

PENGARUH PES PLANUS PLANTARIS METATARSALIA TERHADAP STABILITAS POSTURAL VERTEBRA ATLET OLAHRAGA DENGAN WEIGHT-BEARING

Def Primal¹

¹Departemen Anatomi & Fisiologi STIKes Perintis Padang
email: def.primal.anatomy@gmail.com

ABSTRACT

Overuse activity is at risk of injury to the lower limb and will decrease curvature in the plantar arch. Sports athletes with continuous weight-bearing exercise activity will affect the curvature of the plantar, causing the malformation of the foot arch to become flatter (flatfoot). This condition is reported to affect postural stability during the move. This is a quantitative cross-sectional analytics study involving basketball athletes for all 47 subjects. Subject's foot arch index determined with footprint on the graph paper, followed by AMTI Accupower Force platform posturography (force plate) as postural stability determination. The examination is performed in static position to determine body's postural sway diameter of CoP on the base of support area while standing. The result revealed that 80,9% of subjects had flat plantar arch (pes planus plantaris). Footprint results showed majorities of basketball athletes having pes planus plantaris. The mean value of the postural sway diameter of CoP while standing (static) on the subject with pes planus plantaris have significant correlation on the postural stability. This condition will significantly affect postural stability in quite standing conditions.

Keywords: *footprint, postural stability, static stability*

1. Pendahuluan

Kaki menjadi titik kontak selama proses *weight-bearing* (menopang beban tubuh) dan mobilisasi. Aktivitas dengan *weight-bearing* yang berlebih (*overuse*) akan meningkatkan resiko terjadinya cedera pada ekstremitas bawah, stres fraktur metatarsal, *cuboid syndrome*, dan stres jaringan struktur penyusun *plantar*.^{3,20} Cedera struktur penyusun *plantar* akan memengaruhi terjadinya penurunan kelengkungan pada *arcus plantaris* karena kuatnya tekanan plantar di daerah *midfoot* dan meningkatnya *center of mass* (CoM).^{13,17} Stabilitas postural merupakan kontrol pusat gravitasi tubuh (CoG – *center of gravity*) dengan bidang tumpu (BoS – *base of support*) terhadap pusat tekanan (CoP – *center of pressure*). Aktivitas tubuh akan memberikan respon arah gaya yang

melawan bidang tumpu dan meminimalkan *postural sway*.^{5,6}

Penelitian Melzer et.al menghasilkan pengukuran perpindahan arah pusat tekanan (CoP) terhadap CoM (*center of mass*) yang besar akan menurunkan stabilitas postural seseorang.¹³ Aktivitas atlet basket yang statis dan dinamis akan secara signifikan menyebabkan peningkatan tekanan *plantar* sehingga menurunkan ketinggian kelengkungan pada *arcus plantaris*.^{3,20} Aktivitas statis atlet basket menyebabkan penahanan beban tubuh sebanyak 2 kali dari berat badan dari seseorang yang non atlet.⁴ Penelitian ini mengukur luas dari ayunan tubuh (*postural sway*) pada atlet basket selama berdiri statis untuk mengetahui seberapa luas lintasan CoP (*center of pressure*) pusat massa tubuh. Kondisi ini pada akhirnya akan memperlihatkan pengaruh

yang ditimbulkan terhadap performa pada atlet tersebut

2. Kajian Literatur

Pes planus adalah gangguan atau kelainan pada kaki yang disebabkan karena berdiri dalam waktu yang lama, gangguan tulang dan neurologis, trauma, dan penggunaan sepatu yang tidak ergonomis yang menyebabkan ketidakseimbangan jaringan penyusun kaki.^{2,3,14} Kelainan tersebut sangat memengaruhi bentuk *arcus plantaris* yang akan bermanifestasi menjadi malformasi dan cedera karena *overuse* (pakaian berlebih) pada tulang, otot, tendon dan ligamentum.^{3,7} Pada penelitian Borton (1997), perubahan bentuk lengkung kaki yang lebih datar (didapat) merupakan faktor terjadinya robekan secara parsial atau menyeluruh pada tendon *musculus tibialis posterior*.

Beberapa jenis olahraga juga dapat memengaruhi kelengkungan *arcus plantaris*. Beberapa literatur telah menjelaskan bahwa individu dengan *flatfoot* akan meningkatkan pemakaian energi yang besar selama mobilisasi dan meningkatkan tekanan *plantar pedis* karena tahanan berat tubuh selama melakukan aktivitas. Aktivitas berdiri dengan *weight-bearing* yang lama beresiko meningkatkan cedera pada ekstremitas bawah, stres fraktur metatarsal, maupun stres jaringan struktur penyusun *plantar pedis* terutama struktur penyusun regio metatarsalia.^{3,19} Cedera tersebut akan langsung mencetus terjadinya penurunan kelengkungan pada *arcus plantaris* terutama pada *arcus longitudinalis medialis*. Penurunan kelengkungan pada *arcus longitudinalis medialis* ini akan mengacu pada terbentuknya struktur datar (*flat*) pada permukaan *plantar pedis* karena kuatnya tekanan plantar di daerah *midfoot* dan meningkatnya *center of mass* (CoM).^{13,17} Diketahui bahwa *arcus longitudinalis medialis* berfungsi melakukan tahanan beban selama *weight-bearing* dengan mentransmisikan beban dari *calcaneus* sampai ke metatarsalia pertama yang didukung oleh struktur tulang dan ligamen (secara pasif), dan struktur otot (secara aktif).^{2,3}

Kontrol terhadap keseimbangan pada manusia ada dua, yaitu; kontrol stabilitas statis, dan kontrol stabilitas dinamis.⁶ Stabilitas postural merupakan kemampuan dalam mengontrol pusat gravitasi tubuh (CoG – *center of gravity*) dengan bidang tumpu (BoS – *base of support*) terhadap pusat tekanan (CoP – *center of pressure*). Aktivitas ini menimbulkan respon arah gaya yang melawan bidang tumpu (*vGRF* – *ground reaction force vector*) dan meminimalkan *postural sway*.^{5,6,11} Dalam beberapa hasil penelitian, struktur dari *arcus plantaris* sangat berkontribusi terhadap stabilitas postural dalam mengontrol keseimbangan seseorang. Penelitian Melzer et. al menyimpulkan bahwa perpindahan arah pusat tekanan (CoP) terhadap CoM (*center of mass*) dan GRF (*ground reaction force*) yang besar akan menurunkan stabilitas postural seseorang.¹³ Penelitian Han et. al juga menyimpulkan bahwa CoP pada *flatfoot* akan menjauhi titik normal CoP. Penelitian Kim et. al menyatakan bahwa terdapat perbedaan arah CoP pada *flatfoot* baik pada arah ML (*mediolateral*) maupun pada arah AP (*anterolateral*), sehingga menyebabkan terjadinya ketidakstabilan pada stabilitas postural seseorang.¹⁸ *Postural sway* atau ayunan tubuh adalah gerak tubuh pada posisi tegak yang bersifat konstan, dan mengoreksi perpindahan untuk menjaga pusat massa tubuh (CoM) tetap berada di dalam bidang tumpu (BoS).⁹

Olahraga bola basket merupakan jenis olahraga *weight-bearing* dalam team dan proses biomekanika atlet bola basket melibatkan aktifitas lompatan dengan level yang cukup tinggi dan secara tiba-tiba dengan beban yang berat pada otot-otot dan ligamen di kaki.² Selain itu, aktivitas atlet basket yang berlari dengan intensitas tinggi, sedang, maupun rendah, akan secara signifikan menyebabkan peningkatan tekanan *plantar pedis* terutama di medialis sehingga menurunkan ketinggian kelengkungan pada *arcus plantaris*.^{3,19} Beberapa penelitian sebelumnya telah mengukur *center of pressure* (CoP) dan *postural sway* pada kondisi statis dalam menentukan stabilitas postural.^{8,9,13} Namun, sampel yang digunakan pada orang dewasa normal dan lansia. Untuk menganalisa

ketidakstabilan pada saat melakukan lompatan dapat menggunakan nilai dari *center of pressure*, kecepatan *center of mass*, dan luas dari *postural sway*.⁴

3. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan studi *cross-sectional* analitik kuantitatif terhadap 47 atlet basket dari kedua jenis kelamin. Pemeriksaan *footprint* pada subjek menggunakan diagram *footprint* dan pemeriksaan stabilitas postural statis pada metatarsalia plantar pedis menggunakan *AMTI Accupower Force platform posturography (force plate)* yang terhubung dengan komputer sehingga dapat menampilkan stabilogram postural sway subjek penelitian. Subjek penelitian ditetapkan dengan metode *purposive sampling* dengan penetapan jumlah sampel penelitian berdasarkan rumus Krejcie & Morgan dari populasi sebanyak 54 atlet basket berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi penelitian. Anamnesis dilakukan dalam mengidentifikasi informasi tentang identitas, berat badan, tinggi badan, anamnesa riwayat gangguan kesehatan di regio ekstremitas bawah dan riwayat latihan. Pemeriksaan fisik sistem muskuloskeletal dan pemeriksaan sensorik-motorik dilakukan untuk mengetahui keluhan yang sedang dirasakan, kesimetrisan antara kedua ekstremitas, pembengkakan, nyeri, pola berjalan, kekuatan dan tonus otot, ketangkasan gerak, dan reflek di ekstremitas bawah.

Hasil pemeriksaan footprint akan menampilkan gambaran dua dimensi metatarsalia *plantaris pedis* yang akan terinterpretasi kedalam kriteria bentuk lengkung kaki. Kelengkungan pada metatarsalia pedis menjadi patokan untuk menentukan *arch index* kaki.^{1,19} Subjek dipisahkan berdasarkan tipe *arcus plantaris* normal atau *pes planus plantaris*. Subjek penelitian yang sedang mengalami nyeri atau cedera tidak

dilakukan pemeriksaan, pemeriksaan akan dilakukan setelah tidak lagi mengalami masalah tersebut pada lain waktu. Pemeriksaan stabilitas postural vertebrae dilakukan dengan *force platform posturography* yang menghasilkan data stabilogram CoP untuk penghitungan diameter *postural sway*. Pemeriksaan stabilitas postural statis pada vertebrae dilakukan diatas *plate* pada *force plate* dengan posisi tubuh berdiri tegak lurus menghadap lurus kedepan pada salah satu kaki subjek penelitian. Kaki kontralateral difleksikan dengan sudut 90°. Kedua anggota gerak ekstremitas atas diposisikan berada di sisi lateral tubuh. Posisi subjek dipertahankan diatas *force plate* selama 10 detik dan selama perekaman tidak dibenarkan menggerakkan kedua ekstremitas atas. Perekaman data dilakukan selama subjek mulai siap untuk diukur stabilitasnya dan dihentikan setelah waktu pemeriksaan telah habis. Pemeriksaan dilakukan sebanyak dua kali untuk mendapatkan hasil pemeriksaan yang terbaik.

Sebaran jumlah sampel dengan *pes planus plantaris* dan lengkung kaki normal dilakukan dengan uji statistik *chi-square*. Pemeriksaan pengaruh *pes planus plantaris* dan lengkung kaki normal terhadap stabilitas postural statis pada vertebrae menggunakan uji t independen (*t-test independent*). Pemeriksaan *postural sway* berasal dari hasil pengukuran diameter horizontal dari gambaran stabilogram CoP dalam skala millimeter (mm).^{33,35} Hasil pengukuran tersebut mengindikasikan semakin besar diameter luas lintasan (titik perpindahan) pada stabilogram CoP di BoS (*postural sway*), akan menurunkan stabilitas postural seseorang.^{11,13}

4. Hasil Penelitian

Anamnesa dan pemeriksaan fisik.

Atlet basket memiliki rentang usia antara 18 – 23 tahun ($19,38 \pm 1,51$). Delapan belas mahasiswa putra rerata usia $19,17 \pm 1,38$, dan 29 mahasiswa perempuan dengan rerata usia $19,48 \pm 1,6$, dengan nilai BMI rata-rata $21,33 \pm 1,5$. Hasil anamnesa menunjukkan seluruh atlet (100%) memiliki riwayat nyeri daerah plantaris metatarsalia, terutama nyeri pada bagian fascia lantaris, mengalami cedera dan nyeri pada punggung (4 orang), lutut (14 orang), pergelangan kaki dan tumit (6 orang), dan 2 orang riwayat operasi trauma atau robekan pada ACL (*ligamentum cruciatum anterior*).

Hasil footprint dan stabilitas postural statis pada vertebrae.

Penghitungan berasal dari dua kategori lengkung kaki; lengkung kaki normal dan *pes planus plantaris*. Didapatkan 80,9% subjek memiliki pes planus plantaris, dimana sisanya masih memiliki lengkung kaki normal (tabel 1). Pengukuran diameter (mm) stabilogram *postural sway* pada hasil pemeriksaan menunjukkan rata-rata $4,29 \pm 1,4$ pada *pes planus plantaris*, sedangkan pada lengkung kaki normal $2,44 \pm 0,5$. Hasil uji statistik pada *postural sway* kondisi statis didapatkan nilai 0,000 sehingga dapat disimpulkan ada pengaruh yang signifikan pada subjek dengan *pes planus plantaris* terhadap stabilitas postural statisnya (tabel 2).

Tabel 1. Sebaran *pes planus plantaris* dan lengkung kaki normal pada atlet basket basket (n=47)

	Frekuensi	Persentase (%)
<i>Pes planus</i>	38	80,9
Lengkung kaki normal	9	19,1

Tabel 2. Distribusi stabilitas postural statis pada vertebrae dari kedua bentuk lengkung kaki atlet basket (n=47)

	AI	N	Mean	Std. Deviation	p-value
<i>Postural sway</i> statis	<i>Pes planus</i>	38	4.2895	1.43146	.000
	Normal	9	2.4444	0.52705	

5. Pembahasan

Penurunan lengkung kaki pada atlet basket dapat berasal dari beberapa faktor. Dalam penelitian ini menggunakan pengukuran luas jejak kaki subjek yang telah dipisahkan pada area *forefoot*, *midfoot*, dan *hindfoot*. Pengukuran ini sesuai dengan pengukuran indek lengkung kaki yang digunakan oleh McCrory dan Cavanagn (1997), dan merupakan pengukuran yang lebih akurat dalam menentukan jenis

indek lengkung kaki karena memiliki nilai signifikansi mendekati dengan pemeriksaan *footprint* dengan *digital scanner* (gambar 1).⁷ Dalam penelitian Borton (1997) dan Anzai et al (2014), kejadian *pes planus plantaris* pada atlet telah banyak dilaporkan dan disebabkan karena penurunan atau kehilangan fungsi dari *musculus tibialis posterior* beserta cedera (robekan) pada tendon otot tersebut dan robekan pada jaringan penyokong pada arcus kaki, baik pada

ligamen penyusun dan fascia plantaris.¹³

Van Boerum et al (2003) menyimpulkan disfungsi pada kaki akan terjadi ketika kaki kehilangan sokongan struktural secara normal, yang akan mengganggu bentuk normalnya tersebut. Ketidakseimbangan pada gaya-gaya

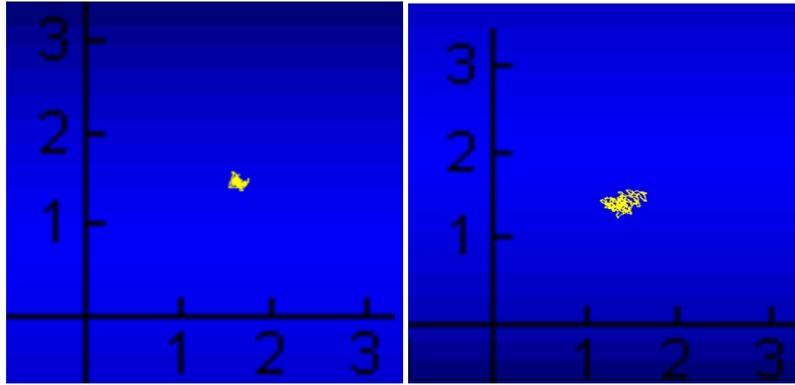
yang bekerja ketika beraktivitas, peningkatan berat badan, dan kelemahan struktur penyusun plantar, berpotensi menurunkan tingkat kelengkungan lengkung kaki, dan pada akhirnya akan memurunkan kelengkungan arcus longitudinalis medialis plantaris.²⁰



Gambar 1. Hasil footprint pada kedua jenis lengkung kaki atlet basket (A, arcus normal; dan B, pes planus plantaris).

Pada pemeriksaan stabilitas postural, peneliti meyakini bahwa banyak penelitian sebelumnya yang terkait dan telah menggunakan alat pemeriksaan yang lebih canggih dan lengkap. Pada penelitian Hof (2005), tubuh tetap dikatakan seimbang ketika CoP masih tetap berada dalam area BoS. Beberapa penelitian sebelumnya menyatakan bahwa terjadinya perpindahan CoP (terbentuknya lintasan CoP) dalam gambaran stabilogram mengindikasikan bahwa stabilitas tubuh sudah mengalami penurunan kestabilan. Sejalan dengan hasil penelitian tersebut, hasil pemeriksaan subjek penelitian yang peneliti lakukan memberikan hasil yang sama terhadap pengaruh aktivitas terhadap stabilita postural berdasarkan hasil diameter lintasan CoP. Dalam penelitian Moghadam (2011), didapatkan lintasan CoP yang keluar dari area BoS yang merupakan penanda terjadinya ketidakstabilan postural.⁸ Sebelum itu, Hof (2005) juga telah mendapatkan hasil analisa lintasan

postural sway CoP pada bidang tumpu BoS yang berperan sebagai penentu stabilitas postural subjek penelitian (gambar 2). Dengan temuan perbedaan area lintasan pada subjek dengan lengkung kaki normal dan *pes planus plantaris*, peneliti meyakini perubahan bentuk lengkung kaki pada atlet akan menurunkan stabilitas posturalnya pada kondisi statis pada titik vertebraenya. Sejalan dengan penelitian Bressel et al (2007), atlet basket memiliki gangguan stabilitas statis dibandingkan pada atlet *gymnastic* dan sepak bola, namun kestabilan tersebut masih terganggu pada atlet secara keseluruhan dibandingkan pada subjek non-atlet. Analisa ini sejalan dengan hasil penelitian Kulthanan (2004) yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan parameter *footprint* pada subjek atlet nasional dan non nasional dibandingkan pada subjek non-atlet. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa jarak antara kelima metatarsal dan panjang *flat index* pada atlet lebih besar dari pada subjek non atlet.



Gambar 2. Stabilogram trajektori CoP pada ayunan tubuh (postural sway) atlet basket (A, arcus normal; dan B, pes planus plantaris).

Dari hasil pemeriksaan dari kedua jenis lengkung kaki subjek terhadap stabilitas postural statis, didapatkan hubungan yang signifikan. Analisa ini menjelaskan bahwa pada subjek dengan lengkung kaki datar (*pes planus plantaris*) mengalami ketidakstabilan postural pengukuran perpindahan titik CoM dari titik CoP pada *base of support* (BoS) yang lebih luas. Selain itu, besaran resultan gaya GRF terhadap bidang vertikal yang lebih besarakan menyebabkan penurunan stabilitas postural subjek dibandingkan pada subjek dengan lengkung kaki normal. Sedangkan dari penelitian Błaszczyk(2016), *sway vector* (SV) dari *postural sway* CoP dan dari perpindahan CoM merupakan standar baru dalam menentukan stabilitas postural statis pada subjek dewasa, tua, dan dengan penyakit patologis.⁵ Dengan hasil pemeriksaan *postural sway* yang berbeda berdasarkan alat ukur yang digunakan, diameter area *postural sway* pada CoP yang peneliti gunakan juga dapat menentukan stabilitas pada atlet.

Peneliti ingin menekankan bahwa mempertahankan bentuk lengkung kaki untuk tetap normal merupakan hal yang perlu diperhatikan karena kondisi *pes planus plantaris* akan mempengaruhi performa seseorang dalam berbagai aktivitas, terutama pada atlet yang membutuhkan performa yang baik dan

prima dalam menghasilkan prestasi yang diharapkan. Performa yang baik pada atlet diawali dengan Sejahtera pengetahuan yang peneliti miliki, belum ada penelitian yang menganalisa tentang pengaruh *pes planus plantaris* terhadap stabilitas postural pada subjek olahragawan, terutama pada olahraga dengan *weight-bearing*. Peneliti meyakini hasil penelitian ini sejalan dengan Bressel et al (2007) dan Sung (2015) bahwa subjek dengan *flatfoot* memiliki perluasan lintasan CoP pada bidang tumpu dan ambang batas gaya GRF yang lebih besar dari subjek tanpa *flatfoot*. Hal ini mengakibatkan terganggunya stabilitas tubuh dan mempengaruhi performa dalam beraktivitas.

6. Kesimpulan

Pes planus plantaris pada atlet basket sangat memengaruhi stabilitas postural statis secara signifikan berdasarkan gambaran stabilogram postural sway (ayunan tubuh). Kondisi ini sangat mengganggu stabilitas postural atlet basket pada saat statis berdiri tegap berdasarkan titik CoM setinggi vertebrae lumbalis 2. Gangguan pada stabilitas postural mungkin akan lebih besar ketika atlet dengan pes planus plantaris pada kondisi dinamis (gerak ekstremitas dan batang tubuh)

Daftar Pustaka

1. Kulthanan T, Techakampuch S, Donphongam N. *A Study of Footprints in Athletes and Non-Athletic People*. J Med Assoc Thai. 2004; 87(7): 788-93.
2. Aydog ST, Demirel HA, Tetik O. *The sole arch indices of adolescent basketball player*. Saudi Med J. 2004 March 10; Vol. 25 (8): 1100-1102.
3. Chuckpaiwong B, Nunley JA, Mall NA, Queen RM. *The effect of foot type on in-shoe plantar pressure during walking and running*. J Gait & Posture. 2008 Jan 24; 405-411.
4. Wikstrom EA, Tillman MD, Schenker SM, Borsa PA. *Jump-landing direction influences dynamic postural stability scores*. Journal of Science and Medicine in Sport. 2008; 11:106-111.
5. Błaszczyk JW. *The use of force-plate posturography in the assessment of postural instability*. J Gait & Posture. 2016; 44:1-6.
6. Cote KP, Brunet ME, Gansneder BM, Shultz SJ. *Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability*. Journal of athletic training. 2005;40(1):41-46.
7. Anzai E, Nakajima K, Iwakami Y, Sato M, Ino S. *Effects of foot arch structure on postural stability*. Clin Res Foot Ankle. 2014 March; 2(2).
8. Handrigan GA, Berrigan F, Hue O, Simoneau M. *The effects of muscle strength on center of pressure-based measures of postural sway in obese and heavy athletic individuals*. J Gait & Posture. 2012; 35: 88-91.
9. Han JT, koo HM, Jung JM, et al. *Differences in plantar foot pressure and COP between flat and normal feet during walking*. Journal of Physical & Therapy Science. 2011; 23:683-685.
10. Kim J, Lim O, Yi C. *Difference in static and dynamic stability between flexible flatfeet and neutral feet*. Journal of Gait & Posture. 2014; 5.
11. McCrory JL, Young MJ, Boulton AJM, Cavanagh R. *Arch index as a predictor of arch height*. The foot. 1997; 7:79-81.
12. Aydog ST, Tetik O, Demirel HA, Doral MN. *Differences in sole arch indices in various sports*. Br J Sports Med. 2005; 39: e5.
13. Riccio I, Gimigliano F, Gimigliano R, et al. *Rehabilitative treatment in flexible flatfoot: a perspective cohort study*. Musculoskelet Surg. 2009; 93:101-107.
14. Borton DC, Saxby TS. *Tear of the plantar calcaneonavicular (spring) ligament causing flatfoot*. J Bone Joint Surg. 1997;79-B:641-3.
15. Van Boerum DH, Sangeorzan BJ. *Biomechanics and pathophysiology of flat foot*. Foot And Ankle Clinics. 2003; 8:419-430.
16. Headon R. *Recognizing Movements from the Ground Reaction Force*. 2001.
17. Hof AL, Gazendam MGJ, Sinke WE. *The condition for dynamic stability*. Journal of Biomechanics. 2005; 38:1-8.
18. Sato K, Butcher-Mokha M. *Relationship between ground reaction force and stability level of the lower extremity in runners*. Proceedings of the Fifth Annual College of Education Research Conference: Section on Allied Health Professions. 2006; 1:40-44.
19. Raymakers JA, Samson MM, Verhaar HJJ. *The assessment of body sway and the choice of the stability parameter(s)*. Gait and Posture. 2005; 21:48-58.
20. Razeghi M, Batt ME. *Foot type classification: a critical review of current methods*. Gait and Posture. 2002; 15: 282 - 291.