

THERMOGAVIMETRIC-DIFFERENTIAL ANALYSIS PADA MINERAL TULANG MANUSIA

S.U. Dewi^{1*}, K. Dahlan¹, Y.W. Sari¹, D.S. Soejoko²

¹Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Pertanian Bogor

²Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Indonesia

*setiautamidewi@yahoo.com

ABSTRACT

Reconstruction using synthetic biomaterials is an effort to restore lost body functions. Biomaterials are used should be in accordance with the character of the natural bone. The difference in the character of the bone is affected by gender, age and type of bone. Age children through adolescence are a period of bone growth. In general, the peak bones growth at the age of 30-35 years. In this research, the thermal analysis of natural bone was done mineral thermogavimetric-differential analysis with temperatures 28-1000°C. Bone mineral obtained by using the process deproteination hydrazinium hydroxide. Type of bone used is ribs, thigh, tibia and head. Increased bone mineral into the teenage years and then dropped to the elderly. Higher bone mineral dense mesh of the bone. Bone mineral male more than female bones. From the thermal analysis samples undergo crystallization when heated. The more bone mass decomposition elderly will be higher when crystallization. Decomposition is due to the elimination of H₂O and CO₃ elimination temperature. CO₃²⁻, so that it can be seen by the number of bone carbonates containing about 2%.

Keyword: bone mineral, thermogavimetric-differential analysis, deproteination, decomposition, crystallization

ABSTRAK

Rekonstruksi menggunakan biomaterial sintetik merupakan salah satu upaya mengembalikan fungsi tubuh yang hilang. Biomaterial yang digunakan harus sesuai dengan karakter tulang alami. Perbedaan karakter tulang dipengaruhi oleh jenis kelamin, usia dan jenis tulang. Usia anak sampai remaja merupakan masa pertumbuhan tulang. Secara umum puncak pertumbuhan tulang yaitu pada usia 30-35 tahun. Pada penelitian ini dilakukan analisis termal pada mineral tulang alami dengan thermogavimetric-differential analysis dengan suhu 28-1000°C. Mineral tulang diperoleh dengan proses deproteinasi dengan menggunakan hidrazinium hydroxide. Jenis tulang yang digunakan yaitu iga, paha, tibia dan kepala. Mineral tulang meningkat sampai usia remaja kemudian menurun sampai lansia. Mineral tulang padat lebih tinggi dari tulang jala. Mineral tulang laki-laki lebih banyak dibandingkan tulang perempuan. Dari analisis termal Sampel mengalami pengkristalan saat dipanaskan. Semakin lanjut usia dekomposisi massa tulang akan semakin tinggi saat kristalisasi. Dekomposisi disebabkan

adanya eliminasi H_2O dan pada suhu eliminasi CO_3 , CO_3^{2-} , sehingga dapat diketahui tulang mengandung karbonat dengan jumlah sekitar 2%.

Kata kunci: mineral tulang, thermogravimetric-differential analysis, deproteinasi, dekomposisi, kristalisasi

PENDAHULUAN

Perkembangan tren riset material sangat pesat seiring dengan budaya kerjasama interdisiplin. Riset material yang banyak berkembang saat ini ditujukan untuk kepentingan biomedis. Hal ini dipicu oleh tingginya permintaan material biomedis untuk pengobatan/memperbaiki kualitas hidup manusia. Material biomedis meliputi dua aspek kegunaan diantaranya, untuk jaringan lunak (soft tissue) contohnya, katup jantung, pembuluh darah, contact lens dll dan jaringan keras (hard tissue) contohnya, tulang dan gigi. Salah satu permasalahan yang sangat kritis dan tinggi permintaannya adalah material untuk tulang.

Tingginya permintaan material tulang dilatarbelakangi dengan terus meningkatnya kasus penyakit tulang (fraktur, osteoporosis, dll). Jumlah penderita patah tulang akibat osteoporosis sangat banyak yakni 1,3 juta pada tahun 1990. Bahkan diperkirakan mencapai 4,5 juta pada tahun 2050. US Department of Health and Human Services pada tahun 2004 melaporkan bahwa hingga tahun 2020 bila tidak ada penanganan serius diperkirakan setengah dari jumlah penduduk AS akan terkena osteoporosis. Di Indonesia, hasil analisa Depkes di 14 propinsi sebagaimana dimuat oleh IDI Online melaporkan bahwa penderita osteoporosis telah mencapai sekitar 19,7 persen dari jumlah lansia yang ada (www.predict.its.ac.id).

Biomaterial yang baik untuk implantasi tulang harus bersifat bioaktif, sesuai dengan fisiologis¹. Dalam pengembangannya perlu diketahui karakter tulang alami agar biomaterial yang dibuat sesuai dengan tulang alami.

Tulang merupakan jaringan kuat pembentuk kerangka tubuh manusia, penunjang berat badan, pelindung organ-organ vital, serta pelekot otot-otot yang menyebabkan pergerakan dalam tubuh^{2,3}. Tubuh manusia memiliki 206 tulang pembentuk rangka tubuh. Tulang sebagai pembentuk kerangka manusia memiliki empat fungsi utama yaitu fungsi mekanik, protektif, metabolik dan hemopoetik⁴.

Tulang terdiri dari senyawa organik, anorganik, dan air. Senyawa anorganik tulang mengandung senyawa kalsium fosfat. Kalsium fosfat terdiri dari dua fase, yaitu amorf dan kristal. Senyawa amorf dan kristal pada kalsium fosfat memiliki kombinasi senyawa yang berbeda. Perbedaan karakter tulang dipengaruhi oleh jenis kelamin, usia dan jenis tulang. Usia anak sampai remaja merupakan masa pertumbuhan tulang. Secara umum puncak pertumbuhan tulang yaitu pada usia 30-35 tahun. Setelah usia ini, tulang tidak mengalami pertumbuhan⁵.

Tubuh akan memberikan respon yang berbeda tergantung biomaterial yang diimplankan. Upaya pemulihan kerusakan tersebut harus menggunakan biomaterial yang tepat. Informasi yang lengkap mengenai karakter tulang manusia harus diketahui terlebih dahulu sebelum membuat biomaterial substitusi tulang. Pada penelitian ini telah dilakukan analisis tulang manusia berbagai usia terhadap pengaruh termal.

EKSPERIMENTAL

Sampel yang digunakan yaitu tulang manusia dengan golongan usia anak-anak, remaja, dewasa, dan lansia (Tabel 1). Proses perlakuan sampel meliputi proses deproteinasi, pencucian dan pengeringan sampel. Deproteinasi adalah proses penghilangan protein (bahan organik) tulang.

Deproteinasi dilakukan dengan merendam sampel dalam *hydrazinium hydroxide* 10 ml. Perendaman dilakukan pada suhu ruang selama 1 jam. Setelah 1 jam *hydrazinium hydroxide* diganti dan sampel direndam kembali pada suhu ruang selama 2 jam. Perendaman selanjutnya yaitu pada suhu 60°C selama 1 jam. *Hydrazinium hydroxide* diganti lagi dan sampel direndam kembali pada suhu 60°C selama 24 jam. Setelah perendaman 24 jam *hydrazinium hydroxide* dibuang. Sampel dicuci secara serial triplo dengan menggunakan etanol 50%, 75%, 85%, dan 100% selanjutnya dicuci secara diplo dengan aquades. Sampel yang sudah bersih dikeringkan dengan pemanasan 110°C selama 12 jam lalu disimpan dalam desikator dan siap dikarakterisasi *Thermogavimetric-Differential Analysis TG-DTA* dengan suhu 28-1000°C.

Tabel 1 Kelompok sampel tulang

Gol. Usia/ jenis kelamin	Usia	Jenis tulang
Anak-anak/L	1 hari	Paha
Remaja/L	16 tahun	Iga
Dewasa/L	30 tahun	Iga
	31 tahun	Iga
	31 tahun	Kepala
	36 tahun	Tibia
Dewasa/P	21 tahun	Iga
Lansia/L	60 tahun	Iga
	65 tahun	Iga
Lansia/P	75 tahun	Iga

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mineral tulang manusia diperoleh dengan mengeliminasi kandungan organik. Deproteinasi dapat dilakukan dengan larutan *natrium hydroxide*, *hipoclorite* dan *hydrazinium hydroxide*. Larutan yang digunakan deproteinasi yaitu *hydrazinium hydroxide*. Penggunaan *hydrazinium hydroxide* dalam mengeliminasi kandungan organik tulang tidak mempengaruhi pada sifat kimia dan kristalinitas tulang¹¹⁶. Sampel yang digunakan yaitu sampel tulang dari berbagai golongan usia dan jenis tulang. Golongan usia yang digunakan yaitu anak-anak, remaja, dewasa dan lansia. Jenis tulang yang digunakan yaitu iga, paha, kepala, dan tibia. Mineral tulang manusia yang diperoleh dalam penelitian ini rata-rata adalah 46,89%. Jumlah mineral tulang dipengaruhi oleh jenis tulang dan usia. Mineral setiap sampel yang digunakan yaitu ditunjukkan pada Tabel 2.

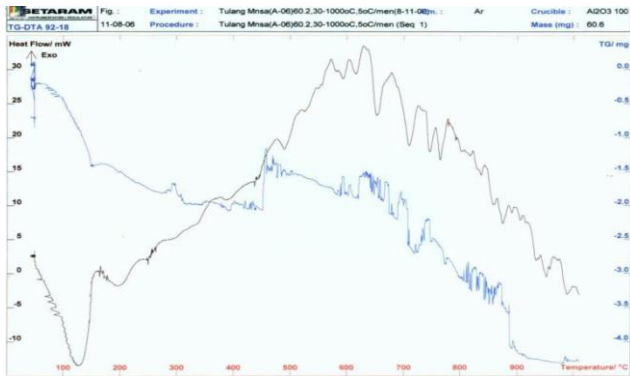
Tabel 2 Presentase kandungan mineral tulang Manusia

Gol. Usia/ jenis kelamin	Usia	Jenis tulang	% (b/b)
Anak-anak/L	1 hari	paha	42,33
Remaja/L	16 tahun	iga	50,65
Dewasa/L	30 tahun	iga	32,99
	31 tahun	iga	48,12
	31 tahun	kepala	65,05
	36 tahun	tibia	56,27
Dewasa/P	21 tahun	iga	43,03
Lansia/L	60 tahun	iga	34,24
	65 tahun	iga	25,47
Lansia/P	75 tahun	iga	23,85

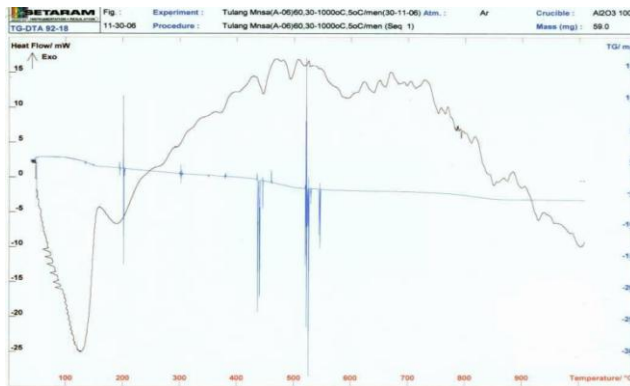
Tulang iga merupakan tulang pipih yang terbentuk dari dua lapisan tulang padat yang diantara keduanya terdapat tulang jala³. Tulang kepala merupakan tulang pipih yang semuanya merupakan tulang padat. Tulang tibia dan tulang paha merupakan tulang panjang, berbentuk padat pada bagian *diaphyses* dan tulang jala pada bagian luar *epipyses*. Tulang padat memiliki susunan lamela yang konsentrik sedangkan tulang jala susunan lamelanya tidak konsentrik⁵. Lamela terdiri dari lakuna yang berisi osteosid. Osteosid disebut juga tulang muda dan memiliki sedikit mineral. Dengan demikian tulang padat akan memiliki mineral yang lebih besar dibandingkan tulang jala. Tulang paha, tibia dan kepala memiliki mineral yang lebih tinggi dibandingkan tulang iga. Kandungan mineral tulang akan meningkat dengan peningkatannya usia sampai masa puncak pertumbuhan, kemudian akan terjadi pengurangan kembali sampai lanjut usia.

Pengaruh termal yang diberikan pada sampel yaitu dari suhu ruang sampai 1000°C dengan kenaikan 5°C/menit. Terjadi proses perubahan termokimia dan pengurangan massa sampel pada rentang suhu tersebut.

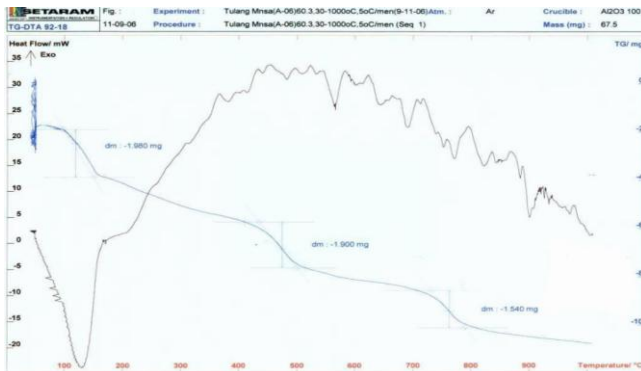
Perubahan fasa yang terjadi yaitu dari *Amorphous Calcium Phosphate* (ACP) menuju fasa kristal. Hasil TG-DTA dideskripsikan dengan termogram. Termogram untuk setiap sampel terdapat pada Gambar 1- Gambar 10.



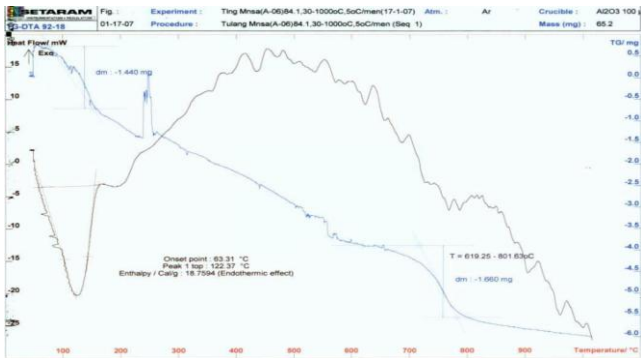
Gambar 1 Pola TG-DTA sampel tulang paha anak-anak (laki-laki, 1 hari).



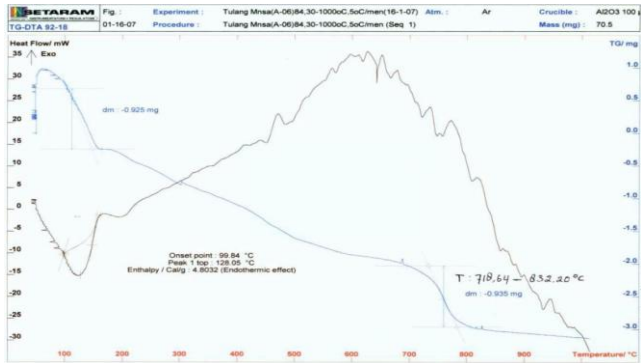
Gambar 2 Pola TG-DTA sampel tulang iga remaja (laki-laki, 16 tahun).



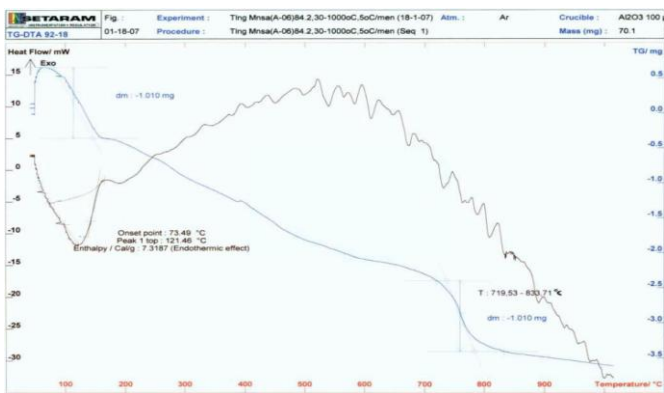
Gambar 3 Pola TG-DTA sampel tulang iga dewasa (laki-laki, 30 tahun).



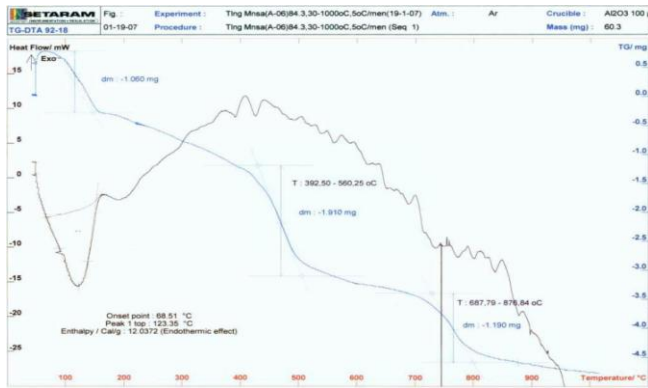
Gambar 4 Pola TG-DTA Sampel tulang iga dewasa (laki-laki, 31 tahun).



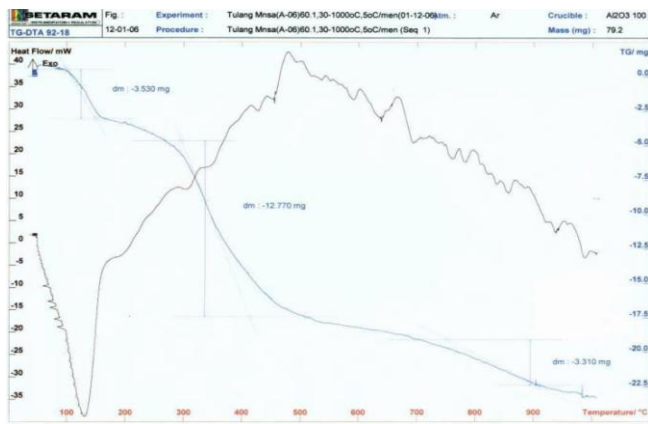
Gambar 5 Pola TG-DTA sampel tulang kepala dewasa (laki-laki, 31 tahun)



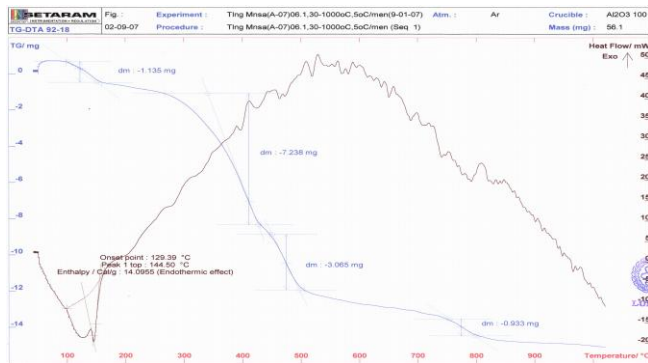
Gambar 6 Pola TG-DTA Sampel tulang tibia dewasa (laki-laki, 36 tahun).



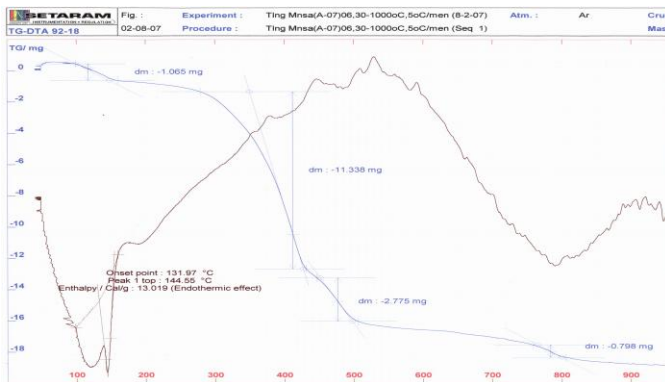
Gambar 7 Pola TG-DTA sampel tulang iga dewasa (perempuan, 21 tahun).



Gambar 8 Pola TG-DTA sampel tulang iga lansia (laki-laki, 60 tahun).



Gambar 9 Pola TG-DTASampel tulang iga lansia (laki-laki, 65 tahun).



Gambar 10 Pola TG-DTA sampel tulang iga lansia (perempuan, 75 tahun).

Semua sampel mengalami proses pengkristalan setelah eliminasi H₂O. Proses pengkristalan ini ditunjukkan reaksi eksotermik ditunjukkan oleh peak ke atas. Suhu eliminasi H₂O untuk sampel berkisar antara suhu 60°C sampai 165°C dengan massa yang hilang rata-rata 2,26% (b/b). Reaksi yang terjadi pada pembebasan air itu reaksi endotermik. Besarnya entalpi pada reaksi endotermik yaitu sebanding dengan massa air yang hilang. Semakin besar massa air yang hilang berarti semakin besar energi yang diserap. Terdapat peak endotermik yang kecil disertai dengan dekomposisi massa sampel pada Suhu antara 687,79°C-907,70°C. Hal ini disebabkan pada suhu tersebut terjadi pembebasan karbonat atau eliminasi CO₃²⁻ menjadi gas karbon dioksida (CO₂). Massa yang hilang saat eliminasi CO₃²⁻ yaitu rata-rata 2,11% (b/b). Massa yang hilang pada eliminasi CO₃²⁻ pada tulang iga lebih besar dibandingkan dengan pengurangan massa pada tulang tibia dan kepala. Setelah eliminasi H₂O sampel mengalami proses eksotermik secara terus menerus, ini menunjukkan bahwa komponen mineral tulang manusia yang diperoleh berfase amorf. Pemanasan menyebabkan adanya proses pengkristalan. Semakin tua proses pengkristalan menyebabkan adanya dekomposisi massa yang semakin banyak. Sedangkan berdasarkan jenis kelamin pada mineral tulang perempuan mengalami dekomposisi yang lebih besar daripada laki-laki. Dekomposisi tersebut terjadi pada suhu 279,67°C-560,25°C. Tulang iga laki-laki usia 30 tahun tidak mengalami perubahan massa pada suhu tersebut. Begitu pula pada tulang kepala dan tulang tibia. Dekomposisi yang semakin tinggi menunjukkan bahwa ikatan kalsium fosfat mudah diputus oleh adanya pemanasan.

SIMPULAN

Karakter mineral tulang tergantung pada jenis tulang, usia dan jenis kelamin. Tulang padat akan memiliki kandungan mineral yang lebih besar dibandingkan tulang jala. Jumlah mineral tulang perempuan lebih rendah dari pada laki-laki. Mineral tulang dipengaruhi juga oleh asupan kalsium, genetik dan pola hidup. Dalam tubuh disebut apatit biologi. Komponen utama apatit yaitu Ca dan P. Unsur lain yang hadir yaitu Mg, Na, K dan unsur lain. Ion-ion dari unsur-unsur tersebut merupakan ion-ion pembentuk impuritas pada senyawa kalsium fosfat. Impuritas dapat pula terjadi dengan adanya substitusi dari CO_3^{2-} . Ca/P yang tinggi menunjukkan substitusi CO_3^{2-} yang banyak. Fakta ini ditunjang oleh hasil TG-DTA yang menunjukkan bahwa yang nilai Ca/P tinggi terjadi eliminasi CO_3^{2-} pada suhu antara 700°C - 800°C semakin tinggi. Nilai kekerasan tulang padat lebih tinggi dari tulang jala. Jenis kelamin juga mempengaruhi yaitu perempuan nilai kekerasannya lebih kecil dari laki-laki. Pengaruh usia pada kekerasan tulang yaitu semakin tua akan semakin rapuh. Variasi nilai kekerasan menunjukkan sampel bukan merupakan kristal tunggal. Sampel yang didapatkan dari komponen mineral tulang yaitu sampel amorf. Semakin tua akan semakin banyak dekomposisi tulang untuk mencapai fase stabil.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bhat SV. *Biomaterials*. Pangbourne England: Alpha Science International Ltd. 2002.
2. Truumees MDE, Harry N, Herkowitz MD. Alternatives to Autologous Bone Harvest in Spine Surgery. *The University of Pennsylvania Orthopaedic Journal*: 1999.
3. Spence, Alexander P, Mason, Elliot B. *Human Anatomy and Physiology Third Edition*. California: The Benjamin / Cummings Publishing Company, Inc. 1987.
4. Kalfas IH, MD, F.A.C.S.. *Principles of Bone Healing*. Departement of Neurosurgery, Section of Spinal Surgery, Cleveland Clinic Foundation: Cleveland- Ohio. 2001
5. Elliott JC. The Problem of The Composition and Structure of The Mineral Component of The Hard Tissues. *Clin Orthop Rel Res* 1973: 93
6. Bigi A, Foresti E, Gregorini R, Ripamonti A , Roveri N, Shah JS. The Role of Magnesium on the Structure of Biological Apatites, *Calc. Tiss. Int*. 1991.