

About the importance of physical exercise in human physiology

Sobre a importância do exercício físico na fisiologia humana

Maria Inês Amaro Pedrosa & Luís Monteiro Rodrigues

CBIOS-UDE, Research Center for Health Science and Technologies , Universidade Lusófona &
Experimental Physiology Lab, Faculty of Pharmacy, University of Lisbon
E-mail: monteirorodrigues.dcs@ulusofona.pt

Abstract

The importance of physical activity is sometimes underestimated. A proper understanding of Exercise Physiology and its integration into exercise programs fitting everyone's needs, enables the prevention of some diseases and favours rehabilitation, while promoting health in general. Regular exercise brings multiple benefits to every individual, providing that it's suited to their specific characteristics. Physical activity enhances performance, metabolism and body constitution, both in health and disease (cardiovascular, metabolic, cancer) and enables us to minimize or to delay age-related impairment of several body functions. Thus, physical inactivity must be counteracted by promoting physical exercise in children as in adults, so they can adopt healthier lifestyles and minimize risk factors. The aim of this work is to review the fundamentals of Exercise Physiology and highlight the core points that should motivate us to fight the sedentary lifestyle and look for a better quality of life through physical activity.

Keywords: physiology, exercise, sports, health promotion, active ageing.

Resumo

A importância da actividade física é muitas vezes subestimada. A compreensão da Fisiologia do Exercício e a sua integração em programas de exercício adequados às necessidades de cada indivíduo ajudam a prevenir algumas doenças e facilitam a reabilitação, enquanto promovem a saúde em geral.

O exercício físico regular envolve múltiplos benefícios para todas as pessoas, desde que apropriado às suas características. A actividade física melhora o desempenho, o metabolismo e a constituição física, tanto no indivíduo são como na doença (cardiovascular, metabólica, cancro), e permite minimizar ou retardar a perda progressiva de funções relacionada com o envelhecimento. A inactividade deve assim ser contrariada através da promoção da actividade física quer nos mais jovens quer nos adultos, para que se adoptem estilos de vida saudáveis que minimizem os factores de risco.

O presente trabalho visa rever os fundamentos da Fisiologia do Exercício e chamar a atenção para os pontos fulcrais que devem motivar o combate ao sedentarismo e a procura de mais e melhor qualidade de vida através da actividade física.

Palavras-chave: fisiologia, exercício, desporto, promoção da saúde, envelhecimento activo.

Introduction

Physical exercise, whether it be in a leisure or in an applied context (regular sports training), involves many complexities, where the study of the physiological adaptations to the exercise plays a key role.

Exercise Physiology consists of the study of functional changes in the body after exposure to a physical activity or to the acute or chronic stress of training. Sports Physiology applies the principles of Exercise Physiology to the athlete's training and to performance enhancement. The very close relation between these two subjects makes it difficult to distinguish them from one another^[1].

Current thinking in the areas of Exercise and Sport Physiology is based on the constant updating of past discoveries, along with the evolution of related scientific areas such as Biology and Chemistry, and their integration (Table 1)^[1,2,3].

Introdução

O exercício desempenhado num contexto lúdico, de bem-estar, ou num contexto aplicado (prática desportiva regular) envolve inúmeras complexidades, em que o estudo da adaptação fisiológica ao exercício desempenha um papel principal.

A Fisiologia do Exercício consiste no estudo das alterações funcionais do corpo quando exposto ao stress agudo da actividade ou ao stress crónico do treino. A Fisiologia do Desporto aplica os princípios da Fisiologia do Exercício ao treino de atletas e ao desenvolvimento do seu desempenho desportivo. Estas disciplinas estão tão intimamente ligadas que se torna difícil distingui-las^[1].

O estado actual do conhecimento na Fisiologia do Exercício e do Desporto assenta nas descobertas do passado e está em constante actualização, a par da evolução de áreas científicas relacionadas, como a Biologia e a Química, e da sua integração (Tabela 1)^[1,2,3].

Table 1 - Evolution of the Exercise Physiology 1-4

Tabela 1 - Evolução da Fisiologia do Exercício 1-4

CENTURY SÉCULO	LANDMARKS ACONTECIMENTO
~ IX DC / AC	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Olympic Games draw attention to health and exercise
129-216 AC / DC	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jogos Olímpicos chamam a atenção para a relação exercício e saúde ▪ Galeno publishes the first papers about exercise physiology ▪ The Gladiators rehabilitation is an advanced theme
XVI	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Galeno produz trabalhos sobre a fisiologia do exercício ▪ A recuperação dos Gladiadores é um tema de conhecimento avançado ▪ Renaissance allows a new approach to anatomy and physiology
XVII	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O Renascimento permite uma nova abordagem da anatomia e da fisiologia
XIX early início	<ul style="list-style-type: none"> ▪ The Optical Microscope identifies the muscular fibers ▪ O Microscópio Óptico identifica as fibras musculares
1891 late tardio	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Circulatory and Respiratory physiology emerges ▪ Desenvolvimento da fisiologia da circulação e da respiração
XX early início	<ul style="list-style-type: none"> ▪ University of Harvard creates the first Exercise Laboratory ▪ A Universidade de Harvard cria o 1º laboratório dedicado ao estudo do exercício ▪ Bioenergetics, clinical chemistry and movement mechanics emerges. ▪ Scientific knowledge sharing and exchanges begins.
XX 60's	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desponha o estudo da bioenergética, da química clínica e da mecânica do movimento. ▪ Começa a troca e partilha de conhecimento científico ▪ Biochemistry allows to assess muscular metabolism ▪ Electron scan microscope → Deeper look into the muscular response to exercise ▪ A Bioquímica permite aceder ao metabolismo muscular ▪ Microscópio electrónico permite aprofundar a resposta muscular ao exercício

It is important to stress the impact and the continuous study of the promotion of physical activity and well-being in ageing, illness and rehabilitation. Additionally, the aim is to improve sport performance and optimise the conditioning factors such as nutrition^[1].

The organisations and publications related to Exercise Physiology have been growing significantly worldwide, motivated by the research activities in the field of physical activity, in order to satisfy the needs of professionals in order that they are able to promote quality of life, health and better physical performance^[2,4].

The modern lifestyle has favoured a sedentary behaviour. Technology reduces the amount of energy required to perform daily activities, namely the professional tasks, and there is an insufficient participation in physical activities during leisure time. On the other hand, feeding patterns are becoming less healthy, with caloric intake exceeding energy use, high glycaemic index, high levels of fat (especially saturated fat), excess of sodium and deficiency in fruits, vegetables and fibres. Unhealthy diets and physical inactivity are the most important risk factors for common chronic diseases^[5,6,7,8].

As human beings are not adapted to this inactive lifestyle, it is important to maintain a physical activity that helps promote muscle, bone, joint and mental health and reduces the risk of early mortality and coronary disease, hypertension, cancer and diabetes^[5,6,7,9]. The benefits of regular physical activity are felt at every stage of life, from childhood to old age, irrespective of race, ethnical group or the existence of chronic limitations or deficiencies^[5,7,9].

In the light of all this evidence on the positive impact of physical activity on health, the aim of this work is to update the concepts on Exercise Physiology and to identify the importance of regular exercise in disease prevention and rehabilitation, and in the management of specific pathophysiological processes such as growth and ageing.

Acute and Chronic Responses to Exercise

The study of physical exercise and its impact on human physiology comprises two fundamental perspectives – one regarding the changes related to a single episode of exercise, **the acute responses**, and another regarding the effects of repeated physical exercise (training), **the chronic responses**^[1] (table 3).

É de salientar o interesse e o estudo continuado do impacto da actividade física na promoção da saúde e do bem-estar, no envelhecimento, na doença e na reabilitação. Por outro lado, há o objectivo de aumentar o desempenho desportivo procurando optimizar os factores que o condicionam, como a nutrição^[1].

As organizações e publicações relacionadas com a Fisiologia do Exercício cresceram bastante a nível mundial, motivadas pelas actividades de investigação no campo da actividade física e para dar resposta às necessidades dos profissionais, de forma a promoverem a qualidade de vida, a saúde e um melhor desempenho físico^[2,4].

Os ritmos e padrões actuais de vida têm promovido o sedentarismo. As tecnologias reduzem a energia necessária para a realização das actividades físicas diárias, nomeadamente as profissionais, e há uma insuficiente participação em actividade física durante os tempos de lazer. Por outro lado, os padrões da alimentação são cada vez menos saudáveis, com desequilíbrio do balanço entre o aporte calórico e o seu consumo, elevado índice glicémico, elevado teor de lípidos principalmente saturados, excesso de sódio e insuficiência de frutas, vegetais e fibras. As dietas incorrectas e a inactividade física são os factores de risco com maior importância nas doenças crónicas mais comuns^[5,6,7,8].

O ser humano não está adaptado ao estilo de vida inactivo, sendo importante manter actividade física para promover uma boa saúde muscular, óssea, articular e mental e reduzir os riscos de mortalidade precoce e doença coronária, hipertensão, cancro e diabetes^[5,6,7,9].

Os benefícios da actividade física regular fazem-se sentir em todas as fases da vida, da infância ao envelhecimento, independentemente do grupo racial e étnico, ou da existência de limitações crónicas ou deficiências^[5,7,9].

Perante todas estas evidências do impacto da actividade física na saúde, os objectivos deste trabalho são, para além da actualização dos conceitos associados à Fisiologia do Exercício, identificar a importância do exercício regular na prevenção e reabilitação da doença e no controlo de processos fisiopatológicos especiais como o crescimento e o envelhecimento.

Respostas Fisiológicas Agudas e Crónicas ao Exercício

O estudo do exercício físico e do seu impacto sobre a fisiologia humana desenvolve-se em duas perspectivas fundamentais - sobre alterações relacionadas com um episódio individual de exercício, **as respostas agudas**, e sobre os efeitos do exercício repetido no tempo (treino), **as respostas crónicas**^[1] (Tabela 3).

The body adapts when exposed to weeks of regular exercise . These changes are specific to the type of training – aerobic training and/or muscular resistance training. Aerobic activity, which involves repetitive exercises of the large muscles of the body over a long period and which uses mainly the aerobic systems for energy production, develops the cardiovascular and respiratory capacities and increases the efficiency of the metabolic systems. The muscular resistance training is designed to boost strength, power and resistance and increase muscular mass ^[1,5,9].

a. Neuro-humoral responses:

During physical activity there is a complex interaction between the nervous system and endocrine secretion ^[4]. Exercise causes a neuronal influx to the hypothalamus which promotes the release of hormones from the anterior pituitary, such as the adrenocorticotrophic hormone (ACTH), the growth hormone (GH) and the gonadotropic hormones (FSH and LH) (figure 1). ACTH is active in the adrenal cortex affecting the release of cortisol, which stimulates the increase in glycaemia required for the function of the muscles and the nervous system. After a sustained episode of exercise, the action of cortisol on lipolysis is replaced by the growth hormone, which is also responsible for tissue remodelling ^[4,5].

Quando há exposição regular ao exercício durante semanas, o corpo adapta-se. Estas adaptações são específicas para o tipo de treino a que o indivíduo é sujeito – treino aeróbico e/ou treino da resistência muscular. A actividade aeróbica, envolvendo exercícios repetitivos dos grandes músculos do corpo por um período mantido no tempo e usando principalmente os sistemas aeróbios de produção de energia, desenvolve a capacidade cardiovascular e respiratória e aumenta a eficiência dos sistemas metabólicos. O treino da resistência muscular é o tipo de exercício desenhado para aumentar a força, potência, resistência e massa musculares ^[1,5,9].

a. Respostas neuro-humorais agudas:

Durante o exercício físico há uma complexa interacção entre o sistema nervoso e a secreção endócrina ^[4]. O exercício provoca um influxo neuronal para o hipotálamo que promove a libertação de hormonas por parte da hipófise anterior, como a hormona adrenocorticotrópica (ACTH), a hormona de crescimento (GH) e as hormonas gonadotrópicas (FSH e LH) (figura 1). A ACTH actua no córtex supra-renal afectando sobretudo a libertação de cortisol que estimula o aumento da glicemia, necessário para o funcionamento dos músculos e do sistema nervoso central. Quando o episódio de exercício é prolongado há substituição da acção do cortisol na lipólise pela hormona de crescimento, também responsável pela remodelação dos tecidos ^[4,5].

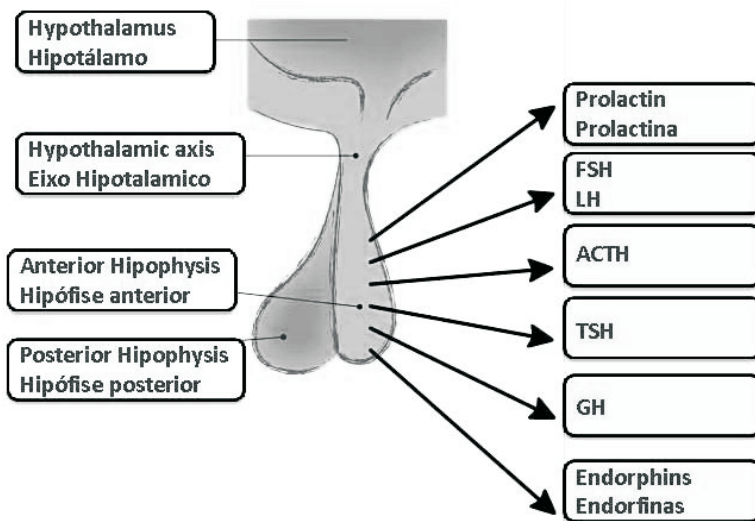


Figure 1 - Hypothalamic-Hipophysary axis showing the hormonal production in the anterior hypophysis (FSH – Folicule stimulating hormone; LH – Luteal hormone; ACTH – Adrenal cortex stimulating hormone; TSH – Tiroid stimulating hormone; GH-Growth hormone) (adapted from Ref4)

Figura 1 - Eixo Hipotalâmico-Hipofisário e produção hormonal da Hipófise anterior (FSH – Hormona foliculo-estimulante; LH – hormona luteinizante; ACTH – hormona estimulante do córtex supra-renal; TSH-hormona estimulante da tiróide; GH-Hormona de crescimento) (adaptado de Ref.4)

The neuronal impulses from the hypothalamus stimulate the adrenal medulla to release catecholamines that increase glycaemia and affect the cardiovascular and respiratory systems. The catecholamines inhibit insulin production, and the reduction of glycaemia stimulates the release of glucagon, promoting the release of glucose which is needed for energy production^[4,5].

The hydroelectric equilibrium is maintained by the antidiuretic hormone (ADH) and the renin-angiotensin-aldosterone system, which conserve water to maintain the plasma volume^[4,5].

The rise in gonadotropic hormones, the follicle-stimulating hormone (FSH) and the luteinising hormone (LH), cause an increase in estrogens, progesterone and testosterone. Plasma levels of testosterone grow during exercise and have a direct effect on the synthesis of muscle tissue and the release of growth hormone^[4].

Physical activity increases the release of the parathyroid hormone (PTH), causing a rise in the concentration of calcium in the blood, which has possible positive effects on bone mass^[4].

One should expect an increase in the thyroid-stimulating hormone (TSH) during exercise due to its impact on the body metabolism, but this does not always happen. When TSH levels rise, the thyroid is stimulated to produce and release thyroxin (T4) and triiodothyronine (T3), which are involved in the regulation of the cell metabolism. Usually there is a greater renewal of these hormones rather than an increase in their concentrations.

b. Neuro-humoral chronic responses:

The magnitude of the hormone response is smaller for the trained individual than for the non-trained one for the same amount of exercise. This is due to increased sensitivity of the target tissues and a reduction of the induced stress^[4]. The response is similar when the relative intensity is the same for both individuals, for instance when the exercise reaches the maximum capacity of the person, regardless of whether they are trained or not^[4].

The basal levels of testosterone fall when aerobic training is maintained for several weeks. In contrast, the testosterone levels may increase when resistance training is extended producing an anabolic effect and promoting changes in neuromuscular junction which intensify strength^[4].

c. Joint-muscle acute responses:

Muscular strength is the strength generated by one muscle or group of muscles and is related with the cross-cut area. The maximum muscular strength is approximately 3 to 4 kg/cm² of cross-cut area^[4,5,10]. The performance of an episode of exercise is conditioned

Os impulsos neuronais com origem no hipotálamo estimulam a medula supra-renal a libertar catecolaminas, que aumentam a glicemia e actuam nos sistemas cardiovascular e respiratório. As catecolaminas inibem a produção de insulina e a diminuição da glicemia estimula a libertação de glucagon, que promove a libertação da glucose para ser usada na produção da energia^[4,5].

O equilíbrio hidroelectrolítico é mantido pela hormona antidiurética (ADH) e pelo sistema renina-angiotensina-aldosterona, que conservam água, mantendo o volume do plasma^[4,5].

O aumento das hormonas gonadotrópicas, hormona foliculo-estimulante (FSH) e hormona luteinizante (LH), refletem-se em aumentos de estrogénio, progesterona e testosterona. O nível plasmático de testosterona aumenta durante o exercício físico e tem acção directa sobre a síntese do tecido muscular e sobre a libertação da hormona de crescimento^[4].

A actividade física aumenta a libertação da hormona paratiroideia (PTH), elevando a concentração de cálcio no sangue, podendo contribuir para efeitos positivos sobre a massa óssea^[4].

Era de esperar um aumento da hormona estimulante da tiróide (TSH) durante o exercício físico, devido ao seu impacto no metabolismo corporal, mas nem sempre isto acontece. Quando aumenta, a TSH estimula a tiróide a produzir e libertar tiroxina (T4) e triiodotironina (T3) envolvidas na regulação do metabolismo de todas as células. Geralmente não há aumento das concentrações de T3 e T4, mas sim uma maior renovação destas hormonas^[4,5].

b. Respostas neuro-humorais crónicas:

Para a mesma quantidade absoluta de exercício, a magnitude da resposta hormonal é menor no indivíduo treinado do que no indivíduo não treinado, por aumento da sensibilidade dos tecidos-alvo e redução do stress induzido^[4]. A resposta é semelhante quando a intensidade relativa é a mesma para ambos, como por exemplo quando o exercício físico atinge a capacidade máxima para cada um dos indivíduos, treinado ou não^[4]. Os níveis basais de testosterona diminuem quando há treino aeróbico intenso continuado por várias semanas. Pelo contrário, quando há treino da resistência prolongado os níveis de testosterona podem ficar aumentados, tendo um efeito anabólico e promovendo alterações na junção neuromuscular aumentando a capacidade de produzir força^[4].

c. Respostas musculo-articulares agudas:

A força muscular é a força gerada por um músculo ou grupo de músculos e está relacionada principalmente com a sua área de corte transversal. A força muscular máxima é aproximadamente 3 a 4 kg/cm² de área de corte transversal^[4,5,10]. Num episódio de exercício, o

by the total work that the muscle is able to produce per time unit – muscular power, which is determined by the muscular strength, the contraction distance and the number of contraction times^[4,5,10].

Muscular contraction is initiated by a nervous impulse (figure 2)^[4]. In the first minutes, ATP is supplied by the anaerobic systems: the phosphocreatine-creatine system and the glycogen-lactic acid system. To maintain the activity the aerobic system oxidises the nutrients (glucose, fatty acids and amino acids) producing much more ATP than the anaerobic systems^[4,5,10].

desempenho é condicionado pelo trabalho total por unidade de tempo que o músculo é capaz de produzir – potência muscular, que é determinado pela força muscular, pela distância de contracção do músculo e pelo número de vezes que contrai^[4,5,10].

A contracção muscular é iniciada por um impulso nervoso (figura 2)^[4]. Nos primeiros minutos o ATP é fornecido pelos sistemas anaeróbios: o sistema da fosfocreatina-creatina e o sistema do glicogénio-ácido láctico. Para manter a actividade, o sistema aeróbio oxida os nutrientes (glucose, ácidos gordos e aminoácidos) produzindo muito mais ATP que os sistemas anaeróbios^[4,5,10].

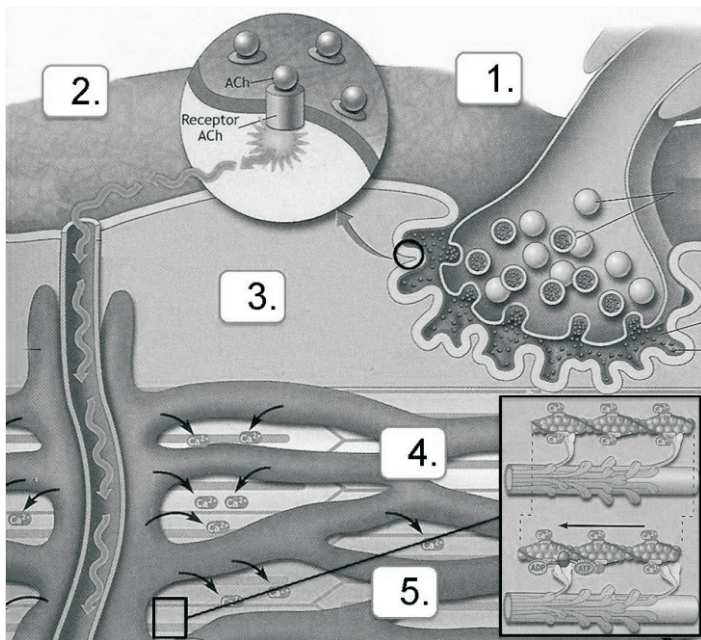


Figure 2 - Sequential events in the muscular twitch – 1. The motor neuron releases Acetylcholine, 2. An action potential is generated at the muscular membrane. 3. The action potential opens the Calcium channels at the sarcoplasmic reticulum. 4. Calcium binds to troponin and allows actin-myosin interaction. 5. The ATPase activation releases the necessary energy to slide actin over myosin.

Figura 2 - Sequência de acontecimentos do abalo muscular.– 1. O neurónio motor liberta Acetilcolina. 2. Um potencial de acção é gerado na membrana muscular. 3. O potencial de acção abre os canais de Cálcio na membrana do retículo sarcoplasmático. 4. O Cálcio liga-se à troponina e permite a interacção entre a actina e a miosina. 5. A activação da ATPase liberta a energia necessária para promover o deslizamento da actina sobre a miosina.

Skeletal muscles comprise slow (type I) and fast (type II) twitch muscle fibres in percentages that vary with their localisation and function, and among individuals. Fast-twitch fibres possess greater power for short periods of time compared to the slow-twitch fibres (table II). These ones have lower shortage speed, although they are adapted to prolonged exercise and more resistant to fatigue than the fast-twitch fibres (table 2)^[4,5,10].

Os músculos esqueléticos são compostos por percentagens de fibras musculares de contracção lenta (tipo I) e rápida (tipo II) variáveis consoante a sua localização e função e entre indivíduos. As fibras de contracção rápida possuem, por curtos períodos de tempo, maior potência que as fibras de contracção lenta (tabela 2). As fibras de contracção lenta têm menor velocidade de encurtamento, mas são mais aptas para o exercício prolongado e resistentes à fadiga do que as fibras de contracção rápida (tabela 2)^[4,5,10].

Table 2 - Muscular fiber characteristics (AP: action potencial; SR: sarcoplasmatic reticulum)^{4,5,10}
Tabela 2 - Características das fibras musculares (PA: potencial de acção; RS: retículo sarcoplasmático)^{4,5,10}

FAST CONTRACTION FIBERS FIBRAS DE CONTRACÇÃO RÁPIDA	LOW CONTRACTION FIBERS FIBRAS DE CONTRACÇÃO LENTA	
capacity to transmit the AP capacidade de transmissão do PA	glycolitic capacity capacidade glicolítica	Dominant aerobic Predominância do sistema aeróbio
anaerobic systems sistemas anaeróbios		
Very active ATPase ATPase muito activa	ATPase activity actividade da ATPase	mitocondria nº de mitocôndrias
SR very efficient RS muito eficiente	Ca ²⁺ release and capture libertação e recaptção de Ca ²⁺	O ₂ diffusion difusão de O ₂
▼	▼	▼
POTENCY FOR SHORHTER TIME POTÊNCIA POR CURTOS PERÍODOS DE TEMPO	SHORTENING CAPACITY CAPACIDADE DE ENCURTAMENTO	RESISTENCE TO FATIGUE AND CAPACITY TO PROLONGED EXERCISE RESISTÊNCIA À FADIGA E APTIDÃO PARA EXERCÍCIO PROLONGADO

Phosphocreatine and glycogen depletion and pH reduction may cause fatigue due to the accumulation of lactic acid. Acute muscular pain present at the end of an episode of exercise is related to the accumulation of H⁺ and oedema and usually disappears after several minutes. On the other hand, the pain arising a few hours after the episode of exercise, which continues for one or two days, is associated with structural muscle damage and inflammatory reaction. A transient muscular hypertrophy may occur as a result of the accumulation of fluids in the interstitial space and in the muscular fibres^[5].

d. Joint-muscle chronic responses

Anaerobic training results in a rise in the levels of anaerobic substrates – ATP, phosphocreatine, free creatine and glycogen and glycolytic enzymes, mainly in the fast-twitch fibres^[4,5].

Sustained aerobic training leads to a rise in the amount of myoglobin, mitochondria and oxidizing enzymes which increases the reserves and the maximum consumption of oxygen and consequently the metabolism. Muscular reserves of glycogen and triglycerides also increase compared to the non-trained muscle, as do the lipid oxidation capacity and the glycogen saving. The higher efficiency of the aerobic system minimises the lactate accumulation^[4,5,10].

A depleção de fosfocreatina e glicogénio e a diminuição do pH, devido à acumulação de ácido láctico, podem causar fadiga. A dor muscular aguda presente no fim de um episódio de exercício está relacionada com acumulação de H⁺ e edema e, normalmente, desaparece em minutos. Por outro lado, a dor que surge horas após o episódio de exercício e se mantém por um ou dois dias está associada a danos musculares estruturais e reacção inflamatória. Pode haver durante algumas horas uma hipertrofia muscular transitória, que é apenas o resultado de uma acumulação de fluidos no espaço intersticial e nas próprias fibras musculares^[5].

d. Respostas musculo-articulares crónicas:

O treino anaeróbico resulta em aumento dos níveis de substratos anaeróbicos – ATP, fosfocreatina, creatina livre e glicogénio, e de enzimas glicolíticas, principalmente nas fibras de contração rápida^[4,5].

O treino aeróbico continuado permite aumentar a quantidade de mioglobina, de mitocôndrias e de enzimas oxidantes, aumentando as reservas e o consumo máximo de oxigénio e, conseqüentemente, o metabolismo. As reservas musculares de glicogénio e triglicéridos também aumentam em relação ao musculo não treinado, bem como a capacidade de oxidação lipídica e poupança do glicogénio. O aumento da eficiência do sistema aeróbico minimiza a acumulação de lactato^[4,5,10].

Table 3 - Summary of the acute and chronic responses to exercise

Tabela 3 - Resumo das respostas agudas e crónicas ao exercício.

	ACUTE AGUDAS	CHRONIC CRÓNICAS
NEUROHUMORAL		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hypofisary hormones Hormonas hipofisárias 		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cortisol 		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Testosterone Testosterona 		(em repouso)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Catecolamines Catecolaminas 		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Insulin Insulina 		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Target-organs sensibility Sensibilidade dos tecidos-alvo 		
MUSCULARTICULAR		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Muscular force and potency Força e potência musculares 		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Systems efficiency Eficiência dos sistemas 		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energy production Produção de energia 		
CARDIOVASCULAR & RESPIRATORY CARDIOVASCULAR E RESPIRATÓRIO		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cardiac Output Débito cardíaco 		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Heart Rate Frequência cardíaca 		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Blood Pressure Pressão arterial 		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pulmonar ventilation Ventilação pulmonar 		

The type of fibres existing in a muscle depends on the inter-individual variability but it can also be altered by chronic stimulation. Fibres not normally used for the exercise may enhance their oxidising capacity by increasing the number of mitochondria. The repetition of low intensity exercises leads to a higher muscular resistance by stimulating the slow-twitch fibres,

O tipo de fibras presente num determinado músculo depende da variabilidade inter-individual, mas também pode sofrer alterações pela estimulação crónica. Fibras que não são normalmente recrutadas para o exercício podem adquirir uma maior capacidade oxidativa, por aumento do número de mitocôndrias. A repetição de exercícios de baixa intensidade aumenta a

whereas a few repetitions of high intensity exercise increase muscular strength by stimulating fast-twitch fibres. The number of capillaries irrigating each muscular fibre also increases. Neuronal adaptations are accompanied by strength gain and there is a greater synchronisation of the excitatory neuronal stimuli to the muscle^[5,10].

Chronic muscle hypertrophy caused by repetitive training is due to structural modifications in the muscle – an increase in the number of muscle fibres and some rise in the size of these fibres. When training is interrupted, this inactivity leads to muscular atrophy – a decrease in the size of the muscle and muscular strength, although this can be prevented by a maintenance programme^[5,10].

e. Thermoregulation:

Nearly all the energy used by the body is converted into heat. During rest the heat is mainly lost by emission, whereas during exercise evaporation is the major mechanism. Central and peripheral receptors provide information about the internal and surface temperatures, allowing the body to decrease heat production and increase heat loss to maintain the homeothermy.. Urinary loss is reduced to the minimum to compensate water elimination through sweating,^[5,10].

f. Cardiovascular and respiratory acute responses:

In rest cardiac output is approximately 5 L/min for a 70 kg man. During an episode of exercise it rises about 5 fold to respond to the tissue's increasing need for oxygen and nutrients and to remove a higher amount of residues (figure 3). The increase in the cardiac output is the result of the rise in the cardiac frequency and the ejection volume. The ejection volume increases due to the better filling of the left ventricle during diastoles followed by a more vigorous contraction and a greater systolic deflation. The neurohormonal controls cause the cardiac frequency and the myocardial contraction force to increase^[4,5,10]. During rest the cardiac output distribution occurs mainly in the digestive tract, liver, spleen, brain and kidneys and only 20% flows to the muscular tissue (figure 3). During extenuating exercise the majority of the cardiac output is directed towards the active muscles (figure 3). In the kidneys and splanchnic tissues the blood flow may decrease below the levels observed in rest; however, in organs in which nutrients and oxygen cannot be suppressed, such as the brain and the heart, the irrigation increases. During maximum work even blood flow from skin may be mobilised to the active muscles^[4].

resistência muscular, por estimulação das fibras de contração lenta, enquanto poucas repetições de alta intensidade aumentam a força muscular, por estimulação das fibras de contração rápida. O número de capilares que irriga cada fibra muscular também aumenta. As adaptações neuronais acompanham os ganhos de força, há uma maior sincronização dos estímulos neuronais excitatórios ao músculo^[5,10].

A hipertrofia muscular crónica, causada por treinos repetidos, deve-se a modificações estruturais no músculo – aumento do tamanho das fibras musculares individuais e algum aumento do número de fibras musculares. Quando o treino é interrompido, a inatividade provoca atrofia muscular – diminuição do tamanho e da força musculares, mas isto pode ser evitado com um programa de manutenção^[5,10].

e. Termorregulação:

Quase toda a energia gasta pelo corpo humano é convertida em calor. Em repouso o calor é perdido maioritariamente por emissão, mas durante o exercício acontece essencialmente por evaporação. Receptores centrais e periféricos dão informação da temperatura interna e à superfície, permitindo diminuir a produção de calor e aumentar a sua perda, mantendo a homeotermia. Para compensar o aumento da eliminação de água pelo suor, as perdas urinárias são reduzidas ao mínimo^[5,10].

f. Respostas cardiovasculares e respiratórias agudas:

No repouso, o débito cardíaco é aproximadamente 5 L/min para um homem de 70 kg. Durante um episódio de exercício aumenta cerca de 5 vezes, de forma a responder ao aumento das necessidades dos tecidos de oxigénio e nutrientes necessários e de remover maior quantidade de resíduos formados (figura 3). O aumento do débito cardíaco é produto do aumento da frequência cardíaca e do volume de ejeção. O volume de ejeção aumenta devido ao melhor enchimento do ventrículo esquerdo durante a diástole, seguindo-se contração mais vigorosa e aumento do esvaziamento sistólico. Os controlos neuro-hormonais aumentam a frequência cardíaca e a força de contração do miocárdio^[4,5,10]. A distribuição do débito cardíaco, em repouso, acontece maioritariamente no tracto digestivo, fígado, baço, cérebro e rins, e apenas cerca de 20% flui para o tecido muscular (figura 3). No exercício extenuante, a maior parte do débito cardíaco direcciona-se para os músculos activos (figura 3). Nos rins e tecidos esplâncnicos pode haver redução do fluxo sanguíneo abaixo do valor em repouso, mas em órgãos em que não pode haver suprimento de nutrientes e oxigénio, como o cérebro e o coração, a irrigação aumenta. Em esforço máximo, pode ainda ser mobilizado para os músculos activos o fluxo de sangue da pele^[4].

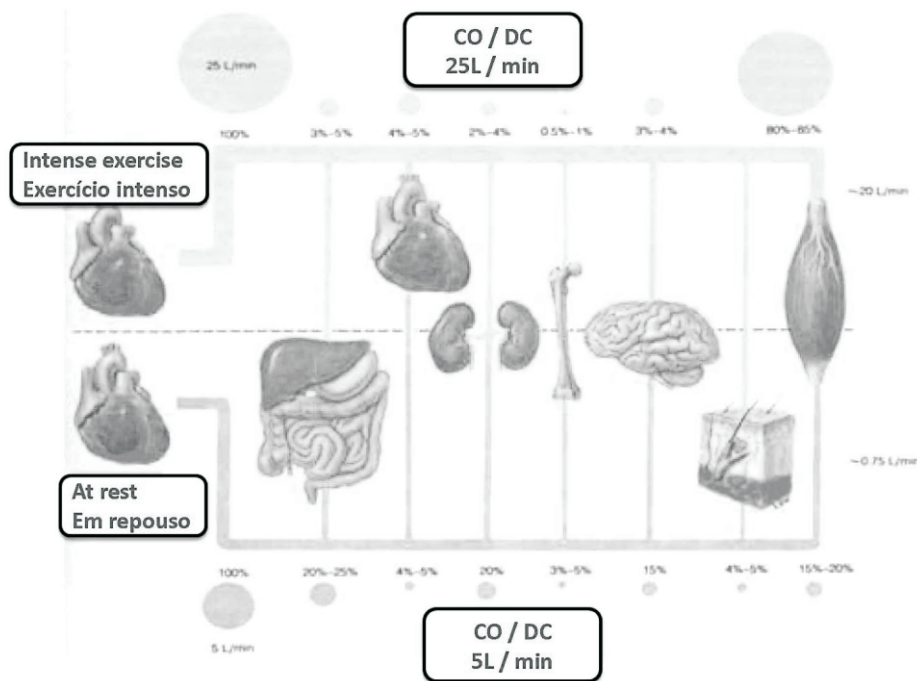


Figure 3 - Changes in Cardiac Output (CO) in intense exercise
Figura 3 - Variação do débito cardíaco (DC) no exercício intenso.

Muscular compression over the blood vessels elevates the peripheral resistance and reduces muscular perfusion. To compensate these changes cardiac debit and blood pressure rise. In the maintained exercise muscular vasodilatation occurs to increase the blood flow to the heart and the rhythmic contractions and relaxations push blood towards the heart, thus optimising the blood circulation^[4].

During an episode of exercise the difference in partial oxygen pressure between the arteries and the veins increases due to the higher extraction of oxygen by the active tissues. The plasma volume decreases due to the water mobilisation to the tissues, caused by the increase in the arterial pressure and the osmotic pressure (from the accumulation of residues). This results in hemoconcentration which is beneficial as it promotes the oxygen transportation^[4,5].

The normal pulmonary ventilation capacity does not limit the maximum physical performance and keeps the oxygen and carbon dioxide pressures near the values for resting. The increase in ventilation results from the stimulation of the respiratory centre by chemical stimuli (CO₂ and H⁺ in the blood) and central and peripheral neuronal stimuli arising from the muscular activity. The ventilation is not directly stimulated by the increasing need for oxygen as the fraction of oxygen in the blood utilised during rest is small and there is an

A compressão muscular sobre os vasos sanguíneos eleva a resistência periférica e reduz a perfusão muscular. Para compensar estas alterações o débito cardíaco e a pressão arterial aumentam. No exercício prolongado, há vasodilatação muscular para aumentar o fluxo sanguíneo e as contracções e relaxamentos rítmicos impulsionam o sangue em direcção ao coração optimizando a circulação sanguínea^[4].

Durante um episódio de exercício, a diferença de pressão parcial de oxigénio entre as artérias e as veias aumenta, devido à maior extracção de oxigénio pelos tecidos activos. O volume do plasma diminui pela mobilização de água para os tecidos causada pelo aumento da pressão arterial e da pressão osmótica por acumulação dos resíduos, resultando em hemoconcentração que é benéfica por aumentar a capacidade de transporte do oxigénio^[4,5].

A capacidade de ventilação pulmonar normal não limita o desempenho físico máximo e mantém as pressões de oxigénio e dióxido de carbono próximas dos valores em repouso. O aumento da ventilação resulta da estimulação do centro respiratório por estímulos químicos (CO₂ e H⁺ no sangue) e estímulos neuronais centrais e periféricos, decorrentes da actividade muscular. A ventilação não é directamente estimulada pelo aumento da necessidade de oxigénio, uma vez que a fracção de oxigénio do sangue que é

oxygen reserve to be used when the exercise is suddenly started ^[4,5,10]. The rise in the pulmonary ventilation results from the increase in respiratory frequency and tidal volume. In mild to moderate exercise the key factor is the tidal volume increase, as the pulmonary perfusion rises. The elevation of the respiratory frequency becomes more important in heavy exercise ^[4]. When the exercise stops a recovery period takes place, characterised by a slow decrease in the respiratory centre stimulation and a metabolic, thermal and chemical reestablishment ^[4].

g. Cardiovascular and respiratory chronic responses:

During rest the cardiac output is similar for both trained and non-trained individuals; however, during exercise it may reach 35-40 L/min in athletes. The higher cardiac output is mostly caused by a milder increase in cardiac frequency and ejection volume, as a result of the regular exposure to exercise. The milder increase in cardiac frequency is related to the lower sympathetic activity and the higher parasympathetic activity on the heart of the trained individual. The higher ejection volume is caused by an increase in the blood volume, the expansibility and filling of the left ventricle and the myocardial contractility ^[4,5,10]. The trained individual has a better distribution of cardiac output, thus being able to sustain the exercise for a longer period. They also have a higher number of blood capillaries, a lower arterial pressure in rest and a lower recovery time for the cardiac frequency after the exercise ^[4,5,10].

For the trained individual in maximum work, the pulmonary ventilation increases as the tidal volume and the respiratory frequency increase, but these remain unchanged in rest. The oxygen diffusion rate rises as the ventilation and the pulmonary perfusion increase ^[5,10].

The aerobic capacity may be enhanced over the years as the training continues and is not likely to be affected by muscular strength training ^[5,10].

Exercise in Health Promotion and in the Prevention and Rehabilitation of Disease

It is commonly acknowledged that in order to reduce the risk of disease it is crucial to maintain healthy nutritional habits, regular physical activity, avoid the consumption of alcohol, tobacco and other drugs as well as having adequate rest and a good capacity to deal with stress. Physical exercise should be adapted to the individual's characteristics (figure 4) ^[5,9]. Several national and international organisations make recommendations on the levels of physical activity that should be undertaken to benefit one's health ^[5,7,9,11].

utilizada durante o repouso é pequena e há uma reserva de oxigénio para ser usada quando se inicia bruscamente o exercício ^[4,5,10]. O aumento da ventilação pulmonar resulta de aumento na frequência respiratória e no volume corrente. No exercício ligeiro a moderado, o factor principal a aumentar é o volume corrente, por aumento da perfusão pulmonar. A elevação da frequência respiratória ganha importância no exercício mais intenso ^[4]. Quando o exercício cessa, há um período da recuperação caracterizado pela diminuição lenta da potenciação do centro respiratório e pelo restabelecimento metabólico, térmico e químico ^[4].

g. Respostas cardiovasculares e respiratórias crónicas:

Em repouso, o débito cardíaco é semelhante em indivíduos treinados ou não, mas durante o exercício pode chegar aos 35-40 L/min nos atletas. O maior débito cardíaco prende-se sobretudo com um menor aumento da frequência cardíaca e aumento do volume de ejeção, desencadeados pela exposição regular ao exercício. O menor aumento da frequência cardíaca está relacionado com uma menor actividade simpática e maior actividade parassimpática sobre o coração do indivíduo treinado. O maior volume de ejeção é causado pelo aumento do volume sanguíneo, da expansibilidade e tempo de enchimento do ventrículo esquerdo e da contractilidade do miocárdio ^[4,5,10]. O indivíduo treinado tem uma melhor distribuição do débito cardíaco, podendo manter o exercício intenso durante um maior período de tempo, maior número de capilares sanguíneos, menor pressão arterial em repouso e menor tempo de recuperação da frequência cardíaca após o exercício ^[4,5,10].

No indivíduo treinado, em esforço máximo a ventilação pulmonar aumenta por aumento do volume corrente e da frequência respiratória, mas no repouso mantêm-se inalterados. A taxa de difusão do oxigénio aumenta com o aumento da ventilação e da perfusão pulmonar ^[5,10].

A capacidade aeróbica pode ser melhorada ao longo dos anos por continuação do treino e não parece ser afectada pelo treino conjunto da força muscular ^[5,10].

O Exercício na Promoção da Saúde e na Prevenção e Reabilitação da Doença

É do conhecimento comum que, para diminuir o risco de ocorrência de doença, é crucial manter hábitos nutricionais saudáveis, praticar actividade física regularmente, não consumir álcool, tabaco e outras drogas, descansar adequadamente e ter uma boa capacidade de lidar com o stress.

O exercício físico deve ser adequado às características de cada indivíduo (figura 4) ^[5,9]. Várias organizações nacionais e internacionais fazem recomendações sobre os níveis de actividade física que devem ser atingidos para benefício da saúde ^[5,7,9,11].

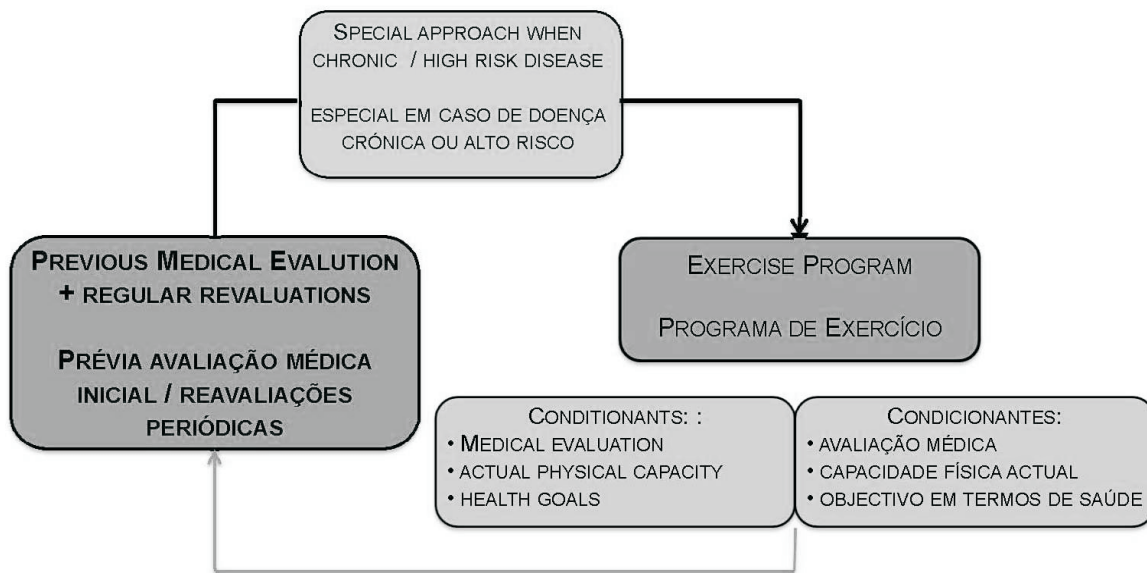


Figure 4 -Adapting the exercise program to the individual's specific condition
Figura 4 - Adaptação do programa de exercício às características específicas do indivíduo

A suitable physical exercise programme should include four basic elements – mode, frequency, length and intensity. The latter three are the most related to the incidence of benefits but are also highly variable among individuals. In general, the optimum frequency lies between 3 to 5 times a week, with a minimum length of 20 to 30 minutes and the proper intensity. The benefits are mostly related to the total amount of performed exercise rather than each particular element^[5,9].

The programme should include warming up, aerobic training, slowdown activities and stretching. Flexibility may be included in the warming up, slowdown and stretching activities. Resistance may be combined with aerobic training^[5,9].

Warming up allows a gradual increase in the cardiac and respiratory rhythm in order to prepare the heart, the blood vessels, the lungs and the muscles for vigorous exercise^[5,9]. Slowdown activities cause a gradual cooling and prevent the retention of blood in the extremities or the occurrence of arrhythmias induced by high levels of catecholamines^[5,9]. Stretching exercises should be included in the warming up and the slowdown period to prevent muscular and joint pain and traumatism. They are especially important for lowly flexible individuals^[5,9].

Aerobic training involves rhythmic activity of the large muscles of the body, sustained for a period of time. It

Um programa de exercício adequado tem de contemplar quatro elementos básicos – o modo, a frequência, a duração e a intensidade. Os últimos três são os que estão mais relacionados com a ocorrência de benefícios, mas são também muito variáveis de indivíduo para indivíduo. Em geral, a frequência óptima situa-se entre 3 e 5 vezes por semana com duração mínima de 20 a 30 minutos e a intensidade apropriada. Os benefícios estão mais relacionados com a quantidade total de exercício praticado do que com cada elemento em particular^[5,9].

O programa deve incluir aquecimento, treino aeróbico, actividades de desaceleração e alongamentos. A flexibilidade pode ser incluída nas actividades de aquecimento, desaceleração e alongamento. A resistência pode ser combinada com o treino aeróbico^[5,9].

O aquecimento permite aumentar gradualmente o ritmo cardíaco e a respiração, de forma a preparar o coração, os vasos sanguíneos, os pulmões e os músculos para o exercício vigoroso^[5,9]. As actividades de desaceleração proporcionam um arrefecimento gradual e previnem a retenção de sangue nas extremidades ou arritmias causadas pelos níveis elevados de catecolaminas^[5,9]. Os exercícios de alongamento devem fazer parte do aquecimento e do período de desaceleração, evitando dores musculares e articulares e traumatismos, e podem ser importantes

develops the cardiovascular resistance, enhances the respiratory capacity and metabolic system's efficiency and may help to control or reduce body weight^[5,9].

Resistance training provokes a kind of tolerance to the work as it increases strength and muscular mass and has an impact on the cardiorespiratory capacity. There is evidence of a reduction in blood pressure during rest, a decrease in the LDL-cholesterol and HDL-cholesterol ratio, an increase in the insulin sensitivity and glucose tolerance, and attenuation of menopause-associated bone loss^[5,9,12,13]. Regular moderate to intense physical activity is further associated with a reduction in the risk of cancer, especially in the colon and breast^[14,15].

Leisure activities may be included in the exercise programme, leading to higher levels of satisfaction, relaxation and motivation associated with the exercise. Usually these types of exercise are sufficient to maintain an adequate physical condition but not to develop the physical capacity in unable individuals; in these cases an initial basic programme should be created^[5,9].

The risks of physical activity are negligible in healthy persons when compared to the benefits and are easily overcome when the person becomes gradually more active^[9].

Children and adolescents benefit (table 4) from moderate or intense daily physical activity. The benefits they gain are more related to the total amount of exercise rather than the mode, frequency, intensity or length. Several activities combine aerobic activity and muscle and bone strengthening using mobilisation of the body weight and impact with the floor. Acute or chronic bone traumatism in childhood may result in growth disorders, therefore requiring early detection and treatment^[5,9,16].

Activities for children are usually less structured, with alternating resting periods. When they become adolescents the patterns are changed to a more structured form of exercise for longer periods, thus becoming more similar to the adults. Physical activity should be promoted in children and adolescents in order to achieve the recommended levels (table 5). Children with levels above the recommendations should vary the type of exercise to reduce the risk of traumatism^[9,17].

Physically active adults are healthier than non-active ones^[9]. The benefits (table 4) mainly arise from moderate to intense aerobic exercise (table 5)^[9]. Highly active adults should be encouraged to vary the type of exercise to decrease the risk of lesion caused by exaggerated repetition of the same activity^[9].

quando o indivíduo tem pouca flexibilidade^[5,9].

O treino aeróbico implica actividade rítmica dos grandes músculos do corpo mantida por um período de tempo. Desenvolve a resistência cardiovascular, aumenta a capacidade respiratória e a eficiência dos sistemas metabólicos, e pode ajudar ainda a controlar ou reduzir o peso corporal^[5,9].

O treino da resistência provoca uma espécie de tolerância ao esforço, por aumento da força e massa musculares, e tem impacto na capacidade cardiorrespiratória. Há evidências de diminuição da pressão arterial em repouso, diminuição da razão entre colesterol-LDL e colesterol-HDL, aumento da sensibilidade à insulina e da tolerância à glucose e atenuação das perdas ósseas associadas à menopausa^[5,9,12,13]. A actividade física regular moderada a intensa está ainda relacionada com a diminuição do risco de cancro, principalmente do cólon e da mama^[14,15].

As actividades recreativas podem fazer parte do programa de exercício, sendo responsáveis pelo aumento da satisfação e do relaxamento, motivando para a prática de actividade física. Geralmente, estes desportos são aconselháveis para manter uma condição física adequada, mas não para desenvolver capacidade física em indivíduos inaptos, devendo ser precedidas de um programa básico^[5,9].

Os riscos da actividade física são mínimos para pessoas saudáveis comparados com os benefícios e podem ser rapidamente ultrapassados se a pessoa se tornar mais activa gradualmente^[9].

As crianças e adolescentes adquirem benefícios (tabela 4) através de actividade física moderada ou intensa diária mais relacionados com a quantidade total do que com o modo, a frequência, a intensidade ou a duração da actividade física. Muitas actividades combinam actividade aeróbica e fortalecimento dos músculos e ossos, através da mobilização do próprio peso e do impacto com o chão. Traumatismos ósseos agudos ou crónicos na infância podem resultar em distúrbios do crescimento, pelo que devem ser precocemente detectados e tratados^[5,9,16].

Para as crianças, as actividades são normalmente menos estruturadas e alternadas com períodos de descanso. Quando se tornam adolescentes, alteram-se os padrões para exercício mais estruturado e por maiores períodos de tempo, aproximando-se dos adultos^[9].

A actividade física deve ser promovida nas crianças e adolescentes, de forma a atingir os níveis recomendados (tabela 5). As crianças que já ultrapassam as recomendações devem variar o tipo de actividade de forma a reduzir o risco de traumatismos^[9,17].

Os adultos fisicamente activos são mais saudáveis. Os benefícios (tabela 4) são obtidos principalmente do exercício aeróbico moderado a intenso (tabela 5)^[9]. Quando muito activos, os adultos devem ser encorajados a variar o tipo de exercício para diminuir o risco de lesão por repetição exagerada da mesma actividade^[9].

Table 4 - Benefits associated to physical activity^{7,9}
Tabela 4 - Benefícios associados à actividade física^{7,9}

	Children and youngsters	Adults	Elderly
	Crianças e Adolescentes	Adultos	Idosos
Better cardiorespiratory capacities Melhoria das capacidades cardiorespiratórias	✓	✓	✓
Stronger muscles and bones Fortalecimentos dos músculos e ossos	✓	✓	-
Better motor coordination Desenvolvimento da coordenação motora	✓	-	-
Fat mass reduction increasing muscular mass Redução da massa gorda com aumento da massa muscular	✓	✓	-
Better physical capacity reducing anxiety and depression Melhoria da capacidade física e redução da ansiedade e/ou depressão	✓	✓	✓
Early reduction of risk factors (chronic diseases) Diminuição de factores de risco precoces (doenças crónicas)	✓	✓	✓
Minimize fat increase and muscular and bone losses Minimização dos ganhos de gordura e das perdas óssea e muscular	-	-	✓
Improves quality of life even in chronic disease Melhoria da qualidade de vida na doença crónica	-	-	✓

Table 5 - Physical activity levels in different ages, according with WHO recommendations (d: day)¹⁷
Tabela 5 - Níveis de actividade física em cada idade, segundo a recomendação da OMS (d: dia)¹⁷

	5 - 17	18 - 64	≥ 65
Aerobic / Aeróbica			
Vigorous / Vigorosa or / ou moderate / moderada	= 60 min / d	= 150 min / 7d or / ou = 75 min / 7d	= 150 min / 7d or / ou = 75 min / 7d
Minimal duration Duração mínima	-	10 min / session 10 min / sessão	10 min / session 10 min / sessão
Aerobic for specific benefits Aeróbica para benefícios adicionais:			
Vigorous / Vigorosa or / ou moderate / moderada	> 60 min / d	300 minutos / 7d or / ou 150 min / 7d	300 minutos / 7d or / ou 150 min / 7d
To strenght muscle and bone Para fortalecer músculo e osso	= 3x / 7d	= 2x / 7d	= 2x / 7d
To improve balance Para melhorar o equilíbrio	-	-	= 3x / 7d

The performance peak is usually achieved in the adult age, between 20 and 35 years. From this age strength and aerobic capacity start to decrease even in highly trained athletes, due to the reduction of the vital capacity caused by the loss of the lung elasticity, the decrease in heart rate and debit, the reduction of the peripheral blood circulation, the modification of the relative body composition (decrease in the muscular mass and increase in the fatty mass) and the progressive nervous system degeneration. Physical inactivity that usually occurs causes these conditions to worsen, whereas the maintenance of physical activity helps attenuate the effects of ageing. Active elderly people have higher aerobic physical capacity and strength than non-trained individuals of the same age^[5,18,19].

Regular physical activity is essential for healthy ageing (table 4) and the promotion of exercise in elderly people is especially important as this is the least physically active age. Healthy elderly people may follow the recommendations for younger adults, but most of them suffer from chronic conditions of varying types and severity which provoke loss of physical capacity. As the elderly population is highly variable, the exercise needs to be adapted to the existing limitations. International recommendations advocate moderate aerobic activity and muscle strengthening for elderly people and equilibration training for people at risk of falling over (table 5)^[9,17]. Physical activity can help improve the quality of life of elderly people with chronic conditions and prevent the occurrence of other conditions. Inactive elderly people benefit from starting physical activity; however, low intensity and short periods should be adopted. Active elderly people who have suffered from transient disease or traumatism should also gradually restart physical activity until regaining their previous level^[9].

Regular exercise has benefits (table 4) independent of age and initial physical and health conditions. It improves physical capacity and reduces risk factors associated with age^[9,18].

I. Bone-muscle-joint system

Normally active people suffer from loss of muscle with age, the loss of fast-twitch fibres being more pronounced, and this leads to a reduction of strength. On the other hand, the nervous system seems to be slower in producing responses to stimuli. Regular exercise is not able to stop the ageing process but it can diminish its impact and reduce the loss of muscular mass^[5,9,18].

The benefits of regular physical activity in the growth of bone mass are greater in childhood and adolescence, although they are present at every age and for both genders^[20]. The mechanical overload of exercise, 3 to 5 times a week, makes the skeletal ageing slower and may even increase bone mass which is important for the

O pico de desempenho é geralmente atingido na idade adulta, entre os 20 e os 35 anos. Mesmo nos atletas mais treinados, a partir desta idade começa a haver diminuição da força e da capacidade aeróbica, devido à diminuição da capacidade vital por perda da elasticidade do pulmão, aos decréscimos no batimento e débito cardíacos, à diminuição da circulação sanguínea periférica, à modificação da composição corporal relativa (diminuição da massa muscular e óssea e aumento da massa gorda) e à progressiva degeneração do sistema nervoso. A inatividade física que começa a instalar-se piora estas condições, enquanto que a manutenção da actividade física ajuda a atenuar os efeitos do envelhecimento. Os idosos activos tem maior capacidade física aeróbica e força que indivíduos não treinados da mesma idade^[5,18,19].

A actividade física regular é essencial para um envelhecimento saudável (tabela 4) e a promoção do exercício nos idosos é especialmente importante por ser a faixa etária menos fisicamente activa. Os idosos saudáveis podem seguir as recomendações para os adultos mais jovens, mas a maior parte sofre de condições crónicas variadas no tipo e na gravidade, que provocam perdas na capacidade física. Sendo a população idosa muito variada, o exercício tem de ser adaptado às condicionantes existentes. As recomendações internacionais preconizam, para os idosos, actividade aeróbica moderada, fortalecimento dos músculos e treino do equilíbrio para idosos em risco de queda (tabela 5)^[9,17]. A actividade física pode ajudar a melhorar a qualidade de vida de idosos com condições crónicas e prevenir o aparecimento de outras. Os idosos inactivos têm benefícios em iniciar actividade física, mas devem fazê-lo com baixa intensidade e por pequenos períodos. Nos idosos activos que sofreram transitoriamente de doença ou traumatismo, a actividade física também deve ser reiniciada gradualmente até ao nível estabelecido anteriormente^[9].

O exercício regular tem benefícios (tabela 4) independentemente da idade, do nível físico inicial e do estado de saúde, melhorando a capacidade física e diminuindo factores de risco associados à idade^[9,18].

I. Sistema osteomioarticular:

As pessoas normalmente activas sofrem perdas de massa muscular com a idade, sendo mais evidente a perda de fibras de contracção rápida, o que faz com que haja diminuição da força. Por outro lado, o sistema nervoso parece mais lento a produzir resposta a estímulos. O exercício regular não consegue travar o processo de envelhecimento, mas permite minorar o seu impacto e diminuir a perda de massa muscular^[5,9,18].

Os benefícios da actividade física regular no crescimento da massa óssea são maiores na infância e adolescência, embora estejam presentes em qualquer idade e para ambos os géneros^[20]. A sobrecarga mecânica do

prevention and treatment of osteoporosis^[4]. High impact activities generate higher gain in bone mass. The interruption of regular exercise reverses the positive effects achieved. Together with osteoporosis, osteoarthritis is an age-related problem that can be prevented through an increase in physical activity^[4,18,21].

II. Metabolism

Excess weight and obesity have increased significantly in the past decades in developed countries mainly as a consequence of changes in lifestyle and feeding patterns, though other factors are also involved^[5,18]. Obesity increases the risk of several chronic diseases such as arterial coronary disease, hypertension, stroke, metabolic disease and others, and aggravates the existing conditions^[5,18].

Food restriction alone causes loss of fat mass but also loss of muscular mass. When combined with exercise it promotes loss of fat, keeping or even increasing the so-called “lean mass”, comprised essentially of muscles and bones. Exercise increases the mobilisation of lipids from fat tissue. However, one should be aware that in obesity treatments, people respond differently to the same intervention^[5,18]. Even localised exercise mobilises similarly the lipids from all over the body and this mobilisation increases as the exercise intensity increases^[5,18].

When insulin resistance is present, exercise may play an important role by increasing the insulin sensitivity as a consequence of the higher permeability of the cellular membrane to glucose. This effect is initially observed after each episode of exercise but tends to be a long term effect when training is maintained. Physical activity also shows an impact on the prevention of diabetes^[5,18]. Exercise does not seem to have a direct effect on the control of glycaemia in diabetes caused by deficient insulin secretion. However, exercise does have a significant impact on the reduction of the risk of cardiovascular disease which is high in these patients. The diabetic patient should monitor glycaemia levels before, during and after exercise to avoid hypoglycaemia; perform exercise accompanied by someone who is familiar with the disease and have a drink with simple sugars available^[5,18]. Physical activity may help prevent the development and minimise the effects of diabetic neuropathy as it improves the glycaemic control, the blood circulation, the perfusion and the endothelial function enhancing oxygenation and nerve function^[18,22,23].

III. Cardiovascular system:

Arterial coronary disease is one of the main causes of death in the Western world. Physical inactivity is among the modifiable risk factors for this disease. The

exercício, 3 a 5 vezes por semana, torna o processo de envelhecimento esquelético mais lento e pode até aumentar a massa óssea, sendo importante para prevenção e tratamento da osteoporose^[4]. As actividades com impacto elevado geram maiores ganhos de massa óssea. A interrupção do exercício físico regular reverte os efeitos positivos conseguidos. Além da osteoporose, também a osteoartrite é um problema relacionado com o envelhecimento que pode ser prevenido através do aumento da actividade física^[4,18,21].

II. Metabolismo:

O excesso de peso e a obesidade aumentaram muito nas últimas décadas nos países desenvolvidos, em grande parte como consequência das alterações do estilo de vida e dos padrões alimentares, embora outros factores estejam envolvidos^[5,18]. A obesidade aumenta o risco de várias doenças crónicas, como a doença arterial coronária, a hipertensão, o acidente vascular, a doença metabólica e outras, e agrava condições já existentes^[5,18].

A restrição alimentar isolada provoca perda da massa gorda, mas também de massa muscular. Combinada com o exercício, promove a perda de gordura, mantendo ou mesmo aumentando a chamada “massa magra”, compreendida essencialmente pelos músculos e ossos. O exercício aumenta a mobilização dos lípidos do tecido adiposo. No entanto, há que ter em atenção que no tratamento da obesidade as pessoas respondem de forma diferente à mesma intervenção^[5,18]. O exercício, mesmo que localizado, mobiliza da mesma forma os lípidos de todas as reservas do corpo e esta mobilização aumenta com a intensidade do exercício^[5,18].

Quando há resistência à insulina, o exercício pode ter um papel importante, aumentando a sensibilidade à insulina por aumento da permeabilidade da membrana celular à glucose. Isto verifica-se inicialmente em cada episódio de exercício, mas com o treino continuado começa a ser um efeito a longo prazo. A actividade física também mostra ter impacto na prevenção da diabetes^[5,18]. No caso de diabetes por défice de secreção de insulina, o exercício não parece ter um efeito directo no controlo da glicemia, mas é importante por ter impacto na diminuição do risco de doença cardiovascular que está aumentado nestes doentes. O diabético deve monitorizar os seus níveis de glicemia antes, durante e após o exercício, para evitar hipoglicemia, fazer exercício na companhia de alguém familiarizado com a doença e ter disponível uma bebida com açúcares simples^[5,18]. A actividade física pode ainda prevenir o desenvolvimento e minimizar a neuropatia diabética, por melhorar o controlo da glicemia, a circulação sanguínea, a perfusão e a função endotelial melhorando a oxigenação e o funcionamento dos nervos^[18,22,23].

III. Sistema cardiovascular:

A doença arterial coronária é uma das principais causas de morte no mundo ocidental. Entre os factores de risco modificáveis para esta patologia, é de salientar a

risk is two to three times higher for sedentary men than for physically active ones^[5,18]. Furthermore, the activity levels required to reduce this risk are usually lower than the levels needed to increase aerobic capacity^[9,12]. The exercise improves cardiac contractibility and coronary circulation and has an impact on dyslipidaemia by reducing the ratio between LDL-cholesterol and HDL-cholesterol^[5,12,18].

Hypertension causes long-term cardiac and vascular damage that can result in severe pathologies like vascular accidents. Several causes such as genetic factors, ageing, excessive sodium intake, use of oral contraceptives, obesity, insulin resistance, physical inactivity and psychological stress have been implicated^[4,10]. Aerobic exercise not only minimises risk factors that trigger hypertension but also reduces systolic and diastolic blood pressure both in normotensive and hypertensive individuals. It is therefore appropriate in the prevention and treatment of hypertension^[5,9,12,18]. The reduction in arterial pressure arising from regular physical activity is related to a decrease in the peripheral resistance. This is due to the reduction in the sympathetic nervous system activity. It is also related to an improvement in the distribution of the blood influx^[4,5,24].

Deaths occurring during physical exercise are rare and are usually caused by genetic cardiomyopathies, congenital coronary anomalies, aortic aneurisms or myocarditis^[5]. The risk of death by stroke rapidly declines after the initiation of regular physical exercise because the cardiac and circulatory functions improve in general^[5,9]. There is clear evidence that physical activity is important in the rehabilitation of cardiac patients. Individualised exercise programmes are recommended after medical evaluation and a physical capacity test. These programmes, together with changes in diet and pharmacological therapies for some risk factors, may cause regression of the disease to some extent and prevent new occurrences^[5,9,12].

IV. Oncogenesis

There is strong and consistent evidence that physical activity plays an important role in reducing the risk of most neoplasias, particularly in colon and breast cancer^[4,14,15]. A minimum of 30 to 60 minutes of moderate to intense physical activity 5 times a week is advisable for the prevention of cancer and it has a greater impact if initiated at a young age and maintained over a lifetime^[15]. There is a 20 to 25% reduction in the risk of colon cancer and about a 25% reduction for breast cancer when regular physical activity levels are maintained^[15]. The reduction of the risk of cancer due to physical activity could possibly be explained by the resultant decrease in sexual hormones, body fat, oxidative stress and inflammation and by the improvement of the immune system function^[4,15].

inatividade física. O risco nos homens sedentários é duas a três vezes maior do que nos fisicamente activos^[5,18]. E os níveis necessários de actividade física para diminuir esse risco são geralmente mais baixos do que os necessários para aumentar a capacidade aeróbica^[9,12]. O exercício melhora a contractilidade cardíaca e a circulação coronária e, ainda, tem impacto na dislipidemia, diminuindo a razão entre colesterol-LDL e colesterol-HDL^[5,12,18].

A hipertensão vai causando danos cardíacos e vasculares de longo termo que podem resultar em patologias graves, como por exemplo os acidentes vasculares. Apontam-se como causas prováveis de hipertensão factores genéticos, o envelhecimento, excessiva ingestão de sódio, uso de contraceptivos orais, obesidade, resistência à insulina, inatividade física e stress psicológico^[4,10]. Para além de minimizar factores de risco que podem desencadear hipertensão, o exercício aeróbico regular produz alguma redução das pressões arteriais sistólica e diastólica, tanto em indivíduos normotensos como hipertensos, sendo adequada na prevenção e tratamento da hipertensão^[5,9,12,18]. A diminuição da pressão arterial decorrente da actividade física regular está relacionada com a diminuição da resistência periférica, devida à redução da actividade do sistema nervoso simpático, e com melhor distribuição do fluxo sanguíneo^[4,5,24].

As mortes durante o exercício físico são raras e, quando ocorrem, são geralmente causadas por cardiomiopatias genéticas, anomalias coronárias congénitas, aneurismas aórticos ou miocardite^[5]. O risco de morte por ataque cardíaco diminui rapidamente após instituição de exercício físico regular, pois há melhoria da função cardíaca e circulatória em geral^[5,9]. Há evidências claras de que a actividade física é importante na reabilitação de doentes cardíacos. São recomendados programas de exercício individualizados, precedidos de avaliação médica e teste da capacidade física. Estes programas, em conjunto com alterações na dieta e terapêuticas farmacológicas para alguns factores de risco, podem causar alguma regressão da doença e evitar novos episódios^[5,9,12].

IV. Oncogénese:

Há evidências fortes e consistentes de que a actividade física tem um papel importante na redução do risco para maior parte das neoplasias, particularmente no cancro do cólon e da mama^[4,14,15]. É recomendável um mínimo de 30 a 60 minutos de actividade moderada a intensa 5 vezes por semana para a prevenção do cancro e o seu impacto é maior se for iniciada em idades jovens e mantida ao longo da vida^[15]. Há diminuição do risco de cancro do cólon em cerca de 20 a 25% e aproximadamente 25% no risco de cancro da mama, quando são mantidos níveis elevados de actividade física regular^[15]. A redução do risco de cancro decorrente da actividade física regular é possivelmente explicada pelo aumento da sensibilidade à insulina, pela diminuição das hormonas sexuais, da gordura corporal, do stress oxidativo, da inflamação, e pela melhoria do funcionamento do sistema imunitário^[4,15].

Physical Performance Determinants

Sports training implies higher levels of physical effort and energy consumption which justifies the search for better solutions to optimize performance, especially in competition. Nutrient supplements and pharmacologically active substances might have a huge impact not only on physical performance but also on exercise recovery^[5,25,26].

I. Nutrition:

An appropriate selection of food and fluids taken at the right time, along with possible dietary supplements are the best options for achieving a proper physical performance (figure 5). The diet must be varied, comprising of an adequate caloric intake which is adapted to the demanded energetic needs. Inadequate energy intake might result in loss of muscular mass, higher risk of lesion and early fatigue, and prolonged post-exercise recovery time^[25].

The so-called sport supplements (table 6) are badly regulated, meaning poor quality, safety and efficacy requirements. Because the majority are classified as food, sufficient tests may not have been carried out. Therefore, use of these supplements must imply additional care and special attention to their origin^[25].

Condicionantes do Desempenho Físico

O treino desportivo tem associado aumento do esforço físico e da energia consumida, resultando na procura de soluções para otimizar a performance, principalmente ao nível da competição. A nutrição, os suplementos e as substâncias farmacologicamente activas podem ter grande impacto no desempenho físico e ser úteis na recuperação após o exercício^[5,25,26].

I. Nutrição:

A selecção apropriada de alimentos e fluidos, a sua ingestão no momento correcto e uma possível suplementação são a melhor opção para um bom desempenho físico (figura 5). Deve procurar-se uma alimentação variada, com um correcto aporte calórico, que forneça a energia apropriada ao consumo exigido. O aporte insuficiente de energia pode resultar em perda de massa muscular, aumento do risco de fadiga ou lesão e prolongamento do processo de recuperação após o exercício^[25].

Os suplementos desportivos propriamente ditos (tabela 6) são actualmente sujeitos a escassa regulação, o que compromete a sua qualidade, segurança e eficácia. A maioria está regulamentada como alimento e, como tal, podem não ser feitos todos os ensaios que permitam avaliá-los adequadamente, devendo haver algumas reservas e cuidados na sua utilização, bem como na fonte de obtenção^[25].

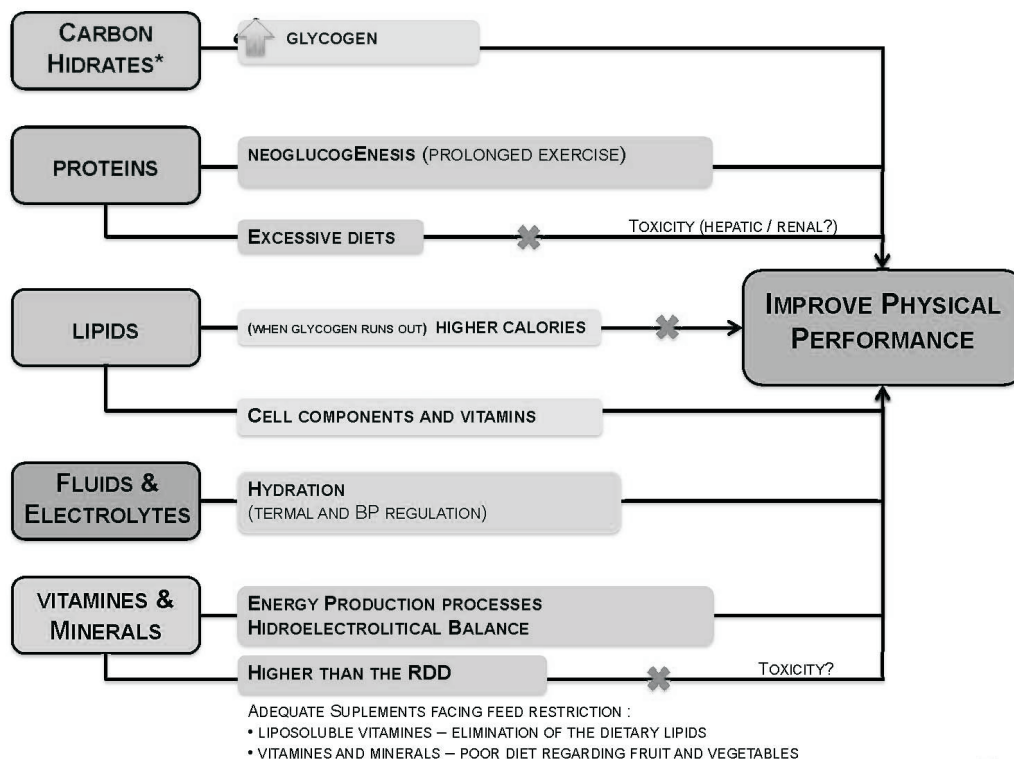


Figure 5 - Nutrition and physical performance (* before, during and after exercise; BP – blood pressure; RDD – recommended daily dose)

Figura 5 - A nutrição no desempenho físico (* antes, durante e após o exercício; PA – pressão arterial; DDR – dose diária recomendada)

Table 6 - General appreciation of some of the most popular sport supplements (AA : aminoacids; CH: carbon hydrates) ^[4,25,26,28,29,30,31,32]

Tabela 6 - Apreciação geral sobre alguns dos mais populares Suplementos desportivos (AA: aminoácidos; HC: hidratos de carbono) ^[4,25,26,28,29,30,31,32]

SUPPLEMENT	EFFECTS	DOSAGE	OBSERV.
SUPLEMENTO	EFEITOS	DOSAGEM	
Proteins and AA Proteínas e AA	Improve muscle mass aumento da massa muscular	1,2-1,8g/Kg/d specially when lipids are limited in diet adequados quando há ingestão limitada de lípidos	<ul style="list-style-type: none"> No proof of better efficacy than an adequate diet A typical athlete's diet is enough não há prova de maior eficácia que uma alimentação correcta dieta típica do atleta mantém suficiente aporte proteico
Glutamine Glutamina	Promotes protein synthesis and glycogen storage after exercise Promotor da síntese proteica da reserva de glicogénio após exercício	-	<ul style="list-style-type: none"> Few evidences from well controlled studies Poucas evidências em estudos bem controlados
Creatine Creatina	Improves phosphocreatine usage and recovery time Favorece o sistema da fosfocreatina e diminui o tempo de recuperação	Ab initio 20-30g/d x 5-7d than / depois 2-5g/d	<ul style="list-style-type: none"> Reported adverse GI effects Antagonism with caffeine ? (hepatic and renal functions should be monitored) Efeitos adversos G.I. Antagonismo com a cafeína? (funções hepática e renal devem ser monitorizadas)
Sodium Bicarbonate Bicarbonato de sódio	Maintenance of the aerobic system and prevents fatigue Manutenção do sistema aeróbio e prevenção da fadiga	0,4-0,5g/Kg	<ul style="list-style-type: none"> Reported adverse GI effects Efeitos adversos G.I.
Sport beverages Bebidas desportivas	Restoring, optimising hydroelectrolytical balance and carbonhydrates in particular Optimização, reposição do equilíbrio hidroelectrolítico e dos níveis de hidratos de carbono em especial	<u>Before / Antes(4h):</u> 5-7mL/Kg <u>During / durante:</u> 6-8% CH /HC to efforts > 1h para esforços >1h <u>After / Após:</u> 900-1350mL/Kg Lost weight Peso perdido	<ul style="list-style-type: none"> Excessive fluid easily eliminated (urine) Fluido em excesso é facilmente excretado na urina Involves big volumes, not practical to prolonged efforts Envolve grandes volumes não sendo muito pratico p/ actividade prolongada
Hydration protocols should be personalised Os protocolos de hidratação devem ser individualizados			

II. Pharmacotoxicology:

Athletes use several pharmacologically active substances to improve their performance, to loose weight fast or even to cover the use of some forbidden substances (table 7) ^[5,25]. Abuse of these substances led to some restriction or even interdiction by the World Anti-Doping Agency (table 8) ^[5,37].

II. Farmacotoxicologia:

Várias substâncias farmacologicamente activas são usadas por desportistas, com o intuito de melhorar a performance, perder peso rapidamente ou mascarar o uso de substâncias ilícitas (tabela 7) ^[5,25]. O abuso fez com que inúmeras fossem proibidas ou restringidas pela Worl Anti-Doping Agency (tabela 8) ^[5,37].

Currently, many other substances are intended to improve performance and are being widely commercialized, even in the absence of full evidence of claims. Many of these are endogenous (table 9) and important to physical activity, suggesting that intake should reinforce performance. However, results are still controversial^[4,25,39,40]. Supplements or other substances improving performance can never substitute an adequate diet, genetic constitution and continued training^[25].

Atualmente, inúmeras outras substâncias são propostas para melhorar a performance e são amplamente comercializadas, embora a grande parte não mostre evidências suficientemente sólidas daquilo que reivindica. Muitas destas substâncias são produzidas endogenamente (tabela 9) e são importantes para a actividade física, o seu aporte adicional deveria melhorar o desempenho, mas os resultados dos estudos nesta matéria são ainda controversos^[4,25,39,40]. Os suplementos ou substâncias que melhoram a performance nunca substituem uma ótima nutrição, a constituição genética e anos de treino^[25].

Table 7 - Main actives (medicines) often used to improve physical performance (GH: growth hormone)^[5,25,33-37]
Tabela 7 - Principais substâncias activas (medicamentos) usadas para melhorar o desempenho físico (GH: hormona de crescimento)^[5,25,33-37]

ACTIVO	MAIN EFFECTS	OTHER EFFECTS	OBSERV.
ACTIVE	PRINCIPAIS EFEITOS	OUTROS EFEITOS	
Cafein	↑ focus concentração	Weight loss	▪ Several adverse effects
Cafeína	↓ effort perception percepção do esforço	Perda de peso	▪ vários efeitos adversos
Ephedrine	↓ fatigue sensation sensação de fadiga	Underlines competitiveness and aggressive character	▪ Several adverse effects, cardiac in particular
Efedrina	↑ awareness estado de alerta	acentua competitividade e agressividade	▪ vários efeitos adversos, cardíacos em especial
Amphetamines	↓ fatigue sensation sensação de fadiga	Underlines competitiveness and aggressive character	▪ abuse drug
Anfetaminas	↑ awareness estado de alerta	acentua competitividade e agressividade	▪ droga de abuso
Cocaine	↓ fatigue sensation sensação de fadiga	Underlines competitiveness and aggressive character	▪ abuse drug
Cocaína	↑ awareness estado de alerta	acentua competitividade e agressividade	▪ droga de abuso
Alcohol	↓ anxiety and pain ansiedade e dor	Psicomotor disorders	▪ contra-indicações diversas
Álcool	↑ self confidence autoconfiança	Perturbações psicomotoras	
Diuretics	Fast weight loss and covers other actives	Hidroelectrolitical disorders	▪ Several adverse effects
Diuréticos	Perda rápida de peso e encobrimento do uso de outras substâncias	Perturbações hidroelectrolíticas	▪ vários efeitos adversos
Anabolic steroids	Marked improvement of muscular growth and strenght	-	▪ Several adverse effects
Esteróides anabolizantes	Marcado crescimento muscular e aumento da força		▪ vários efeitos adversos
GH	Muscle growth and repair, hyperglycemic	Improvement of bone and muscular mass	▪ Several adverse effects
	Crescimento e reparação musculares e, hiperglicémico	Aumento da massa óssea e muscular	▪ vários efeitos adversos
Erythropoietin	Marked increase in transporting and delivering O2	-	▪ Several adverse effects
Eritropoietina	Marcado aumento do transporte e entrega de oxigénio		▪ vários efeitos adversos

Table 8 - Substances classification according with the World Anti-Doping Agency (WADA) (GH: growth hormone) 38

Tabela 9 - Classificação das substâncias de acordo com a World Anti-Doping Agency (WADA) (GH: hormona de crescimento).38

WADA RESTRICTED SUBSTANCES SUBSTÂNCIAS RESTRINGIDAS PELA WADA	WADA FORBIDDEN SUBSTANCES SUBSTÂNCIAS PROIBIDAS PELA WADA
Alcohol Álcool	Amphetamine Anfetaminas
	Cocaine Cocaína
Ephedrine Efedrina	Diuretics Diuréticos
	Anabolic steroids Esteróides anabolizantes
	GH Erythropoietin Eritropoietina

Table 9 - Other endogenous actives used as supplements to improve physical performance

Tabela 9 - Outras substâncias endógenas usadas em suplementação para melhorar o desempenho físico

ACTIVE ATIVO	MAIN EFFECTS PRINCIPAIS EFEITOS	OBSERV.
Conjugate Linoleic Acid Ácido linoleico conjugado	Reduces fat and improves muscle Diminuição da massa gorda e aumento da massa muscular	No adverse effects known Não são conhecidas contra-indicações
L-carnitine L-carnitina	Reduces fat Diminuição da massa gorda	No adverse effects known Não são conhecidas contra-indicações
Coenzyme Q10 Coenzima Q10	Improves ATP aerobic synthesis Melhora a síntese aeróbia de ATP	Adverse effects poorly characterised Contra-indicações insuficiente-mente caracterizadas

Pathology related with physical stress

Overtraining happens when the body tries to produce work that is not supported by the recovery and adaptation capacities. The maximum level of tolerated exercise and the consequences of its excess depend on the characteristics of each individual^[4,5,41].

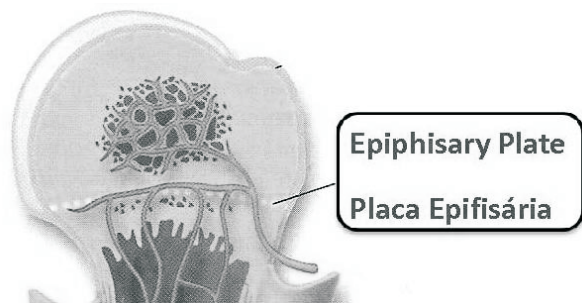
In children and adolescents, overtraining impairs normal biological maturation and may produce multiple long-term consequences^[42]. The epiphyseal

Patologia Associada ao Esforço Físico

O excesso de treino (overtraining) acontece na tentativa de produzir mais trabalho do que a capacidade corporal de adaptação e recuperação permite. A quantidade e a intensidade máximas de exercício toleradas, bem como as consequências do seu excesso, dependem das características de cada indivíduo^[4,5,41].

Nas crianças e adolescentes, o excesso de treino físico prejudica a maturação biológica normal e pode ter

plate (figure 6), the growth centre of large bones, is particularly susceptible to compressions from prolonged overtraining. Overburdening may result in premature closure of the epiphyseal plates, which prematurely stops growth. Several sports may cause this type of damage, but it is most common in young gymnasts and dancers, and in the arms of young tennis and baseball players^[5,42].



múltiplas consequências a longo prazo^[42]. A placa epifisária (figura 6), centro de crescimento do osso longo, é particularmente susceptível ao microtrauma causado pelas compressões do excesso de treino prolongado no tempo. O excesso de carga pode resultar em fecho prematuro das placas epifisárias, com cessação precoce de crescimento. Vários desportos podem provocar este tipo de dano, contudo é mais frequente em jovens ginastas e bailarinas, e nos braços dos jovens tenistas e jogadores de basebol^[5,42].

Figure 6 - Longitudinal bone growth area
Figura 6 - Zona de crescimento ósseo longitudinal

The excess of physical activity in children is often accompanied by nutritional deficit caused by an increase in caloric intake. If adequate nutrition is not implemented, perturbations in the synthesis of somatomedin (a growth factor stimulated by the growth hormone) may occur leading to perturbations in the child's development^[42]. In girls, puberty may be delayed by intense exercise due to the disturbance of hypothalamic-pituitary function and maturation, poor nutrition and excessive weight loss. A delay in menarche or amenorrhoea may occur as a consequence of insufficient body weight or fat mass. When the delay in menarche extends past the age of 18 it may be accompanied by low levels of circulating estrogens, disturbing the development of bone density^[42,43,44].

Women who train intensely often adopt inadequate feeding behaviours. This causes a decrease in the energy available for non-essential functions like reproduction or fat tissue deposition. The fat mass becomes insufficient for the synthesis of estrogens and together with the excess of physical activity, causes disturbance of the hypothalamic-pituitary function. This leads to gonadotropic hormone disorders that induce menstrual changes or even amenorrhoea. Such a risk is even higher in younger women^[4,44].

Amenorrhoea causes loss of the protector effect of estrogens in the bones and physical activity loses its benefits on bone density. Together with poor ingestion of calcium it leads to a reduction in bone mass that triggers the development of osteoporosis. The risk is proportional to the number of lost menstrual cycles and the recovery of bone mass is difficult, thus leading to possible long-term complications.^[4,44]

O exercício físico em excesso nas crianças é muitas vezes acompanhado de défices nutricionais causados pelo aumento do consumo calórico. Quando não é instituída uma nutrição adequada ocorrem perturbações da síntese da somatomedina, factor de crescimento estimulado pela hormona de crescimento, podendo haver perturbações no desenvolvimento da criança^[42]. Nas raparigas, o desenvolvimento da puberdade pode ser retardado pelo exercício intenso através do distúrbio da função e maturação hipotalâmica-hipofisária, de má nutrição e de excessiva perda de peso. Pode haver atraso na menarca ou amenorreia por não ser atingido o peso ou a quantidade de gordura corporal necessários. Quando o atraso na menarca se prolonga após os 18 anos de idade pode ser acompanhado de níveis baixos de estrogénio circulante, perturbando o desenvolvimento da densidade óssea^[42,43,44].

As mulheres que treinam intensamente adoptam com frequência comportamentos alimentares inadequados. Isto provoca uma diminuição da energia disponível para funções não essenciais à sobrevivência, como a reprodução e a deposição de tecido adiposo. A gordura corporal torna-se insuficiente para a síntese de estrogénio e em conjunto com o excesso de actividade física causam perturbação da função hipotalâmica-hipofisária, levando a distúrbios das hormonas gonadotrópicas que desencadeiam irregularidades menstruais ou mesmo amenorreia. As mulheres mais jovens têm maior risco de desenvolver estas perturbações^[4,44].

Quando há amenorreia perde-se o efeito protector do estrogénio sobre o osso, deixando a actividade física de ter benefícios sobre a densidade óssea. Em conjunto com

Amenorrhoea should be treated if it persists for longer than 3 months in order to re-establish the energetic, hormonal and bone equilibrium. The treatment involves a reduction of 10 to 20% in training intensity, a gradual increase in caloric intake, a 2 to 3% increase in body weight and an appropriate calcium intake^[4,44]. Despite intense training, athletes can experience a decrease in their physical performance associated with overtraining. This decline in performance and a set of signs and symptoms are globally referred to as overtraining syndrome^[4,5,41]. Prevention and diagnosis are difficult because the symptoms are variable among individuals and are easily confused with changes related to regular training such as fatigue and muscular pain (table 10)^[5,41,45].

insuficiente ingestão de cálcio, dá-se uma redução da massa óssea desenvolvendo-se osteoporose. O risco é proporcional ao número de ciclos menstruais perdidos e a recuperação da massa óssea perdida é difícil, podendo constituir uma complicação a longo prazo^[4,44]. A amenorreia deve ser tratada quando se prolonga por mais de 3 meses, de forma a restabelecer o equilíbrio energético, hormonal e ósseo. O tratamento passa por reduzir 10 a 20% na intensidade de treino, aumentar gradualmente o aporte calórico, aumentar 2 a 3% o peso corporal e manter uma ingestão adequada de cálcio^[4,44]. Muitos atletas, apesar do treino intenso, experienciam decréscimos no desempenho físico associados ao treino excessivo. Este declínio da performance e um conjunto de sinais e sintomas associados são colectivamente referidos por síndrome de excesso de treino^[4,5,41]. A sua prevenção e diagnóstico são difíceis porque os sintomas são variáveis de indivíduo para indivíduo e confundem-se com alterações relacionadas com o treino regular, como a fadiga e a dor muscular (tabela 10)^[5,41,45].

Table 10 - Overtraining Syndrome characterization (GH: growth hormone) 4,5

Tabela 10 - Caracterização do Síndrome de Excesso de Treino (GH: hormona de crescimento) 4,5

SIGNS & SYMPTOMS SINAIS E SINTOMAS	CARDIORESPIRATORY CARDIO- RESPIRATÓRIAS	MUSCULAR	ENDOCRINE ENDÓCRINAS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ reduced strength, coordination and work capacity ▪ redução de força, coordenação e capacidade máxima de trabalho 	<ul style="list-style-type: none"> heart rate during rest frequência cardíaca em repouso 	<ul style="list-style-type: none"> intramuscular enzymes in blood enzimas intramusculares no sangue 	<ul style="list-style-type: none"> catecholamines in blood catecolaminas no sangue
<ul style="list-style-type: none"> ▪ chronic fatigue, pain and muscular stiffness ▪ fadiga crónica, dor e rigidez muscular 	<ul style="list-style-type: none"> blood pressure pressão arterial 	<ul style="list-style-type: none"> lactate in blood lactato no sangue 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ malfunction of the hypothalamic-hypophysary axis ▪ disfunção do eixo hipotálamo-hipófise
<ul style="list-style-type: none"> ▪ sleep and appetite disorders ▪ distúrbios do sono e do apetite 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ECG changes ▪ alterações no ECG 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ global loss of muscular mass ▪ Perda global de massa muscular 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Malfunction of the GH circadian cycle ▪ perturbação do ciclo circadiano da GH
<ul style="list-style-type: none"> ▪ weight lost ▪ perda de peso 	<ul style="list-style-type: none"> O₂ consumption consumo de O₂ 	-	<ul style="list-style-type: none"> cortisol cortisol
<ul style="list-style-type: none"> ▪ infecções frequentes 	-	-	<ul style="list-style-type: none"> ▪ diminuição dos níveis de testosterona
<ul style="list-style-type: none"> ▪ instabilidade emocional 	-	-	<ul style="list-style-type: none"> ▪ -

The overtraining syndrome is caused by a combination of emotional and physiological factors and reflects changes in the autonomous nervous system function, endocrine responses and immunity (figure 7) ^[5,45].

A síndrome de excesso de treino é causada por uma combinação de factores emocionais e fisiológicos, e reflecte alterações no funcionamento do sistema nervoso autónomo, das respostas endócrinas e da função imunitária (figura 7) ^[5,45].

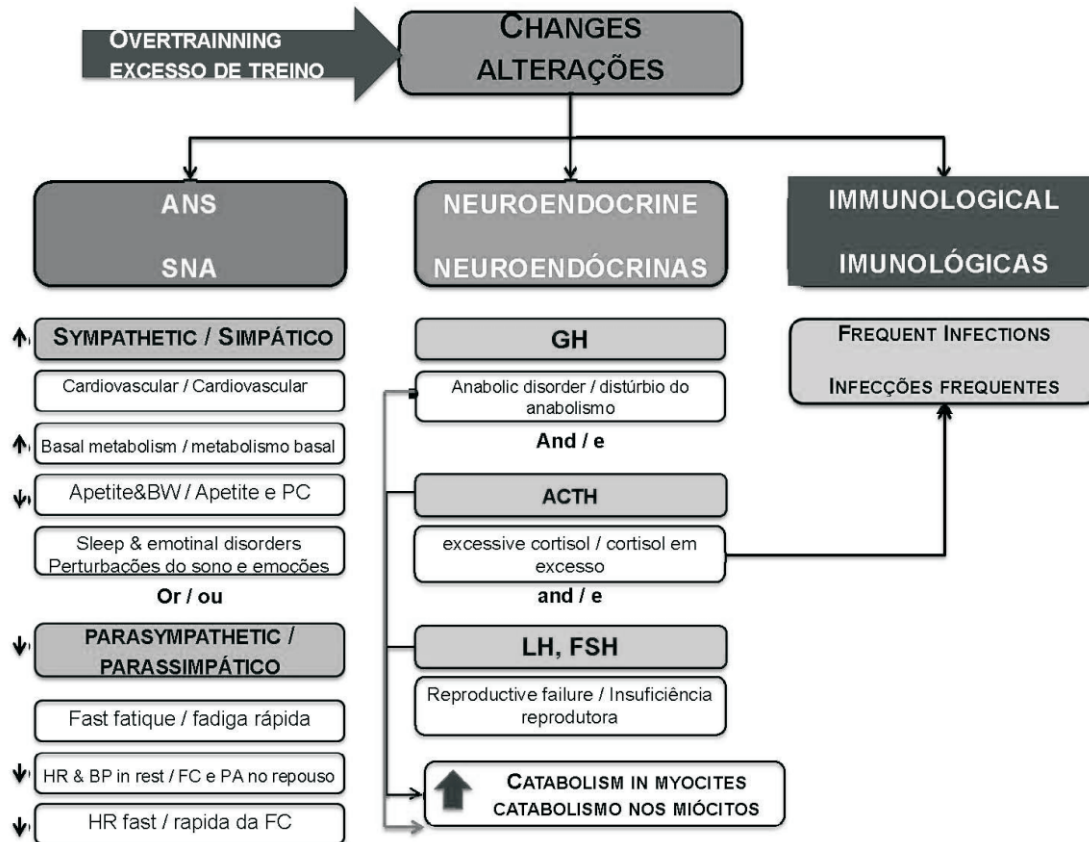


Figure 7 - Overtraining syndrome's physiological impact (BW- body weight; HR – heart rate; BP – blood pressure FSH – Follicle stimulating hormone; LH – Luteal hormone; ACTH – Adrenal cortex stimulating hormone; GH-Growth hormone)

Figura 7 - Impacto fisiológico do Síndrome de excesso de treino (PC-peso corporal; FC-frequência cardíaca; PA-pressão arterial; FSH – Hormona foliculo-estimulante; LH – hormona luteinizante; ACTH – hormona estimulante do córtex supra-renal; GH-Hormona de crescimento)

Prevention involves a careful monitoring of signs and symptoms and the maintaining of appropriate periods of training and rest as well as a carbohydrate-rich diet. Training programmes should be individualised and comprised of cyclic variations in training intensity. The treatment requires a marked reduction in training intensity or even absolute rest ^[5,45].

A prevenção passa por uma monitorização cuidadosa dos sinais e sintomas e pela manutenção da intensidade de treino e repouso adequadas, bem como de uma dieta rica em hidratos de carbono. Os programas de treino devem ser individualizados e compostos de variações cíclicas da intensidade de treino. O tratamento exige uma redução marcada na intensidade de treino ou mesmo descanso absoluto ^[5,45].

Conclusions

Physical activity is important to promote quality of life independently of age, gender, body constitution and health condition. It should be adapted to the characteristics of each individual.

Regular exercise enhances cardiorespiratory, muscular and joint resistance, strength and coordination; has an impact on metabolism, weight and body constitution; and promotes mental health. Furthermore, it minimises the risk factors for chronic diseases with high prevalence, mortality and morbidity and promotes rehabilitation. Active ageing is becoming more important because longevity is now a fact and daily tasks are requiring less energy.

Together with physical exercise, an adequate nutrition is essential and should not be replaced by supplements. Resting periods, which allow post exercise recovery, are also necessary.

Conflict of interests

The author declares that there are no financial and personal relationships that could be viewed as presenting a potential conflict of interests.

References / Referências

[1]. Wilmore JH, Costill DL, Kenney L. Physiology of sport and exercise. 4th ed. United States of America: Human Kinetics, 2008.
 [2]. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Essentials of exercise physiology: Volume 1. 3rd ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2006.
 [3]. Hales T. History of developments in sport and exercise physiology: A. V. Hill, maximal oxygen uptake, and oxygen debt. *Journal of Sports Sciences*. 2008; 26(4): 365-400.
 [4]. McArdle WD, Katch FI, Katch VL., Taranto G. Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.
 [5]. Wilmore JH, Costill DL. Physiology of sport and exercise. 2nd ed. United States of America: Human Kinetics, 1999.
 [6]. Physical Activity and Public Health: Updated Recommendation for Adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2007; 39(8): 1423-1434.
 [7]. Global Strategy on Diet, Physical Activity & Health. World Health Organization, 2011. Available from: <http://www.who.int/dietphysicalactivity/en/>
 [8]. Cordain L, Eaton SB, Sebastian A, Mann N, Lindeberg S, Watkins BA, O'Keefe JH, Brand-Miller J. Origins and evolution of the Western diet: health implications for the 21st century. *American*

Conclusões

A actividade física é importante para a promoção da qualidade de vida independentemente da idade, do género, da constituição física e do estado de saúde, devendo ser adaptada a cada indivíduo, tendo em conta as suas particularidades.

O exercício físico regular desenvolve a resistência cardiorespiratória, muscular e osteoarticular, a força e a coordenação motora; tem impacto no metabolismo, no peso e na composição corporal; e, ainda, promove a saúde mental. Tem valor na minimização de factores de risco para doenças crónicas com elevada prevalência, mortalidade e morbidade, bem como na reabilitação. O envelhecimento activo é cada vez mais importante, uma vez que a longevidade já é um facto e as tarefas diárias dispendem cada vez menos energia.

A nutrição adequada deve acompanhar a actividade física sob a forma de uma alimentação variada, não substituível por suplementos. Deve ser acompanhada por períodos de repouso que proporcionem a recuperação após o exercício.

Conflito de Interesses

Os autores declaram não existir qualquer relação pessoal ou financeira que possa ser entendida como representando um potencial conflito de interesses.

Journal of Clinical Nutrition. 2005; 81 (2): 341-354.
 [9]. 2008 Physical Activity Guidelines for Americans. Office of Disease Prevention and Health Promotion of U.S. Department of Health and Human Services. 2008.
 [10]. Guyton AC, Hall JE. Sports Physiology. In: Guyton AC, Hall JE. Textbook of Medical Physiology. 11th ed. Philadelphia: W.B. Saunders. 2006. 1055-1066.
 [11]. A actividade física e o desporto: um meio para melhorar a saúde e o bem-estar. Direcção-Geral da Saúde. 2007. Available from: <http://www.dgs.pt/>
 [12]. Joyner MJ, Green DJ. Exercise protects the cardiovascular system: effects beyond traditional risk factors. *The Journal of Physiology*. 2009; 587: 5551-5558.
 [13]. Williams PT. Vigorous Exercise, Fitness and Incident Hypertension, High Cholesterol, and Diabetes. *Med Sci Sports Exerc*. 2008; 40 (6): 998-1006.
 [14]. Friedenreich CM, Neilson HK, Lynch BM. State of the epidemiological evidence on physical activity and cancer prevention. *European Journal of Cancer*. 2010; 46 (14): 2593-2604.
 [15]. New physical activity guidance can help reduce risk of breast, colon cancers. World Health Organization, 2011. Available from: http://www.who.int/mediacentre/news/notes/2011/world_cancer_day_20110204/en/index.html

[16]. Caine D, DiFiori J, Maffei N. Physical injuries in children's and youth sports: reasons for concern?. *British Journal of Sports Medicine*. 2006; 40: 749-760.
 [17]. Global recommendations on physical activity for health. World Health Organization. 2010.
 [18]. Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report 2008, Office of Disease Prevention and Health Promotion of U.S. Department of Health and Human Services. 2008.
 [19]. Hirofumi Tanaka and Douglas R. Seals. Endurance exercise performance in Masters athletes: age-associated changes and underlying physiological mechanisms. *The Journal of Physiology*. 2008; 586: 55-63.
 [20]. Chan KM, Anderson M, Lau EM. Exercise interventions: defusing the world's osteoporosis time bomb. *Bulletin of the World Health Organization*. 2003; 81 (11).
 [21]. Sharkey NA, Williams NI, Guerin JB. The role of exercise in the prevention and treatment of osteoporosis and osteoarthritis. *Nurs Clin North Am*. 2000; 35 (1): 209-21.
 [22]. Balducci S, Iacobellis G, Parisi L, Di Biase N, Calandriello E, Leonetti F, Fallucca F. Exercise training can modify the natural history of diabetic peripheral neuropathy. *Journal of Diabetes and its Complications*. 2006; 20 (4): 216-223.
 [23]. Fisher MA, Langbein WE, Collins EG,

- Williams K, Corzine L. Physiological improvement with moderate exercise in type II diabetic neuropathy. *Electromyogr Clin Neurophysiol*. 2007; 47 (1):23-8.
- [24]. Kokkinos PF, Giannelou A, Manolis A, Pittaras A. Physical Activity in the Prevention and Management of High Blood Pressure. *Hellenic J Cardiol*. 2009; 50: 52-59.
- [25]. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *Journal of the American Dietetic Association*. 2009; 109(3): 509-527.
- [26]. Maughan RJ, Depiesse F, Geyer H. The use of dietary supplements by athletes. *Journal of Sports Sciences*, 2007; 25(S1): S103-S113.
- [27]. Hawley JA, Gibala MJ, Bermon S. Innovations in athletic preparation: Role of substrate availability to modify training adaptation and performance. *Journal of Sports Sciences*, 2007; 25(S1): S115 – S124.
- [28]. Gleeson M. Dosing and efficacy of glutamine supplementation in human exercise and sport training. *J Nutr*. 2008; 138 (10): 2045S-2049S.
- [29]. Bishop D. Dietary Supplements and Team-Sport Performance. *Sports Medicine*. 2010; 40(12): 995-1017.
- [30]. Bembien MG, Lamont HS. Creatine supplementation and exercise performance: recent findings. *Sports Med*. 2005; 35(2): 107-25.
- [31]. Persky AM, Rawson ES. Safety of creatine supplementation. *Subcell Biochem*. 2007; 46: 275-89.
- [32]. Hespel P, Op't Eijnde B, Van Leemputte M. Opposite actions of caffeine and creatine on muscle relaxation time in humans. *J Appl Physiol*. 2002; 92 (2): 513-8.
- [33]. Avois L, Robinson N, Saudan C, Baume N, Mangin P, Saugy M. Central nervous system stimulants and sport practice. *British Journal of Sports Medicine*. 2006; 40: i16-i20.
- [34]. Docherty JR. Pharmacology of stimulants prohibited by the World Anti-Doping Agency (WADA). *British Journal of Pharmacology*. 2008; 154(3): 606–622.
- [35]. O'Brien CP, Lyons F. Alcohol and the athlete. *Sports Medicine*. 2000; 29(5): 295-300.
- [36]. Tokish JM, Kochev MS, Hawkins RJ. Ergogenic Aids: A Review of Basic Science, Performance, Side Effects, and Status in Sports. *American Journal of Sports Medicine*. 2004; 32 (6): 1543-1553.
- [37]. Cadwallader AB, De La Torre X, Tieri A, Botrè F. The abuse of diuretics as performance-enhancing drugs and masking agents in sport doping: pharmacology, toxicology and analysis. *British Journal of Pharmacology*. 2010; 161(1): 1-16.
- [38]. The World Anti-Doping Code: The 2010 Prohibited List International Standard. World Anti-Doping Agency. 2009.
- [39]. Jeukendrup AE, Aldred S. Fat supplementation, health, and endurance performance. *Nutrition*. 2004; 20 (7-8): 678-88.
- [40]. Larsen TM, Toubro S, Astrup A. Efficacy and safety of dietary supplements containing CLA for the treatment of obesity evidence from animal and human studies. *The Journal of Lipid Research*. 2003; 44: 2234-2241.
- [41]. Sean O. Richardson, Mark B. Andersen, Tony Morris. *Overtraining athletes: personal journeys in sport*. United States of America: Human Kinetics, 2008.
- [42]. *Intensive Participation in Children's Sports*. American Orthopaedic Society for Sports Medicine. Human Kinetics, 1993.
- [43]. Becker L. *Principles and Practice of Endocrinology and Metabolism*. 3rd ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2001.
- [44]. Teixeira P, Sardinha LB, Barata JL. *Nutrição, Exercício e Saúde*. LIDEL, Edições Técnicas, Lda, 2008.
- [45]. Renstrom PA. *Sports Injuries: Basic Principles of Prevention and Care*. International Olympic Committee. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1993.