

# PROSIDING SEMINAR NASIONAL

Dalam Rangka Dies Natalis Ke-50  
Universitas Negeri Yogyakarta



## Buku 3. Bidang Saintek

“Kontribusi Penelitian dan PPM  
dalam Menghasilkan Insan Humanis dan Profesional”

***Penyunting:***

Prof. Dr. Sudji Munadi  
Dr. Yulia Ayriza, Ph.D.  
Dr. Das Salirawati, M.Si.  
Penny Rahmawaty, M.Si.  
Hiryanto, M.Si.  
Apri Nuryanto, MT.  
Zulfi Hendri, M.Sn.

**Organisasi Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) UNY**

**2014**

## DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
KATA PENGANTAR REKTOR UNY .....	iii
KATA PENGANTAR KETUA LPPM UNY.....	v
DAFTAR ISI .....	vi
1. Dampak Pemberian Frekuensi Stimulator Belalang "Kecek" (Orthoptera) 3000 Hz Pada Pembibitan Jati ( <i>Tectona Grandis</i> ) Dan Penanaman Kacang Tanah ( <i>Arachis Hypogaeae,L</i> ) <i>Oleh : Anissa Yusi A'mallina, Juli Astono, Agus Purwanto, &amp; Asri Widowati (FMIPA, UNY)</i> .....	1
2. Steel Lathe Waste As An Alternative Material To Improve Concrete Strength (Limbah Bubut Baja Sebagai Alternatif Bahan Penguat Beton) <i>Oleh : Abdul Haris Setiawan, &amp; Ida Nugroho Saputro (FKIP, UNS)</i> .....	20
3. Pola Polimorfisme Actn3 R577x Pada Atlet Atletik Nomor Yang Berbasis Kecepatan, Kekuatan, Dan Power <i>Oleh : Rachmah Laksmi Ambardini (FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN, UNY)</i> .....	34
4. Modul Desain Mold Sederhana <i>Oleh : Rizza Arif Fahrudin, &amp; dan Tonny Yuniarto (FT, UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA)</i> .....	40
5. Perancangan Mesin Pengering Cengkeh <i>Oleh : Patrisius Edi Prasetyo &amp; Paulus Wisnu Anggoro (UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA)</i> .....	58
6. Keefektifan Nematoda Patogen Serangga <i>Steinernema Sp.</i> Pada Larva <i>Lepidiotia Stigma F.</i> (Coleoptera: Scarabaeidae) <i>Oleh : Nanang Tri Haryadi, Hari Purnomo, M. Jadmiko, &amp; Syaifudin Hasjim (FAKULTAS PERTANIAN, UNIVERSITAS JEMBER)</i> .....	75
7. Kinetika Dan Keseimbangan Adsorpsi Ion Kadmium (Ii) Dalam Larutan Pada Senyawa Silika Dan Modifikasi Silika Hasil Sintesis Dari Abu Sekam Padi <i>Oleh : Siti Sulastris, Nuryono**, Indriana Kartini** dan Eko Sri Kunarti (FMIPA, UGM)</i> .....	85
8. Hubungan Umur Panen Bunga Kanthil ( <i>Michelia Alba</i> ) Terhadap Mutu Minyak Atsirinya <i>Oleh : Kuntjahjawi SAR, Eman Darmawan, &amp; Supriyadi (FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN UNIVERSITAS WIDYA MATARAM YOGYAKARTA)</i> .....	101
9. Penambahan Kitosan Dan Pemplastis Gliserol Pada Selulosa Bakteri Dengan Media Limbah Ketela Rambat ( <i>Ipomea Batatas Poir</i> ) Serta Aktivitas Antimikrobanya Terhadap <i>Staphylococcus Aureus</i> <i>Oleh : Tutiek Rahayu &amp; Eli Rohaeti (FMIPA, UNY)</i> .....	115
10. Pemanfaatan Pumice Breksia Sebagai Material Utama Mortar Instant Peredam Panas Untuk Mendukung Teknologi Bahan Bangunan Gedung Ramah Lingkungan <i>Oleh : Agus Santoso, Sumardjo, &amp; Faqih Ma'arif (FT, UNY)</i> .....	126

11.	Respons Leukosit, Asam Laktat, Hif-1 $\alpha$ , Dan Hsp70 Terhadap Latihan Interval Pada Atlet Sprinter Yunior Indonesia. <i>Oleh : Eddy Purnomo (FIK, UNY)</i> .....	143
12.	Perhitungan Awal Struktur Pita Dan Density Of State (DOS) Fasa Anatas Dan Rutil Dengan Model Struktur Kristal Secara Eksperimen <i>Oleh : Hari Sutrisno &amp; Sunarto (FMIPA, UNY)</i> .....	161
13.	Pengembangan Bibit Durian Lokal Dengan Induksi Kalus Embriogenik Secara In Vitro <i>Oleh : Paramita Cahyaningrum Kuswandi &amp; Lili Sugiyarto (JURDIK BIOLOGI FMIPA UNY)</i> .....	171
14.	Evaluasi Pengaruh Variasi Suhu Dan Limbah Kulit Sapi Olahan Terhadap Karakteristik Lapis Aus Beton Aspal <i>Oleh : P. Eliza Purnamasari (UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA)</i> .....	184
15.	Identifikasi Penyakit Tuberkulosis Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan <i>Oleh : Siswo Wardoyo , Ri Munarto, &amp; Arius B Wijaya (JURUSAN TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA)</i> .....	197
16.	Implementasi Penurun Kadar Air Dalam Madu Dengan Metoda Penangas Air Dan Pengadukan Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy <i>Oleh : Totok Winarno &amp; Vinan Viyus (POLITEKNIK NEGERI MALANG)</i> .....	209
17.	Peningkatan Pengetahuan dan Skill Guru Sma Tentang Bioteknologi Tanaman Melalui Metode Kultur Jaringan Anggrek <i>Oleh : Victoria Henuhili, Ratnawati, Lili Sugiyarto, &amp; Paramita Cahyaningrum K. (JURDIK BIOLOGI FMIPA UNY)</i> .....	229
18.	Aktivitas Antihiperglikemia Beberapa Senyawa Kompleks Cr(III)-Asam Amino Pada Tikus Wistar Terinduksi Diabetes Mellitus <i>Oleh : Kun Sri Budiasih, Chairil Anwar, Sri Juari Santosa, &amp; Hilda Ismail ( JURUSAN PENDIDIKAN KIMIA, UNY)</i> .....	239
19.	Pemanfaatan Jaringan Komputer Lokal Untuk Komunikasi Suara <i>Oleh : Totok Sukardiyon (FT UNY)</i> .....	246
20.	Spektrum Suara Gamelan Untuk Alat Musik Elektronik Yang Portable <i>Oleh : Heru Kuswanto, Insih Wilujeng, Saptomo, dan Eko Ariyanto ( UNY)</i> .....	260

## POLA POLIMORFISME *ACTN3* R577X PADA ATLET ATLETIK NOMOR YANG BERBASIS KECEPATAN, KEKUATAN, DAN *POWER*

Rachmah Laksmi Ambardini

Jurusan Pendidikan Kesehatan dan Rekreasi, Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Yogyakarta, E-mail: [ambardini28@gmail.com](mailto:ambardini28@gmail.com)  
[rachmah\\_la@uny.ac.id](mailto:rachmah_la@uny.ac.id)

### ABSTRAK

Gena *ACTN3* berfungsi mengode pembentukan protein  $\alpha$ -actinin 3 di serabut otot skelet tipe cepat, suatu protein *sarcomeric* yang diperlukan untuk menghasilkan kontraksi otot yang eksplosif, seperti yang dibutuhkan pada olahraga yang membutuhkan kecepatan, kekuatan maupun *power*. Ada hubungan yang kuat antara dihasilkannya *ACTN3* oleh alel fungsional (577R) dari gena *ACTN3* dan performa atlet pada kecepatan, kekuatan, dan *power*. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pola polimorfisme gena *ACTN3* R577X atlet Atletik, Indonesia yang menekuni nomor-nomor berbasis pada kecepatan, kekuatan dan *power*. Penelitian ini melibatkan 33 atlet Atletik yang sudah pernah bertanding di tingkat nasional, menekuni nomor yang berbasis pada kecepatan, kekuatan, maupun *power*. Sebelum mengikuti penelitian, subjek diminta menandatangani kesediaan mengikuti penelitian (*informed consent*). Isolasi DNA diambil dari darah vena antecubiti. Amplifikasi fragmen DNA dilakukan dengan *polymerase chain reaction* (PCR). Selanjutnya dilakukan *restriction fragment length polymorphism* (RFLP) dengan enzim DdeI dan diwarnai dengan ethidium bromide serta divisualisasi menggunakan sinar ultra violet, sehingga diperoleh gambaran polimorfisme gena *ACTN3* R577X dengan kemungkinan genotip RR, RX, atau XX. Teknik analisis data menggunakan analisis deskriptif kuantitatif untuk menggambarkan pola polimorfisme gena *ACTN3* R577X pada atlet Atletik, nomor yang berbasis pada kecepatan, kekuatan, dan *power*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar atlet (87,9%) mempunyai genotip RX. Sementara 12,1% atlet mempunyai genotip RR dan tidak ada atlet yang bergenotip XX (0%). Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa atlet atletik Indonesia nomor yang berbasis pada kecepatan, kekuatan, dan *power* tidak ada yang mengalami mutasi gena *ACTN3* R577X, baik pada atlet pria maupun wanita. Tampak bahwa alel R sangat menunjang performa dalam nomor yang berbasis pada kecepatan, kekuatan, dan *power*.

*Kata Kunci: polimorfisme ACTN3 R577X, atletik.*

### PENDAHULUAN

Seorang atlet elit dibentuk oleh sejumlah faktor pendukung, seperti faktor lingkungan (program latihan, diet), faktor mental dan predisposisi genetik. Gena menentukan potensi seseorang untuk mengembangkan berbagai karakteristik struktural dan fungsional penting dalam olahraga (Neeser, 2009). Gena juga menentukan bagaimana seorang atlet merespon program latihan, nutrisi, dan faktor lingkungan lainnya (Bouchard *et al.*, 1997). Pada atlet elit, program latihan dan pengaturan nutrisi hampir sama kualitasnya diantara kompetitor, sehingga peran gena dalam menentukan prestasi tinggi dalam olahraga menjadi perhatian. Pada cabang olahraga atletik, pemecahan rekor dunia maupun olimpiade ierus terjadi, baik pada nomor lari (*track*) maupun lapangan (*field*). Pemegang rekor dunia tersebut tampaknya berhubungan dengan predisposisi genetik tertentu. Rekor dunia lari jarak pendek, seperti lari 100 m dan 200

m dipegang oleh atlet-atlet Jamaika. Sementara untuk lari jarak jauh dipegang oleh atlet-atlet Kenya.

Fakta bahwa beberapa individu yang berbeda latar belakang ras atau etnik cenderung mendominasi beberapa cabang olahraga menarik perhatian banyak pihak. Pencapaian pelari-pelari jarak jauh dari Kenya dan Ethiopia pada Olimpiade XXIX di Beijing dan sprinter dari Jamaica membuat para ilmuwan mencari tahu mekanisme biologis yang bertanggung jawab untuk dominansi selektif berbagai kelompok etnik pada nomor lari. Kesuksesan atlet-atlet Afrika Timur pada nomor lari jarak jauh dan atlet-atlet Jamaica pada nomor lari sprint menumbuhkan kesadaran bahwa kelompok etnik tertentu mempunyai keuntungan genetik yang membuat performa mereka superior (Neeser, 2009). Saat ini, salah satu gena yang banyak diteliti terkait dengan performa fisik dalam olahraga adalah gena  $\alpha$ -actinin 3 (*ACTN3*).

$\alpha$ -actinin adalah protein yang mengikat actin dengan berbagai fungsi pada berbagai tipe sel yang berbeda, berlokasi di kromosom 11q13q14 (MacArthur & North, 2004). Gen *ACTN3* mengode pembentukan protein  $\alpha$ -actinin 3, suatu protein pengikat actin yang secara struktural terkait dengan distrofin. Pada sel otot,  $\alpha$ -actinin 3 terletak pada garis z, membentuk struktur yang dapat menstabilkan kontraksi otot. Selain terikat dengan filamen actin,  $\alpha$ -actinin juga terkait dengan sejumlah sitoskeleton dan molekul pembawa sinyal, yang menyiratkan bahwa protein tersebut berperan penting secara struktural dan sebagai pengatur organisasi sitoskeleton dan kontraksi otot (Mills et al., 2001).

Pada manusia, ada 2 gena yang mengode pembentukan  $\alpha$ -actinin otot skelet, yaitu *ACTN2* dan *ACTN3*. Gen *ACTN2* diekspresikan pada semua tipe serabut otot skelet, sedangkan gena *ACTN3* ekspresinya terbatas pada serabut otot tipe cepat (100% serabut otot tipe IIb dan 50% tipe IIa) (North et al., 1999). Kapasitas serabut otot tipe II untuk menghasilkan kekuatan pada kecepatan tinggi dan kapasitas beradaptasi terhadap latihan sangat dipengaruhi oleh faktor genetik. Perbedaan struktur kontraktil karena ada atau tidaknya  $\alpha$ -actinin 3 di *sarcomere* serabut otot tipe cepat juga berkontribusi terhadap perbedaan *power* yang dihasilkan seseorang.

Polimorfisme *ACTN3* (R577X) terjadi sebagai akibat tidak terbentuknya protein  $\alpha$ -actinin 3 dan diduga mempengaruhi fungsi otot skelet, khususnya pada atlet elit. Mutasi gena *ACTN3* terjadi pada berbagai etnis dengan prevalensi yang berbeda-beda. Secara umum, afro-amerika mempunyai prevalensi paling rendah, sedangkan orang Asia paling tinggi.

Alel X hanya sedikit ditemukan pada atlet elit nomor *sprint* dan *power* dibandingkan dengan populasi umum dan diperkirakan tidak menguntungkan pada olahraga yang membutuhkan *power* tinggi. Studi-studi yang melibatkan atlet elit memperlihatkan bahwa adanya protein otot spesifik (*ACTN3*) berkontribusi terhadap kemampuan otot untuk menghasilkan kontraksi otot dengan kekuatan penuh pada kecepatan tinggi (Yang et al., 2003).

Cabang olahraga Atletik terdiri atas nomor-nomor lari (*track*) dan lapangan (*field*). Nomor lari dibagi menjadi lari jarak pendek (100 m, 200 m, 400 m, lari gawang), lari jarak menengah (800 m dan 1500 m), lari jarak jauh (3000 m, 5000 m, 10.000 m dan maraton), serta ultra maraton. Sementara nomor lapangan meliputi nomor lempar dan lompat. Nomor-nomor yang berbasis pada kecepatan, kekuatan dan *power* adalah nomor lari jarak pendek dan nomor-nomor lapangan. Pada nomor-nomor ini, metabolisme dominan adalah metabolisme anaerob dan otot yang sangat berkembang adalah serabut otot tipe cepat yang sifatnya lebih anaerob.

Seperti yang sudah dijelaskan di bagian terdahulu, atlet yang menekuni olahraga yang membutuhkan kecepatan, kekuatan dan *power* akan mendapat keuntungan lebih apabila mempunyai gena *ACTN3* di otot tipe cepatnya.

Sampai saat ini, pola polimorfisme gena *ACTN3* R577X atlet Indonesia, khususnya pada cabang Atletik nomor yang berbasis kecepatan, kekuatan dan *power* belum diketahui. Bagaimanakah pola polimorfisme tersebut? Apakah atlet Indonesia sudah menekuni nomor-nomor yang sesuai dengan predisposisi genetiknya? Penelitian ini akan mengkonfirmasi permasalahan tersebut.

## METODE

Penelitian ini sudah mendapat izin dari komisi etik Fakultas Kedokteran UGM dan masing-masing subjek memberikan pernyataan kesediaan ikut dalam penelitian secara tertulis (*informed consent*).

**Subjek.** Penelitian ini melibatkan 33 atlet atletik yang pernah berlaga di tingkat nasional, terdiri dari atlet yang menekuni nomor-nomor yang berbasis pada kecepatan, kekuatan dan *power*, baik pada nomor *track* (lari) maupun *field* (lompat, lempar, tolak peluru). Nomor lari meliputi lari 100 m, 200 m, 400 m dan lari gawang, sedangkan nomor lapangan meliputi lompat jauh, lompat galah, lompat tinggi, lempar cakram, lempar lembing dan tolak peluru. Atlet yang ikut serta dalam penelitian bisa dikelompokkan menjadi atlet elit dan subelit. Atlet dinyatakan sebagai atlet elit jika minimal sudah pernah meraih medali emas di Pekan Olahraga Nasional (PON), sedangkan atlet subelit adalah atlet yang mengikuti kejuaraan atletik tingkat nasional, namun belum pernah mendapatkan medali emas PON.

**Pemeriksaan Molekular.** DNA diisolasi dari darah tepi vena antecubiti menggunakan mini kit DNA (Geneaid). PCR digunakan untuk amplifikasi fragmen DNA yang sesuai. Produk PCR selanjutnya diproses untuk memperoleh genotip *ACTN3* dengan menggunakan teknik RFLP, didigesti dengan enzim Ddel. Fragmen untuk alel R terpotong di 2 tempat, yaitu di posisi 205 bp dan 86 bp. Sementara alel X dikenali dengan adanya pemotongan fragmen di 3 tempat, yaitu 108 bp, 97 bp, dan 86 bp. Fragmen tersebut dipisahkan dengan agarose gel 3%, diwarnai dengan ethidium bromide sehingga bisa divisualisasi di bawah sinar ultraviolet.

**Analisis Statistik.** Frekuensi genotip dianalisis secara deskriptif kuantitatif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Karakteristik subjek penelitian bisa dilihat pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Karakteristik dasar atlet Atletik nomor kecepatan, kekuatan, dan *power*

Karakteristik	rerata ± SD
Umur, tahun	23,1 ± 3,9
Tinggi Badan, cm	164,7 ± 18,4
Berat Badan, kg	63,4 ± 18,9
BMI, kg/m <sup>2</sup>	22,1 ± 4,5

Umur rata-rata subjek penelitian adalah umur yang ideal untuk mencapai prestasi puncak bagi seorang atlet, yaitu 23,1 tahun. Karakteristik tinggi badan dan berat badan subjek penelitian secara berturut-turut mempunyai rerata 164,7 cm dan 63,4 kg. Bila dilihat simpangan deviasinya cukup lebar, karena pada atlet nomor tolak peluru mempunyai tinggi dan berat badan melebihi ukuran rata-rata atlet nomor lainnya. *Body mass index* (BMI) atlet tolak peluru masuk kategori obesitas. Namun demikian, pada atlet, tingginya angka BMI biasanya akibat banyaknya massa otot yang dimiliki, bukan kadar lemak subkutannya. Tinggi badan, terutama panjang tungkai berpengaruh pada panjang langkah yang dapat dilakukan oleh seorang pelari selama pertandingan (Maughan, 2009).

Distribusi genotip 33 atlet Atletik yang menekuni nomor-nomor berbasis pada kecepatan, kekuatan dan *power* yaitu RR = 4 (12,1%), RX = 29 (87,9%), dan XX = 0 (0%). Sementara frekuensi alel R dan X secara berturut-turut adalah 56,1% dan 43,9%. Tidak ada atlet Atletik yang menekuni lari jarak dekat maupun nomor lapangan yang mengalami mutasi gen *ACTN3*.

Tabel 2. Distribusi gen *ACTN3* R577X berdasarkan nomor yang ditekuni

Atlet	n	Genotip (n,%)			Alel (%)	
		RR	RX	XX	R	X
Total	33	4 (12,1)	29 (87,9)	0	56,1	43,9
<i>Sprinter</i>	15	2 (13,3)	13 (86,7)	0	-	-
<i>Thrower</i>	6	1 (16,7)	5 (83,3)	0	-	-
<i>Jumper</i>	12	1 (8,3)	11 (91,7)	0	-	-

Subjek penelitian didominasi oleh atlet laki-laki (75,8%), sedangkan atlet wanita 24,2%. Dari 4 orang atlet yang bergenotip RR, 3 orang laki-laki dan 1 orang wanita, sedangkan dari 29 atlet, 22 laki-laki dan 7 orang wanita. Sementara apabila dilihat dari status atlet, apakah termasuk kategori elit atau subelit, ada 3 orang atlet elit yang mempunyai genotip RR dan 1 orang dari kategori subelit. Data selengkapnya terlihat pada tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Data genotip *ACTN3* berdasarkan jenis kelamin (n = 33)

Jenis Kelamin	n	Genotip (%)		
		RR	RX	XX
Laki-laki	25	12	88	0
Wanita	8	12,5	87,5	0

Tabel 4. Distribusi genotip *ACTN3* berdasarkan status atlet (n = 33)

Status Atlet	n	Genotip (%)		
		RR	RX	XX
Elit	13	23	77	0
Subelit	20	5	95	0

### Pembahasan

Bukti awal adanya pengaruh kuat gena *ACTN3* terhadap performa fisik dalam olahraga pertama kali dilaporkan oleh Yang et al. (2003). Genotip XX gena *ACTN3* ditemukan dalam frekuensi yang rendah pada atlet yang berorientasi pada kekuatan dan power (Druzhevskaya et al., 2008; Cieszczyk et al., 2011). Pada penelitian ini, atlet Atletik yang menekuni nomor yang berbasis pada kecepatan, kekuatan, dan *power* setidaknya mempunyai 1 alel R. Tidak adanya atlet yang bergenotip XX (tidak terbentuk protein  $\alpha$ -actinin 3 di otot skelet tipe cepat) menyiratkan bahwa atlet-atlet tersebut sudah menekuni nomor-nomor yang sesuai dengan profil genetik ototnya. Temuan penelitian ini menguatkan dugaan bahwa gena *ACTN3* genotip RR dan RX terkait dengan predisposisi dalam olahraga yang berorientasi pada kecepatan, kekuatan dan *power*.

Atlet yang bergenotip RR hanya 2 orang. Seorang *sprinter* sangat menguntungkan apabila mempunyai genotip RR (homozigot) karena ekspresi protein  $\alpha$ -actinin 3 penuh. Aktivitas atlet nomor-nomor yang berbasis pada kecepatan, kekuatan, dan *power* membutuhkan kontraksi otot berulang-ulang dalam intensitas tinggi. Adanya  $\alpha$ -actinin 3 di serabut otot tipe cepat (otot putih) memberi keuntungan karena protein tersebut dapat menstabilkan serabut otot selama kontraksi.

Berbeda dengan temuan penelitian ini, prevalensi polimorfisme gena *ACTN3* R577X pada populasi Asia sekitar 25% (Yang, 2003). Hal ini mungkin karena terbatasnya sampel penelitian yang dilakukan. Pada atlet elit, khususnya yang berbasis pada kecepatan, kekuata, dan *power*, prevalensi polimorfisme gena *ACTN3* R577X lebih rendah daripada populasi umum. Seorang



atlet adalah individu unik dengan kondisi khusus karena lingkungan yang dihadapi berbeda, yaitu latihan fisik keras yang berlangsung lama. Pada orang yang bukan atlet, mempunyai gen *ACTN3* atau tidak mungkin tidak berpengaruh banyak, namun pada atlet atau seorang calon atlet, adanya gen *ACTN3* mungkin menjadi penentu penting berhasilnya seorang atlet menuju prestasi puncak ke tingkat dunia.

## SIMPULAN

Prevalensi gen *ACTN3* R577X pada atlet Atletik yang menekuni nomor yang berbasis pada kecepatan, kekuatan, dan *power* yaitu genotip RR 6,1% dan RX 93,9 %. Tidak adanya atlet atletik nomor yang berbasis kecepatan, kekuatan dan *power* yang mengalami mutasi gen *ACTN3* R577X menyiratkan bahwa alel R gen *ACTN3* R577X sangat penting pada nomor-nomor yang berbasis pada kecepatan, kekuatan dan *power*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bouchard C., R. Malina, L. Perusse. 1997. *Genetics of Fitness and Physical Performance*. Champaign: Human Kinetics, 1-400.
- Cieszczyk P, Eider j, Ostanek M, & Arczewska A. 2011. Association of the *ACTN3* R577X Polymorphism in Polish Power-Orientated Athletes. *Journal of Human Kinetics* Vol. 28: 55-61.
- 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.
- MacArthur, D. & North, K.N. 2004. A gene for speed? The function and evolutionary history of  $\alpha$ -actinin-3. *Bioessays*, 26: 786-895.
- Maughan, R. 2009. Olympic Textbook of Science in Sport Vo. XV of the Encyclopedia of sport Medicine. Wiley-Blackwell.
- Mills, M., Yang, N., Weinberg, R. 2001. Differential expression of the actin-binding protein, alpha-actinin-2 and -3, in different species: implications for the evolution of fnctional redundancy. *Hum Mol Genet*, 10: 1335-1346.
- Neeser, KJ. 2009. The Genes who make the Champions: "Can Genes predict Athletic Performance?" *Proceeding of the 2009 Management and Technology in Sport Science*.
- North, K.N., Yang, N., Wattanasirchaigon, D., Mills, M., Easteal, S., Beggs, A.H. 1999. A common nonsense mutation results in alpha-actinin-3 deficirncy in the general population. *Nat Genet*, 21: 353-354.
- Yang, N., MacAthur, D.G., Gulbin, J.P. 2003. *ACTN3* genotype is associated with human elite athletic performance. *Am J Hum Genet*, 73: 627-631.