



REVISTA INTERDISCIPLINAR CIÊNCIAS E SAÚDE

V.4, N.2 - Edição 2017

A influência genética na performance esportiva

The genetic influence on sports performance

Maria Carolina dos Santos da Trindade¹; Breno Costa Rodrigues¹; Felipe Ricardo Alves Rodrigues¹; Daniela Moura Parente Ferrer de Almeida²

¹ Acadêmicos do 3º período de Medicina do Centro Universitário UNINOVAFAPI

² Doutora em Biotecnologia Biotecnologia – área Imunologia e Biologia Molecular. Docente da disciplina de Genética Médica do Centro Universitário UNINOVAFAPI

Endereço para correspondência: Centro Universitário UNINOVAFAPI,
Rua Vitorino Orthiges Fernandes, 6123 - Uruguai, Teresina – PI.
E-mail: mariacarolinastrindade@gmail.com

RESUMO

A prática da atividade física regular é um importante fator a se considerar na terapêutica de diversas patologias. Com o estudo genético avançado, sabe-se que o fenômeno da performance física é multifatorial. Desta forma, este estudo direcionou-se à revisão de publicações voltadas a influência genética na performance esportiva, observando fatores como a interação do gene com o exercício físico, além da influência genética na regulação hormonal. Foram descritos os polimorfismos dos genes ECA I/D e alfa-actinina, que prioriza o metabolismo oxidativo e melhora o desempenho esportivo. Abordou-se também a nutrigenômica e metodologias de treinamento como fatores externos que potencializam a expressão para o domínio de alto rendimento. As evidências da influência genética nos diversos sistemas do organismo humano, já não podem ser desconsideradas. Os estudos têm demonstrado sua importância frente as mais diversas alterações fisiológicas que ocorrem no corpo e como diferentes genes podem estar presentes e serem determinantes em diferentes funções. Todos estes fatores ressaltam a importância desta revisão da literatura.

Palavras-chave: Medicina Esportiva. Peptidil Dipeptidase A. Desempenho Atlético. Nutrigenômica.

ABSTRACT

The practice of regular physical activity is an important factor to consider in the treatment of several pathologies. With the advanced genetic study, it is known that the phenomenon of physical performance is multifactorial. In this way, this study aimed to review publications focusing on genetic influence on sports performance, observing factors such as the interaction of the gene with physical exercise, as well as the genetic influence on hormonal regulation. The polymorphisms of the ECA I / D and alpha-actinin genes, which prioritize oxidative metabolism and improve sports performance, have been described. Nutrigenomics and training methodologies were also addressed as external factors that potentiate the expression for the high performance domain. The evidence of genetic influence on the various systems of the human organism can no longer be disregarded. Studies have proven their importance in face of the most diverse physiological changes that occur in the body and how different genes can be present and are determinant in different functions. All these factors underscore the importance of this literature review.

Keywords: Sports Medicine. Peptidil Dipeptidase A. Athletic Performance. Nutrigenomics.

INTRODUÇÃO

A prática da atividade física regular é um importante fator a se considerar na terapêutica de diversas patologias, ganhando destaque em um contexto atual de campanhas para prevenção e conscientização de um estilo de vida mais saudável, contando com mais de 50% da população brasileira engajada em algum tipo de exercício. Em meio aos inúmeros praticantes, há esportistas com desenvolvimento e desempenho físico extraordinários em relação à população geral, fato que se tornou de interesse nas pesquisas por médicos desportistas (RIBAS, 2014).

Acreditava-se que a alta performance era um fenômeno que estaria ligado apenas a fatores extrínsecos, como o tipo de treinamento do atleta e um acompanhamento nutricional rigoroso que promoveria modificações morfofuncionais nos sistemas fisiológicos (cardiovascular, respiratório, endócrino, músculo-esquelético). No entanto, os fatores ambientais se tornaram insuficientes na tentativa de explicar o fenótipo da alta performance, direcionando o foco causal para a área da genética (NETTO, 2014).

Com o início do Projeto Genoma Humano, em 1990, foi possível rastrear e identificar diversos genes importantes ao corpo humano, estipulando-se que 30mil genes são responsáveis pela fenotipagem de um indivíduo. A teoria sobre a expressão de gene se baseia na decodificação da cadeia de DNA formadora em um RNA mensageiro (etapa de transcrição), que é traduzido em uma proteína do citoplasma com funções específicas ao organismo, a depender do local de atuação. Tais funções podem ser: geração de energia, síntese proteica, atuação como neurotransmissores ou receptores de sinais hormonais (PIMENTA, 2013).

Em meio ao genótipo humano, variações importantes podem ocorrer, por exemplo, uma alteração na sequência e número de bases nitrogenadas que repercute diretamente na expressão de uma característica. Qualquer mutação no DNA modifica a estrutura de uma proteína sintetizada, o que repercute no seu papel fisiológico de maneira positiva ou negativa (JÚNIOR; SCHALY, 2013).

Com o estudo genético avançado, sabe-se que o fenômeno da performance física é multifatorial, ou seja, não é dependente apenas de fatores ambientais, mas também de fatores genéticos que podem determinar o grau de adaptação do indivíduo à atividade física exercida. Hoje destaca-se mais de 200 genes candidatos a uma função relacionada ao desempenho físico humano, estimulando, inclusive, um desenvolvimento científico que permita a administração de drogas que tenha ação direta na expressão desses genes (doping genético) (PASQUA et al., 2011).

O presente artigo abordará didaticamente os principais genes com ligação direta à saúde física e performance, sendo de influência positiva ou negativa ao organismo. Serão destacados os estudos envolvidos e as características detalhadas manifestadas por esses genes na formação do atleta de elite.

METODOLOGIA

A produção deste artigo se baseou na revisão integrativa da literatura, realizada entre fevereiro e junho de 2017, utilizando-se do agrupamento de dados e da síntese dos conhecimentos acerca da temática proposta, de modo a explanar os fatores que compõem o tema central: A influência genética na performance esportiva.

O estudo consiste em um artigo de revisão que objetivou revisar na literatura temas relacionados à excelência de vários profissionais da área desportiva que desfrutaram de uma genética favorável em relação à sua modalidade esportiva. A busca dos artigos foi realizada nos periódicos nacionais, indexados nas bases de dados SCIELO, Medline e PubMed, bem como dissertações em educação física da Universidade Federal do Paraná – UFPR e monografia da Universidade de São Paulo - USP utilizando os seguintes descritores: alfa actina-3, ACTN3, enzima conservadora da angiotensina, ECA. Foram encontrados 22 arquivos entre os anos de 2011 e 2016 nos

idiomas português, inglês e espanhol referentes ao tema e que se enquadravam nos critérios de inclusão e exclusão adotados e listados logo abaixo.

Os critérios de inclusão para os estudos encontrados foram artigos e teses que tratassem da performance de atletas, o aumento da sua capacidade física e as variações existentes nos genes já citados. Foram excluídos aqueles que relatavam hipertrofia e que não apontassem aumento no desempenho físico ou não fizessem correlações entre os genes e a performance esportiva.

Foram cumpridas as seguintes etapas: formulação do problema, levantamento de dados, avaliação dos dados coletados, análise e interpretação dos dados e apresentação dos resultados. Para análise dos artigos, estes foram categorizados de acordo com: periódico, autor, ano de publicação, metodologia e considerações finais.

RESULTADOS

Após a seleção dos estudos nas bases de dados indicadas, procedeu-se a análise e compilação dos dados coletados. O quadro 1 mostra a lista das publicações selecionadas, conforme autor, ano, periódico publicado e resultados encontrados.

Quadro 1 – Relação de publicações utilizadas e categorizadas em Título, Autor, Ano, Periódico Publicado e Resultados Encontrados relacionados a influência genética na performance esportiva

TÍTULO	AUTOR (ANO)	PERIÓDICO PUBLICADO	RESULTADOS ENCONTRADOS
Polimorfismo do Gene da ECA e da α -actinina 3 na Escoliose Idiopática do Adolescente	WAJCHENBERG et al. (2013)	Acta ortopedica brasileira	Observou-se diferença entre a distribuição do polimorfismo da ECA e da ACTN3 na família estudada.
Polimorfismos genéticos para alfa actinina 3 e sua relação com dano muscular e capacidades funcionais em atletas de futebol.	PIMENTA (2012)	Universidad de León	Os treinamentos excêntricos agudos promovem aumento significativo nas variáveis hormonais, e imunológicas.
Avaliação das interações entre a suplementação antioxidante com o óleo de pequi (<i>Caryocar brasiliense Camb.</i>) e os polimorfismos nos genes da α -actinina-3 (ACTN-3), eritropoetina (EPO) e seu receptor (EPOR) nos resultados do hemograma, marcadores bioquímicos e peroxidação lipídica, em corredores de rua	RIBEIRO (2013)	Universidade de Brasília	Os resultados de resposta diferenciada de cada polimorfismo à suplementação com cápsulas de pequi demonstram a importância dos efeitos da nutrigenômica no desempenho do atleta.
Perfil dermatoglífico e determinação da frequência genotípica da ACTN3 em atletas promessas olímpicas	JÚNIOR, SCHALY (2013)	Seminário de Iniciação Científica, Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão e Mostra científica	Por meio dos recursos disponíveis não foi possível realizar uma análise estatística que conseguisse identificar se existe relação ou não entre o gene ACTN3 e a dermatoglia.
ACTN 3 e desempenho	PASQUA et al. (2011)	Rev Bras Cineantropom	Estudos recentes

esportivo: um gene candidato ao sucesso em provas de curta e longa duração		Desempenho Hum	apontam que a ausência da forma funcional dessa proteína podendo regular a utilização de substratos durante o exercício, priorizando o metabolismo oxidativo, poupando glicogênio muscular e favorecendo o desempenho em atividades de longa duração.
Estudo molecular dos genes alfa actinina 3 e ECA I/D em atletas de esportes de combate, artes marciais e lutas de alto rendimento – ênfase em luta de percussão	NETTO (2014)	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Os dados da presente pesquisa seguem os padrões esperados para população no que tange a frequência genotípicas e em sua distribuição alélica nos genes da ACTN3 e da ACE I/D com lutadores de percussão.
Estudo molecular dos genes candidatos a melhora nos níveis de força e velocidade em atletas de domínio de alto rendimento	RIBAS (2014)	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Indicam uma associação do gene da ACTN3 e da ACE I/D com lutadores de domínio.
Treinamento com sprints e jogos reduzidos para a Performance da velocidade no futsal	CRUZ et al. (2015)	Revista Brasileira de Futsal e Futebol	Observou-se que as metodologias de treinamento potencializam o desenvolvimento da velocidade de corrida de jogadores de futsal, sendo os ganhos mais expressivos estando relacionados ao período competitivo.
Avaliação de genes relacionados ao desempenho esportivo em atletas do estado do Amazonas	ROCHA (2015)	Universidade Federal do Amazonas	Os resultados não apontaram diferença significativa de quando avaliados os genótipos encontrados em modalidades aeróbias.

Fonte: Dados empíricos da pesquisa, 2017.

DISCUSSÃO

As informações analisadas foram subdivididas nas categorias: a interação gene e exercício físico e a influência genética na regulação hormonal para aumento da performance esportiva. Tais categorias evidenciam aspectos importantes do determinismo genético e seus efeitos metabólicos em atletas de alto rendimento.

A interação gene e exercício físico

O estudo genético mais preciso relacionado ao exercício físico é realizado ao se observar os efeitos biológicos de genes que provocam alterações em medidas como massa muscular, resistência muscular, densidade óssea. Tendo em vista esse aspecto, alguns genes foram identificados como tendo contribuição especial na prática esportiva.

Entre os diferentes genes polimórficos associados ao esporte, destaca-se o ACTN3, responsável pela codificação da proteína alfa-actinina-3, pertencente a um grupo de mais três proteínas (alfa-actininas-1, 2 e 4). Diferentemente da alfa-actinina-2 que é componente estrutural em todos os tipos de fibras musculares esqueléticas e cardíacas, a alfa-actinina-3 está presente apenas em fibras musculares de contração rápida (fibras musculares tipo 2 ou fibras brancas). Sabe-se que essas fibras musculares possuem maior ganho de massa muscular, volume e tônus ao se comparar com as fibras de contração lenta (fibras musculares tipo 1 ou fibras vermelhas).

A característica determinada em questão é expressa pelo alelo funcional R, ou seja, em indivíduos homocigotos para R ou heterocigotos. Há, porém, um polimorfismo denominado de R577X no gene ACTN3, descrito pelo alelo não-funcional X (presente em cerca de 18% da população saudável), expressando uma forma truncada e inoperante da proteína alfa-actinina-3.

Em estudos sobre a presença desse polimorfismo de acordo com determinada atividade física, percebeu-se que a frequência, tanto do alelo X quanto do genótipo XX, é maior em indivíduos que se submetem a atividades predominantemente aeróbicas ou sedentários, e curiosamente menores em indivíduos que se submetem a atividades físicas que predomina a força e potência muscular.

Corroborando a afirmativa, há a pesquisa conduzida por Yang et al (2003) que divide o grupo de pesquisados em não-atletas e atletas de alto nível. Os atletas de atividades aeróbicas apresentaram frequência do genótipo XX de 24%, enquanto os atletas de atividades que exigem rápida contração muscular e força, e não-atletas apresentaram, respectivamente, 6% e 18%.

Em 2010, Scott et al verificou em sua pesquisa que a frequência do genótipo XX foi praticamente invariável entre atletas velocistas (jamaicanos e norte americanos) e não-atletas (também jamaicanos e norte-americanos), além de ser menor que a média geral.

Pimenta(2012), pela Universidade de León que comparava a capacidade física de 322 jogadores de futebol voluntariados sob os aspectos de força, velocidade e resistência, de acordo com os grupos genótipos do gene ACTN3. Indivíduos com genótipo RR e RX apresentaram menor taxa de tempo para percursos de 10m, 20m e 30m, além de melhores resultados em saltos, ao contrário do grupo de genótipo XX. Em contrapartida, este último grupo demonstrou ter um VO2 maior comparado ao outros dois genótipos.

Consequentemente, tais análises permitem interpretar que indivíduos com ausência do polimorfismo R577X possuem maior vantagem em atividades de intensa e rápida contratilidade muscular, enquanto os indivíduos de genótipo XX demonstram uma resistência elevada a atividades físicas que demandam alto preparo cardiopulmonar, com exercícios de longa duração. No entanto, deve-se considerar uma influência de fatores étnicos na manifestação dos genótipos.

A influência genética na regulação hormonal para aumento da performance esportiva

O polimorfismo I/D do gene ECA é o primeiro gene a ser correlacionado com a performance esportiva e consiste na ausência ou presença de 287 pares de base no íntron 16, apresentando os genótipos II, ID e DD. Os altos níveis de ECA no plasma ou tecidos é característico do alelo D, o que seria responsável por uma hipertrofia do músculo cardíaco, tanto por aumento do hormônio angiotensina II, quanto por maior degradação da bradicinina,

hormônio inibidor do crescimento muscular cardíaco. Em contrapartida, o alelo I está ligado a menor expressão da ECA no organismo, sugerindo-se que, assim, a concentração de óxido nítrico (importante vasodilatador) aumentaria, melhorando a respiração mitocondrial (DAROS, 2014).

Além da participação a nível cardiovascular e metabólica, estudos demonstram que o polimorfismo ECA/ID influencia no padrão de fibra muscular do atleta. Em estudo por ZHANG et al., (2003), observou-se que o genótipo II apresenta porcentagem maior de fibras musculares tipo 1, enquanto no genótipo DD se destacava as fibras musculares tipo 2 (DAROS, 2014).

Portanto, percebe-se que o genótipo II confere uma vantagem importante a atletas cuja atividade necessite de maior endurance, ou seja, em que a atividade aeróbica é mais intensa, enquanto o genótipo DD é vantajoso para atletas envolvidos com exercícios que exijam força e velocidade (NETTO, 2014).

Um terceiro gene identificado pelo cientistas é o PPAR. As proteínas codificadas por ele são receptores nucleares ativados por lipídios, tendo papel essencial na homeostase energética, regulando o metabolismo de lipídeos e carboidratos. Até então, foram identificados três isotipos do PPAR: PPAR-alfa, PPAR-gama, PPAR-delta, cada um exercendo uma influência sob o desempenho esportivo (MACIEJEWSK-KARLOWSKA, 2013).

O isotipo alfa está relacionado com o metabolismo de ácidos graxos, principalmente a nível mitocondrial, sendo expresso em tecidos como fígado, coração, gordura marrom, rins e músculo esquelético. Um polimorfismo importante desse isotipo é denominado polimorfismo G/C, o qual assume-se ter implicância direta nos fenótipos de performance humana. Estudos evidenciaram uma prevalência aumentada do genótipo GG em grupos de atletas de resistência, enquanto o genótipo CC era mais encontrado em atletas cuja atividade física possuía um componente anaeróbio importante (MACIEJEWSK-KARLOWSKA, 2013).

A teoria que justifica tais achados se baseia na consideração de que o alelo C estaria associado com uma redução da transcrição pelo RNAm do PPAR-alfa, o que resulta na redução das enzimas responsáveis pelo controle da oxidação de ácidos graxos. Sendo assim, indivíduos de genótipo CC tendem a apresentar menos oxidação de ácidos graxos, consumindo mais glicose como fonte de energia rápida, sendo um destaque em esportistas que necessitam de rápida e intensa contração muscular. Já o genótipo GG manifestaria processos oxidativos de ácidos graxos normais, o que conservaria por mais tempo as reservas de glicogênio, ideal para provas longas de importante carga aeróbica.

Cieszczyk et al (2011) e Maciejewsk-Karlowska (2011) publicaram uma das primeiras pesquisas correlacionando o polimorfismo PPAR-alfa em atletas poloneses, em especial os grupos de atletas de combate e ciclistas de elite. Ambos demonstraram uma frequência aumentada tanto do alelo G como do genótipo GG nos respectivos atletas, reforçando a teoria que liga o alelo G a atividades de endurance.

Já o isotipo PPAR-gama possui até quatro proteínas possíveis de se decodificar, no caso, PPARG1, PPARG2, PPARG3, PPARG4. Um polimorfismo importante identificado, denominado Prol12Ala, interfere na proteína PPARG2. A alteração induzida pela variação PPARG2 12Ala promove repercussões fisiológicas a nível de tecido adiposo e muscular.

Sabe-se que esse alelo está envolvido à uma maior sensibilidade aos níveis plasmáticos de insulina, o que interfere diretamente na lipólise nos adipócitos, reduzindo os níveis plasmáticos de ácidos graxos. Sendo assim, com o objetivo de compensar a modificação na homeostase energética, os músculos utilizam a glicose como principal substrato para obtenção de energia. Para os indivíduos que praticam esportes com importante fator anaeróbico, a glicose é um combustível importante, pois garante energia rapidamente por um curto período de tempo (MACIEJEWSK-KARLOWSKA, 2013).

Por fim, o isotipo PPAR-delta é a forma de maior expressão no músculo esquelético, além do coração e adipócitos, operando amplamente no metabolismo lipídico nesses tecidos ao decodificar proteínas que captam e promovem beta-oxidação dos ácidos graxos. Além do papel regulador da oxidação lipídica, observa-se que o PPAR-delta também está associado na conversão de fibras musculares do tipo I (NETTO, 2014).

É devido sua alta expressão a nível de músculo esquelético e papel fisiológico ligado à diminuição de tecido adiposo (por conseqüente aumento das reservas de glicogênio hepático e muscular) e formação de fibras tipo I que há um interesse considerável por esse gene em práticas de doping genético entre atletas de resistência física.

Outro gene potencialmente relacionado ao desempenho no esporte é o gene responsável pela expressão da EPO (eritropoetina), o principal hormônio relacionado à eritropoiese, garantindo uma proliferação e diferenciação das células progenitoras dos eritrócitos. A EPO é predominantemente produzida pelos fibroblastos peritubulares no córtex renal sob estímulos referentes à pO₂ renal. Quando o indivíduo se encontra em um estado anêmico ou de hipóxia, há um estímulo para o aumento da síntese hormonal, normalizando quando há uma regulação do fornecimento de oxigênio à nível renal (JÚNIOR et al 2015).

Por participar na produção dos eritrócitos, é dedutível que a captação e o aporte de oxigênio para o atleta se torna maior, o que repercute na sua produção energética, visto que esse oxigênio em excesso seria utilizado pela mitocôndria em seus ciclos oxidativos no intuito de produzir mais ATP.

Em pesquisa com corredores de rua do Distrito Federal, aqueles que possuíam o genótipo TG (T=alelo normal, G=alelo variante) apresentaram o CHCM aumentado em relação aos indivíduos TT, o que significaria uma vantagem aeróbica para o primeiro genótipo, pois o índice hematimétrico refere-se à concentração média de hemoglobina no interior dos eritrócitos (RIBEIRO, 2013).

Outro gene identificado e correlacionado com a atividade física é o AMPD1 localizado no cromossomo 1 p13-p21. Seu papel é evidenciado na expressão da enzima mioadenilato deaminase, a qual é mediadora de uma reação catalisada pela enzima AMP deaminase. Tal reação é responsável por minimizar os efeitos de um quadro de fadiga muscular ao manter as necessidades energéticas quando os níveis de ADP aumentam consideravelmente. Pela AMP deaminase, há uma diminuição nos níveis de ADP, pois ao remover o AMP, há um deslocamento do equilíbrio da reação da adenilato quinase ($2ADP \rightarrow ATP + AMP$), produzindo mais energia no processo. (DIAS, 2011)

Uma mutação do tipo nonsense referente ao gene AMPD1 resulta em um alelo T dominante que interrompe prematuramente o processo de tradução da enzima mioadenilato deaminase. Portanto, indivíduos com genótipo TT e TC (2% e 20% da população caucasiana, respectivamente) apresentam atividades da enzima mioadenilato deaminase menores em relação aos indivíduos de genótipo CC. Consequentemente, atletas homocigotos e heterocigotos para o gene mutante são mais suscetíveis a sintomas de fadiga muscular, câimbra e dores em relação aos atletas homocigotos para o gene selvagem C.

CONCLUSÃO

As evidências da influência genética nos diversos sistemas do organismo humano, já não podem ser desconsideradas. Os estudos têm demonstrado sua importância frente as mais diversas alterações fisiológicas que ocorrem no corpo e como diferentes genes podem estar presentes e serem determinantes em diferentes funções. No tocante ao desempenho para as mais diversas atividades físicas, as especulações quantitativas e qualitativas a respeito do mecanismo da atuação genética, necessitam de estudos com maior abrangência. O mapeamento desses genes relacionados ao maior desenvolvimento muscular e correlacionados ao gasto energético exercido durante a atividade física objetiva entender sua atuação e o quanto eles podem influenciar no fenótipo de cada indivíduo. A

importância das pesquisas está em interpretar o quanto indivíduos podem ser favorecidos geneticamente para desempenhar atividades musculares específicas e o quanto as habilidades proporcionadas pela expressão genética podem ser melhoradas ou atrofiadas pelas influências externas.

REFERÊNCIAS

ZHANG, B et al. The I allele of the angiotensin-converting enzyme gene is associated with an increased percentage of slow-twitch type I fibers in human skeletal muscle. **Clinical Genetics**, vol. 63, 139-144, 2003;

BLANCO, C. R.. **Actividad física en personas mayores en relación con los polimorfismos de ACNT3 y ACE** - Curso de Ciencias del Deporte, Universidad de Castilla-la Mancha, Toledo, 2015;

CHAMBERGO, F. S; EVANGELISTA, F. S. **Genes, Atividade Física e Esporte**. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015;

CRUZ, Ricardo Alexandre Rodrigues Santa et al. Treinamento com Sprints e Jogos Reduzidos para a Performance da Velocidade no Futsal. Revista **Brasileira de Futsal e Futebol**, São Paulo, v. 7, n. 24, p.214-220, 2015. Quadrimestral;

DAROS, Larissa Bobroff. **Associação Dos Polimorfismos Da Alfaactinina 3 (Actn3) E Enzima Conversora Da Angiotensina (Eca) Com Indicadores Do Desempenho Em Atletas**. Curso de Educação Física, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014;

ROCHA, Agnelo Weber de Oliveira. **Avaliação de genes relacionados ao desempenho esportivo em atletas do estado do Amazonas**. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015;

JÚNIOR, W. V. de O. et al. Inflamação e má resposta ao uso de eritropoetina na doença renal crônica. **Jornal Brasileiro de Nefrologia** vol.37 no.2 São Paulo Abril/Junho 2015;

DIAS, R. G. Genética, Performance Física Humana e Doping Genético: o Senso Comum Versus a Realidade Científica. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, vol.17, nº1, Janeiro/Fevereiro, 2011.

ROLANDO, C. D. B. **Factores que actúan durante la resistencia anaeróbica y los câmbios fisiológicos que soporta un atleta em el estado umbral**. Universidad Técnica de Machala, Setembro de 2016;

PIMENTA, E. M. **Polimorfismos genéticos para alfa actinina 3 e sua relação com dano muscular e capacidades funcionais em atletas de futebol**. Universidad de León, 2012;

NETTO, Z. C. de O. **Estudo molecular dos genes alfa actinina 3 e ECA I/D em atletas de esportes de combate, artes marciais e lutas de alto rendimento – ênfase em luta de percussão**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014;

MACIEJEWSKA-KARLOWSKA, A., SAWCZUK, M., CIESZCZYK, P. Variation in the PPAR-alfa gene in Polish rowers. **J Sci Med Sport**, 2011; 14(1): 58-64;

CIESZCZYK, P. et al. The variation of Peroxisome Proliferator Activated Receptor alfa gene in elite combat athletes. **Eur J Sport Sci**. 2011; 11(2): 119-123;

MACIEJEWSKA-KARLOWSKA, A. Polymorphic variants of the PPAR (Peroxisome Proliferator-Activated Receptor) genes: relevance for athletic performance. **TRENDS in Sport Sciences**, 2013; vol1(20): 5-15

RIBEIRO, I. F. **Avaliação das interações entre a suplementação antioxidante com o óleo de pequi (Caryocar brasiliense Camb.) e os polimorfismos nos genes da alfa-actinina-3 (ACTN-3), eritropoetina (EPO) e seu receptor (EPOR) nos resultados do hemograma, marcadores bioquímicos e peroxidação lipídica, em corredores de rua**. Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2013.