

UČESTALOST ANAEROBNE MOĆI KOD BRAZILACA NA OSNOVU DERMATOGLIFIKE I R577X POLIMORFIZMA ACTN3 PROTEINA

Carlos Renato Paz^{1,3,6}, Ramon Cunha Montenegro^{1,2,3}, Eric de Lucena Barbosa^{1,2,6},
Asdrúbal Nóbrega Montenegro-Neto², Sérgio Marques de Lucena⁴,
Vanduir Soares de Araújo Filho^{2,4,6}, Paula Roquetti Fernandes^{5,6} i José Fernandes Filho^{1,5,6}

¹Autonomni univerzitet Asuncion, Asuncion, Paragvaj

²Labradorija za procjenu fizičkih sposobnosti - UNIPÊ – SANNY, João Pessoa, Paraíba, Brazil

³Savezni institut za obrazovanje, nauku i tehnologiju u Paraibu - IFPB, João Pessoa, Paraíba, Brazil

⁴Policijski naučni institut u Paraibu SPI-OB, João Pessoa, Paraíba, Brazil

⁵Centar za procjenu vrhunskih fizičkih kvaliteta, Rio de Žaneiro, Brazil

⁶LABIMH-UFRJ - Istraživačka grupa, Rio de Žaneiro, Brazil

PREGLEDNI ČLANAK

doi: 10.5550/sgia.130901.se.006P

COBISS.BH-ID: 3815448

UDK: 796.012.1:159.928.23-05(=436)

SAŽETAK

Dermatoglifika i analize Alfa-aktin gena su evaluativni instrumenti koji se često koriste za selekciju sportista i uopšte populacije u odnosu na motoričke vještine. Ovo istraživanje imalo je za cilj da utvrdi, na osnovu dermatoglifskih karakteristika i R577X polimorfizma Alfa-aktina, procenat ljudi u saveznoj brazilskoj državi Paraíba sa nepovoljnim sposobnostima za sportove koje karakterišu anaerobne sposobnosti. Izvršena je deskriptivna studija profila sa eks post fakto tipologijom. Identifikovani su dermatoglifski otisci prstiju 309 osoba (149 muškaraca i 160 žena), a ACTN3 genotip je analiziran na njih 96 (40 muškaraca i 56 žena). Dermatoglifski podaci pokazuju da 5,8% populacije obuhvaćene istraživanjem odgovara anaerobnim predispozicijama mišićne moći, dok 94,2% nema te sposobnosti. Genetička analiza frekvencija ukazala je na činjenicu da su 19,8% ispitanika imali XX mutan genotip. Ovi rezultati predstavljaju značajano smanjenje greške u izboru sportista za potencijalno vrhunske rezultate pogotovu u onim sportovima koji zahtijevaju AMP.

Ključne riječi: Alfa-aktin, otisci prstiju, genetski polimorfizam, skeletni mišić, frekvencija genotipa.

UVOD

Potruga za sportskim talentim je fenomen koji neprestano raste i sa sobom donosi i dragocjena potencijalna ulaganja u vrhunski sport. Shodno tome, korišćenje adekvatnih specifičnih instrumenata je osnova za identifikovanje perspektivnih sportista. Ti instrumenti pomažu da se smanji mogućnost greške i preveliki finansijski rashodi tako što se povećava broj sportista koji mogu da dosegnu visoke sposobnosti u različitim sportovima (Kansal, 2010).

Jedna od metoda koja se koristi za procjenu sportista koji posjeduju visoke sposobnosti je dermatoglifika, pristup koji obuhvata analizu uzoraka kožnih papila koji vode porijeklo iz neurovaskularnih regija.

Ti regioni se formiraju još u materici i ostaju nepromjenjeni tokom cijelog života. Ova vrsta analize potvrdila je jake veze između dermatoglifskih karakteristika i pojedinih motoričkih sposobnosti, a uz to je i vrlo jeftina i visoko efikasna (Abramova, Nikitina i Ozolin, 1996; Junior, Cunha, Scheneider i Dantas, 2006; Kücken i Newell, 2005; Zary i Fernandes-Filho, 2007; Zary i saradnici, 2010).

Nepromjenljivost otisaka prstiju omogućava analizu njihove konfiguracije od djetinjstva, tako da je to korisno sredstvo za identifikovanje i obuku talentovanih pojedinaca na svim nivoima ljudskog razvoja, od početničkog do vrhunskog sportskog nivoa (Bogle, Reed i Norton, 1994; Cummins i Midlo, 1961; Linhares i saradnici, 2009).

Uspješan nastup u pojedinim sportovima zahtijeva dobru anaerobni mišićnu moć (AMP). Ova motorička sposobnost je u vezi sa α -aktin izomorfom (ACTN3), koji je karakterističan za II tip brzo kontraktibilnih mišićnih vlakana. ACTN3 je aktin-vezujući protein koji je dio Z linije sarkoma; on pomaže u organizovanju i održavanju kontraktibilnog aparata i uređenju miofibrila (Macêdo i Fernandes-Filho, 2003; Mills i saradnici, 2001; North i saradnici, 1999; Holdys, Kryściak, Stanislawski, & Gronek, 2011; Papadimitriou, Papadopoulos, Kouvatsi, & Triantaphyllidis, 2008).

577R alela ACTN3 gena proizvodi aktivni ACTN3 protein u RR homozigotu i RX heterozigotu. Ti genotipovi su pogodni za anaerobne aktivnosti i nalaze se kod vrhunskih sportista i olimpijaca sprintera. ACTN3 R577X polimorfizam takođe može da se identifikuje u djetinjstvu i određivanje genotipa za ovaj lokus može dati informacije o genetskim predispozicijama pojedinca za AMP (Druzhevskaya, Ahmetov, Astratenkova i Rogozkin, 2008; Eynon i saradnici, 2009; Moran i saradnici, 2007; Yang i saradnici, 2003).

Priustvo aktivnog ACTN3 nije od vitalnog značaja za organizam pošto α -aktin izoform 2 (ACTN2) na zadovoljavajući način može da nadoknadi njegov nedostatak u normalnom svakodnevnom funkcionisanju. Međutim, odsustvo ACTN3 čini se da sprječava sportske mišićne sposobnosti tipa anaerobne mišićne moći, a pojedinci sa XX genotipom se u suštini i ne nalaze među onim vrhunskim sportistima koji se takmiče u onim aktivnostima koje zahtijevaju visok nivo ovih fizičkih predispozicija (Bustamante-Ara i saradnici, 2010; Norman i saradnici, 2009; Roth i saradnici, 2008; Scott i saradnici, 2009).

Pošto je utvrđen dermatoglifski profil i polimorfizam ACNT3-ov R577X, cilj ovog istraživanja bio je da se ustanovi procenat ljudi koji žive u saveznoj brazilskoj državi Paraiba a koji koji ne bi bili dobri kandidati za sportove koji zahtijevaju AMP.

METODE

Provođenje istraživanja i ispitanici

Uzorak ovog istraživanja nasumično je odobaran među učenicima starosti 7-17 godina koji žive u saveznoj brazilskoj državi Paraiba. Deskriptivni profil urađen je pomoću eks post fakto tipologije koja je prepoznala karakteristike otisaka prstiju 309 ispitanika (149 dječaka i 160 djevojčica), a među nima 96 ispitanika (40 dječaka i 56 djevojčica) su genotipizirani na ACTN3.

Digitalni otisci (DIs) i ćelije iz sluzokože usne šupljine su prikupljeni u UNIPÊ/SANNY laborato-

riji Univerziteta João Pessoa - UNIPÊ od strane jednog istraživača (C.R.P.). Prikupljeni biološki materijal potom je prenet u laboratorijski kompleks Policijskog instituta države Paraiba (SPI/PB).

Istraživanje je odobreno od strane Etičkog komiteta za istraživanja na ljudima Lauro Wanderley univerzitetske klinike (EC/LWUH) na osnovu protokola broj 677-10. Potpisani obrazci da se dobrovoljnom voljom pristaje na istraživanje dobijeni su od svih roditelja ili staratelja u skladu sa Helsinškom deklaracijom iz 1975. godine

Protokol za prikupljanje dermatoglif- ska podataka i analiza

DIs su prikupljeni i analizirani kako su opisali Cummins i Midlo (1961). Forenzički razredi i valjani DIs su uzeti pomoću Cross Match® Verifier 320 LC skenera koji je bio povezan sa računarom. DIs su bili klasifikovani: bez delta Luk (A), jedna delta Kuka (L) i dve delete Spirala (W).

Potom je broj delti na deset prstiju (D10) na rukama identifikovan iz njihovog zbira. Ukupan zbir linija (STQL) dobijen je prebrojavanjem pronađenih delta šara i DI nukleusa na svim prstima, odbijajući od toga broja prvu i zadnju šaru.

Osobe koje se označavaju kao one koje nemaju predispozicije za AMP su one koje nemaju dermatoglifске karakteristike opisane od strane Abramova, Nikitina i Ozolin (1996): A=1 ili 2; L=7 ili 8; W=1 ili 2; STQL≤134; i D10≤13.

Protokol za prikupljanje ACTN3 genotipa i analiza podataka

Biološki materijal, ACTN3 R577X polimorfizam za analizu uziman je od oralnih ćelija sluzokože koja se prikupljala uz pomoć sterilne vate pomoću koje je pravljena bris unutrašnje šupljine usta sve dok pamuk ne pokupi pljuvačku. Sakupljeni materijal je podvrgnut očitavanju DNA kao što je to opisano od strane Walsh, Metzger i Higuchi (1991). Genotipovi su određivani uz pomoć reakcije lanca pliomeraze (PSTs) u realnom vremenu uz pomoć IQ5 Thermal Cycler (Biorad) PCR aparata kako bi se ustanovio R577X polimorfizam (analiza Id C5900931-Applied Biosystems).

Statistička analiza

Da bi se predstavili rezultati dermatoglifskih frekvencija A, L, W, D10 i STQL kao i frekvencija ACTN3 R577X polimorfizma gena utvrđenih prebrojavanjem korištena je deskriptivna statistika. Frekvencije su predstavljene kroz procentulane vrijednosti. Sve analize su provedene uz pomoć statističkog paketa za društvene nauke (SPSS), verzija 14.0.

REZULTATI

Dermatoglifski profili

Od 309 ispitanih osoba, na osnovu njihovog dermatoglifskog profila, njih 291 (94,2%) su klasifikovane kao pojedinci koji nemaju AMP predispozicije. Unutar ove grupe otkriveni su pojedinci sa visokom rezistentnošću na: brzinu (14,0%), maksimalnu snagu (4,1%), izdržljivost (46,9%) i motornu koordinaciju (29,2%). Samo 18 (5,8%) ispitanika imalo je dermatoglifski profil koji je ukazivao na sklonosti za sportove koji traže veliku moć mišićne kontrakcije.

ACTN3 genotipovanje

Od 96 ispitanika za koje je ustanovljen ACTN3 genotip, 19,8% su bile XX homozigotne, 47,9% RX heterozigotne i 32,3% RX homozigotne. Kako RR homozigotne kao i RX heterozigotne sadrže aktivnu formu ACTN3, 80,2% ispitanika nije isključeno iz mogućnosti da potencijalno ima AMP predispozicije. 19,8% ispitanika kod kojih je ustanovljen XX genotip klasifikovani su kao oni koji vjerovatno nisu u stanju da izvedu kontrakcije sa visokim sposobnostima AMP.

DISKUSIJA

Ovo je pionirska vrsta istraživanja u kojoj je identifikovana relativna frekvencija pojedinaca koji nemaju predispozicije za izvođenje visoko moćnih mišićnih kontrakcija u populaciji osoba koja živi u saveznoj državi Paraíba (Brazil), a baziralo se na dermatoglifici i ACTN3 polimorfizmu genotipova.

Pristup dermatoglifskom klasifikacijom bio je u stranju da bolje identifikuje ljude koji nemaju predispozicije za APM (94,2%) nego ACTN3 analiza (19,8%). Ipak, treba napomenuti da je dermatoglifski pristup uključen u asocijativnu analizu (Abramova, Nikitina i Ozolin, 1996), dok su ispitanici sa postojanjem XX genotip identifikovani kao oni koji nisu u stranju da izvrše visoko snažne kontrakcije zbog nedostatka aktivnog ACTN3 proteina koji ima uticaj na funkcionalan način kontraktalnog aparata neophodnog za brzu kontrakciju (Roth i saradnici, 2008; Scott i saradnici, 2009).

Dermatoglifika

Dermatoglifska klasifikacija pojedinaca koji imaju predispozicije za AMP proizilazi iz kvalitativne i kvantitativne analize pokazatelja dobijenih iz DIs subjekata. U istraživanju dermatoglifskih karakteristika na 122 adolescenta oba pola, koji nisu bili spor-

tisti i koji žive u gradu Resende - Rio de Žaneiro u Brazilu (Klein i Fernandes-Filho, 2003), utvrđeno je da oko 59,0% subjekata ima dermatoglifske šare koje ne idu u prilog AMP-u. U sličnom istraživanju 96 ljudi koji žive u gradu Niterói - Rio de Žaneiro u Brazilu 2003. godine, koje je imalo sličan profil kao i kod subjekata u istraživanju Kleina i Fernandes-Filho's (2003), Macêdo i Fernandes-Filho (2003) su ustanovili da 76,0% ispitanika nije posjedovalo predispozicije za AMP. Procenat ispitanika bez predispozicija za AMP, koji je ustanovljen u ovim prethodnim brazilskim istraživanjima (Klein i Fernandes-Filho, 2003; Macêdo i Fernandes-Filho, 2003), bio je niži nego što je pronađen u ovom istraživanju.

Dakle, rezultati dobijeni na uzorcima analiziranim u prethodne dvije brazilске studije u saveznoj državi Rio de Žaneiro (Klein i Fernandes-Filho, 2003; Macêdo i Fernandes-Filho, 2003) nisu jednaki ovim koji su ustanovljeni u Paraíba, a kada je u pitanju relativna učestalost pojave pojedinaca sa dermatoglifskim karakteristikama za AMP. Nalazi ovog istraživanja potvrđuju rezultate prethodnih istraživanja u smislu efikasnosti dermatoglifske metode kao instrumenta za procjenu i utvrđivanje populacionog profila sa predispozicijama za motoričke aktivnosti, s obzirom da postoji visoka povezanost između papilarnih šara i motoričkih kvaliteta i kod adolescenata i kod vrhunskih sportista (Junior i saradnici, 2006; Linhares i saradnici, 2009; Zary i Fernandes-Filho, 2007; Zary i saradnici, 2010).

ACTN3 genotipovanje

Diskusija o ACTN3 polimorfizmu je uglavnom usmjerena oko mutacije XX homozigotnih genotipova pošto ona diferencira potencijalne sportiste u smislu njihove sposobnosti da stvaraju aktivni ACTN3 (Roth i saradnici, 2008; Ruiz i saradnici, 2010; Scott i saradnici, 2009).

Kako bi se izveli tekući zaključci iz dobijenih rezultata genotipa, procenat XX genotipa pojedinaca koji se odnosi na istraživanje provedeno na brazilskoj populaciji upoređeno je sa procentima dobijenim u ispitivanjima u drugim geografskim područjima (Tabela 1). Traba zapaziti da rezultati iz ovog istraživanja (19 od 96 osoba imalo je XX genotip na 577 lokusu ACTN3 protein gena) je po proporciji slično zaključcima do kojih su došli Ruiz i saradnici (2011) sa učenicima na časovima fizičkog vaspitanja, Norman i saradnici (2009) na ženama i muškarcima bjelcima, Eynon i saradnici (2009) na ispitanicima bjelcima, Papadimitriou i saradnici (2008) u svojoj kontrolnoj grupi i Yang i saradnici (2003) kod zdravih bijelaca djece i odraslih. Istraživanja koja su ustanovile blago niži

TABELA 1

Poređenje frekvencija XX homozigotnog genotipa R577X polimorfizma ACTN3 proteina po zemljama.

Istraživanje	Zemlja	XX frekvencija (%)
Paz i saradnici, 2012	Brazil	19,8
Zempo i saradnici, 2010	Japan	24,8
Norman i saradnici, 2009	Švedska	19,0
Papadimitriou i saradnici, 2008	Grčka	18,2
Ruiz i saradnici, 2011	Španija	18,3
Yang i saradnici, 2003	Australija	18,0
Eynon i saradnici, 2009	Izrael	18,0
McCauley, Mastana i Folland, 2010	Velika Britanija	16,0
Druzhevskaya i saradnici, 2008	Rusija	14,2
Niemi, 2005	Finska	9,2
Scott i saradnici, 2009	Jamajika	2,0
Scott i saradnici, 2009	Sjedinjene Države	4,0

odnos XX genotipova pojedinaca takođe su prijavljena od McCauleya, Mastana i Follanda (2010) kod muškaraca između 60 i 70 godina starosti, Druzhevskaya i saradnika kod muškaraca i žena bijelaca i Niemia i Majamaa (2005) kod njihove kontrolne grupe. Znatno niži odnos XX genotipa pojedinaca ustanovili su Scott i saradnici (2009) za grupe jamaičana i stanovnika SAD afričkog porijekla. Samo uzorak žena u postmenopauzi u Japanu u istraživanju Zempoa i saradnika (2010) pokazao je učestalost XX genotipova (24,8%) koji je bilo veći nego što je nađen u ovom istraživanju.

Dakle, u vezi sa relativnom frekvencijom mutiranog XX homozigotnog polimorfizma, ovim istraživanjem dobili smo frekvenciju sličnu onoj koju su dobile studije provedene u različitim dijelovima svijeta (uključujući Švedsku, Grčku, Australiju, Španiju i Izrael) (Eynon i saradnici, 2009; Norman i saradnici, 2009; Papadimitriou i saradnici, 2008; Ruiz i saradnici, 2011; Yang i saradnici, 2003) što ukazuje da se učestalost XX genetske konfiguracije ne razlikuje u velikoj mjeri u svjetskoj populaciji.

U pogledu alela kodiranja aktivne forme ACTN3, frekvencija RR i RX genotipova i u ovoj studiji su slične onima iz nekoliko drugih, posebno u istraživanjima sa više RX heterozigotnih nego RR homozigotnih, uključujući Ruiza i saradnike (2011) RR 31,1% i RX 50,6%, Zempa i saradnike (2010) RR 17,4% i RX 57,8%, Normana i saradnike RR 31,0% i RX 50,0%, Eynona i saradnike (2009) RR 20,0%, Neimuena i Majamaa (2005) RR 45,0% i RX 45,8%, Yanga i saradnike (2003) RR 30,0% i RX 52,0%, Druzhevskaya i saradnici (2008) RR 36,8% i RX 49,0% i Papadimitriou i saradnici (2008) RR 25,9% i RX 55,8%. Na

drugoj strani kod McCauleya, Mastana i Follanda (2010) RR 43,0% i RX 41,0% i Scotta i saradnika (2009) u kontrolnoj grupi jamaičana RR 75,0% i RX 23,0% i stanovništva SAD afričkog porijekla RR 66,0% i RX 30,0% primjetno je veći procenat RR homozigotnog genotipa.

ACTN3 gen postao je važan molekularni marker za predviđanje vrhunskog sportskog postignuća zbog povezanosti R577 alele sa elitnim sprinterima (Druzhevskaya i saradnici, 2008; Eynon i saradnici, 2009; Moran i saradnici, 2007; Papadimitriou i saradnici, 2008; Yang i saradnici, 2003). Istovremeno, različita istraživanja pokazala su da se mutirani XX homozigotni genotip rjeđe nalazi kod sportista i da to može uticati na izvođenje mišićne kontrakcije koja se traži kod AMP (Berman i North, 2010; Roth i saradnici, 2008; Scott i saradnici, 2009).

Ove pretpostavke pokazuju jasnu važnost identifikacije i odbacivanja pojedinaca koji su homozigotni za ACTN3 577X alele kao način selekcije pojedinaca za sportove koji zahtijevaju AMP, pošto se ova genetska konfiguracija (koja je prisutna kod 18% svjetske populacije) obično nalazi kod vrhunskih sprintera. Ipak, Scott i saradnici su primjetili da 2 od 46 sportista koji su osvojili medalje na značajnim međunarodnim takmičenjima u brzini ili koji su obarali svjetske rekorde je imala XX genotip. Ovaj fenomen se može objasniti visokim nivoom ACTN2 nadoknade. Uprkos ovim izuzetcima XX genotip se može smatrati kao genetsko ograničenje koje ometa postizanje uspjeha u sportovima koji traže AMP.

Alela 577X može, pak, uvećati šanse sportista u sportovima tipa izdržljivosti (Berman i North, 2010; Eynon i saradnici, 2009; Papadimitriou i saradnici,

2008; Scott i saradnici, 2009), iako Moran i saradnici nisu našli nikakve dokaze da je ova alela povezana sa izdržljivošću.

Istraživanje provedeno od strane Ruiza i saradnika (2010) analiziralo je ACTN3 R577X polimorfizam i pet drugih polimorfizama (ACE I/D, AGT Met235Thr, GDF-8 K153R, IL6_174 G/C i NOS3_786T_C) u vezi sa dobrim rezultatima u izdržljivosti na uzorku sportista snage i brzine i kontrolne grupe u kojoj su svi bili sa Kavkaza. Oni su ustanovili da višegenetski profil samo djelomično razlikuje sportise snage od sportista izdržljivosti i kontrolne grupe. Njihovi rezultati pokazuju da, čak i djelimično, postoji genetska varijacija koja može napraviti razliku i voditi boljem odabiru koji sport odgovara kojem sportisti koji ima predispozicije da bude dobar u njemu.

ZAKLJUČAK

I dermatoglifska i metoda ACTN3 genotipiranja korišćene u ovom istraživanju pokazale su se kao efikasne za identifikaciju osoba koje nisu idelane za bavljenje AMP sportovima. Dermatoglifika je identifikovala mnogo veću grupu osoba koje ne posjeduju predispozicije za sportove koji traže AMP koji je u vezi od ACTN3 polimorfizmom genotipa. Ovi rezultati predstavljaju značajno smanjenje greške u traženju i izboru sportista sa potencijalom za vrhunski sportska dostignuća, posebno u sportovima koji zahtijevaju AMP. Bilo bi idealno kada bi kombinacija genetskih markera, koji su vezani za motoričke vještine, bila uključena u razvoj potencijalnih sportskih profila.

IZJAVA ZAHVALNOSTI

Želimo izraziti našu iskrenu zahvalnost dr Antônio Albuquerque Toscano i Forenzičkom DNA laboratoriju Naučno policijskog instituta SPI/PB za obavljenu DNA analizu.

LITERTURA

- Abramova, T. F., Nikitina, T. M., & Ozolin, N. N. (1996). Dermatoglyphic prints. genetic markers in the potential energy of man. *Moscow Scientific Annals*, 3(13).
- Berman, Y., & North, K. N. (2010). A gene for speed: The emerging role of α -actinin-3 in muscle metabolism. *Physiology*, 25, 250–259. doi: 10.1152/physiol.00008.2010; PMID: 20699471
- Bogle, A. C., Reed, T., & Norton, J. A. (1994). Within-pair differences in a-b ridge count

- asymmetry in monozygotic twins: evidence for a placental proximity effect. *Hum Hered*, 44, 162–168. doi: 10.1159/000154209; PMID: 8039800
- Bustamante-Ara, N., Santiago, C., Verde, Z., Yvert, T., Gómez-Gallego, F., Rodríguez-Romo, G., ... Lucia A. (2010). ACE and ACTN3 genes and muscle phenotypes in nonagenarians. *Int J Sports Med*, 31, 221–224. doi: 10.1055/s-0030-1247529; PMID: 20148371
- Cummins, H., & Midlo, C. H. (1961). *Fingerprints, palms and soles: an introduction to dermatoglyphics*. New York: Dover Publications Inc.
- Druzhevskaya, A. M., Ahmetov, I. I., Astratenkova, I. V., & Rogozkin, V. A. (2008). Association of the ACTN3 R577X polymorphism with power athlete status in Russians. *Eur J Appl Physiol*, 103, 631–634. doi: 10.1007/s00421-008-0763-1; PMID: 18470530
- Eynon, N., Duarte, J. A., Oliveira, J., Sagiv, M., Yamin, C., Meckel, ... Goldhammer, E. (2009). ACTN3 R577X Polymorphism and Israeli Top-level Athletes. *Int J Sports Med*, 30, 695–698. doi: 10.1055/s-0029-1220731; PMID: 19544227
- Holdys, J., Kryściak, J., Stanislawski, D., & Gronek, P. (2011). Polymorphism of the α -actn3 gene in individuals practising different sports disciplines. *Biol Sport*, 28, 101–106. doi: 10.5604/942738
- Junior, A. T. C., Cunha, A. C. P. T., Scheneider, A. T., & Dantas, P. M. S. (2006). Características dermatoglíficas, somatotípicas, psicológicas e fisiológicas da seleção brasileira feminina adulta de handebol [Features dermatoglyphics, somatotype, psychological and physiological of the Brazilian adult female handball]. *Fit Perf J*, 5, 81–86. doi: 10.3900/fpj.5.2.81.p
- Kansal, D. K. (2010). A critical study of sports talent selection and promotion of sports participation, at young age. *Br J Sports Med*, 44, i65–i66. doi: 10.1136/bjism.2010.078725.219
- Klein, C. M. O., & Fernandes-Filho, J. (2003). Relação entre a dermatoglia, as qualidades físicas e o nível maturacional de escolares adolescentes de ambos os sexos. *Fit Perf J*, 2, 321–329.
- Kücken, M., & Newell A. C. (2005). Fingerprint formation. *J Theor Biol*, 235, 71–83. doi: 10.1016/j.jtbi.2004.12.020; PMID: 15833314
- Linhares, R. V., Matta, M. O., Lima, J. R. P., Dantas, P. M. S., Costa, M. B., Fernandes Filho, J. (2009). Efeitos da maturação sexual na composição corporal, nos dermatóglifos, no somatótipo e nas qualidades físicas básicas de adolescentes [Efeitos da maturação sexual na composição

- corporal, nos dermatóglifos, no somatótipo e nas qualidades físicas básicas de adolescentes]. *Arq Bras Endocrinol Metab*, 53, 47–54. doi: 10.1590/S0004-27302009000100008; PMID: 19347185
- Macêdo, M. M., & Fernandes-Filho, J. (2003). Estudo das características dermatoglíficas, somatotípicas e das qualidades físicas básicas nos diversos estágios de maturação sexual [Study of dermatoglyphic characteristics, somatotype and basic physical qualities in different stages of sexual maturation]. *Fit Perf J*, 2, 315–320. doi: 10.3900/fpj.2.6.315.s; doi: 10.3900/fpj.2.6.315.p
- McCauley, T., Mastana, S. S., & Folland, J. P. (2010). ACE I/D and ACTN3 R/X polymorphisms and muscle function and muscularity of older Caucasian men. *Eur J Appl Physiol*, 109, 269–277. doi: 10.1007/s00421-009-1340-y; PMID: 20069311
- Mills, M. A., Yang, N., Weinberger, R. P., Vander Woude, D. L., Beggs, A. H., ... North, K. N. (2001). Differential expression of the actin-binding proteins, α -actinin-2 and -3, in different species: implications for the evolution of functional redundancy. *Hum Mol Genet*, 10, 1335–1346. doi: 10.1093/hmg/10.13.1335; PMID: 11440986
- Moran, C. N., Yang, N., Bailey, M. E. S., Tsiokanos, A., Jamurtas, A., MacArthur, D. G., ... Wilson, R. H. (2007). Association analysis of the ACTN3 R577X polymorphism and complex quantitative body composition and performance phenotypes in adolescent Greeks. *Eur J Hum Genet*, 15, 88–93. doi: 10.1038/sj.ejhg.5201724; PMID: 17033684
- Niemi, A. K., & Majamaa, K. (2005). Mitochondrial DNA and ACTN3 genotypes in Finnish elite endurance and sprint athletes. *Eur J Hum Genet*, 13, 965–969. doi: 10.1038/sj.ejhg.5201438; PMID: 15886711
- Norman, B., Esbjörnsson, M., Rundqvist, H., Österlund, T., von Walden, F., & Tesch, P. A. (2009). Strength, power, fiber types, and mRNA expression in trained men and women with different ACTN3 R577X genotypes. *J Appl Physiol*, 106, 959–965. doi: 10.1152/jappphysiol.91435.2008; PMID: 19150855
- North, K. N., Yang, N., Wattanasirichaigoon, D., Mills, M., Eastal, S., & Beggs, A. H. (1999). A common nonsense mutation results in alpha-actinin-3 deficiency in the general population. *Nat Genet*, 21, 353–354. doi: 10.1038/7675; PMID: 10192379
- Papadimitriou, I. D., Papadopoulos, C., Kouvatzi, A., & Triantaphyllidis, C. (2008). The ACTN3 gene in elite Greek track and field athletes. *Int J Sports Med*, 29, 352–355. doi: 10.1055/s-2007-965339; PMID: 17879893
- Roth, S. M., Walsh, S., Liu, D., Metter, E. J., Ferrucci, L., & Hurley, B. F. (2008). The ACTN3 R577X nonsense allele is underrepresented in elite-level strength athletes. *Eur J Hum Genet*, 16, 391–394. doi: 10.1038/sj.ejhg.5201964; PMID: 18043716; PMCID: 2668151
- Ruiz, J. R., Arteta, D., Buxens, A., Artieda, M., Gómez-Gallego, F., Santiago, C., ... Lucia, A. (2010). Can we identify a power-oriented polygenic profile? *J Appl Physiol*, 108, 561–566. doi: 10.1152/jappphysiol.01242.2009; PMID: 20044471
- Ruiz, J. R., del Valle, M. F., Verde, Z., Díez-Veja, I., Santiago, C., Yvert, T., ... Lucia, A. (2011). ACTN3 R577X polymorphism does not influence explosive leg muscle power in elite volleyball players. *Scand J Med Sci Sports*, 21, e34–41. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01134.x; PMID: 0561285
- Scott, R. A., Irving, R., Irwin, I., Morrison, E., Charlton, V., Austin, K., ... Pitsiladis, Y. P. (2009). ACTN3 and ACE genotypes in elite Jamaican and US sprinters. *Med Sci Sports Exerc*, 42, 107–112. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181ae2bc0; PMID: 20010124
- Walsh, P. S., Metzger, D. A., & Higuchi, R. (1991). Chelex 100 as a medium for simple extraction of DNA for PCR-based typing from forensic material. *Biotechniques*, 10, 506–513. PMID: 1867860
- Yang, N., MacArthur, D. G., Gulbin, J. P., Hahn, A. G., Beggs, A. H., Eastal, S., & North, K. (2003). ACTN3 genotype is associated with human elite athletic performance. *Am J Hum Genet*, 73, 627–631. doi: 10.1086/377590; PMID: 12879365; PMCID: 1180686
- Zary, J. C. F., & Fernandes-Filho, J. (2007). Identificação do Perfil Dermatoglífico e Somatotípico dos Atletas de voleibol masculino adulto, juvenil e infanto-juvenil, de alto rendimento no Brasil [Identification and Profile Dermatoglyphic somatotypical Athletes volleyball adult male, juvenile and juvenile, high yield in Brazil]. *R bras Ci e Mov*, 15, 53–60.
- Zary, J. C., Reis, V. M., Rouboa, A., Silva, A. J., Fernandes, P. R., & Fernandes Filho, J. (2010). The somatotype and dermatoglyphic profiles of adult, junior and juvenile male Brazilian top-

level volleyball players. *Sci Sports*, 25, 146–152.
doi: 10.1016/j.scispo.2009.09.002
Zempo, H., Tanabe, K., Murakami, H., Iemitsu, M.,
Maeda, S., & Kuno, S. (2010).

ACTN3 Polymorphism Affects Thigh Muscle
Area. *Int J Sports Med*, 31, 138–142. doi:
10.1055/s-0029-1242808; PMID: 20222007

Primljeno: 26. februar 2013. godine
Izmjene primljene: 11. jun 2013. godine
Odobreno: 29. jun 2013. godine

Korespondencija:
Carlos Renato Paz
182 Aderbal Piragibe av.,
Jaguaribe, João Pessoa city,
State of Paraíba, Country:
Brazil. ZIP CODE: 58015-000
Phone: 0055 83 88 50 05 04
E-mail: renatopaz@hotmail.com