

PERFIL DERMATOGLÍFICO E DETERMINAÇÃO DA FREQUÊNCIA GENOTÍPICA DA ACTN3 EM ATLETAS PROMESSAS OLÍMPICAS

Danieli Schaly*
Rudy José Nodari Júnior**

Resumo

A análise de diversos fatores genéticos tem sido utilizada como uma abordagem relativamente nova para a compreensão do rendimento esportivo. Esses novos caminhos oferecem a utilização ética das biotecnologias para a ampliação das possibilidades na orientação esportiva adequada; assim, quanto maior a busca para prescrições corretas, melhores os resultados. Desse modo, objetivou-se identificar o perfil dermatoglífico e a manifestação do polimorfismo do gene ACTN3 em atletas promessas olímpicas. O protocolo escolhido para analisar o potencial genético por meio da coleta das impressões digitais foi o Dermatoglífico, proposto por Cummins e Midlo (1961), por intermédio do Leitor Dermatoglífico, validado por Nodari Júnior (2009). Os indivíduos foram genotipados para o polimorfismo da α -actinina-3 e divididos em grupos de mesmo genótipo RR, RX e XX, por meio das técnicas de Reação em Cadeia de Polimerase (PCR) e Polimorfismo do Comprimento de Fragmentos de Restrição (RFLP) com enzima de restrição (DdeI) após a extração do DNA. A amostra do estudo foi formada por 91 atletas, de ambos os sexos, com média de idade de $16,36 \pm 3,68$ anos, das modalidades de basquete, boxe, futebol, ginástica artística, luta olímpica e voleibol de um centro de excelência esportivo. A distribuição dos genótipos da ACTN3 foi de 43,96% para o genótipo RX, 30,77% para o XX e 25,27% para o RR. Para a dermatoglifia, o valor médio encontrado para o somatório da quantidade total de linhas (SQTL) foi de $113 \pm 38,37$, para a figura arco (A) a média foi de $0,4 \pm 1,33$, para a presilha radial (LR) de $0,4 \pm 0,64$, a presilha ulnar (LU) de $6,0 \pm 2,78$, o verticilo (W) de $3,2 \pm 2,97$ e o Índice de Delta (D10) apresentou a média de $12,8 \pm 3,59$. O aumento do genótipo XX pode estar relacionado à heterogeneidade do grupo, seleção positiva do alelo X na população, como também a um maior envolvimento em atividades de resistência. 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 dermatoglifia. Torna-se necessária a aplicação de uma estatística mais robusta das variáveis investigadas, por meio de ferramentas mais adequadas, que permitam a análise mais complexa dos dados apresentados. Sugere-se, ainda, a realização de novos estudos que incluam uma amostra mais significativa e um grupo-controle, formado por indivíduos não atletas, para que os resultados sejam ainda mais qualificados.

Palavras-chave: Atletas. Dermatoglifia. Gene.

* Graduada em Educação Física pela Universidade do Oeste de Santa Catarina de Joaçaba; danischaly@hotmail.com

** Doutor em Ciências da Saúde da Universidade do Oeste de Santa Catarina de Joaçaba; rudynodari.junior@unoesc.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A interação entre o genótipo e o fenótipo é um fator determinante para o desenvolvimento do ser humano. Há um crescimento no número de pesquisas científicas envolvendo a combinação de múltiplos fatores, modificáveis, ou não, relacionados à predisposição esportiva e a altos níveis de desempenho, observando a existência de uma possível relação entre parâmetros genotípicos e fenotípicos. A análise de diversos fatores genéticos tem sido utilizada como uma abordagem relativamente nova à compreensão do rendimento esportivo. Esses novos caminhos oferecem, também, a utilização ética das biotecnologias para a ampliação das possibilidades na orientação esportiva adequada ou na construção dos encaminhamentos corretos da atividade física para a promoção da saúde.

Pesquisas que relacionem diferentes possibilidades de avaliação podem favorecer o encaminhamento correto de novos talentos no contexto esportivo. Quanto maior a busca para prescrições corretas, melhores os resultados. Um instrumento genotípico para a orientação e a informação de baixa, média ou alta predisposição no cunho da genética é a dermatoglia. As impressões digitais são definidas como representações dérmicas das características genéticas, estabelecidas na vida intrauterina entre o terceiro e o sexto mês de gestação e não se alteram durante toda a vida, fazendo com que o envolvimento pós-natal não tenha qualquer papel na variabilidade dermatoglífica, exceto em algumas condições patológicas (CUMMINS; MIDLO, 1961; BEIGUELMAN, 1982; NIKITIUK; FILIPOV, 1984; ASSEF; OLIVEIRA; ALONSO, 2009). A característica qualitativa, observada nos estudos desenvolvidos, ocorre na frequência relativa de dermatóglifos e nos desenhos formados pelas impressões digitais, classificados em Arco (A), Presilha (L) e Verticilo (W). As características quantitativas estão relacionadas à quantidade de linhas das cristas de pele, dentro do desenho de cada um dos dedos, o Somatório da Quantidade Total de Linhas (SQTL) e o Índice de Deltas presente em cada desenho dos 10 dedos das mãos (D10) (ABRAMOVA; TM; CHAFRANOVA, 1995; DANTAS et al., 2004; FAZOLO et al., 2005; DIAS et al., 2010).

As impressões digitais são marcas genéticas informativas e objetivas que podem ser utilizadas na prática da seleção e da orientação desportiva precoce, representando um forte instrumento à análise do reconhecimento de padrões dermatoglíficos em diferentes características cineantropométricas (ABRAMOVA; NIKITINA; OZOLIN, 1995; BEIGUELMAN, 1995; DANTAS et al., 2004; LINHARES et al., 2009). Pela praticidade da coleta e da análise, são mais utilizados os desenhos das falanges distais dos 10 dedos das mãos (SILVA; DANTAS; MATTOS, 2005).

Outra possibilidade do entendimento da aplicação da genética no esporte é a observação de genes relacionados às características biofísicas. Um dos polimorfismos genéticos mais estudados e correlacionados ao desempenho esportivo é o do gene que codifica a produção da proteína α -actinina-3 (ACTN3). A ACTN3 é uma proteína do sarcômero, que interage com a actina muscular, constituindo o principal componente estrutural da linha Z (DIAS et al., 2007). Estudos sugerem que a isoforma 3 é específica das fibras glicolíticas rápidas do músculo esquelético humano (tipo II), fibras estas responsáveis pela geração de força contrátil em alta velocidade (YANG et al., 2003; MACARTHUR; NORTH, 2005; LUCIA et al., 2006; DIAS et

al., 2007; MACARTHUR et al., 2008). Sugere-se que, indivíduos que expressam o gene ACTN3 (genótipos RR ou RX) e, por consequência, expressam a α -actinina-3, podem apresentar vantagem em modalidades que exigem velocidade e força muscular, quando comparados a indivíduos com genótipo XX, que não expressam a alfa-actinina-3. A mutação da ACTN3 é comumente verificada em atletas que realizam atividades de endurance, o que indica que a ausência do gene pode potencializar o desempenho aeróbico desses indivíduos (YANG et al., 2003; MACARTHUR; NORTH, 2004; NIEMI; MAJAMAA, 2005; DRUZHEVSKAY et al., 2008; EYNON et al., 2009).

A tentativa de buscar associações entre fatores que podem influenciar os níveis de desempenho esportivo ocorre na necessidade de minimizar equívocos na condução, avaliação, prescrição e orientação de exercícios, fazendo com que os objetivos almejados fiquem ainda mais acessíveis (NODARI JÚNIOR, 2009). No entanto, não foram encontrados na literatura estudos que buscassem a relação entre o polimorfismo do gene ACTN3 e a dermatoglia. As respostas obtidas podem auxiliar na escolha das melhores atividades para cada criança e adolescente, respeitando sua individualidade biológica, gerando a possibilidade de qualificação dos resultados atléticos, adequação de treinamentos desportivos de acordo com os potenciais genéticos e detecção de talentos desportivos até então não observados nos locais de treinamentos. Visto o exposto, o objetivo do estudo foi identificar o perfil dermatoglífico e a manifestação do polimorfismo do gene ACTN3 em atletas promessas olímpicas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A amostra deste estudo foi composta por 91 atletas, com média de idade de $16,36 \pm 3,68$, que fazem parte das equipes de competição de sete modalidades de um centro de formação e excelência esportiva, localizado em São Paulo, SP.

Anteriormente à coleta dos dados, os atletas e seus responsáveis foram informados sobre os propósitos da investigação e a maneira como esta seria desenvolvida. O estudo foi conduzido de acordo com a Resolução n. 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP) da Universidade do Oeste de Santa Catarina, sob o número de referência 138/2011.

Utilizou-se como critério de inclusão a participação do atleta nos treinamentos e a autorização para participar da pesquisa, por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), assinado pelos pais ou responsáveis do atleta. Foram considerados excluídos da pesquisa os indivíduos que recusaram participar do estudo de forma voluntária e/ou sem retorno ou vantagem financeira; não foram autorizados pelos pais e/ou responsáveis a participarem da pesquisa; atletas com as impressões digitais sem condição de leitura pelo método dermatoglífico ou portadores de alguma anomalia e; as amostras que não amplificaram o gene ACTN3.

O protocolo escolhido para analisar o potencial genético por meio da coleta das impressões digitais foi o Dermatoglífico, proposto por Cummins e Midlo (1961), por intermédio do Leitor Dermatoglífico, validado por Nodari Júnior (2009). Para o processamento e a análise de impressões digitais pelo Método Dermatoglífico foi utilizado um processo informatizado para a leitura dermatoglífica, ou seja, leitor constituído de um *scanner* óptico de rolamento, que coleta,

interpreta a imagem e constrói, em código binário, um desenho, capturado por *software* específico de tratamento e reconstrução de imagens reais e binarizadas em preto e branco. A partir desse estágio, a interferência do avaliador ocorre na marcação dos pontos núcleo e delta, quando, então, o *software* faz a identificação qualitativa da imagem e quantitativa de linhas, gerando a planilha informatizada resultante dos dados processados.

O DNA foi extraído a partir de células de mucosa oral com o auxílio de hastes flexíveis de algodão (*swabs*), em que é feito um esfregaço na parte interna da bochecha por cerca de 30 segundos. Em seguida, o material biológico foi fechado em *Eppendorfs* estéreis contendo TRIS e EDTA, conforme Richards et al. (1993). Os indivíduos foram genotipados ao polimorfismo da α -actinina-3 e divididos em grupos de mesmo genótipo RR, RX e XX, por meio das técnicas de PCR e de RFLP com enzima de restrição (DdeI) após a extração do DNA. Estas são utilizadas para a amplificação de fragmentos específicos dos genes estudados e para a identificação dos polimorfismos de nucleotídeo único, respectivamente. Para a amplificação do fragmento de DNA contendo o polimorfismo R577X foram usados os seguintes iniciadores: 5'-CCCACAACCTTTA-GGCTCCTG-3' (direto) e 5'-ATGTAGGGATTGGTGGAGCA-3' (reverso).

Para a análise dos dados e a caracterização da amostra, objetivando a constituição do perfil dos atletas para o polimorfismo do gene ACTN3 e a dermatoglia, foram realizados os parâmetros estatísticos básicos, como: frequência, média, desvio padrão, mínimo e máximo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A amostra do estudo foi formada por 91 atletas, de ambos os sexos, com média de idade de $16,36 \pm 3,68$ anos, das modalidades de basquete, boxe, futebol, ginástica artística, luta olímpica e voleibol de um centro de excelência esportivo. Desse contingente, 48 indivíduos são do gênero feminino e 43 do gênero masculino. Por meio da análise dos dados foi possível traçar um perfil dos atletas investigados para o polimorfismo do gene ACTN3 e dermatoglia.

3.1 MANIFESTAÇÃO DO POLIMORFISMO DO GENE ACTN3

De acordo com os resultados, 43,96% dos avaliados portavam o genótipo RX, 30,77% o XX e 25,27% o RR. A distribuição dos genótipos, separados por gênero, está descrita na Tabela 1. Os resultados demonstram que para esse grupo houve uma predominância do genótipo RX, em relação ao XX e RR. A distribuição genotípica dos atletas difere dos resultados encontrados em estudos com caucasianos, já que a maioria das populações apresenta uma baixa frequência do genótipo XX em relação aos outros genótipos (YANG et al., 2003; DELMONICO et al., 2008; DRUZHEVSKAYA et al., 2008; RUIZ et al., 2009; SCOTT et al., 2010; DJAROVA et al., 2011; GENTIL et al., 2011; GINEVIČIENĖ et al., 2011; FATTAHI et al., 2012).

Tabela 1 – Frequências genotípicas dos atletas para o gene ACTN3 em valores absolutos e relativos

Variáveis	RR		RX		XX		Total	
	n	%	n	%	N	%	n	%
Feminino	14	15,38	19	20,88	15	16,48	48	52,75
Masculino	09	09,89	21	23,08	13	14,29	43	47,25
Total	23	25,27	40	43,96	28	30,77	91	100

Fonte: os autores.

A ACTN3 está ausente em aproximadamente 18% da população caucasiana saudável; essa condição ocorre em razão da homozigose de um polimorfismo comum associada a uma mutação do códon de parada, no gene ACTN3, em que acontece a deleção da arginina na posição 577 e a consequente terminação precoce da tradução da proteína, resultando na não produção desta. Estudos recentes acompanharam as mudanças do alelo R577X durante a evolução humana e mostram evidências de que o alelo nulo (X) sofreu forte seleção positiva recente em populações europeias e asiáticas (MILLS et al., 2001; MACARTHUR et al., 2008; NORTH, 2008).

Esperava-se identificar menores frequências do genótipo XX, considerando as características e exigências físicas das modalidades investigadas, porém a expectativa não se confirmou. Por se tratar de um grupo homogêneo, formado por atletas de várias modalidades, torna-se prudente ressaltar que o aumento da frequência do genótipo RX é um indicativo do caráter misto deste grupo, em que a capacidade de resistência aeróbica também é importante.

Dessa forma, a manifestação do genótipo XX pode estar relacionada à capacidade aeróbica dos atletas do centro de excelência. Desse modo, tem sido demonstrado que a mutação do gene é significativamente menor em atletas de modalidades que exigem predominantemente velocidade e força. Yang et al. (2003) sugeriram que a ACTN3 promova a formação de fibras tipo II; tal fato foi comprovado em estudos posteriores nos quais portadores do genótipo XX possuíam menor quantidade de fibras tipo II (VINCENT et al., 2007). Isso significa que a manifestação do gene ACTN3, expresso na forma do alelo R, é fundamental nas atividades que dependem de potência muscular. Em contrapartida, o genótipo XX é comumente encontrado em atletas de elite de resistência (NIEMI; MAJAMAA, 2005; DRUZHEVSKAYA et al., 2008; ROTH et al., 2008; SANTIAGO et al., 2008).

Estudos com modelo animal têm demonstrado tendências mais oxidativas da musculatura esquelética em ratos knockout que expressam o genótipo XX, podendo ser observadas maiores concentrações de glicogênio, tempo de relaxamento aumentado e maior recuperação à fadiga. Tais características apontam para uma interferência negativa do genótipo XX para esportes de força e potência, mas indicam uma interferência positiva para atividades de resistência (CHAN et al., 2008; MACARTHUR et al., 2008; QUINLAN et al., 2010).

No entanto, não existe um consenso na literatura no que diz respeito à manifestação do gene e ao desempenho atlético. Algumas pesquisas encontraram relação da frequência do genótipo RR e o nível competitivo de alguns atletas (YANG et al., 2003; NIEMI; MAJAMAA, 2005; AHMETOV et al., 2008; SANTIAGO et al., 2008). Outras pesquisas com essa metodologia de avaliação não encontraram relação entre a frequência genotípica e o desempenho (SAUNDERS et al., 2007; EYNON et al., 2010).

A determinação do gene pode ser responsável por uma parte do sucesso do atleta. A análise de forma isolada de um gene, não necessariamente determina o fenótipo; logo, o que irá proporcionar altos níveis de desempenho e sucesso de um indivíduo em uma determinada modalidade esportiva é a soma de inúmeros fatores, em que as questões ambientais não podem ser desprezadas (MACARTHUR; NORTH, 2005; SAUNDERS et al., 2007). Tal aspecto ressalta a importância da presença e combinação de um maior número possível de avaliações relacionadas ao rendimento esportivo em modalidades com predominância específica, diminuindo a probabilidade de equívocos.

3.2 DERMATOGLIFIA

As características digitais apontadas pelo método dermatoglífico fornecem importantes informações acerca da predisposição ao desenvolvimento das qualidades físicas básicas. Na Tabela 2 são apresentados os valores de média, desvio padrão, mínimo e máximo das características dermatoglíficas dos atletas. O valor médio encontrado para o somatório da quantidade total de linhas (SQTL) foi de $113 \pm 38,37$, para a figura arco (A) a média foi de $0,4 \pm 1,33$, para a presilha radial (LR) de $0,4 \pm 0,64$, a presilha ulnar (LU) de $6,0 \pm 2,78$, o verticilo (W) de $3,2 \pm 2,97$ e o Índice de Delta (D10) apresentou a média de $12,8 \pm 3,59$.

Tabela 2 – Valores médios da quantidade de desenhos A, L, W, índice delta D10 e SQTL encontrados nas impressões digitais de atletas promessas olímpicas

Variáveis	A	LR	LU	W	D10	SQTLE	SQTLD	SQTL
Média	0,4	0,4	6,0	3,2	12,8	55	57	113
Desvio padrão	1,33	0,64	2,78	2,97	3,59	20,77	18,59	38,37
Mínimo	0	0	0	0	2	3	6	17
Máximo	8	2	10	10	20	101	100	201

*Nota: A: Arco; L: Presilha; W: Verticilo; D10: índice de deltas; SQTLE: Somatório da Quantidade Total de Linhas da mão Esquerda; SQTLD: Somatório da Quantidade Total de Linhas da mão Direita; SQTL: Somatório da Quantidade Total de Linhas.

Fonte: os autores.

Pode-se observar que o tipo de desenho mais constante nas impressões digitais dos jovens atletas foi a presilha (L), seguido pelo verticillio (W) e pelo arco (A). Esse perfil corrobora a maioria dos resultados encontrados na literatura nacional e internacional (ABRAMOVA et al., 1995; JOÃO, 2002; MEDINA, 2002; SILVA, 2003; DANTAS, 2004; ABRAMOVA et al., 2005). A maior presença de L é um indicador de que os atletas investigados possuem uma maior predisposição ao desenvolvimento da qualidade física velocidade, já que essas características são próprias das modalidades de alta potência e tempo curto de realização (SILVA; DANTAS; MATTOS, 2005).

O D10 é um indicador de coordenação motora, e para este ser considerado deve ser superior a 10 deltas. A média encontrada para os atletas foi de $12,8 \pm 3,59$, o que sugere que o valor está acima do índice proposto para essa capacidade física. O D10 parece ser um indicador de fundamental importância para as necessidades do esporte, uma vez que é importante ter boa capacidade coordenativa para realizar de forma positiva os movimentos desejados (SILVA DANTAS, 2004).

O SQTL tem uma relação direta com a resistência. De acordo com o proposto por Nikitiuk (1988), a mediana para uma classificação de boa resistência em SQTL é de 120 linhas. Nos atletas do

centro de excelência, foi encontrada uma média de $113 \pm 38,37$, resultado este considerado abaixo da média proposta anteriormente. Este resultado difere da maioria dos estudos realizados com atletas de elite, em que a média de SCTL observada é superior a 120 linhas (JOÃO, 2002; MEDINA, 2002; SILVA, 2003; DANTAS, 2004; ABRAMOVA et al., 2005).

Os resultados referentes ao comportamento do SCTL da mão esquerda e direita são interessantes, já que na maioria dos estudos o SCTL apresenta uma média superior, sugerindo uma dominância de lateralidade comandada predominantemente pelo lado direito. Nos atletas do centro de excelência foi possível verificar uma igualdade de valores entre as mãos; na teoria os indivíduos possuem facilidade para realizar atividades que necessitam tanto do domínio do lado esquerdo quanto do lado direito no corpo, sugerindo que para esse grupo não ocorra uma predominância lateral.

4 CONCLUSÃO

Após a análise dos resultados identificados neste estudo, apontam-se algumas considerações, respondendo aos objetivos traçados.

Ao analisar a amostra de atletas do centro de excelência, observou-se uma predominância do genótipo RX em relação ao XX e RR. O aumento do genótipo XX pode estar relacionado à heterogeneidade do grupo, seleção positiva do alelo X na população, como também a um maior envolvimento em atividades de resistência. Estudos internacionais determinam os genótipos e suas possíveis relações com a raça e aspectos demográficos. Entretanto, o termo “raça” vem sendo evitado na genética por ser considerado impreciso, especialmente no Brasil, em que a miscigenação é intensa, tornando inviável uma definição concreta.

Em relação às características dermatoglíficas, foi possível traçar o perfil da amostra em que houve o predomínio da figura presilha, sobre o verticilo e o arco. No entanto, nota-se que os estudos existentes na literatura, na sua maioria, também apresentam uma predominância da L, em relação ao W e ao A, resultados em que se questiona a forma de interpretação dessas informações. Por isso, propõe-se que não seja apenas traçado o perfil por figuras, mas também que a análise seja mais aprofundada, observando as características de cada dedo, na busca por um padrão dermatoglífico e/ou marca rara; somente a partir desse novo método a dermatoglifia se transformará em uma ferramenta de seleção e orientação desportiva.

Por meio dos recursos disponíveis não foi possível realizar uma análise estatística que conseguisse identificar se existe relação ou não entre a manifestação do polimorfismo do gene ACTN3 e a dermatoglifia. Torna-se necessária a aplicação de uma estatística mais robusta das variáveis investigadas por meio de ferramentas mais adequadas, que permitam a análise mais complexa dos dados aqui apresentados, identificando a existência de marcas raras por figuras ou contagem de linhas e sua possível relação com os genótipos da ACTN3.

Considerando a pequena amostra utilizada neste trabalho, sugere-se que em estudos posteriores sejam utilizadas amostras maiores para uma melhor avaliação e aplicabilidade da ferramenta. Sugere-se, ainda, a realização de novos estudos que incluam um grupo-controle formado por indivíduos não atletas para que os resultados sejam ainda mais qualificados. A maioria dos

estudos encontrados, além de analisarem apenas os valores médios de desenho por indivíduo e amostras pequenas, não comparam os resultados com um grupo-controle.

REFERÊNCIAS

ABRAMOVA, T.; NIKITINA, T.; OZOLIN, N. Impressões dermatoglíficas: marcas genéticas no potencial energético do homem. In: CONGRESSO CIENTÍFICO DE MOSCOU, 15., 1995, Moscou. **Anais...** Moscou, 1995.

ABRAMOVA, T.; TM, N.; CHAFRANOVA, A. Impressões dermatoglíficas: marcas genéticas na seleção nos tipos de esporte. Atualidades na preparação de atletas nos esportes cíclicos. Volvograd: [s.n], 1995. (Coletânea de artigos científicos).

AHMETOV, I. I. The use of molecular genetic methods for prognosis of aerobic and anaerobic performance in athletes. **Human Physiology**, v. 34, n. 3, p. 338-342, 2008.

ASSEF, M.; OLIVEIRA, A.; ALONSO, L. Dermatóglicos como preditores da coordenação motora em atletas da seleção brasileira feminina de futebol sub-17. **Revista Digital**, v. 14, n. 132, 2009.

BEIGUELMAN, B. Dinâmica dos genes nas famílias e nas populações. **Revista Brasileira de Genética**, n. 2, 1995.

_____. **Genética Médica**. 2. Ed. São Paulo: Edart, 1982. 489 p.

CHAN, S. et al. A gene for speed: contractile properties of isolated whole EDL muscle from an alpha-actinin-3 knockout mouse. **American Journal Of Physiology. Cell Physiology**, v. 295, n. 4, p. 897-904, 2008.

CUMMINS, H.; MIDLO, C. Finger Prints, Palmas, and Soles: An Introduction to Dermatoglyphics. New York: Dover Publication, 1961.

DANTAS, P. et al. A dermatoglifia no futsal brasileiro de alto rendimento. **Fitness e performance Journal**, v. 3, n. 3, p. 136-42, 2004.

DELMONICO, M. J. et al. Association of the *ACTN3* Genotype and Physical Functioning With Age in Older Adults. **Journals Gerontology Series Biological Sciences Medical Sciences**, v. 63, n. 11, p. 1227-1234, 2008.

DIAS, R. et al. Análise do comportamento médio do duplo produto de acordo com o perfil dermatoglífico em mulheres hipertensas antes, durante e após sessões de exercício aeróbico em cicloergômetro. **Efdeportes.com, Revista Digital**, Buenos Aires, 2010.

_____. Polimorfismos genéticos determinantes da performance física em atletas de elite. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, n. 3 maio/jun. 2007.

DJAROVA, T. et al. *ACTN3* and *TNF* gene polymorphism association with C-reactive protein, uric acid, lactate and physical characteristics in young African cricket players. **African Journal of Biochemistry Research**, v. 5, n. 1, p. 22-27, 2011.

- DRUZHEVSKAYA, A. M. et al. Association of the ACTN3 R577X polymorphism with power athlete status in Russians. **European Journal of Applied Physiology**, v. 103, p. 631-634, 2008.
- EYNON, N. et al. ACTN3 R577X Polymorphism and Israeli Top-level Athletes. **International Journal of Sports Medicine**, v. 30, n. 9, 2009.
- _____. Is the interaction between HIF1A P582S and ACTN3 R577X determinant for power/sprint performance? **Metabolism: clinical and experimental**, v. 59, n. 6, p. 861-865, 2010.
- FATTAHI, Z. et al. Prevalence of ACTN3 (the athlete gene) R577X polymorphism in Iranian population. **Iranian Red Crescent Medical Journal**, v. 10, p. 617-622, 2012.
- FAZOLO, E. et al. A dermatoglifia e a somatotipologia no alto rendimento do beach soccer – Seleção Brasileira. **Revista de Educação Física**, n. 130, p. 45-51, 2005.
- GENTIL, P. et al. ACTN3 R577X polymorphism and neuromuscular response to resistance training. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 10, p. 393-399, 2011.
- GINEVIČIENĖ, V. et al. Genetic variation of the human ACE and ACTN3 genes and their association with functional muscle properties in lithuanian elite athletes. **Medicina (Kaunas)**, v. 47, n. 5, p. 284-290, 2011.
- JOÃO, A. Identificação do perfil genético, somatotípico e psicológico das atletas brasileiras de ginástica olímpica feminina de alta qualificação esportiva. **Fitness & Performance Journal**, v. 1, n. 2, p. 12-19, 2002.
- LINHARES, M. et al. Avaliação do perfil pessoal de adolescentes talentosos utilizando suas características dermatoglíficas. **Revista Meta: Avaliação**, v. 1, n. 2, p. 220-236, 2009.
- LUCIA, A. et al. ACTN3 genotype in professional endurance cyclists. **International Journal of Sports Medicine**, v. 27, n. 11, p. 880-884, 2006.
- MACARTHUR, D. G. et al. An Actn3 knockout mouse provides mechanistic insights into the association between α -actinin-3 deficiency and human athletic performance. **Human Molecular Genetics**, v. 17, n. 8, p. 1076-1086, 2008.
- MACARTHUR, D. G.; NORTH, K. N. A gene for speed? The evolution and function of α -actinin-3. **Bioessays**, v. 26, n. 7, p. 786-795, 2004.
- _____. Genes and human elite athletic performance. **Human Genetics**, v. 116, n. 5, p. 331-339, 2005.
- MEDINA, M. F. Identificação dos perfis genético e somatotípico que caracterizam atletas de voleibol masculino adulto de alto rendimento no Brasil. **Fitness & Performance Journal**, v. 1, n. 4, p. 12-20, 2002.
- MILLS, M. et al. Differential expression of the actin-binding proteins, α -actinin-2 and -3, in different species: implications for the evolution of functional redundancy. **Human Molecular Genetics**, v. 1, n. 13, p. 1335-1346, 2001.

- NIEMI, A. K; MAJAMAA, K. Mitochondrial DNA and ACTN3 genotypes in Finnish elite endurance and sprint athletes. **European Journal of Human Genetics**, v. 13, p. 965-969, 2005.
- NIKITIUK, B. A.; FILIPOV, V. **Complexo dermatoglífico que acompanha o alto desenvolvimento das qualidades motoras**. Método biológico de gêmeos, médico e esporte. Vinitza: [s.n], 1984.
- NIKITIUK, B. A. In: SIMPÓSIO DE TRABALHOS CIENTÍFICOS DA RÚSSIA: PRÁTICA E CONFERÊNCIA, 15., 1988, Rimelnintski. **Anais...** Rimelnintski, 1988.
- NODARI JÚNIOR, R. J. **Protótipo de escaneamento informatizado: possibilidade em diagnóstico em saúde por meio das impressões digitais**. 2009. 64 p. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde)–Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.
- QUINLAN, K. G. et al. Alpha-actinin-3 deficiency results in reduced glycogen phosphorylase activity and altered calcium handling in skeletal muscle. **Human molecular genetics**, v. 19, n. 7, p. 1335-1346, 2010.
- ROTH, S. R. et al. The ACTN3 R577X nonsense allele is underrepresented in elite-level strength athletes. **European Journal of Human Genetics**, v. 16, p. 391-394, 2008.
- RUIZ, J. R. et al. Is there an optimum endurance polygenic profile? **The Journal of Physiology**, v. 587, n. 7, p. 1527-1534, 2009.
- SANTIAGO, C. et al. ACTN3 genotype in professional soccer players. **British Journal of Sports Medicine**, v. 42, n. 1, p. 71-73, 2008.
- SAUNDERS, C. J. et al. No Association of the ACTN3 Gene R577X Polymorphism with Endurance Performance in Ironman Triathlons. **Annals of Human Genetics**, v. 71, p. 777-781, 2007.
- SCOTT, R. A. et al. ACTN3 and ACE Genotypes in Elite Jamaican and US Sprinters. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 42, n. 1, p. 107-112, 2010.
- SILVA DANTAS, P. M. **Relação entre estado e predisposição genética no futsal brasileiro**. 2004. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde)–Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004.
- SILVA, I. D.; DANTAS, P.; MATTOS, M. A correlação entre dermatoglia e maturação e a sua utilização na educação física escolar. In: ENCONTRO FLUMINENSE DE EDUCAÇÃO FÍSICA ESCOLAR. A LICENCIATURA EM FOCO: A FORMAÇÃO DO PROFESSOR DE EDUCAÇÃO FÍSICA ESCOLAR, 9., 5005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2005.
- SILVA, L. R. R. et al. A utilização de variáveis cineantropométricas no processo de detecção, seleção e promoção de talentos no voleibol. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, Brasília, DF, v. 11, n. 1, p. 69-76, 2003.
- VINCENT, B. et al. ACTN3 (R577X) genotype is associated with fiber type distribution. **Physiol Genomics**, v. 32, p. 58-63, 2007.

YANG, N. et al. ACTN3 genotype is associated with human elite athletic performance. *The American Journal of Human Genetics*, v. 73, p. 627-631, 2003.

