



Hubungan migrasi perlekatan otot pada tulang panjang dengan perubahan panjang tulang dan volume otot pada perlakuan hiperaktivitas selama pertumbuhan

Correlation between the migration of muscle attachment at long bone with the change of long bone and muscle volume after hyperactivity treatment during bone growth

H. Ardiyan Boer

Department of Anatomy, Faculty of Medicine, Trisakti University, Jakarta

KEYWORDS *Migration; muscle attachment; hyperactivity treatment; bone growth*

ABSTRACT *This study was aimed to recognize the correlation between migration of muscle attachment on long bone and the change of bone length and muscle volume in a hyperactivity treatment during bone growth.*

*A number of 150 male rats (*Rattus norvegicus*) were used as experimental animal. Randomly, the experimental animals were divided into three groups (1) the first group consisted of 30 rats, were used to examine the anatomical structure of the rats, and the accuracy of placing metal pins of muscles and of the bone shaft, (2) the control group (60 rats) and (3) the hyperactivity group (60 rats) were given increased muscular activity by physical exercise in every groups. Metal pins were implanted in the middle of the femoral and the tibial bone shaft, and 30 rats (the first group) were directly sacrificed. Every 2 months and 6 months following treatment, the hyperactivity and the control group were sacrificed. Five muscles which were attached on the femur and on the tibia were cut and their volumes, absolute distance and proportional distance of their attachment to the metal pins, and to the length of the bone were measured.*

It was found that in the hyperactivity rats, a change of bone length was detected, whereas none in the control group. The change of the long bone was significantly correlated proportionally with the migration of the attachment of the muscle. In the treated group, muscle volume differed compared to that in the control group. However, the difference of the muscle volume was not correlated with the migration of the muscle attachment during bone growth.

In conclusion, there was a convincing correlation between the migration of the muscle attachment and the change of bone length in hyperactivity group during bones growth.

Berdasarkan prinsip kehidupan biologis terdapat keadaan saling ketergantungan antara bangunan-bangunan tubuh di satu pihak dan fungsi bangunan-bangunan tersebut di pihak lain (Wolff, 1870, *cit.* Weimann & Sicher, 1995). Saling ketergantungan tersebut di atas dapat diwujudkan dan berjalan dalam batas-batas fisiologis tertentu, apabila bangunan-

bangunan berada dalam kedudukan atau posisi jarak perbandingan yang relatif konstan (Grant, *et al.*, 1978). Otot dan tulang dapat memberikan salah satu gambaran bahwa kerjasama antara otot dan tendo di

Correspondence:

Dr. dr. H. Ardiyan Boer, SHhK, Department of Anatomy, Faculty of Medicine, Trisakti University, Jakarta, Jalan Kyai Tapa, Grogol, Jakarta Barat, Telephone 021-5672731, 5655786

satu pihak dan tulang di pihak lain merupakan perwujudan yang sering dijumpai. Kerjasama antara bangunan-bangunan lunak seperti otot dan tendo dengan tulang dapat berjalan dengan baik, bilamana posisi kedua bangunan tersebut di atas mempunyai perbandingan jarak ukuran tertentu satu terhadap yang lainnya (Kanehisa, *et al.*, 2005).

Penelitian ini bermaksud khusus untuk menunjukkan apakah unsur tulang dan otot berperan dalam mengatur posisi bangunan-bangunan lunak terhadap tulang. Haines (1932) mengatakan bahwa dalam perkembangan otot terjadi pergeseran atau perpindahan origo dan insersi otot, yang disebut fenomena perpindahan otot atau migrasi otot, tetapi ia tidak meneliti lebih lanjut mengenai migrasi otot. Pendapat tersebut disokong oleh beberapa penemuan yang dilakukan peneliti-peneliti sesudahnya dan disimpulkan bahwa selama masa pertumbuhan otot dan tulang, terjadi migrasi perlekatan otot sepanjang tulang, dengan kedudukan relatif konstan (Warwick & Wiles, 1934; Videman, 1970 a, b, c; Grant & Hawes, 1977; Grant, 1978). Beberapa aspek pertumbuhan otot dan tulang telah lama dan banyak diteliti orang. Sebaliknya mengenai migrasi perlekatan otot pada tulang panjang dan faktor-faktor yang mengatur proses migrasi tersebut, baru sedikit sekali terungkap dan masih jauh dari cukup.

Problem kaitan unsur-unsur muskuloskeletal, yang terdiri atas unsur tulang, otot, tendo, ligamentum dan periosteum, dengan migrasi perlekatan otot pada tulang selama pertumbuhan, belum banyak diketahui, akan tetapi mengingat luasnya permasalahan yang menyangkut unsur-unsur dalam mempengaruhi migrasi perlekatan otot pada tulang dan mengingat pula penelitian-penelitian yang pernah dilakukan terdahulu dalam bidang tersebut, penelitian ini tidak akan mencakup semua persoalan yang menyangkut unsur-unsur yang diduga mempengaruhi migrasi perlekatan otot. Penelitian ini akan meliputi unsur otot dan tulang saja. Dari kepustakaan yang dapat dikumpulkan, peneliti-

peneliti belum pernah mengaitkan penambahan beban yang menyebabkan perubahan tulang panjang, dengan migrasi perlekatan otot pada tulang panjang selama pertumbuhan dengan perlakuan hiperaktivitas sebagai penambahan aktivitas (Chau, *et al.*, 2004; Klein, *et al.*, 2002; Meadows, 2001). Dalam penelitian ini penulis memakai definisi yaitu migrasi sebagai perpindahan letak perlekatan otot diukur dari bagian sentral diaphysis ke arah ujung tulang Videman (1970 a, b, c). Di sini migrasi perlekatan otot dibedakan menjadi migrasi secara absolut dan secara proporsional. Pada migrasi perlekatan otot secara absolut jarak-jarak perlekatan otot diukur secara absolut, sedangkan pada migrasi secara proporsional jarak-jarak perlekatan otot diukur dengan proporsinya terhadap panjang tulang (Keogh, *et al.*, 2002).

Dari semua pendapat dan definisi di atas dapat diringkaskan beberapa aspek migrasi. Aspek pertama ialah bangunan-bangunan lunak seperti otot, tendo dan ligamentum. Aspek kedua ialah tulang tempat melekatnya otot, tendo dan ligamentum. Aspek ketiga ialah pergeseran tempat perlekatan otot sepanjang tulang. Aspek keempat ialah berlangsungnya proses pertumbuhan otot, tendo, ligamentum dan tulang secara alamiah yaitu proses pertumbuhan dalam batas-batas fisiologis tertentu (Dixon, *et al.*, 1985).

Dengan demikian penelitian ini akan mencoba mengungkapkan atau mengaitkan faktor-faktor non-alamiah, yaitu penambahan beban yang diduga secara langsung dapat mempengaruhi pertumbuhan tulang dan otot, dengan migrasi perlekatan otot pada tulang selama pertumbuhan.

Dari uraian tentang latar belakang permasalahan di atas, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut: problem yang menyangkut permasalahan migrasi perlekatan otot pada umumnya yang belum terjawab secara memuaskan ialah peran unsur tulang dan otot pada migrasi perlekatan otot pada tulang panjang sebelum pertumbuhan tulang (Melean, *et al.*, 2006).

Percobaan hiperaktivitas otot pada hewan percobaan yang sedang tumbuh, secara tidak langsung menghasilkan perubahan-perubahan dalam pola pertumbuhan tulang dan otot.

Dengan percobaan-percobaan penambahan aktivitas otot, yakni dengan percobaan-percobaan latihan fisik berlebihan dapat dilihat apakah migrasi perlekatan otot pada percobaan tersebut berlangsung dalam derajat yang berbeda dengan pada keadaan normal (Ishihara, *et al.*, 1998).

Dengan menghubungkan derajat migrasi perlekatan otot yang terdapat pada perlakuan penambahan aktivitas dengan perubahan keadaan tulang dan otot pada perlakuan tersebut, dapat dilihat ada tidaknya unsur otot yang bekerja terhadap proses migrasi.

BAHAN DAN CARA KERJA

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental murni.

Subjek penelitian

Sebagai hewan percobaan dipakai 150 ekor tikus jantan (*Rattus norvegicus*) dari Strain Lembaga Makanan Rakyat, yang didapat dari Bagian Gizi Departemen Kesehatan Republik Indonesia, berumur 6 minggu dengan berat rata-rata 70 gram. Dipakai tikus jantan untuk menghindari kemungkinan pengaruh siklus estrus pada pertumbuhan tulang dan otot (Ihemelandu, 1981). Diambil tikus berumur 6 minggu karena tikus pada umur tersebut sudah berhenti menetek dari induknya dan kemungkinan mortalitas karena operasi rendah dan secara fungsional otot sudah berfungsi normal (Zuurveld *et al.*, 1985). Perlakuan diberikan selama 6 bulan yakni

sampai tikus berumur 7,5 bulan, karena pada umur lebih kurang 6 bulan cartilago epiphysialis pada femur dan tibia telah menulang.

Bahan dan alat

Nembuthal dan Penthotal digunakan sebagai bahan pembius dalam melakukan operasi pemasangan kawat penunjuk pada kelompok hiperaktivitas.

Alat-alat yang digunakan:

1. Set alat operasi kecil (*minor-surgery*)
2. Gelas ukur merek Duran Scott Mainz dengan ketelitian sampai 0.02 mililiter, untuk mengukur volume otot
3. Kapiler geser Schlieper dengan ketelitian sampai 0,2 milimeter, untuk mengukur panjang tulang dan jarak perlekatan otot
4. Kawat *stainless steel* yang dipasang pada corpus femoris dan corpus tibiae untuk penunjuk jarak
5. Set alat untuk membuat preparat histologis
6. Set alat pemotret untuk membuat gambar mikroskopis

Cara dan pelaksanaan penelitian

Semua hewan percobaan dibiarkan hidup dalam kandang ukuran panjang 90 cm, lebar 60 cm, dan tinggi 30 cm, untuk 10 ekor tikus selama 2 sampai 6 bulan sesudah diperlakukan. Tikus diberi makanan 521 dan ditambah dengan jagung yang sudah ditumbuk agak halus sebanyak 100 gram perhari untuk setiap 10 ekor serta minum *ad libitum*. Pada setiap hewan percobaan yang akan diperlakukan, diberi suntikan Nebuthal dan Penthotal sebanyak 0,2 mililiter per 50 gram berat badan, secara intraperitoneal.

Tabel 1. Gambaran distribusi sampel yang dipakai pada penelitian hubungan migrasi perlekatan otot pada tulang panjang dengan perlakuan hiperaktivitas selama pertumbuhan

Kelompok Lama percobaan	Wo	Kontrol	Hiperaktivitas
	30		
2 bulan		30	30
6 bulan		30	30
Jumlah	30	60	60

Pada pertengahan corpus femoris dan corpus tibiae dibuat lubang dengan bor dan dimasukkan kawat *stainless steel* yang dikaitkan pada femur dan tibia hewan percobaan tersebut sebagai tanda penunjuk. Pemasangan ini dilakukan dengan cara operasi dengan memperhatikan sterilitas. Untuk menentukan letak pertengahan corpus femoris dan corpus tibiae, mula-mula dilakukan perabaan pada bagian ujung proximal dan ujung distal femur dan tibia. Pada femur dicari trochanter major di bagian ujung proximal femur dan condylus lateralis femoris di bagian ujung distal. Pada tibia dicari tepi condylus medialis tibiae di bagian ujung proximal tibia dan malleolus medialis di bagian ujung distal tibia. Dengan mempergunakan kaliper geser diukur jarak antara titik-titik tersebut dan ditentukan pertengahan jarak tersebut pada corpus femoris dan corpus tibiae.

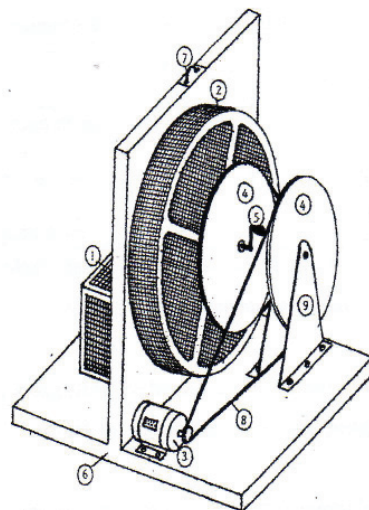
Sesudah kawat penunjuk dipasang, khusus untuk kelompok I hewan percobaan dikorbankan seketika dan kelompok ini berguna selain untuk melihat anatomi tikus secara keseluruhan juga untuk melihat ketepatan pemasangan kawat penunjuk.

Pada kelompok II, sesudah pemasangan kawat penunjuk, hewan percobaan dibiarkan hidup tanpa mendapat perlakuan apa-apa dan kelompok ini dijadikan kelompok kontrol.

Pada kelompok III, setelah dilakukan pemasangan kawat penunjuk, dilaku-

kan percobaan penambahan aktivitas otot secara aktif dengan memakai alat Drum Aktivitas Berputar Vertikal (*Vertical Revolving Activity Drum*) (Shirley, 1928, cit. Farris & Griffith, 1949). Drum ini mempunyai diameter 70 cm, yang dapat diputar melalui sebuah pemegang yang dihubungkan dengan elektromotor dengan kecepatan permenit yang dapat diatur. Dalam percobaan ini, kecepatan dinaikkan secara berangsur-angsur sesuai dengan percobaan Weiss (1978), yakni mulai dengan kecepatan mula-mula 5 meter per menit selama 45 menit sehari selama 4 minggu. Kemudian kecepatan dinaikkan 15 meter per menit selama 45 menit sehari mulai minggu ke-5 sampai minggu ke-12 dan akhirnya kecepatan dibuat 30 meter per menit selama 45 menit sehari mulai minggu ke-13 dan dipertahankan kecepatan ini sampai 6 bulan perlakuan (Gambar 1).

Semua hewan percobaan dibiarkan hidup selama 2 bulan atau 6 bulan, bebas dalam kandang dengan makanan dan minuman *ad libitum*. Pada tiap-tiap kelompok, 30 ekor tikus dikorbankan pada waktu 2 bulan dan 6 bulan sesudah perlakuan, dengan maksud dapat dilihat perkembangan perubahan yang terjadi pada panjang tulang, volume otot dan migrasi perlekatan otot selama pertumbuhan tulang.



Gambar 1 : Bagian drum aktivitas berputar vertikal (*Vertically revolving activity drum*)

1. Sangkar penampung hewan I
2. Sangkar aktivitas hewan
3. Electromotor
4. Roda transmisi
5. Pemegang
6. Statif sangkar dari kayu
7. Pemegang pembuka sangkar I ke sangkar aktivitas
8. Streng
9. Statif roda transmisi

Setelah dikorbankan, pada semua hewan perlakuan, otot-otot yang melekat pada femur, yaitu m.gluteus maximus, m.pectineus, m.adductor brevis, m.adductor magnus, m.gastrocnemius, dan otot-otot yang melekat pada tibia, yaitu m.rectus femoris, m.semimembranosus, m.gracillis, m.semitendinosus, dan m.tibialis anterior disiangi, kemudian diambil dengan dipotong dengan meninggalkan pangkal insersinya sepanjang 0,3 sentimeter dan dimasukkan dalam Bouin Holland untuk selanjutnya diukur volumenya.

Sesudah itu dari semua hewan perlakuan kedua femur dan tibia dipisahkan dari badan hewan, dengan cara pemotongan dan pemisahan articulatio coxae dengan hati-hati. Kemudian dipisahkan femur dan tibia dengan mengadakan pemotongan dan pemisahan pada articulatio genu.

Selanjutnya kedua femur dan tibia, pada tiap kelompok dimasukkan dalam larutan Bouin Holland dalam tempat-tempat yang terpisah. Di sini dipakai larutan Bouin Holland yang sekaligus dipakai untuk fiksasi perlekatan otot. Pada tiap-tiap femur dan tibia dilihat ada tidaknya deformitas, dan apabila ada deformitas dicatat dan dimasukkan dalam kelompok tersendiri dan tidak dimasukkan dalam analisis. Selanjutnya dilakukan pengukuran panjang femur bagian proximal, femur bagian distal, dan tibia bagian proximal serta jarak perlekatan otot-otot terhadap kawat penunjuk yang dipasang pada corpus femoris dan corpus tibiae.

Analisis pengujian kebenaran penelitian

Variabel-variabel yang digunakan untuk pengujian penelitian ini, pada perlakuan 2 bulan dan 6 bulan meliputi:

- Ukuran panjang femur bagian proximal, femur bagian distal, dan tibia bagian proximal
- Besar volume otot
- Jarak absolut perlekatan otot (gambar 5, 7)
- Jarak proporsional perlekatan otot (gambar 6, 8)

Semua variabel-variabel sebagaimana tersebut di atas, dikelompokkan menurut perlakuan yang diberikan pada hewan percobaan, yaitu variabel-variabel pada kelompok kontrol. Selanjutnya ditentukan selisih rerata ukuran-ukuran antara perlakuan 6 bulan dan 2 bulan pada tiap-tiap kelompok tadi.

Variabel-variabel dan selisih rerata ukuran-ukuran variabel antara perlakuan 6 bulan dan 2 bulan dibandingkan antara kelompok hiperaktivitas dan kelompok kontrol. Kesimpulan yang ditarik dari perbandingan-perbandingan di atas diperoleh dengan pengujian secara statistik yaitu analisis variansi.

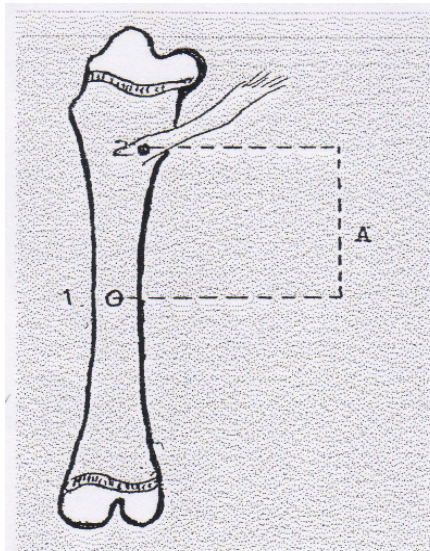
Pembuktian penelitian dilakukan dengan menguji hubungan antara selisih variabel-variabel dan secara statistik, yakni dengan analisis variansi dan uji korelasi Pearson. Di samping menggunakan perhitungan biasa, teknik-teknik pengujian statistik di atas dihitung dengan menggunakan komputer.

Tabel 2. Data selisih rerata panjang tulang antara perlakuan 6 bulan dan 2 bulan, diperinci menurut kelompok perlakuan

Kelompok	Kontrol	Hiperaktivitas
Panjang	X/mm S.B	X/mm S.B
Femur bagian prox.	1,923 \pm 0,435	1,310 \pm 0,557
Femur bagian dist.	3,702 \pm 0,409	3,437 \pm 0,724
Tibia bagian prox.	2,496 \pm 0,393	2,657 \pm 0,325

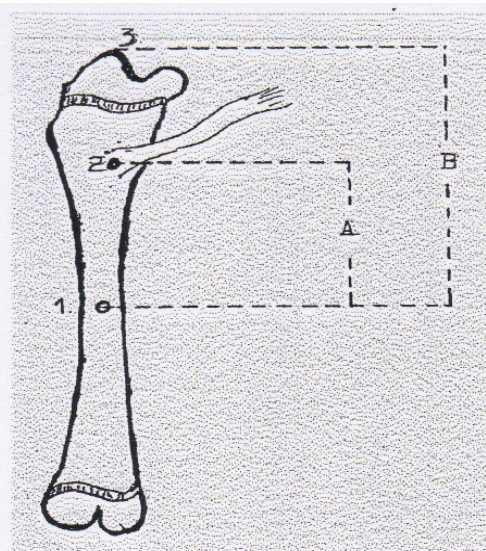
** Perbedaan sangat bermakna (P<0,01)

X = rerata = mean ; S.B. = simpangan baku = standar deviasi.



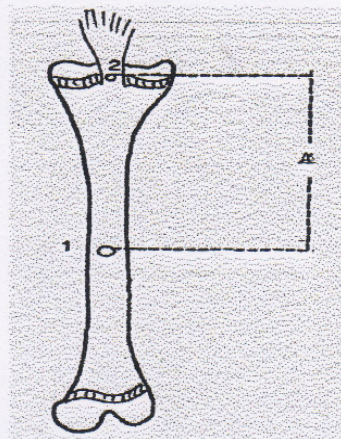
Gambar 5 : Cara pengukuran jarak absolut perlekatan otot pada femur bagian proximal (A).

1. Kawat penunjuk
2. titik pertengahan perlekatan otot



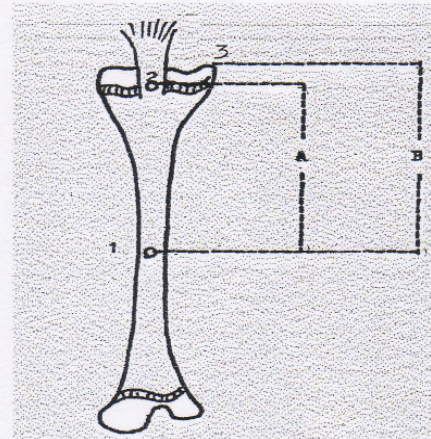
GAMBAR 6 : Cara pengukuran jarak proporsional perlekatan otot pada femur bagian proximal (A/B)

1. Kawat penunjuk
2. titik pertengahan perlekatan otot
3. ujung teratas femur



GAMBAR 7 : Cara pengukuran jarak absolut perlekatan otot pada tibia bagian proximal (A)

1. Kawat penunjuk
2. titik pertengahan perlekatan otot



Gambar 8 : Cara pengukuran jarak proporsional perlekatan otot pada tibia bagian proximal (A/B)

1. Kawat penunjuk
2. titik pertengahan perlekatan otot
3. ujung teratas tibia

HASIL

Tabel 3 memperlihatkan rerata besar selisih rerata jarak absolut (migrasi absolut perlekatan otot) pada kelompok kontrol, kelompok hiperaktivitas antara perlakuan 6 bulan dan 2 bulan. Tabel 4 memperlihatkan hasil uji korelasi antara perubahan panjang tulang dan volume otot dengan migrasi perlekatan otot pada tulang, pada

kelompok kontrol, sedang Tabel 5 memperlihatkan hasil uji korelasi antara perubahan panjang tulang dan volume otot dengan migrasi perlekatan otot pada tulang pada kelompok hiperaktivitas.

Berdasarkan hasil-hasil penelitian didapat bahwa pada hiperaktivitas terdapat perubahan panjang tulang (lihat Tabel 5, misalnya *m.gluteus maximus* pada kelompok kontrol $r = 0,977$, pada kelompok

hiperaktivitas $r = 0,987$) dibanding dengan kelompok kontrol; perubahan panjang tulang tersebut berkorelasi dengan migrasi perlekatan otot secara proporsional.

Pada perlakuan hiperaktivitas terdapat perbedaan selisih volume otot

yang lebih besar dibanding dengan kelompok kontrol (lihat Tabel 4), dan perbedaan selisih volume otot ini tidak berkorelasi dengan migrasi perlekatan otot secara absolut dan proporsional pada tulang selama pertumbuhan.

Tabel 3. Data rerata besar selisih rerata jarak absolut (migrasi absolut perlekatan otot) pada kelompok kontrol, kelompok hiperaktivitas antara perlakuan 6 bulan dan 2 bulan

Kelompok Otot	Kontrol X/mm S.B	Hiperaktivitas X/mm S.B
M. gluteus max	1,435 ± 0,334	0,991 ± 0,399
M. pectineus	1,478 ± 0,360	1,057 ± 0,419
M. add. Brevis	1,371 ± 0,313	0,952 ± 0,391
M. add. Magnus	1,372 ± 0,173	1,288 ± 0,302
M. gastrocnemius	2,581 ± 0,298	2,323 ± 0,502
M. rectus fem.	1,905 ± 0,316	2,088 ± 0,349
M. semimem.	2,112 ± 0,362	2,281 ± 0,320
M. gracilis	1,459 ± 0,294	1,652 ± 0,248
M. semitend.	0,752 ± 0,182	0,844 ± 0,155
M. tibialis ant.	1,758 ± 0,247	1,864 ± 0,239

X = rerata = mean; S.B. = Simpangan Baku = Standar Deviasi

Tabel 4. Hasil uji korelasi antara perubahan panjang tulang dan volume otot dengan migrasi perlekatan otot pada tulang pada kelompok kontrol

Antar variable Otot	R Migr.abs. P Pj.tl	Migr.abs Vol.otot	Migr.prop. Pj.tl	Migr.prop. Vol.otot
Gluteus max.	r0,977** p<0,01	0,236 >0,05	0,021 >0,05	0,258 >0,05
m. pectineus	r,902** p<0,01	0,047 >0,05	-0,143 >0,05	-0,075 >0,05
m. add. brevis	r0,966** p<0,01	0,354 >0,05	-233 >0,05	0,354 >0,05
m. add. magnus	r,896** p<0,01	0,103 >0,05	-0,056 >0,05	0,073 >0,05
m. gastrocnemius	r,918** p<0,01	0,028 >0,05	0,292 >0,05	0,001 >0,05
m. rectus fem.	r0,944** p<0,01	0,387 >0,05	-0,204 >0,05	0,389 >0,05
m. semimemb.	r0,978** p<0,01	0,252 >0,05	0,196 >0,05	0,266 >0,05
m. gracilis	r0,933** p<0,01	0,401 >0,05	0,190 >0,05	0,404 >0,05
m. semitend.	r0,516* p<0,01	0,040 >0,05	0,105 >0,05	0,017 >0,05
m. tibialis ant.	r0,963** p<0,01	-0,099 >0,055	-0,485 >0,05	-0,096 >0,05

** korelasi sangat bermakna (p<0,01)

* korelasi bermakna (p<0,05)

Tabel 5. Hasil uji korelasi antara perubahan panjang tulang dan volume otot dengan migrasi perlekatan otot pada tulang pada kelompok hiperaktivitas

Antar variable Otot	Migr.abs. Pj.tl	Migr.abs Vol.otot	Migr.prop. Pj.tl	Migr.prop. Vol.otot
m. gluteus max.	r 0,987 p>0,01	0,064 >0,05	0,135 >0,05	0,032 >0,05
m. pectineus	r 0,927** p<0,01	-0,125 >0,05	-0,093 >0,05	-0,248 >0,05
m. add. brevis	r 0,987** p<0,01	-0,088 >0,05	-0,038 >0,05	0,104 >0,05
m. add. magnus	r 0,951** p<0,01	0,379 >0,05	-0,06 >0,05	0,399 >0,05
m. gastrocn	r 0,992** p<0,01	0,092 >0,05	-0,01 >0,05	0,099 >0,05
m. rectus fem.	r 0,867** p<0,01	0,159 >0,05	0,068 >0,05	0,13 >0,05
m. semimemb.	r 0,897** p<0,01	-0,196 >0,05	-0,097 >0,05	0,238 >0,05
m. gracilis	r 0,949** p<0,01	-0,03 >0,05	0,382 >0,05	-0,01 >0,05
m. semitend.	r 0,790** p>0,01	0,117 >0,05	-0,056 >0,05	0,104 >0,05
m. tibialis ant.	r 0,956** p<0,01	-0,254 >0,05	-0,086 >0,05	-0,225 >0,05

**Korelasi sangat bermakna (p<0,01)

PEMBAHASAN

Penambahan aktivitas otot dengan perlakuan hiperaktivitas pada percobaan dalam penelitian ini menunjukkan penambahan aktivitas yang menyebabkan otot-otot hipertrofi dibanding dengan pada kelompok kontrol. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Weiss (1978), Shirley (1928), *cit.* Farris & Griffith (1949), Gunn (1978), Saville & Whyte (1969), Reitsma (1970) yang mengatakan bahwa penambahan aktivitas otot menyebabkan volume otot bertambah dan otot menjadi hipertrofi, yang disebut hipertrofi volumetrik.

Penambahan aktivitas otot menurut Steinberg & Trueta (1981), dapat menyebabkan tulang tikus menjadi lebih panjang dibanding dengan kelompok kontrol. Mengenai penambahan besar volume otot tidak dijelaskan dengan tegas hanya dikatakan bahwa berat badan hewan percobaan lebih berat dibanding dengan pada kelompok kontrol. Pendapat lain

mengatakan bahwa sebagai akibat penambahan aktivitas otot, panjang tulang tidak mengalami perubahan, hanya substantia compacta dan trabeculae tulang menjadi lebih tebal (Weinmann & Sicher, 1955; Heitinger, 1961; *cit.* Dill *et al.*, 1964).

Perlakuan hiperaktivitas pada tikus yang sedang tumbuh pada penelitian ini, menyebabkan femur dan tibia tikus terdapat perbedaan panjang tulang dibanding dengan kelompok kontrol. Semua penambahan aktivitas otot ini terutama bertujuan untuk melihat perubahan penambahan atau pengurangan besar volume otot dalam kaitannya dengan derajat migrasi perlekatan otot pada tulang selama pertumbuhan. Sebagaimana telah dikemukakan pada rangkuman hasil penelitian tentang perubahan volume otot pada kelompok hiperaktivitas terdapat perbedaan besar volume otot, yakni kelompok hiperaktivitas lebih besar secara bermakna dibanding dengan kelompok kontrol.

Hasil rangkuman bahwa pada kelompok hiperaktivitas tidak ada korelasi antara perubahan besar volume otot dengan migrasi perlekatan otot secara absolut dan secara proporsional pada tulang selama pertumbuhan.

Pada perlakuan hiperaktivitas pada umumnya otot bertambah kerjanya. Dengan penambahan aktivitas dengan memakai Drum Aktivitas Berputar Vertikal (*Vertically Revolving Activity Drum*) dan dengan kecepatan berangsur-angsur ditingkatkan, gerakan-gerakan terutama retrofleksi dan antefleksi tungkai bawah bertambah. Retrofleksi pelvis, retrofleksi femur, dan fleksi tibia secara keseluruhan dilakukan oleh m.gluteus maximus, m.pectineus, m.adductor brevis, m.adductor magnus, m.semimembranosus, m.gracilis, dan m.semitendinosus. Antefleksi pelvis dan femur dan ekstensi tibia dilakukan oleh m.rectus femoris. Sesudah dilakukan uji korelasi, didapat kesimpulan bahwa perubahan besar volume otot tidak berkorelasi dengan migrasi perlekatan otot pada kelompok hiperaktivitas. Seperti pernyataan penulis pada perlakuan hiperaktivitas, seandainya setiap penambahan aktivitas otot, yang menyebabkan hipertrofi dan volume otot bertambah, mempengaruhi migrasi perlekatan otot pada tulang selama pertumbuhan, maka akan didapatkan posisi perlekatan otot yang tidak proporsional.

Mengenai pengaruh perlakuan hiperaktivitas terhadap perubahan panjang tulang dalam penelitian ini didapat hasil bahwa selisih rerata panjang tulang antara perlakuan 6 bulan dan 2 bulan lebih kecil secara bermakna pada femur bagian proximal dan femur bagian distal, dan lebih besar pada tibia bagian proximal dan bermakna dibanding dengan kelompok kontrol. Dalam hal ini beban berat badan selama perlakuan hiperaktivitas yang diterima femur bagian proximal dan femur bagian distal kemungkinan berbeda di luar batas-batas toleransi kemampuan tulang, sehingga pertumbuhan tulang kurang. Sebaliknya pada tibia bagian proximal beban berat badan yang diterima ke-

ungkinan berada dalam batas-batas toleransi kemampuan tulang, sehingga pertumbuhan tulang lebih banyak dibanding dengan pada kelompok kontrol. Dari uji korelasi antara perubahan panjang tulang dengan migrasi perlekatan otot secara absolut pada kelompok hiperaktivitas, didapat korelasi secara bermakna. Antara perubahan panjang tulang dengan migrasi perlekatan otot secara proporsional tidak terdapat korelasi.

Pada perlakuan hiperaktivitas tidak terdapat korelasi antara migrasi perlekatan secara absolut maupun proporsional dengan perubahan volume otot. Penulis berpendapat bahwa walaupun pada kedua perlakuan otot-otot mengalami hipertrofi dan gaya yang dihasilkan otot bertambah, tendo perlekatan otot pada tulang sebagai penyalur gaya yang datang dari otot ke tulang tidak mengalami perubahan penambahan serabut tendo yang berarti. Dengan demikian penambahan serabut tendo pada mekanisme kejadian migrasi, yaitu yang masuk ke dalam tulang, dan yang bertambah di ujung yang lain tidak banyak meningkat, sehingga migrasi tidak banyak berbeda.

Pada hiperaktivitas didapatkan bahwa migrasi perlekatan otot secara absolut berkorelasi dengan perubahan panjang tulang, tetapi tidak demikian dengan migrasi secara proporsional. Hal ini dapat diterangkan, karena otot-otot mempertahankan kedudukannya relatifnya terhadap tulang demi untuk efektivitas dan keserasian gerakan.

Jadi otot-otot bermigrasi lebih jauh pada pertambahan panjang tulang untuk menduduki tempat-tempat dalam proporsi yang relatif konstan terhadap tulang.

Dari uraian dalam pendahuluan dan pembahasan di atas dapat dirangkum pokok-pokok landasan teoritis sebagai berikut:

1. Untuk keserasian dan efektivitas gerakan, perlekatan otot, tendo, dan ligamentum menempati tempat yang relatif konstan terhadap tulang.
2. Dalam menuju ke posisi akhir, perlekatan otot, tendo, dan ligamentum

selama pertumbuhan panjang tulang bermigrasi dengan pola tertentu ke arah ujung tulang (Grant & Hawes, 1977; Grant, 1978).

3. Perlakuan hiperaktivitas menyebabkan otot-otot hiperplasi atau hipertrofi sehingga volume otot bertambah (Sola *et al.*, 1973; Reitsma, 1970; Perry, 1984) dan panjang tulang berubah (Steinberg & Trueta, 1981).
4. Proses migrasi terjadi dengan penambahan jaringan tendo di bagian arah ujung tulang, diikuti pada saat yang sama dengan masuknya jaringan tendo di bagian arah lain ke dalam tulang dan menjadi tulang (Videman, 1970 a, b, c).
5. Penambahan aktivitas otot pada waktu perkembangan, akan memacu pertumbuhan tendo, sehingga penambahan jaringan tendo di bagian arah ujung tulang meningkat dan diikuti meningkatnya masuknya tendo bagian arah yang lain ke dalam tulang, yang berarti pergeseran perlekatan otot lebih cepat.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Pada penambahan aktivitas dengan perlakuan hiperaktivitas ada korelasi antara migrasi perlekatan otot pada tulang dengan perubahan panjang tulang, dan tidak ada korelasi dengan perubahan volume otot selama pertumbuhan panjang tulang.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa derajat migrasi perlekatan otot pada tulang berkorelasi dengan penambahan aktivitas otot, yang berdasar pada unsur tulang.

Saran

Dengan telah diketahui hubungan antara beberapa unsur tulang dengan migrasi perlekatan otot pada tulang selama pertumbuhan, dapat diajukan saran-saran sebagai berikut:

Agar diadakan penelitian lebih lanjut tentang unsur-unsur musculoskeletal yang lain yakni periosteum dan susunan

perlekatan tendo pada tulang, yang mungkin ada hubungannya dengan migrasi perlekatan otot pada tulang selama pertumbuhan.

Agar diadakan penelitian lebih lanjut tentang migrasi perlekatan otot pada tulang panjang selama pertumbuhan pada species lainnya untuk mengetahui pengaruh faktor genetik.

KEPUSTAKAAN

- Boer A 1980 a. Pertumbuhan Femur dan Tibia Mencit akibat Perlakuan Bipedal. Pertemuan Nasional Anatomi V Semarang.
- Boer A 1980 b. Pertumbuhan dan Perkembangan Beberapa Otot Tungkai Belakang Mencit akibat Perlakuan Bipedal. Pertemuan Nasional Anatomi V Semarang.
- Chau R *et al.* 2004. A Little Exercise Goes A long Way. *Child Health Alert*. Vol: 22, p: 2-3. National Library of Medicine's Midline.
- Cheema TA *et al.* 2006. Measurement of Rotation of the First Metacarpal during Opposition using Computed Tomograph. *Journal of Hand Surgery*. Vol: 31, Iss: 1, p: 76-9.
- Cooper RR and Misol S 1970. Tendon and Ligament Insertion. A Light and Electron Microscopic Study. *J. Bone Joint Surgery* 52A (1) : 1-20.
- Dill DB *et al.* 1964. *Handbook of Physiology, Adaptation to the Environment*. Section 4, pp.75. American Physiological Society, Washington, D.C.
- Dixon AD and Sarnat BG 1985. *Normal and Abnormal Bone Growth: Basic and Clinical Research*. Alan R Liss, New York.
- Duvall EN 1959. *Kinesiology. The Anatomy of Motion*, 1sted. Japan Publication Trading Co.LTD. Tokyo.
- Farris EJ and Griffith JQ 1949. *The Rat in the Laboratory Investigation*, 2nded. Hafner Publishing Co. New York.
- Gunn HM 1978. Total Fibre Numbers in Cross Section of the Semitendinosus in Athletic. *J. Anat.* 128 (4) : 821-828.
- Grant PG 1978. The Effect of Position on the Migration of Muscle. *J. Anat.* 127 (1) : 157-162.
- Grant PG and Hawes MR 1977. Experimental Modification of muscle migration in the Rabbit. *J. Anat.* 123 (2) : 361-367.
- Grant PG, Buschang PH and Drolet DW 1978. Positional Relationship of Structure Attached to Long Bone during Growth. *Acta Anat.* 102 : 378-384.
- Grant PG *et al.* 1981. The Effect of Changes in Muscle Function and Bone Growth on Muscle Migration. *Am. J. Phys. Anthropol.* 54 : 547-553.
- Grant PG *et al.* 1980. Invariance of the Relative Positions of Structure Attached to Long Bones during Growth : Cross-sectional and Longitudinal Studies. *Acta. Anat.* 107: 26-34.
- Haines RW 1932. The Laws of Muscle and Tendon Growth. *J. Anat.* 66 : 578-588.

- Ihemelandu EC 1981. Comparison of effect of Estrogen on Muscle Development of Male and Female Mice. *Acta. Anat.* 110 (4) : 311-17.
- Ishihara, Akihiko *et al.* 1998. Hypertrophy of Rat Plantaris Muscle Fiber after Voluntary Running with Increasing Loads; *Journal of Applied Physiology* 84: 2183-2189.
- Kanehisa H *et al.* Profiles of Muscularity in Junior Olympic Weight. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 2005 Mar. Vol : 43 Iss : 1 P : 77-83.
- Keogh C *et al.* Musculoskeletal Case 23, Tripod Fracture *Canadian Journal of Surgery* 2002 Aug. Vol: 45 Iss : 4 P : 279, 309-10.
- Klein CS, Allman BL, Marsh GD Rice CL 2002. Muscle Size, Strength and Bone Geometry in the Upper Limbs of Young and Old Men. *Journal of Gerontology, series B. Psychological Sciences and Social Sciences Jul.* Vol : 57 P.M. 455-9.
- Kordella T 2005. Research Profile. Weak Bones and Type 1. What's the connection? *Diabetes forecast* Nov. Vol : 58 Iss : 11 P : 85-7.
- Meadows M 2001. Growing Bones, Bone Expansion Treats Facial Deformities, *FDA Consumer Jul.* Aug. Vol : 35 Iss : 1 P : 17-8.
- Melean J *et al* 2006. Pourgiezis N An Anatomy Study of the Triquetrum-Hamate Joint, *Journal of Hand Surgery.* Apr. Vol : 31 Iss : 4 P : 601-7.
- Nagao S *et al* 2005. Three Dimensional Description of Ligamentous Attachments around the Lunate, *Journal of Hand Surgery.* Jul Vol: 30 Iss: 4 P: 685-92.
- Perry SV 1984. Exercise, A stimulus for Metabolism and a Challenge to Nutrition : The Biochemistry and Physiology of the Muscle Cell. *Proceedings of the 1st. Scientific Meeting of the Nutrition Society,* 11 - 12 September.
- Reitsma W 1970. Some Structural Changes in Sceletal Muscles of the Rat after Intensive Training. *Acta Morph. Nearl. Scand.,* 7 : 229-245.
- Saville PD and Whyte MP 1969. Muscle and Bone Hypertrofi. *Clin. Prthop. Rel. Res.* 65 : 81-88.
- Sharma KM *et al* 2006. Radiographic Parameters of Increased Carpal Tunnel Pressure with Progressive Wrist Distractive Cadaveric Study *Journal of Hand Surgery.* Jan. Vol: 31 Iss: 1 P: 22-7.
- Simon MR 1978. The effect of Dynamic Loading on the Growth of Epiphyseal Cartilage in the Rat. *Acta. Anat.,* 102 : 176-183.
- Steinberg ME and Trueta J 1981. Effect of Activity on Bone Growth and Development in the Rat. *Clinic. Orthop. and Rel. Research,* 156 : 52-60.
- Sola O M, Christensen DL and Martin AW 1973. Hypertrophy and Hyperplasi of Adult Chicken AnteriorLatissimus Dorsi Muscle following Strength with and without Denervation. *Exp. Neural.* 41 : 76 - 100.
- Videman T 1970a. An Experimental Study of the Effects of Growth on the Relationship of Tendons and Ligaments to Bone at the Site of Diaphyseal Insertion. Part I : Experiments with 35 S-sulphate and Oxytetracycline. *Ann. Chir. Gyn. Fenn.* 59:1-21.
- Weinnman JP and Sicher H 1955. *Bone and Bones Fundamental of Bone Biology.* 2nd ed. Mosby Co., St. Louis.
- Zumveld JEM *et al.* 1955. Post Natal Growth and Differentiation in Three Kind Limb Muscles of the Rat *Cell Tiss Res.* 241 : 183-192.