٥٢	التدريب والناتج القلبي دون الحد الأقصى Training and submaximal cardiac output	١٥
١٥٣	استخلاص الاوكسجين Oxygen extraction	١٦
١٥٥	العوامل التي تؤثر على اختلاف الاوكسجين الشرياني الوريدي اثناء التدريب	١٧
١٦١	الفصل الرابع	
١٦١	التدريب الرياضي والتكيف adaptation	١
١٦٢	تدريب أنظمة الطاقة اللاهوائية والهوائية Anaerobic and aerobic power systems training	٢
١٦٢	التدريبات الهوائية Aerobic exercises	٣
١٦٦	مصدر الطاقة والتمثيل الغذائي Source of energy and metabolism	٤
١٦٦	زيادة التمثيل الغذائي Increased metabolism	٥
١٦٧	مبادئ التدريب الرياضي العام Principles of general training	٦
١٦٨	التكيفات لممارسة التدريب Adaptations to practice training	٧
١٦٩	تغييرات النظام اللاهوائي Anaerobic system changes	٨
١٧٠	تغييرات النظام الهوائية Pneumatic system changes	٩
١٧١	التكيفات الأيضية Metabolic adaptations	١٠
١٧٢	الانزيمات Enzymes	١١

١٧٣	Cardiovascular adaptations التكيفات القلبية الوعائية	١٢
١٧٩	Blood pressure ضغط الدم	١٣
١٨٠	pulmonary adaptations التكيفات الرئوية	١٤
١٨٢	Blood lactate concentration تركيز اللاكتات في الدم	١٥
١٨٥	Factors affecting aerobic training response العوامل التي تؤثر على استجابة التدريب الهوائي	١٦

فسيولوجيا التنفس والتدريب الرياضي

الباب الاول

الجهاز التنفسي والاداء البدني

الفصل الاول

١ - مقدمة Introduction

الجهاز التنفسي من أهم الأجهزة الحيويّة في جسم الإنسان، فهو يزود الجسم بالأوكسجين والذي يمكن أن يؤدي نقصه الجزئي أو الكامل للوفاة، إذ تتعرض خلايا الدماغ للموت بعد أربع دقائق بدون أوكسجين، ويتضمن التنفس دخول الأوكسجين إلى الرئتان، حيث يزود خلايا جسم الإنسان بالأوكسجين الضروري لأنشطتها، ويخلصها من ثاني أكسيد الكربون نتاج عمليات الأكسدة فيها .

تشمل كل رئة كثيراً من القصيبات تتفرع إلى شعبيبات تنتهي بعدد كبير من الحويصلات الهوائية المبطنّة بأغشية رقيقة جداً يتم من خلالها تبادل الغازات بينها وبين الشعيرات الدموية ، وعلم الفسيولوجي هو احد فروع علم البيولوجي ويبحث في التكيفات التي تحدث في أجهزة الجسم المختلفة ومنها الجهاز التنفسي نتيجة القيام بمجهود بدني لمدة قصيرة من الزمن ولمرة واحدة، أو المجهود البدني المستمر ولمدة طويلة من الزمن، وفسيولوجيا التدريب احد فروع هذا العلم الذي يهتم بدراسة تأثير الاداء البدني في الجهاز التنفسي والتغيرات التي تحدث خلال التدريب وبعده من حيث (الشهيق والزفير وتبادل الغازات والسعة الحيوية والشعيرات الدموية وغيرها)، ومن أجل تحسن الأداء في أي رياضة لابد أن يعتمد التدريب على طبيعة ونوع الرياضة، وأحياناً نلاحظ الخلط بين فهم عنصر التحمل وعنصر التحمل

العضلي وعنصر تحمل القوة وغيرها من عناصر التحمل مما يجعل المدربين في بعض الأحيان لا يحسنون التصرف عند تنفيذ البرامج الخاصة بالرياضات التخصصية التي يقومون بتدريبها حيث يتم تشكيل الحمل التدريبي الذي يتناسب مع نوع الفعالية الرياضية .

٢ - الرئتان The lungs

توفر الرئتان سطحاً بين الدم والبيئة الخارجية. يتراوح حجم الرئة ما بين ٤ و ٦ لترات (كمية الهواء الموجودة في كرة السلة) موفرة بذلك سطحاً استثنائياً رطباً للتبادل الغازي. تزن رئتاً الشخص متوسط الحجم حوالي ١ كجم ، ولو افترضنا نشر أنسجة الرئتان على الأرض، فستغطي سطحاً يتراوح ما بين ٦٠ إلى ٨٠ م^٢ ، أي حوالي ٣٥ ضعف حجم السطح الخارجي للإنسان ، وما يقرب من نصف حجم ملعب تنس أو ملعب كرة ريشة بأكمله و تمثل الرئتان واجهة كبيرة لعملية التبادل الغازي لأنه خلال أي ثانية واحدة خلال أقصى مرحلة من التدريب، لا يتدفق أكثر من (١٨, ٤٧٣ مليلتر) من الدم في شبكة الأوعية الدموية المعقدة والمتشابكة في أنسجة الرئة.

ترتبط قيم وظائف الرئتان بالتدريب الرياضي والبدني ونوع التمرينات المؤثرة في التنفس . وفيما يأتي استعراض لعدد من هذه الوظائف التي نرى إن لها علاقة مباشرة بمستوى الجهد :

*الحجم الرئوي : وهو عبارة عن حركة الهواء الداخل والخارج في الرئتان وقد تم التطرق إلى أنواعه في مستهل هذا الفصل .

*السعة الحيوية : تعبر السعة الحيوية عن القدرة الأوكسجينية ، و يمكن أن يعبر عنها أن بحجم الرئتان وقوة عضلات التنفس ومدى مطاطية الرئتان والقفص

الصدري . وهي عبارة عن السعة القصوى للهواء المتواجد في الرئتان والمسالك التنفسية الأخرى.

*انتشار الغازات : أن كمية انتشار الغازات يرتبط بمقدار انتشار الغازات بين الهواء الموجود في الحويصلات الرئوية والدم الموجود في الشعيرات الدموية الرئوية كما في الشكل رقم (١) .

*كمية الأوكسجين القصوى المستخدمة VO_2max : وهي أقصى حجم للأوكسجين المستهلك بالتر أو المليلتر في الدقيقة الواحدة . وهي تختلف باختلاف العمر والجنس وحجم الجسم ، حيث تصل أقصاها عند عمر (١٤ - ١٦ سنة (عند النساء و (١٩ - ٢٠ سنة) عند الرجال .

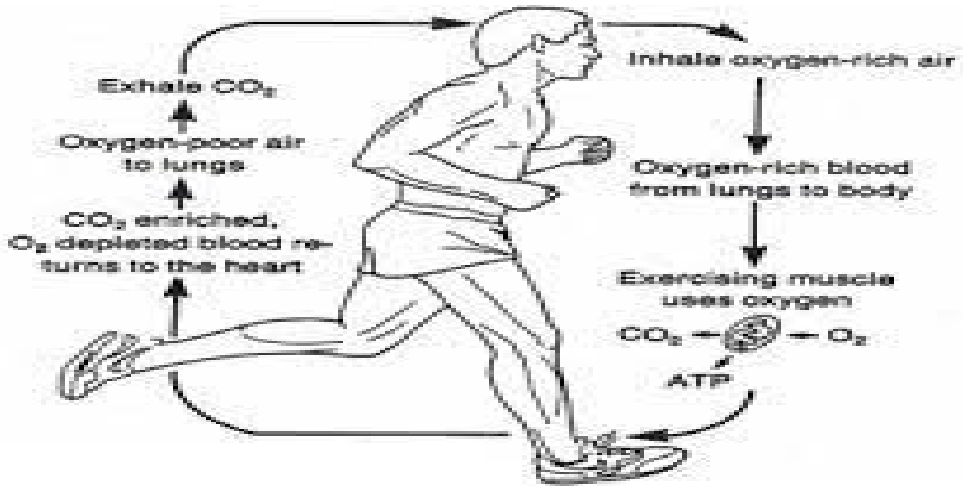


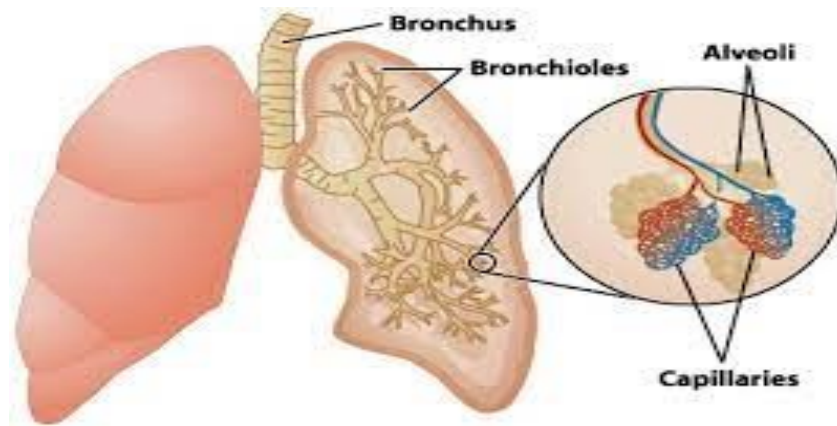
Figure 14: VO_2 MAX

يوضح الشكل (١) البيئة

٣- بيئة الرئة ووظيفتها Lung environment and function

إذا اعتمد الإنسان على طبيعة التبادل الغازي من خلال تحمل، فإن ذلك لن يلبي متطلبات الطاقة الأساسية لجسمه. إن ما يحتاجه الجسم من أوكسجين لقطع الميل الواحد خلال خمس دقائق في مارثون الـ ٢٦,٢ ميل هو من ٣ إلى ٤ لتر من الأوكسجين خلال عملية التبادل الغازي. داخل جسم الإنسان، يتم توفير الاحتياجات اللازمة في عملية التبادل الغازي من خلال جهاز فعال يدعى بالجهاز التنفسي. هذا الجهاز ينظم الحالة الغازية لبيئة جسم الإنسان الخارجية والداخلية أثناء الراحة وممارسة التمارين .

ويمكن أن نلخص وظيفة الرئة بالقول (هي المحافظة على الاستقرار التجانسي للتوازن الحمضي- القلوي (PH) ، وتنظيم حرارة الجسم بالتخلص من الحرارة والماء وكذلك الوقاية من المواد الضارة التي تدخل من خلال الشهيق ، حيث يقوم النسيج الظاهر الموجود بالجهاز التنفسي) كما في الشكل رقم (٢).

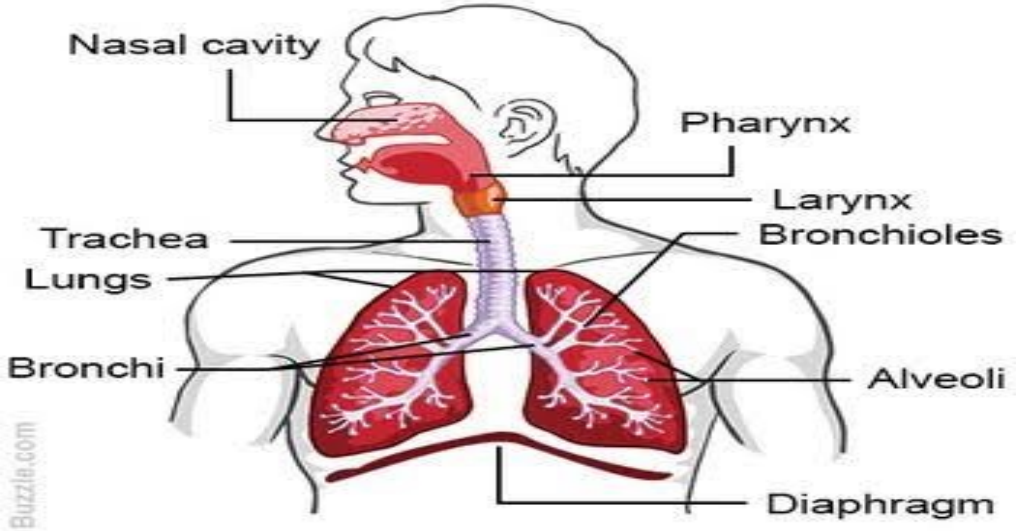


يوضح الشكل (٢) بيئة الرئة

٤ - البنية التشريحية لنظام التهوية

Anatomical structure of the ventilation system

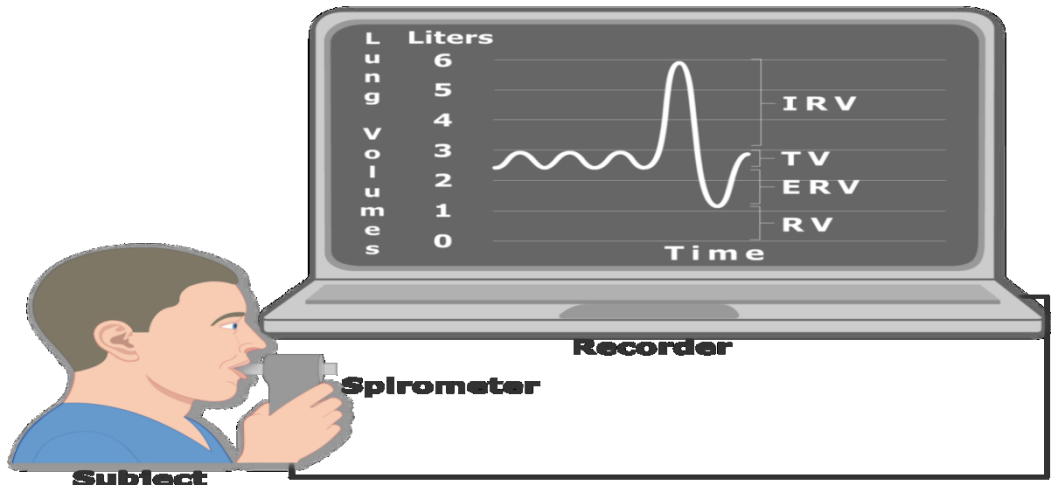
تسمى العملية التي يتم من خلالها ادخال الهواء المحيط بالجسم ومبادلته مع الهواء الموجود في الرئتان بالتهوية الرئوية ،حيث يتدفق الهواء من خلال الانف والفم و تتغير حرارته طبقا لحرارة الجسم ثم يتم ترطيبه وتصفيته اثناء مروره عبر القصبة الهوائية. تستمر عملة تكييف الهواء عندما يمر بالشعبتين الهوائيتين والمتمثلتين بأنايب كبيرة تعملان كقنوات اولية في كل من الرئتان. تنقسم الشعبتان الهوائيتان الى قصيبات حيث توصل هذه القصيبات الهواء عبر طريق متعرج وضيق حتى يختلط مع الهواء الموجود سلفا في الحويصلات الهوائية كما في الشكل رقم (٣).



يوضح الشكل (٣) البنية التشريحية لنظام التهوية

٥- احجام وسعات الرئة Lung volumes and capacities

للحصول على هذه القياسات ، قام اشخاص بالتنفس بشكل متكرر من خلال مقياس التنفس الموصوف في الفصل السابع لقياس استهلاك الاوكسجين بطريقة الدائرة المغلقة. مثل العديد من القياسات التشريحية والفسيولوجية ، ويختلف حجم الرئة باختلاف العمر والجنس وحجم الجسم وتكوينه ، وخاصة الطول فالممارسة الشائعة هي تقييم حجم الرئة من خلال مقارنتها بالمعايير المعتمدة التي تأخذ في الاعتبار هذه العوامل يوفر نوعان من القياسات ، ثابت ومتحرك ، معلومات حول حجم الرئة وسعتها. يقيس اختبار قياس التنفس الثابت الأبعاد لحركة الهواء داخل المسالك الرئوية ولا يفرض قيودًا زمنية على الموضوع. في المقابل ، يقوم قياس التنفس المتحرك بتقييم طاقة الرئة الوظيفية في مراحل مختلفة من عملية التهوية كما في الشكل رقم (٤).



يوضح الشكل (٤) قياس سعة الرئة

٦- احجام الرئة الساكنة static lung volumes

أثناء قياس وظائف الرئة الثابتة، ينخفض مؤشر مقياس التنفس ويرتفع مع كل شهيق وزفير لتوفير سجل لحجم التهوية ومعدل التنفس خلال عملية الشهيق والزفير. مصطلح حجم الهواء العادي يصف الهواء المتحرك أثناء مرحلة الشهيق أو الزفير لكل دورة تنفس. بالنسبة للرجال والنساء الاصحاء، يتراوح حجم الهواء العادي بين ٠,٤ الى ١,٠ لتر من الهواء خلال كل نفس. بعد تسجيل عدة قياسات لحجم الهواء الاعتيادي، يقوم الشخص بالتنفس بصورة طبيعية ثم يقوم بعملية الشهيق بالحد الأقصى. يسمى الحجم الاضافي المقدر ب ٢,٥ الى ٣,٥ الاعلى من حجم الهواء الاعتيادي باحتياطي الشهيق. يبدأ الشخص بالتنفس الطبيعي مرة اخرى ثم يقوم بإخراج الهواء بعملية الزفير بصورة اعتيادية ليقوم بعدها بإخراج مقدار هواء اضافي بمقدار ١,٠ الى ١,٥ لتر لرجل متوسط الحجم (بالنسبة للنساء، يقل الرقم بمقدار ١٠% الى ٢٠%) ويسمى هذا المقدار باحتياطي الزفير واثناء التمرين، يزداد حجم الهواء الاعتيادي متجاوزا حجمي احتياطي الزفير واحتياطي والشهيق. تمثل السعة الحيوية السريعة اجمالي حجم الهواء المتحرك لنفس واحد لشهيق كامل الى اقصى زفير ممكن او العكس. يختلف مقدار السعة الحيوية السريعة باختلاف حجم الجسم ووضعية الجسم اثناء القياس حيث ان متوسط مقدار السعة يتراوح بين ٤ الى ٥ لترات بين الرجال و ٣ الى ٤ بين النساء و تعتبر السعة السعات من ٦ الى ٧ لترات شائعة بين الافراد طوال القامة وقد تم تسجيل قيم اعلى من ٨ لترات لبعض الرياضيين المحترفين ذوي الاحجام الكبيرة. ومن الممكن ان ينعكس التأثير الجيني على كبر حجم الرئة لان التدريب لا يغير احجام الرئة الساكنة بشكل ملحوظ.

٧- احجام الرئة الديناميكية Dynamic lung volumes

تعتمد المقاييس الديناميكية للتهوية الرئوية على عاملين اساسين هما :

١. عامل السعة الحيوية السريعة

٢. عامل السرعة تحرك الهواء

تعتمد سرعة اندفاع الهواء على مقاومة الممرات الهوائية الرئوية غير التدفق السلس للهواء وان المقاومة "الصلابة" التي يقدمها الصدر وأنسجة الرئة للتغيرات في الشكل أثناء التنفس بما يسمى بالمطاوعة الرئوية المرنة.

الحجم الرئوي المتبقي residual lung volume

بعد اتمام عملية الزفير بأقصى مقدار ، يبقى هواء في الرئتان لا يمكن زفيره يتراوح حجمه بين ١,٠ و ١,٢ لتر للشابات البالغات و ١,٢ و ١,٦ لتر للشباب ،بينما تنخفض احجام الرئة لكبار السن بسبب انخفاض مرونة أنسجة الرئة وانخفاض قوة العضلات الرئوية، ولا بد من الاشارة الى ان هذان العاملان لا ينتجان عن كبر السن بحد ذاته ، بل يرجعان أكثر إلى تأثيرات نمط الحياة الخاملة. من المرجح أن يكون الخمول ، وليس الشيخوخة ، مسؤولا عن أكبر التغيرات في حجم الرئة ووظيفتها.

نسبة السعة الحيوية بالثانية الواحدة الى السعة الحيوية الاعتيادية

تعكس هذه النسبة الطاقة الزفيري والمقاومة الشاملة للهواء داخل الرئتان وعادة ما تبلغ هذه النسبة ٨٥% ولكن مع مشاكل الانسداد الرئوي الحاد تبلغ هذه النسبة حوالي ٤٠%.

الفضاء الفيسيولوجي الخامل (الساكن) وعمق التنفس مقابل معدل التنفس

قد لا تعمل بعض الحويصلات الهوائية بشكل كاف اثناء عملية تبادل الغازات بسبب نقص التغذية الرئوية أو عدم كفاية التهوية بالنسبة إلى المساحة السطحية في الحويصلات الهوائية، وبما أن هناك فسحة ميتة في الرئتان ، فتلك الفتحة الميتة الفسيولوجية ضئيلة جدا في الرئتان السليمتين، يمكن أن تزيد هذه المساحة الفسيولوجية الميتة إلى ٥٠٪ بسبب عاملين هما :

١- عدم كفاية التزود بالدم أثناء النزف أو انسداد الدورة الدموية الرئوية بسبب الصمام الرئوي أو جلطة دموية.

٢- التهوية في الحويصلات غير الكافية لدى مرضى الرئة المزمن.
من المستحيل ان تتم عملية التبادل الغازي داخل الرئة اذا كانت مساحة الفضاء الميت تزيد عن ٦٠% من حجم الرئة الكلي.

٨- عمق التنفس مقابل معدل التنفس

Respiratory depth versus respiratory rate

تحافظ التعديلات في معدل التنفس والعمق على التهوية الحويصلية بالتناسب مع زيادة كثافة التمرين. ففي التمارين المعتدلة، يحافظ رياضيو التحمل المدربون على رفع مقدرة التهوية الحويصلية المناسبة عن طريق زيادة حجم هواء التنفس العادي و زيادة معدل التنفس بصورة قليلة. خلال التنفس العميق ، تزيد التهوية الحويصلية عادة من ٧٠٪ من التهوية خلال الدقيقة أثناء الراحة إلى أكثر من ٨٥٪ من إجمالي التهوية أثناء التمرين. تحدث هذه الزيادة بسبب دخول نسبة أكبر من هواء التنفس العادي الوارد إلى الحويصلات الهوائية مع تنفس أعمق مع زيادة شدة التدريب، يصل حجم هواء التنفس العادي إلى حوالي ٦٠٪ من السعة الحيوية ؛ الزيادات

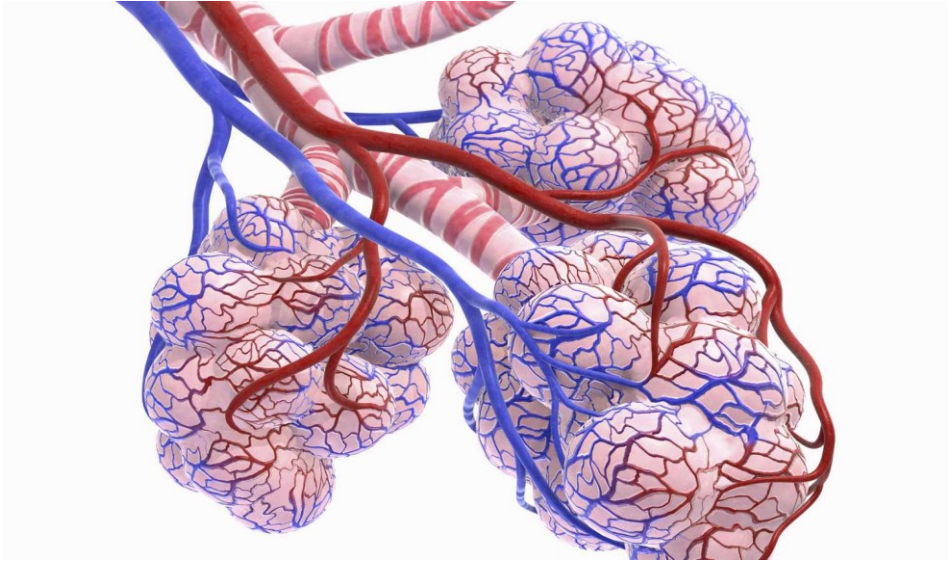
الإضافية في التهوية خلال الدقيقة ناتجة عن زيادة معدل التنفس، تحدث هذه التعديلات في التنفس دون وعي ؛ يطور كل فرد "أسلوبًا" في التنفس عن طريق مزج معدل التنفس و هواء التنفس العادي بحيث تتوافق التهوية مع التروية الحويصلية، محاولات تعديل التنفس أثناء الجري والأنشطة البدنية العامة الأخرى لا تفيد أداء التمرين، أثناء الراحة وممارسة الرياضة ، ويجب أن يتنفس كل فرد بالطريقة التي تبدو طبيعية حيث يقوم معظم الأفراد الذين يمارسون المشي المنتظم والركض وركوب الدراجات والتجديف بمزامنة التنفس بشكل طبيعي مع حركات الأطراف العليا والسفلى ونمط التنفس هذا الذي يطلق عليه اسم (entrainment) يعمل على الأقل من الطاقة المستهلكة للقيام بالنشاط.

٩- ضيق النفس Shortness of breath

عادة ما يصاحب الإحساس بعدم القدرة على التنفس أثناء التدريب، وخاصة عند المبتدئين ارتفاع ثاني أكسيد الكربون الشرياني و $[+H]$ الهيدروجين، كلتا المادتين الكيميائيتين تؤثران على الرئتان حيث تعمل على زيادة معدل وعمق التنفس ولها علاقة بعدم القدرة على تنظيم ثاني أكسيد الكربون و $[+H]$ بشكل ملائم على الأرجح يرتبط بمستوى اللياقة الهوائية المنخفض والعضلات التنفسية سيئة التكييف، تتسبب الرغبة القوية للتنفس أثناء التدريبي إرهاق عضلات الجهاز التنفسي ، وتعطيل المستويات الطبيعية لثاني أكسيد الكربون و $[+H]$ الهيدروجين ، وهذا بدوره يؤدي هذا إلى تسريع نمط التنفس غير الفعال ، ويشعر الفرد بعدم القدرة على تنفس الهواء بالشكل الكافي.

١٠ - الحويصلات الهوائية Alveoli

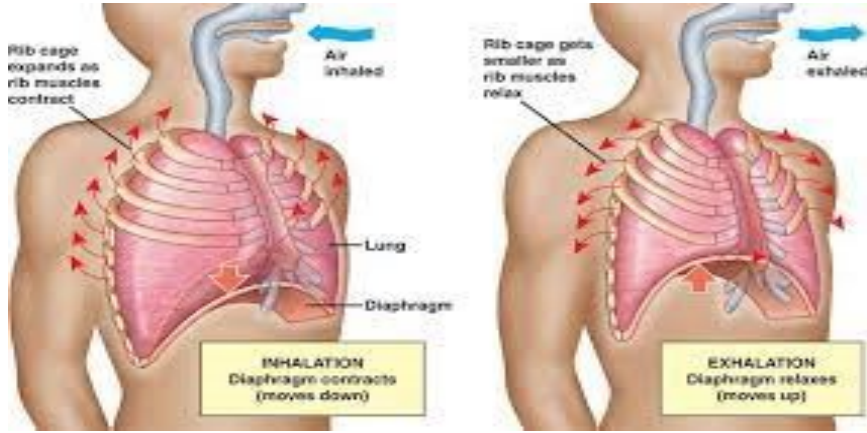
تحتوي أنسجة الرئة على أكثر من ٦٠٠ مليون حويصلة هوائية، توفر هذه الأكياس الغشائية المرنة ذات الجدران الرقيقة، السطح الحيوي لتبادل الغاز بين الرئتان والدم، ان انسجة الحويصلات الهوائية تحصل على تدفق للدم اكثر من أي عضو في الجسم. ملايين الشعيرات الدموية ذات الجدران الرقيقة والحويصلات الهوائية تتواجد جنباً إلى جنب، مع تحرك الهواء من جانب والدم من جانب آخر. تشكل الشعيرات الدموية غطاءً كثيفاً شبيهاً بالشبكة المعشقة تحيط تقريباً من الخارج الحوصلة بالكامل، تصبح هذه الشبكة كثيفة لدرجة أن الدم يتدفق كصفحة فوق كل حويصلة يصل الدم إلى الشعيرات الدموية الرئوية حيث يفصل الغشاء التنفسي الدم عن الهواء في انسجة الحويصلات الهوائية ، وهذا الحاجز الدموي النسيجي الرقيق يسمح بالانتشار السريع بين غازات الحوصلة الهوائية وغازات الدم أثناء الراحة، يترك ما يقرب من ٢٥٠ مل من الاوكسجين الحويصلات الهوائية كل دقيقة ويدخل الدم، ويدخل حوالي ٢٠٠ مل من ثاني أكسيد الكربون في الحويصلات الهوائية، عندما يقوم رياضيو تمارين التحمل بتدريبات مكثفة، فإن حوالي ٢٠ ضعف من الاوكسجين الممتص أثناء الراحة ينتقل عبر الغشاء التنفسي إلى الدم كل دقيقة. تتمثل الوظيفة الأساسية للتهوية الرئوية أثناء الراحة والتدريبي الحفاظ على تركيزات ثابتة ومناسبة نسبياً من الاوكسجين وثاني أكسيد الكربون في غرف الحويصلات الهوائية وبهذا يتم ضمان التبادل الغازي الحويصلي الفعال قبل خروج الدم من الرئتان للمرور الى جميع أنحاء الجسم كما في الشكل رقم (٥).



يوضح الشكل (٥) الحويصلات الهوائية

١١ - ميكانيكية التهوية Ventilation mechanical

يُظهر المثال بالونين متصلين بجرة تم استبدال قاعها الزجاجي بغشاء مطاطي رقيق، عندما ينخفض الغشاء يزداد حجم الجرة، ويصبح ضغط الهواء داخل الجرة أقل من ضغط الهواء خارجها، وبالتالي يندفع الهواء إلى البالونات وتنتفخ على العكس من ذلك إذا ارتد الغشاء المرن، يزداد الضغط داخل الجرة مؤقتاً، ويندفع الهواء تحدث عملية تبادل الهواء داخل البالونات مع زيادة مسافة ومعدل هبوط وصعود الغشاء المطاطي، الرئتان غير معلقتين في تجويف الصدر كما هو موضح بالبالونات والجرة بدلاً من ذلك يؤدي الاختلاف في الضغط داخل الرئتان وواجهة جدار الرئة والصدر إلى التصاق الرئتان بداخل جدار الصدر إن أي تغيير في حجم تجويف الصدر ينتج عنه تغيراً مقابلاً في حجم الرئة كما في الشكل (٦).



يوضح الشكل (٦) المبدأ الفيزيائي الكامن وراء ديناميكيات التنفس

١٢- الشهيق Inhale

الحجاب الحاجز وهو عبارة عن طبقة سميكة على شكل قبة من العضلات، يخدم الغرض نفسه للغشاء المطاطي في الجرة، تعمل عضلة الحجاب الحاجز كفاصل محكم الإغلاق بين تجاويف البطن والصدر. أثناء الشهيق ، فعندما ينقبض الحجاب الحاجز ، ويتسطح ويتحرك لأسفل حتى ١٠ سم نحو تجويف البطن وبالتالي يوسع ويطيل تجويف الصدر، يتمدد الهواء في الرئتان بعد ذلك ، مما يقلل من ضغطه (يشار إليه باسم الضغط داخل الرئة) إلى حوالي ٥ ملليتر زئبقي تحت الضغط الجوي فرق الضغط بين الرئتان والهواء المحيط يؤدي الى امتصاص الهواء من خلال الأنف والفم مسببا امتلاء الرئتان، تعتمد درجة ملء الرئة على عاملين:

١. قوة الحركات الاستنطاقية.

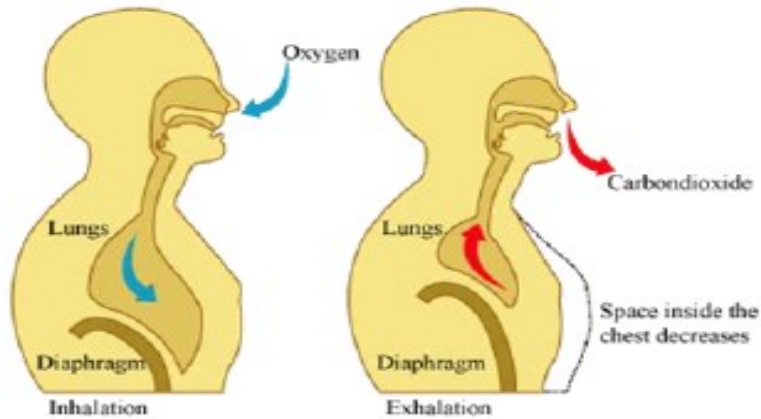
٢. مقدار ضغط الهواء داخل و خارج الرئتان.

تنتهي عملية الاستنشاق عندما يتوقف توسع التجويف الصدري ويزداد الضغط داخل الرئة بمقدار متساوي للضغط الجوي. أثناء التدريب، تنقبض العضلات الأمعية والعضلات بين الأضلاع. يتحرك الهواء إلى الرئتان عندما يزداد حجم

تجويف الصدر بسبب ثلاثة عوامل رئيسية : (١) نزول الحجاب الحاجز ، (٢) رفع الأضلاع إلى الأعلى ، و (٣) الدفع الخارجي لعظم القفال.

١٣ - الزفير Exhale

هو عملية سلبية إلى حد كبير تحدث عندما يتم إخراج الهواء من الرئتان من ارتداد أنسجة الرئة المتوسعة واسترخاء العضلات التنفسية ويؤدي هذا إلى تأرجح عظم القص والأضلاع للأسفل بينما يتحرك الحجاب الحاجز نحو القفص الصدري، تقلل هذه الحركات من حجم التجويف الصدري وتضغط غاز الحويصلات الهوائية ؛ وهذا يدفعه عبر الجهاز التنفسي إلى المحيط الخارجي أثناء التهوية في التدريبات المعتدلة إلى الشديدة ، تعمل عضلات البطن بقوة بالضغط على الاضلاع وتجويف البطن لإنتاج زفير أسرع وأعمق في التدريبات المكثفة ، فكلما زادت مشاركة عضلات الرئة زاد فرق الضغط فيترتب على ذلك زيادة في حركة الهواء كما في الشكل (٧).



يوضح الشكل (٧) الشهيق والزفير

١٤ - تكيف الجهاز التنفسي للتدريب Respiratory adaptation to training

تكيف وظائف الجهاز التنفسي نتيجة التدريب مما يؤدي إلى زيادة كفاءته ثم يستمر التكيف مع انواع الجهد البدني التي يتلقاها الفرد الرياضي وتظهر علامات هذا التكيف من خلال النقاط الاتية :

اولا : الاحجام الرئوية Lung volumes

حجم التدريب يغير حجم الرئة وسعتها، فتزداد السعة الحيوية وتعني كمية الهواء التي يمكن تحريكها بعد أقصى شهيق كما تزداد كمية الهواء المتبقي وهي تعنى كمية الهواء التي لا يمكن دفعه خارج الرئتان، كما أنه بعد تدريبات التحمل فإن حجم التنفس يتغير ويعبر عنها كمية الهواء التي تدخل وتخرج من الرئة أثناء التنفس .

ثانيا: معدل التنفس Breathing rate

يزداد معدل التنفس خلال العمل البدني عالي المستوى ،ويقل معدل التنفس اثناء الراحة، وكذلك ينخفض التنفس بشكل بسيط اثناء العمل دون الحد الاقصى .

ثالثا : التهوية الرئوية Pulmonary Ventilation

تزداد التهوية الرئوية حيث تصبح قصوى عند اداء المجهود البدني ، ويمكن ان تنخفض في حالة التدريب دون القصوى وعند الراحة، ولا تتغير التهوية الرئوية بعد التدريب.

تزداد التهوية الرئوية عند الاشخاص غير مدربين من (١٢٠ الى ١٥٠ لتر اق)، بينما لدى الرياضيين تزداد وتصل الى ١٨٠ لتر وترجع اسباب هذه الزيادة في

التهوية الى عاملين الاول هو: زيادة حجم التنفس والثاني :زيادة معدل التنفس عند الحد الاقصى .

و أثبتت دراسات حديثة أن التهوية الرئوية لدى الرياضيين ذوى المستويات العالية تصل إلى ٢٤٠ لتر/دق أي أنها تبلغ ضعف الفرد العادي.

رابعا : الانتشار الرئوي Pulmonary Diffusion

يزداد تدفق الدم الى الرئتان نتيجة ورود كمية دم كبيرة من القلب ويعبر عن ذلك بالانتشار الرئوي الذي يزداد عند العمل بالحد الاقصى من التدريب ، ويتحسن تبادل الغازات نتيجة اشتراك أكبر قدر من الحويصلات الرئوية في هذه العملية.

خامسا : الفروقات بين الاوكسجين الشرياني والاكسجين الوريدي

Differences between arterial and venous oxygenation

التدريب الرياضي يعمل على تغيير محتوى الاوكسجين الشرياني بشكل قليل ،على الرغم من أن الهيموجلوبين الكلى يزداد إلا أن كمية الهيموجلوبين لكل خلية من الدم تظل كما هي أو تقل قليلاً.

ويقل اكسجين الدم الوريدي وخاصة عند مستوى الحد الأقصى من التدريب، وذلك بسبب زيادة اكسجين الدم الشرياني وتنتج ذلك بسبب انخفاض محتوى دم الوريد الاوكسجين، وهذا يعنى أن الدم العائد إلى القلب في الأوردة يحتوى على أكسجين أقل عند مقارنه بالفرد غير المدرب وهذا يعكس شيئاً مهما وهو أن استخلاص

الايوكسجين في الأنسجة يكون أكبر وكذلك كفاءة التوزيع لحجم الدم الكلى على الأنسجة يكون أعلى.

سادسا : معدل التغير في التنفس Respiratory Exchange Ratio

وهو يعنى النسبة بين ثاني أكسيد الكربون المقرر والايوكسجين الممتص أثناء عمليات الأيض، وهذا يدل على غلط ونوع مصادر الطاقة المستخدمة - وبعد التدريب تنخفض هذه النسبة أو هذا المعدل.

١٥- العوامل المؤثرة في الجهاز التنفسي

Factors affecting the respiratory system

١- يعد المجهود العضلي من العوامل المؤثرة في الجهاز التنفسي الذي بدوره يؤدي الى زيادة كمية ثاني اكسيد الكربون في الدم فيسعى الجسم الى التخلص من هذه الكمية الزائدة بزيادة معدل وعمق التنفس.

٢- اختلاف درجة حرارة الجسم في حالة اصابة الانسان بالحمى وارتفاع درجة حرارته يتبع ذلك زيادة في حركات التنفس ويتبع هذه الزيادة ازدياد كمية الاوكسجين التي يحتاجها الجسم.

٣- اختلاف التركيب الهوائي المستنشق في حالة وجود الانسان في اماكن رديئة التهوية يزداد عمق التنفس وسرعته حتي يمكن التخلص من كمية ثاني اكسيد الكربون الزائدة.

٤- ان اختلاف الضغط الجوي يؤدي الى موت الانسان ولا سيما اذا تعرض الى ضغط جوي عال ، اوما في حالة تعرضه لأقل من الضغط الجوي العادي فانه

يحدث قلة في نسبة الاوكسجين ويصاب الانسان بالدوخة والقيء ، ويمكن للجسم القدرة على تعويض هذا النقص في الاوكسجين بزيادة عدد كرات الدم الحمراء او بزيادة سرعة التنفس .

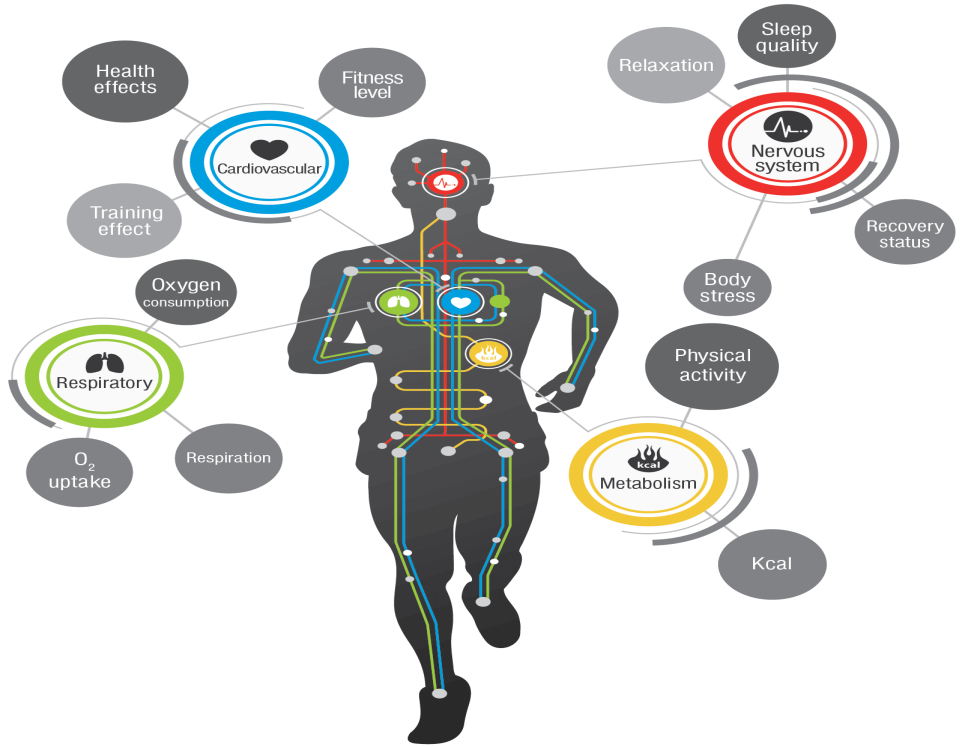
١٦ - التدريب الرياضي واثره في الجهاز التنفسي

Sports training and its effect on the respiratory system

المجهود البدني المنتظم والمستمر يساعد الافراد على تحسين العمل الوظيفي للجهاز التنفسي حيث أن نتيجة التدريب الرياضي تظهر تغيرات واضحة في ميكانيكية التنفس ووظيفة الجهاز التنفسي وحدثت تغيرات كيميائية عديدة في وظائف الجسم .

وهناك ثلاثة عوامل تزيد أثناء المجهود البدني وهي زيادة ثاني أكسيد الكربون ونقص الاوكسجين مع زيادة حموضة الدم مما تؤدي إلى زيادة عمق وسرعة التنفس هذا فضلا عن الإشارات العصبية التي تصل إلى المركز المنظم وذلك عند ارتفاع درجة الحرارة الجسم أثناء المجهود الرياضي الذي يؤدي إلى سرعة وعمق التنفس .

واما التغيرات الكيميائية التي تحدث خلال المجهود البدني فتؤدي الى (اتساع القفص الصدري ،زيادة قوة عضلات التنفس ، زيادة تبادل الغازات ، زيادة السعة الحيوية للرئتين ، معدل التنفس ، زيادة التهوية الرئوية ونشاط القلب ،زيادة الهيموجلوبين بالدم) كما في الشكل (٨).



يوضح الشكل (٨) تأثيرات التدريب على الجهاز التنفسي

١٧- التغيرات التي تطرأ على تنفس اللاعب عند القيام بمجهود رياضي

Changes in the player's breathing when doing sports

عند القيام بمجهود رياضي عامة فان سرعة التنفس تزداد ولكن هذه الزيادة تختلف من فرد الى اخر، وفي الفرد الواحد تختلف حسب هذا المجهود وكذلك فترة اداء المجهود، وطبيعة الطقس المحيط (حار - بارد - رطب - ظل - حرارة الشمس).

اولا :التغيرات التي تطرأ على الرياضي عند القيام بمجهود متوسط ولمدة طويلة

يحدث هذا في سباق الركض للمسافات الطويلة ، فنجد ان معدل التنفس يزداد في الفترة الاولى من السباق ثم يقل معدله بعد ذلك ويظل منتظما على هذا المعدل لفترة زمنية ، وتسمى هذه الفترة بالحالة المنتظمة او الحالة الثابتة، ولكي يصل الفرد الى هذه الفترة على ان يأخذ حوالى خمس دقائق قبل من الاعداد بداية قيامه بالمجهود، وفى هذه الفترة يقوم الجسم بتنظيم نفسه من حيث تبادل الاوكسجين وثنائي اكسيد الكربون من والى الدم عن طريق الرئتان، وكذلك من والى الدم عن طريق العضلات والخلايا ، ولكي يصل الفرد الى ما يسمى بالفترة الثابتة او الفترة المنتظمة يجب ان يحدث تكيف فسيولوجي لأجهزه الجسم المختلفة والتي تعمل كوحدة واحدة لتستطيع اداء المجهود البدني، وان سرعة الوصول الى ما يسمى بالحالة الثابتة تتوقف الى حد ما علي كفاءة وتدريب اللاعب بمعنى انه كلما تقدم في التدريب كلما ادرك الحالة الثابتة مبكرا .

ثانيا : التغيرات التي تحدث للاعب غير الحالة الثابتة هي:

١- نقص سرعة التنفس عما كانت عليه في الفترة الاولى من القيام بالمجهود البدني مع سهولة التنفس وعدم وجود ضيق فيه، وهذا يعني ان عدد ضربات التنفس تقل عما هي عليه قبل حصول الحالة الثابتة .

٢- تقل درجة استهلاك العضلات للأكسجين.

٣- تقل وتنظم نبضات القلب عما كانت عليه في الفترة الاولى من القيام بالمجهود البدني.

٤- تصبح العضلات قادرة على تنظيم عملها في حالة منتظمة ولا يشعر اللاعب بآلام عضلية اثناء وبعد الجهد .

ثالثا : التغيرات في حالة التنفس عند القيام بمجهود شاق او عنيف ولفترة زمنية قصيرة:

يحدث هذا في سباق الركض لمسافات قصيرة او في سباحة المسافات القصيرة ، فنجد ان معدل التنفس يزداد ولا يعود الى معدلة الطبيعي الا بعد فترة من الوقت من نهاية المجهود الرياضي ، وسبب ذلك انه في حالات المجهود العنيف لوقت زمني قصير لا يمكن للزيادة في معدل للتنفس من ان تزود العضلات بالاكسجين اللازم للقيام بمثل هذا المجهود في الفترة الزمنية القصيرة "١٠٠ متر في ١٠ ثوان" ولكن الجسم يعمل على تعويض هذا النقص في الاوكسجين الواصل من الرئتان الى الدم ، وذلك باستهلاك جزء من اوكسجين العضلات الموجود في هيموجلوبين العضلات حيث يتجمع حامض التكتيك في تلك العضلات والتي تحتاج بعد الانتهاء من المجهود الى الحصول على الاوكسجين من الدم للتخلص من الحامض المتجمع بها.

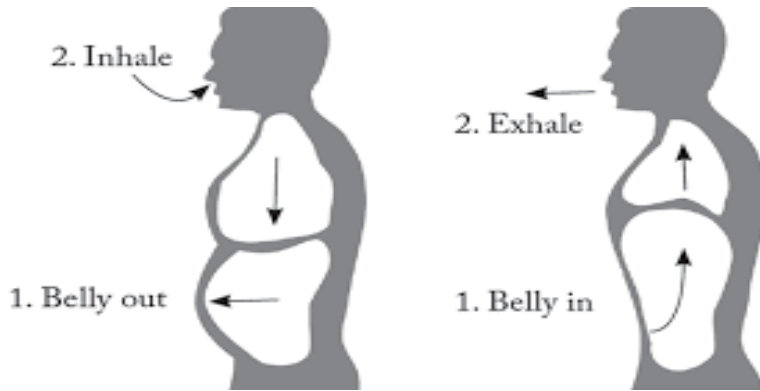
١٨ - عضلات التنفس والتدريب Breathing and training muscles

نظرا لكون عضلات التنفس هي عضلات هيكلية فيمكن زيادة قوتها وتحملها بواسطة برامج التدريب المستخدمة وهذه حقيقة ثابتة وخاصة اذا ما ركزت برامج التدريب على تنمية هذه العضلات من ناحية القوة والتحمل لما لها من اهمية في التحكم في التهوية الرئوية ، كما يلاحظ في انخفاض التهوية الرئوية للرياضيين المدربين مقارنة بغير المدربين ، كما ان القوة والتحمل لعضلات التنفس لها علاقة بالأحجام التنفسية والسعات الرئوية.

ان اهمية التنفس في الرياضة بشكل عام والانشطة بشكل خاص واهتمام المدربين وخاصة في الرياضات ذات الزمن الطويل في تطوير عمل العضلات التي تؤدي الى تأخير اعراض التعب، وقد تطلب وجوب تعريف المهتمين باللياقة والانجاز بالأجهزة الحديثة المستخدمة في تدريب العضلات الاساسية والمساعدة في عملية التنفس تدريباً مباشراً وخاصاً.

أما التنفس خلال المشي، وخاصة لمن يعاني من الام نغزات في جانب البطن أو عدم القدرة على التنفس بعد مسافة طويلة، يجب عليه ان يتنفس بطريقة متوازنة وهادئة، وخاصة أن التنفس العميق يساعد على تقوية الدورة الدموية وتزويد القلب والعضلات بالاكسجين، ولغرض الاسترخاء إنه يجب تقليل العضلات مع الشهيق، وحبس الهواء قليلاً ومن ثم إرخاءها مع الزفير كما في الشكل (٩).

ومن النصائح للتدريب على التنفس الصحيح ضرورة الوقوف بصورة مستقيمة، ومن ثم التنفس بصورة عميقة عبر الأنف فقط ثم حبس الهواء للحظات قصيرة، وإجراء عملية الزفير بصورة بطيئة عبر الفم.



يوضح الشكل (٩) التغيرات في عضلات التنفس عند القيام بمجهود

الفصل الثاني

التحمل الدوري التنفسي Respiratory endurance

١- مقدمة Introduction

يعد تحمل الدوري التنفسي مؤشراً مهماً للصحة بشكل عام فعملية إيصال الأوكسجين الى خلايا الجسم المختلفة تزيد كفاءة الجهاز الدوري التنفسي وتتمى القدرة على مقاومة الأمراض التي تصيبه كارتفاع ضغط الدم وارتفاع معدل الكولسترول في الدم وارتفاع في تحسين أداء العمليات العقلية معدل نبض القلب ومرض السكري ، كذلك التفكير والتركيز .

أن قدرة القلب والرئتان والأوعية الدموية على نقل كميات كافية من الأوكسجين إلى خلايا الجسم تعمل على توفير احتياجاتها من الطاقة أثناء فترة ممتدة زمنية نسبياً من التدريب الرياضي ، ومن الأنشطة التي تتمى تحمل الدوري التنفسي الركض لمسافات طويلة وبسرعة متوسطة ، المشي لمسافات بعيدة ، السباحة لمسافات طويلة ، ركوب الدراجات ، المشاركة في الألعاب الرياضية ذات الزمن المحدد نسبياً ككرة القدم والسلة واليد .

ويمكن قياس ومعرفة مدى كفاءة الجهاز الدوري التنفسي عن طريق قياس أقصى كمية من الأوكسجين يمكن للفرد أن يستهلكها في الدقيقة مقدره بالمليتر لكل كيلو واحد من وزنه ، وكلما زادت هذه الكمية المستهلكة من الأوكسجين دل ذلك على ارتفاع كفاءة الجهاز الدوري التنفسي وادائه .

يتطلب النشاط الرياضي الممارس القدرة على الاستمرار في الأداء بصفة مستمرة كما هو الحال في ركض الماراثون والسباحة الطويلة، و كما أن هناك من الأنشطة

الرياضية ما يتطلب أداء المجهود على فترات متقطعة كما هو الحال في كرة القدم وطبيعة الجهد ، ففي كلا النوعين مختلف فالنوع الأول : يتطلب كفاءة الجهازين الدوري والتنفسي على القيام بمجهود مستمر (شبه منتظم)، وأما في النوع الثاني فإن الجهازين الدوري والتنفسي لهما دور يختلف اذ يتطلب الأمر أن يعمل في حدود فترات متقطعة غير منتظمة من حيث شدتها وحجمها، فالنوع الأول هو تحمل الدوري التنفسي العام، أما النوع الثاني فهو تحمل الدوري التنفسي الخاص الذي يتناسب نوع النشاط الممارس. ويقول كلارك إن كفاءة الجهاز الدوري التنفسي هي أحد المكونات المهمة للحياة واللياقة البدنية، ونتيجة لبلوغ أهمية تحمل الدوري التنفسي اعتبره كوبر Cooper المكون الوحيد للياقة البدنية ، فوضع بناء على ذلك اختباره الشهير المسمى باسمه (Cooper Test) لقياس تحمل الدوري التنفسي (اللياقة).

ان الوصول إلى مرحلة التكيف في النشاط الرياضي الممارس الذي يستغرق فترة طويلة ترجع في المقام الأول لكفاءة هذين الجهازين، فكلما زادت هذه الكفاءة أزداد القيام بعمل عضلي لمدة طويلة والعكس صحيح.

٢ - تعريفات التحمل الدوري النفسي

Definitions of psychological cyclic endurance

يعرفه بارو Barrow ومك أي McGee بأنه قدرة المجموعات العضلية الكبيرة على الاستمرار في عمل انقباضات متوسطة لفترات طويلة من الوقت نسبياً، والتي تتطلب تكيف الجهازين الدوري والتنفسي لهذا النشاط.

يعرف تحمل الدوري التنفسي بأنه كفاءة الجهازين الدوري والتنفسي على مد العضلات العاملة بحاجتها من الطاقة اللازمة بغية استمرارها في العمل لفترات طويلة وكفاءة الجهازين الدوري والتنفسي.

ويعرفه المؤلف بأنه كفاءة الجهازين الدوري والتنفسي على مد العضلات العاملة بحاجتها من الوقود اللازم بغية استمرارها في العمل لفترات طويلة.

٣- أهمية التحمل الدوري التنفسي

The importance of the Respiratory Cyclic endurance

يعد تحمل الدوري التنفسي أحد العوامل المهمة في ممارسة العديد من الأنشطة الرياضية، والعديد من الدراسات الحديثة التي تناولت تحمل الدوري التنفسي تم الخروج بنتائج منها ان تحمل الدوري التنفسي يعد احد مكونات (اللياقة البدنية ، اللياقة الحركية ، القدرة الحركية) ، وتحمل الدوري التنفسي مهم في معظم الأنشطة الحركية التي تتطلب العمل لفترة طويلة ، ويرتبط بالسمات النفسية خاصة مثل قوة الارادة ، ويرتبط بالعديد من المكونات البدنية الأخرى كالرشاقة والسرعة الانتقالية ويعتبر المكون الأول في اللياقة البدنية .

٤- عوامل تؤثر في التحمل الدوري التنفسي

Factors affecting the respiratory circulatory endurance

اولا : النشاط الرياضي

ان يعتبر لتحمل العضلي يعد من أهم العناصر الرئيسية في ممارسة النشاط الرياضي ويسمى تحمل القوة، فهو عنصر أساسي لاستكمال متطلبات الألعاب سواء كانت

جماعية أو فردية ، و أن لتحمل العضلي أو ما يطلق عليه أحيانا بتحمل القوة أحد المكونات الأساسية للياقة البدنية التي يجب تنميتها عند اللاعبين.

يعرف التحمل العضلي بأنه قدرة العضلات على أداء جهد مستمر ومتعاقب ذات شدة أقل من الحد الأقصى، وهذا الجهد المتعاقب يقع فيه الحمل على الجهاز العضلي إلا أن الأمر يتطلب كفاءة الجهازين الدوري والتنفسي للتخلص من الفضلات (الحمض المتراكم في العضلات) الناتجة عن الجهد المبذول في الأداء للاستمرارية المطلوبة في العمل العضلي كما في الشكل (١٠).



يوضح الشكل (١٠) التغيرات في جلد الدوري التنفسي

ثانيا : حالة الطقس والمناخ weather and climate

التغير المناخي يتم من خلال حدوث تغير في عناصر المناخ (حرارة ، رياح ،امطار ،ثلوج) التغير هو ارتفاع وانخفاض في درجات الحرارة وتغير في الضغط

الجوي ونشاطاته وتعد عناصر المناخ والطقس ذات اثار مباشرة وغير مباشرة على حياة الانسان .

هذه التغيرات تحدث اثار اعلى صحة الانسان واهمها :

١- تسبب درجات الحرارة القصوى و المنخفضة على حد سواء في حدوث امراض قد تؤدي الى الوفاة مثل الإجهاد الحراري وانخفاض حرارة الجسم الناتجة عن امراض القلب وارتفاع ضغط الدم والأمراض التنفسية .

٢- تسبب أحوال الطقس الراكدة في المدن احتباس الهواء الدافئ وملوثات الهواء مما يؤدي الى انتشار الضباب والدخان بصورة متكررة وحدث اثار صحية وخيمة.

٣-ارتفاع درجة الحرارة يؤدي الى تكوين امطار وفيضانات او جفاف وهذا التغيير يشكل تهديدا على صحة المجتمع .

٤-يتوقع ان نسبة التغيرات المناخية المتوقعة في ارتفاع موجات الحر والتي تسببت في وفيات اعداد كثيرة منها كانوا مصابين بأمراض قلبية وبسبب الإجهاد الحراري وزيادة حالات المشاكل النفسية.

٥- ان جزءا كبيراً من المشاكل التنفسية ينتج عن ترافق ارتفاع درجات حرارة الجو مع ارتفاع في الخطر الصحي الذي يسببه زيادة نسبة غاز الأوزون في طبقات الجو السفلى وهذا التركيز العالي من غاز الأوزون اذ يدمر انسجة الرئتان ويسبب في تدهور حقيقي للحالة الصحية للمصابين بأمراض رئوية مسبقاً مثل التهاب القصبات الهوائية.

٦- يؤدي ارتفاع درجات حرارة الأرض الى اتساع رقعة الأمراض المننتقلة عن طريق الحشرات ناقله في البلدان التي تسمح ظروفها المناخية بانتشار تلك الأمراض مثل الملاريا .

ثالثا : تأثير الأدوية The effect of drugs

معظم الدراسات الحديثة تناولت تأثير الادوية قي الانسان العادي والرياضي ومدى تأثير تلك الادوية عليهم ،والادوية مثلما لها جملة من الفؤاد كذلك لها وجملة من المضار على جسم الانسان ومن هذه الامراض التي نوضح تأثير الادوية فيها هي امراض الجهاز التنفسي.

مرض الانسداد الرئوي المزمن : أثناء زيادة التهوية من ممارسة الرياضة يزيد EELV بشكل حاد حيث لا يوفر بالفعل قيمة عالية للراحة ، وقد أظهرت الدراسات أن هذه الديناميكية يؤثر فيها تضخم الرئة المفرط على وظيفة العضلات (الشهية ، استجابات نمط التنفس ، كفاءة ثاني أكسيد الكربون القضاء وشدة ضيق التنفس الجهد) ، ومن شأنه أن يترافق مع استمرار الحد من تضخم الرئة المفرط ، وبالتالي من شأنه تحسين ضيق التنفس بذل الجهد و أداء التمارين مع المرضى الذين يعانون من مرض الانسداد الرئوي المزمن.

استخدام معظم من الادوية ادى الى تضخم مستمر في الرئة خلال الراحة واثناء التدريب والزيادات الناتجة في القدرة الشهية سمح بتوسع أكبر في حجم المد والجزر وساهم في تحسينات في كليهما ضيق التنفس الجهد وممارسة التحمل

رابعاً : الإجهاد العضلي Muscle stress

هو قدرة عضلة أو مجموعة من العضلات على الاستمرار في الانقباض لفترة زمنية ممتدة نسبياً ، وهذا يعني أن الفرد الذي يتمتع بجلد عضلي تكون عضلات جسمه قادرة على مقاومة التعب أثناء التعرض لحمل أو ثقل خارجي لفترة زمنية طويلة نسبياً ، وأيضاً قدرته على تكرار نفس الحركة بدون الشعور بالتعب السريع

وفي هذا المجال أشار كل من Lindsey And Corbin العام ١٩٩١ إلى أن مجموعة من الأبحاث العلمية أظهرت أن توافر تحمل العضلي عن طريق التدريب السليم في العضلات على مقاومة وتأخير ظهور التعب قلل من فرص الإصابات، كما أن متابعة و القيام ببرنامج تدريبي يتميز بحمل معتدل ينتج عنه قلة فرص الإصابة بأمراض الأوعية الدموية نتيجة لزيادة معدل البروتين الدهني ذات الكثافة العالية والمعروف بـ (L D H) وإقلال نسبة الكولسترول بالدم.

وهناك أربعة أنواع من تحمل العضلي يختلف كل نوع منها عن الآخر من حيث طريقة الأداء وطبيعة انقباض العضلة أو مجموعة العضلات وهذه الأنواع الثلاثة هي :

أ- تحمل العضلي المطلق Endurance Absolute وهو تحمل العضلي الذي يمكن قياسه عن طريق أكبر عدد ممكن من تكرار الأداء " الانقباضات العضلية " والذي يقوم الفرد بتأديتها أثناء مقاومة ثقل معين . مثال : عدد المرات التي يمكن للفرد رفع ثقل من (٢٥) كيلوجرام من وضع الرقود على الظهر على مقعد ضغط.

ب-تحمل العضلي متكرر الحركة Endurance Isotonic أو Endurance Dynamic: وهو قدرة عضلة أو مجموعة من العضلات على تكرار الانقباض

والاسترخاء بشكل مستمر ، ويمكن قياسها عن طريق عدد مرات تكرار الأداء في زمن محدد

ج- تحمل العضلي النسبي Endurance Related : وهو قدرة عضلة أو مجموعة من العضلات على تكرار الأداء لأقصى عدد ممكن ضد مقاومة معينة وتكون أقصى ما يمكن أن يؤديه الفرد .

د-تحمل العضلي الثابت Endurance Isotonic أو Endurance Static : وهو قدرة العضلة أو مجموعة من العضلات أن تبقى منقبضة لفترة زمنية ممتدة نسبياً دون تحريك الجسم أو أي جزء منه ، ويمكن قياسها عن طريق قياس طول الفترة الزمنية التي يبقى فيها الجزء من الجسم المشترك في الأداء في وضعه ثابتاً ضد شيء ثابت مثال : دفع الذراعين ممتدتين في اتجاه حائط ثابت مع الاحتفاظ بشد العضلات لأقصى درجة ممكنة.

خامسا : التغذية Nutrition

تعد التغذية فضلا عن دورها الصحي العام أحد العوامل المهمة لرفع مستوى الكفاءة البدنية وزيادة سرعة الاستشفاء ومقاومة التعب (التحمل) وبفضل عمليات التمثيل الغذائي يحافظ الجسم وينمى بنانه المورفولوجيا وتساعد التغذية على الاستشفاء ذاتياً وأن تعمل أجهزة الجسم البيولوجية على درجة عالية من الكفاءة.

أن التدريب الرياضي يؤدي إلى حدوث تغيرات فسيولوجية مختلفة تشمل جميع أجهزة الجسم ، ويتقدم مستوى الأداء كلما كانت هذه التغيرات إيجابية بما يحقق عملية التغير الفسيولوجية أجهزة الجسم اداء العمل البدني وتحمل الأداء بكفاءة عالية ، وتتم عملية التغير الفسيولوجي واستجابة أجهزة الجسم اداء الحمل البدني عن طريق

أجهزة الجسم المختلفة ومنها الدم بما يحتويه من الهيموجلوبين والحديد الذى يساعد في عملية نقل الاوكسجين إلى أنحاء الجسم المختلفة ، كما يقوم الدم بنقل غاز الاوكسجين من الرئتان إلى أجهزة الجسم المختلفة بواسطة الهيموجلوبين ونقل ثاني أكسيد الكربون من الأنسجة إلى الرئتان.

أن الباحثين من خلال عملهم في مجال التدريب الرياضي وبالمراجع العلمية والدراسات السابقة ، ان النتائج وتوصيات الدراسات السابقة التي تناولت تأثير التغذية على أداء التدريب الرياضي ، رأى أن تناول التغذية الغنية بالطاقة (فيتامينات ، كربوهيدرات ، بروتينات وغيرها) كمركب غذائي قد يؤدي إلى الاستفادة منه في عملية الاستشفاء والإمداد بالطاقة المفقودة خلال ممارسة البرنامج التدريبي .

سادسا : العادات الشخصية **Personal habits**

الرئتان حالها حال العديد من أجهزة الأعضاء الأخرى تتحمل تغيير نمط الحياة سواء كانت التغييرات (الطعام ،الملبس ، النقل ، السكن ،الهوايات)، فإنها لا بد أن تؤثر في الصحة بما في ذلك صحة الجهاز التنفسي ،اذ يتعرض الجهاز التنفسي من خلال عملية التنفس للمحيط طوال الوقت أثناء فترات اليقظة والنوم لذلك فإن أي تغيير في المناطق المحيطة لا بد أن يؤثر في الرئتان.

هناك العديد من العوامل الأخرى المتعلقة بنمط المعيشة والتي تؤثر في صحة الجهاز التنفسي. تم تعداد بعض العوامل المهمة في هذا الفصل.

٥ - التحمل الدوري التنفسي للرياضي ذو المستوى الجيد

Respiratory cyclic endurance of a good level athlete

الرياضي الذي يتميز بكفاءة الجهازين الدوري والتنفسي يتصف بالصفات الآتية:

١- كمية أكبر من دفعات الدم ، ولهذا يمكن حمل وقود وأكسجين أكثر إلى الخلايا العضلية ، كما تساعد هذه الكمية من دفعات الدم على التخلص من الفضلات والتعب بصورة أفضل.

٢- نبض الفرد الرياضي يكون أقل سرعة من نبض الفرد العادي، حيث إن نبض الفرد العادي في فترة الراحة يبلغ ٧٢ نبضة خلال الدقيقة الواحدة ، بينما الرياضي المتقدم يصل إلى حدود (٤٠) أو أقل أحيانا ولا سيما رياضو المارثون والمسافات الطويلة .

٤- مساحة أكبر لمسطح الرئتان تسمح للدم باستيعاب كمية أكبر من الاوكسجين وكمية أكبر من الكرات الحمراء والهيموجلوبين ، وذلك يزيد من كمية الاوكسجين الواردة إلى الأنسجة.

٦- اعتبارات خاصة لتنمية تحمل الدوري التنفسي

عند اختيار التدريبات المساهمة في تنمية تحمل الدوري التنفسي يجب مراعاة ما يلي:

- ١- التنوع في التمرينات قدر الإمكان.
- ٢- الحمل ذو الشدة غير المرتفعة نسبيا.
- ٣- اشتراك أكبر عدد من المجموعات العضلية الكبيرة.
- ٤- طول فترة الأداء في التدريب كالجري لمسافات طويلة ١٥-٢٠ ق.
- ٥- الاستمرارية في الأداء : حيث يتم اختيار التدريب الذي يتطلب أداءه استمرارية في العمل والتكرار.

٥- بدء التدريبات في مرحلة متأخرة من خطة التدريب ، أي بعد تنمية مكونات اللياقة البدنية الأخرى كالقوة والسرعة.

٧- التغيرات المناخية والصحة البشرية

Climate change and human health

راحة الإنسان تعتمد على المحيط الجوي بصورة كلية اذ يتطلب الجسم البشري وسطاً حرارياً مناسباً للأكسجين في عملية التنفس ومن لذلك يتكيف على سطح الأرض طبقاً للظروف المناخية السائدة ، وان اكثر الامراض مرتبطة بالطقس ولاسيما تصرفات درجات الحرارة فضربات الحرارة تظهر عندما يعجز الجسم عن الاحتفاظ بتوازنه الحراري عند رطوبة نسبية مرتفعة ودرجة حرارة تزيد عن حرارة الجسم وقد تؤدي الى الوفاة ، اذا ارتفعت درجة حرارة الجسم فوق مستوى الخطر واعراضها هي الحمى ، الغثيان ، والصداع وقد يظهر التشنج الحراري عندما يعاني الجسم من فقد المالح والماء خلال عملية التعرق ، كما تتأثر الشهية والهضم في الطقس الحار بسبب التغيرات التي تحدث في عملية دوران الأرض وفي الدورة الدموية للإنسان ، كما وان التعرض الطويل لدرجات الحرارة يضاعف في عدد الأمراض مثل التهاب المفاصل والجيوب وتيبس المفاصل كذلك الهبوط او الارتفاع فقد يسبب ضغطاً حاداً للذين يعانون من اختلالات قلبية وينتج الطيف الشمسي تأثيرات كثيرة على الجسم كما يؤثر الضوء في العين وغيرها.

تؤثر العناصر الفردية على الشخص بطرق مختلفة. على سبيل المثال ، تؤدي درجة الحرارة المحيطة المرتفعة إلى توسع الأوعية المحيطية ، ويحدث انخفاض في ضغط الدم ومعدل عمليات التمثيل الغذائي ، ويحدث إعادة توزيع الدم في الجسم.

ولكن عندما يكون مقياس الحرارة منخفضًا ، يحدث انخفاض في الأوعية المحيطية ، وزيادة في الضغط ، و النبض ، وزيادة تدفق الدم فضلا عن زيادة معدل عمليات التمثيل الغذائي.

٨- تأثير العوامل البيئية **The influence of environmental factors**

الجهاز العصبي في درجات الحرارة العالية يقل من نشاطه ، وفي درجات الحرارة المنخفضة يزداد نشاطه ، اذ تزيد الاستثارة بشكل أساسي على تفاعل الأيض والدورة الدموية والجهاز العصبي مع ذلك من الضروري مراعاة الخصائص الفردية للإنسان، وكذلك درجة ومدة وسرعة اختلاف درجة الحرارة تلعب قدرة الشخص على التأقلم دورًا.

رطوبة الهواء مهمة أيضًا هذا العامل يؤثر في انتقال الحرارة ، وبالتالي يؤثر في التنظيم الحراري للجسم تبرد حركة الهواء البارد الجسم وتسخن مع ارتفاع درجات الحرارة الرياح في نفس الوقت نفسه تهيج المستقبلات الحرارية على تحمل اعتمادًا على قوة هذه الظاهرة .

تقلبات الطقس تغير في الوظائف الفسيولوجية عن طريق تفاعل الجهاز العصبي وعمليات التمثيل الغذائي ونقل الحرارة والغدد الصماء بطريقة مختلفة ، والشخص السليم بفضل الآليات الفسيولوجية التكيفية لا يستجيب لمثل هذا بينما يشعر المريض بالتغيرات الشديدة.

٩- طرق قياس التحمل الدوري التنفسي

Methods for measuring the respiratory periodic skin

١ - القياس المباشر : للأجهزة الحيوية مثل قياس النبض Pules rate وضغط الدم Blood pressure والسعة الحيوية Vital Capacity ، وسرعة استعادة الشفاء Recovery. ومن أمثلة الاختبارات المستخدمة في هذا المجال.

أ - اختبار منحني التعب لكارلسون .

ب - اختيار الخطو (السلم) لهارفرد وغير ذلك من الاختبارات التي سيلي ذكرها في هذا الفصل.

٢ - القياس غير المباشر : وهو الأكثر استخداما ويعتمد على الجري لمسافات متوسطة أو طويلة وحساب الزمن الذي سيتم قطع هذه المسافة خلاله حيث يعبر عن تحمل الدوري التنفسي، وعلى الرغم من تأثر هذا النوع ببعض العوامل النفسية الا إنه الأكثر استخداما في مجال التربية البدنية والرياضة لسهولة وسهولته ولعدم احتياجه لأجهزة قد لا تكون متوفرة، وأيضا لسرعة إنجازه وضمان موضوعية النتائج.

١- اختبار كرمينون

يسعى هذا الاختبار إلى التعرف على الحالة العامة للفرد عن طريق مقارنة ضربات القلب وضغط الدم من وضع الرقود بمثيلاتها في وضع الوقوف. واستخلص من هذا الاختبار أن التغير في وضع الجسم من الرقود إلى الوقوف يزيد معدل القلب من صفر - ٤٤ دقة في الدقيقة)، كما يحدث تغيرات في ضغط الدم تصل من (١٠) (مم) إلى (+) امم) كما وضع كرمبتون جدولا يبين مقدار الأفراد (مدارس ثانوية) ضربات القلب والتنفس مع التغير في ضغط الدم، ثم قسم ا تبعا لذلك إلى أقسام ثلاثة هي :

- القسم الأول : وهم الذين يصل مجموع درجاتهم إلى ٩٠ فأكثر . -القسم الثاني : وهم الذين يصل مجموع درجاتهم من ٨٠ إلى ٨٩ -القسم الثالث : وهم الذين يصل مجموع درجاتهم من ٧٠ إلى ٧٩ .

٢- اختبار مكردى Mekurdy Test

أجرى مكردى أبحاثه على المراهقين وتوصل إلى عدة نتائج أهمها ما يلي :

١ - إذا زاد معدل ضربات القلب في وضع الوقوف عنه في وضع الرقود عن ٢٠ ضربة في الدقيقة فإن المراهق يحتاج إلى استشارة طبيب .

٢ - إذا أدى المراهق تدريب الجري في المكان بمعدل ١٠ خطوات في عشرين ثانية، فيجب أن يعود نبضه إلى حالته الطبيعية خلال دقيقتين من انتهاء التمرين
٣ - إذا أدى رياضو تدريب الجري في المكان بمعدل ٢٠ خطوة في خمس ثوان، فيجب أن يعود نبضه إلى حالته الطبيعية في خلال دقيقتين من انتهاء التمرين .

٣- الجري المستمر والمتقطع

باستعادة الشفاء الكاملة للمختبر يؤدي هذا الاختبار على مرحلتين بحيث تكون الفترة الزمنية بينهما :

المرحلة الأولى : جرى ٥٠ م حول المضمار يلي ذلك فترة زمنية تسمح باستعادة الشفاء .

المرحلة الثانية : ويله جرى م خمس مرات بحيث يحصل الطالب على راحة تامة بعد كل محاولة .

التسجيل: ٧٩ (ت، ١٣ ، ١٢,٩ ، ١٣,١ ، ١٣,٥ ، ١٣,٥) يعبر الفرق بين (من المختبر في جري الـ ٥٠٠م ومجموع القياسات المسجلة في (٥ × ١٠٠م) عن مستوى تحمل الدوري التنفسي لدي المختبر الـ ٥٠٠ متر المتقطعة .

الفصل الثالث

المناخ والصحة Climate and health

١- مقدمة Introduction

يتم تحديد السمات الرئيسية للمناخ من خلال تدفق الإشعاع الشمسي و دوران الكتل الهوائية ، و التأثيرات المختلفة للمناخ على حياة الإنسان ورفاهه وعاداته وعمله معروفة جيداً.

لاحظ الطبيب اليوناني القديم (أبقراط) أن بعض الكائنات البشرية تشعر بتحسن في الصيف ، وبعضها في الشتاء وحتى على مدار العام (عندما تتغير الفصول) يمكن لجسم الإنسان أن يتصرف بشكل مختلف اعتماداً على الوقت من العام الذي يوجد فيه جسم الإنسان ستكون الأمراض أسهل أو أصعب ويعاني الشخص من نفس المرض بطرق مختلفة في أوقات مختلفة من العام.

يؤثر المناخ أيضاً في صحة الإنسان كالمناخ القاسي والبارد له تأثير سلبي على الإنسان و المناخ المعتدل والدافئ على سبيل المثال في الجبال أو على ساحل البحر يمكن أن يحسن المقاومة الكلية للجسم والعديد من العمليات التي تحدث فيه.

اختبار وظائف الرئة Lung function test

أجريت اختبارات وظائف الرئة وفقاً لمعايير معترف بها لتقييم الرئة تم تنفيذ معاملات الوظيفة باستخدام ما يأتي:

اختبار التدريب Exercise test

تدري بزيادة الحمل المستمر محدودة الأعراض الذي يتألف اختبار التدريب الإضافي من حالة الراحة المستقرة فترة لا تقل عن ٣ دقائق ، تليها ٣ دقائق من التحميل أقل مع الزيادات المنهجية اللاحقة في معدل العمل ، أي زيادات تدريجية بمقدار ١٠ وات لكل دقيقة ، بدءًا من تعريف ١٠ W. Wmax على أنه أكبر معدل عمل قادرًا على الحفاظ عليه لمدة ٣٠ ثانية. تحميل ثابت وتتألف اختبارات التدريبين فترة راحة ثابتة ، فترة ١ دقيقة من آثار تيوتروبيوم على راحة وظائف الرئة.

بشكل عام ، المرضى الذين يعانون من انسداد شديد في تدفق الهواء فيتم علاجهم عن طريق إعادة التأهيل في الربو مراكز أو إعدادات مستشفى العيادات (الخارجية، الداخلية) مع المرافق المطلوبة (مثل العلاج بالأوكسجين). للمرضى الذين يعانون من قيود خفيفة إلى متوسطة في تدفق الهواء ، برامج إعادة التأهيل المنفذة في ممارسات العلاج الطبيعي المحلية قد تكون كافية للعلاج .

اولا : التدخين

يعد تدخين التبغ سببًا مهمًا لأعراض الجهاز التنفسي المزمنة والعجز والوفاة بسبب السعال المزمن وضيق التنفس ، ويؤدي إلى تفاقم الربو فضلًا عن التهابات الجهاز التنفسي المتكررة. يرتبط الاستهلاك المطول للتبغ بمرض الانسداد الرئوي المزمن وعدة أشكال من سرطانات الجهاز التنفسي.

ثانيا : تلوث الغلاف الجوي:

يتحمل الجهاز التنفسي العبء الأكبر من تلوث الغلاف الجوي يمكن للمرء أن يختار أو يرفض طعامًا أو شرابًا أو رفاهية ، ولكن لا يوجد خيار للهواء الذي يتنفسه

كل ما هو موجود في الهواء الجوي مستوحى من الجهاز التنفسي يتم استنشاق جميع المواد الضارة والغازات والأبخرة والجزيئات الكيميائية مع الهواء.

يتسبب تلوث الهواء في أعراض غير محددة مثل التنظيف المتكرر للحلق والأنف وتهيج العين والحنجرة والسعال وإنتاج البلغم وثقل الصدر في حوالي ٢٠% في المائة من البالغين الذين يعيشون في مناطق شديدة التلوث قد يعاني الأطفال من التهابات الجهاز التنفسي المتكررة ، والتهاب الشعب الهوائية والربو. قد يؤدي التعرض المزمّن إلى مشاكل تنفسية وإعاقة مزمنة أكثر خطورة.

ثالثا : متلازمة البناء المرضي :

قد يكون السكن متعدد الطوابق مع عدد من الشقق المزدهمة معًا حاجة في العصر الحديث ولكنه بالتأكيد عامل ضار بصحة الإنسان، والهواء الداخلي يصبح ضارا عاما بسبب المناطق المحيطة المغلقة والتلوث الكبير للهواء الداخلي ناتج عن العوادم المختلفة والهواء المنتهي الصلاحية لمن يعيشون بالداخل، في الواقع يمكن أن يكون تلوث الهواء الداخلي أكثر ضررًا من تلوث الهواء الخارجي.

تشكل الغازات جزءًا صغيرًا جدًا قد يتراكم ثاني أكسيد الكربون الذي يخرج من الرئتان في مكان مغلق ومزدحم لكن هذه الزيادة عادة ما تكون صغيرة ومؤقتة ما لم تكن الغرفة محكمة الإغلاق حقًا. قد يحدث التعرض للغازات السامة مثل الكربون أحادي أكسيد الكربون في غرفة مغلقة يتم تسخينها من خلال حرق الفحم بالداخل. قد يكون هذا في الواقع قاتلا.

متلازمة البناء المرضي شائعة في البيوت الصغيرة المفروشة بشكل عام. بعض الملوثات المهمة التي تتجاوز تركيزاتها في الأماكن المغلقة تلك الموجودة في الهواء الطلق ، تشمل غازات مثل أحادي الكربون وثاني أكسيد ، وأكاسيد النيتروجين ،

والمواد العضوية ، والجراثيم ، والفورمالديهايد ، والهيدروكربونات ، والتلوث الجوي للمنتجات الاستهلاكية ، والرادون ، والمواد المسببة للحساسية. تُعزى المصادر إلى مجموعة متنوعة من مواد البناء والعزل والمفروشات والمواد اللاصقة ومستحضرات التجميل والتطاير وغبار المنزل والفطريات والقوالب وغيرها من المنتجات الداخلية.

قد يكون للمركبات الكيميائية مثل الفورمالديهايد والأستون والأمونيا والتولوين والبنزين وغيرها من المركبات التي تحتوي على تركيز عالٍ في الأماكن المغلقة آثار صحية طفيفة مثل زيادة إنتاج البلغم وتهيج العين والرؤيا وأعراض نفسية عصبية بما في ذلك الصداع والأوجاع والآلام. الألياف المعدنية الاصطناعية والأسبستوس المنبعثة من المواد العازلة ومثبطات الحريق شديدة الخطورة ومسؤولة عن التليف الرئوي والأورام. ألياف الأسبستوس غير قابلة للتلف وقد تسبب المرض بعد عدة سنوات من التعرض الأولي.

للكائنات الدقيقة والمواد المسببة للحساسية أهمية خاصة في التسبب في الأمراض وانتشارها. قد تشمل معظم الأمراض المعدية عددًا أكبر من أفراد الأسرة الذين يعيشون في بيئة داخلية مشتركة ، حيث تم تتبع الكائنات المسببة للمسؤولة عن مرض التهاب الرئوي الحاد .

تشمل مشاكل الهواء الداخلي الأخرى مشاكل الحساسية للجهاز التنفسي وتحمل والعينين قد تتجم التهابات الرئوية المفرطة الحساسية مثل مكيف الهواء والرئة المبردة بالماء عن المواد المسببة للحساسية الموجودة في هذه التركيبات. وبالمثل ، فإن تكاثر البعوض في مبردات المياه قد ينشر أمراضًا مثل الملاريا وحمى الضنك.

رابعاً : الخمول البدني:

الخمول البدني هو السبب الواضح لضعف نمو احتياطي الجهاز التنفسي وينتج عنه ضيق واضطراب في التنفس ووهن تنفسي مزمن.

هناك زيادة كبيرة في عادات الخمول بين الشباب والأطفال على حد سواء، يستخدم الناس الآليات الآلية والسلام المتحركة وأحزمة النقل والمصاعد بدلاً من تدريب أرجلهم تقتصر التدريبات والألعاب المنتظمة.

خامساً : السمنة وزيادة الوزن :

ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالخمول البدني في حين أن الإفراط في تناول الأطعمة وخاصة الدسمة والوجبات السريعة هي المسؤول المباشر عن السمنة ، إلا أن قلة التمارين تؤدي إلى تفاقم المشكلة.

كما تؤدي السمنة إلى زيادة كبيرة في الجهد على الجهاز القلبي التنفسي و ضيق التنفس هو أكثر الأعراض شيوعاً تدريجياً لا تستطيع الرئتان والقلب التعامل مع هذا العبء ويميلان إلى الفشل في حين أن السمنة المفرطة نفسها يمكن أن تؤدي إلى فشل الجهاز التنفسي ، فإن السمنة الأكثر اعتدالاً يمكن أن تكون عاملاً مساهماً.

السمنة هي أيضاً سبب للشخير المفرط بسبب الانسداد العابر للجهاز التنفسي العلوي وقد يؤدي أيضاً إلى نوبات قصيرة من الاختناق وتوقف التنفس أثناء النوم ما يسمى بمتلازمة توقف التنفس أثناء النوم.

سابعاً : الحالة النفسية

يتماشى هذا مع عدد كبير من المؤلفات حول العلاقة بين الغضب وأمراض التنفس والقلب والأوعية الدموية ، فإن الفسيولوجيا النفسية للغضب تتداخل مع تلك المتعلقة

بالتوتر ومن المعروف أن العوامل المرتبطة بالإجهاد تثبط وظيفة المناعة وتزيد من القابلية للإصابة أو تقاوم مجموعة من الأمراض والاضطرابات بما في ذلك الربو وارتفاع ضغط الدم و عدوى الجهاز التنفسي العلوي و أمراض جلدية مختلفة و متلازمة التعب المزمن و متلازمة القولون العصبي ، وبشكل أكثر وضوحاً اضطرابات نفسية مختلفة ، من الصعب العثور على مرض لا تلعب فيه العاطفة أو التوتر أي دور في شدة الأعراض أو تواترها أو شدتها.

يبدو أن الإجهاد مرتبط بشكل خاص بحدوث تدهور الرئة ، بما في ذلك اضطرابات القلق خاصة أعراض الهلع أو اضطراب الهلع والاضطرابات العاطفية ، تم ربط شدة الرئة وتفاقمها بوجود مرض نفسي من خلال عدة مسارات منها:

(١) التأثيرات الفسيولوجية المباشرة للعاطفة أو الضغط على الشعب الهوائية .

(٢) تأثير الانفعال على الرعاية الذاتية .

(٣) التأثير من الإصابة بمرض جسدي مزمن على الحالة العاطفية.

هناك أدلة كثيرة على وجود علاقة بين جميع أنواع المشاعر السلبية في الربو (الغضب والقلق والحزن) وتدهور وظائف الرئة، وبالتالي فإن علاقة واحدة بين أمراض الرئة والغضب قد تكون من خلال التأثيرات الفسيولوجية للغضب المزمن تشمل المرافقات النفسية الفيزيولوجية للغضب المزمن الاستثارة الودية ، حتى الان لم يتم الإبلاغ عن أي بحث حول تأثيرات الغضب على مجرى الهواء أو التهاب الأوعية الدموية ، ولكن الأبحاث الأساسية حول السيتوكينات الالتهابية تشير بالتأكيد إلى أن الغضب قد يزيد الالتهاب للرئة .

لا يتطلب التكيف الصحي فقط القدرة على تغيير تدفق الدم والتهوية ، وما إلى ذلك من أجل تلبية الاحتياجات الأيضية للمتطلبات السلوكية (كما هو الحال في رد الفعل ضد الطيران) ، ولكن أيضًا القدرة على العودة إلى الحدود الطبيعية للسماح بتجديد الأنسجة ، ولتخفيف الضغوط الفيزيائية والكيميائية على أجهزة الجسم المختلفة في حالة عدم وجود هذا التوازن ، يحدث خلل في التنظيم ، مما يؤدي إلى ظهور الأعراض وتفاقم المرض وأحيانًا الموت.

٢ - تأثير المناخ المحلي على صحة الإنسان

The influence of the local climate on human health

تؤثر العناصر الفردية على الشخص بطرق مختلفة على سبيل المثال تؤدي درجة الحرارة المحيطة المرتفعة إلى تمدد الأوعية المحيطية وانخفاض ضغط الدم ومعدل عمليات التمثيل الغذائي ، وإعادة توزيع الدم في الجسم.

ولكن عندما يكون مقياس الحرارة منخفضًا يحدث انخفاض في الأوعية المحيطية ، وزيادة في الضغط ، وزيادة في النبض ، وزيادة تدفق الدم وزيادة معدل عمليات التمثيل الغذائي.

التحمل العام General endurance

مفهوم التحمل العام

إن مفهوم التحمل العام في معظم المراجع هو المقدرة الرياضي على الاستمرار بفاعلية في أداء عمل معتدل الشدة تدريب هوائي يشارك في هذا العمل معظم عضلات الجسم، وهذا المفهوم لا يمتلك تأثيرا مباشرا إلا في الأنشطة الرياضية التي

تتفق مع متطلبات هذا النوع من التحمل لمسافات طويلة ، أما فيما يختص بالأنشطة التي تتطلب مستوى من القوة المميزة بالسرعة فإن هذا المفهوم العام يختلف نوعا ما حيث تطلب طبيعة الاداء مواجهة نوع آخر من التعب الناتج عن الأداء السريع أو الأداء الخبز بالقسوة أو القوة المميزة بالسرعة، واتضح أن من الاخطاء المبالغة في استخدام تمرينات التحمل العام الهوائية لتنمية التحمل في الأنشطة السريعة القوية حيث إن ذلك يؤثر سلبيا على المكونات الفنية للأداء وطبيعية القدرات البدنية ، وبالتالي على مستوى السرعة ومستوى القوة العضلية، يؤثر أيضا تأثير سلبيا في توقيت وإيقاع الأداء الحركي وبناء على ذلك فإن بلاتونف ١٩٨٦ وضع تعريفا للتحمل العام قد يكون الا هو الأكثر دقة وهو: التحمل العام هو المقدرة على الاستمرار بفاعلية في أداء عمل بدني غير تخصصي له تأثيره الإيجابي على عمليات بناء المكونات الخاصة بالنشاط الرياضي التخصصي نتيجة لرفع مستوى التكيف لأداء الأحمال البدنية والانتقال تأثيرها إلى النشاط الرياضي التخصصي.

تنمية التحمل العام Develop general endurance

تعد مرحلة التحمل العام التي يمر بها من المراحل المهمة في التدريب الرياضي التي تسبب في تأخير ظهور التعب وتحمل أكثر قدر ممكن من الاداء لفترة طويلة في الفعاليات التي تتطلب اداء طويل المدى ،حيث تعمل تدريبات التحمل العام على توفير قدر كبير من الاوكسجين في العضلات التي يتم استخدامها في انتاج الطاقة خلال المجهود البدني كما في الشكل (١١).



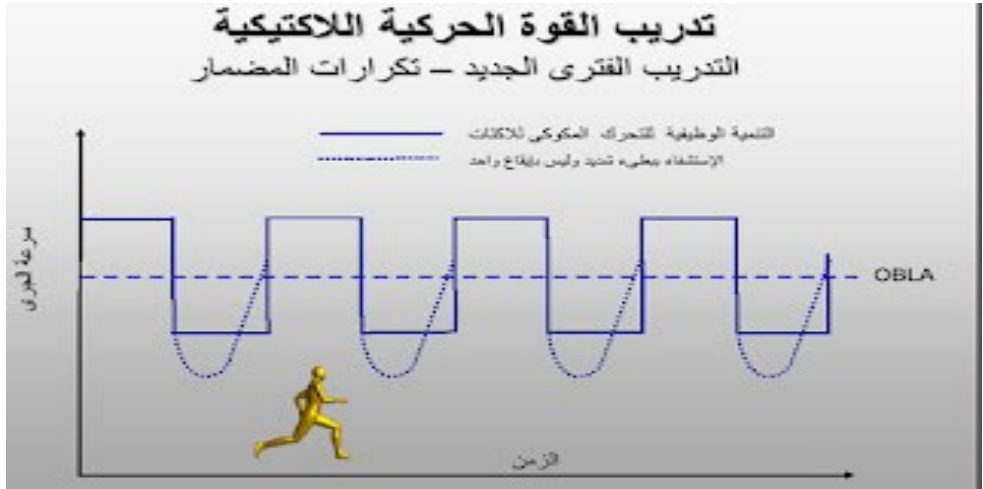
الشكل (١١) يبين التحمل العام

و تنمية التحمل تهدف إلى تحقيق هدفين أساسيين هما :

- النجاح في الحقيق الارتفاع التدريجي لحمل التدريب.

- رفع مستوى التحمل العام وانتقال تأثيره إلى نوع النشاط الرياضي التخصصي.

أن التحمل العام لا يعد مجرد قدرة على الأداء بشدة معتدلة لفترة طويلة، ولكنه القدرة على مواجهة التعب سواء كانت طبيعة تتطلب فترة طويلة أو فترة قصيرة أو قدرات لاهوائية أو قدرات هوائية وبناء على هذا المفهوم فإننا حينما نناقش موضوع تنمية التحمل لن نقتصر المناقشة فقط على التحمل اللاهوائي وحده أو على نوع معين من التحمل، ولكننا يجب أن نتعرض لمناقشة كافة المتطلبات الفسيولوجية لتنمية التحمل بكافة أنواعه؛ لأن ما يحدد نوعية التحمل العام هو طبيعة النشاط الرياضي التخصصي، وأن ما قد يعد تحملاً خاصاً في نوع معين من الأنشطة قد يكون تحملاً عاماً لأنشطة أخرى كما في الشكل (١٢) .



يوضح الشكل (١٢) تدريب القوة الحركية اللاكتيكية

تنمية الإمكانات اللاهوائية الفوسفاتية Development of phosphate anaerobic potential

ان نظام الطاقة الفوسفاتي ATP - PC هو النظام الأساسي الذي تعتمد عليه انطلاقا الرياضي التي تتطلب عنصر السرعة أو القوة المميزة بالسرعة مثل العدو .

وعند استخدام تمرينات تنمية وتطوير الإمكانات اللاهوائية يجب مراعاة أن تكون في الراحة كافية لإرجاع جزء كبير من الدين الاوكسجيني، أي كمية الاوكسجين التي تحتاج إليها العضلات لبناء المركبات الفوسفاتية التي استهلكت اثناء الأداء، حيث تساعد فترة الراحة على استعادة مكونات الطاقة الفوسفاتية ولا تضطر العضلة للعمل بنظام طاقة آخر وهو نظام حامض اللاكتيك وبدلا ما يكون الهدف هو تنمية السرعة بعد أن الهدف تحول إلى تنمية تحمل السرعة.

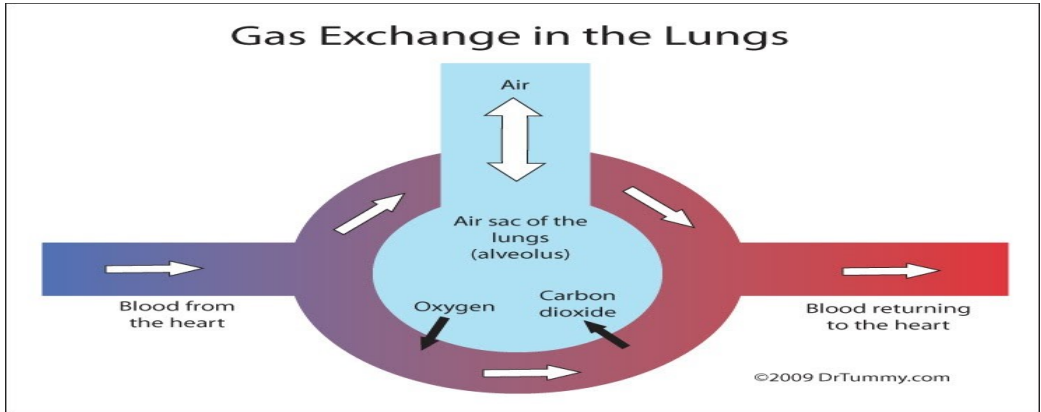
تنمية الإمكانيات اللاهوائية اللاكتيكية (Development of lactic anaerobic potential)

القدرات اللاهوائية (اللاكتيكية) هدفها تنمية قدرة العضلة على تحمل الأداء الناتج عن نظام الطاقة اللاهوائي بنظام حامض اللاكتيك وتدريبات التحمل للسرعة تعمل على تكوين حامض اللاكتيك أحدث بعد ١٥ - ٤٥ ثانية بعد بداية العمل العضلي Y المرتفع الشدة، وعند زيادة حامض اللاكتيك في العضلة إلى الحد الأقصى يستطيع الفرد الاستمرار بالرغم من زيادة حامض اللاكتيك فضلا عن الإحساس بالتعب لفترة أطول، وقد اتضح أن الفرد العادي غير الرياضي يستطيع الاستمرار في الأداء حتى دقيقتين بينما يتميز الرياضيون في الأنشطة التي تتطلب صفة الحمل.

الفصل الرابع

Gaseous exchange التبادل الغازي

يعتمد إمداد الاوكسجين (O₂) على تركيزه في الهواء المحيط وضغطه. وتظل مكونات الهواء المحيط ثابتة : ٢٠,٩٣% أكسجين (O₂) ، ٧٩,٠٤% نيتروجين (N) بما في ذلك كميات صغيرة من الغازات الخاملة التي تتصرف فيزيولوجياً مثل النيتروجين ، وثاني أكسيد الكربون (CO₂) ٠,٠٣% ، و كميات صغيرة من بخار الماء. تتحرك جزيئات الغاز بسرعة وتضغط على أي سطح تلامسه. عند مستوى سطح البحر يرفع ضغط جزيئات غاز الهواء عموداً من الزئبق إلى متوسط ارتفاع ٧٦٠ ملم (٢٩,٩ بوصة) و تختلف هذه القراءة البارومتري بنسب قليلة مع تغير الأحوال الجوية وتنخفض بشكل متوقع عند الارتفاع المتزايد.



يوضح الشكل (١٣) التبادل الغازي

١ - الغازات المنبعثة (التركيزات والضغط الجزئية)

Emitted gases (concentrations and partial pressures)

يجب عدم الخلط بين تركيز الغاز وضغط الغاز كما في الشكل (١٣):

• يعكس تركيز الغاز كمية الغاز في حجم معين ، والذي يتم تحديده بواسطة ناتج الضغط الجزئي للغاز وقابلية الذوبان.

• يمثل ضغط الغاز القوة التي تمارسها جزيئات الغاز على الأسطح التي تواجهها. الضغط الكلي للخليط يساوي مجموع الضغوط الجزئية للغازات الفردية ، والتي تحسب على النحو الآتي:

الضغط الجزئي = نسبة التركيز × الضغط الكلي لخليط الغاز

٢- الهواء المحيط Ambient air

الضغط الجزئي للأكسجين يساوي ٢٠,٩٣ في المائة من إجمالي ضغط الزئبق ٧٦٠ ملم الذي تمارسه مكونات الهواء، أو ١٥٩ ملم زئبق (٠,٢٠٩٣, ٧٦٠ ملم زئبق) ؛ حيث تمارس الحركة العشوائية من ثاني أكسيد الكربون ضغطاً قدره ٠,٢ ملم زئبق فقط (٠,٠٠٠٣, ٧٦٠ ملم زئبق)، وتسلط جزيئات النيتروجين ضغطاً يرفع الزئبق في مقياس ضغط الدم حوالي ٦٠٠ ملم زئبق (٠,٧٩٠٤٧٦٠, ٧٦٠ ملم زئبق)، واما على مستوى سطح البحر تكون فان قياسات الهواء المحيط بالشكل الآتي:

PO2 _ 159 mm Hg; PCO2 _ 0.2 mm Hg; and PN2 _ 600 mm Hg

٣-الهواء الداخل للقصبة الهوائية Air entering the trachea

يدخل الهواء إلى الأنف والفم ويمر عبر الجهاز التنفسي ؛ ويكون مشبعاً ببخار الماء. عند درجة حرارة الجسم ، و ضغط جزيئات الماء تساوي ٤٧ ملم زئبق ؛ هذا يترك (٧١٣) ملم زئبق (٧٦٠ ملم زئبق - ٤٧ ملم زئبق) كضغط تشكله جزيئات الهواء الجاف عند مستوى سطح البحر. ويقل هذا الضغط الجزئي

للأوكسجين الفعال في هواء القصبة الهوائية بحوالي ١٠ ملم زئبق من قيمته المحيطة من ١٥٩ ملم زئبق إلى ١٤٩ ملم زئبق، كما ان للترطيب تأثير ضئيل على ثاني أكسيد الكربون بسبب تركيز ثاني أكسيد الكربون شبه الضئيل في هواء الشهيق.

٤-الهواء داخل الحويصلات الهوائية **Air inside the alveoli**

يختلف تكوين هذا الهواء بشكل كبير عن الهواء المحيط لأن ثاني أكسيد الكربون يدخل الى الحويصلات باستمرار من الدم اما الاوكسجين فيترك الرئتان للانتقال الى جميع أنحاء الجسم، أن الهواء الحويصلي الرطب يحتوي على حوالي ١٤,٥٪ أكسجين و ٥,٥٪ ثاني أكسيد الكربون و ٨٠,٠٪ نيتروجين. بعد طرح ضغط بخار الماء في الغاز الحويصلي الرطب ، فإن متوسط PO_2 الحويصلي يساوي ١٠٣ ملم زئبق (٥,١٤٥ × [٧٦٠ ملم زئبق - ٤٧ ملم زئبق]) ، و PCO_2 يساوي ٣٩ ملم زئبق (٠,٠٥٥ × [٧٦٠ ملم زئبق ٤٧ ملم زئبق]). تمثل هذه القيم متوسط الضغوط التي تسلطها جزيئات الاوكسجين وثاني أكسيد الكربون على الجانب الحويصلي في الغشاء التنفسي. ولا بد من الاشارة الى انه لا توجد كثوابت فيزيولوجية تمثل هذه الارقام ولكنها تختلف قليلاً مع مرحلة دورة التهوية في أجزاء الرئة المختلفة.

٥-العلاج بالاكسجين عالي الضغط للرياضيين

Hyperbaric oxygen therapy for Athletes

ظهر مؤخراً الاهتمام بعلاج الاوكسجين عالي الضغط في العلاج الرياضي ، حيث يلعب الاوكسجين دوراً مهماً بشكل طبيعي في التعافي من الإصابة والتعب الفسيولوجي، من خلال إجراء العلاج بالاكسجين عالي الضغط ، يتم إذابة المزيد من الاوكسجين في بلازما الوريد الرئوي عبر السنخ ، مما يزيد من وصول

الايوكسجين إلى الأنسجة المحيطية. لذلك من المتوقع أن يؤدي العلاج بالايوكسجين عالي الضغط إلى تحسين حالة الاستشفاء من الإصابة والإرهاق، حيث أظهرت الإصابات التي تشمل العظام والعضلات والأربطة تحسناً في تعافي الرياضي، والعلاج بالايوكسجين عالي الضغط في الوقت الحاضر زاد بشكل فعال للتخلص من المجهودات البدنية والتعب واستعادة الشفاء للرياضي بشكل سريع .

وتم مشاهدة هذا بوضوح في دورة الألعاب الأولمبية الشتوية في ناغانو ، حيث تمت معالجة اللاعبين الرياضيين الذين يعانون من التعب بنجاح ، مما مكّن اللاعبين من مواصلة الأداء في الألعاب ، وعلى الرغم من إمكاناته العلاج بالايوكسجين عالي الضغط له مخاطر صحية وإنجازيه حيث تشكل زيادة مستويات الاوكسجين في الأنسجة خطراً على الحمض النووي من خلال التلف التأكسدي ، والذي يمكن أن يؤدي إلى تغيرات مرضية في الجهاز العصبي المركزي والرتنان .

٦- حركة الغاز في الهواء والسوائل

Movement of gases in air and liquids

تتيح لنا معرفة كيفية تفاعل الغازات في الهواء والسوائل فهم آلية حركة الغاز بين البيئة الخارجية وأنسجة الجسم. وفقاً لقانون هنري ، تعتمد كمية الغاز المذاب في الماء على عاملين اساسين هما :

١. فرق الضغط بين الغاز الطافي فوق السائل والغاز المذاب في السائل.

٢. قابلية ذوبان الغاز في السائل.

فرق الضغط pressure difference

تصطدم جزيئات الاوكسجين باستمرار بسطح الماء في كل غرفة من الغرف الثلاث، حيث لا تحتوي المياه النقية في الحاوية A على أكسجين ، لذلك يذوب عدد كبير من جزيئات الاوكسجين في الماء تغادر بعض جزيئات الاوكسجين الماء أيضاً لأن الجزيئات الذائبة تتحرك باستمرار في حركة عشوائية في الغرفة B ، الضغط بين الهواء والماء يحول الاوكسجين من حالته الغازية الى مذاب في السائل ، لكن كمية الاوكسجين الإضافية المذابة في السائل تظل أقل مما في الغرفة A في النهاية، فان ضغط الغاز يصل الى حالة التوازن ، وعدد الجزيئات التي تدخل وتخرج من السائل تتساوى (الغرفة C). بالمقابل ، إذا تجاوز ضغط جزيئات الاوكسجين المذاب ضغط الاوكسجين في الهواء ، فإن الاوكسجين يترك السائل حتى يصل إلى توازن ضغط جديد. توضح هذه الأمثلة أن انتشار الغاز يحدث فقط عند وجود اختلاف في ضغط الغاز. تدرج الضغط الجزئي لغاز معين يمثل القوة الدافعة لانتشاره. وبالمثل ، تمثل تدرجات التركيز القوة الدافعة لانتشار الجزيئات كما في الجلوكوز والصوديوم والكالسيوم.

قابلية الذوبان solubility

تعكس قابلية الذوبان الغاز ، أو قدرته على الذوبان ، كمية الغاز المذاب في مائع عند ضغط معين. الغاز ذو قابلية العالية للذوبان و له تركيز أعلى عند ضغط معين. بالنسبة لغازين مختلفين عند تفاضلات ضغط متطابقة ، تحدد قابلية الذوبان لكل غاز وفق عدد الجزيئات التي تتحرك داخل أو خارج السائل لكل وحدة ضغط من اجل الانتشار ، ينتشر ثاني أكسيد الكربون للسائل بمقدار ٢٥ مرة اكثر من الاوكسجين .

تبادل الغازات في الجسم Gas exchange in the body

يحدث تبادل الغازات بين الرئتان والدم على مستوى الأنسجة بشكل سلبي عن طريق الانتشار. يوضح الشكل ٩,٨ تدرجات الضغط التي تخص انتقال الغاز في الجسم.

تبادل الغازات في الرئتان Gas exchange in the lungs

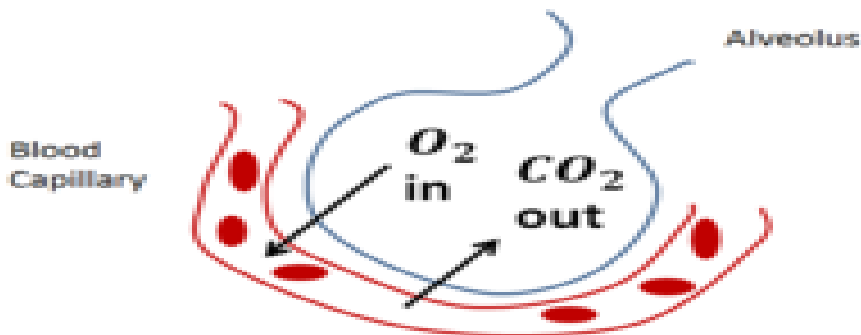
تشمل الخطوة الأولى في نقل الاوكسجين، نقل الاوكسجين من الحويصلات الهوائية إلى الدم. هناك ثلاثة عوامل مسؤولة عن تخفيف الاوكسجين في الهواء المستنشق بينما يمر في غرف الحويصلات الهوائية:

١. يشبع بخار الماء الهواء المستنشق الجاف نسبياً.
 ٢. يترك الاوكسجين الهواء الحويصلي باستمرار.
 ٣. يدخل ثاني أكسيد الكربون باستمرار إلى الهواء الحويصلي.
- بالنظر إلى هذه العوامل ، يبلغ متوسط PO_2 الحويصلي حوالي ١٠٠ مم زئبق ، وهي قيمة أقل بكثير من ١٥٩ مم زئبق في الهواء المحيط الجاف. على الرغم من انخفاض PO_2 ، لا يزال متوسط ضغط جزيئات الاوكسجين في الهواء الحويصلي أعلى بحوالي ٦٠ ملم زئبق من PO_2 في الدم الوريدي الذي يدخل الشعيرات الدموية الرئوية. هذا يسمح للأوكسجين بالانتشار عبر الغشاء الحويصلي الى الدم. يكون ثاني أكسيد الكربون تحت ضغط أكبر قليلاً في الدم الوريدي العائد منه في الحويصلات الهوائية ، مما يتسبب في انتشار ثاني أكسيد الكربون من الدم إلى الرئتان. على الرغم من وجود تدرج ضغط صغير يبلغ ٦ مم زئبق لانتشار ثاني أكسيد الكربون مقارنة بالاكسجين ، فإن النقل الكافي لثاني أكسيد الكربون يحدث بسرعة بسبب قابلية الذوبان العالية لثاني أكسيد الكربون. النيتروجين هو غاز خامل

في عملية التمثيل الغذائي ، ويبقى دون تغيير داخل الشرايين الشعرية في الحويصلات الهوائية.

تبادل الغازات في الأنسجة Gas exchange in tissues

في الأنسجة، يستهلك التمثيل الغذائي للطاقة الاوكسجين بمعدل مساوٍ لإنتاج ثاني أكسيد الكربون، يختلف ضغط الغاز عن ضغط الدم الشرياني. في حالة الراحة ، نادراً ما ينخفض متوسط PO_2 داخل العضلات عن ٤٠ ملم زئبق و يبلغ متوسط PCO_2 داخل الخلايا حوالي ٤٦ ملم زئبق عند التدريب العنيف يقل ضغط جزيئات الاوكسجين في أنسجة العضلات النشطة إلى ٣ ملم زئبق وضغط ثاني أكسيد الكربون يقترب من ٩٠ ملم زئبق و إن فرق الضغط الكبير بين الغازات في البلازما والأنسجة يحدد مدى الانتشار ويترك الاوكسجين الشعيرات الدموية ويتدفق نحو الخلايا المختصة بعملية الايض ، وثاني أكسيد الكربون يخرج من الخلية إلى الدم. ثم يدخل الدم إلى الأوردة ويعود إلى القلب لإيصاله إلى الرئتان. يبدأ الانتشار بسرعة عندما يدخل الدم الوريدي إلى شبكة الشعيرات الدموية الرئوية الكثيفة كما في الشكل (١٤).



يوضح الشكل (١٤) تبادل الغازات في الانسجة

الفصل الخامس

انتقال الاوكسجين و ثاني اوكسيد الكربون

Transfer of oxygen and carbon dioxide

١- المقدمة Introduction

ينقل الدم الاوكسجين بطريقتين:

- ١- مذاب في الجزء السائل من الدم.
- ٢- مدمج مع الهيموجلوبين (Hb) - في روابط سائبة مع جزيء من الحديد والبروتين في خلايا الدم الحمراء.

٢- انتقال الدم في محلول فيزيائي

Transmission of blood in a physical solution

يبلغ الضغط الجزيئي للأوكسجين في الحوصلة حوالي ١٠٠ ملم زئبق، ويذوب في كل ١٠٠ ملليلتر من بلازما الدم حوالي ٠,٣ ملليلتر أوكسجين بمعنى ٣ ملليلترات من الاوكسجين لكل لترات من البلازما، أي ١٥ ملليلترا أوكسجين في حجم الدم الكلي بالجسم الذي يبلغ ٥ لترات (٣ ملليلتر \times ٥) وهذه الكمية تكفي للمحافظة على الحياة لمدة ٤ ثوان فقط. وإذا اعتمد الفرد على الاوكسجين المذاب وحده للحياة يحتاج الفرد بناء لذلك إلى مرور ٨٠ لترا دما في الدورة الدموية في الدقيقة الواحدة لكي توفر للأنسجة حاجتها من الاوكسجين في حالة الراحة، ولكن هذه الكمية القليلة من الاوكسجين المذابة في الدم لها وظائف أخرى، فهي تساعد على تشكيل الضغط الجزيئي للأوكسجين في الدم وسوائل الأنسجة، وهذا الضغط الجزيئي يلعب دورا

مهما في تنظيم التنفس، كما أنه يحدد أيضا مدى إمكانية تحميل الهيموجلوبين بالأوكسجين في الرئتان وبالتالي عدم تحميله في الأنسجة .

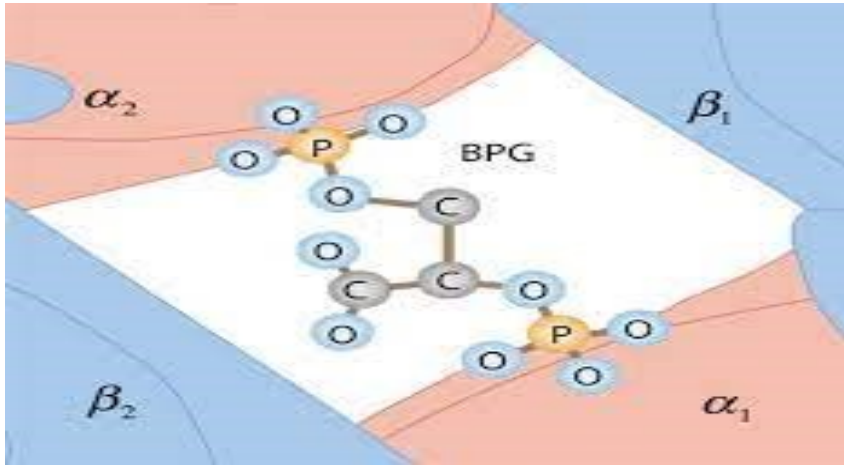
اتحاد الاوكسجين مع الهيموجلوبين

٣ - The union of oxygen with hemoglobin

يتكون الهيموجلوبين من الحديد والبروتين، وهو يوجد في الدم داخل كريات الدم الحمراء، ويقوم بوظيفة في حمل الاوكسجين وبذلك يزيد عن الاوكسجين المذاب بمقدار ٦٥-٧٠ مرة، ويصبح نصيب لتر الدم من الاوكسجين ١٩٧ مليلترا أكسجين، وتبلغ نسبة تركيز الهيموجلوبين لدى الرجال ١٥-١٦ جراما في كل ١٠٠ مليلتر دم، ويقل ذلك بمقدار ٥-١٠% للسيدات وبمتوسط ١٤ جراما لكل ١٠٠ مليلتر دم، وقد يرجع إلى ذلك الفرق إلى انخفاض القدرة الهوائية لدى المرأة مقارنة بالرجل، ويمكن لكل جرام الهيموجلوبين أن يتحد مع ١,٣٤ مليلتر أكسجين وبذلك يمكن حساب سعة حمل الاوكسجين بالدم عن طريق سعة الدم الاوكسجين.



كمية الهيموجلوبين لكل ١٠٠ مليلتر دم سعة الهيموجلوبين لحمل الاوكسجين وهي تبلغ في المتوسط حوالي ٢٠ مليلترا أكسجين يحملها الهيموجلوبين الموجود في كل ١٠٠ مليلتر دم إذا ما تم تشبع كل الهيموجلوبين بالدم، ويحدث ذلك عندما يتحول كل الهيموجلوبين إلى أوكسي هيموجلوبين كما في الشكل (١٥).



يوضح الشكل (١٥) اتحاد الاوكسجين مع الهيموجلوبين

٤-الضغط الجزئي للأوكسجين في الرئتان PO2

داخل الشعيرات الدموية الموجودة في الحويصلات الهوائية ، يبقى ٩٨% من الهيموجلوبين مشبع بالاكسجين. في ظل هذه الظروف ، يحتوي الهيموجلوبين Hb في كل ١٠٠ مل من الدم على حوالي ١٩,٧ مل من الاوكسجين. تساهم الزيادة الإضافية في PO2 الحويصلية قليلاً في كمية الاوكسجين التي تتحد مع Hb، حيث يحتوي كل ١٠٠ مل من البلازما في الدم الشرياني على حوالي ٠,٣ مل من الاوكسجين، واما بالنسبة للأفراد الأصحاء الذين يتنفسون الهواء المحيط على مستوى سطح البحر ، فإن ١٠٠ مل من الدم الشرياني تحمل ٢٠,٠ مل من الاوكسجين (١٩,٧ مل مرتبط بـ Hb و ٠,٣ مل مذاب في البلازما)، و تشبع الهيموجلوبين يتغير قليلاً حتى ينخفض ضغط الاوكسجين إلى حوالي ٦٠ ملم زئبق. إن تقليل PO2 الحويصلي إلى ٧٥ ملم زئبق كما يحدث في بعض أمراض الرئة أو عندما يسافر المرء إلى ارتفاع معتدل يقلل تشبع الهيموجلوبين الشرياني بحوالي ٦٪. في المقابل ، عندما ينخفض PO2 إلى أقل من ٦٠ ملم زئبق ، يحدث انخفاض حاد في كمية الاوكسجين الذي يتحد مع Hb كما في الشكل (١٥).

٥-الانسجة PO2

يبلغ متوسط PO2 في السوائل الخلوية عند الراحة ٤٠ ملم زئبق وهكذا فإن الاوكسجين المذاب في البلازما الشريانية (100 PO2 ملم زئبق) ينتشر بسهولة عبر الغشاء الشعري من خلال سوائل الأنسجة إلى الخلايا هذا يقلل من اوكسجين البلازما أقل من الموجود في كريات الدم الحمراء مما يؤدي إلى إطلاق HB للأوكسجين في للتفاعل (Hb+O2 HbO2).

فينتقل الاوكسجين من خلايا الدم عبر الغشاء الشعري إلى الأنسجة. في PO2 الأنسجة الشعرية وتحت ضغط ٤٠ ملم زئبق في حالة الراحة، ويمتلك الهيموغلوبين ٧٥٪ من سعته الإجمالية للأوكسجين ، فإن كل ١٠٠ مل من الدم تغادر الأنسجة المريحة تحمل ١٥ مل من الاوكسجين وتطلق ما يقرب من ٥ مل إلى الخلايا من أجل عملية الايض يصف الفرق الشرياني الوريدي للأوكسجين (فرق $a - v O_2$) يصف الاختلاف في محتوى الاوكسجين بين الدم الشرياني والدم الوريدي (معبراً عنه بالملي لكل ١٠٠ مل من الدم).

٦-تأثير بور Bohr effect

تأثير بور هو ظاهرة فسيولوجية تم وصفها لأول مرة في عام ١٩٠٤ من قبل العالم الدنماركي كريستيان بور ، الذي أشار إلى أن انجذاب الهيموجلوبين للأوكسجين يتناسب عكسياً مع تركيز الحموضة وثاني أكسيد الكربون. ان وجود تأثير بور مهم بشكل خاص في التمارين العنيفة ، لأن ارتفاع الحرارة تزيد من شدة التمثيل الغذائي والحموضة في الأنسجة النشطة تزيد من إطلاق الاوكسجين. على سبيل المثال ، عند PO2 بضغط 20 ملم زئبق ودرجة حرارة الجسم الطبيعية (٣٧ درجة مئوية)،

فإن النسبة المئوية لتشبع الهيموجلوبين بالأكسجين تساوي ٣٥٪ عند نفس PO₂، ولكن مع زيادة درجة حرارة الجسم إلى ٤٣ درجة مئوية (درجة حرارة تُسجل غالبًا في نهاية سباق الماراثون) ، تنخفض النسبة المئوية لتشبع الهيموجلوبين إلى حوالي ٢٣٪. وهذا يعني أنه يتم تفريغ المزيد من الأكسجين من الهيموجلوبين لاستخدامه في التمثيل الغذائي الخلوي. تحدث هذه التأثيرات مع زيادة الحموضة أثناء التدريب المكثف، وإن عدم وجود تأثير بور في الدم للشعيرات الرئوية عند PO₂ داخل الحويصلات الهوائية يعني أن الهيموجلوبين أصبح محملاً بالكامل بالأكسجين حيث يمر الدم عبر الرئتان ، حتى أثناء ممارسة التمارين المجهدة.

٧-تخزين المايوغلوبين للأوكسجين في العضلات

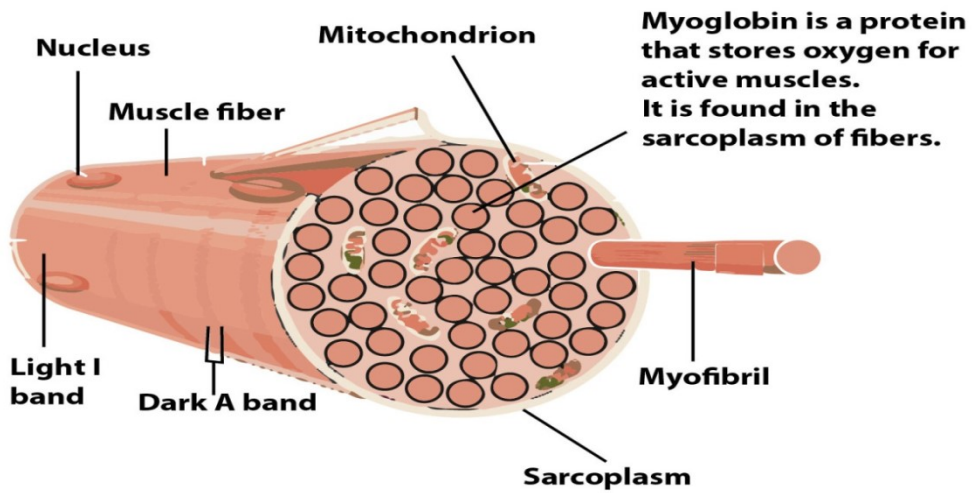
Myoglobin stores oxygen in muscles

يحتوي الهيكل العظمي والعضلة القلبية على المغلوبين المركب من الحديد والبروتين. الميوجلوبين ، على غرار الهيموجلوبين ، يتحد بشكل عكسي مع الأكسجين ؛ ومع ذلك ، يحتوي كل جزيء مغلوبين على ذرة حديد واحدة فقط على عكس HB ، الذي يحتوي على (٤) ذرات. يضيف الميوجلوبين أكسجيناً إضافياً إلى العضلات في التفاعل التالي:



يسهل المغلوبين نقل الأكسجين إلى الميتوكوندريا ، لاسيما في بداية التدريب وأثناء التدريب المكثف عندما ينخفض PO₂ الخلوي بشكل كبير. ، وليس منحنى على شكل حرف S ل Hb. يجعل هذا الميوجلوبين يرتبط بالأكسجين ويحتفظ به عند

ضغوط منخفضة بسهولة أكبر بكثير من الهيموغلوبين أثناء الراحة والتمارين المعتدلة عندما يكون PO_2 الخلوي مرتفعًا نسبيًا ، يظل الميوجلوبين مشبعًا بدرجة عالية بالاكسجين بينما في PO_2 بضغط ٤٠ مم زئبق ، على سبيل المثال ، يحتفظ الميوجلوبين بـ ٨٥٪ من الاوكسجين، و يطلق MbO_2 أكبر كمية له من الاوكسجين عندما ينخفض PO_2 في الأنسجة إلى أقل من ١٠ ملم زئبق. على عكس الهيموغلوبين ، لا يظهر على الميوجلوبين تأثير بوركما في الشكل (١٦) .



يوضح الشكل (١٦) منحنى تفكك المايغلوبين (الخط الأصفر المتقطع) بشكل قطعًا زائدًا مستطيلاً

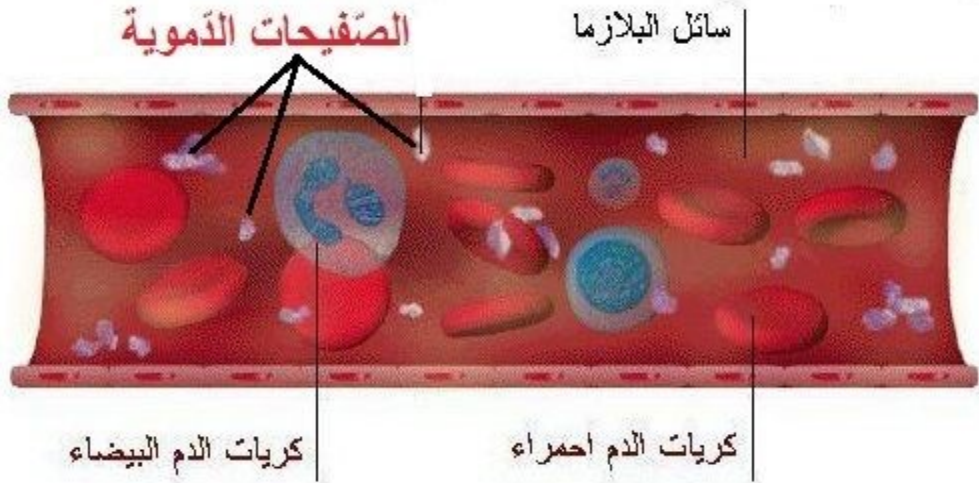
٨- انتقال ثاني أكسيد الكربون في الدم

Transport of carbon dioxide in the blood

بمجرد تشكل ثاني أكسيد الكربون في الخلايا ، فإن الانتقال إلى الرئتان في الدم الوريدي يوفر الوسيلة الوحيدة للخروج من الخلايا. المحلول الفيزيائي في البلازما ٧٪ - ١٠٪

١. روابط سائبة مع الهيموغلوبين ٢٠٪

٢. مجتمعة مع الماء على شكل بيكربونات ٧٠٪ كما في الشكل (١٧).



يوضح الشكل (١٧) الدم ينقل ثاني أكسيد الكربون إلى الرئتان بثلاث طرق:

٩- ثاني أكسيد الكربون في المحلول carbon dioxide in the solution

البلازما تنقل ٧٪ إلى ١٠٪ من ثاني أكسيد الكربون المنتج في الايض كثاني أكسيد الكربون الحر في المحلول الفيزيائي تؤدي الحركة العشوائية لهذه الكمية

الصغيرة نسبياً من جزيئات ثاني أكسيد الكربون المذابة إلى تكوين ضغط ثاني أكسيد الكربون الجزئي في الدم.

١٠- ثاني أكسيد الكربون في المحلول carbon dioxide in the solution

ثاني أكسيد الكربون كمركبات كالبامينو تتفاعل مباشرة مع جزيئات الأحماض الأمينية لبروتينات الدم لتكوين مركبات الكاربامينو يحمل جزء المغلوبين من الهيموغلوبين كمية كبيرة من ثاني أكسيد الكربون في الدم على النحو الآتي:



يسير في الرئتان مع انخفاض ضغط ثاني أكسيد الكربون الجزئي في البلازما. يؤدي ذلك إلى انتشار ثاني أكسيد الكربون في الحويصلات الهوائية. في الوقت نفسه ، يقلل الهيموغلوبين المؤكسد من قدرته على الارتباط بثاني أكسيد الكربون. يسهل التفاعل بين تحميل الاوكسجين وإطلاق ثاني أكسيد الكربون ، المسمى بتأثير هولدين ، من خروج ثاني أكسيد الكربون من الرئتان.

١١- ثاني أكسيد الكربون على هيئة بيكربونات

Carbon dioxide in the form of bicarbonate

الجزء الأكبر من ثاني أكسيد الكربون ٧٠% في المحلول يتحد مع الماء لتكوين حمض الكربونيك (الشكل ٩,١٠ ج).



بسبب المعدل البطيء لهذا التفاعل ، فإن القليل من ثاني أكسيد الكربون ينقل بهذا الشكل بدون الانهيارات الكربونية ، وهو إنزيم يحتوي على الزنك داخل خلايا الدم الحمراء. يعمل هذا المحفز على تسريع تفاعل ثاني أكسيد الكربون والماء بحوالي ٥٠٠٠ مرة.

في الأنسجة عندما يتشكل حمض الكربونيك ، يتحول معظمه إلى أيونات الهيدروجين (H) وأيونات البيكربونات (HCO₃) على النحو الآتي:



ثم يقوم جزء البروتين من جزيء Hb بتخزين H للحفاظ على درجة الحموضة في الدم ضمن حدود ضيقة بسبب قابلية الذوبان العالية للبيكربونات ، فإنه ينتشر من خلايا الدم الحمراء إلى البلازما في عملية تبادل مع أيون الكلوريد (Cl) ، والذي ينتقل بعد ذلك إلى خلايا الدم للحفاظ على التوازن الأيوني. يصف هذا المصطلح (التوازن الأيوني) تحول الكلوريد Cl إلى HCO₃ .

في الرئتان، مع زيادة PCO₂ في الأنسجة ، يتشكل حمض الكربونيك بسرعة و ينتشر ثاني أكسيد الكربون في الرئتان من البلازما إلى الحويصلات الهوائية ويقل ضغط ثاني أكسيد الكربون الجزئي في البلازما ويخل بالتوازن بين حمض الكربونيك وتكوين أيونات البيكربونات. يعاد اتحاد H و HCO₃ لتكوين حمض الكربونيك. يعاد تكوين ثاني أكسيد الكربون والمياه ، مما يسمح لثاني أكسيد الكربون بالخروج عبر الرئتان على النحو الآتي :



ينخفض تركيز بيكربونات البلازما في الشعيرات الدموية الرئوية ، مما يسمح لـ Ca^{2+} بالانتقال من خلايا الدم الحمراء إلى البلازما.

الفصل السادس

التهوية الرئوية

تنظيم التهوية الرئوية Regulation of pulmonary ventilation

١- التحكم في التهوية أثناء الراحة Ventilation control at rest

ينظم الجسم معدل وعمق التنفس بشكل جيد استجابة لاحتياجات التمثيل الغذائي. خلال كل التدريب لدى الأفراد الأصحاء ، وتبقى الضغوط الشريانية للأكسجين وثنائي أكسيد الكربون ودرجة الحموضة كما هي عند الراحة كما ان المعلومات العصبية من المراكز العليا في الدماغ من الرئتان ، ومن أجهزة الاستشعار الميكانيكية والكيميائية في جميع أنحاء الجسم تقوم بتنظيم التهوية الرئوية تؤثر الحالة الغازية والكيميائية للدم الذي يغمر الدماغ (النخاع) والمستقبلات الكيميائية للأبهر والسباتي أيضًا على التهوية الحويصلية.

٢- العوامل العصبية Neurological factors

تأتي الدورة التنفسية كنتيجة لطبيعة النشاط الآلي للخلايا العصبية للشهيق التي توجد أجسام خلاياها في الجزء الأوسط من النخاع Medulla حيث تقوم هذه الخلايا العصبية الحركية بتنشيط عضلة الحجاب الحاجز وعضلات ما بين الأضلاع الداخلية وبذلك تنتفخ الرئتان بالهواء وتقوم الخلايا العصبية للشهيق بعملية إشعال Firing نظرا لتأثرها الذاتي بواسطة تأثير الخلايا العصبية لحركة الزفير التي تقع أيضا في النخاع المستطيل Medulla، حيث إنه بمجرد انتفاخ الرئة تقوم بمط المستقبلات الحسية في النسيج الرئوي لتنبئها وخاصة التي في الشعبات، وهذه المستقبلات تعمل لتنشيط الشهيق وتنبئ الزفير.

٣-العوامل السائلة liquid agents

تنظم الحالة الكيميائية للدم إلى حد كبير التهوية الرئوية في وقت الراحة. تعمل التباينات في الشرايين ك ضغط الاوكسجين الجزئي وضغط ثاني اكسيد الكربون الجزئي والحموضة ودرجة الحرارة على تنشيط الوحدات العصبية الحساسة في النخاع والجهاز الشرياني لضبط التهوية للحفاظ على كيمياء الدم الشرياني ضمن حدود بسيطة.

١-زيادة التهوية الرئوية Increased pulmonary ventilation

تشير زيادة التهوية الرئوية الى فرط التنفس الذي يتجاوز احتياجات الأوكسجين لعملية التمثيل الغذائي وهذا الإفراط في التنفس يخفض بسرعة تركيز ثاني أكسيد الكربون الطبيعي في الحوصلة ، مما يتسبب في خروج ثاني اوكسيد الكربون خارج الجسم مع الهواء . يؤدي الانخفاض المصاحب في $[+H]$ إلى زيادة درجة الحموضة في بلازما الدم كما يؤدي عدة ثوانٍ من زيادة التهوية الرئوية الى الشعور بالدوار كذلك يمكن أن تؤدي زيادة التهوية الرئوية المطولة إلى فقدان الوعي بسبب خروج ثاني أكسيد الكربون المفرط من الدم.

كما يمكن زيادة التهوية الرئوية لدى الرياضيين عند ممارسة الاداء البدني العالي الشدة بتناول روديولا الوردية الحادة الى تحسين اداء تمارين التحمل .

٢-التهوية الرئوية ومتطلبات الطاقة

Pulmonary ventilation and energy requirements

يزيد النشاط البدني من امتصاص الاوكسجين وإنتاج ثاني أكسيد الكربون ويكون أكثر من أي إجهاد فسيولوجي آخر. تنتشر كميات كبيرة من الاوكسجين خارجه من

الحويصلات الهوائية إلى الدم باتجاه الرئتان أثناء التدريب على العكس من ذلك ، وينتقل قدر كبير من ثاني أكسيد الكربون من الدم إلى الحويصلات الهوائية. في الوقت نفسه ، تحافظ الزيادة في التهوية الرئوية على تركيزات مستقرة للغازات الحويصلية ، لذلك يستمر تبادل الاوكسجين وثاني أكسيد الكربون دون أي موانه ، وامتصاص الاوكسجين من خلال مجموعة من مستويات التدريبات المعدل الثابت وغير الثابت حتى الامتصاص الاقصى للأوكسجين VO₂max.

٣- التهوية الرئوية اثناء التدريب Ventilation During Exercise

تزداد عملية التهوية الرئوية اثناء التدريب البدني تبعا لشدة التدريب وفترة دوامه وذلك للوفاء بمتطلبات الأنسجة العضلية من الاوكسجين اللازم للزيادة في معدلات الاكسدة واطلاق الطاقة،

وتمر التهوية الرئوية اثناء التمرينات بمرحلتين الاولى (تكون الزيادة بالتهوية المتوسطة مقارنة بحالة الراحة)، والمرحلة الثانية (تكون الزيادة اعماق ومستمرة بزيادة الجهد البدني ويسيطر على المرحلتين الجهاز العصبي وكلما زاد المجهود البدني ازدادت عملية الايض داخل العضلات مما ينتج عنها زيادة في الهيدروجين وثاني اكسيد الكربون)، ومن الملاحظ اثناء المجهود البدني ايضا يزداد عمق التنفس وفي تكرار معدل التنفس ، وبالتالي في حجم التهوية الرئوية ، وعندما يتوقف الفرق عن بذل المجهود البدني تعود معدلات التنفس الى وضعها الطبيعي ، وتتوقف فترة العودة الى الحالة الطبيعية (فترة الاستشفاء) على الحالة البدنية والتدريبية للفرد.

٤- التهوية في تدريب ذات سرعة ثابتة

Ventilation at a constant speed training

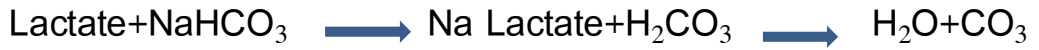
أثناء التدريبات الخفيفة والمتوسطة ($VO_2 2.5$ لتر في دقيقة في هذا المثال)، تزداد التهوية الرئوية خطياً مع امتصاص الاوكسجين ؛ تزداد التهوية بشكل رئيسي من خلال الزيادات في سرعة التنفس الاعتيادي يشكل (VT) مكافئ التهوية بالاكسجين (VE / VO_2) يمثل نسبة التهوية الدقيقة إلى امتصاص الاوكسجين. يشير هذا المؤشر إلى كمية الهواء الذي يتم استنشاقه لكل كمية الاوكسجين المستهلكة عادةً ما يحافظ الشباب الأصحاء على حوالي ٥٥٪ من VO_{2max} و في معادلات التهوية الأعلى عند الأطفال ، حيث يبلغ توسطها حوالي ٣٢ في الأطفال البالغين من العمر ٦ سنوات، على الرغم من الفروق الفردية في مكافئ التنفس للأطفال الأصحاء والبالغين أثناء ممارسة التمارين الرياضية بمعدل ثابت ، فإن التهوية الكاملة للدم تحدث بسبب عاملين:

١. يبقى PO_2 و PCO_2 الحويصليان في قيم شبه مريحة .
٢. وقت مرور الدم من خلال الشعيرات الدموية الرئوية حيث يمر بسرعة خفيفة كافية للسماح بتبادل الغازات بالكامل.

٥- التهوية في التدريب بسرعة غير ثابتة

عتبة التهوية ventilation threshold

يلاحظ مع زيادة امتصاص الاوكسجين تزيد التهوية الدقيقة في النهاية بشكل غير متناسب مع الزيادة في امتصاص الاوكسجين هذا يزيد من مكافئ التهوية فوق قيمة ممارسة تدريب بمعدل ثابت السرعة ، ويُطلق على النقطة التي تزداد فيها التهوية الرئوية بشكل غير متناسب مع امتصاص الاوكسجين أثناء التدريب المتدرج عتبة التهوية (VT) في تمارين القوة ، لم تعد التهوية الرئوية مرتبطة بشكل دقيق بالحاجة إلى الاوكسجين على المستوى الخلوي بدلاً من ذلك ، ترتبط التهوية "الزائدة" مباشرة بزيادة إنتاج ثاني أكسيد الكربون القادم من التخزين المؤقت للاكتات التي تبدأ فيتراكم من الأيض اللاهوائي. أن بيكربونات الصوديوم في الدم تصد اللاكتات المتولدة أثناء التمثيل الغذائي اللاهوائي في التفاعل الآتي:



بيكربونات الصوديوم + لاكتات

لاكتات + كربونات الصوديوم

ثنائي اكسيد الكربون + ماء

٦- التهوية خلال دقيقة واحدة

خلال وقت الراحة، يبلغ متوسط معدل تنفس الشخص البالغ في المتوسط ١٢ نفساً في الدقيقة ويبلغ متوسط حجم هواء التنفس العادي ٠,٥ لتر من الهواء لكل نفس وتحت هذه الظروف فإن حجم الهواء المستنشق في كل دقيقة (التهوية خلال الدقيقة الواحدة) هو ٦ لتر تؤدي الزيادة في عمق أو معدل التنفس أو كليهما إلى زيادة التهوية خلال الدقيقة الواحدة أثناء التدريب المركز ، ويرتفع معدل التنفس لدى الشباب الأصحاء من ٣٥ إلى ٤٥ نفساً في الدقيقة ، بينما يحقق الرياضيون المتميزون

في الغالب من ٦٠ إلى ٧٠ نفساً في الدقيقة، بالإضافة إلى ذلك ، يزيد حجم هواء التنفس العادي عادة إلى ٢,٠ لتر وأكثر أثناء التمارين الرياضية الشديدة هذا يسبب تهوية خلال دقيقة واحدة عند البالغين تصل إلى ١٠٠ لتر أو حوالي ١٧ ضعف قيمة التهوية خلال الراحة اما لدى الرياضيين الذكور المدربين تدريباً جيداً على التحمل ، يمكن أن تصل التهوية إلى ١٦٠ لتراً كحد أدنى أثناء التدريب عالي الشدة .

٧- التهوية الرئوية القصوى Maximum pulmonary ventilation

المقصود بالتهوية الرئوية الإرادية القصوى هي أقصى حجم هواء يمكن أن يتنفسه الفرد خلال الدقيقة الواحدة، بالاعتماد على عدة عوامل منها تشريح الجهاز التنفسي وعضلات التنفس والتحكم بها، ومستوى المقاومة في الرئتان، ويتم قياس التهوية الرئوية الإرادية القصوى لفترة ١٢-١٥ ثانية ثم تحول إلى عدد اللترات في الدقيقة ومثال على ذلك إذا ما تم تسجيل حجم هواء التهوية الرئوية لمدة ١٢ ثانية يتم ضرب هذا الرقم في ٥ وحساب تهوية الرياضي القصوى وحجم عضلاته وكمية التهوية .

(١٢ ثانية \times ٥ = ٦٠ ثانية) وتكون النتيجة باللتر خلال دقيقة.

٤- الضغط الجزئي للأكسجين في البلازما والمستقبلات الكيميائية

Partial pressure of oxygen in plasma and chemoreceptors

يؤدي استنشاق خليط من الغازات يحتوي على ٨٠٪ منه أكسجين إلى زيادة الضغط الجزئي للأكسجين بدرجة كبيرة ويؤدي إلى نقص التهوية الرئوية بمقدار ٢٠٪، وعلى العكس من ذلك فإنه إذا ما قل تركيز الاوكسجين في هواء الشهيق يزيد حجم

التهوية الرئوية في الدقيقة وخاصة إذا ما انخفض الضغط الجزئي في الدم أقل من ٦٠ ملم زئبق، حيث إن انخفاض الضغط الجزئي للأوكسجين أقل من ٦٠ ملم زئبق يؤدي إلى هبوط كبير في تشبع الهيموجلوبين بالأوكسجين لا تؤدي الحساسية بنقص ضغط الاوكسجين إلى رفع نشاط مركز التنفس ولكنها تزيد من تنبيه المستقبلات الكيميائية الطرفية، وهي تقع في قوس الشريان الأورطي وعند تفرع الشريان السباتي Carotid إلى جانب التنبيه المضاد لنقص ضغط الاوكسجين الجزئي، تعمل أيضا المستقبلات الكيميائية الطرفية على تنبيه التهوية الرئوية استجابة لزيادة ثاني أكسيد الكربون ودرجة الحرارة والحمضية الناتجة عن التمثيل الغذائي وانخفاض ضغط الدم.

١- ضغط ثاني اكسيد الكربون الجزئي في البلازما وتركيز الهيدروجين

يعد ضغط ثاني أكسيد الكربون الجزئي في بلازما الشريان، هو المنبه الرئيسي اثناء الراحة أي زيادة قليلة في ضغط ثاني أكسيد الكربون الجزئي في هواء الشهيق تؤدي إلى زيادة كبيرة في التهوية الرئوية في الدقيقة وتتضاعف التهوية الرئوية إذا ما زاد ضغط ثاني أكسيد الكربون الجزئي في هواء الشهيق بمقدار ١,٧ ملم زئبق و لا يرتبط تنظيم التهوية الرئوية بواسطة الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون بجزئي ثاني أكسيد الكربون أكثر من ارتباطها بحمضنة البلازما التي تختلف مباشرة مع محتوى ثاني أكسيد الكربون بالدم، والتي تؤدي بدورها إلى تحلل حامض الكربونيك بسرعة إلى أيونات البيكربونات وأيونات الهيدروجين ويؤدي زيادة أيونات الهيدروجين وخاصة في سوائل المخ والنخاع الشوكي Cerebrospinal Fluid الذي يغطي منطقة التنفس إلى تنبيه نشاط الشهيق، وعند زيادة التهوية الرئوية يتم التخلص من ثاني أكسيد الكربون، وهذا يخفض من تركيز الهيدروجين في الدم الشرياني .

٢- فرط التنفس وحبس النفس Hyperventilation and breath holding

تقابل "نقطة الانكسار" لحبس النفس عمومًا زيادة في PCO_2 الشرياني إلى حوالي ٥٠ ملم زئبق. إذا زاد هذا الشخص من التهوية الحويصلية فوق المستوى الطبيعي قبل حبس النفس ، فإن تكوين الهواء الحويصلي يصبح أكثر تشابهًا مع الهواء المحيط. قد ينخفض PCO_2 الحويصلي مع فرط التنفس إلى ١٥ ملم زئبق ، مما يخلق تدرجًا كبيرًا لانتشار جريان ثاني أكسيد الكربون من الدم الوريدي الذي يدخل الشعيرات الدموية الرئوية. وبالتالي ، فإن كمية أكبر من المعتاد من ثاني أكسيد الكربون تخرج من الدم ، مما يقلل PCO_2 الشرياني إلى ما دون المستويات الطبيعية يعمل PCO_2 الشرياني المنخفض على إطالة حبس النفس حتى يرتفع PCO_2 الشرياني والهيدروجين ، أو كلاهما إلى مستوى يحفز التهوية. يستخدم السباحون والغواصون الرياضيون التنفس العميق وحبس النفس لتحسين أدائهم البدني. في السباحة السريعة هؤلاء السباحون يتنفسون بشكل مفرط عند نقطة البداية لإطالة وقت حبس أنفاسهم أثناء السباحة يتنفس الغواصون بشكل مفرط لإطالة وقت حبس النفس ، ولكن في كثير من الأحيان تكون النتائج مخيبة مع زيادة طول وعمق الغوص ، يمكن أن ينخفض محتوى الاوكسجين في الدم إلى قيم منخفضة للغاية قبل زيادة PCO_2 الشرياني لتحفيز التنفس والإشارة إلى الحاجة إلى الصعود إلى السطح. يمكن أن يسبب انخفاض ضغط الدم في الشرايين الى فقدان الوعي قبل أن يصل الغواص إلى السطح.

٥- عوامل غير كيميائية

تزداد التهوية بسرعة كبيرة عند بدء التدريب لتحدث خلال دورة التهوية الأولى تقريباً تستغرق هذه التهوية حوالي ٢٠ ثانية ؛ بعد ذلك تزداد التهوية الدقيقة تدريجياً

وتقترب من مستوى ثابت فيما يتعلق بمتطلبات تبادل الغازات الأيضية عند توقف التدريب، تنخفض التهوية بسرعة إلى حد ٤٠٪ تقريبًا من قيمة تهوية التدريب النهائية ثم تعود ببطء إلى مستويات الراحة و تُظهر سرعة الاستجابة التنفسية في بداية واثناء توقف التدريب.

١- تأثير درجة الحرارة temperature effect

تؤدي الزيادة في درجة حرارة الجسم إلى إثارة الخلايا العصبية مباشرة في مركز الجهاز التنفسي وكما يمكن أن تساعد في تنظيم التهوية في التمرينات الطويلة، ومع ذلك لا يمكن تفسير سرعة تغييرات التنفس في بداية ونهاية التدريب وعلاقتها بالتغيرات البطيئة نسبيًا في درجة الحرارة الأساسية.

توصلت الدراسات الى ان التعرض للبرد بدرجة حرارة $^{\circ}C (٠)$ يزيد قابلية استهلاك الأوكسجين النسبي ($\max Vo2$) عن استهلاكه بدرجة حرارة $^{\circ}C (٢٠)$ كما ان تركيز (LA) في البرد كان اقل من تركيزه في الجو المعتدل عند اجتياز العتبة اللاهوائية .

كما تعرضت لتأثير الحرارة العالية $^{\circ}C (٣٥)$ والمنخفضة $^{\circ}C (٢٠)$ على انخفاض مستوى (LA) خلال الراحة السلبية والانشطة وعدم وجود تأثير للظرف الحراري العالي على ايجاد فرق معنوي في مستوى (LA) ومعدل النبض والاستشفاء مقارنة بالظرف المعتدل بالراحة .

٢- انتظام عملية التنفس Regular breathing

لا يوجد عامل واحد يتحكم في التنفس أثناء التدريب ؛ بل يعتمد على التأثيرات المركبة وربما المتزامنة للعديد من المحفزات الكيميائية والعصبية. يقترح النموذج التالي السيناريو الخاص للتحكم في التنفس أثناء التدريب:

١. المنبهات العصبية من القشرة الدماغية والأطراف النشطة التي تسبب الزيادة الأولية المفاجئة في التنفس عند بدء التدريب وتشكل المرحلة الأولى من التهوية.

٢. بعد مدة قصيرة تصل حوالي الى ٢٠ ثانية ، وتزداد التهوية الرئوية الدقيقة تدريجياً إلى ان تصل لمستوى ثابت يلبي بشكل كاف متطلبات تبادل الغازات الأيضية وتشكل المرحلة لتهوية المرحلة الثانية.

٣. تساهم مدخلات القشرة الدماغية بالإضافة إلى العوامل المتأصلة في الخلايا العصبية لنظام التحكم النخاعي والمحفزات المحيطة من المستقبلات الكيميائية والمستقبلات الميكانيكية في التحكم في هذه المرحلة من التهوية.

٤. المرحلة الأخيرة من مرحلة التحكم في التهوية (الثالثة) تتضمن "ضبط دقيق" للتهوية من خلال آلية التغذية المرتدة الحسية المحيطة على سبيل المثال درجة الحرارة ، CO2 ، و الهيدروجين.

الفصل السابع

تراكم اللاكتات في الدم

Accumulation of lactate in the blood

١- المقدمة Introduction

تشير ممارسة التدريب ذات معدل ثابت إلى أن إمداد الاوكسجين واستخدامه يلبي متطلبات الطاقة للجهد العضلي عند حدوث ذلك ، لا يحدث تراكم للاكتات والتدريبات المكثفة تحفز تراكم اللاكتات في الدم (OBLA) في الزيادة فوق مستوى خط الأساس البالغ حوالي ٤ ملي مولار على لتر ويحدث OBLA عادةً بين ٥٥٪ و ٦٥٪ من VO2max في الأشخاص الأصحاء وغير المدربين وغالبًا ما يساوي أكثر من ٨٠٪ من VO2max في الرياضيين المدربين تدريباً عالياً.

٢- أسباب تراكم اللاكتات في الدم OBLA

ان المجهود البدني ذات الاداء العالي (تدريبات التحمل) الذي يتطلب قدرا وافيا من الاوكسجين يسبب تغيرات فسيولوجية في العضلة ومن هذه التغيرات هي تراكم اللاكتات في الدم ولا يزال السبب الدقيق لأسباب تراكم اللاكتات في الدم مثيرا للنقاشات في الكثير من الدراسات والبحوث والمدربين ، يعتقد الكثيرون أنه يمثل نقطة نقص الأنسجة العضلية (نقص الاوكسجين) لا يتطابق تراكم اللاكتات في العضلات بالضرورة مع نقص الاوكسجين لأن اللاكتات تشكل وجود أكسجين عضلي كافي.

واسباب تراكم اللاكتات في الدم لا تعني وجود خلل بين معدل ظهور اللاكتات في الدم واختنائها وقد لا يكون الخلل عن نقص الاوكسجين العضلي بدلاً من ذلك قد ينتج عن انخفاض تصفية اللاكتات في إجمالي إنتاج اللاكتات أو زيادة إنتاجه فقط في ألياف عضلية محددة. الأنسجة.

٣- ممارسة الرياضة والتدخين Exercising and smoking

منذ الإصدار الأولي لعام ١٩٦٤ لتقرير الجراحين العام حول التدخين والصحة ، خلصت العديد من مقالات المراجعة إلى وجود علاقة سببية بين التدخين وسرطان الرئة والكثير من الامراض مثل التهاب الشعب الهوائية المزمن وانتفاخ الرئة وأمراض القلب والأوعية الدموية وسرطانات الشفة والحنجرة والمريء والمثانة و لسوء الحظ هناك القليل من الأبحاث التي تربط عادات تدخين السجائر بأداء التدريبات، ويظهر مدخنو السجائر المزمون انخفاضاً في وظائف الرئة الديناميكية والتي تظهر في الحالات الشديدة على أنها اضطرابات انسداد في الرئة.

عادة ما تستغرق مثل هذه العمليات المرضية سنوات حتى تتطور نادراً ما يُظهر المدخنون المراهقون والشباب تدهوراً مزمناً في وظائف الرئة إلى حد كبير ضعف أداء التدريبات الرياضية بشكل كبير، ولسوء الحظ يعتقد المدخنون الشباب الذين يتمتعون باللياقة البدنية غالباً أنهم محصنون من آثار التدخين المعوقة بينما تؤثر الآثار الأخرى الأكثر حدة لتدخين السجائر سلباً على القدرة على ممارسة الرياضة على سبيل المثال يمكن أن تزيد مقاومة مجرى الهواء أثناء الراحة بمقدار ثلاثة أضعاف لدى المدخنين المزمين وغير المدخنين بعد ١٥ نفساً من سيجارة خلال فترة ٥ دقائق تستمر المقاومة المضافة للتنفس بمعدل ٣٥ دقيقة ، مع آثار سلبية طفيفة فقط في التدريبات الخفيفة التي تظل خلالها تكلفة الاوكسجين للتنفس صغيرة، ومع ذلك في التدريبات الرياضية ذات الشدة العالية ، فإن التأثير المتبقي للتدخين على مقاومة مجرى الهواء يكون ضاراً لأن القيمة الإضافية للتنفس تصبح مهمة من الناحية الفسيولوجية.

في إحدى الدراسات التي أجريت على مدخن السجائر المعتاد الذي مارس ٨٠٪ من VO_{2max} ، بلغ متوسط متطلبات الطاقة للتنفس ١٤٪ من امتصاص

الأوكسجين بعد التدخين ولكنه بلغ في المتوسط ٩٪ فقط. أيضًا ، انخفض معدل ضربات القلب عند ممارسة الرياضة بنسبة ٥٪ إلى ٧٪ بعد يوم واحد من الامتناع عن التدخين ؛ أفاد جميع الأشخاص أنهم شعروا بممارسة الرياضة بشكل أفضل في حالة عدم التدخين، ويمكن أن يحدث الانعكاس الكامل تقريبًا قيمة الاوكسجين المتزايدة للتنفس مع التدخين لدى المدخنين المزمنين مع يوم واحد فقط من الامتناع عن التدخين. وبالتالي ، يجب على الرياضيين الذين لا يستطيعون التغلب على عادة التدخين التوقف عن التدخين قبل ٢٤ ساعة على الأقل من ممارسة الرياضة. ويمكن تلخيص اهم مضار التدخين التي يتعرض لها الرياضي هما ، بشكل مباشر فضلا عن النتائج الخطرة غير المباشرة (زيادة عدد ضربات القلب - زيادة سكر الدم - زيادة ضغط الدم - زيادة حرارة الجسم - زيادة مركب الادرنالين - نقص في مركب الدوبامين - انقاص اوكسجين الدم).

٤- العملية التنظيمية للحامضية والقاعدية

الوقت الذي تنفصل الاحماض في المحلول وتحرر H ، فإن القواعد تقبل H لتكوين أيونات الهيدروكسيد (OH₋) ، يشير مصطلح التنظيم إلى التفاعلات التي تقلل من التغيرات في تركيز H حيث ويرمز الرقم الهيدروجيني إلى مقياس كمي للحموضة أو القلوية (القاعدية) لمحلول سائل على وجه التحديد يشير الرقم الهيدروجيني إلى تركيز البروتونات أو H و تحتوي المحاليل الحمضية على H أكثر من OH عند درجة حموضة أقل من ٧,٠ والعكس بالعكس للمحاليل الأساسية التي يتجاوز الرقم الهيدروجيني لها ٧,٠ الماء النقي كيميائيًا (المقطر) ، الذي يعتبر محايدًا ، له لـ H و OH مساوٍ وبالتالي درجة حموضة تبلغ ٧,٠. يتراوح الرقم الهيدروجيني لسوائل الجسم من ١,٠ للحمض الهضمي hydrochloric إلى pH قاعدي قليلاً بين ٧,٣٥ و ٧,٤٥ للدم الشرياني والوريدي ومعظم سوائل الجسم الأخرى. تتقلب الخصائص

الحمضية القاعدية لسوائل الجسم ضمن حدود ضيقة لأن الأيض يظل شديد الحساسية لتركيزات H في الوسط المتفاعل. ثلاث آليات تنظم الأساس الهيدروجيني للبيئة الداخلية:

١. العملية التنظيمية

٢. التهوية الرئوية

٣. وظيفة الكلى

١- التنظيم الكيميائي Chemical regulation

يتكون نظام التخزين المؤقت الكيميائي من حامض ضعيف ومن ملح الحامض يتكون عازل البيكربونات ، على سبيل المثال من حامض الكربونيك الضعيف الحمضي وملحه ، بيكربونات الصوديوم يتشكل حامض الكربونيك وعندما يرتبط البيكربونات بـ H عندها يظل تركيز H مرتفعًا ، ينتج التفاعل الحمض الضعيف لأن أيونات H الزائدة ترتبط بالتوافق مع التفاعل العام:



في المقابل ، عندما يقلل تركيز H ، يتحرك تفاعل التنظيم في الاتجاه المعاكس ويطلق H على النحو التالي:



أثناء زيادة حجم التنفس ، ينخفض حمض الكربونيك في البلازما لأن ثاني أكسيد الكربون يخرج من الدم ويخرج عبر الرئتان ويتفاعل معظم ثاني أكسيد الكربون الناتج في عملية الأيض مع الماء لتكوين حمض الكربونيك الضعيف نسبيًا الذي يتفكك بدوره إلى H و HCO_3 وبالمثل يتفاعل حمض اللاكتيك مع بيكربونات الصوديوم لتكوين لاكتات الصوديوم وحمض الكربونيك ؛ بدوره ، يتفكك حمض الكربونيك

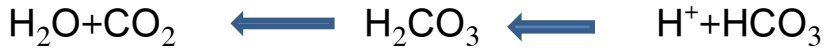
ويزيد تركيز H في السوائل خارج الخلية الأحماض العضوية الأخرى مثل الأحماض الدهنية تنفصل وتحرر H ، كما تفعل أحماض الكبريتيك والفوسفوريك المتولدة أثناء هدم البروتين توفر المحاليل الكيميائية المقاومة للبكتيريا والفوسفات وبعد البروتين خط الدفاع الأول للحفاظ على التناسق في الطبيعة الحمضية القاعدية للبيئة الداخلية.

٢-تنظيم البيكربونات Bicarbonate regulation

يتكون نظام تنظيم وعزل البيكربونات من حمض الكربونيك وبيكربونات الصوديوم على شكل محلول وأثناء التنظيم يتحول حامض الهيدروكلوريك (حامض قوي) إلى حامض الكربونيك الأضعف بكثير عن طريق الاندماج مع بيكربونات الصوديوم في التفاعل التالي:



الكربونيك + حامض الكربونيك كربونات الصوديوم + كلوريد الهيدروجين
نتيجة الحامض



حامض الكربونيك + هيدروجين ثنائي أكسيد الكربون + ماء

تحفز الزيادة في ثاني أكسيد الكربون في البلازما أو تركيز الهيدروجين على التهوية للتخلص من ثاني أكسيد الكربون "الزائد". على العكس من ذلك ، فإن انخفاض تركيز H في البلازما يثبط التهوية ويحتفظ بثاني أكسيد الكربون الذي يتحد بعد ذلك مع الماء لزيادة الحموضة (حمض الكربونيك) من أجل إرجاع الرقم الهيدروجيني لنسب طبيعية.

نتيجة القلاء



ثنائي أكسيد الكربون + ماء

حامض الكربونيك

حامض الكربونيك + هيدروجين

٥- تنظيم التنفس Regulating breathing

عندما تزداد كمية الهيدروجين الحر في السائل خارج الخلية في البلازما ، فإنه يحفز بشكل مباشر مركز الجهاز التنفسي لزيادة التهوية الحويصلية على الفور. هذا التعديل السريع يقلل من PCO_2 الحويصلي ويسبب خروج ثاني أكسيد الكربون من الدم مما يؤدي انخفاض مستويات ثاني أكسيد الكربون في البلازما إلى تسريع إعادة تكوين H^+ و HCO_3^- ، وهذا بدوره يقلل من تركيز الهيدروجين الحر في البلازما فعلى سبيل المثال ، تؤدي مضاعفة التهوية الحويصلية عن طريق فرط التنفس أثناء الراحة إلى زيادة قلوية الدم ودرجة الحموضة بمقدار ٠,٢٣ وحدة من ٧,٤٠ إلى ٧,٦٣ وعلى العكس من ذلك ، يؤدي تقليل التهوية الحويصلية الطبيعية (نقص التهوية) إلى النصف إلى زيادة حموضة الدم بحوالي ٠,٢٣ وحدة من الأس الهيدروجيني.

١- التنظيم الكلوي Renal regulation

تؤثر المحاليل الكيميائية بشكل مؤقت فقط على تراكم الحامض الزائد في الكلى حيث إن إفراز الكلى H^+ ، على الرغم من بطئه نسبياً ، يوفر دفاعاً مهماً على المدى الطويل ويحافظ على احتياطي عازل معروف باسم الاحتياطي القلوي ومن أجل هذا فإن الكلى تقف كأداة دفاع أخيرة للحفاظ على الوظيفة الطبيعية لها وتنظم أنابيب الكلى الحموضة من خلال التفاعلات الكيميائية المعقدة التي تفرز الأمونيا والهيدروجين في البول ثم تعيد امتصاص القلويات والكلوريد والبيكربونات.

٢- آثار التدريب المكثف Effects of intense exercise

زيادة تركيز الهيدروجين الناتج عن إنتاج ثاني أكسيد الكربون وتكوين اللاكتات أثناء التمرينات الشاقة يجعل تنظيم الأس الهيدروجيني أكثر صعوبة بما يجعل تنظيم الحامضية أمراً صعباً للغاية أثناء التمرينات الرياضية الشاملة المتكررة التي ترفع قيم اللاكتات في الدم إلى ٣٠ ملي مولار (٢٧٠ مليجرام من اللاكتات لكل ديسيلتر من الدم) أو أكثر.

٦- استقرار عمل الجهاز التنفسي لدى الرياضيين

Respiratory stability in athletes

فعندما نتحدث عن الجهاز التنفسي ودوره في التدريب هذا يعني اثناء كل عملنا قاعدة هوائية رصيد لدى الرياضي كما وصفنا الرياضي على الطريق الصحيح وطورنا انجازي مع استمرار تطوير القاعدة الهوائية .

من الطبيعي ان تقترن التدريبات الهوائية بالقوة العضلية ولغرض المحافظة على الصحة العامة على سبيل المثال للإنسان الاعتيادي وعند عمل تدريبات هوائية لأبدة عمل تدريبات للقوة ايضا ولكن ما هو حجم التدريبات .
تدريبات خاصة لرياضي الدراجات مثلا او المشي السريع خلال الاسبوع فالفرد عليه ان يقوم بما يأتي :

* تدريبات قوة لمدة يومين او اكثر اسبوعيا وعليه فان العضلات الكبيرة مثل عضلات الساقين الفخذين ، الظهر والبطن والصدر والذراعين .

* تدريبات قوة ليومين او اكثر في الاسبوع ويقع العمل على العضلات الكبيرة مثل الساقين الفخذين الظهر والبطن والصدر والكتفين والذراعان .

* خليط من تدريبات الهوائية المعتدلة والشديدة اسبوعيا مثال (٢ x ٣٠) دقيقة ركض مضافا اليها ٣٠ دقيقة .

* ٩٥ دقيقة من التمارين الهوائية الفعالة مثل الركض او الالعاب مثل التنس الفردي اسبوعيا .

* ٧٥ دقيقة تدريبات هوائية ذات شدة عالية مثل الركض او الالعاب مثل التنس الفردي - تدريب القوة لمرتين لأسبوع وتشمل العضلات الكبيرة - الساقين - الفخذي - الظهر والبطن - الصدر الكتفين - الذراعان .

* خيط من التدريبات في الفعاليات الهوائية المعتدلة وذات شدة عالية اسبوعيا مثال ركض (٣٠) دقيقة لمرتين مضاف اليها ٣٠ دقيقة من الفعاليات الهوائية المعتدلة مع تمرينات القوة ليومين او اكثر اسبوعيا تعمل سوية مع العضلات الكبيرة .

* ١٥٠ دقيقة فحليات اسبوعيا ٣٠ دقيقة على (٥) ايام فوائد الفعاليات الهوائية .
الوقاية والمحافظة على اداء الرنتان والدورة المرسومة وهذا يعود الى الصحة العامة.

الجزء الثاني

الجهاز الدوري والاداء البدني

الفصل الاول

١- مقدمة Introduction

ترتبط ممارسة التدريبات بانتظام والنشاط البدني بالفوائد الصحية بشكل ملحوظ مع انخفاض خطر الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية، أظهرت العديد من الدراسات طويلة المدى أن زيادة النشاط البدني يرتبط بانخفاض معدل الوفيات لجميع الأسباب وقد يؤدي إلى زيادة معتدلة في متوسط العمر المتوقع ، وهو تأثير يرتبط ارتباطاً وثيقاً بانخفاض خطر الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية والجهاز التنفسي ، ووجد أن معدلات الوفيات بين الرجال والنساء مرتبطة عكسياً بمستويات اللياقة القلبية التنفسية ، حتى في وجود مؤشرات أخرى للوفيات القلبية الوعائية مثل التدخين وارتفاع ضغط الدم وفرط شحوم الدم ، وقد أظهرت الدراسات أيضاً أنه يمكن لمستويات اللياقة البدنية الأفضل لدى كل من الرجال والنساء أن تعكس جزئياً المعدلات المرتفعة للوفيات الناجمة عن جميع الأسباب وكذلك الوفيات القلبية الوعائية المرتبطة بارتفاع مؤشر كتلة الجسم ، ويقلل من خطر الإصابة بقصور القلب ، ويحسن البقاء على قيد الحياة بعد ٣٠ عامًا من المتابعة لدى الأفراد المصابين بمرض الشريان التاجي.

على الرغم من الآثار الفعالة القوية للنشاط البدني والتدريب الرياضي على صحة القلب والأوعية الدموية ، فإن العمليات والآليات التي من خلالها يعزز النشاط البدني المتكرر لياقة القلب والجهاز التنفسي ويقلل من مخاطر الأمراض القلبية الوعائية

تظل غير واضحة في العقود العديدة الماضية ، وهدفت جهود بحثية كبيرة إلى تحديد المساهمين الفسيولوجي والكيميائي الحيوي الرئيسيين في الفوائد القلبية الوعائية للتدريبات الرياضية كما في الشكل (١٨).

ان الأفراد النشطين بدنياً لديهم ضغط دم منخفض ، وحساسية أعلى للأنسولين ، كما وجد أن التدريبات الرياضية لها آثار مفيدة على القلب فهي تزيد بشكل حاد من الناتج القلبي وضغط الدم ، لكن الأفراد الذين يتأقلمون مع التدريبات يظهرون انخفاضاً في معدل ضربات القلب أثناء الراحة وتضخم القلب، وهناك حاجة إلى مزيد من الدراسات لتحديد الآليات التي تنقل فوائد التمارين القلبية الوعائية من أجل تطوير نظم تمارين أكثر فاعلية ، واختبار تفاعل التدريب مع النظام الغذائي ، وتطوير التدخلات الدوائية لأولئك غير الراغبين أو غير القادرين على ممارسة الرياضة.



الشكل رقم (١٨) يوضح الجهاز الدوري التنفسي

٢- القلب Heart

يوفر القلب قوة لدفع الدم في جميع أنحاء الدائرة الوعائية هذا العضو المكون من أربع غرف (تجاويف) ، وهو مضخة بحجم قبضة اليد ، ينبض في حالة السكون بمعدل 70 نبضة في الدقيقة ، و 100.800 مرة في اليوم ، و 36.8 مليون مرة في السنة. حتى بالنسبة لشخص يتمتع بصحة جيدة ولياقة بدنية متوسطة ، فإن الحد الأقصى من إنتاج الدم من هذا العضو الرائع يتجاوز إخراج السوائل من صنوبر منزلي مفتوح على مصراعيه.

تتكون عضلة القلب (Heart Muscle) من عضلة مخططة تشبه العضلات الهيكلية على عكس العضلات الهيكلية ، ترتبط الألياف الفردية (عضلة القلب) ببعضها البعض بطريقة شبكية ، يؤدي تحفيز إحدى خلايا عضلة القلب (إزالة الاستقطاب) إلى نشر جهد فعلي في جميع أنحاء عضلة القلب ، مما يؤدي إلى عمل القلب كوحدة واحدة.

تؤدي الغرف المجوفة لمضخة القلب اليمنى وظيفتين أساسيتين:

1. استقبال الدم غير المؤكسد العائد من جميع أجزاء الجسم.
2. ضخ الدم إلى الرئتان للتهوية عبر وحدة الدورة الدموية الرئوية.

وايضا تؤدي غرف مضخة القلب اليسرى وظيفتين أساسيتين:

1. استقبال الدم المؤكسد من الرئتان.
2. ضخ الدم في الشريان الأورطي العضلي سميك الجدران لتوزيعه في جميع أنحاء الجسم عبر الدورة الدموية الكبرى.

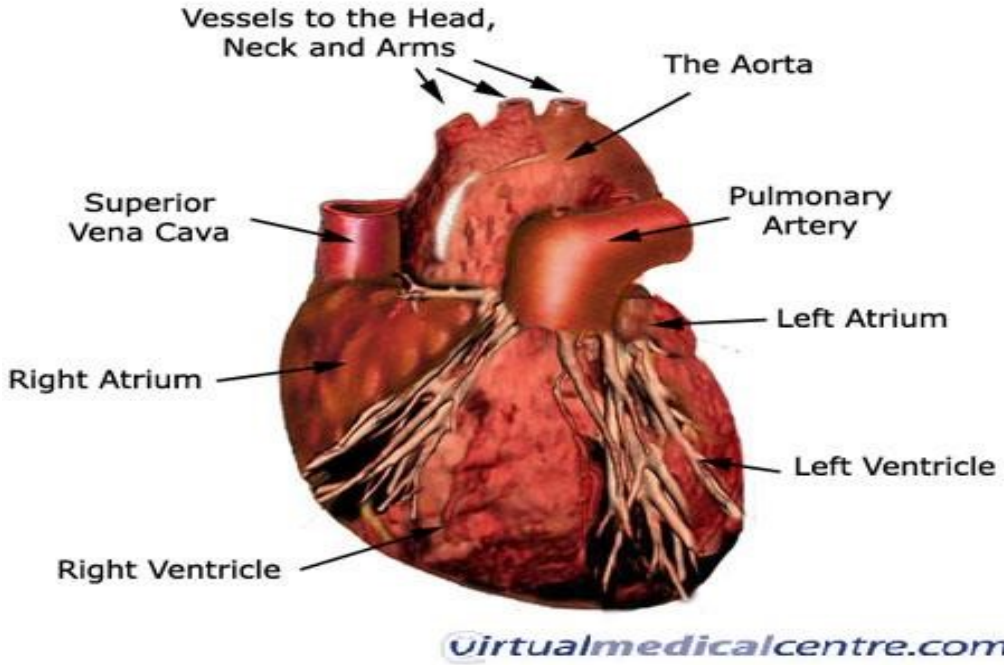
يفصل جدار عضلي صلب وسميك (الحاجز) بين الجانبين الأيمن والأيسر من القلب توجه الصمامات الأذينية البطينية الموجودة داخل القلب تدفق الدم أحادي الاتجاه من الأذين الأيمن إلى البطين الأيمن (الصمام ثلاثي الشرفات) ومن الأذين الأيسر إلى البطين الأيسر (الصمام التاجي أو الصمام الثنائي الشرف)، تمنع الصمامات الهلالية الموجودة في جدار الشرايين خارج القلب تدفق الدم مرة أخرى (الارجاع) إلى القلب بين الانقباضات البطينية.

تستقبل وتخزن الغرف الأذينية ذات الجدران الرقيقة نسبةً الدم العائد من الرئتان والجسم أثناء انقباض البطين و يتدفق حوالي 70% من الدم العائد إلى الأذنين مباشرة إلى البطين قبل تقلص الأذين يؤدي التقلص المتزامن لكل من الأذنين إلى دفع الدم المتبقي إلى البطينين المعنيين مباشرة الى الاسفل بعد انقباض الأذين مباشرة تقريبًا ، ينقبض البطينان ويدفعان الدم إلى أنظمة الشرايين.

٣- مكونات الجهاز القلبي الوعائي

Components of the cardiovascular system

يتكون الجهاز القلبي الوعائي من دائرة وعائية مترابطة ومستمرة تحتوي على مضخة (قلب) ، ونظام توزيع عالي الضغط (شرايين) ، وأوعية تبادل (شعيرات دموية) ، ونظام تجميع وعودة منخفض الضغط (عروق) كما في الشكل (١٩).



الشكل رقم (١٩) يبين مكونات القلب الوعائي

نظام القلب والأوعية الدموية والتمارين الرياضية

Cardiovascular system and exercise

وضع الطبيب اليوناني جالينوس نظرية مفادها أن الدم يتدفق مثل مد المحيط ، يرتفع وينخفض خلال الشرايين ، بعيدًا عن القلب ، فان السائل يحمل معه خليطًا ثم يعود مرة أخرى من وجهة نظر جالينوس الخير والشر اللذان يحددان الرفاهية ، فإذا مرض شخص ما فإن الممارسة المعتادة تتطلب "إراقة الدماء" او الحجامة- لتصريف النواتج المريضة واستعادة سلامتها ، لقد سادت هذه النظرية حتى القرن السابع عشر عندما اقترح الطبيب ويليام هارفي نظرية مختلفة لتدفق الدم أثناء تجربته مع الضفادع والقطط والكلاب ، وأظهر وجود صمامات للقلب توفر تدفقًا أحادي الاتجاه للدم عبر الجسم ، وهو اكتشاف لا يتوافق مع وجهة نظر جالينوس "المد

والجزر". وفي مجموعة من التجارب البارعة ، قاس هارفي حجم تجاويرف القلب وأحصى عدد مرات انقباض القلب في ساعة واحدة. وخلص إلى أنه إذا أفرغ القلب نصف حجمه مع كل نبضة ، فسيتم ضخ إجمالي حجم الدم في الجسم في دقائق.

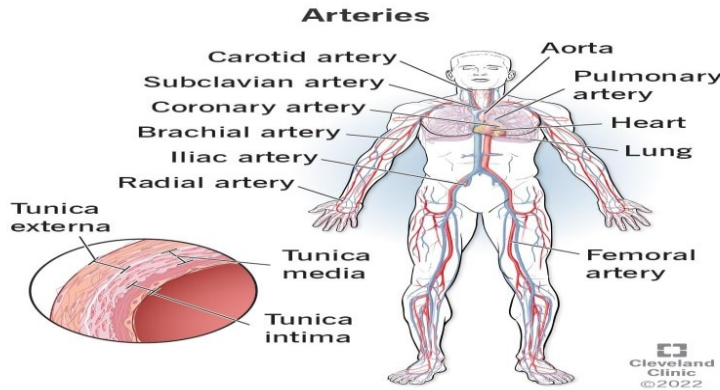
قاد هذا الاكتشاف هارفي إلى افتراض مفادة أن الدم يتحرك (يدور) داخل نظام مغلق في نمط دائري أحادي الاتجاه في جميع أنحاء الجسم وكان هارفي محققاً بالطبع، حيث يضخ القلب حجم الدم الكامل البالغ 5 لترات في دقيقة واحدة مما غيرت تجارب هارفي العلوم الطبية إلى الأبد ، ومع ذلك فقد استغرق الأمر ما يقرب من 200 عام أخرى حتى تلعب نظرياته أدواراً مهمة في علم وظائف الأعضاء والطب.

من تجارب هارفي المبكرة الى الأبحاث المتطورة في فجر القرن الحادي والعشرين، نعلم ان نظام التنفس الصناعي عالي الكفاءة يكمل نظام النقل والتوصيل السريع للدم المكون من الدم والقلب وأكثر من 60000 ميل من الأوعية الدموية التي تجعل الجسم كوحدة واحدة. يخدم الجهاز الدوري خمس وظائف مهمة أثناء النشاط البدني هي :

1. إيصال الاوكسجين إلى الأنسجة النشطة.
2. إعادة الدم المشبع بثنائي اكسيد الكربون إلى الرئتان.
3. ينقل الحرارة وهو منتج ثانوي لعملية التمثيل الغذائي الخلوي من لب الجسم إلى الجلد.
4. توزيع مغذيات الطاقة الى الانسجة النشطة.
5. نقل الهرمونات الى نواقل الجسم الكيميائية.

٤- الشرايين Arteries

الشرايين هي أنابيب الضغط العالي التي تنقل الدم الغني بالأكسجين إلى الأنسجة، وبسبب سمكها ، لا يحدث أي تبادل غازي بين الدم الشرياني والأنسجة المحيطة حيث يتم ضخ الدم من البطين الأيسر إلى الشريان الأورطي العضلي ، والشريان الأورطي المرن يدور في جميع أنحاء الجسم عبر شبكة من الشرايين والشرايين الصغيرة (الفروع الشريانية الأصغر)، تحتوي جدران الشرايين على طبقات دائرية من العضلات الملساء التي إما تتقبض أو تسترخي لتنظيم تدفق الدم المحيطي، و تصبح وظيفة إعادة توزيع الشرايين مهمة أثناء التدريب لأن الدم يتحول إلى العضلات النشطة من المناطق التي يمكن أن تعرض إمدادات الدم للخطر بشكل مؤقت كما في الشكل (٢٠).



الشكل رقم (٢٠) يبين شرايين جسم الانسان

٥- الشعيرات الدموية Capillaries

تستمر الشرايين في التفرع وتشكل أوعية عضلية أصغر حجماً تسمى شعيرات شريانية وتندمج هذه الأوعية الصغيرة في الشعيرات الدموية على شكل شبكة من الأوعية الدموية المجهرية رقيقة للغاية بحيث لا توفر سوى مساحة كافية لخلايا الدم

للضغط من خلالها في ملف واحد وتحتوي الشعيرات الدموية على حوالي ٥٪ من إجمالي حجم الدم في الجسم في أي وقت تنتقل الغازات والمغذيات ومنتجات النفايات بسرعة عبر جدران الشعيرات الدموية الرقيقة المسامية التكوينية في حلقة من العضلات الملساء تسمى بالعضلة العاصرة الأولية الشعيرية ، وتطوق الشعيرات الدموية للتحكم في القطر الداخلي للأوعية الدموية. حيث توفر هذه العضلة العاصرة وسيلة محلية لتنظيم تدفق الدم الشعيري داخل نسيج معين لمتطلبات التمثيل الغذائي التي تتغير بسرعة وبشكل كبير أثناء التدريب.

يزداد التفرع الشعيري من إجمالي مساحة المقطع العرضي للدورة الدموية في الدقيقة ٨٠٠ مرة أكثر من الشريان الأورطي الذي يبلغ قطره ١ بوصة، وترتبط سرعة تدفق الدم عكسياً بالمقطع العرضي الكلي للأوعية الدموية ، مما يجعل السرعة تنخفض تدريجياً مع تحرك الدم باتجاه الشعيرات الدموية وداخلها.

١-التدريب الهوائي والشعيرات الدموية للعضلات

Aerobic and capillary muscle training

من أكثر التكيفات أهمية مع التدريب الهوائي زيادة عدد الشعيرات المحيطة بكل ليفة عضلية حيث أن الرياضيين الذين يتدربون بالحمل العالي من أجل التحمل يمكن أن يكون لهم ما يقدر ٥٪ الى ١٠٪ زيادة في الشعيرات في عضلات الرجل بأكثر من الأفراد غير المتدربين ومع فترات تدريب هوائي أطول اتضح أن عدد الشعيرات يزيد بنسبة ١٥٪.

الشعيرات الدموية هي أصغر وأرق من الأوعية الدموية في الجسم، وكذلك الأكثر انتشاراً ويمكن العثور عليها في جميع أنسجة الجسم تقريباً، وتتصل الشعيرات الدموية بالشرابين من جهة والاوردة من جهة أخرى وزيادة عدد الشعيرات يتيح تبادلاً أكبر

في الغازات والحرارة والمغذيات بين الدم وألياف العضلات العاملة وهذا يحافظ على وجود بيئة مناسبة جداً لإنتاج الطاقة ، وانقباض العضلات تحدث الزيادات الإضافية في عدد الشعيرات العضلية في بداية الأسابيع أو الأشهر الأولى من التدريب لكن قليل من البحوث قد أجريت لتحديد ماهية التغيرات الشعرية التي تحدث في فترات تدريب أطول.

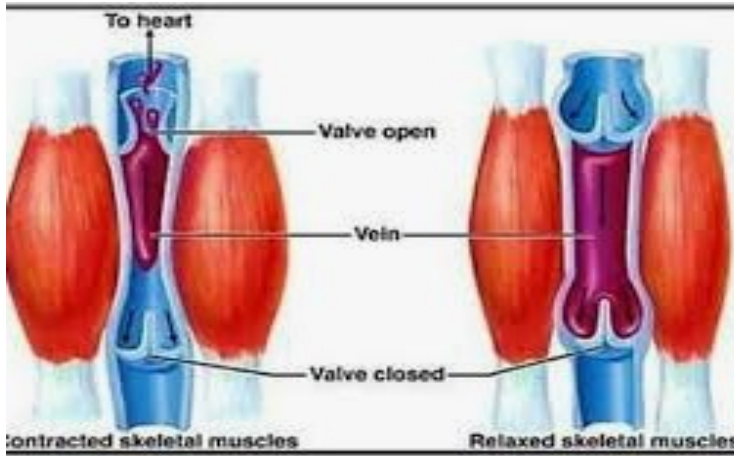
٢- محتوى مايوغلوبين العضلة Muscle myoglobin content

عندما يدخل الأوكسجين ألياف العضلة يرتبط بالميوغلوبين (الجلوبين العضلي) وهو مركب يشبه الهيموجلوبين ، هذا المركب الذي يحتوي على الحديد يتحرك بجزيئات الأوكسجين بسرعة عبر غشاء الخلية إلى الميتوكوندريا ، تحتوي الألياف بطيئة الانقباض على كميات كبيرة من الميوغلوبين وهو ما يعطي هذه الألياف لونها الأحمر والميوغلوبين مادة صبغية تتحول للون الأحمر عند ارتباطها بالاوكسجين ، ومن ناحية أخرى فإن الألياف سريعة الانقباض غنية بالجلايكوجين ولذلك فهي تحتاج كمية قليلة من الميوغلوبين مما يعطيها مظهراً أكثر بياضاً ، والأكثر أهمية أن كميتها المحدودة من الميوغلوبين تحد من كفاءة الأوكسجين فيها مما يتسبب في ضعف التحمل الهوائي لهذه الألياف سريعة الانقباض.

يخزن الميوغلوبين الأوكسجين ويطلقه إلى الميتوكوندريا عند قلة الاوكسجين أثناء عمل العضلة ، هذا المخزون من الاوكسجين يستخدم أثناء الانتقال من الراحة إلى التدريب فيمد الميتوكوندريا بالأكسجين في فترة السكون ما بين بداية التدريب وزيادة ايصال الجهاز الدوري للأوكسجين.

والأدوار الحيوية للميوغلوبين في ايصال الأوكسجين غير مفهومه بالكامل حتى الآن لكن ثبت أن التدريب الهوائي يزيد من كمية المايوكلوبين في العضلة بنسبة ٧٠%

- ٨٠% ، ويمكن توقع وانتظار حالة التكيف فقط ومعرفة فيما إذا كان سيزيد من قدرة العضلة على التمثيل الغذائي المؤكسد كما في الشكل (٢١).



الشكل رقم (٢١) يبين محتوى مايبوغلوبين العضلة

٣- تأثير التدريب المكثف على تكاثر البطانة ونمو الشعيرات الدموية وتوزيعها

يمكن أن يؤدي تدريب التحمل إلى نمو أوعية دموية جديدة (تكوين الأوعية الدموية)، لكن التأثير يعتمد على نوع التدريب وكثافته، فقد لوحظ وجود زيادة في الشعيرات الدموية من خلال دراسات في التدريب التي أجريت عند ٧٠-٨٠% من العينة في حين تبين أن التدريب بكثافة ٤٥% من VO_{2max} اوضح بانه ليس له أي تأثير على الشعيرات الدموية ، ولا يُعرف الكثير عن تأثير تدريب التحمل عالي الكثافة على الشعيرات الدموية العضلية والتي تضمنت تدريبًا مكثفًا لهوكي الجليد يقوم به الرياضيون ، فقد اظهرت الدراسات عدم العثور على زيادة في نسبة الشعيرات الدموية في الألياف ؛ الزيادة الوحيدة التي لوحظت كانت في الشعيرات الدموية لكل مساحة ليفية من ألياف النوع الأول ، وهناك اعتقاد بأن العضلات الهيكلية تتكيف

مع التدريبات الفترية عالية الكثافة عن طريق زيادة الأوعية الدموية ، حيث أن التمثيل الغذائي للطاقة المؤكسدة مرتفع أثناء التدريب وفي مرحلة الاستشفاء (الراحة) بين التدريبات .

واظهرت الدراسات ان التدريب بكثافة عالية قد يؤدي زيادة عدد الشعيرات الدموية التي تزود بشكل خاص هذا النوع من الألياف وهي طريقة حساسة لتقييم ما إذا كانت الشعيرات الدموية الجديدة تتشكل حسب نوع معين من الألياف هي التحديد الكيميائي المناعي للخلايا المرتبطة بالظاهرة البطانية المتكاثرة حيث يكتشف الجسم المضاد أحادي الفصيلة Ki-67 حيث ستبدأ مستبداً نوويًا مرتبطاً بالانتشار وتوحيد تشعب خلايا البطانة وبشكل يوفر تشعب Ki-67 أداة قوية لتقييم موقع تكاثر الخلايا البطانية ، وبالتالي موقع الشعيرات الدموية الجديدة.

وخلال الدراسات تم فحص تأثير التدريب المكثف على نمو الشعيرات الدموية وتوزيع عامل نمو البطانة الوعائية (VEGF) وعامل نمو الخلايا الليفية الأساسي (bFGF) في عضلات الهيكل العظمي البشري، فتم إجراء بروتوكولي تدريب فترتي للركبة الباسطة (عند ١٥٠٪ مقابل ٩٠٪ للساق $\dot{V}O_{2max}$) ، والحصول على خزعات العضلات طوال فترات التدريب للتقييم الكيميائي الهيستولوجي المناعي لتكاثر الشعيرات الدموية ، وتكاثر الخلايا (الخلايا الإيجابية Ki-67) ، و VEGF و BFGF ، تم جمع عينات غسيل الكلى الدقيقة من الساق المدربة وغير المدربة أثناء الراحة وأثناء التدريب وإضافتها إلى الخلايا البطانية لقياس التأثير التكاثري بعد ٤ أسابيع من التدريب ، كانت هناك نسبة أعلى ($P < 0.05$) من الشعيرات الدموية إلى الألياف في مجموعة التدريب ، لا يرتبط موقع تكاثر الخلايا البطانية ولا الشعيرات الدموية بنوع الألياف العضلية، وتظهر النتائج أن تدريب التحمل الفترتي

المكثف يحفز نمو الشعيرات الدموية وتكاثر عابر للخلايا البطانية في غضون ٤ أسابيع ، مع حدوث نمو مماثل حول ألياف العضلات .

٦-الأوردة Veins

يحافظ نظام الأوعية الدموية على استمرارية تدفق الدم حيث تغذي الشعيرات الدموية الدم المتولد غير المؤكسد بمعدل ضئيل يتدفق في الاوردة الصغيرة، ثم يزداد تدفق الدم بشكل بسيط لأن المقطع العرضي للجهاز الوريدي يصبح أقل من الشعيرات الدموية وتفرغ الأوردة الصغيرة في الجزء السفلي من الجسم في النهاية إلى الوريد الأجوف الأكبر ، وهو الوريد الأجوف السفلي ، والذي ينتقل عبر تجايف البطن والصدر باتجاه القلب وان الدم الوريدي الذي يفرغ مناطق الرأس والرقبة والكتف يفرغ في الوريد الأجوف العلوي ويتحرك للأسفل لينضم إلى الوريد الأجوف السفلي عند مستوى القلب ، ثم يدخل خليط الدم من الجزء العلوي والسفلي من الجسم إلى الأذين الأيمن وينزل إلى البطين الأيمن لتوصيله عبر الشريان الرئوي إلى الرئتان ويحدث تبادل الغازات في شبكة الشعيرات في الرئتان ، حيث تعيد الأوردة الرئوية الدم المؤكسد إلى مضخة القلب اليسرى ، وتستأنف الرحلة عبر الجسم.

١-لعائد الوريدي Venous return

السمة الفريدة للأوردة هو كل مشكلة محتملة تتعلق بانخفاض ضغط الدم الوريدي، أن الصمامات العشائية رقيقة ومتباعدة على فترات قصيرة داخل الوريد وتسمح بتدفق الدم في اتجاه واحد إلى القلب بسبب انخفاض ضغط الدم الوريدي ، تنضغط الأوردة من تقلصات عضلية أو تغيرات بسيطة في الضغط داخل تجويف الصدر أثناء التنفس مما يوفر الانضغاط الوريدي البديل والاسترخاء ، جنبًا إلى جنب مع عمل

الصمامات في اتجاه واحد ، تأثير "حلب" مشابه لعمل القلب في حين أن الضغط الوريدي يعطي طاقة كبيرة لتدفق الدم ، وان "الانبساط" أو الاسترخاء يسمح لهذه الأوعية بأن تمتلئ بينما يتحرك الدم نحو القلب بدون الصمامات ، يتعرض الدم للسكون او تجمع (كما يحدث في بعض الأحيان) في أوردة الأطراف ، وسيصاب الناس بالإغماء في كل مرة يقفون فيها بسبب انخفاض تدفق الدم إلى الدماغ.

٢-خزان دم مهم

لا تعمل الأوردة فقط كقنوات غير فعالة ففي حالة الراحة يحتوي الجهاز الوريدي عادةً على حوالي ٦٥٪ من إجمالي حجم الدم ، وبالتالي تعمل الأوردة كأوعية سعة أو خزانات دم تؤدي الزيادة الطفيفة في التوتر الناتج عن طبقة العضلات الملساء في الأوردة إلى تغيير قطر الشجرة الوريدية تؤدي الزيادة العامة في الانقباض الوريدي إلى إعادة توزيع الدم بسرعة من الأوردة المحيطة باتجاه حجم الدم المركزي العائد إلى القلب بهذه الطريقة ، حيث يلعب الجهاز الوريدي دورًا مهمًا كخزان دم نشط إما لتأخير أو تعزيز تدفق الدم إلى الدورة الدموية الكبرى.

٣-توسع الأوردة Varicose veins

أحيانًا تصبح الصمامات داخل الوريد تالفة ولا تحافظ على تدفق الدم في اتجاه واحد تحدث هذه الحالة نتيجة توسع الاوردة وعادة ما تكون الأوردة السطحية للأطراف السفلية نتيجة قوة الجاذبية التي تؤخر تدفق الدم في وضع مستقيم مع تراكم الدم ، وتمتد هذه الأوردة بشكل مفرط وتصبح مؤلمة ، وغالبًا ما تضعف الدورة الدموية من المناطق المحيطة في الحالات الشديدة ، يلتهب الجدار الوريدي ويتدهور ، وهي حالة تسمى بالتهاب الوريد ، والتي تتطلب في كثير من الأحيان التدخل الجراحي

للوعاء التالف لذا يجب على الأفراد المصابين بالدوالي تجنب تمارين الإجهاد المفرط مثل تدريبات المقاومة الشديدة أثناء الحركات العضلية المستمرة غير المنتظمة ، حيث لا تساهم المضخات العضلية والتهوية في العودة الوريدية وزيادة الضغط الباطن مع الإجهاد يعيق أيضاً عودة تدفق الدم وتتسبب هذه العوامل في تجمع الدم (أي الركود المؤقت) في أوردة الجزء السفلي من الجسم ، مما قد يؤدي إلى تفاقم الدوالي الموجودة يبقى ما إذا كانت التمارين الهوائية المنتظمة تمنع حدوث الدوالي غير معروفة يمكن أن يقلل النشاط البدني الإيقاعي من المضاعفات لأن حركات العضلات الديناميكية تدفع الدم المحيطي باستمرار نحو القلب.

٤- الركود الوريدي Venous stagnation

حقيقة أن الناس يفقدون وعيهم عند إجبارهم على الحفاظ على وضع مستقيم بدون حركة (على سبيل المثال ، الوقوف في حالة انتباه لفترة طويلة) وهو يوضح أهمية قدرة تقلص العضلات على زيادة العائد الوريدي ، كذلك فإن التغيير من وضع الاستلقاء إلى وضع الوقوف يؤثر على ديناميكيات عودة الدم ويؤدي إلى استجابات فسيولوجية مختلفة . فإذا نهض الشخص فجأة وبقي منتصباً دون حركة ، ووجود عمود غير متقطع من الدم من مستوى القلب إلى أصابع القدم ، فإنه يخلق قوة هيدروستاتيكية من ٨٠ إلى ١٠٠ ملم زئبق ويحدث التورم (الوذمة) من تجمع الدم في الأطراف السفلية مولداً "ضغطاً رجعيّاً" يدفع السائل من السرير الشعري إلى الأنسجة المحيطة. في نفس الوقت ، ضعف العائد الوريدي يقلل من ضغط الدم في الوقت نفسه ، ويتسارع معدل ضربات القلب (HR) ويزداد الانقباض الوريدي لمواجهة حالة انخفاض ضغط الدم. كما يؤدي الحفاظ على وضع مستقيم دون حركة إلى الدوار والإغماء في نهاية المطاف وذلك بسبب نقص إمدادات الدم في

المخ وعند استئناف الوضع الأفقي أو استخدام الرأس للأسفل يعيد الدورة الدموية والوعي.

٥-التبريد النشط

تبرر إمكانية التجمع الوريدي استمرار الركض البطيء أو المشي فوراً بعد التدريب الشاق تسهل عملية "التبريد" مع التمارين المنتظمة حيث تدفق الدم عبر دائرة الأوعية الدموية بما في ذلك القلب "الانتعاش النشط" وللتمارين الخفيفة والمعتدلة تسرع أيضاً من إزالة اللاكتات من الدم وتستخدم البدلات المضغوطة التي يرتديها طيارو الاختبار وجوارب الدعم الخاصة تؤخر أيضاً التحولات الهيدروستاتيكية للدم إلى أوردة الأطراف السفلية في الوضع المستقيم. يحدث تأثير داعم مماثل في التدريب المستقيم في حمام السباحة لأن الدعم الخارجي للماء يسهل العودة الوريدية.

٧-ضغط الدم Blood pressure

مع كل انقباض في البطين الأيسر ، يتدفق الدم ويدخل إلى الشريان الأورطي ، مما يؤدي إلى انتفاخ الوعاء وخلق ضغط داخله ينتشر التمدد والارتداد اللاحق لجدار الأبر كموجة عبر نظام الشرايين بأكمله تظهر موجة الضغط بسهولة على شكل نبضة في المناطق الاتية:

- ١- الشريان الكعبري السطحي على جانب الإبهام من الرسغ .
- ٢- الشريان الصدغي (على جانب الرأس عند الصدغ) .
- ٣- والشريان السباتي على طول جانب القصبه الهوائية عند الأشخاص الأصحاء.
- ٤-معدل النبض يساوي معدل ضربات القلب.

١- في حالة الراحة

عادةً ما يصل أعلى ضغط ناتج عن انقباض البطين الأيسر (انقباض) لنقل الدم عبر نظام شرياني سليم ومرن في حالة الراحة إلى ١٢٠ ملم زئبق مع ارتخاء القلب (الانبساط) ، وانغلاق الصمام الأبهرى حيث يوفر الارتداد المرن الطبيعي للشريان الأورطي والشرايين الأخرى ضغطاً مستمراً لنقل الدم إلى الحد الخارجي حتى الموجة التالية من الانقباض البطيني أثناء انبساط الدورة القلبية ، وينخفض ضغط الدم الشرياني إلى ٧٠ إلى ٨٠ ملم زئبق الشرايين "التي تتصلب" بسبب الترسبات المعدنية والدهنية داخل جدرانها أو الشرايين مع المقاومة المحيطة المفرطة لتدفق الدم من خلال وظائف الكلى تؤدي إلى ضغوط انقباضيه تصل إلى ٣٠٠ ملم زئبق وضغوط انبساطية أعلى من ١٢٠ ملم زئبق يسلط ارتفاع ضغط الدم (ارتفاع ضغط الدم) ضغطاً مزمنًا على وظيفة القلب والأوعية الدموية الطبيعية إذا تركت دون علاج ، فإن ارتفاع ضغط الدم الشديد يؤدي إلى فشل القلب حيث حصول حالة ضعف في عضلة القلب ، مما يجعلها قادرة على الحفاظ على قدرتها الطبيعية على الضخ وتسمح للأوعية الهشة والمتحللة أن تعرقل تدفق الدم أو يمكن أن تتفجر ، مما يؤدي إلى قطع إيقاف تدفق الدم الحيوي إلى أنسجة المخ وتعمل على تسريع السكتة الدماغية.

٢- خلال ممارسة الرياضة

التدريب الإيقاعي

أثناء المشي السريع المنتظم ، والمشي ، والركض ، والسباحة ، وركوب الدراجات ، يؤدي توسع الأوعية الدموية للعضلات النشطة إلى زيادة مساحات الأوعية الدموية لتدفق الدم حيث يدفع الانقباض الإيقاعي المتناوب والاسترخاء لعضلات الهيكل

العظمي الدم عبر الأوعية وإعادة القلب الى زيادة تدفق الدم أثناء التدريب المعتدل ويزيد الضغط الانقباضي في الدقائق القليلة الأولى ثم يستقر بعد ذلك ، عادة ما بين 140 و 160 ملم زئبق ويبقى الضغط الانبساطي دون تغيير نسبياً.

النمط العام لضغط الدم الانقباضي والانبساطي أثناء ممارسة التمارين الرياضية المستمرة والمتدرجة بعد الزيادة الأولية السريعة من مستوى الراحة ، يرتفع ضغط الدم الانقباضي خطياً مع شدة التدريب، ويظل الضغط الانبساطي مستقرًا أو ينخفض قليلاً عند مستويات التدريب القصوى.

الأشخاص الأصحاء ، المستقرون ، والمدربون على التحمل يظهرون استجابات مماثلة لضغط الدم ولكن أثناء ممارسة أقصى قدر من التمارين من قبل الرجال والنساء الأصحاء ، قد يرتفع ضغط الدم الانقباضي إلى 200 ملم وعلى الرغم من انخفاض المقاومة الطرفية الكلية يعكس هذا المستوى من ضغط الدم الشرياني على الأرجح الناتج القلبي الكبير للقلب أثناء ممارسة التمارين الرياضية القصوى من قبل الأفراد ذوي القدرات الهوائية العالية.

٣-تمارين المقاومة Resistance Training

تمارين الإجهاد (على سبيل المثال ، تمارين المقاومة الشديدة) تزيد من ضغط الدم بشكل كبير لأن القوة العضلية المستمرة تضغط الشرايين المحيطة ، مما يزيد بشكل كبير من مقاومة تدفق الدم ويزيد عبء العمل الإضافي على القلب الناتج عن الارتفاعات الحادة في ضغط الدم وترفع من خطر الإصابة بارتفاع ضغط الدم أو أمراض القلب التاجية وفي مثل هذه الحالات ، توفر الأشكال المنتظمة من النشاط البدني المعتدل مخاطر أقل وفوائد صحية أكبر.

يحتوي تدريب المقاومة الحادة و RT على العديد من المتغيرات التي يمكن معالجتها و تشمل نوع الانقباض العضلي ، والحمل (المقاومة) ، وحجم العمل ، طول فترات الراحة ، وسرعة المصاعد وترتيب التمارين ونوع التمارين المستخدمة و التكرار الكلي لنظام التدريب بينما من المهم أن فهم كيف يمكن أن تتغير العوامل المختلفة في ARE و RT الاستجابات اللاإرادية ، نقول لم يتم توثيق العديد منها نوع انقباض العضلات سواء متساوي القياس أو متساوي التوتر .

لقد أتضح أنه أثناء التدريب متساوي القياس يكون النشاط البدني مدفوعًا بكمية كتلة العضلات تستخدم استنادًا إلى العمل ، وهو أيضًا صحيح بالنسبة للتمارين متساوية التوتر حيث لم تظهر أي اختلافات في الجزء العلوي أو السفلي من الجسم بالمقارنة مع من يستخدم كامل الجسم آلات المقاومة ومن الواضح أن زيادة الحمل ، أو المقاومة قد تقلل من النشاط المبهم و زيادة الدافع الشخصي أظهر أن التعديل زاد بعد RT الجزء السفلي من الجسم مقارنة RT الجزء العلوي من الجسم ربما بسبب إلى الفرق في الحمل المستخدم للتمارين من اجل الصحة لكبار السن .

٤- تدريب الجزء العلوي من الجسم

ممارسة الرياضة عند نسبة معينة من المعدل الأقصى لاستهلاك الاوكسجين تزيد من ضغط الدم الانقباضي والانبساطي بشكل أكبر في الإيقاع (أعلى الذراع) مقارنة بتمارين الساق الإيقاعية (الجزء السفلي من الجسم)، وتوفر كتلة عضلات الذراع الأصغر والأوعية الدموية مقاومة أكبر لتدفق الدم مقارنة بمناطق الجسم السفلية الأكبر حجمًا والأوعية الدموية وهذا يعني أن تدفق الدم إلى الذراعين أثناء التدريب يتطلب ضغطًا أكبر بكثير وما يصاحب ذلك من زيادة في عبء العمل على عضلة القلب وإجهاد الأوعية الدموية بالنسبة للأفراد الذين يعانون من خلل في وظائف

القلب والأوعية الدموية ، فإن التمارين الأكثر نفعاً تتضمن مجموعات عضلية أكبر ، كما هو الحال في المشي والجري وركوب الدراجات وتسلق السلالم ، بدلاً من التمارين غير المنظمة لكتلة العضلات المحدودة ، كما هو الحال في التجديف ، وحتى قياس جهد الذراع.

٥-فترة النقاهة

بعد دفعة من التدريبات الخفيفة (فترة النقاهة) ثم إلى معتدلة الشدة ، ينخفض ضغط الدم الانقباضي مؤقتاً إلى ما دون مستويات ما قبل التدريب لزمناً تصل إلى ١٢ ساعة لدى الأشخاص العاديين ويؤدي تجمع الدم في الأعضاء الحشوية والأطراف أثناء التعافي إلى تقليل حجم الدم المركزي ، مما يساهم في خفض ضغط الدم مما تدعم استجابة التعافي الخافضة للضغط وتعد هذه التمارين الرياضية كعلاج غير دوائي مهم لارتفاع ضغط الدم.

٦-إمداد دم القلب

يتدفق ما يقرب من ٢٠٠٠ جالون من الدم من القلب كل يوم ، ولكن لا ينتقل أي من الاوكسجين أو العناصر الغذائية مباشرة إلى عضلة القلب من غرف القلب وتحافظ عضلة القلب على نظام الدورة الدموية الخاص بها، هذه الأوعية كشبكة مرئية تشبه التاج ، والدورة التاجية التي تنشأ من الجزء العلوي من القلب تنبثق منها فتحات الشرايين التاجية اليمنى واليسرى من الشريان الأورطي فوق الصمامات الهلالية حيث يغادر الدم المؤكسد البطين الأيسر ثم تلتف الشرايين حول سطح القلب حيث الشريان التاجي الأيمن

ثم تلتف الشرايين حول سطح القلب يمد الشريان التاجي الأيمن في الغالب الأذين والبطين الأيمن ، ويتدفق أكبر حجم دم في الشريان التاجي الأيسر إلى الأذين الأيسر والبطين وجزء صغير من البطين الأيمن ثم تنقسم هذه الأوعية لتشكل في النهاية شبكة شعرية كثيفة داخل عضلة القلب يخرج الدم من أنسجة البطين الأيسر

عبر الجيب التاجي يخرج الدم من البطين الأيمن عبر الأوردة القلبية الأمامية ويفرغ مباشرة في الأذنين الأيمن.

٧- استخدام الأوكسجين في عضلة القلب

The use of oxygen in the myocardium

يظل حجم استخدام الأوكسجين من قبل عضلة القلب مرتفعًا بالنسبة لتدفق الدم. في حالة الراحة ، وتحصل عضلة القلب ٧٠٪ إلى ٨٠٪ من الأوكسجين من الدم المتدفق في الأوعية التاجية، في المقابل تستخدم معظم الأنسجة الأخرى حوالي ٢٥٪ فقط من الأوكسجين المتاح في الدم عند الراحة ، لأن استخراج الأوكسجين شبه الأقصى يحدث في عضلة القلب أثناء الراحة ، فإن الزيادات في تدفق الدم التاجي توفر الوسيلة الأساسية لتلبية متطلبات الأوكسجين لعضلة القلب أثناء التدريب في التمرينات الرياضية العنيفة ، يزيد تدفق حجم الدم التاجي أربع إلى ست مرات فوق مستوى الراحة بسبب ارتفاع التمثيل الغذائي لعضلة القلب وزيادة ضغط الشريان الأبهر .

تزود الأوعية الدموية لعضلة القلب كل الألياف العضلية بشعيرة دموية واحدة على الأقل. يصبح الأوكسجين الكافي أمرًا بالغ الأهمية لدرجة أن ضعف تدفق الدم التاجي يؤدي إلى عدم الراحة في الصدر والألم ، وهي حالة تسمى الذبحة الصدرية يزداد الألم أثناء التدريب عندما يرتفع الطلب على أكسجين عضلة القلب بشكل كبير ويظل العرض محدودًا يمكن أن تضعف الجلطة الدموية (الخرثرة) الموجودة في أحد الأوعية التاجية بشدة وظيفة القلب الطبيعية. هذا الشكل من "النوبة القلبية" ، والذي يطلق عليه احتشاء عضلة القلب ، غالبًا ما يصيب عضلة القلب يمكن أن يؤدي الضرر الشديد لهذه العضلة إلى الموت.

هناك ثلاثة عوامل ميكانيكية مهمة تحدد امتصاص عضلة القلب للأوكسجين:

١- تزايد الجهد داخل عضلة القلب Increased tension within the heart muscle

Contraction of the heart muscle

٢- انقباض عضلة القلب

Heart rate

٣- معدل ضربات القلب

عندما يزداد كل عامل من هذه العوامل أثناء التدريب، يتكيف تدفق الدم في عضلة القلب لموازنة إمدادات الاوكسجين مع الطلب يوفر ناتج ضغط الدم الانقباضي (قياس ضغط الدم الانقباضي SBP) ، يقاس في الشريان العضدي ومعدل ضربات القلب يوفر تقديراً مناسباً لعبء عمل عضلة القلب (امتصاص الاوكسجين) هذا المؤشر للعمل القلبي النسبي يطلق عليه ناتج ضغط المعدل يعكس عن كثب امتصاص الاوكسجين الذي تم قياسه في عضلة القلب وتدفق الدم التاجي عند الأشخاص الأصحاء على مدى مجموعة مختلفة الشدة من التمارين.

لقد ربطت الدراسات التي أجريت على الأشخاص المصابين بأمراض القلب التاجية بين RPP وظهور الذبحة الصدرية أو تشوهات تخطيط القلب (ECG) قام RPP أيضاً بتقييم التدخلات السريرية والجراحية والتمارين الرياضية المختلفة لتأثيرها على أداء القلب يؤدي الانخفاض في معدل ضربات القلب أثناء ممارسة الرياضة وضغط الدم الانقباضي عند مستوى معين من الجهد دون الحد الأقصى مع تدريب التحمل إلى تحسين قدرة مرضى القلب على ممارسة الرياضة (قبل بداية الذبحة الصدرية) بسبب انخفاض الحاجة إلى أكسجين عضلة القلب بالإضافة إلى ذلك ، يزيد التدريب الهوائي من RPP للمرضى قبل ظهور أعراض أمراض القلب في تسعة مرضى تمت متابعتهم على مدى ٧ سنوات من التدريب الرياضي ، زاد RPP بنسبة ١١,٥ ٪ قبل ظهور التشوهات الدماغية توفر هذه النتائج المهمة دليلاً غير مباشر على التحسن الناتج عن التدريب في أكسجة عضلة القلب ، ربما من زيادة الأوعية الدموية التاجية ، أو تقليل الانسداد ، أو مزيج من كلا العاملين.

٨- مصدر طاقة القلب source of energy for the heart

تعتمد عضلة القلب بشكل شبه حصري على الطاقة المنبعثة من التفاعلات الهوائية ؛ وليس مستغربا إذن أن نسيج عضلة القلب لديه قدرة أكسدة أعلى بثلاثة أضعاف من عضلة الهيكل العظمي والتي تحتوي أليافها العضلية على تركيز كبير لجميع الأنسجة ، مع قدرة استثنائية على تقويض الأحماض الدهنية طويلة السلسلة كوسيلة أولية لإعادة تكوين (ATP) .

يوفر الجلوكوز والأحماض الدهنية واللاكتات المتكونة من تحلل السكر في العضلات الهيكلية الطاقة اللازمة لعمل عضلة القلب في حالة الراحة تساهم هذه الركائز الثلاث في إعادة بناء ATP ، بأكثر قدر من الطاقة الناتجة من تفتت الأحماض الدهنية الحرة (٦٠٪ - ٧٠٪) بعد تناول الوجبة ، ويصبح الجلوكوز أساس الطاقة المفضلة للقلب، الخلاصة يستخدم القلب للطاقة مهما كان الأساس الذي "يراه" على المستوى الفسيولوجي أثناء التدريب المكثف عندما يزداد تدفق اللاكتات من العضلات الهيكلية النشطة إلى الدم بشكل كبير ، يستمد القلب طاقته الرئيسية عن طريق أكسدة اللاكتات المنتشرة في التمارين الأكثر متوسطة الجهد ، حيث توفر كميات متساوية من الدهون والكربوهيدرات طاقة في التمرينات ذات الجهد الأقل من الاقصى لفترة طويلة ، ويزداد التمثيل الغذائي لعضلة القلب للأحماض الدهنية الحرة إلى ما يقرب من ٨٠٪ من إجمالي متطلبات الطاقة. وتوجد أنماط مماثلة من التمثيل الغذائي لعضلة القلب للأفراد المدربين وغير المدربين ومع ذلك فإن الشخص المدرب على التحمل يوضح اعتمادًا أكبر لعضلة القلب على تعويض الدهون في التدريب دون الحد الأقصى يوضح هذا الاختلاف ، المشابه لتأثير العضلات الهيكلية ، "تأثير الاحتفاظ بالكربوهيدرات" للتمارين الهوائية.

الفصل الثاني

جهاز القلب الوعائي (التنظيم والتداخل)

Cardiovascular system (regulation and intervention)

١-مقدمة Introduction

في حالة الراحة في بيئة مناسبة يتلقى جلد التحمل ٢٥٠ مل (٥٪) من ٥ لترات من الدم الذي يضخ من القلب كل دقيقة وفي المقابل يتدفق ٢٠٪ من الناتج القلبي الإجمالي إلى عموم الجسم لتبديد الحرارة مع ممارسة الرياضة في بيئة حارة ورطبة، وإعادة التوزيع السريع للدم لتلبية المتطلبات الأيضية والفسيولوجية مع الصيانة المناسبة لضغط الدم تتطلب نظامًا مغلقًا للدورة الدموية مع تحكم مركزي وموضعي في إنتاج القلب وأبعاد الأوعية الدموية.

تتميز التدريبات بزيادة ضغط الدم الشرياني AP ومعدل ضربات القلب HR والقلب، يتم تحقيق استجابات القلب والأوعية الدموية المناسبة للتدريب إلى حد كبير من خلال التغييرات في نشاط الجهاز العصبي اللاإرادي .

نستطيع ان نصف ثلاث آليات على أنها تلعب دورا هاما في التنظيم العصبي للقلب والأوعية الدموية أثناء التدريب، في الآلية الأولى تفعيل مناطق الدماغ والمسؤول عن توظيف محرك العضلات والهيكل العظمي تنشط الوحدات بشكل متزامن الدوائر العصبية داخل النخاع ، مع إحداث تغييرات في النشاط الصادر من الجهاز السمبتاوي الذي يحدد القلب والأوعية الدموية بموجبها الاستجابات أثناء تقلص العضلات والهيكل العظمي.

في الآلية الثانية ، تظهر الإشارات العصبية من تحفيز المستقبلات الكيميائية في العضلات المنقبضة وينشط القلب والأوعية الدموية بشكل انعكاسي مناطق السيطرة في النخاع.

الآلية الثالثة يتضمن منعكس مستقبلات الضغط الشرياني وقد أشارت نتائج الدراسات البشرية بوضوح إلى ذلك حيث يلعب كل من القيادة المركزية والآليات العصبية المنعكسة دورًا مهمًا في تحديد استجابات القلب والأوعية الدموية للتدريب وأن هناك بعض التكرار في أنظمة التحكم .

الفرضيات الحالية المتعلقة بالتحكم المنعكس في الدورة الدموية أثناء التدريب في البشر على وجه الخصوص ، يكون الهدف المحدد من هذه هو وصف كيفية تحليل مجال الوقت والتردد الذي يسمح بإشارات تغير ضغط الدم ومعدل ضربات القلب لاكتساب رؤى جديدة حول الآليات الانعكاسية لتنظيم القلب والأوعية الدموية أثناء التمرين.

٢-تنظيم معدل ضربات القلب Regulating the heart rate

تمتلك عضلة القلب إيقاعًا جوهريًا بدون محفزات خارجية ، كان القلب البالغ ينبض بثبات ما بين ٥٠ و ٨٠ مرة كل دقيقة داخل الجسم ، تعمل الأعصاب التي تزود عضلة القلب مباشرة والمواد الكيميائية الموجودة في الدم على تغيير معدل ضربات القلب بسرعة حيث يؤدي التحكم الخارجي في وظائف القلب إلى تسريع ضربات القلب حتى قبل بدء التمرين.

يمكن للتنظيم الخارجي ضبط معدل ضربات القلب ليكون بطيئاً مثل ٤٠ ضربة في الدقيقة عند الراحة للرياضيين الذين يمارسون التحمل، وبسرعة من ٢١٥ إلى ٢٢٠ ضربة في الدقيقة ١ خلال التمارين ذات الشدة العالية.

أ- التنظيم الداخلي

توجد كتلة من الأنسجة العضلية المتخصصة ، العقدة الجيبية الأذينية (SA) ، داخل الجدار الخلفي للأذين الأيمن وتزيل العقدة الجيبية الأذينية الاستقطاب وتعيد الاستقطاب تلقائياً لتوفير حافز "فطري" للقلب ولهذا السبب يصف مصطلح "منظم ضربات القلب" العقدة SA.

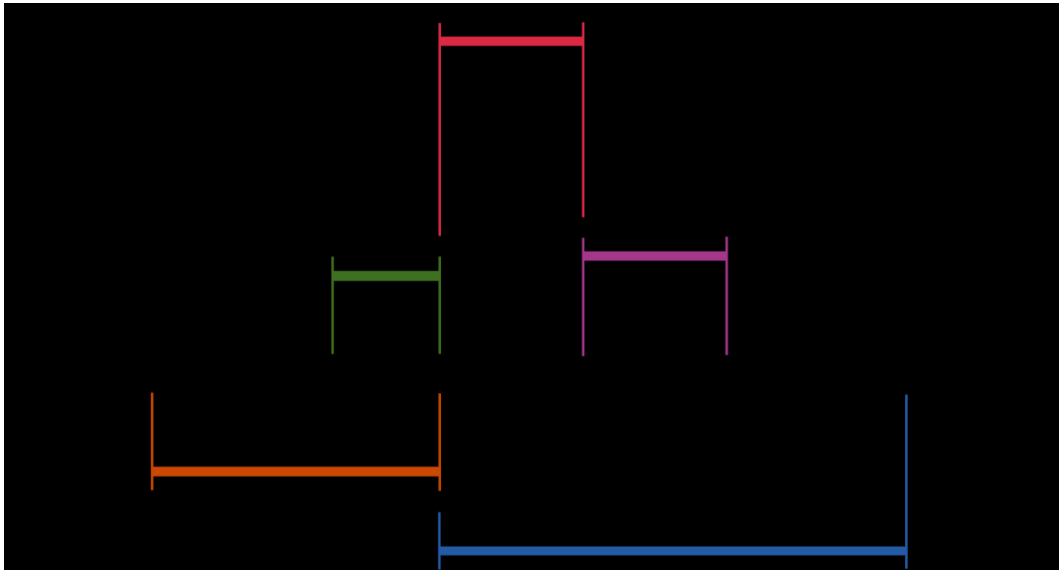
٣-الدافع الكهربائي للقلب The electrical impulse of the heart

تنتشر الإيقاعات التي تنشأ في العقدة الجيبية الأذينية عبر الأذنين إلى عقدة صغيرة أخرى من الأنسجة ، وهي العقدة الأذينية البطينية وتؤخر هذه العقدة النبض حوالي ٠,١٠ ثانية لتوفير وقت كافٍ للأذنين لعقد قوة الدم وفي البطينين تؤدي العقدة الأذينية البطينية إلى ظهور الحزمة الأذينية البطينية ، والتي تسرع النبضات عبر البطينين من خلال ألياف موصلة متخصصة تسمى نظام بوركنجي تشكل ألياف بركنجي فروعاً متميزة تخترق البطينين الأيمن والأيسر ، حيث يتم تحفيز كل خلية بطينية في غضون ٠,٠٦ ثانية من مرور النبضة إلى البطينين ؛ هذا يسبب تقلصاً متزامناً لكل من البطينين. يتقدم انتقال النبضات القلبية على النحو الاتي:

SA node → Atria → AV node → AV bundle (Purkinje fibers)
→ Ventricles

٤- تخطيط كهربائية القلب Electrocardiography

يخلق النشاط الكهربائي الناتج عن عضلة القلب مجالاً كهربائياً في جميع أنحاء الجسم. يقوم سائل الجسم المالح بتوصيل الكهرباء بدرجة جيدة ، لذا فإن الأقطاب الكهربائية الموضوعه على سطح الجلد تكتشف تسلسل الأحداث الكهربائية خلال كل دورة قلبية يوفر مخطط كهربية القلب (ECG) سجلاً بيانياً لتغيرات الجهد أثناء النشاط الكهربائي للقلب، ويوفر مخطط كهربائية القلب وسيلة لمراقبة معدل ضربات القلب أثناء التدريب حيث يسمح القياس الراديوي بنقل مخطط كهربائية القلب بينما يؤدي الشخص بحرية أنشطة بدنية متنوعة ، بما في ذلك كرة القدم ورفع الأثقال وكرة السلة وهوكي الجليد والرقص وحتى السباحة ويمكن أن يكشف مخطط كهربية القلب عن تشوهات في وظائف القلب تتعلق بإيقاع القلب والتوصيل الكهربائي وإمدادات الاوكسجين لعضلة القلب وتلف الأنسجة الفعلي كما في الشكل (٢٢).



الشكل رقم (٢٢) يبين تخطيط كهربائية القلب

٥- تأثير الجهاز العصبي السمبثاوي

The influence of the sympathetic nervous system

تحفيز أعصاب مسرع القلب الودي يطلق الكاتيكلامينات الأدرينالين والنورادرينالين تزيد هذه الهرمونات العصبية من انقباض عضلة القلب وتسرع العقدة الجيبية الأذينية إزالة الاستقطاب لزيادة معدل ضربات القلب ، وهي استجابة تسمى بتسرع القلب الإبينفرين يُفرز الإبينفرين من الجزء النخاعي من الغدد الكظرية استجابةً للتشيط السمبثاوي العام ، وينتج أيضًا تأثيرًا مشابهًا وإن كان بطيئًا على وظيفة القلب.

٦- تأثير الجهاز العصبي الباراسمبثاوي

The influence of the parasympathetic nervous system

الأسيتيل كولين ، هرمون الجهاز العصبي الباراسمبثاوي ، يؤخر معدل سريان الدم في التجاويف لإبطاء القلب هذه الاستجابة ، التي تسمى ببطء القلب ، تأتي من العصب المبهم الذي تنشأ أجسامه الخلوية في الجزء المثبط للقلب من النخاع ولا يؤثر التحفيز على انقباض عضلة القلب حيث تتقلص العضلات الملساء الوعائية أيضًا وتسترخي استجابةً للمواد الكيميائية التي تطلقها أنسجة البطانة (الخلايا التي تتكون من البطانة الداخلية للأوعية الدموية) تشمل عوامل الاسترخاء العامل الأكثر فاعلية وهو أكسيد النيتريك (NO) أكسيد النيتريك ، المنطلق من الخلايا البطانية في الشرايين الكبيرة التي تغذي العضلات ، يبدو مهمًا بشكل خاص في إمداد العضلات بالدم الكافي أثناء التدريب حيث تطلق البطانة أكسيد النيتريك استجابة لتدفق الدم النابض وإجهاد جدار الأوعية الدموية ، وكلاهما يزداد أثناء التمرين.

تشمل عوامل الاسترخاء الأخرى البروستاسكلين وعامل فرط الاستقطاب المشتق من البطانة. عوامل التعاقد تشمل البطانة الداخلية والبروستاجلاندين المضيق للأوعية.

ان التدريب على التحمل يخلق عدم توازن بين نشاط المسرع السمبثاوي ونشاط خافض الباراسمبثاوي ويحدث التأثير في المقام الأول من زيادة نشاط الجهاز السمبثاوي ، مع بعض الانخفاض في التفريغ السمبثاوي وقد يقلل التدريب أيضًا من معدل الإطلاق الفعال لعقدة SA وتمثل هذه التكيفات في حساب بطء القلب الذي لوحظ بشكل متكرر بين رياضيي التحمل الشديد والأفراد المستقرين الذين يخضعون للتدريب الهوائي.

التأثير القشري

تمر النبضات الناشئة في نظام القيادة المركزية الحركية الجسدية العليا للدماغ عبر أعصاب واردة صغيرة لتعديل نشاط مركز القلب والأوعية الدموية في النخاع البطني الجانبي بشكل مباشر حيث يوفر هذا استجابة منسقة وسريعة للقلب والأوعية الدموية لتحسين كفاءة الأنسجة والحفاظ على ضغط الدم المركزي فيما يتعلق بمشاركة القشرة الحركية، وتوفر القيادة المركزية أعظم تحكم في معدل ضربات القلب يؤدي تأثيره ليس فقط أثناء التدريب ولكن أيضًا أثناء الراحة وفي فترة ما قبل التدريب مباشرة ، وبالتالي يمكن أن يؤثر الاختلاف في الحالة الدافعية بشكل كبير على استجابات القلب والأوعية الدموية ، وغالبًا ما يحجب قيم الراحة "الحقيقية" لمعدل ضربات القلب وضغط الدم كما يؤدي الإدخال القشري أيضًا إلى زيادة معدل ضربات القلب بسرعة تحسباً لممارسة الرياضة ينتج عن التأثيرات المشتركة لزيادة الإفرازات السمبثاوي وتقليل التوتر لمعدل ضربات القلب والذي يصبح واضحًا بشكل خاص قبل بذل مجهود بدني شامل.

"يتم تشغيل" القلب للتدريب من أربعة مصادر:

١. زيادة النشاط السمبثاوي.

٢. قلة نشاط الجهاز الباراسمبثاوي.

٣. المدخلات من القيادة المركزية للدماغ.

٤. معلومات التغذية الراجعة من تنشيط المستقبلات في المفاصل والعضلات عند بدء التمرين.

حتى بالنسبة للأحداث غير السريعة يصل معدل ضربات القلب إلى ١٨٠ ضربة في غضون ٣٠ ثانية من الركض لمسافة ١ و ٢ ميل و يزيد معدل ضربات القلب الإضافي من التقدم تدريجيًا حيث يتلقى النخاع مدخلات مستمرة حول ضغط الدم من مستقبلات الضغط داخل الشرايين السباتية والشريان الأورطي ويعمل النخاع أيضًا كمركز تكامل وتنسيق ، حيث يتلقى المحفزات من القشرة والأنسجة الطرفية ويوجه الاستجابة المناسبة للقلب والأوعية الدموية.

المدخلات الطرفية

يتلقى مركز القلب والأوعية الدموية في النخاع مدخلات حسية من المستقبلات الميكانيكية (المستقبلات الميكانيكية) والمستقبلات الكيميائية في الأوعية الدموية والمفاصل والعضلات تراقب المنبهات من هذه المستقبلات حالة العضلات النشطة؛ فتعمل على تعديل التدفق الخارجي أو السمبثاوي لخلق استجابة قلبية وعائية مناسبة. المدخلات الانعكاسية العصبية من العضلات النشطة ، والتي يطلق عليها اسم منعكس ضغط التدريب بالتزامن مع الناتج الناشئ في المناطق الحركية العليا بالدماغ ، حيث تحدد طبيعة وشدة التدريب وكمية العضلات التي يتم تجنيدها و

توفر المدخلات من المستقبلات الميكانيكية تغذية راجعة مهمة لتنظيم الجهاز العصبي المركزي لتدفق الدم وضغط الدم أثناء التدريب الديناميكي تستجيب المستقبلات الموجودة في القوس الأبهر والجيوب السباتية للتغيرات في ضغط الدم الشرياني مع زيادة ضغط الدم ، يؤدي تمدد الأوعية الدموية إلى تنشيط مستقبلات الضغط هذه ، مما يؤدي إلى إبطاء معدل ضربات القلب بشكل انعكاسي ويوسع الأوعية الدموية الطرفية وهذا يخفض ضغط الدم الى المستويات الطبيعية حيث يتجاوز التدريب آلية التغذية الراجعة هذه لأن معدل ضربات القلب وضغط الدم يزيدان ومن المحتمل أن تمنع مستقبلات الضغط ارتفاع ضغط الدم بشكل غير طبيعي أثناء ممارسة الرياضة.

تحسس الشريان السباتي

بالنسبة للبالغين الأصحاء ومرضى القلب ، فإن للشريان السباتي تأثيرا ضئيلا على معدل ضربات القلب أثناء الراحة وممارسة الرياضة والشفاء. في ظل هذه الظروف، كما يؤدي الضغط الخارجي القوي على الشريان السباتي إلى إبطاء معدل ضربات القلب ، ربما بسبب التحفيز المباشر لمستقبلات ضغط الشريان السباتي ويوفر القياس الدقيق لمعدل ضربات القلب الأساس لتحديد "معدلات ضربات القلب المستهدفة" أثناء التدريب إذا كان قياس معدل ضربات القلب يقلل باستمرار من القيم الفعلية ، فإن الشخص سيمارس الرياضة بمستويات أعلى من المعتاد ، وهو بالتأكيد تأثير غير مرغوب فيه عند وصف التمارين لمرضى حيث القلب تتضمن طريقة الاستبدال الممتازة تحديد معدل النبض على الشرايين الشعاعية أو الصدغية لأن اللمس في هذه المواقع لا يغير معدل ضربات القلب.

٧- عدم انتظام ضربات القلب Arrhythmia

التنظيم المتقن لمعدل ضربات القلب يأتي من خلال آليات داخلية وخارجية تحدث بشكل عام دون أن يشعر بها أحد وكذلك بدون اثار عواقب سلبية تحدث اضطرابات في تخطيط القلب ومعدل ضربات القلب ويمكن أن تنذر بمرض عضلة القلب.

غالبًا ما يحدث انقطاع في نمط معدل ضربات القلب المنتظم على شكل دقائق إضافية (الانقباضات البطينية المبكرة) يمكن لأجزاء من الأذنين أن تصبح نشطة كهربائيًا قبل الأوان ويزيل الاستقطاب تلقائيًا قبل إثارة العقدة الجيبية الأذينية ، وهي حالة تسمى بالانقباض الأذيني المبكر (PAC). الإثارة المبكرة للبطينين (تقلص البطين السابق لأوانه) تحدث أيضًا خلال الفترة الفاصلة بين دقتين منتزمتين. تظهر الانقباضات الخارجية العرضية أثناء الراحة وعادة ما تحدث دون أن يلاحظها أحد.

ومن الحالات الثابتة يمكن أن يؤدي الإجهاد النفسي والقلق واستهلاك الكافيين إلى حدوث انقباضات زائدة ، ربما من تأثيرات الكاتيكولامينات على معدل تغير جهد غشاء العقدة الجيبية الأذينية عادة ما تؤدي إزالة هذه المحفزات إلى إعادة نظام القلب الطبيعي، فإذا فشل ذلك فإن الدواء الذي يمنع عمل النورابينفرين على مستقبلات Beta للخلايا الأذينية يعالج هذه الحالة بشكل فعال ولا يؤثر عدم انتظام ضربات القلب على قدرة القلب على ضخ الدم (تذكر أن الانقباض الأذيني يساهم بشكل ضئيل على امتلاء البطين).

الرجفان البطيني Ventricular fibrillation

هو أخطر حالات عدم انتظام ضربات القلب و في هذه الحالة ، تؤثر بؤر التحفيز باستمرار على أجزاء مختلفة من البطين بدلاً من التحفيز الفردي الطبيعي من العقدة الأذينية البطينية فتتقبض أجزاء من البطين بطريقة غير منسقة مع PVCs

المتكررة، مما يعيق قدرة البطين على ضخ الدم فينخفض الناتج القلبي وضغط الدم ويفقد الشخص وعيه بسرعة.

يأخذ انعاش القلب شكلين:

(١) إعادة عمل ضخ القلب الطبيعي لاستعادة ضغط الدم وتدفق الدم

(٢) وقف الرجفان وإعادة الإيقاع الكهربائي الطبيعي.

الإنعاش القلبي الرئوي (CPR) يحاكي ميكانيكياً عمل ضخ القلب وغالباً ما يعكس الرجفان : إذا فشل ذلك ، فإن جهاز إزالة رجفان القلب ينفذ دفقاً قوياً من التيار الكهربائي عبر عضلة القلب بأكملها ويؤدي هذا إلى إزالة استقطاب القلب بحيث يمكن أن يبدأ إيقاع طبيعي من العقدة الجيبية الأذينية عند عودة الاستقطاب عليه يحتاج جميع المتخصصين في التدريب إلى الحصول على شهادة CPR (وإعادة اعتمادهم كل عام).

آثار التدريب

زيادة استهلاك الطاقة تتطلب إعادة ضبط سريعة في تدفق الدم مما يؤثر في نظام القلب والأوعية الدموية بأكمله ، على سبيل المثال تعمل الأعصاب وظروف التمثيل الغذائي على الارتباط العضلية الملساء لجدران الشرايين ، مما يتسبب في تغيير قطرها الداخلي بشكل فوري تقريباً في الوقت نفسه ، يؤدي التحفيز العصبي لأوعية السعة الوريدية إلى "تيسها" ، مما يؤدي إلى نقل الدم من الأوردة المحيطة إلى الدورة الدموية المركزية (الصغرى).

أثناء التدريب يزداد الجزء الوعائي للعضلات النشطة من خلال توسع الشرايين الموضعية ؛ في الوقت نفسه ، تنقبض الأوعية الأخرى "لإيقاف" تدفق الدم إلى

الأنسجة التي يمكن أن تعرقل بشكل مؤقت إمدادات الدم وظيفه الكلى تعرض بوضوح القدرة التنظيمية لضبط تدفق الدم بشكل عام يبلغ متوسط الدورة الكلوية عند الراحة عادة ١١٠٠ مل دقيقة - ١ أو حوالي ٢٠٪ من إجمالي الناتج القلبي في أقصى قدر من التدريب ينخفض تدفق الدم الكلوي إلى ٢٥٠ مل دقيقة - ١ ، وهو ما يمثل ١ ٪ فقط من ناتج القلب.

تنظيم تدفق الدم Regulating blood flow

تحدد فروق الضغط والمقاومة حركة السوائل عبر الوعاء تختلف المقاومة بشكل مباشر مع طول الوعاء وعكسًا مع قطرها ؛ فتزيد القوة الدافعة الأكبر من التدفق ، وتعيقه المقاومة المتزايدة تعبر المعادلة التالية عن التفاعل بين الضغط والمقاومة وتدفق السوائل:

$$\text{التدفق} = \frac{\text{الضغط}}{\text{المقاومة}}$$

هناك ثلاثة عوامل تحدد مقاومة تدفق الدم

١. اللزوجة أو سمك الدم

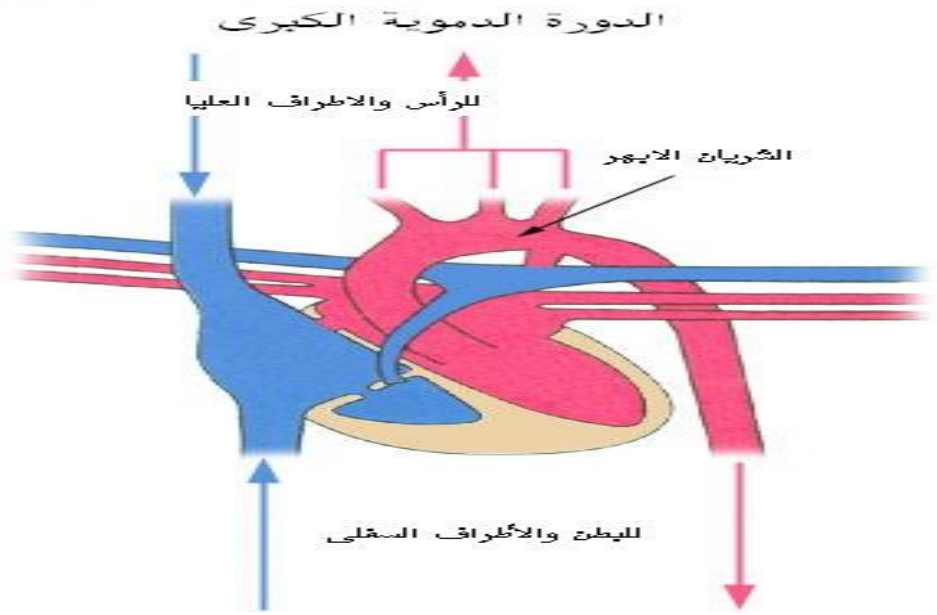
٢. طول أنبوب التوصيل

٣. نصف قطر الأوعية الدموية

المعادلة التالية المشار إليها باسم قانون Poiseuille ، تعبر عن العلاقة العامة بين فرق الضغط (التدرج) والمقاومة والتدفق في وعاء أسطواني.

$$\text{التدفق} = \text{تدرج الضغط} \times \text{نصف قطر الوعاء} \div \text{طول الوعاء} \times \text{لزوجة السائل}$$

تظل لزوجة الدم وطول وعاء النقل ثابتاً نسبياً في الجسم، وبالتالي فإن نصف قطر الأوعية الدموية يمثل العامل الأكثر أهمية الذي يؤثر في تدفق الدم ويؤدي قلة نصف قطر الوعاء بمقدار النصف إلى تقليل التدفق بمعامل ١٦ ؛ وعلى العكس من ذلك ، فإن مضاعفة نصف القطر يزيد الحجم بمقدار ١٦ ضعفاً. هذا يعني أن درجة صغيرة نسبياً من تضيق الأوعية أو توسع الأوعية تؤثر بشكل كبير في تدفق الدم الى المناطق المحيطة كما في الشكل (٢٣).



الشكل رقم (٢٣) يبين تنظيم تدفق الدم في القلب

العوامل الموضعية topical factors

تظل واحدة من كل ٣٠ إلى ٤٠ من الشعيرات الدموية مفتوحة في الأنسجة العضلية أثناء الراحة وبالتالي ، فإن فتح عدد كبير من الشعيرات الدموية "الخاملة" مع التدريب يخدم ثلاث وظائف مهمة:

١. يزيد من تدفق الدم في العضلات.

٢. زيادة طفيفة في السرعة تصاحب زيادة حجم تدفق الدم.

٣. يزيد من فعالية تبادل الغازات والمغذيات بين الدم والألياف العضلية الفردية.

يؤدي قله إمداد الأنسجة بالاكسجين إلى تحفيز توسع الأوعية الموضعية في عضلات الهيكل العظمي والقلب الزيادات الموضعية في درجة الحرارة ، وثاني أكسيد الكربون ، والحموضة ، وأكسيد النيتروجين ، وأيونات المغنيسيوم والبوتاسيوم وتعزز أيضًا تدفق الدم الإقليمي تعتبر آليات التنظيم الذاتي طبيعية من الناحية الفسيولوجية لتدفق الدم لأنها تعكس التمثيل الغذائي المرتفع للأنسجة كما ان زيادة الحاجة إلى الاوكسجين يؤدي الى توسع الأوعية الموضعية السريع الخطوة والأكثر فعالية وفورية لزيادة إمداد الأنسجة بالاكسجين.

العوامل العصبية Neurological factors

التحكم المركزي في الأوعية الدموية عن طريق الأجزاء السمبثاوية (الودية) ، وبدرجة طفيفة ، الأجزاء اللاارادية من الجهاز العصبي الباراسمبثاوي بكفاءة تتجاوز تنظيم الأوعية التي توفرها العوامل المحلية على سبيل المثال ، تحتوي العضلات على ألياف عصبية حسية صغيرة شديدة الحساسية للمواد الكيميائية المنبعثة في العضلات

النشطة أثناء التمرين. يوفر تحفيز هذه الألياف مدخلات للجهاز العصبي المركزي لإحداث استجابات القلب والأوعية الدموية المناسبة.

في التنظيم المركزي ، لا يمكن أن يهيمن تدفق الدم في منطقة ما عند وجود الاوكسجين المتزامن في الأنسجة الأخرى "الأكثر احتياجًا" وتنتهي الألياف العصبية السمبثاوية في الطبقات العضلية للشرايين الصغيرة والشرايين والعضلات الضاغطة قبل الشعيرية حيث يعمل النوربينفرين كمضيق عام للأوعية يتم إطلاقه في بعض النهايات العصبية السمبثاوية (الألياف الأدرينالية) والخلايا العصبية المتعاطفة الأخرى في عضلات الهيكل العظمي والقلب تطلق الأسيتيل كولين ؛ هذه الألياف الكولينية تعمل على توسع الأوعية الدموية الذي تنظمه الخلايا العصبية الأدرينالية بشكل أكبر من النغمة الحركية المنخفضة أكثر من زيادة نشاط الألياف الموسعة السمبثاوي أو الباراسمبثاوي.

العوامل الهرمونية Hormonal factors

تنتهي الأعصاب السمبثاوية في الجزء النخاعي من الغدد الكظرية، مع التنشيط الودي يطلق هذا النسيج الغدي كميات كبيرة من الإبينفرين وكمية صغيرة من النوربينفرين في الدم تسبب هذه الهرمونات استجابة مضيقة عامة باستثناء الأوعية الدموية للقلب وعضلات الهيكل العظمي توفر هرمونات الغدة الكظرية تحكماً طفيفاً نسبياً في تدفق الدم الإقليمي أثناء التدريب مقارنة بالدافع العصبي الودي المحلي الأكثر سرعة وقوة.

الاستجابة المكملة في التدريب Response integrated into training

في بداية التدريب أو حتى قبل بدء التدريب بقليل تبدأ المراكز العصبية فوق منطقة النخاع نشاط القلب والأوعية الدموية تزيد التعديلات من معدل وقوة ضخ القلب وتغير تدفق الدم بما يتناسب مع شدة التدريب مع استمرار التدريب بحيث تصبح أكثر كثافة ، يؤدي التدفق الكولييني السمبثاوي بالإضافة إلى العوامل الأيضية الموضعية التي تعمل على الأعصاب الحساسة كيميائياً وعلى الأوعية الدموية مباشرة إلى توسيع الأوعية المقاومة في الجهاز العضلي النشط وتسمح المقاومة المحيطة المنخفضة للأنسجة العضلية باستيعاب تدفق أكبر للدم تحافظ تعديلات العضلة العاصرة في الأنسجة الأقل نشاطاً على ضغط الكم الكافي على الرغم من توسع الأوعية الدموية للعضلات يعزز تضيق الأوعية في المناطق غير النشطة (مثل الكلى والجهاز الهضمي) ، أيضاً تجري إعادة توزيع الدم لتلبية متطلبات الأيض الخاصة بالأنسجة أثناء التدريب وتلعب العوامل التي تؤثر على العائد الوريدي دوراً لا يقل أهمية عن تلك التي تنظم التدفق الشرياني كما تعمل مضخة التهوية على تصلب الأوردة من خلال التحفيز العصبي الذي يدفع الدم إلى الدورة الدموية المركزية ونحو البطين الأيمن بحد ذاته هذا يوازن بين الناتج القلبي والعائد الوريدي.

الفصل الثالث

ديناميكية القلب والاعوية الدموية اثناء التدريب

Cardiovascular dynamics during training

١- مقدمة Introduction

هناك أدلة محدودة على أن الخصائص الفيزيائية للدم ومكوناته (الهيمورولوجيا) قد ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالتكيف الهوائي ، على سبيل المثال ارتباطات إيجابية كبيرة بين سيولة الدم ووقت الإرهاق ، والقدرة على العمل البدني ، وذروة امتصاص الاوكسجين ($\dot{V}O_2 \text{ peak}$) تم الإبلاغ عنها علاوة على ذلك ، هناك زيادة تشوه خلايا الدم الحمراء بسبب (أوميغا 3) الذي يؤدي تناول الأحماض الدهنية إلى زيادة ذروة $\dot{V}O_2$ تحت ضغط نقص الأوكسدة وتم الاستنتاج أن يؤدي منع تصلب كرات الدم الحمراء أثناء التدريب إلى تحسين القدرة الهوائية في ظل هذه الظروف ، ربما بسبب تحسين توزيع خلايا الدم الحمراء ، اقترحت النتائج التي تم الحصول عليها على الفئران أن الهيماتوكريت "الأمثل" (Hct) قد يؤثر في الأداء الهوائي الأقصى وهو الأساس الطبيعي الأمثل وهو أن Hct المنخفض لا يمكن أن يوفر عدداً كافياً من كرات الدم الحمراء في جميع أنحاء الشعيرات الدموية العضلية ، وزيادة كافية في لزوجة الدم لتحفيز إنتاج أكسيد النيتريك البطاني بشكل فعال مما أدى إلى توسع الأوعية الدموية المحدود بدلاً من ذلك من ان يقود مستويات Hct العالية جداً إلى زيادة اللزوجة و يؤدي بعد ذلك إلى زيادة مقاومة تدفق الدم ، وبالتالي فإن علم الهيمورولوجيا يؤثر على نطاق واسع في الفعالية نقل الاوكسجين وبالتالي قد يكون محددًا مهمًا للتكيف الهوائي.

بالإضافة إلى قيمة (VO_2) فإن معدل التغيير (أي الحركية) في امتصاص الاوكسجين (VO_2) أثناء انتقال تغيير العمل يلعب دوراً رئيسياً في تعديل الأداء الهوائي ، وفي الواقع فعالية VO_2 يعكس المسار الزمني للارتفاع في التمثيل الغذائي المؤكسد لمطابقة الطلب على الطاقة أثناء التحولات من الراحة إلى الجهد ضمن مجالات التدريب ذات الاحمال المتوسطة والشديدة الذي يتكيف فيه مع معدل VO_2 العمل المتزايد بشكل كبير مع تكيف القلب والأوعية الدموية ، حيث يكون بطيئاً لدى اصحاب المرض المزمن وأسرع لدى الأفراد المدربين جيداً ، مقارنةً بالأصحاء غير المدربين الأفراد.

يستمر الحوار حول محددات فعالية VO_2 ، وذلك بمتابعة التغييرات الديناميكية في العوامل المركزية (مثل الناتج القلبي ؛ مراقبة الجودة) والعوامل المحيطة (مثل عدم كفاية توصيل الاوكسجين والطلب عليه ؛ تم اعتماد القصور الذاتي للميتوكوندريا) الذي يأخذ على عاتقه إمداد الاوكسجين واستخدامه على أنه استنتاج ينهي الجدول حول هذا الموضوع ، قد تعمل على تصحيح عوامل القلب المختلفة والأوعية الدموية سرعة حركية VO_2 أثناء تدريب يتم إجراؤه حول الشدة المقابلة لعتبة التهوية الأولى. أن إمداد الاوكسجين يتم عبر تدفق الدم وتوزيعه على كافة انحاء الجسم ،ومن المثير للجدل انه لا تتوفر معلومات كافية فيما يتعلق بالتأثير العام للدم على فعالية VO_2 .

٢- الناتج القلبي Cardiac output

الناتج القلبي هو المؤشر الأساسي للقدرة الوظيفية للدورة الدموية لتلبية متطلبات النشاط البدني. والناتج من القلب ، كما هو الحال مع أي مضخة ، يتم تحديده من

خلال معدل الضخ (معدل ضربات القلب) وكمية الدم التي يتم إخراجها مع كل ضربة (حجم الضربة)

الناتج القلبي يتم حسابه على النحو الآتي:

الناتج القلبي = معدل ضربات القلب × حجم الضربة

$$\text{BeV} * \text{HR} = \text{Car Out pwt}$$

٣- قياس الناتج القلبي Measurement of cardiac output

قياس الناتج القلبي مهمة بسيطة نسبياً وقياس الناتج باستخدام الخرطوم أو المضخة أو الصنبور يحتاج الفرد فقط إلى فتح الصمام ، وجمع وقياس حجم السائل المنبعث خلال فترة زمنية محددة ومع ذلك ، هذا ليس كما هو الحال مع قياس الناتج القلبي حتى إذا تم تطبيق مثل هذه التقنية المباشرة ، فإن تمزق وعاء الإخراج الرئيسي في نظام الدورة الدموية المغلقة من شأنه في حد ذاته أن يغير الناتج بشكل كبير .

يتم استخدام عدة طرق بشكل شائع لقياس الناتج القلبي لدى الإنسان، وتشمل هذه الطرق طريقة (فيك) وطريقة إعادة تنفس ثاني اوكسيد الكربون.

طريقة Fick * : حيث يمكن حساب الناتج القلبي إذا عرف حجم امتصاص الشخص للأوكسجين خلال دقيقة واحدة، ومتوسط الفرق بين محتوى الأوكسجين في الدم الشرياني والوريدي المختلط (فرق الأوكسجين الشرياني و الوريدي) السؤال الذي

-
- $\text{CO} = \text{VO}_2 / \text{CA} - \text{CV}$
 - الناتج القلبي $\text{CO} =$
 - الدم الشرياني $\text{CA} =$
 - الدم الوريدي $\text{CV} =$

يجب الإجابة عليه بعد ذلك هو كمية الدم التي يجب تداولها خلال الدقيقة لحساب امتصاص الاوكسجين المفترض، وبالنظر إلى اختلاف الاوكسجين الشرياني الوريدي الملاحظ فان الصيغة التي تعبر عن العلاقة بين الناتج القلبي وامتصاص الاوكسجين وفرق الاوكسجين الشرياني الوريدي تجسد المبدأ الذي وضعه فيك عام ١٨٧٠ ويطلق عليه معادلة فيك.

$$\text{Cardiac output (ml. min}^{-1}\text{)} = \frac{\text{O}_2 \text{ uptake (ml. min}^{-1}\text{)}}{\text{vO}_2 \text{, difference (ml per 100 ml blood)} \times 100}$$

في هذا المثال يستهلك الشخص ٢٥٠ مل من الأوكسجين خلال دقيقة واحدة في حالة الراحة ، ويبلغ متوسط الفرق خلال هذا الوقت ٥ مل من الاوكسجين لكل ١٠٠ مل من الدم حيث يتم استبدال هذه القيم في معادلة فيك Fick.

$$\text{Cardiac output (ml} \cdot \text{min}^{-1}\text{)} = \frac{250 \text{ ml O}_2 \times 100}{5,000 \text{ ml blood}}$$

على الرغم من أن مبدأ فيك Fick واضح ومباشر ، إلا أن القياس الفعلي بهذه التقنية معقد وعادة ما يقتصر استخدامه في اطار العيادات حيث تتجاوز فوائد القياس أية مخاطر محتملة يتضمنها قياس امتصاص الاوكسجين طرق قياس التنفس بالدائرة المفتوحة التي تم تلخيصها حيث ان الجانب الاكثر صعوبة هو الحصول على فرق الاوكسجين الشرياني الوريدي ويمكن الحصول على عينة ممثلة من الدم الشرياني من أي شريان جهازي مناسب مثل الشريان الفخذي أو الشعاعي أو العضدي وعلى الرغم من سهولة تحديد موقع هذه الشرايين ، إلا أن ثقب الشرايين يمكن أن يكون مؤلماً للمريض للحصول على تقدير دقيق لمتوسط محتوى الأوكسجين في الدم الوريدي المختلط ، لذلك من الضروري أخذ عينة تشريحية من

"التجويف" مثل الأذنين الأيمن أو البطين الأيمن أو حتى الشريان الرئوي ويتم تحقيق ذلك عن طريق إدخال أنبوب مرن (قسطرة) عبر الوريد الأمامي في الذراع وصولاً إلى الوريد الأجوف العلوي إلى القلب الأيمن. ثم يتم أخذ عينات الدم الشرياني و الوريدي المختلط خلال نفس فترة القياس مثل امتصاص الاوكسجين.

تم استخدام تقنية العالم فيك المباشرة في العديد من الدراسات حول ديناميكيات القلب والأوعية الدموية في ظل مجموعة متنوعة من الظروف التجريبية بما في ذلك التمارين الرياضية ، وفي الواقع ماتوفره هذه الطريقة عمومًا بشكل معيارًا للتحقق من صحة التقنيات الأخرى لقياس الناتج القلبي ، النقد الوحيد الذي يوجه لطريقة Fick هو أن طبيعتها المنتشرة قد تغير قياس ديناميكيات القلب والأوعية الدموية ، وبالتالي على الرغم من أن القيمة التي تم الحصول عليها للناتج القلبي قد تكون دقيقة ، إلا أنها قد لا تعكس نمط استجابة القلب والأوعية الدموية "الطبيعي" للشخص بشكل دقيق.

إعادة اخذ ثاني أكسيد الكربون ، يمكن أيضًا تحديد الناتج القلبي من قيم ثاني أكسيد الكربون المعوض في معادلة Fick من الممكن الحصول على تقييمات صحيحة لمستويات ثاني أكسيد الكربون الوريدي والشرياني باستخدام محلل غاز ثاني أكسيد الكربون السريع الذي يقيس تركيز هذا الغاز طوال دورة التهوية هذه التقنية غير جراحية أو "خالية من الدم" ولا تتطلب سوى تحليل ثاني أكسيد الكربون عن طريق التنفس. يتم قياس إنتاج ثاني أكسيد الكربون بطريقة الدائرة المفتوحة.

بمجرد تقدير تراكيزات ثاني أكسيد الكربون الوريدي والشرياني. يتم حساب الناتج القلبي وفقًا لمبدأ فيك وعلى النحو الآتي :

$$\text{Cardiac output} = \text{CO} \div \text{production} - \text{a} \text{CO} - \text{v} \text{difference}$$

تبدو المزايا واضحة بالنسبة لطريقة إعادة تنفس ثاني أكسيد الكربون مقارنة بتقنية فيك المباشرة هذه الطريقة غير جراحية ، وتنطوي على الحد الأدنى من التدخل في الجسم ، ولا تتطلب إشرافا طبيا دقيقا ، ولكون الطريقة غير جراحية فأنها توفر تقديرات أكثر دقة لديناميكيات القلب والأوعية الدموية أثناء التدريب أكثر مما يمكن الحصول عليه من خلال التقنيات الأكثر جراحية أحد القيود على هذه الطريقة يتطلب أن يتدرب الشخص بمعدل ثابت و قد يضع هذا بعض القيود على استخدامها أثناء التدريب الأقصى و "الفائق" أو أثناء الانتقال من الراحة إلى التمرين.

تخفيف الصبغة: يمكن أيضًا تحديد الناتج القلبي عن طريق حقن كمية معروفة من صبغة خاملة في وريد كبير، تظل مادة المؤشر في مجرى الأوعية الدموية مرتبطة عادة ببروتينات البلازما أو خلايا الدم الحمراء ، ثم يتم خلطها أثناء انتقال الدم إلى الرئتان والعودة إلى القلب قبل طردها في الدورة الدموية الكبرى.

يتم قياس عينات الدم الشرياني باستمرار ، وتشير المنطقة الواقعة أسفل منحنى تركيز التخفيف إلى متوسط تركيز مادة المؤشر أثناء ضخ الدم من القلب يُحسب الناتج القلبي بناءً على تخفيف كمية معروفة من الصبغة بكمية غير معروفة من الدم.

٤- الناتج القلبي عند الراحة Cardiac output at rest

في المتوسط ، يتم ضخ حجم الدم بأكمله حوالي ٥ لترات (٥٠٠٠ مل) من البطين الأيسر كل دقيقة. هذه القيمة متشابهة للأشخاص المتدربين وغير المتدربين.

يتم حاليًا استخدام العديد من الأدوات والتقنيات الجزيئية والخلوية لتعزيز فهمنا لفيزيولوجيا القلب والفيزيولوجيا المرضية ، لذلك فإن التحدي الذي واجهنا هو دمج

التدخل الجزيئي مع تقييم التغيير في الوظيفة الفسيولوجية في نظام سليم ، ويجب ربط الأدوات والتقنيات الجزيئية والخلوية بالوظيفة الفسيولوجية العامة في نماذج معقدة ذات أنظمة واستراتيجيات تنظيمية متعددة لتقييم السياق الفسيولوجي بالكامل حاليًا ، ويتم تنفيذ هذه التقنيات بشكل أساسي في ظل ظروف بعيدة عن الحالة الطبيعية في الجسم الحي ، حيث يكون استقراء التغييرات الجزيئية للوضع في الجسم الحي وتسهيل الجانب متعددة النتائج محدودًا.

ان عدم القدرة على تقييم وظيفة القلب أثناء التدريب قبل وبعد بروتوكول نقص تروية عضلة القلب ، واحتشاء يتطلب استخدام بروتوكول التدريب كلما أمكن ذلك في دراسة وظيفة القلب والأوعية الدموية ، حيث أن الجهد المبذول قد يكشف عن أنماط ظاهرية للقلب والأوعية الدموية غير ظاهرة في ظروف الراحة أي أنه يمكن تعلم المزيد حول كيفية عمل النظام عندما يُجبر على الأداء أكثر مما يمكن تعلمه عندما يكون في حالة راحة.

وصفنا لأول مرة القياس المتكرر للنتائج القلبية أثناء الراحة وأثناء التدريب في نموذج فأر سليم وواعي وغير مقيد لنقص تروية عضلة القلب ضحه واحتشاءه، و يسمح للنموذج الفأر الذكي بالقياسات المستمرة والمتكررة للنتائج القلبية أثناء انسداد وإعادة ضخ الشريان التاجي الأمامي الأيسر (LAD) في نموذج معقد سليم وخالٍ من التأثيرات المربكة للتخدير والصدمات الجراحية وضغوط المحددات .

٥-الأفراد غير المتدربين

بالنسبة للفرد العادي : الناتج القلبي ساعة ٥ لتر يتم الحفاظ عليه مع معدل ضربات قلب الذي يبلغ حوالي ٧٠ نبضة في الدقيقة إذا تم استبدال قيمة معدل ضربات القلب هذه في معادلة الناتج القلبي ، فإن حجم الضربة المحسوب للقلب يساوي ٧١

مل لكل نبضة عادة ما يكون متوسط حجم الضربة عند النساء أقل بنسبة ٢٥٪ من قيم الرجال ويرجع هذا "الاختلاف بين الجنسين" أساسًا إلى صغر حجم جسم المرأة متوسطة الحجم مقارنة بنظيرها من الرجال.

٦-رياضيو التحمل

بالنسبة لرياضي التحمل ، يبلغ متوسط معدل ضربات القلب أثناء الراحة حوالي ٥٠ نبضة في الدقيقة عند الراحة. لأن الناتج القلبي أثناء الراحة للرياضي يبلغ أيضا ٥ لترات في الدقيقة، فإن الدم يتم توزيعه بحجم ضربة أكبر نسبيًا حيث تبلغ ١٠٠ مل لكل نبضة ويتم تلخيص متوسط قيم الناتج القلبي ومعدل ضربات القلب وحجم الضربة للأفراد المتدربين وغير المتدربين في حالة الراحة على النحو الآتي:

حجم الضربة معدل القلب عند الراحة الناتج القلبي

$$\text{Cardiac output} = \text{Heart rate Rest} \times \text{Stroke volume}$$

غير متدرب

$$\text{Untrained: } 5000 \text{ ml} = 70 \text{ b min}^{-1} \times 71 \text{ ml}$$

$$\text{Trained: } 5000 \text{ ml} = 50 \text{ b min}^{-1} \times 100 \text{ ml}$$

على الرغم من أن الحسابات واضحة ، إلا أن الآليات الفسيولوجية الأساسية ليست مفهومة تماما ، وليس من الواضح ما إذا كان ضعف نبضات القلب الذي يحدث مع رياضة التحمل "يسبب" حجم ضربة أكبر أو العكس ، لأن عضلة القلب نفسها تقوى من خلال التمارين الرياضية من المحتمل أن يكون هناك عاملان فعالان في التدريب:

- ١- رياضة التحمل تزيد من ضغط العصب المبهم الذي يبطئ نشاط القلب.
- ٣- عضلة القلب التي يتم تقويتها من خلال رياضة التحمل قادرة على إحداث ضربة أكثر قوة مع كل انقباض.

٧- الناتج القلبي أثناء التدريب Cardiac output during exercise

يزداد تدفق الدم بما يتناسب مع شدة التدريب عند التقدم من الراحة إلى أداء التمارين وبمعدل ثابت ، يخضع الناتج القلبي لزيادة سريعة يليها ارتفاع تدريجي حتى يصل إلى مرحلة الاستقرار في هذه المرحلة يكون تدفق الدم كافياً لتلبية متطلبات التمثيل الغذائي للتمرين.

الرجال في سن (١٨ - ٢٤) يزداد الناتج القلبي أثناء التمرينات الشاقة بنحو أربعة أضعاف مستوى الراحة إلى حد أقصى في المتوسط من ٢٠ إلى ٢٢ لتر من الدم في الدقيقة الحد الأقصى لمعدل ضربات القلب لهؤلاء الشباب يبلغ حوالي ١٩٥ نبضة في الدقيقة وبالتالي يتراوح حجم الضربة بشكل عام بين ١٠٣ و ١١٣ مل من الدم لكل نبضة أثناء التدريب الأقصى، وفي المقابل يتمتع رياضيو التحمل من المستوى العالمي بمخرجات قلبية قصوى تتراوح من ٣٥ إلى ٤٠ لتراً في الدقيقة.

حجم الضربة يولد الفارق في حجم الضربة الكبير بشكل ملحوظ هو العامل الرئيسي الذي يمكّن رياضيي التحمل من ضخ المزيد من الدم من القلب كل دقيقة مقارنة بنظيره غير المتدرب.

يصبح هذا الأمر أكثر إثارة للإعجاب إذا عد المرء أن الشخص المتدرب يكون لديه معدل ضربات قلب أقل قليلاً من الشخص غير المتدرب من نفس العمر وبالتالي

فإن رياضي التحمل يحقق نتائجًا قلبيًا كبيرًا مقارنةً بنظيره أو نظيرها الذي لا يتدرب بسبب حجم الضربة الأكبر بكثير، على سبيل المثال زاد الناتج القلبي للفائز بالميدالية الأولمبية في التزلج المتقاطع ٨ مرات تقريبًا فوق الراحة إلى ٤٠ لترًا في الدقيقة في أقصى تدريب مع حجم ضربة مصاحبة تبلغ ٢١٠ مل لكل نبضة، وهذا يعادل تقريبًا ضعف حجم الدم الذي يضخ لكل نبضة مقارنة مع الحد الأقصى لحجم ضربة شخص يتمتع بصحة جيدة، قليل الحركة وبنفس العمر.

٨- حجم الضربة أثناء التدريب Stroke volume during exercise

آثار التدريب

في تجربة خاصة في هذا المجال نجد استجابة حجم الضربة لمجموعتين من الرجال أثناء تدريب زيادة الشدة وتدريب مجموعة واحدة مؤلفة من ستة رياضيين تدريباً عالياً على التحمل لعدة سنوات، وكان هناك ثلاثة طلاب جامعيين مستقلين في المجموعة الأخرى، تم تقييم استجابات الطلاب للتمارين الرياضية قبل وبعد برنامج تدريبي مدته ٥٥ يومًا مصمم لتحسين اللياقة البدنية.

عدة استنتاجات مهمة يمكن استخلاصها من هذه البيانات

١. قلب رياضي التحمل لديه حجم ضربة أكبر أثناء الراحة وممارسة التدريب من شخص غير متمرن من نفس العمر.

٢. بالنسبة للأفراد المتدربين وغير المتدربين، تحدث الزيادة الأكبر في حجم الضربة في التدريب المعتدل عند الانتقال من الراحة إلى التمارين المعتدلة وعندما تصبح التمارين أكثر شدة، لآتحدث سوى زيادة صغيرة إضافية في حجم الضربة.

٣. يتم الوصول إلى الحد الأقصى لحجم الضربة عند ٤٠ إلى ٥٠ ٪ من أقصى امتصاص للأوكسجين ؛ في البالغين ، يعادل هذا عادة معدل ضربات القلب من ١٢٠ إلى ١٤٠ نبضة في الدقيقة.

٤. بالنسبة للأفراد غير المتدربين ، لا توجد سوى زيادة طفيفة في حجم الضربة عند الانتقال من الراحة إلى التدريب بالنسبة لهؤلاء الأفراد ، تحدث الزيادة الكبيرة في الناتج القلبي عن طريق تسارع معدل ضربات القلب، بالنسبة لرياضيي التحمل المدربين ، يزداد كل من معدل ضربات القلب وحجم الضربة لزيادة الناتج القلبي، مع زيادة حجم ضربة الرياضي بشكل عام بنسبة ٥٠ إلى ٦٠ ٪ أعلى من قيم الراحة.

٥. بالنسبة لمجموعة الطلبة الجامعيين فإن ٨ اسابيع من التدريب البدني زاد من حجم الضربة بشكل كبير، لكن هذه القيم لا تزال أقل بكثير من القيم التي لوحظت لمجموعة الرياضيين و لم يتم بعد تحديد العامل الدقيق الذي يفسر هذا الاختلاف. ربما يعكس المزيد من التدريب لفترات طويلة ، وعلم الوراثة ، أو مزيج من الاثنين معا.

٩- حجم الضربة وأقصى استهلاك للأوكسجين

stroke volume and maximum oxygen consumption

أهمية حجم الضربة للتمييز بين الأشخاص الذين لديهم قيم عالية ومنخفضة لاستهلاك الأوكسجين الأقصى ، تم الحصول على هذه البيانات من ثلاث مجموعات: الرياضيون ، والرجال الأصحاء ولكن كسولين ، والمرضى الذين يعانون من تضيق في الصمام التاجي ، وهو مرض صمامي في القلب يؤدي إلى إفراغ غير كاف للبطين الأيسر.

ترتبط الاختلافات في الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين (VO2Max) بين المجموعات ارتباطاً وثيقاً بالاختلاف في الحجم الأقصى للضربة فالمرضى الذين يعانون من تضيق في الصمام التاجي لديهم قدرة بدنية وأقصى حجم للضربة يماثل نصف حجم الأشخاص الخاملين وكانت هذه العلاقة واضحة أيضاً في المقارنات بين الأشخاص الأصحاء، حيث بلغ متوسط امتصاص الأوكسجين الأقصى للرياضيين ٦٢ ٪ أكبر من مجموعة الخاملين وهذا يوازيه حجم ضربة أكبر بنسبة ٦٠ ٪، نظراً لأن معدل ضربات القلب الأقصى في كلا المجموعتين كان متشابهاً ، يمكن أن يُعزى الاختلاف في الناتج القلبي (واستهلاك الأوكسجين الأقصى) فقط إلى الاختلافات في الحجم الأقصى للضربة.

حجم الضربة: التفريغ الانقباضي مقابل المليء الانبساطي

تعمل آليتان فيسيولوجيتان على تنظيم حجم الضربة وتسهم بدرجات متفاوتة في زيادة حجم الضربة الملحوظ مع التدريب الأول وبشكل واضح في أداء عضلة القلب ويتطلب زيادة ملئ القلب والمتبع بنقلص أكثر بما يعني قوة الآلية ، الثانية محكومة بالتأثير الهرموني العصبي و تتطوي على إيداع بطيني طبيعي يرافقه زيادة في حجم الضربة بسبب الطرد الانقباضي القوي الذي يؤدي إلى إفراغ قلبي أكبر .

المليء الانبساطي الاكبر

يمكن أن يتأثر المليء البطيني الأكبر أثناء المرحلة الانبساطية من الدورة القلبية بأي عامل يزيد من العائد الوريدي (يشار إليه بالحمل المسبق) أو يبطئ معدل ضربات القلب فيؤدي الى الزيادة في حجم الانبساطي الى تمدد ألياف عضلة القلب

لتسبب سكتة دماغية قوية مع انقباض عضلة القلب، يؤدي هذا إلى ابعاد حجم السكتة الدماغية بالإضافة إلى الدم الإضافي الذي دخل البطينين لتمديد عضلة القلب.

تم وصف العلاقة بين قوة الانكماش ومدة الراحة للألياف العضلية من قبل اثنين من علماء الفسيولوجيا ، فرانك وستارلينج ، في تجاربهما على الحيوانات في أوائل القرن العشرين يُعتقد أن الانقباض الملائم ناتج عن ترتيب مثالي للخیوط العضلية مع تمدد العضلات. هذه الظاهرة المطبقة على عضلة القلب تسمى بقانون ستارلينج للقلب.

لسنوات عديدة كانت آلية فرانك ستارلينج تدرس على انها تقدم "طريقة عمل" لجميع الزيادات في حجم الضربة أثناء ممارسة الرياضة يعتقد علماء الفسيولوجيا أن العائد الوريدي المعزز في التدريب يسبب في زيادة ملء القلب بحيث يتم شد البطينين في الانبساط والاستجابة بعد ذلك تكون بإخراج أقوى في جميع الاحتمالات ، هذا هو نمط الاستجابة لحجم السكتة الدماغية في الانتقال من الراحة إلى التدريب أو عندما ينتقل الشخص من الوضع المستقيم إلى وضع الاستلقاء من المحتمل أن يحدث الاملاء الانبساطي المعزز أيضا في أنشطة مثل السباحة ، حيث يعمل الوضع الأفقي للجسم على تحسين تدفق الدم إلى القلب.

من الواضح أن وضع الجسم له تأثير كبير على ديناميكيات الدورة الدموية الناتج القلبي وحجم الضربة هما الأعلى والأكثر استقرارا في الوضع الأفقي في هذا الموضع، يكون حجم الضربة اقرب ما يمكن من الحد الأقصى عند الراحة ويزداد بشكل طفيف فقط أثناء التدريب وعلى النقيض من ذلك ، فإن قوة الجاذبية في الوضع المستقيم تعمل على مواجهة عودة تدفق الدم إلى القلب، ينتج عن هذا تقلص

حجم الضربة تظهر هذه التأثيرات الوضعية في مقارنة ديناميكيات الدورة الدموية في حالة السكون في الوضعين المستقيمين والمستقلين مع زيادة شدة التدريب المستقيم ، يزداد حجم الضربة ويقترب من الحد الأقصى لحجم الضربة في وضع الاستلقاء.

التفريغ الانقباضي الاكبر

في معظم أشكال التمارين المستقيمة قد لا يمتلئ القلب إلى حد يؤدي إلى زيادة كبيرة في حجم القلب ، فإن الزيادة في حجم السكتة الدماغية تحدث بشكل رئيسي عن طريق إفراغ كامل أثناء الانقباض على الرغم من زيادة الضغط الانقباضي.

عند الراحة في الوضع المستقيم يبقى ٤٠ إلى ٥٠٪ من إجمالي حجم الدم الانبساطي في البطين الأيسر بعد الانقباض، هذا الحجم المتبقي من القلب يصل إلى ما يقرب من ٥٠ إلى ٧٠ مل من الدم ويتم تعزيز قوة انقباض عضلة القلب في التدريب من خلال هرمونات مثل الإبيبينفرين والنورادرينالين التي تؤدي إلى زيادة قوة الدفع وزيادة إفراغ القلب الانقباضي، بالإضافة إلى ذلك فإن تدريب التحمل يعزز حالة انقباض عضلة القلب نفسها ويحسن قدرتها على تحقيق حجم كبير من الضربات.

١٠- معدل القلب أثناء التدريب Heart rate during training

عادة ما يكون حجم الضربة الكبير للرياضيين المدربين على التحمل ، والزيادة في حجم السكتة الدماغية للأشخاص المستقرين بعد تدريبات الايروبيك عادة ما تكون مصحوبة بانخفاض متناسق في معدل ضربات القلب اثناء التدريب دون الحد الأقصى تظهر العلاقة بين معدل ضربات القلب وامتناس ، يتم إجراء مقارنات

بين الرياضيين والطلاب قبل التدريب وبعده الخطوط التي تربط معدل ضربات القلب والامتصاص الأوكسجين تكون في الأساس خطية لكلا المجموعتين خلال الجزء الأكبر من حدود التدريب، على الرغم من تسارع معدلات ضربات قلب الطلاب غير المدربين بسرعة مع زيادة شدة التدريب تسارعت معدلات ضربات قلب الرياضيين إلى حد أقل بكثير؛ أي أن ميل أو معدل تغير الخطوط يختلف اختلافاً كبيراً ، فإن الرياضي (أو الطالب المدرب) الذي يتمتع باستجابة جيدة للقلب والأوعية الدموية للتدريب سيحقق مستوى أعلى من التدريب وامتصاص الأوكسجين قبل الوصول إلى معدل ضربات قلب دون الحد الأقصى مقارنة بالطالب ثابت المستوى عند امتصاص الأوكسجين البالغ ٢,٠ لتر في الدقيقة ، كان معدل ضربات القلب للرياضيين أقل بـ ٧٠ نبضة في الدقيقة من معدل ضربات القلب لدى الطلاب المستقرين بعد ٥٥ يوماً من التدريب ، انخفض هذا الاختلاف في معدل ضربات القلب دون الحد الأقصى إلى حوالي ٤٠ نبضة في الدقيقة في كل حالة ، كان الناتج القلبي متماثلاً تقريباً هذا يعني أن الاختلاف كان بسبب حجم الضربات الأكبر.

في حالة الراحة

في حالة الراحة في بيئة مناسبة يتم توزيع الناتج القلبي البالغ ٥ لترات تقريباً بالنسب ويتم توجيه حوالي خمس الناتج القلبي إلى الأنسجة العضلية بينما يتدفق الجزء الأكبر من الدم إلى الجهاز الهضمي والكبد والطحال والدماغ والكليتين.

خلال التدريب

على الرغم من أن تدفق الدم المحلي أثناء النشاط البدني يختلف اختلافاً كبيراً اعتماداً على الظروف البيئية ومستوى التعب ونوع التدريب فإنه يتم تحويل الجزء الأكبر من الناتج القلبي للتدريب إلى العضلات العاملة في حالة الراحة يتم إيصال حوالي ٤

إلى ٧ مل من الدم كل دقيقة لكل ١٠٠ جرام من العضلات ، ويزداد هذا الناتج بشكل ثابت حتى عند بذل أقصى مجهود ، يمكن أن يكون معدل تدفق الدم في العضلات حوالي ٥٠ إلى ٧٥ مل لكل ١٠٠ جرام من الأنسجة.

إعادة توزيع تدفق الدم **Redistribution of blood flow**

الزيادة في تدفق الدم في العضلات اثناء التدريب يرجع إلى حد كبير إلى زيادة الناتج القلبي ومع ذلك ، فإن تدفق الدم في العضلات يكون كبيراً بشكل غير متناسب مقارنة بتدفق الدم في الأنسجة الأخرى.

بسبب تنظيم الأوعية الدموية العصبية والهرمونية ، بما في ذلك حالات التمثيل الغذائي المحلية للعضلات نفسها ، يتم إعادة توزيع الدم وتوجيهه من خلال العضلات العاملة من المناطق التي يمكن أن تتحمل انخفاض تدفق الدم الطبيعي بصورة مؤقتة يحدث تحويل الدم من أنسجة معينة بشكل أساسي وخلال أقصى قدر من التدريب يزداد تدفق الدم إلى الجلد أثناء ممارسة التمارين الرياضية الخفيفة والمتوسطة ، لذا فإن الحرارة الأيضية تولد سطح الجلد أثناء التدريب المكثف لفترة قصيرة ، إلا أن هذا النسيج يقيده مؤقتاً ويزداد تدفق الدم إلى الجلد أثناء ممارسة التمارين الرياضية الخفيفة والمتوسطة حتى يمكن تبديد الحرارة الأيضية المتولدة في العضلات على سطح الجلد أثناء التدريب المكثف لفترة قصيرة لكن هذا النسيج يقيده تدفق الدم مؤقتاً حتى لو تم تنفيذ التدريب في بيئة حارة .

في بعض الحالات خفضت بنسبة تصل إلى أربعة أخماس إمدادات الدم في الجهاز للفرد في حالة الراحة، مع استخدام الكلى والأنسجة الحشوية ، على سبيل المثال ، ١٠ إلى ٢٥ ٪ فقط من الأوكسجين متاح في إمدادات الدم وبالتالي ، يمكن لهذه الأنسجة تحمل انخفاضاً كبيراً في تدفق الدم قبل أن يتجاوز الطلب على الأوكسجين

وتتعرض وظيفة العضو للخطر مع انخفاض تدفق الدم ، يتم الحفاظ على احتياجات الطاقة للأنسجة عن طريق زيادة استخراج الأوكسجين من إمدادات الدم المتاحة يمكن أن يستمر الانخفاض الكبير في تدفق الدم إلى الأعضاء الحشوية لأكثر من ساعة أثناء ممارسة التدريبات الرياضية الشاقة حيث يحدث إعادة توزيع الدم من هذه الأنسجة حتى بغياب الزيادة في الناتج القلبي ؛ وهذا "يحرر" ما يصل إلى ٦٠٠ مل من الأوكسجين في الدقيقة لاستخدامها من قبل العضلات العاملة.

١١-تدفق الدم إلى القلب والدماغ Blood flow to the heart and brain

بعض الأنسجة لا يمكن ان تشكل خطرا على امدادات الدم تستخدم عضلة القلب عادة حوالي ٧٥ ٪ من الأوكسجين الموجود في الدم المتدفق عبر الدورة الدموية التاجية أثناء الراحة وفي هذا الهامش المحدود من الأمان ، يتم تلبية احتياجات الأوكسجين المتزايدة لعضلة القلب أثناء التدريب بشكل رئيسي من خلال زيادة تدفق الدم التاجي ، فإن زيادة الناتج القلبي من أربعة إلى خمسة أضعاف يصاحبها زيادة مماثلة في الدورة الدموية التاجية في أقصى قدر من التدريب يصل هذا إلى حوالي ١ لتر من الدم في الدقيقة تشير الدلائل الحديثة إلى أن تدفق الدم في المخ يزداد بحوالي ٣٠٪ مع ممارسة الرياضة مقارنة بالراحة.

١٢-الناتج القلبي ونقل الأوكسجين

Cardiac output and oxygen transport

في حالة الراحة

يحمل كل ١٠٠ مل من الدم الشرياني حوالي ٢٠ مل من الأوكسجين أو ٢٠٠ مل من الأوكسجين لكل لتر من الدم و تختلف قدرة الدم على حمل الأوكسجين بشكل

طفيف فقط لأن محتوى الهيموجلوبين في الدم يتقلب قليلا عند التدريب نظرا لأن حوالي ٥ لترات من الدم يتم تداولها كل دقيقة أثناء الراحة للبالغين المدربين وغير المدربين ، فمن المحتمل أن يتوفر ١٠٠٠ مل من الأوكسجين للجسم (٥ لترات من الدم ٢٠٠ مل من الأوكسجين) ، لأن متوسط امتصاص الأوكسجين عند الراحة يبلغ حوالي ٢٥٠ مل في الدقيقة ، وإن ما يقرب من ٧٥٠ مل من الأوكسجين يعود "غير مستخدم" إلى القلب ، وهو ليس إهدارا غير ضروري للنتاج القلبي ، بل على العكس من ذلك ، فإن الأوكسجين الإضافي في الدم فوق احتياجات الراحة يمثل الأوكسجين في احتياطي هامش الأمان يتم إصداره على الفور في حالة حدوث زيادة مفاجئة في احتياجات التمثيل الغذائي للأنسجة.

خلال ممارسة الرياضة

ينتج الشخص الذي يبلغ معدل ضربات قلبه ٢٠٠ نبضة في الدقيقة وحجم الضربة ٨٠ مل لكل نبضة وهذا يكون أقصى نتاج قلبي حيث يبلغ ١٦ لترًا (٢٠٠ × ٨٠ مل) وحتى أثناء ممارسة أقصى قدر من التدريب يكاد يحصل تشبع الهيموجلوبين بالأوكسجين ان يكون شبه كامل ، لذلك يحمل كل لتر من الدم الشرياني حوالي ٢٠٠ مل من الاوكسجين يتم توزيعها كل دقيقة عن طريق نتاج قلبي سعة ١٦ لترًا (١٦ لترًا × ٢٠٠ مل أكسجين)، فإذا كان من الممكن استخراج كل الاوكسجين من هذا الناتج القلبي سعة ١٦ لترا أثناء انتقاله عبر الجسم ، فإن أكبر قدر ممكن من فرق الأوكسجين ومتوسط الفرق بين محتوى الأوكسجين في الدم الشرياني والوريدي المختلط سيكون ٣٢٠٠ مل ومع ذلك ، فهي تبقى مجرد نظرية لأن الأوكسجين يحتاج إلى أنسجة معينة مثل الدماغ لا تزداد بشكل كبير مع التدريب، ومع ذلك فإن هذه الأنسجة تتطلب إمدادًا غنيًا وغير منقطع بالدم.

ولابد من توضيح من ان أي زيادة في الحد الأقصى للناتج القلبي تؤثر بشكل مباشر على قدرة الشخص في توزيع الأوكسجين. استنادًا إلى المثال السابق ، إذا تمت زيادة حجم الضربة في القلب من ٨٠ إلى ٢٠٠ مل لكل نبضة ويظل الحد الأقصى لمعدل ضربات القلب دون تغيير عند ٢٠٠ نبضة في الدقيقة ، سيزداد الحد الأقصى للناتج القلبي بشكل كبير إلى ٤٠ لترًا من الدم في الدقيقة ، وهذا يعني أن كمية الأوكسجين التي يتم توزيعها في الحد الأقصى للتدريب الرياضي كل دقيقة ستزداد تقريبًا ٢,٥ مرة من ٣٢٠٠ إلى ٨٠٠٠ مل (٤٠ لترًا × ٢٠٠ مل من الأوكسجين) وتؤدي هذه الزيادة في الناتج القلبي الأقصى بوضوح إلى زيادة نسبيه في إمكانية التمثيل الغذائي الهوائي.

١٣- الارتباط الوثيق بين الحد الأقصى للناتج القلبي والحد الأقصى للاستهلاك الأوكسجين

وشملت قيم للرياضيين من المستويات القليلة لتدريب وغير المدربين وكذلك النخبة في رياضة التحمل بان العلاقة ترتبط فيها السعة الحيوية المنخفضة ارتباطًا وثيقًا بانخفاض الناتج القلبي ، في حين أن القدرة على توليد ٥ أو ٦ لتر كحد أقصى ، تكون دائمًا مصحوبة بنتاج قلبي من ٣٠ إلى ٤٠ لترا.

يزداد الناتج القلبي بشكل خطي مع امتصاص الأوكسجين خلال الجزء الأكبر من التدريب لكل من الرياضيين المدربين والطلاب ، وكل زيادة بمقدار لتر واحد في امتصاص الأوكسجين فوق الراحة يقترن عمومًا بزيادة من ٥ إلى ٦ لترات في تدفق الدم. لا تختلف هذه العلاقة بغض النظر عن نوع التدريب الذي يتم تنفيذه من خلال مجموعة واسعة من التدريبات الديناميكية ، وهناك ارتباط وثيق بين تدفق الدم النظامي (ناتج القلب) ومستوى امتصاص الأوكسجين، السمة المميزة لرياضي

التحمل هي مستوى عال من امتصاص الاوكسجين وارتفاع قدرة الناتج القلبي، و كانت الزيادة البالغة ٣٥٪ في الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين ٢٠ للطلاب بعد ٥٥ يوماً من التدريب مصحوبة بزيادة متناسبة تقريباً في الحد الأقصى من الناتج القلبي.

١٤- الفروق بين الجنسين في الناتج القلبي

Gender differences in cardiac output

يتشابه نمط استجابة الناتج القلبي أثناء التدريب بين الأولاد والبنات والرجال والنساء ومع ذلك فإن كلا من الإناث المراهقات وبالغات لديهن ناتج قلبي أكبر بنسبة ٥ إلى ١٠٪ في أي مستوى من امتصاص الاوكسجين دون الحد الأقصى من الذكور وقد يكون هذا الاختلاف الواضح بين الجنسين في الناتج القلبي اثناء التدريب دون الحد الأقصى ناتجا عن انخفاض مستوى الهيموجلوبين في دم النساء بنسبة ١٠٪ تقريبا مقارنة بقيم الرجال ، وفي حدود معينة يتم تعويض النقص الطفيف في قدرة الدم على حمل الاوكسجين بسبب انخفاض الهيموغلوبين من خلال زيادة متناسبة في الناتج القلبي عند التدريب دون الحد الأقصى.

١٥- التدريب والناتج القلبي دون الحد الأقصى

Training and submaximal cardiac output

أظهرت العديد من الدراسات أن التدريب على الرغم من تحسينه الناتج القلبي الأقصى ، لكنه يميل الى تقليل الناتج القلبي في الدقيقة اثناء التدريب المعتدل ، ففي إحدى الدراسات انخفض الناتج القلبي دون الحد الأقصى للشباب بعد ١٦ أسبوعا من التدريب بحوالي ١,٠ إلى ١,٥ لتر، كما هو متوقع زاد الناتج القلبي

الأقصى بنسبة ٨ ٪ من ٢٢,٤ إلى ٢٤,٢ لترا في الدقيقة مع انخفاض في الناتج القلبي تحت الحد الأقصى ، مع انخفاض الناتج القلبي دون الحد الأقصى ، يتم تلبية متطلبات الاوكسجين في التدريب من خلال زيادة مساوية للحصول على استخراج الاوكسجين (فرق الاوكسجين الشرياني الوريدي) في العضلات النشطة ومن المؤكد ان يكون حصر نتيجة لتعزيز قدرة العضلات المدربة على توليد (أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP) هوائيا لتعمل عند ضغط جزئي منخفض للأوكسجين.

١٦-استخلاص الاوكسجين Oxygen extraction

فرق الأوكسجين الشرياني الوريدي

إذا كان تدفق الدم هو الوسيلة الوحيدة لزيادة إمداد الأنسجة بالأوكسجين ، عليه يجب أن يرتفع الناتج القلبي من ٥ لترات في الدقيقة عند الراحة إلى ١٠٠ لتر في الدقيقة في أقصى قدر من التدريبات لتحقيق زيادة بمقدار ٢٠ ضعفاً في امتصاص الأوكسجين، ان الزيادة في امتصاص الأوكسجين وهو أمر شائع بين الأفراد المدربين، فإن مثل هذا الناتج القلبي الكبير غير ضروري أثناء التدريب لأن الهيموجلوبين يطلق كمية كبيرة من الأوكسجين "الإضافي" من الدم الذي يروي الأنسجة النشطة وبالتالي ، تتوفر آليتان لزيادة القدرة على امتصاص الأوكسجين ، الأولى هي تسريع معدل تدفق الدم ، أي زيادة الناتج القلبي ؛ والثانية هي استخدام كمية كبيرة نسبياً من الاوكسجين الذي يحمله الدم بالفعل ، أي زيادة في فرق الاوكسجين الشرياني عن الوريدي ويتم تلخيص العلاقة المهمة بين الناتج القلبي ، وفرق الأوكسجين الشرياني عن الوريدي ، واستهلاك الأوكسجين الأقصى ، في إعادة الترتيب لمعادلة فيك Fick:

الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين = أقصى ناتج قلبي × أقصى فرق للأوكسجين الشرياني الوريدي

في حالة الراحة

في حالة الراحة يتم استخدام متوسط ٥ مل من الأوكسجين من ٢٠ مل من الأوكسجين في كل ١٠٠ مل من الدم الشرياني الذي يمر عبر الشعيرات الدموية ، وبالتالي ، فإن ٧٥٪ من حمل الأوكسجين الأصلي في الدم لا يضل مرتبطاً بالهيموجلوبين ويعود "غير مستخدم" إلى القلب هذا يتعادل مع استخراج الأوكسجين (فرق الأوكسجين الشرياني الوريدي) من ٥ مل من الأوكسجين لكل ١٠٠ مل من الدم.

أثناء التدريب : *

فرق الأوكسجين الشرياني الوريدي اثناء التدريب فانه يزداد للطلاب بشكل مطرد أثناء التدريبات الخفيفة والمعتدلة ويصل إلى قيمة قصوى تبلغ حوالي ١٥ مل من الأوكسجين لكل ١٠٠ مل من الدم بعد ٥٥ يومًا من التدريب ، كذلك زادت السعة القصوى للطلاب لاستخراج الأوكسجين بحوالي ١٣٪ إلى ١٧ مل من الأوكسجين وهذا يعني أنه خلال التمارين الرياضية الشاقة ، تم استخراج حوالي ٨٥٪ من الأوكسجين من الدم الشرياني ، ويتم إطلاق المزيد من الأوكسجين في العضلات العاملة لأن قيمة فرق الأوكسجين الشرياني الوريدي ، تعكس متوسطا يعتمد على حسابات الدم الوريدي المختلط الذي يحتوي الدم الوريدي المختلط على الدم العائد من الأنسجة التي لا يكون استخدامها للأوكسجين أثناء التدريب بنفس مستوى استخدام العضلات النشطة.

قيمة ما بعد التدريب لأقصى فرق للأوكسجين الشرياني الوريدي للطلاب مماثلة لتلك التي حققها رياضيو التحمل ومن الواضح أن الاختلاف الكبير في استهلاك الأوكسجين الأقصى بين الرياضيين والطلاب يرجع إلى انخفاض قدرة الناتج القلبي للطلاب.

في أمراض القلب

غالبا ما تظهر عضلة القلب للمرضى الذين يعانون من مرض الشريان التاجي المتقدم قدرة ضعيفة على أداء العمل أو التحسن مع ممارسة التدريبات الرياضية الاعتيادية ، نتيجة لذلك فان تعديلات على برنامج التدريب لا تكاد تذكر في تأثيرها على الحجم الأقصى للضربة والناتج القلبي ، وبالنسبة لهؤلاء المرضى تضل التحسينات في تحمل التمرينات والقدرة على ممارسة التمارين الرياضية ممكنة لأن التمارين المنتظمة تزيد من قدرة عضلات الهيكل العظمي على تلقي الأوكسجين والاستفادة منه حيث يساهم هذا في توسيع فرق الأوكسجين الشرياني الوريدي (وعتبة اللاكتات) ، ويمكن المرضى من العمل بمستويات أعلى.

١٧-العوامل التي تؤثر على اختلاف الاوكسجين الشرياني الوريدي اثناء التدريب

يتأثر فرق الاوكسجين الشرياني الوريدي الأقصى الذي يتم تحقيقه أثناء التدريب إلى الحد الذي يستطيع الفرد بتحويل جزء كبير من الناتج القلبي إلى العضلات العاملة كما ذكرنا سابقاً يمكن أن تؤثر بعض الأنسجة بشكل مؤقت على إمدادات الدم أثناء التدريب لأغراض تحويل الدم وزيادة كمية الاوكسجين المتاحة لعملية التمثيل الغذائي للعضلات يتم تسهيل إعادة توجيه الدورة الدموية الصغرى من خلال التدريب على التمرين.

يتم تحسين جريان الدم خلال الأوعية الدقيقة للعضلات الهيكلية أيضًا من خلال التدريب الهوائي ، أظهرت الدراسات التي أجريت على البشر والحيوانات كثافة الشعيرات بنسبة أكبر في عضلات معينة يتم تدريبها عن طريق تمارين التحمل أظهرت خزعات العضلات من رباعية الرؤوس الفخذية نسبة أكبر بكثير من الشعيرات الدموية إلى ألياف العضلات لدى الرجال المدربين مقارنة بالرجال من الرياضيين وذي المستويات المستقرة قد تكون الزيادة في نسبة الشعيرات الدموية إلى الألياف تكييفًا إيجابيًا لتوفير قاعدة أكبر لتبادل العناصر الغذائية والغازات الأيضية في التمرين.

هنالك عامل مهم آخر يحدد القدرة على استخدام الاوكسجين هو قدرة خلايا العضلات الفردية على توليد الطاقة الهوائية حيث تعمل التدريبات الهوائية على تحسين القدرة الأيضية للخلايا التي يتم تأثرها عن طريق التدريب ، الذي يؤدي الى تضخم الميتوكوندريا بل وتزداد في العدد ، كما تفعل كمية الإنزيمات على نقل الطاقة الهوائية.

تعديلات ردود افعال القلب والأوعية الدموية لتمرين الجزء العلوي من الجسم

أعلى نسبة امتصاص للأكسجين يحققها الرجال والنساء أثناء تدريب الذراع هي بشكل عام تصل الى حوالي ٧٠ إلى ٨٠٪ من الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين ، وأثناء تدريبات الساق فإن القيم القصوى لمعدل ضربات القلب والتهوية الرئوية تكون أقل مع تدريب الذراع ومن المحتمل أن تكون هذه الاختلافات في الاستجابة الفسيولوجية بسبب الكتلة العضلية الصغيرة نسبيًا للجزء العلوي من الجسم المستخدم في قياس جهد الذراع.

ان انخفاض معدل ضربات القلب القصوى عند ممارسة الرياضة باستخدام كتلة عضلية أصغر كما هو الحال عند إجرائه باستخدام الذراعين هي على الأرجح نتيجة (١) انخفاض الانتاج من القشرة الحركية (التحفيز الأمامي) وإلى مركز القلب والأوعية الدموية في النخاع أو (٢) انخفاض تحفيز التغذية المرتدة إلى النخاع من العضلات الأصغر انشطة .

ومع ذلك فان التدريب دون الحد الأقصى ، ينعكس نمط الاستجابة فيه فيكون امتصاص الأوكسجين أعلى عند تدريب الذراعين مقارنةً بالساقين ويكون هذا الاختلاف صغيراً أثناء التمرينات الخفيفة ولكنه يصبح أكبر مع زيادة شدة الجهد و تُعزى هذه الاستجابة إلى انخفاض اقتصاد الحركة في تدريب الذراع بسبب الانقباضات العضلية الثابتة في هذا الشكل من التدريب(والتي لا تساهم في العمل الخارجي المنجز) بالإضافة إلى ذلك ، يلزم وجود مشاركة عضلات إضافية لتثبيت الجذع أثناء معظم التدريبات واشكالها المختلفة .

يكون الإجهاد الفسيولوجي أكبر عند تدريبات الجزء العلوي من الجسم وفي اي مستوى من امتصاص الاوكسجين أو النسبة المئوية لأقصى امتصاص للأوكسجين، ويكون معدل ضربات القلب وضغط الدم والتهوية وحصول المجهود البدني أعلى بشكل عام عند استخدام الذراعين كوسيلة أساسية لتوليد الطاقة ومن خلال فهم الاختلافات في الاستجابة الفسيولوجية بين تمارين الذراع والساق ، يمكن للطبيب وأخصائي التدريبات وضع برامج تدريبية حكيمة وذلك باستخدام كلا الشكلين من التدريبات .

النقطة المهمة هي أن الإجهاد الأيضي والفسيولوجي الأكبر يصاحب التدريب القياسي مع الذراعين و لهذا السبب ، لا يمكن تطبيق وصفات التمارين الرياضية القائمة

على الجري وركوب الدراجات على تمارين الجزء العلوي من الجسم، علاوة على ذلك ، ونظرًا لأن العلاقة بين الاستهلاك الأقصى للأكسجين في تمارين الذراع والساق منخفض ، لا يمكن التنبؤ بدقة بقدرة الفرد على تدريب الذراع من اختبار باستخدام الساقين ، والعكس صحيح وهذا كذلك يثبت مفهوم الخصوصية للياقة الهوائية.

قلب الرياضي The heart of the athlete

ان الزيادة المتواضعة في الحجم أو التضخم هي تعديل أساسي للقلب السليم لمواجهة التدريب المنتظم على ممارسة الرياضة هناك تركيب أكبر للبروتين الخلوي حيث تزداد سماكة الألياف العضلية الفردية ويزداد عدد العناصر التي يعمل على التقص داخل كل ليف عضلي، هذه الزيادة في الحجم مع التدريب تكون وقتية ، ويعود حجم القلب إلى مستويات ما قبل التدريب عندما تتخفف شدة التدريب.

وفرت تقنية الموجات فوق الصوتية لتخطيط صدى القلب بتقييم الخصائص الهيكلية لقلوب الرياضيين ، وتحديد ما إذا كانت الأنماط المختلفة لحجم القلب وتضخمه مرتبطة بأنواع مختلفة من التكيف البدني يتضح من النتائج الواردة ، أن الخصائص الهيكلية لقلوب الرياضيين الذين يتمتعون بصحة جيدة تختلف اختلافًا كبيرًا عن تلك الخاصة بالأفراد غير المدربين أيضًا ، ويرتبط نمط هذه الاختلافات بطبيعة تكيف التدريب فمثلا:

كان حجم البطين الأيسر ١٨١ مل والكتلة ٣٠٨ جم للسباحين و ١٦٠ مل و ٣٠٢ جم للعداء بلغ متوسط الضوابط غير الرياضية ١٠١ مل لحجم البطين و ٢١١ جم لكتلة البطين على الرغم من أبعادها الداخلية الكبيرة ، إلا أن سمك جدار البطين كان طبيعيًا لرياضيي التحمل.

الرياضيون المشاركون في تدريبات المقاومة مثل رافعي الأثقال ، ورمي الكرة الحديدية ، والمصارعون ، الذين يتعرضون بانتظام لنوبات حادة من ارتفاع ضغط الشرايين الناجم عن تدريبات الإجهاد ، يكون حجم البطين لديهم طبيعياً ولكن جداره يكون سميكاً مما لا شك فيه أن هذا يمثل تعويضاً عن التدريب الإضافي لمقاومة حمل العمل الذي يفرضه على البطين الأيسر .

ان عواقب هذه الاختلافات الواضحة في استجابة التدريب على صحة القلب والأوعية الدموية على المدى الطويل غير معروفة ومع ذلك ، لا يوجد دليل علمي مقنع على أن القلب الطبيعي يمكن أن يتضرر من خلال التدريب الشاق .

تكيفات تدريبية اخرى Other training adaptations

قد يؤدي التدريب على التحمل الى تحسين الاوعية الدموية وخاصة على مستوى الشرايين على الرغم من وجود جدل كبير في هذا المجال بالإضافة الى ذلك اشار الى ذلك عديد من الباحثين ، حيث لاحظوا زيادة في كتلة المايتوكوندريا والتركيز الخلوي للأنزيمات في قلوب الحيوانات التي تم تدريبها على رياضة التحمل كما لم يتم بعد تحديد اهمية هذه التكيفات الوعائية والخلوي للقدرة الوظيفية للقلب اثناء التدريب .

حاليا يعتقد ان القلب السليم غير المدرب لا يعاني من نقص الاوكسجين اثناء التدريبات القصوى ومع ذلك قد تؤدي تغييرات التدريب الى تمكين عضلة القلب من العمل بنسبة اقل من اجمالي قدرتها اثناء التدريب ، بالإضافة الى ذلك قد تتوفر حماية من حالة التدهور وتلف الانسجة لأمراض القلب بشكل عام .

الفصل الرابع

التدريب الرياضي والتكيف Training and adaptation

١- مقدمة Introduction

إن اعتماد الإنجازات الفردية أو سجلات الفوز والخسارة بدلاً من البحث والاكتشاف العلمي التي تقيس بشكل متكرر نجاح برامج التكيف المتنوعة ، على سبيل المثال غالباً ما يولي مدربو كرة السلة وكرة القدم أهمية كبيرة لتطوير القدرات الهوائية ولكنهم قد لا يخصصون وقتاً كافياً للتدريب اللاهوائي الكافي تتطلب هذه الرياضات إطلاقاً ثابتاً نسبياً للطاقة الهوائية ، إلا أن المواقف الحاسمة تتطلب في كثير من الأحيان بذل أقصى جهد يمكن لنظام نقل الطاقة اللاهوائية وان هذا النوع من التدريب يمنع اللاعب من الأداء بكامل طاقته ،ومن ناحية أخرى ، يثبت تدريب القدرة اللاهوائية لرياضي التحمل إهمال بسبب استغلال الحد الأدنى من مساهمة نقل الطاقة اللاهوائية في الأداء الناجح وبدلاً من ذلك ، تتطلب أنشطة التحمل نظاماً للقلب والأوعية الدموية شديد التكيف قادراً على توصيل كميات كبيرة من الدم إلى العضلات المدربة على وجه التحديد ذات القدرة العالية على إنتاج ثلاثي فوسفات الأدينوسين في الهواء من ناحية أخرى ، تساهم قدرة الأيض الهوائية للفرد بشكل ضئيل في النجاح الشامل في أنشطة الركض السريع والرياضات مثل كرة القدم في هذه الرياضات ، يعتمد الأداء بشكل كبير على القوة العضلية والطاقة ، والتي تتطلب طاقة متولدة في التفاعلات بدون أكسجين ما يتطلب تطوير برنامج تدريبي لتحقيق الأداء الأمثل للتدريبات الرياضية مما يتطلب فهماً واضحاً لنقل الطاقة ومعرفة كيف يؤثر التدريب المحدد لنوع الطاقة على إيصال الطاقة وأنظمة استخدامها.

٢-تدريب أنظمة الطاقة اللاهوائية والهوائية

Anaerobic and aerobic power systems training

تتطلب العديد من أشكال النشاط البدني دفعات سريعة من الطاقة تتجاوز خلالها متطلبات الطاقة في جسم الانسان بكثير قدرة الجسم على توصيل الاوكسجين حتى مع توفره الاوكسجين ، فإن نقل الطاقة الخلوية من التفاعلات الهوائية يحدث ببطء شديد بحيث لا يتناسب مع متطلبات الطاقة المطلوبة هذا يعني أن قدرة نقل الطاقة اللاهوائية السريعة تحدد مدى السرعة التي يحتاجها الركض للخلف عبر الخط في كرة القدم الأمريكية على سبيل المثال ولاعب الكرة الطائرة يرفع الكرة فوق الشبكة ، ولاعب الكرة اللينة (بيسبول) ليتفوق على الضربة الأرضية حتى أن كرة السلة والتنس والهوكي الميداني واللاكروس وهوكي الجليد وكرة القدم الطويلة جميعها تتضمن حركات الركض والاندفاع والتوقف والانطلاق ، والتي تلعب القدرة على توليد دفعات قصيرة من القدرة اللاهوائية دورًا مهمًا خلالها من ناحية أخرى ، ويتطلب النجاح في أنشطة التحمل وجود نظام طاقة هوائية عالي التدريب يتطلب ذلك نظامًا للقلب والأوعية الدموية قادرًا على إيصال كميات كبيرة من الدم إلى الأنسجة النشطة لفترة طويلة وعضلات ذات قدرة عالية على معالجة الاوكسجين لإعادة التركيب الهوائي لثلاثي فوسفات الأدينوزين.

٣-التدريبات الهوائية Aerobic exercises

فان الوحدات التدريبية تنفذ بشدد معتدلة وتصل إلى المستوى الأقل من أقصى مستوى للتدريب حيث بإمكان الرياضي الاستمرار لفترات اكثر من دقيقتين وبموجب هذه الحقيقة يتطلب الأمر من المدرب مراعاة خصائص بشكل دقيق عند اختيار التمرينات بحيث تكون مناسبة من حيث زمن الأداء وصعوبته بالإضافة إلى حجم

التمرينات وعدد مرات التكرار فضلا عن الراحة البينية التي تعطي للاعب بين التكرارات والمجموعات مستخدما الأسس العلمية التي تحكم الية النظام المستخدم في بما ذلك طريقة التدريب.

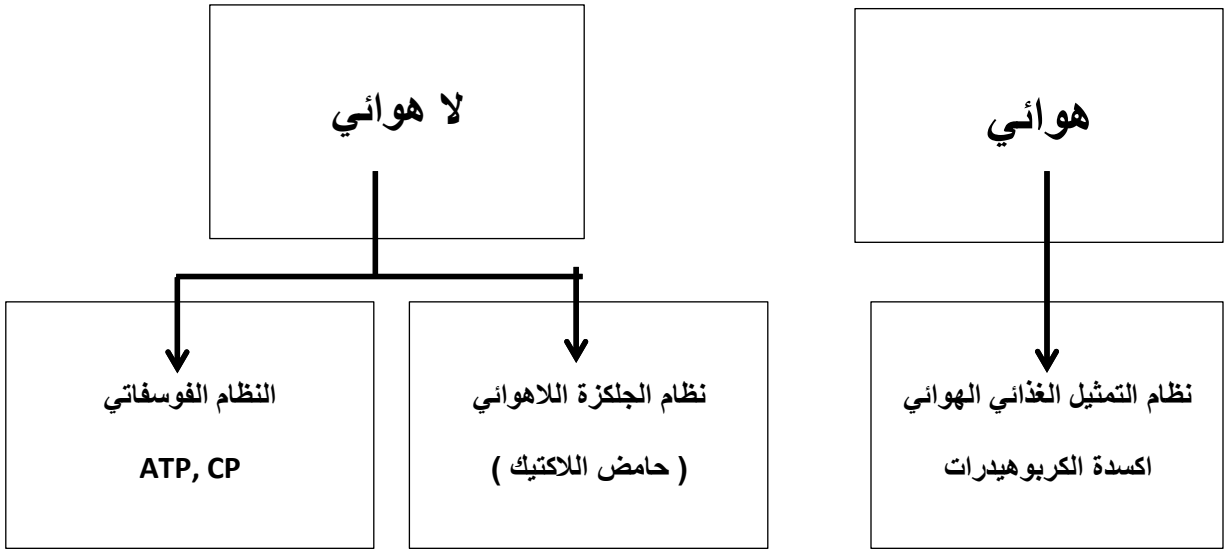
يحدث التدريب الهوائي تحسنا في السعة العضلية لتحمل الأنشطة التي تتميز بالانطلاق والاستمرار بأداء الحركة مع مراعاة أسلوب تنفيذ التمرينات وخصوص فترات الراحة البيئية لضمان عدم انتقال الرياضي من نظام طاقة إلى نظام آخر يختلف في المعطيات بالتالي الخروج عن الهدف الرئيسي للتدريب أو الوحدة التدريبية ، وضرورة الاهتمام بالقواعد والأسس التالية عند تنفيذ التحمل الهوائي والتأكيد على الحقائق الآتية:

- ١- يعتبر التحمل الهوائي هو الأساس في بناء قواعد التحمل اللاهوائي.
- ٢- يساعد التحمل الهوائي على سرعة استعادة الشفاء وإطالة تأخير ظهور التعب مبكرا
- ٣- يرتبط التحمل الهوائي بالحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين VO 2 MAX فهو من أهم المؤشرات التي تدل على الارتفاع بمستوى استهلاك الأوكسجين حيث تعبر عن كفاءة العضلة في إنتاج الطاقة .
- ٤- يحسن التحمل الهوائي كفاءة العديد من انزيمات الاكسدة .
- ٥- التأثير في الألياف العضلية البطيئة الانقباض أكثر من الألياف السريعة في التأثير في حزم الألياف العضلية الحمراء .
- ٦- يتطور التحمل الهوائي من خلال زيادة المسافة أو الجهد المبذول مع مراعاة درجات الشدة التي تعمل ضمن حدود العمل الهوائي.

٧- يتولد نتيجة تطوير الإمكانيات الهوائية تحسن في الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين VO MAK وقصر فترة استهلاكه مع سرعة إنتاج الطاقة.

تبعاً لذلك الإنتاج المركب ATP الذي يمثل الطاقة يستمر من خلال تمثيل المواد الغذائية وخاصة السكريات والدهون عن طريق الأكسدة الهوائية باعتبارها مكونات كربونية وبالإمكان الاستمرار ببذل الجهود دون توقف أو شعور بالتعب ، كما تساعد في نجاح أداء الأنشطة البدنية التي تتم بقدرات زمنية طويلة حيث ترتفع المقدرة الهوائية مثل كرة القدم ، السلة ، بمعنى زيادة معدل الحصول على الأوكسجين من خلال التطور الحاصل في الجهاز الدوري التنفسي واستخدامه في إنتاج الطاقة والشكل التالي يوضح الية إنتاج الطاقة هوائياً ولا هوائياً .

مسارات إنتاج الطاقة



مجموع	زمن الاداء	نظام الطاقة الفعال	مثال
١	اقل من ٣٠ ثانية	ATP-CP	١٠٠ سباحة حرة
٢	٣٠-٩٠ ثانية	ATP-CP LA	٢٠٠ متر ، ٤٠٠ متر
٣	١,٣٠ د - ٣ د	LA-O2	٨٠٠ متر
٤	اكثر من ٤ د	O2	المسافات الطويلة

جدول انظمة الطاقة نسبة الزمن للأداء

نوع النظام	الوقود	حاجة الاوكسجين	سرعة انتاج ATP	كمية ATP
١ - لاهوائي فوسفاتي	CP	لا حاجة	الاسرع	قليل
٢ - لا هوائي لاكتيك	كلايكوجين كلوز	لا حاجة	سريع	قليل
٣ - هوائي	كلوز ودهون	يحتاج	بطيئ	كثير

جدول (١) الطاقة وخصائص النظام

المتغيرات	ATP - CP	LA	فترة التأثير
زمن الاداء	١٥ ثا - ٢٥ ثا	٢٥ ثا - ١٢٠ ثا	اكثر من ١٢٠ ثا
اتجاه التدريب	بالسرعة- القوة القصوى السرعة-القوة المميزة	تحمل العمل لفترة قصيرة-تحمل السرعة- تحمل القوة - تحمل الاداء	الانشطة التي تستمر لفترة طويلة- تحمل القوة لفترة طويلة-تحمل الدوري التنفسي- الانشطة الهوائية

جدول (٢) توزيع انتاج الطاقة نحو اتجاه التدريب

٤- مصدر الطاقة والتمثيل الغذائي Source of energy and metabolism

جسم الانسان بحاجة الى طاقة يستطيع من خلالها القيام بوظائفه المختلفة وتشمل جميع خلايا الجسم وهذه الطاقة مخزونة في الإنسان بكميات قليلة نسبيا أو من خلال تجدد في الجسم لضمان استمرارية النشاط البدني ، ويمكن إنتاج الطاقة من خلال أجسام منتشرة على خلايا الكائن البشري تدعى بيوت الطاقة داخل سايتوبلازم الخلايا وهذه الطاقة تتجدد من خلال عمليات التمثيل الغذائي و الطاقة التي يحتاجها أي جهد تنتج من خلال تحلل الطعام الذي لا يتم استخدامه مباشرة بل من خلال إنتاج مركب كيميائي مهم قليل الكمية ولكنه عالي الطاقة يدعى ثلاثي فوسفات الأدينوسين الذي يعد المصدر الأول للطاقة لإحداث عملية الانقباض العضلي وإدامة النشاط الحركي ويرمز له بالرمز ATP أدينوسين ٢٠ ثلاثي ، فوسفات) ، حيث يحزن في جميع الخلايا العضلية وخاصة الألياف العضلية التي تختلف في الانقباض فقط من الطاقة الناتجة عن تحلل هذا المركب حيث تؤدي الخلية المهام المطلوب منها في التقلص .

٥-زيادة التمثيل الغذائي Increased metabolism

الأيض هو مصطلح يستخدم لوصف عملية تحطيم البروتينات والكربوهيدرات والدهون لإنتاج الطاقة في الجسم ، ومعدل التمثيل الغذائي يعتمد على التفاعل بين عدد السعرات الحرارية التي تستهلك وعدم السعرات الحرارية التي تفقد خلال الممارسة ، وينقسم التمثيل الغذائي إلى (بناء وهدم) ، والبناء يسمح للجسم أن ينمو خلايا جديدة والحفاظ على الأنسجة وهي تجميع كل المركبات التي تحتاجها الخلايا والهدم هو سلسلة من التفاعلات الكيميائية التي تعمل على كسر الجزيئات إلى وحدات أصغر ، تساعد في الحصول على الطاقة .

٦- مبادئ التدريب الرياضي العام Principles of general training

يتطلب التكيف الفسيولوجي الفعال الالتزام بالنشاط البدني المخطط والمنفذ بعناية تامة ومركز والاهتمام على المنافسة المناسبة مع تكرار التدريبات وطولها ونوع التدريب وسرعة النشاط وشدته ومدته وتكراره ، تختلف هذه العوامل حسب هدف الأداء العديد من المبادئ العامة للتكيف الفسيولوجي تكمن وراء تصنيفات الأداء بناءً على كثافة ومدة النشاط ، ينطبق النهج الأساسي للتكيف الفسيولوجي بشكل مشابه على الرجال والنساء ضمن نطاق واسع من التدريب حيث يستجيب كلاهما للتدريب ويتكيف معه بنفس الطريقة بشكل أساسي.

١- مبدأ خصوصية التدريب The principle of specificity of training

يشير إلى التكيفات في النظم الأيضية والفسيولوجية التي تعتمد على نوع الحمل الزائد المفروض وكتلة العضلات المستخدمة بمعنى واسع ، ممارسة الاجهاد كتدريب بقوة يطور تكيفات قوة محددة وبالمثل ، تؤدي التمارين الهوائية المنتظمة إلى برمجة محددة للتدريب على التحمل مع عدم وجود تأثيرات نقل أساسية بين تدريب قوة والقدرة والتمارين الهوائية ويشمل مبدأ التحديد أيضًا الأنشطة ذات المكونات الأيضية المتطابقة ، وتحسن اللياقة الهوائية للسباحة أو ركوب الدراجات أو الجري أو التجديف بشكل أكثر فاعلية عندما يقوم المتدرب بتدريب العضلات المحددة المطلوبة للنشاط حيث يؤدي التدريب المحدد إلى تكيف محدد ويخلق تأثيرات تدريب محددة يشار إليها باسم تعديلات مبدأ SAID المحددة للطلبات المفروضة.

٢- مبدأ الفروق الفردية principle of individual differences

لا يستجيب جميع الأفراد بشكل مشابه لحافز تدريب معين ، حيث تساهم العديد من العوامل في الاختلافات في استجابات التدريب بين الأفراد ، بما في ذلك مستوى اللياقة النسبية في بداية التدريب ويختلف الأشخاص في اللياقة الأولية وحالة التدريب في بداية برنامج التكييف ، وبالتالي يستجيبون بشكل مختلف لنفس حافز التدريب.

إن الإصرار على أن جميع المؤدين في فريق أو حتى أولئك الذين يتواجدون في نفس البرنامج يتدربون بنفس الطريقة وبنفس كثافة التدريب النسبية أو المطلقة لا يؤدي إلى تحسين التدريب لأنه لا يتعرف على الفروق الفردية في استجابة التدريب بدلا من ذلك باستمرار كما يجب أن تلبي برامج التدريب الاحتياجات والقدرات الفردية، ويجب على المدربين التعرف على كيفية استجابة الرياضيين والمتدربين لمحفز تدريب معين وتعديل وصفة التدريب بناءً على تلك الاستجابة.

٣- مبدأ الانعكاسية

تحدث انعكاسات تأثيرات التدريب بسرعة نسبياً عندما يترك الشخص نظام التدريب الخاص به بعد أسبوع أو أسبوعين فقط من عدم التدريب، تحدث انخفاضات قابلة للقياس في الوظيفة الفسيولوجية والقدرة على التدريب ، مع خسارة كاملة لتحسينات التدريب ، والتي تحدث في غضون عدة أشهر.

٧- التكيفات لممارسة التدريب Adaptations to practice training

تمثل الفروق الفردية في التقدم بشكل عام القاعدة وليس الاستثناء ، خاصة بين الأطفال وكبار السن من بين الأفراد في نفس برنامج التدريب ، قد يظهر شخص ما تحسناً أكثر بعشر مرات من الآخر. هذا التباين في النتائج شائع ؛ ببساطة فبعض الأفراد يستجيبون بسهولة أكبر من الآخرين لحافز تدريب مماثل ظهر مفهوم

المستجيبين وغير المستجيبين من بيانات التدريب التي تم جمعها على التوائم المتطابقة ، على سبيل المثال في إحدى الدراسات ، تم فصل ١٠ أزواج من التوائم المتطابقة عند الولادة وتربيتهم في بيئات مختلفة نفس برنامج تدريب التحمل لمدة ٢٠ أسبوعًا أظهرت النتائج وجود مكون وراثي قوي لتحسين المتغيرات القلبية الوعائية والتمثيل الغذائي، أظهر كلا العضوين من الزوج التوأم نفس الاستجابة التدريبية تقريبًا ؛ التحسن الكبير في أحد التوأمين يعكس تحسنًا مشابهًا في الآخر والعكس صحيح. في منتصف الستينيات ، علق عالم الفسيولوجيا السويدي الشهير الدكتور بير أولوف أوستراند (الفصل الأول) بشأن الدور الذي لم يتم تحديده بعد للوراثة في أداء التدريب تكون منافسًا من العيار الأولمبي ، يجب أن تختار الوالدين بحكمة قد يكشف البحث المستقبلي في علم الوراثة الجزيئي يومًا ما عن وسائل عملية لتحديد المستجيبين وغير المستجيبين وتخصيص برامج التكيف لتحسين التحسينات الشاملة لكل منها.

٨- تغييرات النظام اللاهوائي Anaerobic system changes

تحدث التغييرات في القدرة اللاهوائية والطاقة دون الزيادة المصاحبة في الوظائف الهوائية. تتضمن عمليات التكيف مع تدريب قوة الركض ما يأتي:

١- زيادة مستويات الركائز اللاهوائية حيث اظهرت خزعات العضلات المأخوذة قبل وبعد تدريبات المقاومة زيادات في مستويات الراحة للعضلات المدربة من ATP و PCr والكرياتين الحر والجليكوجين ، مصحوبة بتحسن في القوة العضلية.

٢- تظهر دراسات أخرى مستويات أعلى من ATP وإجمالي محتوى الكرياتين في العضلات المدربة لعَدائي الركض وراكبي الدراجات السريعة مقارنةً بعَدائي المسافات ومتسابقِي الطرق.

٣- زيادة كمية ونشاط الإنزيمات الرئيسية التي تتحكم في المرحلة اللاهوائية من هدم الجلوكوز.

٤- تحدث الزيادات الأكثر دراماتيكية في وظيفة الإنزيم اللاهوائي وحجم الألياف في العضلات سريعة الانقباض لا تصل التغييرات إلى الحجم الملحوظ للإنزيمات المؤكسدة مع التدريب الهوائي.

٥- زيادة القدرة على إنتاج مستويات عالية من اللاكتات في الدم أثناء ممارسة التدريبات الرياضية الشاملة ويرجع ذلك إلى كون القدرة على إنتاج اللاكتات ناجمة عن زيادة مستويات الجليكوجين والإنزيمات المحللة للجليكوجين الناتجة عن التدريب وتحسين التحفيز وتحمل الألم لممارسة التمارين المرهقة.

تحسين قدرة التنظيم؟

الأفراد الذين يشاركون في التدريب اللاهوائي يتحملون مستويات أعلى من اللاكتات في الدم وقيم أقل من درجة الحموضة مقارنة بنظرائهم غير المدربين هذا يثير التكهنات بأن التدريب اللاهوائي يحسن قدرة الجسم على تنظيم القاعدة الحمضية ، ربما عن طريق تعزيز المحاليل الكيميائية أو الاحتياطات القلوية لا يزال يتعين على البحث إثبات أن التدريب يزيد من قدرة التخزين المؤقت ربما تعمل العوامل التحفيزية على تحسين التحمل الناتج عن التدريب لارتفاع حموضة البلازما.

٩- تغييرات النظام الهوائية Pneumatic system changes

تحدث التكيفات الهوائية للتدريب بشكل عام في حالة استقلال عن الجنس والعمر. كما أنها تحدث في الأفراد الذين تم تطهيرهم طبيًا من السرطان وأمراض القلب التاجية والسكري وارتفاع ضغط الدم ومرض الانسداد الرئوي.

عند الشيوخة فان التمارين الرياضية تزيد من المادة الرمادية والبيضاء الحجم ، ويعزز تدفق الدم ، ويحسن وظيفة الذاكرة ومع ذلك غالبا ما تستخدم الدراسات البشرية تحليلات تصوير الدماغ باهظة الثمن ومنخفضة الإنتاجية غير العملية لدراسات واسعة على مستوى السكان ، وان المؤشرات الحيوية الجهازية التي يمكن قياس تأثير تدخلات التدريب على النواحي المرتبطة بمرض الزهايمر ويمكن استخدام النتائج بسرعة وبتكلفة منخفضة للإبلاغ عن تطور المرض عن طريق الجري وهو مهم لتكوين الخلايا العصبية لدى البالغين ، والدونة المشبكية ، وتطوير وظيفة الذاكرة.

أربعة أشهر من التمارين الهوائية للتدريب على البلازما المرتفعة CTSB بالاقتران مع تحسين اللياقة البدنية ووظيفة الذاكرة هو بروتين متداول آخر يمكن أن يعزز وظيفة الإدراك والتشابك ، و يرتبط Klotho بالمقاومة للأمراض التنكسية العصبية، ربما عن طريق الدعم لهياكل الدماغ المسؤولة عن الذاكرة والتعلم.

وتشير الدلائل الناشئة إلى أن تعبيرها منظم عن طريق التدريب ، التمثيل الغذائي المحيطي تم الإبلاغ عن التغييرات المرتبطة بالخرف ، ولكن لم يتم فحصها بالاقتران مع ممارسة التدخل.

١٠- التكيفات الأيضية Metabolic adaptations

تؤدي التمارين الرياضية الهوائية إلى إحداث تغييرات داخل الخلايا تعزز قدرة الألياف العضلية على توليد ادينوسين ثلاثي فوسفات الهوائي.

آلات التمثيل الغذائي Metabolic machines

تؤدي زيادة حجم الميتوكوندريا وعددها في العضلات الهيكلية المدربة هوائيا إلى تحسين قدرتها على توليد ثلاثي فوسفات الادينوسين عن طريق الفسفرة التأكسدية.

١١- الإنزيمات Enzymes

الزيادة المزدوجة في مستوى إنزيمات الجهاز الهوائي تكون مكملة للزيادة في حجم الميتوكوندريا وعددها وتتزامن مع زيادة قدرة الميتوكوندريا على توليد ثلاثي فوسفات الأدينوسين.

من المحتمل أن تسمح هذه التغيرات للشخص المدرب بالحفاظ على نسبة عالية من القدرة الهوائية أثناء التدريب لفترات طويلة دون تراكم اللاكتات في الدم.

تقويض الدهون

تحسن التمارين الهوائية المنتظمة بشكل كبير من القدرة على أكسدة الأحماض الدهنية ، وخاصة ثلاثي الجلسرين المخزون في العضلات النشطة أثناء ممارسة التمارين الرياضية بمعدل ثابت.

كذلك يزيد تحلل الدهون من زيادة تدفق الدم داخل العضلات المدربة وكمية أكبر من إنزيمات تعبئة الدهون من الخلايا الدهنية واستقلاب الدهون داخل أنزيمات ألياف العضلات يسمح هذا لرياضي التحمل بالتدريب بمستوى مطلق أعلى من التدريب دون الحد الأقصى قبل التعرض للتأثيرات المرهقة لاستنفاد الجليكوجين مقارنة بشخص غير مدرب.

هدم الكربوهيدرات The catabolism of carbohydrates

تظهر العضلات المدربة هوائياً قدرة معززة على أكسدة الكربوهيدرات. وبالتالي ، فإن كمية كبيرة من البيروفات تتحرك عبر مسارات الطاقة الهوائية أثناء تدريب التحمل المكثف وتساهم العضلة المدربة في زيادة قدرة الميتوكوندريا وزيادة

تخزين الجليكوجين في زيادة القدرة على تكسير الكربوهيدرات تؤدي الى زيادة هدم الكربوهيدرات أثناء ممارسة التمارين الهوائية المكثفة إلى وظيفتين مهمتين:

١. يوفر نقلاً أسرع للطاقة الهوائية مقارنةً بتكسير الدهون

٢. يحرر حوالي ٦٪ طاقة أكثر من الدهون لكل وحدة أوكسجينية مستهلكة

Type and size of muscle fibres نوع وحجم ألياف العضلات

ينتج تدريب التحمل تكيفات أيضية هوائية في كلا النوعين من الألياف العضلية. هذا يعزز السعة الهوائية لكل الألياف ومستوى LT دون تعديل نوع الألياف العضلية.

كما يحدث التضخم الانتقائي أيضاً في أنواع مختلفة من ألياف العضلات في تدريب محدد للحمل الزائد ، فالرياضيون المدربون تدريباً عالياً يمتلكون أليافاً بطيئة الانقباض أكبر من الألياف سريعة الانقباض في نفس العضلة. على العكس من ذلك ، بالنسبة للرياضيين المدربين على أنشطة الطاقة اللاهوائية ، تشغل الألياف سريعة الانقباض المزيد من منطقة المقطع العرضي للعضلات كما هو متوقع ، فإن الألياف العضلية ذات الانقباض البطيء ذات القدرة العالية على توليد ادينوسين ثلاثي الفوسفات الهوائي تحتوي على كميات كبيرة نسبياً من بروتين الميوغلوبين الكروي المحتوي على الحديد ، مما يسهل نقل الاوكسجين إلى الميتوكوندريا.

١٢-التكيفات القلبية الوعائية Cardiovascular adaptations

التغيرات المهمة في وظيفة القلب والأوعية الدموية مع التدريب على التدريبات الهوائية وينتج عن هذا التدريب تكيفات وظيفية للقلب والأوعية الدموية بسبب الارتباط الوثيق بين نظام القلب والأوعية الدموية والعمليات الهوائية.

هناك ارتباط مباشر بين حجم العمل الخارجي ومقدار العمل الداخلي المطلوب لإكمال أي محدد العمل الداخلي ، التكلفة الأيضية الإجمالية للنشاط البدني ، هو مصطلح واسع يشمل الركيزة الاستخدام ، ونقل الركيزة ، وإزالة المنتجات الثانوية الأيضية ويتم تحديدها بشكل أكثر شيوعاً بواسطة

قياس استهلاك الاوكسجين (VO_2) ويلعب نظام القلب والأوعية الدموية دوراً رئيسياً في العملية الديناميكية لعمل الداخلي ، فإن الهدف الأساسي لنظام القلب والأوعية الدموية هو توفير تنشيط العضلات الهيكلية مع الركيزة الغنية بالطاقة (أي الجلوكوز والأحماض الدهنية والاكسجين) وإعادة المنتجات الثانوية لعملية التمثيل الغذائي للأعضاء المسؤولة عن التخلص منها.

كما اظهرت التغيرات تحفيز إعادة التشكيل القلبي الناجم عن التدريب (EICR) بواسطة ضغوطات الضغط والحجم المصاحبة للزيادات في كل من العمل الخارجي والداخلي المحدد ويمكن أن تكون المنبهات المتأصلة في استجابة التدريب ثنائية التفرع إلى فسيولوجيا متساوية القياس ومتساوية التوتر. مساوي التوتر يشير الإجهاد إلى حركة كميات كبيرة من الدم عبر نظام القلب والأوعية الدموية.

يشير الإجهاد المتساوي القياس إلى توليد ضغط عالي داخل الأوعية من التخصصات الرياضية التي تتطلب دفعات قصيرة ولكن مكثفة ومتكررة من النشاط مثل رفع الأثقال و كرة القدم الأمريكية ، وتنتج فنون الدفاع عن النفس أقوى فسيولوجيا متساوي القياس منسق وغالبًا قرب الحد الأقصى من الانكماش لمجموعات العضلات الهيكلية الكبيرة مقرونًا بارتفاع في إطلاق الكاتيكولامين زيادات عابرة في ضغط الدم الجهازية بما يزيد عن ٤٠٠ ملم زئبق ٥ ، ٦ من وجهة نظر القلب ، يضيف علم وظائف الأعضاء متساوي القياس حملاً "ضاغطاً" يركز بشكل

كبير على البطن الأيسر بسبب حقيقة ذلك الصمام التاجي الكفء يحافظ على ما تبقى من جهاز القلب المركزي.

حجم القلب Heart size

تزيد التدريبات الهوائية طويلة المدى بشكل عام من كتلة القلب وحجمه مع زيادة حجم البطن الأيسر في نهاية الانبساطي أثناء الراحة وممارسة الرياضة هذا التوسيع ، الذي يتميز بزيادة حجم تجويف البطن الأيسر (تضخم لا متراكم) وسماكة متواضعة لجدرانه (تضخم متحد المركز) ، يحسن حجم سكتة القلب مع انخفاض كثافة التدريب ، أو عند توقف التدريب ، تعود بنية عضلة القلب إلى مستويات التحكم.

حجم البلازما plasma volume

أربع وحدات تدريبية فقط تزيد من حجم البلازما بنسبة تصل إلى ٢٠٪ يعزز هذا التكيف ديناميكيات الدورة الدموية والتنظيم الحراري ويسهل توصيل الاوكسجين إلى العضلات أثناء التدريبات وتساهم الزيادة السريعة في حجم البلازما مع التدريب الهوائي أيضاً في تضخم لا متراكم بفعل التدريب مع الزيادة المصاحبة في حجم الضربة.

حجم الضربة (النفضة)

مجموعة واحدة من لاعبي التحمل تم تدريبهم لعدة سنوات. وتتألف المجموعة الأخرى من البالغين الأصحاء المستقرين و أظهرت قيم الة الركض المتدرجة استجابات البالغين المستقرين قبل وبعد برنامج تدريبي لمدة شهرين لتحسين اللياقة الهوائية وتكشف هذه البيانات عن نتائج مهمة (وتمثيلية) تتعلق بتكيفات التدريب الهوائية:

١. يقسم قلب رياضي التحمل من حجم ضربة أكبر بكثير أثناء الراحة وأثناء التدريب مقارنة بشخص غير مدرب من نفس العمر.

٢. بالنسبة للأفراد المدربين وغير المدربين ، تحدث أكبر زيادة في حجم الضربة في التدريب المستقيم عند الانتقال من الراحة إلى التمارين المعتدلة الزيادات الإضافية في شدة التدريب تزيد من حجم الضربة فقط بالحد الأدنى.

٣. يصل حجم ضربات القلب إلى قيم قريبة من الحد الأقصى عند ٤٠٪ إلى ٥٠٪ من أقصى معدل لاستهلاك الاوكسجين ؛ في البالغين ، يمثل هذا عادةً معدل ضربات القلب بين ١٢٠ و ١٤٠ نبضة في الدقيقة.

٤. بالنسبة للأفراد غير المدربين ، تحدث زيادة طفيفة في حجم الضربة أثناء الانتقال من الراحة إلى التدريب بالنسبة لهم ، ويؤدي تسارع معدل ضربات القلب إلى زيادة كبيرة في الناتج القلبي. بالنسبة لرياضيين التحمل المدربين ، يزيد كل من معدل ضربات القلب وحجم الضربة من الناتج القلبي ، مع زيادة حجم الضربة بنسبة ٥٠٪ إلى ٦٠٪ أعلى من قيم الراحة.

٥. بالنسبة للأشخاص الذين كانوا قليلي الحركة سابقًا ، فإن التدريب الهوائي لمدة شهرين يزيد بشكل كبير من حجم الضربة، ولكن هذه القيم تظل أقل بكثير من متوسط الرياضيين النخبة لا يزال السبب الدقيق لهذا الاختلاف غير معروف على الأرجح ، كما يساهم التدريب المكثف المطول أو الوراثة أو مزيج من كلا العاملين في الاختلافات.

معدل ضربات القلب HR

يرافق الانخفاض المتناسب في معدل ضربات القلب أثناء ممارسة التدريبات الرياضية حجم الضربة الكبير لرياضيين التحمل النخبة وزيادة حجم الضربة للأفراد كثيرين الجلوس الذين يمارسون تدريبات الأيروبيك.

توجد علاقة خطية بين معدل ضربات القلب وامتصاص الاوكسجين لكلا المجموعتين خلال الجزء الأكبر من نطاق التدريب ومع زيادة شدة التدريب، تتسارع معدلات ضربات قلب الرياضيين إلى حد أقل من البالغين غير المدربين ؛ يختلف المنحدر أو معدل التغيير في الخطوط بشكل كبير ، فإن الرياضي (أو البالغ المدرب) الذي يتمتع باستجابة فعالة للقلب والأوعية الدموية للتمارين الرياضية يحقق امتصاصًا أعلى للأوكسجين قبل الوصول إلى معدل ضربات قلب دون الحد الأقصى من الشخص البالغ المستقر عند امتصاص الاوكسجين بمقدار ٢,٠ لتر في الدقيقة، يبلغ متوسط معدل ضربات قلب الرياضيين ٧٠ ضربة في الدقيقة أقل من معدل ضربات القلب لنظرائهم الذين لا يمارسون الرياضة.

بعد تدريب البالغ المستقر لمدة شهرين ، ينخفض الفرق في معدل ضربات القلب دون الحد الأقصى إلى ٤٠ ضربة دقيقة ، ويبقى الناتج القلبي كما هو هذا يعني أن أحجام الضربات الكبيرة مسؤولة عن معدلات ضربات القلب المنخفضة فإذا كان القلب يضخ كمية كبيرة من الدم مع كل نبضة ، فإن توصيل الدم الكافي (الاوكسجين) إلى العضلات النشطة لا يتطلب سوى زيادة صغيرة في معدل ضربات القلب والعكس صحيح بالنسبة لقلب ذي حجم نبضة صغير نسبيًا.

استخراج الأوكسجين Oxygen extraction

تزيد التدريبات الهوائية من الكمية القصوى للأوكسجين المستخرج من الدم الشرياني أثناء التدريب يؤدي التوزيع الأكثر فعالية للنتاج القلبي إلى العضلات العاملة والقدرة المعززة للألياف العضلية على استقلاب الأوكسجين إلى زيادة اختلاف الأوكسجين الشرياني الوريدي.

بالنسبة للبالغين يزداد فرق الأوكسجين الشرياني الوريدي بشكل مطرد أثناء التدريبات الخفيفة والمتوسطة إلى حد أقصى يصل إلى ١٥ مل من الأوكسجين لكل ديسيلتر من الدم بعد ٥٥ يومًا من التدريب ، زاد الحد الأقصى لاستخراج الأوكسجين للبالغين من ١٣٪ إلى ١٧ مل من الأوكسجين لكل ديسيلتر وهذا يعني أنه أثناء التدريب المكثف ، يطلق الدم الشرياني ما يقرب من ٨٥٪ من محتواه من الأوكسجين ، في الواقع تستخلص العضلات النشطة المزيد من الأوكسجين لأن اختلاف الأوكسجين الشرياني الوريدي يعكس متوسطًا يعتمد على أخذ عينات من الدم الوريدي المختلط تحتوي هذه العينة على الدم العائد من الأنسجة التي تستخدم كمية أقل بكثير من الأوكسجين أثناء التدريب مقارنة بالعضلات النشطة (على سبيل المثال ، الجلد والكلى والعضلات غير النشطة).

قيمة فرق الأوكسجين الشرياني الوريدي للبالغين ما بعد التدريب لأقصى غير المدربين سابقًا تساوي قيمة رياضيي التحمل من الواضح أن قدرة الناتج القلبي المنخفضة لدى البالغين تفسر الاختلاف الكبير في المعدل الأقصى لاستهلاك الأوكسجين الذي لا يزال يميز الرياضيين عن نظرائهم الأقل تدريبًا.

تدفق الدم وتوزيعه Blood flow and distribution

هناك ثلاثة عوامل تفسر تسبب التدريبات الهوائية في زيادة تدفق الدم في العضلات بشكل كبير أثناء ممارسة التمارين الرياضية القصوى:

١. تحسينات في الناتج القلبي الأقصى.

٢. إعادة توزيع (تحويل) الدم من المناطق غير النشطة التي تعرقل بشكل مؤقت تدفق الدم.

٣. زيادة الشعيرات الدموية داخل الأنسجة العضلية المدربة.

١٣- ضغط الدم Blood pressure

تقلل التدريبات الرياضية الهوائية من ضغط الدم الانقباضي والانبساطي أثناء الراحة والتدريبات دون الحد الأقصى التأثير الأكثر وضوحاً يحدث للضغط الانقباضي ، وخاصة للأشخاص المصابين بارتفاع ضغط الدم ، أن متوسط الضغط الانقباضي عند الراحة لسبعة مرضى ذكور في منتصف العمر انخفض من ١٣٩ إلى ١٣٣ ملم زئبق بعد ٤ إلى ٦ أسابيع من التدريب المتباعد انخفض الضغط الانقباضي عند التدريب دون الحد الأقصى من ١٧٣ إلى ١٥٥ ملم زئبق ، وانخفض الضغط الانبساطي من ٩٢ إلى ٧٩ ملم زئبق، تؤدي التدريبات الهوائية المنتظمة للرجال والنساء البالغين الذين كانوا مستقرين سابقاً من جميع الأعمار إلى خفض ضغط الدم الانقباضي بحوالي ٦ إلى ١٠ ملم زئبق يساهم الانخفاض الناجم عن التدريب في هرمونات الجهاز العصبي السمبثاوي (الكاتيكولامينات) في تقليل تأثير التمارين المنتظمة على ضغط الدم ، ويرجع عن طريق تقليل مقاومة الأوعية الدموية الطرفية لتدفق الدم يسهل الانتظام على التدريب أيضاً التخلص من الصوديوم في الكلى ، مما يقلل بالتالي من حجم السوائل وضغط الدم تمثل التدريبات الهوائية المنتظمة

خط الدفاع الأول المحكم في معظم البرامج العلاجية لإدارة ارتفاع ضغط الدم وتتطلب الارتفاعات الشديدة في ضغط الدم مزيجًا من النظام الغذائي وفقدان الوزن والتمارين الرياضية والتدخل الدوائي في النهاية.

١٤- التكيفات الرئوية pulmonary adaptations

يؤدي التدريب الهوائي إلى تغييرات في ديناميكا الرئة أثناء التدريب حيث تساهم هذه التغييرات في استجابة تنفس أكثر فاعلية لضغوط النشاط البدني.

نظام الرئة الصحي لغير المتدرب يتمتع بالقدرة الكافية على إدارة أي ضغوط إضافية قد تفرضها التمارين الرياضية عليه فان هذا الموقف تدعمه البيانات التي تشير إلى ذلك تسبب برامج التدريب الهوائية المطولة بتغيرات شكلية أو وظيفية قليلة في الرئة السليمة للبالغين وأظهرت الدراسات أن حجم الرئة يمكن حساب جيداً استناداً إلى الطول والعمر في الأفراد المشاركين في برامج التدريب وحيوي القدرة (VC) على ألا تتأثر قصيرة الأجل القائمة على ارض التدريب وبالتالي ، لجميع المقاصد والأغراض ، يبدو أن لا حجم الرئة ولا وظائف الرئة تتأثر عن طريق التدريبات الروتينية المكثفة.

من غير المعروف الوقت الحاضر ما إذا كانت أحجام الرئة الأكبر التي لوحظت عند السباحين هي ناتجة عن التدريب على السباحة ، هنالك زيادات في قوة عضلات الجهاز التنفسي ، تغييرات في الامتثال لجدار الصدر .

ويمكن أن يشمل التفسير أيضاً العوامل الانتقائية التي يتم انتقاء الرياضيين حسب التخصص حيث تكون فيها أحجام الرئة أكبر أو ملائمة يمكن أن تسمح وظيفية الرئة بتحسين أداء السباحة مثل زيادة عدد السكان الذين يمارسون السباحة ثم يبدأ

فسيولوجيا الرئة في الانحراف أكثر عن القيم العادية اي تحصل حالة تطور مع الزمن .

أظهر مؤخرًا السباحين المراهقين الذين كانوا يمارسون السباحة لمدة ١٢ أسبوعًا من ST كان فعالا مثل ST بالإضافة إلى الضغط الحاصل على عتبة الجهاز التنفسي نتيجة تدريب العضلات في إحداث تحسينات في الجهاز التنفسي مثل قوة العضلات و يبدو أن هذه الدراسات تشير إلى أن ST يحدث تأثيرات على الجهاز الرئوي متشابه ، إن لم يكن أكبر من تلك الخاصة بتدريب عضلات التنفس الصناعي المنفصل.

التدريب الأقصى

التطورات التي تحدث في الحد الأقصى لامتناص الاوكسجين مع التدريب تزيد من أقصى قدر من التهوية الدقيقة أثناء التدريب وهذا التكيف يعد منطقيًا من الناحية الفسيولوجية لأن القدرة الهوائية المحسنة تعكس استخدامًا أكبر للأكسجين والحاجة إلى التخلص من كميات أكبر من ثاني أكسيد الكربون عن طريق زيادة التهوية في الحويصلات الرئوية .

التدريب البسيط

يعمل التدريب على تحسين القدرة في الحفاظ على مستويات عالية من التهوية دون الحد الأقصى على سبيل المثال ، أدى تدريب الركض المنتظم لمدة ٢٠ أسبوعًا إلى زيادة تحمل عضلات التنفس بنسبة ١٦٪ لدى الرجال والنساء البالغين الأصحاء ويعمل التدريب على تحسين القدرة على الحفاظ على مستويات عالية من اللاكتات المتراكمة خلال تدريب التنفس دون الحد الأقصى ، ربما مع زيادة مستويات الإنزيم الهوائي في الجهاز العضلي التنفسي يقلل تعزيز القدرة على التحمل التنفسي من

الشعور بضيق التنفس والانزعاج الرئوي الذي كثيراً ما يعاني منه الأشخاص غير المدربين الذين يؤدون تمارين دون الحد الأقصى لفترات طويلة.

نستطيع ان نستنتج مما سبق ان التدريب الى ٤ اسابيع يقلل بشكل كبير من (الحد الأقصى لاستهلاك الاوكسجين) في التدريب وبالتالي ، فإن مستوى معين من امتصاص الاوكسجين دون الحد الأقصى يتطلب تنفس هواء أقل ؛ وهذا يقلل بدوره من النسبة المئوية لمصرفيات الاوكسجين الإجمالية لممارسة الرياضة التي تعزى إلى التنفس الذي يساهم بتوفير التهوية المعزز في أداء التحمل بطريقتين:

١. يقلل من الآثار السلبية الناتجة عن الارهاق للتمرينات على عضلات التنفس.
٢. يفرز الاوكسجين من عضلات الجهاز التنفسي لتستخدمه العضلات النشطة غير التنفسية.

يزيد التنفس البطيء من كمية الاوكسجين التي تستخلصها الحويصلات الهوائية من حجم الهواء المستنشق ، في حين أن هواء الزفير للأفراد المدربين يحتوي فقط على ١٤٪ إلى ١٥٪ أكسجين أثناء التدريب دون الحد الأقصى ، فإن الهواء المنتهي الصلاحية لشخص غير مدرب يحتوي على حوالي ١٧٪ أكسجين بنفس كثافة التدريب وهذا يعني أنه يجب على الشخص غير المدرب أن يقوم بتهوية المزيد من الهواء بشكل متناسب لتحقيق نفس امتصاص الاوكسجين دون الحد الأقصى.

١٥- تركيز اللاكتات في الدم Blood lactate concentration

قبل بداية تراكم اللاكتات في الدم (OBLA) أثناء ممارسة التمارين بكثافة متزايدة. يركز التفسير الكامن وراء هذا التأثير على ثلاثة احتمالات تتعلق بالتكيفات المركزية والمحيطية للتدريب التي تمت مناقشتها في هذا الفصل:

١. انخفاض معدل تكوين اللاكتات أثناء التدريب.

٢. زيادة معدل إزالة اللاكتات أثناء التدريب.

٣. الآثار المشتركة لتقليل اثار اللاكتات وزيادة إزالة اللاكتات.

تغييرات بنية الجسم Body structure changes

بالنسبة للأشخاص الذين يعانون من فرط الدهون أو زيادة الدهون ، فإن التمارين الهوائية المنتظمة تقلل من كتلة الجسم ودهون الجسم الزيادات في كتلة الجسم الخالي من الدهون يمكن ان يصاحب برنامجًا منتظمًا للتدريب على المقاومة بمختلف اشكالها.

ممارسة الرياضة فقط ، أو ممارسة الرياضة جنباً إلى جنب مع تقييد السرعات الحرارية تقلل الدهون في الجسم أكثر من الدهون المفقودة مع اتباع نظام غذائي فقط لأن التمارين الرياضية تحافظ على كتلة الأنسجة الخالية من الدهون في الجسم، وبالتالي فإن الاجزاء الناتجة عن اتباع نظام غذائي غير محكم تبرز بشكل واضح على العكس من ممارسة الرياضة لتحقيق هدف انخفاض الوزن .

تنظيم درجة الحرارة Temperature regulation

يتدرب الافراد المدربون هوائيا بشكل أكثر راحة في البيئات الحارة بسبب حجم البلازما الأكبر وآليات التنظيم الحراري الأكثر استجابة حيث يقوم الرجال والنساء المدربون بتبديد الحرارة بشكل أسرع وأكثر فعالية من الأشخاص غير المدربين بالنسبة للأفراد المدربين ، فإن الحرارة الأيضية الناتجة عن التمرينات لا تشكل ضرراً على أداء التمارين والسلامة بشكل عام.

تغييرات أداء التحمل Endurance performance changes

يرافق أداء التحمل تكيفات فسيولوجية مع التدريب ومثال على ذلك تطلب اختبار الأداء من الأشخاص محاولة الحفاظ على معدل عمل ثابت قدره ٢٦٥ واط لمدة ٨ دقائق أنتج التدريب انخفاضًا أقل في ناتج الطاقة أثناء اختبار التدريب ، فإن الانخفاض في الأداء الرياضي أمر لا مفر منه والأسباب الكامنة مهمة لفهمها حيث يؤثر هذا عددًا من الأسئلة جديرة الاهتمام ، بما في ذلك: كيف يتغير أداء التدريب القمة مع تقدم العمر؟ ما هي الآليات الفسيولوجية و العوامل المعدلة و المسؤولة عن العوامل المرتبطة بالعمر التي يمكن الرجوع إليها عند أداء التمرين؟ لماذا تفعل هذه الآليات والعوامل التي تتغير مع تقدم العمر؟ الغاية من هذا الاستعراض لمعالجة هذه القضايا في سياق أداء تمارين التحمل ، وهي عبارة عن مجموعة كبيرة نسبيًا من الأدلة التجريبية .

تحسن الأداء الرياضي لمستويات القمة بشكل كبير ، على الرغم من العمر الذي يتم تحقيق قمة الأداء في التصنيف الأولمبي و في مجال (ألعاب القوى) والسباحة والبيسبول والتنس والجولف ظلت ثابتة خلال هذه الفترة ، واعداد الكبار زادت مشاركتهم في الفعاليات التنافسية (عند بمعدل أكبر بكثير من الشباب) ، والتدريب وقد تطورت الممارسات لدى السادة الرياضيين حيث حققوا تطورات رائعة في ممارسة قمة الأداء ، وعلى سبيل المثال ، في ٢٠٠٥ Kozo سجل Haraguc الياباني رقمًا قياسيًا جديدًا للفئة العمرية في سباق ١٠٠ متر اندفاعة من ٢١,٦٩ ثانية في ٩٥ سنة في عام ٢٠٠٣ .

الفوائد النفسية Psychological benefits

تؤدي التمارين المنتظمة ، سواء أكانت التمارين الهوائية أو تدريبات المقاومة ، إلى فوائد نفسية بغض النظر عن العمر وغالبًا ما تحدث التغيرات بدرجة مساوية لتلك التي تحققت مع التدخلات العلاجية الأخرى لمدة ٨ دقائق.

١٦-العوامل التي تؤثر على استجابة التدريب الهوائي

Factors affecting aerobic training response

هدفان رئيسيان للتمارين الهوائية هما:

1. تعزيز قدرة الدورة الدموية الصغرى لتوصيل الاوكسجين

2. زيادة قدرة العضلات الفاعلة على استهلاك الاوكسجين

تشمل العوامل العديدة التي تؤثر على نتائج التمارين الهوائية المستوى الأولي للياقة القلبية الوعائية وتكرار التدريب ومدة التدريب وكثافة التدريب.

المستوى الابتدائي للياقة الدوري التنفسي

Elementary level of cyclic respiratory fitness

يؤثر المستوى الابتدائي للياقة الدوري التنفسي على حجم التحسن في التدريب حيث يحدث تحسن كبير عندما تظل اللياقة الأولية بمستوى منخفض ؛ وعلى العكس من ذلك ، فإن المستوى العالي بشكل استثنائي من اللياقة الأولية لا يترك مجالاً كبيراً للتطوير فعلى سبيل المثال ، يمكن أن يكون التحسن بنسبة ٥٪ في الوظيفة الفسيولوجية لرياضي المستوى العالي أكثر أهمية من الزيادة بنسبة ٢٥٪ بالنسبة لشخص كثير الجلوس. كمبدأ عام ، وتتراوح التحسينات في اللياقة البدنية الهوائية

بين ٥% و ٢٥% مع تدريبات التحمل. بعض هذا التحسن يحدث في الأسبوع الأول من التدريب.

عدد مرات التدريب

تؤدي ممارسة الرياضة لمدة ٣ أيام على الأقل في الأسبوع بشكل عام إلى بدء تغييرات في النظام الهوائي التكيفي و تشير العديد من الدراسات البحثية إلى تحسينات عند التدريب مرة واحدة فقط في الأسبوع بشكل عام ، تحدث استجابة التدريب مع أداء التدريب ثلاث مرات أسبوعياً لمدة ٦ أسابيع على الأقل ومن المثير للاهتمام، أن العديد من الدراسات تظهر أن التدريب أربع أو خمس مرات في الأسبوع لم ينتج عنه سوى تحسينات فسيولوجية أكبر قليلاً مقارنةً بالتدريب ثلاث مرات في الأسبوع اما بالنسبة للشخص العادي ، فإن التحسن الطفيف في الوظيفة الفسيولوجية كما تم قياسه بواسطة اقصى معدل لاستهلاك الاوكسجين قد لا يتضمن استثماراً مضافاً لمدة يوم أو يومين في التدريب.

مدة التدريب

يتعلق أحد الاستفسارات الشائعة حول المشاركة في التدريب بمدّة التدريبات اليومية، هل توفر ١٠ دقائق من الركض ضعف فوائد ٥ دقائق؟ هل سيوفر الركض لمدة دقيقتين أو ثلاث دقائق تكرر ثماني إلى عشر مرات فوائد تدريب أكبر من الركض المستمر لمدة ٢٠ إلى ٣٠ دقيقة بكثافة مماثلة؟ تظل الإجابات الدقيقة على هذه الأسئلة بعيدة المنال بسبب الفهم غير الكامل للآليات التي تقوم عليها تحسينات اللياقة البدنية الهوائية والمعايير المناسبة للتقييم. بشكل عام ، يؤدي أداء تدريب أقل شمولاً ومتوسط الإيقاع لمدة ٣٠ دقيقة على الأقل كل وحدة تدريبية إلى إنشاء توصية محددة بمدّة التدريب للشخص العادي و في المقابل ، يخصص معظم لاعبي التحمل

التنافسي عدة ساعات في كل جلسة تدريبية للأنشطة التي تعزز القدرة الوظيفية للنظام الهوائي.

شدة التدريب

يمثل العامل الأكثر أهمية للتدريب الهوائي الناجح حيث تعكس شدة التدريب عمومًا متطلبات الطاقة للنشاط لكل وحدة زمنية وأنظمة طاقة محددة يتم تنشيطها فيما يتعلق بقدرة الفرد على توليد الطاقة الانية حيث يمكن للمرء أن يعبر عن شدة التدريب بإحدى الطرق الآتية:

١. السرعات الحرارية المستهلكة لكل وحدة زمنية.
٢. مستوى التدريب أو اخراج الطاقة.
٤. النسبة المئوية ل اقصى معدل لاستهلاك الاوكسجين.
٥. معدل ضربات القلب أو النسبة المئوية من الحد الأقصى لمعدل ضربات القلب.
٦. مضاعفات معدل الأيض أثناء الراحة (METs).

توفر مراقبة معدل ضربات القلب أثناء التدريب الى حد بعيد الطريقة الأكثر عملية لتقييم شدة التدريب او التدريب وكثيرًا ما يستخدم الباحثون معدل ضربات القلب لبناء برنامج تدريبي وتقييم فعالية شدة التدريب. بالنسبة للرجال والنساء في (سن الجامعة)، ويجب أن تصل التدريبات الرياضية إلى شدتها لرفع معدل ضربات القلب إلى ١٣٠ إلى ١٤٠ ضربة في الدقيقة. هذا يعادل حوالي ٥٠٪ إلى ٥٥٪ من اقصى معدل لاستهلاك الاوكسجين أو ٧٠٪ HR كحد أقصى ، تمثل كثافة التدريب هذه الحد الأدنى من التحفيز لتحسين القلب والأوعية الدموية فقد أثبتت التدريبات الأكثر كثافة

أنها أكثر فعالية على العكس من ذلك ، يؤدي تمديد مدة التدريب إلى تحسين اللياقة البدنية لدى الأشخاص الغير مدربين.

التدريبات الشاقة

يمثل معدل ضربات القلب عند التدريب ٧٠٪ الحد الأقصى لضربات القلب تمريناً معتدلاً يمكن أن يستمر لفترة طويلة مع القليل من الضغط الفسيولوجي أو بدونه يصف مصطلح تدريب المكثف هذا المستوى التدريبي (أي مكثف بدرجة كافية لتحفيز تأثير التدريب ولكن ليس شاقاً للغاية ، فهو يحد من قدرة الشخص على التحدث أثناء التدريب).

الشخص الذي بدأ التدريب بالمشي البطيء يمشي الآن بسرعة أكبر. في نهاية المطاف ، تشمل فترات التدريب الركض في النهاية ، تتطلب ممارسة التمارين الرياضية بمعدل ضربات القلب الركض المستمر ، ويوجد حد أدنى من شدة عتبة التحمل لا يحدث تحته تأثير التدريب ؛ قد يوجد سقف أيضاً حيث لا ينتج عن التمرينات عالية الكثافة مكاسب أخرى. تعتمد الحدود الدنيا والعليا لمنطقة التدريب على عمر المشارك ومستوى اللياقة الأولي وحالة التدريب بالنسبة للأشخاص الذين يعانون من ضعف اللياقة البدنية نسبياً ، بما في ذلك كبار السن من الرجال والنساء ، فإن عتبة التدريب تقترب من ٦٠٪ إلى ٦٥٪ من أقصى معدل لضربات القلب ، وهو ما يعادل حوالي ٤٥٪ من استهلاك الأوكسجين الأقصى. لا يزال الحد الأقصى لشدة التدريب غير معروف ، على الرغم من أن ٩٠٪ من معدل ضربات القلب ربما يمثل الحد الأعلى فوق هذا المستوى ، الزيادة في كثافة التدريب تجهد الجهاز اللاهوائي لنقل الطاقة بشكل أساسي.

ما هي المدة التي يستغرقها التحسن؟

عادة ما تحدث التكييفات الإيجابية في اللياقة الدوري التنفسي والقدرة الهوائية مع التدريب في غضون عدة أسابيع بعد بدء برنامج التدريب نسبة مطلقة للتحسينات ونسبة الحد الأقصى لاستهلاك الاوكسجين ، للرجال الذين تدربوا ٦ أيام في الأسبوع لمدة ١٠ أسابيع تألف التدريب من ٣٠ دقيقة من ركوب الدراجات لمدة ٣ أيام في الأسبوع مع الركض لمدة تصل إلى ٤٠ دقيقة في أيام بديلة أنتج هذا تحسناً مستمراً أسبوعاً بعد أسبوع في القدرة الهوائية.

تأثير المناخ على نظام القلب والأوعية الدموية

The effect of climate on the cardiovascular system

يشعر حوالي ٦٠ - ٦٥٪ من المرضى المزمنين الذين يعانون من أمراض القلب والأوعية الدموية بتغيرات في العوامل الجوية ويلاحظ هذا بشكل خاص في الربيع والخريف ، مع تقلبات كبيرة في الضغط الجوي ودرجة حرارة الهواء والتغيرات في المجال المغنطيسي الأرضي للأرض.

يواجه المرضى المزمنون الذين يعانون من تصلب الشرايين الدماغية صعوبة في تحمل هجوم الجبهات الهوائية ، مما يتسبب في تغير متباين في الطقس ، يزداد عدد أزمات ارتفاع ضغط الدم ، وتفاقم أمراض القلب والأوعية الدموية ، ونتيجة للتحضر والتصنيع ، يقضي معظم الناس حياتهم في الداخل ، لا يتعرض جسم الإنسان للتأثيرات المناخية للبيئة الخارجية و يصبح من الصعب أكثر فأكثر على جسم الإنسان التكيف مع الظروف الجوية المتغيرة في الهواء الطلق وهذا يتعلق بعمليات التنظيم الحراري.

عندما تتعطل العلاقة بين جسم الإنسان والبيئة الخارجية ، يعاني من مشاكل في نظام القلب والأوعية الدموية ، وهي الأزمات واحتشاء عضلة القلب والسكتات الدماغية لمنع مضاعفات أمراض القلب والأوعية الدموية لدى المرضى المزمنين .

الخاتمة

سعيًا من أجل اخراج هذا الكتاب ليكون عونًا للباحثين والمدرّبين وطلّبة الدراسات العليا ممن اتخذوا لفسولوجيا التدريب الرياضي طريقاً للوصول إلى المستويات العليا وخلق حالة التطور لدى اللاعبين من مختلف التخصصات الرياضية ولجميع الفئات العمرية بما فيها المستويات العليا .

ولكون الجهاز التنفسي وعلاقته بأداء القلب والدورة الدموية يعد العمود الفقري لتطوير التدريب الرياضي كون أن الخوض في عالم التنفس يمهد الطريق ويوجه القدرات الرياضية تبعاً للإمكانيات الوظيفية .

يعمل القلب والجهاز التنفسي على تحديد مستويات الرياضيين وحدود إنجازاتهم لذلك حرص هذا الكتاب على الخوض في نشاط الجهاز التنفس والقلب والعلاقة المحكمة بينهما

نتمنى ان نكون حققنا قدراً يسيراً من الجهد على طريق خدمة الحركة الرياضية في العراق

ومن الله التوفيق

أ.د عبد الزهرة الربيعي

المصادر العربية

- ١- ابو العلا احمد عبد الفتاح : التدريب الرياضي الاسس الفسيولوجية ، ط ١ ، دار الفكر العربي ، ١٩٩٧ م ، ص ١٦١-١٦٢ .
- ٢- احمد وليد عبد الرحمن : علاقة بعض وظائف الجهاز التنفسي بمستوى الانجاز الرياضي لعدائي المسافات المتوسطة 800 م ، جامعة الموصل ، 1500 م ، ص ٤١٣ .
- ٣- بهاء الدين ابراهيم سلامة : فسيولوجيا الرياضة والاداء البدني ، ط ١ ، دار الفكر العربي ، القاهرة ، ٢٠٠٠ ، ص ٥٢-٨٢ .
- ٤- ريسان خريبط : المجموعة المختارة في التدريب وفسيولوجيا الرياضة ، ط ١ ، مركز الكتاب للنشر ، القاهرة ، ٢٠١٤ ، ص ٥١٨ .
- ٥- محمد حازم يونس و امجد حاتم احمد : دراسة مقارنة في بعض متغيرات الجهاز التنفسي بين حالتى الراحة والجهد عند اختلاف درجات الحرارة لدى السباحين" ، جامعة الموصل /كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة ، 2021 ، ص ٩٨٦ .
- ٦- محمد صبحي حسانين : القياس والتقويم في التربية البدنية والرياضة ، ط ٣ ، دار الفكر العربي ، القاهرة ، ١٩٩٥ ، ص ٢٩٩ .
- ٧- هادي فيصل سعدون : اثر التغيرات المناخية على الانسان وصحته من منظور جغرافي ، لجامعة المستنصرية- مجلة كلية التربية ، ٢٠١٩ ، ص ٥٠٣ .

المصادر الأجنبية

- 1-Aaron, E.A., et al.: Oxygen cost of exercise hyperpnea: Implications for performance. J. Appl. Physiol., 75: 1818, 1992.
- 2-American College of Sports Medicine Position Stand: Physical activity, physical fitness, and hypertension. Med. Sci. Sports Exerc., 25: i-x, 1993.
- 3-American Thoracic Society Standardization of spirometry— 1994 update. Am J Respir Crit Care Med 152:1107-1136.
- 4-Bar-Or, O., and Inbar, O.: Swimming and asthma—benefits and deleterious effects. Sports Med., 14: 397, 1992.
- 5-Bisschop A, Gayan-Ramirez G, Rollier H, Gosselink R, Dom R, de Bock V, Decramer M (1997) Intermittent inspiratory muscle training induces fiber hypertrophy in rat diaphragm. Am J Respir Crit Care Med 155:1583-1589.
- 6-Borromeo CN, Ryan JL, Marchetto PA, et al. Hyperbaric oxygen: With further research it should be possible to generate therapy for acute ankle sprains. Am J Sports Med 1997; 25: 619-25.
- 7-Cardiovascular Adaptation in Athletes Richard Kovacs, MD¹ & Aaron L. Baggish, MD² Krannert Institute of Cardiology, Indiana University School of Medicine, Indianapolis, IN Cardiovascular Performance Center, Massachusetts General Hospital, Boston,
- 8-Chevrolet, J.C., et al.. Alterations in inspiratory and leg muscle force and recovery pattern after a marathon. Med. Sci. Sports Exerc., 25: 501, 1993.
- 9-Cognition in Late Middle-Aged Adults at Risk for Alzheimer's Disease> Cordain, L., et al.: Lung volumes and maximal respiratory pressures in collegiate swimmers and runners. Res. Q. Exerc. Sport, 61:70, 1990

- 10–Coyle, E. F.: Cardiovascular function during exercise: neural control factors. *Gatorade Sports Science Institute: Sports Science Exchange*, 4 (34): 1991.
- 11–Davis, J.A.: Anaerobic threshold: Review of the concept and directions for future research. *Med. Sci, Sports Exerc.*, 17:6, 1985.
- 12–Derek Kingsley¹ and Arturo Figueroa: Human Performance and Autonomic Studies Laboratory, Kent State University, Kent, OH, USA and Department of Nutrition, Food and Exercise Sciences, The Florida State University, Tallahassee, FL, USA
- 13–Effects of Aerobic Exercise Training on Systemic Biomarkers and Eldridge, F... Central integration of mechanisms in exercise hyperpnea. *Med Sci Sports Exerc.*, 26, 319, 1994.
- 14–Fagard, R.H., and Tipton, C.M. *Physic activity, fitness, and hypertension in Physical Activity, Fitness, and Health* ed by Bouchard, C., et al. Champaign IL, Human Kinetics, 1994.
- 15–Fagard, R.H., et al.: The effect of gender aerobic power and exercise hemodynamics in hypertensive adults. *Med St. Spons Exerc.*, 27: 29, 1995.
- 16–Fleck, S. J. Cardiovascular adaptations to resistance training, *Med Sci Sports Exerc* 20: S146, 1988.
- 17–Hagberg I.M., et al: Pulmonary function in young and older athletes and untrained men. *J. Appl Physiol.*, 65:101, 1088
- 18–Herd, J. Cardiovascular response to stress. *Physiol. Revs.*, 71: 305, 1991.
- 19–Hollooszy, J. O., and Coyle, E. F.: Adaptations of skeletal muscle to endurance Hyperbaric Oxygen as an Adjuvant for Athletes Yoshimasa Ishii, Masataka Deie, Nobuo Adachi, Yuji Yasunaga, Patrick Sharman, Yutaka Miyayama² and Mitsuo Ochi

20–Johnson, B.D., et al.: Exercise induced diaphragmatic fatigue in healthy humans. *J. Physiol. (Lond)* 400: 382, 1903.

21–Julian M. Gaitanidis^{1†}, Hyo Youl Moon^{2,3,4,5} ORIGINAL RESEARCH published: 20 May 2021 doi:

22–Kovacs, R., & Baggish, A. L. (2016). Cardiovascular adaptation in athletes. *Trends in Cardiovascular Medicine*, 26(1),46–52 .

23–Laughlin, M.H., et al.: Physical activity and the microcirculation in cardiac and skeletal muscle. In *Physical Activity, Fitness, and Health*, Edited by Bouchard, C., et al., Champaign, IL, Human Kinetics, 1994.

24–Luetkemeier, M. and Thomas, E Hypervolemia and cycling time course performance. *Med. Sci. Sports Exerc*, 28. 503, 1994.

25–Massic, B. M.: To combat hypertension, increase activity. *Phys. Sportsmed*, 20:89K1998 .

26–Miles, D. S., et al.: Cardiovascular responses to upper body exercise in normals and cardiac patients. *Med. Sci. Sports Exerc* 21: S126, 1989.

Nye, P.C.G.: Identification of peripheral chemoreceptor stimuli. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 26: 311, 1994.

27–Pulmonary adaptations to swim and inspiratory muscle training Reff, D.B., et al. The effect of prolonged submaximal warm-up on exercise-induced asthma. *Am. Rev. Respir. Dis.* 139–479, 1989.

28–Rowell, L.B.: *Human Cardiovascular Control*. Cary, NC, Oxford University Press, 1994.

29–Smith, M.A., et al.: Assessment of beat to beat changes in cardiac output during the Valsalva maneuver using bioimpedance cardiology. *Clin. Sci.*, 74:423, 1987.

30–Timothy D. Mickleborough ^Æ Joel M. Stager ^Æ and Ken Chatham ^Æ Martin R. Lindley Pulmonary adaptations to swim and inspiratory muscle training : *Eur J Appl Physiol* (2008) 103:635–646 .

31–Timothy D. Mickleborough Æ Joel M. Stager Æ Ken Chatham Æ Martin R. Lindley Æ Alina A. Ionescu Accepted: 28 April 2008 / Published online: 14 May 2008

32–Tipton, C. M.: Exercise, training, and hypertension: an update. In Exercise and Sport Sciences Reviews. Vol 19. Edited by J. O. Holloszy. Baltimore, Williams & Wilkins, 1991.

33–Toner, M. M., et al.: Cardiovascular adjust- ment to exercise distributed between the upper and lower body. Med. Sci. Sports Exerc., 22: 773, 1990.

34–training and their metabolic conse- quences. J. Appl. Physiol., 56: 831, 1984.

35– Intensive Carmedicin of cardiac 31(6) 22–818 joseph 2020 .

36–Wasserman, K., and Koike, A.: Is the anaerobic threshold truly anaerobic? Chest, 101:2115, 1992.

المصطلحات

ت	المصطلح	المفهوم
١	L D H	انزيم موجود في جميع خلايا الجسم الحية يعمل على حامض البروفيك الى الالكتات وبالعكس.
٢	LAD	وهو شريان الحياة المسؤول عن تغذية معظم أجزاء القلب ويتفرع لعدة شرايين قطري DIAGONAL والشريان المنعكس LCX ويتفرع منه عدة شرايين om و الجملة اليمنى الشريان الأيمن .
٣	PO2	يقيس ضغط الأوكسجين في الدم الشرياني- أي الدم القادم مباشرة من القلب بعد مروره في الرنتين. لذا من المتوقع أن يكون ضغط الأوكسجين مرتفعاً. - الضغط الجزئي لثاني أوكسيد الكربون (PCO2): يقيس ضغط ثاني أوكسيد الكربون في الدم الشرياني.
٤	Hb	المكوّن الذي يَحْمَل الأكسجين في خلايا الدم الحمراء ويسمى (هيموغلوبين).
٥	ATP	جزء يلعب دوراً في نقل وتخزين الطاقة التي يحتاجها الجسم لأداء مختلف العمليات الحيوية ويسمى (ادينوسين ثلاثي الفوسفات).
٦	HCO	حمض الكربونيك هو الحمض يوجد في المحاليل الناتجة عن حل غاز ثاني أكسيد الكربون في الماء، وله الصيغة الكيميائية H2CO3. أملاح حمض الكربونيك هي البيكربونات HCO3- والكربونات CO3 ²⁻ ، وهو من الأحماض الضعيفة. يلعب حمض الكربونيك دوراً أساسياً في ضبط pH الوسط بالنسبة للماء والدم في الجسم.
٧	VO2MAX	أكبر سعة الجسم لاستيعاب الأكسجين في حالة بذل أكبر مجهود في الدقيقة. وتقاس تلك الخاصية بالمليتر أكسجين لكل دقيقة (مليتر O2/دقيقة). وقد تستخدم الخاصية VO2max كمقياس لتقييم قدرة شخص على بذل مجهود جسماني.
٨	VT	هو اضطراب في نظم القلب (اضطراب النظم القلبي) ناتج عن إشارات كهربائية غير طبيعية في غرف القلب السفلية (البطينين). وقد تسمى هذه الحالة أيضاً VT أو V-tach
٩	HCL	هو حمض معدني قوي، وهو محلول مائي لغاز كلوريد الهيدروجين HCl؛ يعدّ حمض الهيدروكلوريك المكوّن الرئيس للعصارة الهضمية، والتي تساعد على استفادة الجسم من الغذاء.
١٠	NaHCO3	كربونات الصوديوم الحامضية هو مركب كيميائي له الصيغة NaHCO3. تعرف أيضا ب صودا الخبز.

سيرة المؤلف



الاستاذ المتمرس الدكتور عبد الزهرة حميدي الربيعي
يشغل منصب معاون عميد كلية الكوت الجامعة للشؤون العلمية

* حصل على شهادة الماجستير سنة ١٩٨٣ من Vanderbilt University - الولايات المتحدة الامريكية.

* حصل على شهادة الدكتوراه سنة 1995 من جامعة البصرة / العراق.

* حصل على مرتبة الاستاذية سنة 1998 من جامعة البصرة / العراق.

* حصل على لقب استاذ متمرس سنة 2021 من كلية الكوت الجامعة.

المهام التي انيطت به خلال عمله الاكاديمي:

* عضو هيئة تدريسية في كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة في جامعة البصرة للفترة (1983 - 1998) .

* معاون عميد كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة في جامعة البصرة للفترة (1983-1992).

* عضو هيئة تدريسية في قسم التربية البدنية في كلية الآداب Sebha University ليبيا (2004-2005).

* عضو هيئة تدريسية في قسم التربية البدنية وعلوم الرياضة بكلية الكوت الجامعة منذ سنة 2019.

النتائج العلمية والمؤلفات:

* تم تأليف عدة كتب في مجال التخصص التدريب الرياضي وفسولوجيا التدريب الرياضي وعدد من الالعاب الفرقية.

* نشر أكثر من خمسين بحثاً في مجال التخصص الرياضي في مجلات عالمية ومحلية.

* رئيس لجنة مناقشة لعدد من رسائل الماجستير وأطاريح الدكتوراه داخل وخارج العراق.

* عضو لجنة مناقشة لعدد من رسائل الماجستير وأطاريح الدكتوراه داخل وخارج العراق.

* المشاركة في عدة مؤتمرات دولية ومحلية خارج و داخل العراق بصفة باحث.