

UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES
SILMARA PATRÍCIA CORREIA DA SILVA MACRI

**AVALIAÇÃO DA CONSOLIDAÇÃO ÓSSEA EM INDIVÍDUOS
COM FIXAÇÃO EXTERNA CIRCULAR EM MEMBRO
INFERIOR APÓS REABILITAÇÃO FÍSICA**

Mogi das Cruzes, SP

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES
SILMARA PATRÍCIA CORREIA DA SILVA MACRI

**AVALIAÇÃO DA CONSOLIDAÇÃO ÓSSEA EM INDIVÍDUOS
COM FIXAÇÃO EXTERNA CIRCULAR EM MEMBRO
INFERIOR APÓS REABILITAÇÃO FÍSICA**

Dissertação apresentada à Comissão de Pós-Graduação da Universidade de Mogi da Cruzes como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Orientadora: Prof^a Dr^a Márcia A. S. Bissaco

Mogi das Cruzes, SP

2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Universidade de Mogi das Cruzes - Biblioteca Central

Macri, Silmara Patrícia Correia da Silva

Avaliação de consolidação óssea em indivíduos com fixação externa circular com membro inferior após reabilitação física / Silmara Patrícia Correia da Silva Macri . – 2009.

66 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Universidade de Mogi das Cruzes, 2009

Área de concentração: Processamento de sinais e imagens

Orientador: Prof^a. Dr^a. Márcia Aparecida Silva Bissaco

1. Reabilitação física 2. Cinesiologia 3. Processamento de imagem 4. Quantificação de consolidação óssea
I. Bissaco, Márcia Aparecida Silva

CDD 616.0754

FOLHA DE APROVAÇÃO



Tel.: (011) 4799-7000
Fax: (011) 4799-5233
<http://www.umc.br>

DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO MESTRADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

No dia 30/01/09 a candidata SILMARA PATRÍCIA CORREIA DA S. MACRI, após realizar os créditos exigidos, ser aprovado no exame de Proficiência em Inglês, e no exame de Qualificação, apresentou o trabalho "Avaliação da consolidação óssea em indivíduos com fixação externa circular em membro inferior após reabilitação física" para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Os membros da banca consideram a candidata:

Dr. Marcelo Zanchetta do Nascimento
Dr. Henrique Jesus Quintino Oliveira
Dr.ª Márcia Aparecida Silva Bissaco

Conceito

Aprovada
Aprovada
Aprovada

Dr. Marcelo Zanchetta do
Nascimento
Universidade Federal do ABC

Dr. Henrique Jesus Q. Oliveira
Universidade de Mogi das Cruzes

Dr.ª Márcia Aparecida Silva Bissaco
Universidade de Mogi das Cruzes

DEDICATÓRIA

A minha Beatriz e ao Bruno pelo amor.

Aos meus pais Nelson e Lourdes pelo apoio e carinho.

Aos meus amigos pela ajuda.

A minha orientadora pela sabedoria.

AGRADECIMENTOS

Aos médicos ortopedistas que me auxiliaram.

Ao Dr. Maurizio Catagni por todo material científico.

Ao meu eterno professor Dr. Jurandyr Assumpção D'Avila.

Aos colegas Wolley e principalmente ao William (Dupla WW) por toda ajuda, infinita paciência e horas extras.

A minha amiga-irmã Marina que sempre me incentivou. Valeu Má!!!!

A FAEP/UMC (Fundação de Amparo ao Ensino e Pesquisa).

RESUMO

A reabilitação física visa ao restabelecimento do trofismo, da propriocepção e das condições musculares, vasculares e neurológicas bem como restabelecimento da amplitude de movimento. A cinesioterapia aplicada à pacientes portadores de fixador externo circular (FEC) é a base do tratamento. Porém, são poucos os trabalhos encontrados na literatura que avaliam a influência da reabilitação física sobre a consolidação óssea em tais pacientes. Assim sendo, este trabalho apresenta uma investigação quantitativa desta influência. Para isso, foi realizado processamento de imagens e mensuração da densidade óptica dentro do regenerato de 32 imagens radiográficas de 8 indivíduos com FEC, sendo 4 com reabilitação física. Com o processamento de imagens observou-se que o regenerato do grupo de indivíduos com reabilitação física é constituído por uma maior quantidade de osteócitos (90%) acompanhada de uma pequena quantidade de osteoblastos/calcificação (8,6%), enquanto que no grupo de indivíduos sem reabilitação física, para o mesmo período de tempo de tratamento com o FEC, o regenerato é composto de maior quantidade de fibroblastos (98%) e uma pequena quantidade de osteócitos (1,75%). Este resultado foi corroborado pelos dados obtidos com o densitômetro, onde a análise estatística realizada mostra uma diferença significativa ($p = 0,0012$) entre os grupos com e sem reabilitação física. Além disso, foi evidenciado que um dos indivíduos com reabilitação física obteve consolidação óssea já no 6º mês, enquanto que normalmente a permanência com FEC é de 10 à 18 meses. Os resultados obtidos mostram, portanto, evidências de que a atividade física influencia e intensifica a osteogênese e, conseqüentemente, aumenta a consolidação óssea, beneficiando o usuário de FEC. A análise visual realizada por três especialistas também corroborou o resultado obtido com a mensuração densitométrica e a quantificação realizada com o processamento de imagens.

Palavras-chave: Fixador Circular Externo, Ilizarov, cinesiologia, quantificação de consolidação óssea, processamento de imagem, densidade óptica.

ABSTRACT

The main purpose of physical rehabilitation is to reestablish of muscle trophism, proprioception, vascular and neurological conditions as well as reestablish of movement amplitude. The fundamental treatment for patients with external fixator is kinesiotherapy. Nevertheless, there are few papers in scientific literature that evaluate the influence of physical rehabilitation on the bone consolidation in such patients. Thus, the aim of the present work is to realize a quantitative study of such influence. For that, image processing and optical density measurements were performed on regenerate of 32 radiographic images of 8 subjects with external fixator, among which 4 were treated with physical rehabilitation. It was observed with image processing that the regenerate of the group submitted to physical rehabilitation is constituted by a larger amount of osteocytes (90%) together with a small amount of osteoblasts/calcification (8,6%); while the control group (without physical rehabilitation), for the same period of treatment with external fixator, the regenerate is compound by larger quantity of fibroblasts (98%) and a small quantity of osteocytes (1,75%). This result was corroborated by the data obtained from densitometer, where the statistical analyses shows a significative difference between the groups with and without physical rehabilitation, with $p = 0,0012$. Besides, it was pointed out that one of the individuals with physical rehabilitation obtained bone consolidation at 6th month, while the normal permanence with external fixator is from 10 to 18 months. Therefore, the obtained results show evidences that the physical rehabilitation influences and intensifies the osteogenesis and, consequently, increases bone consolidation, when external fixator were used. The visual analysis conducted by three experts also corroborated the results with the measurement and quantification densitometric performed with the processing of images.

Keywords: External Fixator, Ilizarov, Kinesiology, Quantification of bone Consolidation, Image Processing, Optical Density

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: componentes do FEC. Fonte: www.infomedgrp11.famerp.br , acesso em 06/08/08	18
Figura 2: Classificação do calo ósseo quanto ao tipo: 1 – mole, 2 – listrado, 3 – manchado, 4 – adjacentes, 5 – meio tom, 6 – uniforme, 7 – irregular, 8 – dente de serra, 9 – sólida e 10 – cistos. Fonte: Li <i>et al</i> (2006)	24
Figura 3: Classificação do calo ósseo quanto à forma: 1– fusiforme, 2 – cilíndrica, 3 – côncava, 4 – lateral e 5 – central. Fonte: Li <i>et al</i> (2006)	25
Figura 4: Posições no regenerato onde foram realizadas as mensurações da densidade óptica: 1 - próximo a corticotomia proximal medial; 2 - próximo a corticotomia proximal lateral; 3 - regenerato medial; 4 - centro do regenerato lateral; 5 - próximo a corticotomia distal medial; 6 - próximo a corticotomia distal lateral	30
Figura 5: Imagem radiográfica com marcação da região de interesse.	32
Figura 6: Fluxograma do algoritmo que quantifica a consolidação óssea	33
Figura 7: Densidade óptica na corticotomia proximal (a) medial e (b) lateral, na corticotomia distal (c) medial e (d) lateral no centro do regenerato (e) medial e (f) lateral	35
Figura 8: Valores de densidade óptica mensurados na imagem radiográfica do GC e GE do 3° a 6° mês.	36
Figura 9: Resposta osteogênica média do grupo experimental (GE) ao longo do tratamento.	41
Figura 10: Resposta osteogênica do grupo controle (GC) ao longo do tratamento	41
Figura 11: Análise dos especialistas quanto à forma do regenerato	43
Figura 12: Análise dos especialistas quanto ao tipo do regenerato.	44
Figura 13: Análise dos especialistas quanto à forma do regenerato por período de tratamento.	44
Figura 14: Análise dos especialistas quanto ao tipo do regenerato por período de tratamento.	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação do regenerato quanto ao tipo.....	25
Tabela 2: Classificação do regenerato quanto à forma.....	26
Tabela 3: Trechos de imagem radiográfica e processada do grupo com exercício (GE).....	38
Tabela 4: Trechos de imagem radiográfica e processada do grupo controle (GC).....	39
Tabela 5: Descrição de exercícios fase de alongamento ósseo.....	62
Tabela 6: Descrição dos exercícios fase de compressão óssea.....	63
Tabela 7: Resumo da quantificação (pixels) do GC e GE nos meses analisados.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

cm – centímetro

FEC – fixador externo circular

GC – grupo controle

GE – grupo experimental

mm – milímetro

MMII – membros inferiores

MMSS – membros superiores

T.E.N.S. – transestimulation neurosensitive

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Motivação / Justificativa.....	12
1.2 Objetivo.....	13
1.3 Organização do Trabalho.....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO E ESTADO DA ARTE.....	14
2.1 Princípios Biomecânicos dos Dispositivos de Fixação.....	14
2.2 Princípios Biomecânicos dos Fixadores Externos.....	15
2.3 Fixador Externo Circular.....	16
2.4 Princípios Do Fixador Externo Circular.....	19
2.5 Imagem Radiográfica na Fixação Externa Circular.....	22
2.6 Atividade Física e Densidade Óssea.....	26
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
3.1 Seleção das Imagens Radiográficas.....	28
3.2 Avaliação da Consolidação Óssea.....	29
3.2.1 Mensuração da densidade óssea.....	29
3.2.2 Quantificação através de processamento de imagens.....	31
3.2.3 Análise visual.....	33
3.2.4 Análise estatística.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1 Densidade Óptica.....	35
4.2 Processamento da Imagem do Regenerato.....	37
As Tabelas 3 e 4 apresentam as imagens real (imagem radiográfica do regenerato) e processada. A faixa escura no centro das imagens são componentes metálicos do FEC, que foram retiradas com Photoshop para não nfluenciar na análise quantitativa da região.....	37
4.3 Análise Visual.....	43
4.4 Considerações Finais.....	46
5 CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS.....	50
APÊNDICES.....	53
ANEXOS.....	57

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação / Justificativa

O Fixador Externo Circular (FEC) também denominado Fixador Externo de Ilizarov ou aparelho de tração-compressão ou distração osteogênica é um modo de tratamento para fraturas complexas, com perda ou não de massa óssea ou deformidades. É utilizado para manter a rigidez ou estabilidade de estruturas ósseas, com a qual se põe em contato por meio de fios ou pinos de aplicação percutânea (RAMOS & ROTHANDE, 2000; CATAGNI, 1998).

O objetivo do tratamento é a consolidação da fratura, para que seja restaurada a função mecânica do osso, a capacidade de suportar o peso e proporcionar movimento à articulação. A velocidade de consolidação é influenciada pela localização e tipo de fixação utilizada e extensão do traumatismo geral (CATAGNI, 1998; MERCADANTE, 2000).

O ortopedista avalia quando uma fratura se consolidou o suficiente para suportar as forças normais do cotidiano ou se está se consolidando no prazo certo através de julgamento clínico, avaliação radiográfica e conhecimento das características da lesão (SHEIKH, 2001). O julgamento clínico de que uma fratura está consolidada baseia-se na combinação dos sintomas do paciente e nos achados físicos. A avaliação radiográfica centraliza-se na formação do calo ósseo (regenerato) e também na indistinção ou desaparecimento da linha de fratura nas radiografias subseqüentes (SHEIKH, 2001; HOPPENFELD, 2001; NOVELLINE, 1999; McARDLE, 1999).

A avaliação e a monitoração radiográfica do usuário de FEC ocorrem semanalmente ou quinzenalmente e oferece um bom julgamento clínico no curso do tratamento. É a técnica menos onerosa para avaliação do FEC existente nos hospitais que oferecem a especialidade de ortopedia e traumatologia (POWERS, 2000; CHILIBECK *et al*, 1995; PLAPLER, 1997).

Como o osso encontra-se em constante remodelagem (KRAHL *et al*, 1994), contrações musculares podem aumentar a produção de osteoblastos em virtude da tensão gerada na origem e na inserção muscular, desencadeando os efeitos osteogênicos proporcionais à atividade física realizada (AARON *et al*, 1992; SOUZA *et al*, 2003; LI *et al*, 2006; HOSALKAR *et al*, 2005). Porém, são poucos os trabalhos encontrados na literatura sobre reabilitação fisioterapêutica em pacientes com FEC. Principalmente, estudos quantitativos da consolidação óssea em pacientes com FEC intensificada pela reabilitação fisioterapêutica.

1.2 Objetivo

Avaliar quantitativamente a influência da reabilitação física baseada na cinesioterapia clássica sobre a consolidação óssea em usuários de Fixador Externo Circular.

1.3 Organização do Trabalho

Os demais capítulos que compõem este trabalho foram organizados da seguinte forma:

Capítulo 2: apresenta o referencial teórico e o estado da arte associado ao trabalho;

Capítulo 3: discorre sobre os materiais e os procedimentos empregados para alcançar os objetivos propostos;

Capítulo 4: mostra os resultados obtidos e as discussões pertinentes;

Capítulo 5: apresenta as conclusões e traz sugestões de trabalhos futuros;

Capítulo 6: lista as referências bibliográficas citadas ao longo do trabalho;

Capítulo 7: relaciona os anexos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO E ESTADO DA ARTE

2.1 Princípios Biomecânicos dos Dispositivos de Fixação

Muitos tipos de dispositivos são utilizados para a fixação de fraturas. A biomecânica da fixação baseia-se em dispositivos de compartilhamento de estresse ou de proteção contra o estresse. Um dispositivo de compartilhamento de estresse permite a transmissão parcial da carga através do local fraturado. Quando uma fratura é tratada com um dispositivo de compartilhamento de estresse, o micro-movimento no local fraturado induz a uma consolidação óssea secundária, com a formação de calo. Aparelhos de gesso, hastes e pinos intramedulares são exemplos de dispositivos de compartilhamento de estresse.

Um dispositivo de proteção contra o estresse protege o local fraturado contra os estresses aducados ao caso, mediante a transferência dos estresses para o dispositivo. As extremidades fraturadas do osso são mantidas sob compressão e não ocorre movimento no local fraturado. Os dispositivos de proteção contra estresses resultam em consolidação óssea primária sem formação de calo. Placas de compressão constituem um exemplo desse tipo de tratamento (HOPPENFELD, 2001).

Os Fixadores Externos, também chamados de tala externa, ou exoesqueleto, quase sempre confeccionados em aço define-se por um grupo de aparelhos, que permitem manter a rigidez ou estabilidade de estruturas ósseas, com a qual se põe em contato por meio de fios ou pinos de aplicação percutânea (RAMOS & ROTHANDE, 2000).

O FEC mantém o alinhamento e o comprimento da fratura e permite que o paciente tenha mobilidade. Pinos são aplicados acima e abaixo do local da fratura e são externamente unidos para estabilizar a fratura. Considerando que tende a ser um dispositivo de compartilhamento de tensão, ocorre consolidação óssea secundária por meio de formação de calo. Mais freqüentemente a fixação externa é utilizada em casos de fraturas expostas associadas a extensas lesões ao tecido mole. Isso permite que a fratura seja fixada e que a lesão ao tecido mole fique acessível para inspeção e tratamento da ferida. Esses pinos, aplicados proximal e distalmente, eliminam a necessidade de colocação de metal no local fraturado e, portanto, não aumentam o traumatismo ao osso na área da fratura.

O fixador também evita excessiva dissecação do tecido mole, porque os pinos são aplicados percutaneamente, longe do local da fratura. Entretanto, os pinos precisam atravessar numerosos planos de tecido mole, o que pode resultar em outros problemas aos tecidos moles, como perda dos movimentos articulares associados. O movimento dos tecidos moles também

pode afrouxar os pinos, limitando sua eficácia na obtenção da união óssea. O fixador externo pode ser utilizado em qualquer dos ossos longos do corpo (HOPPENFELD, 2001).

2.2 Princípios Biomecânicos dos Fixadores Externos

Os componentes básicos de um fixador externo são os fios ou pinos de fixação, as hastes longitudinais de sustentação e os elementos de conexão entre os fios ou os pinos e as hastes. Segundo Zalsey (1992) apud Ramos e Rothande (2000), os fios e os pinos variam de 1,5 a 6 mm de diâmetro e devem ocupar menos de um terço do diâmetro ósseo. Podem ser lisos ou rosqueados e, em relação aos membros inferiores, transfixantes ou não.

As hastes que formam o suporte longitudinal são lisas ou rosqueadas, maciças ou tubulares. Estas hastes podem ser contínuas, ou articuladas ou telescópicas, o que facilita ajustes no alinhamento e dinamização axial. Os elementos de conexão entre os pinos e as hastes variam de simples conectores a plataformas ou anéis (RAMOS & ROTHANDE, 2000).

Chao (1989) apud Ramos & Rothande (2000) com base na disposição geométrica da estrutura distingue seis tipos de configurações espaciais dos fatores externos: unilateral, bilateral, triangular, semicircular, circular e em quadrilátero. Behrens e Johnson (1993) apud Ramos & Rothande (2000), em relação ao plano frontal e sagital, definem os fixadores como uniplanares e biplanares. Nestes termos, o fixador na disposição geométrica em quadrilátero seria o uniplanar e o fixador triangular seria biplanar. Entende-se que os fixadores semicirculares e circulares podem, com base na disposição espacial, variar de uniplanares a multiplanares.

A estrutura e a função de cada sistema de fixação externa dependem da forma de seus principais componentes. Cabe ao ortopedista, com base apenas nas conexões pino-hastes, distinguir três tipos de fixadores: os simples, os de plataforma e os de anéis. Segundo Barral (1988), Goosens (1988), Mc Coy *et al* (1983) apud Ramos e Rothande (2000), a indicação e a aplicação correta de um sistema de fixação externa depende do conhecimento anatômico da região, da fisiopatologia da lesão e da biomecânica do aparelho de fixação externa. Devem ser também consideradas a habilidade do cirurgião em manipular o FEC e as características socioeconômicas e psicológicas do paciente.

Segundo Neto (2000) as lesões traumáticas do aparelho locomotor muitas vezes são partes de uma lesão maior, configurando um politraumatismo. Mesmo que não se trate de politraumatismo, as lesões do aparelho locomotor, sejam elas fraturas ou luxações (abertas ou fechadas), são dolorosas e o princípio primeiro e fundamental é estabilizar todas as lesões o mais rapidamente possível.

Após o atendimento inicial, as fraturas e luxações devem ser reduzidas e estabilizadas. A redução não oferece dificuldade na grande maioria dos casos, mas a estabilização, mandatória, nem sempre pode ser feita de maneira definitiva. A melhor forma de alcançar a estabilização provisória (que pode se tornar definitiva) é com o fixador externo.

As principais vantagens da fixação externa estão na rapidez da instalação, na presença de pouco metal dentro do ferimento, na facilidade para inspeção do ferimento e manipulação do doente, além da boa estabilização oferecida, aliada à dispensa do aparelho gessado. Todos esses fatores podem fazer do fixador externo um elemento indispensável (NETO, 2000).

2.3 Fixador Externo Circular

Os fixadores têm sido utilizados no tratamento de doenças osteoarticulares desde 1853. O fixador externo de Ilizarov, também denominado de aparelho de tração-compressão ou fixador externo circular ou distração osteogênica, foi desenvolvido no instituto Kniekot, na cidade Kurgan, Sibéria Central, na ex-URSS, pelo professor doutor Gavriil Abramovich Ilizarov, em 1951.

O método foi introduzido na Europa Ocidental a partir de 1981, no Congresso em Belágio, e em 1986, a técnica chega à América do Norte (CATAGNI 1998). No Brasil o método foi demonstrado pela primeira vez em dezembro de 1986, no Instituto de Ortopedia e Traumatologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Começou a ser empregado para tratamento não só das fraturas, como também das lesões angulares, encurtamento, infecções e as falhas congênitas, a custos que podiam ser assumidos pelo precário Sistema Único de Saúde. Essa possibilidade foi tão atraente, que a fixação externa desenvolveu-se e tornou-se instrumental importante no arsenal cirúrgico ortopédico brasileiro (MERCADANTE, 2000).

Um estudo realizado em 2006 compreendendo 39 sujeitos, que foram submetidos à fixação externa circular para a reparação da fratura, mostra a importância deste método, pois em relação ao resultado ósseo 17 sujeitos foram classificados como ótimo, 14 sujeitos como bom, 3 sujeitos como regular e 5 sujeitos como ruim; em relação a funcionalidade 14 sujeitos como ótima, 14 sujeitos como boa, 5 sujeitos como regular e 6 sujeitos como ruim (PATIL, 2006).

Outro estudo em 2006, avalia os resultados e a eficácia da técnica em 25 pacientes com fratura de tibia, porém, diferente da nossa amostra, os pacientes apresentavam que apresentavam deformidade, perda óssea, infecção e pseudoartrose. Em relação à melhora

óssea 56,2% foram classificados como excelente, 12,5% como boa, 9,4% como regular e 21,7% como ruim; em relação a funcionalidade, 21,9% obtiveram excelentes resultados, 43,7% bons resultados, 12,5% regulares e 21,9% ruins. Concluindo ser um bom tipo de tratamento para esse tipo de paciente (HASANKHANI *et al*, 2006).

Os FEC são bem versáteis, pois permitem que no decorrer do tratamento se façam alterações na montagem original, conseguindo assim resolver problemas que possam surgir no decurso do tratamento. Entretanto, a instalação correta do fixador é importante para a boa execução da técnica.

Ilizarov idealizou um fixador a partir do qual, pela união de pequenas peças, forma-se uma montagem final, a qual deve respeitar rigorosamente a anatomia do membro em questão (ILIZAROV, 1992). Em dois artigos que escreveu em 1989 e 1990 Ilizarov relata que a montagem tem a finalidade não só de estabilizar os segmentos ósseos, mas também de suportar alterações da sua forma original, com o afastamento ou aproximação dos anéis, permitindo com isto a elaboração de um novo estímulo biológico.

Bongiovani (1994) enfatiza a necessidade de se conhecer profundamente a anatomia topográfica antes de aplicar um fixador externo circular. Pois esta técnica utiliza-se de princípios matemáticos e de bioengenharia para, a partir da aplicação de forças tensionais aos tecidos, gerar a formação de tecidos ósseo e mole sem a utilização de transplantes (SOUZA *et al*, 2003).

Os componentes para a construção de um aparelho de Ilizarov consistem em um número limitado de peças altamente adaptáveis que podem ser unidas para formar qualquer configuração, atendendo às necessidades ortopédicas e /ou traumatológicas de cada paciente. (ORBAY *et al*, 1993)

O principal componente do fixador externo de Ilizarov é um anel com superfície plana e múltiplos orifícios. Em um conjunto completo existem doze tamanhos de anéis, que diferem em diâmetro, adaptando-se assim aos diferentes diâmetros das extremidades dos pacientes. Esses se destinam a sustentar os fios transfixantes, formar a estrutura do aparelho por meio de dois ou mais anéis conectados entre si, e sustentar as partes suplementares da estrutura (GOLYAKHOVSKY & FRANKEL, 1996).

Os anéis são classificados de acordo com a sua localização e / ou função como: sustentação, estabilização, tração-compressão e referência. Para simplificar a montagem e a desmontagem das estruturas os anéis são formados por duas metades semicirculares iguais, os semi-anéis, os quais são unidos por parafusos e porcas (GOLYAKHOVSKY & FRANKEL, 1996). Hastes e placas determinam a conexão de arcos e de anéis, reforçam lateralmente e

medialmente a estrutura principal, aumentam a estabilidade da fixação do aparelho ao fragmento ósseo e ainda proporcionam distribuição balanceada de cargas. Dobradiças são peças auxiliares na construção da estrutura e são utilizadas como reforço adicional para muitos componentes (Figura 1).



Figura 1: componentes do FEC. Fonte: www.infomedgrp11.famerp.br, acesso em 06/08/08

Dr. Ilizarov modificou os fios de Kirschner originais para utilizá-los em seu aparelho, determinando apenas dois diâmetros: fio de 1,8mm (para adultos) e de 1,5mm (para crianças). Apesar do aspecto simples, os fios de Kirschner possuem as vantagens de lesar muito pouco o tecido compacto ósseo e a medula óssea quando os atravessa e quando apropriadamente tensionados, os fios amortecem a vibração e impedem a destruição do osso e das partes moles. O pequeno diâmetro dos orifícios cutâneos permite mínima contaminação externa e, depois da sua remoção, os orifícios de penetração remanescentes são muito pequenos. São fixados por parafusos e morsas.

Os fios, juntamente com os anéis, dotam o fixador externo de Ilizarov de características biomecânicas ideais para a estabilização dos fragmentos ósseos. Além de servir como uma rede de sustentação da estrutura, os fios transformam as forças de tração-compressão e promovem o alinhamento dos fragmentos ósseos junto com todas as outras correções de posicionamento que porventura sejam necessárias.

Os pinos de Schanz são utilizados quando as estruturas neurovasculares correm risco de serem comprometidas com a transfixação dos fios de Kirschner ou quando a aplicação de um anel não for possível e tiver que ser substituída pelo arco ou ainda quando for necessária uma sustentação adicional, depois da fixação do fio. As desvantagens são as cicatrizes grandes e, sobretudo, possíveis de irritação da pele e das partes moles profundas, dor e infecção no seu trajeto (GOLYAKHOVSKY & FRANKEL, 1996).

2.4 Princípios Do Fixador Externo Circular

As bases científicas do método repousam sobre o princípio da osteogênese, objetivando deste modo recriar as condições fisiológicas do crescimento, acelerando a formação de calo ósseo e, conseqüentemente, consolidação por meio de movimento unicamente axiais (LEME, 1994).

A compressão axial sem movimentos sagitais e rotatórios é obtida pela colocação de carga imediata, provocando a impactação e a formação de calo ósseo, efeito da compressão. A osteogênese por tração se dá de forma progressiva e a consolidação se faz em depósito ósseo complementar, ou seja, dentro do foco da fratura provocado pela corticotomia onde irá surgir progressivamente uma regeneração óssea.

A osteotomia consiste em um corte ósseo de 2 a 3 mm na transecção da cortical óssea em torno de um osso, preservando-se a medula e o periósteo, por uma incisão cutânea muito pequena, não lesa a rede vascular, ao contrário, contribui para o início da reconstituição do tecido local; permanece preenchido por hematoma, necessário para o desenvolvimento inicial de lacunas microscópicas de sangue. Estas lacunas são acúmulos de sangue e de elementos precursores dos novos vasos, aparecendo já do terceiro ao quinto dia e, a partir desta fase, inicia-se a regeneração do tecido ósseo. É um procedimento delicado e deve ser realizado com cuidado para não atingir estruturas anatômicas importantes, como nos casos da transfixação dos fios de Kirschner. É realizada com três finalidades: criar condições mecânicas; armazenar as células formadoras de novo osso; e, desenvolver a área com o aumento da circulação sanguínea necessária para o aumento da transformação metabólica nos tecidos locais (GOLYAKHOVSKY & FRANKEL, 1996; GREEN *et al*, 1992).

A corticotomia pode ser mono ou bifocal. A corticotomia monofocal está indicada para os alongamentos de até 5 cm, transporte de fragmentos ósseos de 5 a 7 cm, estimulação da circulação sanguínea local sem alongamento significativo, mas com geração de osteogênese, como na pseudoartrose ou retardo de consolidação e correção gradativa de deformidade óssea.

A corticotomia bifocal reduz substancialmente a duração do tratamento. Está indicada para alongamento de 10 a 12 cm, de transporte de fragmentos ósseos de 10 a 16 cm pelo deslocamento de um em direção ao outro, alongamento em um nível e correção de deformidade em outro, e estimulação de osteogênese em distúrbios metabólicos (GOLYAKHOVSKY & FRANKEL, 1996).

Segundo Golyakhovsky & Frankel (1996) a tração óssea é usada para o alongamento ósseo (primariamente), na correção de deformidades, transporte de segmentos ósseos, como estímulo para a falta de consolidação e resolução das pseudoartrose, como um estímulo para a neovascularização e para a correção de deformidades flexoras articulares. As forças de tração criam carregamentos mecânicos teciduais capazes de estimular a atividade metabólica local com transformação celular. São obtidas pelo movimento das porcas fixadas ao anel ou por voltas da haste telescópica graduada e são transferidas aos fios tensionados introduzidos no osso.

Dois parâmetros destas forças produzem um efeito completo da tração: velocidade e ritmo. A velocidade ótima é de 1 mm/dia e o ritmo ótimo é de quatro vezes ao dia. Desta forma, são necessários quatro ajustes de tração ao dia a intervalos de 6 horas, sendo cada ajuste de 0,25 mm.

A compressão óssea é usada no tratamento de pseudoartroses (primariamente), na correção de deformidades ósseas e nos transportes de segmentos ósseos. As forças motoras de compressão são produzidas pelas hastes rosqueadas, fixadas ao anel e transferidas aos fios tensionados introduzidos no osso ou aos pinos de Schanz. Os mesmos parâmetros de operação efetuam a compressão: a velocidade e o ritmo e, como na técnica da tração óssea, também são ajustáveis. (GOLYAKHOVSKY & FRANKEL, 1996).

A técnica de tração e compressão combinada consiste primeiramente de compressão, na qual os fragmentos ósseos se aproximam, entram em contato e comprime o tecido que está em fase de cicatrização. A segunda etapa, a tração, produz as colunas de tecido fibrovascular originadas das cicatrizes que foram comprimidas e das superfícies ósseas adjacentes. Se a intensidade do desenvolvimento do osso regenerado não foi suficiente após a tração, há a necessidade de uma terceira etapa que consiste em uma compressão repetida muito lenta, ajudando a estimular a regeneração tecidual, trazendo equilíbrio entre os tecidos novos e os antigos. A quarta etapa, a tração repetida, ajuda a consolidação dos feixes de colágeno no interior de uma matriz óssea e estimula a produção de células osteoblásticas. E assim sucessivamente.

O controle da qualidade da calcificação é feito através das imagens radiológicas e pode ser visto como uma nuvem inicial do osso regenerado, com colunas calcificadas orientadas longitudinalmente (GOLYAKHOVSKY & FRANKEL, 1996). As indicações para a utilização do FEC são divididas em aceitas, possíveis e questionáveis. As vantagens do tratamento com FEC são:

- Propiciar fixação óssea de boa qualidade, com rigidez mecânica suficiente para que a fisiologia da consolidação da fratura ocorra em condições ideais, em casos em que outras formas de imobilização, por uma razão ou outra, foram inadequadas;
- Permite compressão, extensão ou neutralização do foco da fratura, inclusive durante a evolução do tratamento ambulatorial;
- Podem ser realizadas novas manipulações do aparelho, bem como colocações de fios adicionais, substituições de hastes e alterações na montagem;
- Pode ser usada em fraturas infectadas agudas ou pseudoartroses infectadas;
- Os fios de Kirschner lesam pouco o osso compacto e a medula óssea. Depois da remoção do fio, os orifícios de penetração são pequenos, pois houve preservação das áreas cutâneas. O método propicia respeito à vascularização óssea;
- Permite a vigilância direta do membro e do quadro da ferida, facilitando os curativos, enxertia de pele, enxertia óssea e debridamento quando se fizerem necessários, sem que seja perturbado o alinhamento ou fixação da fratura. Uma rígida fixação externa permite um agressivo e simultâneo tratamento do osso e dos tecidos moles;
- A movimentação das articulações adjacentes e o depósito de carga no membro operado são permitidos desde o primeiro dia pós-operatório, permitindo assim a intervenção fisioterapêutica e imediata, favorecendo a recuperação do paciente desde a fase hospitalar, já que a dor é o principal fator limitante.

As desvantagens da utilização do FEC são:

- É necessário conhecimento técnico detalhado das formas de aplicação e colocação do fixador, bem como conhecimento anatômico preciso para transfixação dos fios de Kirschner ou pinos de Schanz a fim de não lesar estruturas importantes;
- São necessários cuidados especiais com o paciente para impedir a infecção nos pontos de inserção dos fios ou pinos. A limpeza geral e os curativos realizados pelo próprio paciente são primordiais para evitar infecções;
- Há a possibilidade de complicações vasculares ou nervosas devido à transfixação dos fios de Kirschner;
- Alto custo do fixador externo;
- Há necessidade de cooperação por parte do paciente. A não colaboração perturba os ajustes, a manutenção, o controle de infecções e, conseqüentemente, interfere na eficácia do tratamento;

- A estrutura é desconfortável e o paciente pode rejeitá-lo por razões estéticas;
- A forma e o peso do aparelho dificultam a marcha e as atividades da vida diária;
- Pode ocorrer enrijecimento articular se a fratura necessitar que o fixador imobilize a articulação adjacente ou se houver um quadro infeccioso considerável que impeça a movimentação do membro.

A maioria das complicações é passível de correção ou de prevenção, porém são necessários avaliação e tratamento precoce. Podem ser classificadas como gerais (devido ao método), específicas (relacionadas à técnica) e inflamatórias. As complicações devidas ao método ou à técnica estão relacionadas à aplicação do aparelho e podem tornar-se aparentes logo depois de ser realizado o procedimento. Entretanto, algumas podem desenvolver-se depois de o paciente ter recebido alta hospitalar (PALEY, 1990; GOLYAKHOVSKY & FRANKEL, 1996; RODRIGUES, 2000).

2.5 Imagem Radiográfica na Fixação Externa Circular

O objetivo do tratamento é a consolidação da fratura, mas a questão fundamental é: como avaliar se a fratura já se consolidou suficiente para suportar a carga das atividades de vida diária? A resposta vem da união da avaliação clínica (dor, sensibilidade, amplitude de movimentos), conhecimento histórico da fratura (tipo de fratura, localização, tipo de fixação, osso acometido, extensão do traumatismo) e avaliação radiográfica (HOPPENFELD, 2001; NOVELLINE, 1999).

A avaliação radiográfica centraliza-se na formação do calo ósseo (regenerato), na indistinção ou desaparecimento da linha de fratura, identificação de retardo de consolidação óssea e formação de pseudoartrose (HOPPENFELD, 2001; NOVELLINE, 1999). A osteogênese da distração é a produção do osso novo entre superfícies vasculares do osso criadas pela corticotomia e separadas pela tração gradual e controlada (LI *et al*, 2005)

A avaliação e monitorização radiográfica do usuário de FEC ocorrem semanalmente, no máximo quinzenalmente, é menos onerosa, a técnica encontra-se presente em todos os hospitais que ofereçam a especialidade de ortopedia e traumatologia e oferece um bom julgamento clínico no curso do tratamento (AARON, 1992; SOUZA *et al*, 2003; LI *et al*, 2005).

Aaron (1992) correlaciona a escanometria e a tomografia computadorizada a fim de verificar qual das duas técnicas seria a mais fidedigna na mensuração, em centímetros, do membro inferior acometido e tratado com FEC. Observou-se que para a medida do fêmur as

duas técnicas são boas. Para a tibia a um viés devido ao encurtamento muscular dos músculos da coxa e perna levando a uma flexão de aproximadamente 30° da perna, que repercuti uma falsa imagem de encurtamento do membro, portanto a tomografia torna-se mais precisa a mensuração da tibia. Contudo, ao termino do estudo, não houve diferença significativa entre as duas técnicas.

Gardner (1997) relata que tecidos moles sofrem mais que os tecidos ósseos, e não lhes dão a importância merecida. Souza *et al* (2003), analisaram imagens radiográficas de dez pacientes submetidos a alongamento ósseo. Nestas imagens observaram se ocorria de fato o alongamento ósseo, medindo a distância entre as extremidades ósseas, presença de reação periosteal no sitio da distração ou nas extremidades ósseas adjacentes, formação de osso novo no sitio de distração. Apresentaram uma classificação em relação ao aspecto radiográfico, sendo: grau 1 - centro radioluciente; grau 2 - redução da hipertransparência inicial sem focos densos de ossificação; grau 3 - pequenos focos densos de ossificação; grau 4 - ossificação linear; grau 5 - calo ósseo bem formado, permitindo a retirada do fixador.

Em 2004, Shevtsov *et al*, em seu estudo se utilizaram da radiografia para avaliação da parte óssea, da ecografia para avaliação de tecido subcutâneo, gorduroso e muscular e da tomografia para avaliação da densidade muscular. Observaram: diminuição da espessura do tecido gorduroso na imagem radiográfica e na ecografia; diminuição do comprimento ósseo apenas na imagem radiográfica; alterações dos fascículos e do espaço interfascia apenas na ecografia; alteração angular na orientação do fascículo muscular da linha media central (músculo/osso) no radiograma e no ultrassom; aumento da ecodensidade muscular através do ultrassom e quanto maior a atrofia, maior a ecodensidade; e alteração na contratilidade muscular através do ultrassom. Ao retirar o FEC o retorno à normalidade foi lento.

Hosalkar *et al* (2005), correlacionam três formas de avaliação óssea utilizando imagens para portadores de FEC: a tomografia, a ressonância nuclear magnética e a radiografia. Constataram que a radiografia é útil para a avaliação do desvio de linha central e crescimento ósseo, e a tomografia e a ressonância importantes instrumentos para a avaliação de deformidades tridimensionais (normalmente alterações congênitas), inclinações e depressões ósseas, porem em nenhum momento há classificação.

Em 2006, Li *et al*, realizaram um estudo com 92 pacientes com FEC, 125 segmentos (54 femorais e 71 tibiais), com aproximadamente 6000 radiografias, com o objetivo de classificar a osteogênese da distração no que diz respeito à forma e ao tipo (Figuras 2 e 3). As imagens foram analisadas por 4 observadores (um professor de ortopedia da universidade de

medicina, um cirurgião ortopédico, um ortopedista e um residente de ortopedia) para garantir a confiabilidade e reprodutibilidade do estudo. As Tabelas 1 e 2 mostram os resultados.

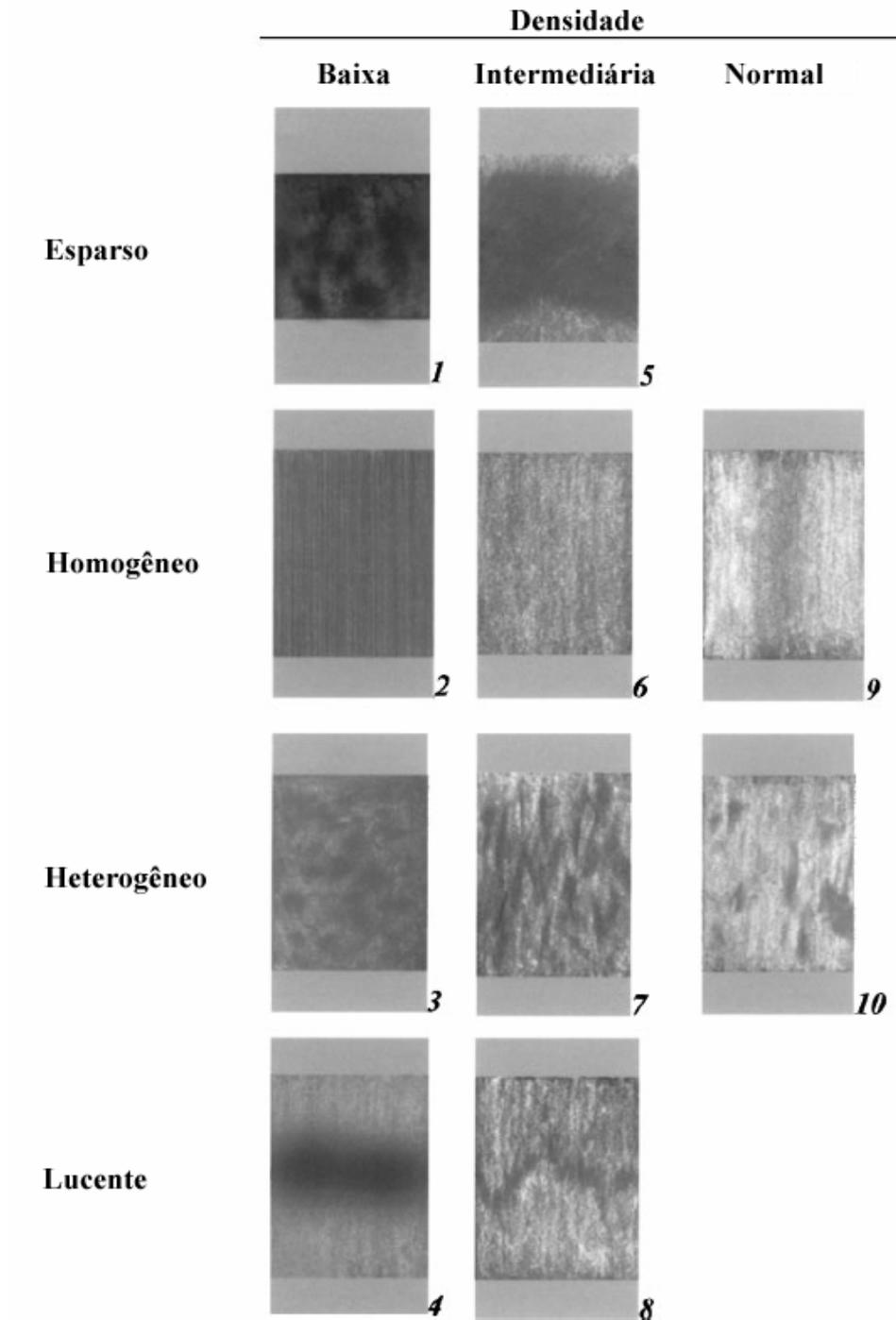


Figura 2: Classificação do calo ósseo quanto ao tipo: 1 – mole, 2 – listrado, 3 – manchado, 4 – adjacentes, 5 – meio tom, 6 – uniforme, 7 – irregular, 8 – dente de serra, 9 – sólida e 10 – cistos. Fonte: Li *et al* (2006)

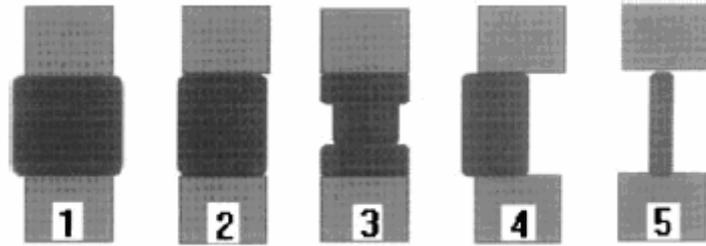


Figura 3: Classificação do calo ósseo quanto à forma: 1– fusiforme, 2 – cilíndrica, 3 – côncava, 4 – lateral e 5 – central. Fonte: Li *et al* (2006)

Tabela 1: Classificação do regenerato quanto ao tipo.

Tipo	Característica
1	É o calo escasso de baixa densidade visto tipicamente na abertura da distração, aproximadamente 30 dias após a osteotomia.
2	São listras uniformes de baixa densidade, vistos 2 meses após a osteotomia. O regenerato parece consistir em colunas listradas no sentido longitudinal que constroem uma ponte homogênea sobre as extremidades da osteotomia.
3	Mostra osso recentemente formado com regenerado denso 2 meses após a osteotomia; é heterogêneo, constroe uma ponte entre as extremidades da osteotomia.
4	Apresenta osso novo junto a osteotomia com zona radiolucente central 3 meses após a osteotomia.
5	Ocorre 4 meses após osteotomia. Calo ovóide e esclerótico nas extremidades ósseas e regenerato esclerótico escasso na abertura da distração; regenerato de qualidade pobre.
6	Densidade intermediária. Ocorre de 4 a 5 meses após a osteotomia. O osso novo constrói uma ponte bem distribuída sobre a abertura e ossificação densa. Região do calo aparece nas radiografias como uma zona relativamente esclerótica. Esta área de remodelação aparece como uma zona relativa de ossificação, atrás da zona esclerótica. O osso torna-se contínuo.
7	A densidade intermediária com aparência irregular e heterogênea, ocorre 5 meses após a osteotomia. O osso formado na abertura é amorfo com ossificação heterogênea e contem múltiplos cistos
8	Ocorre de 6 a 7 meses após a osteotomia. A abertura de distração é preenchida com uma ossificação mais densa, mas há uma linha serrilhada radiolucente através da meia-zona
9	Após 9 meses da osteotomia apresenta osso de densidade normal, ossificação homogênea do regenerato corticalizado denso. Nas extremidades da osteotomia são construídas pontes sobre o osso novo homogêneo com as corticais contínuas.
10	Apresentam cistos e densidade heterogênea do osso. Em 10 meses a osteotomia, os fragmentos são fundidos completamente com uma ossificação densa e irregular do regenerado que parece contínuo na radiografia com pequenas áreas independentes do defeito. Nas extremidades da osteotomia é construída uma ponte sobre um segmento contínuo do osso, mas apresenta uma aparência irregular ou uma descontinuidade ao menos de uma de suas corticais.

Fonte: Li *et al* (2006)

Tabela 2: Classificação do regenerato quanto à forma.

<i>Forma</i>	Característica
1	O regenerato é mais largo que o osso original
2	O regenerato está à mesma largura que o osso original
3	O regenerato está mais estreito que o osso original com a porção central atenuada. Observou-se que mais rapidamente tende a produzir a aparência de uma ampulheta
4	O regenerato está principalmente no lado de abertura da distração. Observou-se, que a região anterior em vista lateral e a região medial em vista ântero-posterior, um defeito do calo; está no contraste com o calo sadio na região posterior e lateral
5	O regenerato é uma coluna fina na região central e ocorre mais em circunstâncias pobres e na correção de complexas deformidades

Fonte: Li *et al* (2006)

Este sistema de classificação de Li *et al* é confiável e reprodutível. Podendo correlacionar características do calo ósseo (regenerato) e a qualidade da consolidação para um progresso bom ou ruim, portanto fornece um método de avaliação que monitora o progresso e prediz problemas potenciais permitindo o ajuste do processo de tratamento, como por exemplo, ajustar a distração, ajustar a estabilidade da fixação.

2.6 Atividade Física e Densidade Óssea

O repouso prolongado no leito pode ocasionar reduções importantes na densidade mineral óssea com perda óssea de aproximadamente 4% ao mês. No entanto, a carga repetida com intensidade e tensão adequadas resulta em hipertrofia óssea (PLAPLER, 1997).

O exercício físico exerce um papel fundamental no processo de ganho de massa óssea (CHILIBECK, 1995). Os mecanismos de carga, impostos pelo exercício, aumentam a densidade mineral óssea, independentemente do sexo e da idade dos indivíduos que os praticam (SNOW, 2001). O tecido ósseo é dinamicamente responsivo à demanda funcional que lhe é imposta o que gera alterações de sua massa e força; mudanças que resultam da força gravitacional e da ação intensa dos músculos inseridos aos ossos (KRAHL, 1994). A magnitude da carga e da frequência de aplicação, realizadas de forma regular desencadeiam os efeitos osteogênicos (CHILIBECK, 1995; PLAPLER, 1997).

Segundo Krahl (1994) o estresse contínuo provocado pelo exercício resulta em adaptações morfológicas, tais como: aumento da espessura cortical e maior conteúdo ósseo na inserção musculotendínea. Para Nordström *et al.*(1995) existe forte associação entre a massa óssea e força dos músculos adjacentes, portanto, os músculos, uma vez estimulados, irão desencadear aumento osteoblástico, na região óssea próxima do local onde se inserem.

Existem consistentes pesquisas que confirmam que a atividade física moderada com suporte de peso, como a corrida, tem impacto mais positivo sobre a deposição óssea que

atividades que não necessitam do suporte de peso, como a natação. Mas independente da atividade física Grimston *et al.*(1993) relatam em seus estudos que praticantes de atividade física apresentam maior densidade mineral óssea quando comparadas com indivíduos que não fazem exercícios.

Há controvérsias na literatura sobre os mecanismos de adaptação do tecido ósseo exposto a cargas externas (CHILIBECK, 1995; PLAPLER, 1997). O aumento da densidade mineral óssea durante o tratamento com fixador externo circular ocorre primeiramente pelo mecanismo de compressão e o crescimento ósseo pelo mecanismo de tração. O fixador externo circular gera o processo de distração/compressão repetidamente com o propósito de realizar o crescimento ósseo, resta-nos saber se a atividade física associada aos mecanismos inerentes ao método de Ilizarov incrementará o processo de resolução do insulto ósseo na formação e qualidade do tecido ósseo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar o objetivo proposto nesta pesquisa foram realizadas as seguintes etapas:

- Seleção das imagens radiográficas de indivíduos portadores de FEC;
- Avaliação da consolidação óssea
 - Mensuração da densidade óptica dentro do regenerato;
 - Quantificação da consolidação óssea através processamento de imagens;
 - Análise visual;
- Análise estatística dos resultados obtidos.

Uma descrição completa destas etapas é apresentada nos itens seguintes.

3.1 Seleção das Imagens Radiográficas

Havia 25 indivíduos usuários de FEC realizaram seu acompanhamento médico no mesmo hospital. Cada indivíduo tinha em média 60 imagens radiográficas. Após aplicar os critérios de inclusão e exclusão: indivíduos do sexo masculino com idade entre 22 e 34 anos, que utilizaram o FEC, tinham fraturas em tibia e ausência de lesão e não apresentavam vício (tabagismo, etilismo, dependência química), infecção ou patologia associada, restando para o estudo 8 indivíduos, que apresentam em torno de 400 imagens radiográficas. Também foi considerado a mesma incidência radiográfica, a mesma regulagem do FEC e o mesmo período de tratamento (3º, 4º, 5º e 6º mês), período em que se observa formação óssea (regenerato) no local da corticotomia, reduzindo a 4 imagens por sujeito, ou seja, 1 imagem por mês.

Estas imagens foram utilizadas num trabalho anterior da autora (Mem. Circ. 03/01 – anexo A), quando avaliou a consolidação óssea apenas através de análise visual.

Para garantir o controle de qualidade das imagens radiográficas utilizadas no estudo, também foram considerados os mesmos critérios empregados durante aquisição das imagens, a saber: mesmo químico (revelador e fixador), mesma processadora automática marca Macrotec modelo MX2, mesmo operador do aparelho de raios-X, mesmos parâmetros de exposição radiográfica, mesmo aparelho de raios-X marca Siemens 500MA Heliophos 4B, mesa basculante da Siemens e filmes da marca Kodak modelo 30 x 40 e 35 x 43, chassis da Kodak modelo Lanex X-OMAT Cassette. A limpeza da processadora e troca de químico eram

realizadas às terças-feiras e as radiografias de todos os portadores de FEC eram realizadas no dia seguinte.

Os 8 indivíduos selecionados tratados com o FEC, 4 realizaram programa de reabilitação física (Grupo Experimental - GE) e 4 fizeram apenas acompanhamento ambulatorial com o ortopedista (Grupo Controle - GC), somando um total de 32 imagens radiográficas.

A avaliação destes indivíduos realizada anteriormente pela autora (Mem. Circ. 03/01 – anexo A), constava de anamnese, história pregressa e atual da patologia, teste de amplitude de movimento e de força muscular, sensibilidade e relato de dor (anexo B). Os indivíduos participaram do programa de reabilitação física, baseado na cinesioterapia clássica (anexo C). Fizeram 3 sessões de fisioterapia por semana (segundas, quartas e sextas-feiras) no período vespertino com duração de 1 hora após o 1º mês da colocação do FEC. Este dispositivo trabalha através do mecanismo de distração e de compressão. No 3º e 6º mês foi realizada basicamente a distração ou tração do regenerato e no 4º e 5º mês basicamente a compressão do regenerato.

As imagens radiográficas selecionadas foram fotografadas para facilitar a documentação do trabalho e realização do processamento de imagem. Para isso, foram utilizados um tripé WT 3510 A, uma máquina digital SONY – Cyber-shot 8.1 mega pixels e um negatoscópio marca Santa Luzia. O tripé foi montado a um metro do negatoscópio para todas as fotos fossem capturadas com o mesmo padrão. Todas as fotos foram feitas no mesmo dia, em sala com lâmpada fria.

3.2 Avaliação da Consolidação Óssea

A avaliação da consolidação óssea dos indivíduos usuários do FEC foi realizada através de processamento de imagem, mensuração de densidade óptica e análise visual descritos nos itens seguintes.

3.2.1 Mensuração da densidade óssea

Como a densidade óptica é proporcional à atenuação dos fótons de raios-X que atravessam o material, isto é, o regenerato (sítio de crescimento ósseo ou calo ósseo), é possível estabelecer uma relação entre densidade óptica e densidade óssea e diferenciar fibroblasto (baixa densidade óssea), osteócito (média densidade óssea) e osteoblasto (alta densidade óssea).

Conseqüentemente, é possível também relacionar a densidade óssea (referente à densidade óptica mensurada) com os níveis de cinza na imagem radiográfica digitalizada. Esta relação é importante para estabelecer intervalos de cor, que serão utilizados no processamento de imagens para quantificar as áreas do regenerato que correspondem a fibroblasto, osteócito e osteoblasto. O que é difícil de realizar através do método da densitometria devido à necessidade de efetuar inúmeras medidas ao longo do regenerato e à imprecisão do posicionamento do filme no densitômetro.

As medidas foram realizadas em seis posições no regenerato (Figura 4) das 32 imagens radiográficas selecionadas, que um especialista em FEC apontou como sendo compostas por fibroblasto, osteócito e osteoblasto.

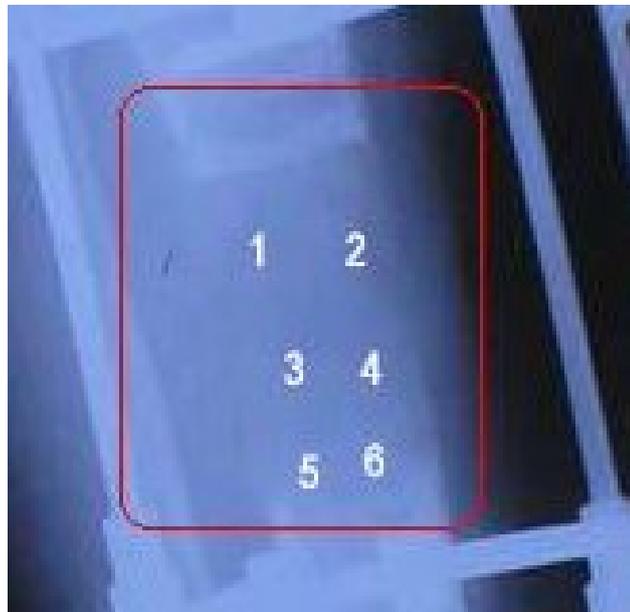


Figura 4: Posições no regenerato onde foram realizadas as mensurações da densidade óptica: 1 - próximo a corticotomia proximal medial; 2 - próximo a corticotomia proximal lateral; 3 - regenerato medial; 4 - centro do regenerato lateral; 5 - próximo a corticotomia distal medial; 6 - próximo a corticotomia distal lateral.

As 6 posições selecionadas dentro do regenerato indicam se a distribuição de osteoblastos, osteócitos e fibroblastos está adequada ou não. É esperado que na região lateral e medial tenha um comportamento semelhante e que a consolidação ocorra primeiro na região próxima a corticotomia (pontos 1, 2, 5 e 6) do que na região central (pontos 3 e 4).

Além disso, a densidade óptica nas 6 posições está diretamente relacionada à classificação do regenerado quanto ao tipo: se os valores mensurados de densidade óptica são próximos, isto caracteriza um calo ósseo homogêneo, enquanto que se forem discrepantes caracteriza um calo ósseo heterogêneo.

A mensuração da densidade óptica foi realizada com um densitômetro da marca MRA modelo CQ-01, que lê densidades ópticas numa faixa de 0,0 a 4,0 com precisão de 0,5% do fundo de escala e reprodutibilidade (erro) de $\pm 0,01$. Para reduzir o efeito da flutuação quântica foram realizadas 3 medidas em todos os pontos selecionados e calculado um valor médio e o desvio padrão.

3.2.2 Quantificação através de processamento de imagens

O processamento de imagem foi realizado para quantificar e também visualizar a distribuição de fibroblasto (calo ósseo mole), osteócito e osteoblasto ao longo do regenerato.

Um *software* de processamento de imagens desenvolvido por Watanabe *et al* (2008) no Núcleo de Pesquisas Tecnológicas da Universidade de Mogi das Cruzes, o Image WW v.1.0, foi utilizado para processar as 32 imagens radiográficas incluídas no estudo. Ele realiza uma varredura na imagem, quantifica as tonalidades dos pixels que se enquadram em intervalos de cores pré-estabelecidos para fibroblasto, osteócito e osteoblasto e também pinta esses pixels com tonalidades previamente escolhida pelo usuário (neste caso, azul royal, azul claro e verde).

As três diferentes densidades ósseas foram identificadas analisando-se a região de interesse em todas as imagens radiográficas selecionadas, isto é, o regenerato. Um especialista através de análise visual apontou as áreas com fibroblastos, osteócitos e osteoblastos, onde foram realizadas medidas de densidade óptica, que serviram para relacionar os níveis de cinza às fases de consolidação óssea. Estes níveis de cinza foram analisados com o modelo de cor HSV (matiz, saturação e intensidade do brilho) do software Image WW v.1.0 a fim de estabelecer intervalos de cor HSV referentes a fibroblastos, osteócitos e osteoblastos.

O modelo de cor HSV é o que mais se aproxima de como o ser humano percebe as cores e possibilita mensurar a diferença de intensidade do brilho em áreas do osso com maior densidade óssea (não lesionada) e com menor densidade óssea (lesionada). Dessa forma, a diferença de densidade óssea foi percebida no componente V do modelo HSV, ou seja, a cor do osso se manteve, mas a intensidade do brilho sofreu variação. Com isso, o intervalo de cor foi definido com H variando de 200 a 0, S de 0 a 180 e V de 25 a 215. Para diferenciar áreas do regenerato compostas por fibroblastos, osteócitos e osteoblastos/calcificação, os valores de V foram subdivididos em 25 a 82, 83 a 149 e 150 a 215, respectivamente.

Uma vez definidos os intervalos de cor, o software realiza a varredura na imagem radiográfica, quantifica e pinta de azul royal, azul claro e verde todos os pixels que correspondem a fibroblastos, osteócitos e osteoblastos/calcificação, respectivamente. Essa

varredura foi realizada apenas na região de interesse do médico, isto é, no regenerato. Para isso, foram eliminadas as demais áreas que poderiam alterar os resultados do processamento. A região de interesse foi demarcada por uma fisioterapeuta (Figura 5). Áreas da imagem referentes ao material metálico do FEC também foram eliminadas para não influenciar na quantificação da consolidação óssea, uma vez que apresentam densidade óptica e nível de cinza próximo ao de osteoblastos.

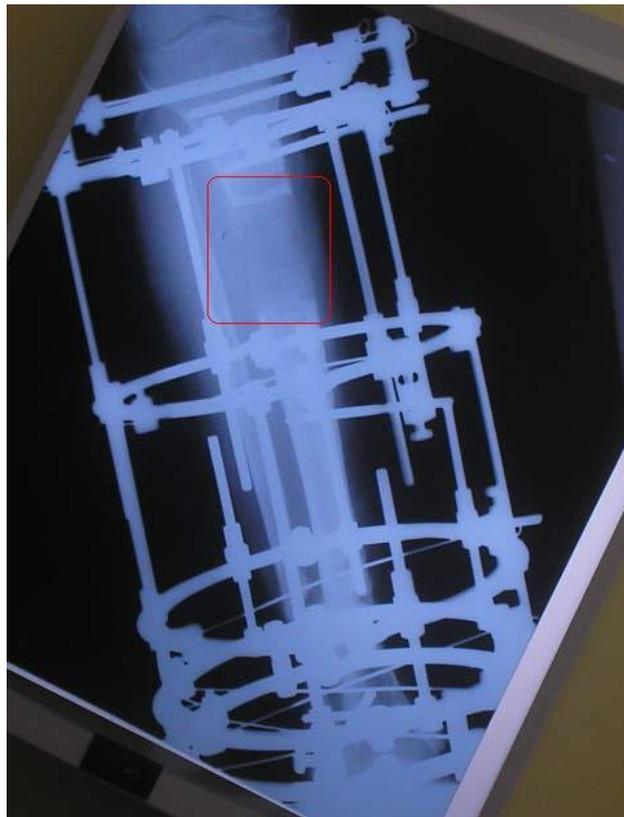


Figura 5: Imagem radiográfica com marcação da região de interesse.

A Figura 6 mostra o fluxograma do algoritmo implementado no Image WW v.1.0 que realiza a varredura na imagem e pinta de azul royal, azul claro e verde os pixels da imagem cuja tonalidade corresponde a fibroblastos, osteócitos e osteoblastos/calcificação, respectivamente, ou seja, que correspondem às fases de consolidação do osso.

Este algoritmo considera qualquer intervalo de matiz (H): o H é cíclico para começar e terminar em qualquer ângulo, ou seja, pode começar em 0° e terminar em 20° , ou ainda começar em 350° e terminar em 10° . Para definir o intervalo corretamente, o algoritmo primeiramente verifica qual intervalo deve ser considerado através dos valores do ângulo

inicial (H_{min}) e do ângulo final (H_{max}). Para maior performance do processamento, esta verificação é realizada fora do laço de repetição.

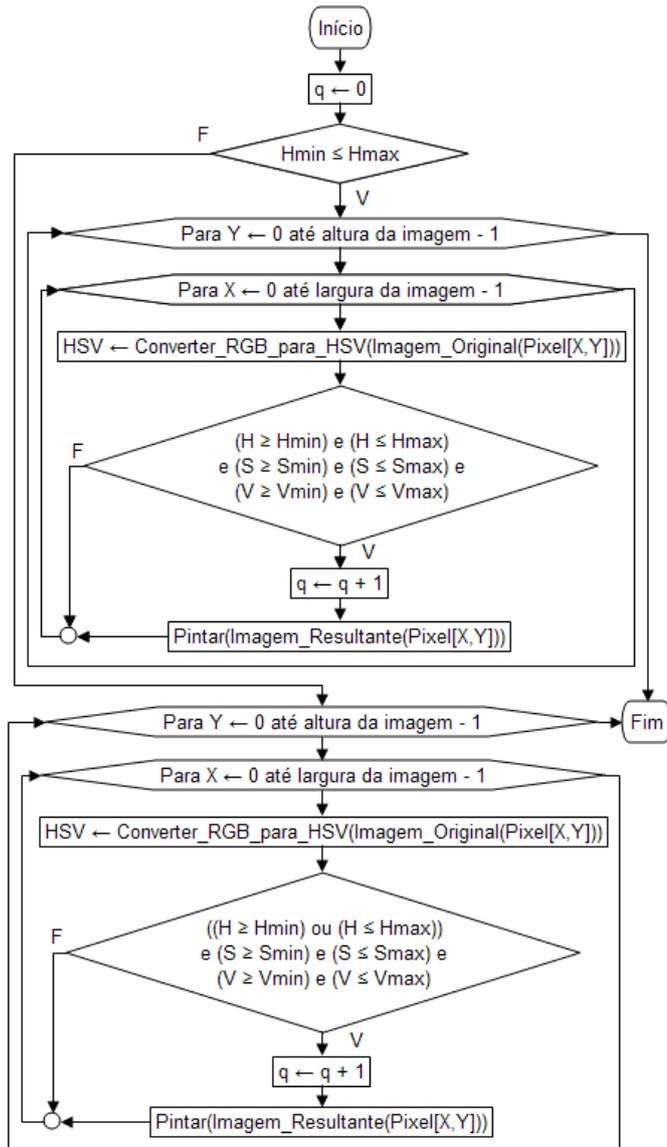


Figura 6: Fluxograma do algoritmo que quantifica a consolidação óssea.

3.2.3 Análise visual

A análise visual foi realizada a fim de estabelecer uma relação entre a forma de avaliação dos especialistas na aplicação do FEC e os métodos de quantificação empregados (processamento de imagens e mensuração de densidade óptica).

Esta análise foi realizada por três especialistas na área de ortopedia que estão habituados com a aplicação do método do FEC, sendo dois fisioterapeutas (E1 e E3) e um

médico ortopedista (E2). Os especialistas têm em média 10 anos de formação e 6 anos de experiência com FEC.

Os especialistas realizaram a análise visual utilizando um negatoscópio da sua própria rotina e classificaram a formação do calo ósseo quanto ao tipo e à forma conforme Li *et al.* (2006). Observaram também a indistinção ou o desaparecimento da linha de fratura nas várias imagens radiográficas obtidas como descrito no referencial teórico.

Os especialistas não foram informados sobre a identidade dos indivíduos, cujas imagens radiográficas iriam avaliar, nem a que grupo esses indivíduos pertenciam, isto é, se grupo controle ou experimental, nem o período a qual cada imagem correspondia. Os especialistas apenas receberam as imagens numeradas e os formulários (Anexo D) para anotação das classificações quanto ao tipo e à forma.

As respostas dos especialistas foram tabuladas no software Microsoft Excel ®. Em seguida, cada forma e cada tipo foram totalizados para todos especialistas, meses e indivíduos. Com os valores resultantes foram elaborados gráficos de barras, que ilustram as totalizações a qualidade do regenerato (calo ósseo) dos grupos experimental e controle. As totalizações referentes às formas foram agrupadas e classificadas como: formas 1 e 2 - calo ósseo bom, formas 3 e 4 - calo ósseo regular e forma 5 - calo ósseo ruim. Quanto ao tipo, conforme Li *et al.* (2006), as totalizações foram agrupadas e classificadas como: tipos 1 a 4 - baixa óssea densidade/fibroblasto, tipos 5 a 8 - média densidade óssea/osteócito e tipos 9 e 10 - alta densidade/osteoblasto.

3.2.4 Análise estatística

Os resultados obtidos com a mensuração da densidade óptica, do processamento das imagens e da análise visual foram avaliados empregando-se o teste estatístico t não pareados bicaudal do software Prism da GraphPad® versão 5.0. Também foram calculados a média e o desvio padrão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com a mensuração da densidade óptica, processamento de imagens e análise visual são apresentados nos itens seguintes.

4.1 Densidade Óptica

As Figuras abaixo ilustram as medidas de densidade óptica realizadas nos indivíduos dos grupos experimental (GE) e controle (GC) respectivamente.

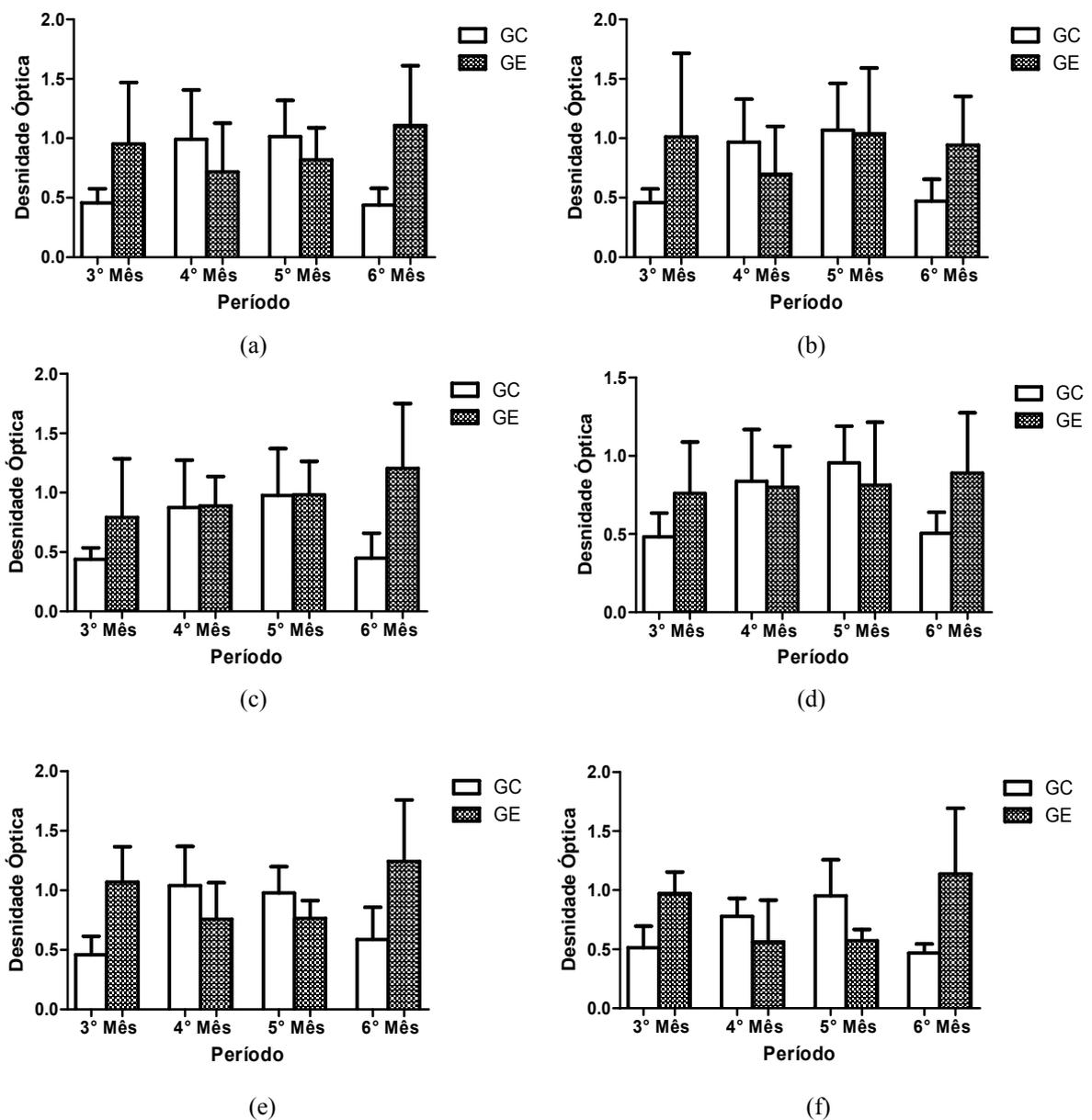


Figura 7: Densidade óptica na corticotomia proximal (a) medial e (b) lateral, na corticotomia distal (c) medial e (d) lateral no centro do regenerato (e) medial e (f) lateral.

Nas Figuras 7a a 7d observa-se no grupo experimental que há alta produção de fibroblastos condizente com a fase de tração óssea na corticotomia proximal tanto medial quanto lateral, resultando em densidade óptica maior no 3º e 6º mês, que diminui nas fases de compressão óssea. No grupo controle, nota-se que a produção de fibroblasto é maior no período de compressão (4º e 5º mês), o que é esperado para a fase de tração.

Nas Figuras 7e e 7f nota-se no grupo experimental que no centro do regenerato nas faces medial e lateral a densidade óptica é menor nos meses de compressão (4º e 5º meses) em virtude da intensificação na produção de osteócitos e de osteoblastos, bem como da deposição de cálcio. No período de distração (3º e 6º meses) há valores maiores de densidade óptica devido à maior quantidade de fibroblastos. O grupo controle, por outro lado, apresenta uma maior densidade óptica no 6º mês, quando o estímulo deveria promover uma diminuição, demonstrando que o osso não está respondendo de maneira adequada.

O gráfico ilustrado na Figura 8 é o resultante da análise estatística dos dados de densitometria realizada com o teste T não pareado bicaudal, reunindo as 6 posições agrupadas por período de tratamento.

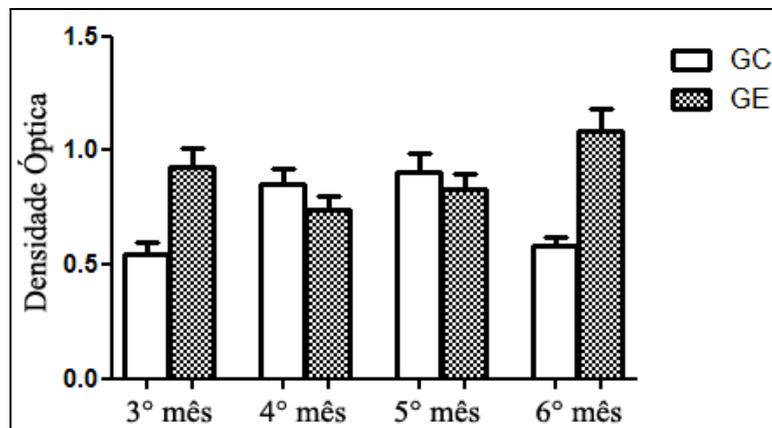


Figura 8: Valores de densidade óptica mensurados na imagem radiográfica do GC e GE do 3º a 6º mês.

Nesta figura é possível acompanhar a evolução do tratamento dos oito indivíduos. Há diferenças nos valores de densidade óptica referentes à consolidação óssea nos indivíduos de GE e GC, sendo que GE apresentou uma maior densidade óssea no mesmo período. GE apresentou uma melhora progressiva da osteogênese, que se tornou mais evidente no 6º mês. Há uma tendência à homogeneidade nos valores de densidade óptica mensurados. No 4º e 5º mês não foi verificada uma diferença significativa entre GC e GE, porém GE mantém uma homogeneidade independente da regulação do FEC devido à maior compressão do que tração que ocorre neste período.

A diferença da densidade óptica entre os grupos é significativa e ocorre no período de distração (3º mês, $P = 0,0003$; 6º mês, $P < 0,0001$) sendo maior no GE, pois neste período o estresse provocado pela tração produz aumento na produção de fibroblastos em resposta aos estímulos osteogênicos. Enquanto que no período de compressão (4º e 5º meses) não há diferença significativa entre os grupos.

4.2 Processamento da Imagem do Regenerato

As Tabelas 3 e 4 apresentam as imagens real (imagem radiográfica do regenerato) e processada. A faixa escura no centro das imagens são componentes metálicos do FEC, que foram retiradas com *software* Photoshop para não influenciar na análise quantitativa.

Tabela 3: Imagem radiográfica do regenerato e sua respectiva imagem processada correspondente ao grupo com exercício (GE).

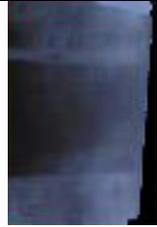
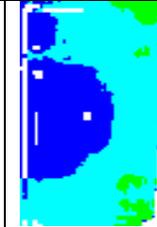
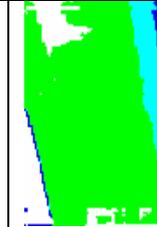
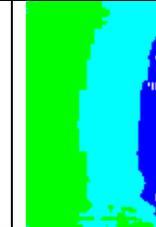
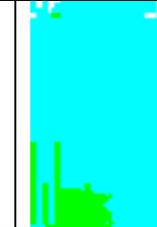
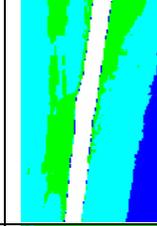
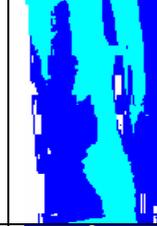
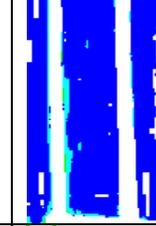
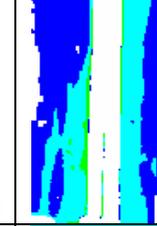
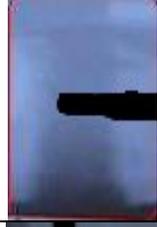
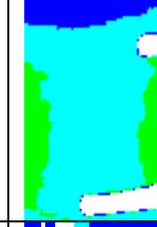
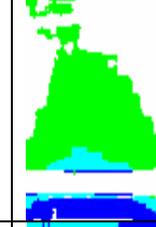
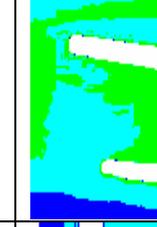
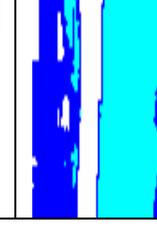
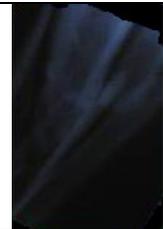
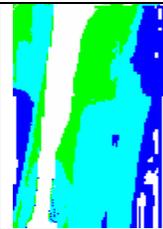
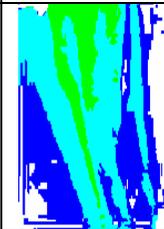
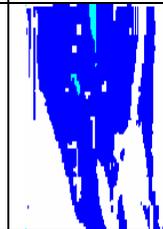
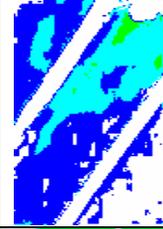
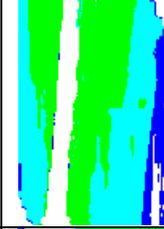
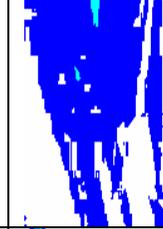
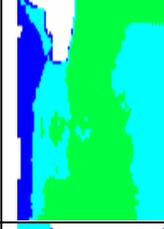
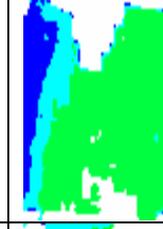
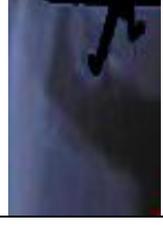
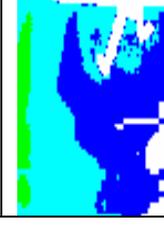
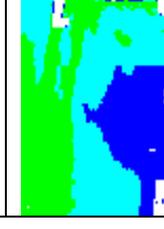
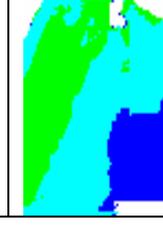
Meses Indivíduos	Imagem Original				Imagem Processada			
	3°	4°	5°	6°	3°	4°	5°	6°
GE1								
GE2								
GE3								
GE4								
<input type="checkbox"/> osteoblastos (alta densidade óssea) <input type="checkbox"/> osteócitos (média densidade óssea) <input type="checkbox"/> fibroblastos (baixa densidade óssea)								

Tabela 4: Imagem radiográfica do regenerato e sua respectiva imagem processada correspondente ao grupo controle (GC).

		Imagem Original				Imagem Processada			
Meses	Indivíduos	3°	4°	5°	6°	3°	4°	5°	6°
	GC1								
	GC2								
	GC3								
	GC4								
		 osteoblastos (alta densidade óssea)	 osteócitos (média densidade óssea)			 fibroblastos (baixa densidade óssea)			

Nas imagens apresentadas nas Tabelas 3 e 4 observa-se o regenerato dos indivíduos do grupo experimental (GE) e dos indivíduos do grupo controle (GC). Duas informações são importantes: uma é a quantidade de osteoblasto, osteócito e fibroblasto e a outra é a distribuição destes ao longo do regenerato.

Quanto à quantidade, nota-se um aumento de osteoblastos no GE no decorrer do tratamento, com exceção de GE4 que não apresenta osteoblastos, porém há uma melhora do calo ósseo representada pela forma fusiforme, maior quantidade e distribuição homogênea dos osteócitos, sugerindo um calo ósseo homogêneo e de boa qualidade. O GC tendeu a diminuir a quantidade de osteoblastos do decorrer do tratamento, com exceção de GC3, onde é possível visualizar uma área grande de osteoblastos mesclada com pontos de osteócitos e margeada por fibroblastos, sugerindo um calo ósseo do tipo 7, com características heterogêneas.

Em relação à distribuição, GE apresenta características homogêneas, com calo ósseo largo correspondendo ao diâmetro do osso. Apresentam com o decorrer do tratamento: osteoblastos nas extremidades (corticotomia) que segundo a literatura são esperados. Os osteócitos e os fibroblastos não mesclam a área dos osteoblastos. Mesmo que o indivíduo GE4 não tenha apresentado osteoblastos no 6º mês, verifica-se nas imagens processadas que a distribuição de osteócitos/fibroblastos compõe um calo ósseo de boa qualidade, do tipo 6. GC apresenta distribuição irregular, típica de calos ósseos heterogêneos. Mesmo apresentando osteoblastos durante o tratamento, estes estão dispostos na região central caracterizando visualmente calo ósseo de forma 5, pior classificação quanto à forma mencionada por Li *et al* (2006).

No indivíduo GE4 não foram observados elementos de alta densidade óssea (osteoblasto), provavelmente este fato está relacionado com a corticotomia realizada na região distal de tibia porque a fratura era em região proximal. Esta região apresenta menor vascularização quando comparada à região proximal, demorando mais para ocorrer à consolidação óssea. Porém a resposta óssea mediante a realização dos exercícios foi semelhante em termos de distribuição de osteócitos garantindo um calo ósseo homogêneo (tipo 6) e forma satisfatória (forma 2) como a dos demais indivíduos que realizaram atividade física.

As Figuras 9 e 10 mostram o resultado da quantificação de fibroblastos, osteócitos e osteoblastos realizada nas imagens radiográficas pelo software de Watanabe (2008). Correspondem a quantificação dos pixels referentes às tonalidades azul claro, azul royal e verde das imagens processadas apresentadas nas Tabelas 3 e 4.

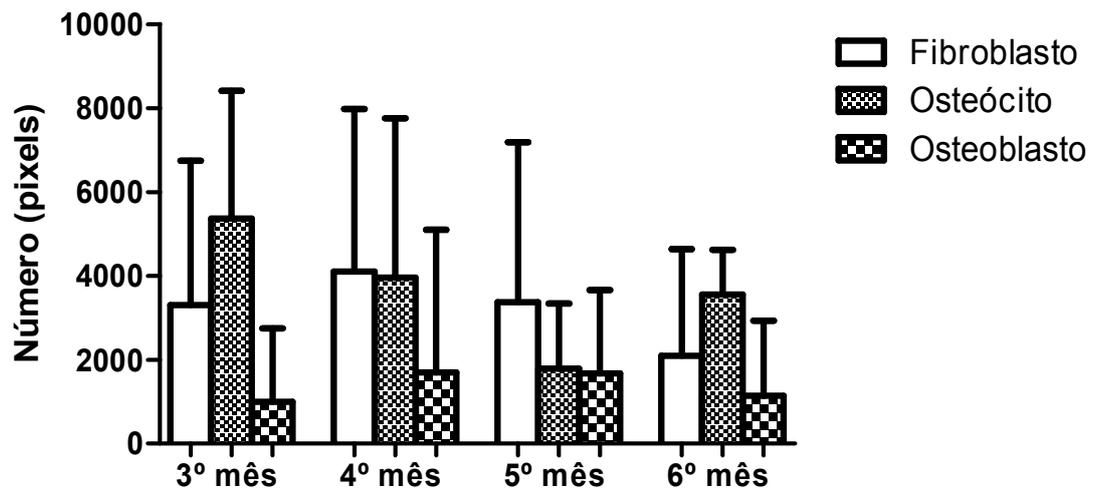


Figura 9: Resposta osteogênica média do grupo experimental (GE) ao longo do tratamento.

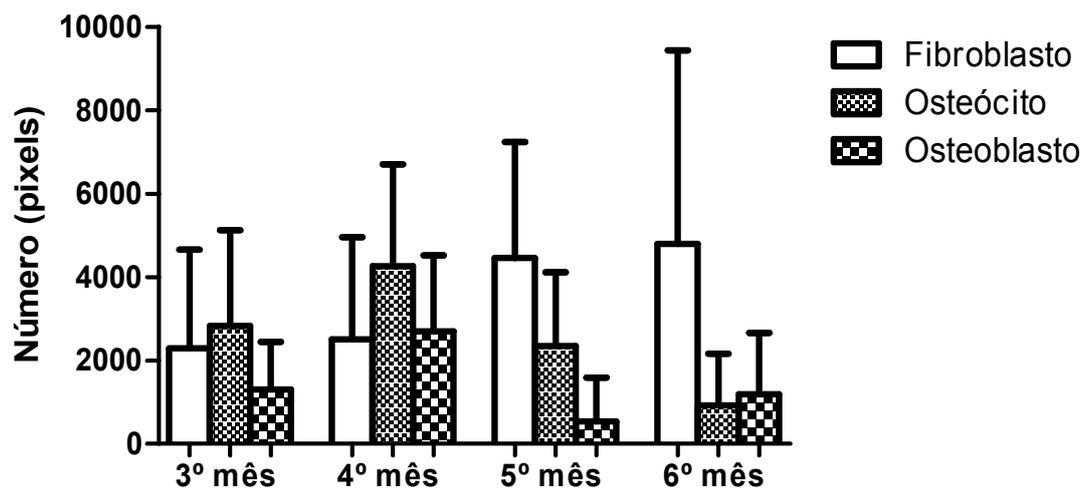


Figura 10: Resposta osteogênica do grupo controle (GC) ao longo do tratamento.

Nas Figuras 9 e 10 nota-se que GC não apresentou respostas osteogênicas adequadas para a fase de tratamento empregada, pois na fase de tração no 3º mês não ocorreu o aumento esperado de fibroblastos. Este aumento foi evidenciado no 6º mês, onde o osso respondeu adequadamente a fase de tração. Porém, quando comparado ao 6º mês de GE, pode-se inferir que ambos tiveram respostas adequadas, sendo que GE apresentou maior quantidade de osteócitos, significando um calo ósseo mais estruturado e maduro. Apesar de apresenta um aumento de fibroblastos no 6º mês, no GC este aumento é discrepante em relação aos outros

elementos (osteócitos/osteoblastos) que prediz uma forma heterogênea, o que não é desejável ao tratamento com FEC.

No 5º mês do GC esperava-se maior quantidade de osteoblastos, porém o gráfico mostra que tanto para GE, como para GC, o regenerato era composto mais por fibroblastos. GC apresenta maior quantidade de osteoblastos no 3º e 4º mês, com um decréscimo no 5º mês (compressão), onde deveria ocorrer melhora visto que a fase de tratamento propicia a consolidação óssea, não havendo uma regularidade na aquisição de osteoblastos. Já o GE apresenta uma produção crescente de osteoblastos do 3º ao 4º mês, mantendo este ganho no 5º mês. No 6º mês há um decréscimo de osteoblasto que é esperado em virtude da fase de distração ser mais utilizada neste período.

Nas imagens processadas de GE observa-se uma quantidade de osteócitos maior no 3º mês (tração) indicando que o osso está respondendo satisfatoriamente às cargas de exercícios utilizadas. No mês de compressão (4º e 5º) há uma diminuição esperada, pois o estresse gerado pelo exercício associado às cargas compressivas do FEC, fez com que os osteócitos maturassem, tornando-se osteoblastos e, como dito anteriormente, ocorreu um aumento no mesmo período de osteoblastos. No 6º mês a resposta óssea às cargas de tração foram bem suportadas pelo osso demonstrando uma melhora na produção de osteócitos.

Em GC a resposta óssea é menor no 3º mês. Observa-se que a partir do 4º mês há um decréscimo cada vez maior com o decorrer no tempo. Além disso, GC apresenta grande quantidade de fibroblastos condizentes com um regenerato pobre, com densidade óssea heterogênea e com quantidade irregular dos demais componentes (osteócitos e osteoblastos) bem como distribuição aleatória (forma 4 ou 5 e tipos 1, 3, 4 e 7) desses elementos ósseos dentro do regenerato como ilustrado nas Tabelas 3 e 4.

Como o osso responde dinamicamente às forças externas, a atividade física gera alterações na sua estrutura (KRAHL, 1994). A magnitude da carga e da frequência de aplicação, realizadas de forma regular desencadeiam os efeitos osteogênicos (CHILIBECK, 1995; PLAPLER, 1997), independentemente do sexo e da idade dos indivíduos que os praticam (SNOW, 2001). As imagens processadas e os gráficos permitem observar que os indivíduos praticantes de atividade física apresentaram de fato uma melhor resposta óssea que aqueles não praticantes de exercício.

De maneira geral, observa-se que os desvios padrão do gráfico 9 (GE) diminui com o decorrer do tratamento demonstrando uma homogeneidade do regenerato, porém os desvios padrão do GC (gráfico 8) aumenta com o decorrer do tratamento, isto nos remete a um regenerato heterogêneo que prediz um calo de má qualidade. Dado esse corroborado pela

análise visual.

De um modo geral o grupo GE apresentou maior densidade óssea devido ao estresse provocado pelos exercícios e regulagem do FEC, pois o estresse contínuo provocado pelo exercício resulta em adaptações morfológicas, tais como aumento da espessura cortical e maior conteúdo ósseo na inserção musculotendínea (KRAHL, 1994), enquanto que o grupo GC apresentou menor densidade óssea devida ao estresse provocado apenas pelo FEC.

4.3 Análise Visual

A avaliação visual é o método usual para avaliar o processo de regeneração óssea, os três especialistas realizaram-na, classificando o regenerato quanto à forma e ao tipo. Cada especialista, em separado, chegou a classificar as imagens com a tabela de forma e de tipos ao lado. Mesmo sem contato E1, E2 e E3 por diversas vezes chegaram à mesma conclusão na avaliação.

As Figuras 11 a 14 mostram os gráficos elaborados a partir destas respostas.

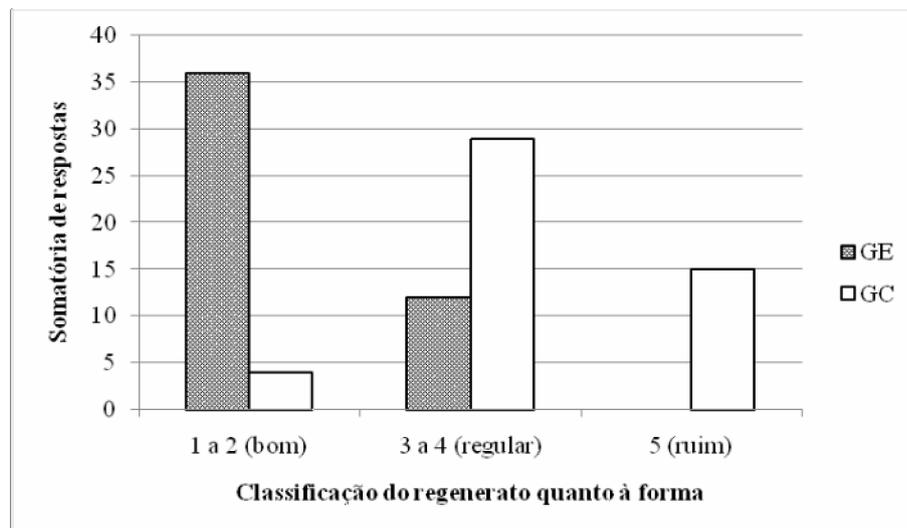


Figura 11: Análise dos especialistas quanto à forma do regenerato

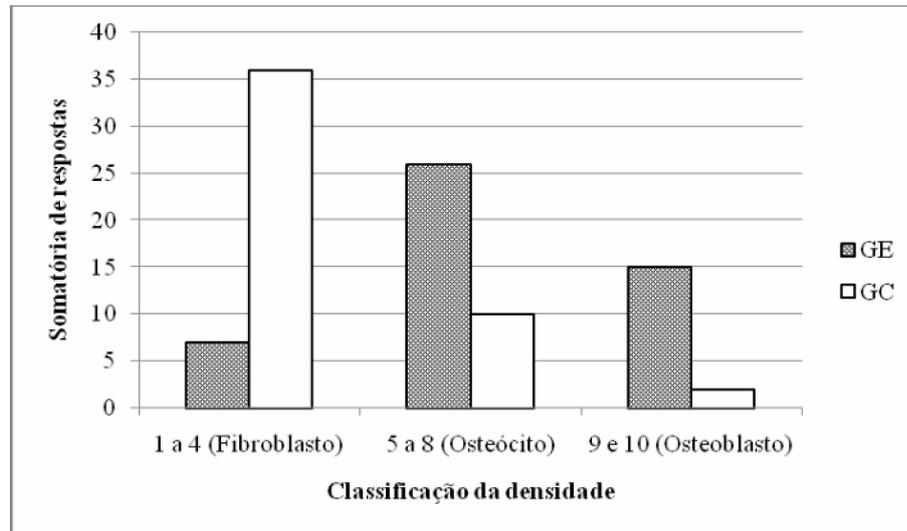


Figura 12: Análise dos especialistas quanto ao tipo do regenerato.

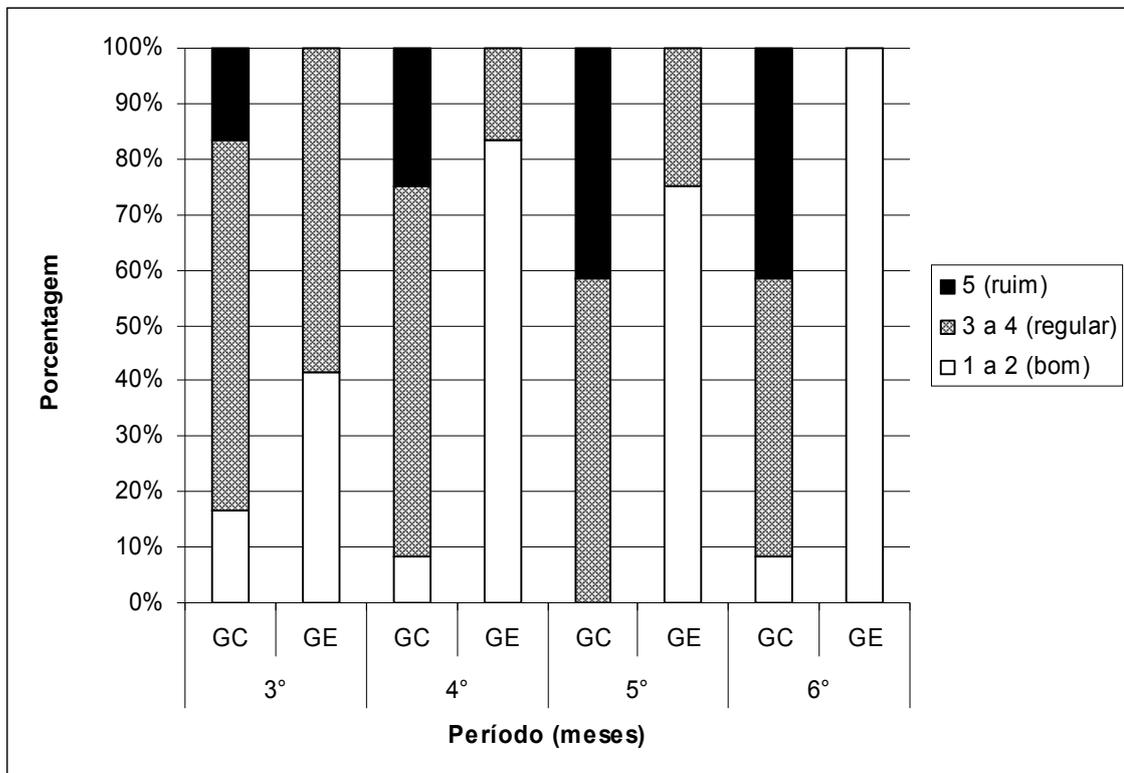


Figura 13: Análise dos especialistas quanto à forma do regenerato por período de tratamento.

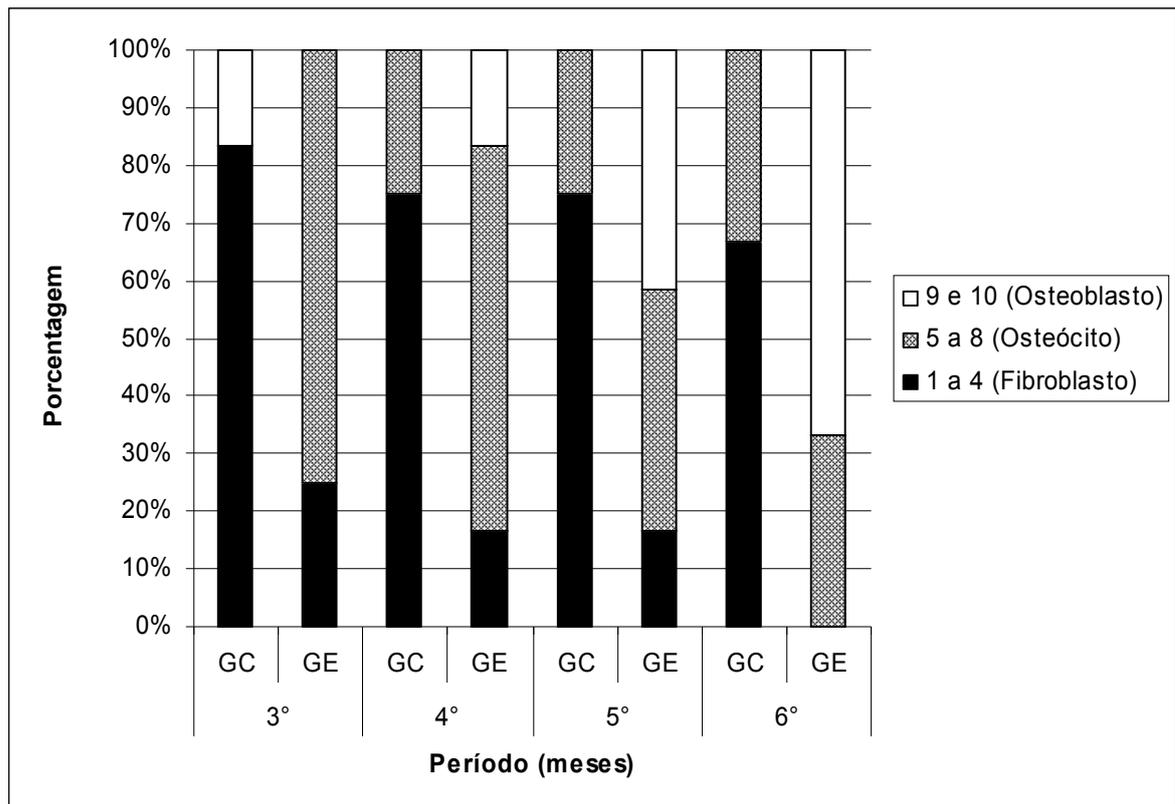


Figura 14: Análise dos especialistas quanto ao tipo do regenerato por período de tratamento.

O sistema de classificação de Li *et al* (2006) demonstrou ser uma ferramenta útil para a avaliação dos calos ósseos. Foi possível relacionar características radiográficas em vários estágios do período de regeneração e possíveis problemas que poderiam conduzir a um resultado pobre. Nas Figuras 11 a 14, as classificações por forma quanto por tipo é simplificada para 3 densidades ósseas que combinadas ao momento de regulação do FEC, permite inferir se o calo ósseo está sofrendo tração ou se está em fase de consolidação atrasada ou adiantada. Maior homogeneidade do calo ósseo resultará em boa consolidação, enquanto que um padrão heterogêneo provavelmente progride para um resultado pobre.

Nas Figuras 11 e 12 é interessante notar que a avaliação dos especialistas corrobora com os achados do processamento de imagens e da densitometria óptica. GE apresenta formas predominantemente boas e regulares, enquanto GC formas principalmente regulares e ruins. Quanto ao tipo, em GC há predomínio dos tipos 1 a 4, enquanto GE apresenta os tipos 5 a 8, seguido dos tipos 9 a 10, mostrando superioridade na consolidação óssea dos indivíduos praticantes de exercícios.

Na Figura 13 nota-se que no 3º mês GC apresenta em sua maioria calo ósseo na forma regular. No decorrer do tratamento (4º mês) há uma modificação da classificação da forma para ruim e uma diminuição do percentual para a forma boa. No 5º mês não há calo ósseo considerado bom, porém é um mês onde deveria existir em virtude da compressão e

conseqüentemente aumento da densidade óssea. O 6º mês apresenta calos ósseos em sua maioria classificados como ruins ou regulares. Pode-se inferir que somente o FEC não ofereceu a estes indivíduos uma forma de regenerato de boa qualidade. GE não apresentou nenhuma classificação do regenerato de forma 5, demonstrando a superioridade da qualidade do calo ósseo independente do momento do tratamento realizado pelo FEC. A partir do 4º mês a predominância da forma do regenerato é boa (forma 1 e 2).

Como ilustra a Figura 14, GC tem predominância de tipos de baixa densidade óssea (fibroblastos) independente do período analisado. Apresenta aproximadamente 15% de tipos 9 e 10 no 3º mês de tratamento, o que não se repete, evidenciando que o estímulo de tração-compressão proporcionado pelo FEC não foi suficiente para manter a massa óssea existente. Portanto, ocorreu perda da massa óssea. Por outro lado, GE apresenta neste mesmo mês basicamente os tipos 5 a 8 (regenerato de média densidade óssea/osteócitos). Com o decorrer do tratamento há um aumento progressivo da densidade óssea em GE demonstrado pelo aumento do percentual de tipos 9 e 10.

4.4 Considerações Finais

Com base nos resultados obtidos com a mensuração da densidade óptica, do processamento de imagens e da análise visual pode-se inferir que os indivíduos que realizaram atividade física (GE) apresentaram, além do estímulo do FEC também contração muscular, que garante uma homogeneidade na composição óssea e melhora da osteogênese. Existe forte associação entre a massa óssea e a força exercida pelos músculos adjacentes. Portanto, os músculos, uma vez estimulados desencadearão aumento osteoblástico na região óssea próxima do local onde se inserem (NORDSTROM *et al*, 1995). Visto que nos indivíduos de GC a composição óssea é heterogênea devido ao estímulo para a osteogênese ser basicamente oferecido pelo FEC.

As consolidações nas regiões medial e lateral, avaliadas através da densitometria e da análise visual, estão diretamente relacionadas quanto à forma do regenerato (Li et al, 2006). A forma 1 (fusiforme) ocorre quando a consolidação supera o diâmetro do próprio osso, com uma forma avantajada e a forma 2 (cilíndrica) quando a consolidação atinge o diâmetro do osso. Em ambos os casos, tanto as regiões mediais quanto laterais consolidam na mesma proporção, como visualizado em GE.

Em GC foram predominantes as formas 3 (côncava) e 4 (lateral). A forma 3 está associada com uma resposta óssea pobre, acentuada na fase de tração, que resulta num aumento da densidade óptica nas posições 3 e 4. A forma 4 indica problemas no calo ósseo,

como diferença de vascularização. Há uma predominância de tecido mole (fibroblastos) sobre a corticotomia e assim um aumento da densidade óptica nas posições 3 ou 4, resultando em um regenerato que necessita ser reavaliado.

Quanto ao tipo, Li *et al* (2006) sugere que os tipos 1, 4, 5 e 8 pertencem a um calo ósseo pobre, sendo os tipos 1 e 4 de boa evolução e os tipos 5 e 8 apresentando características adversas que alertam o médico para reavaliar o calo ósseo. Correlacionando com a densitometria observa-se que as posições analisadas apresentaram alta densidade óptica. Os tipos 2, 6 e 9 são homogêneos e apresentam um padrão tranquilizador, pois são esperados numa boa consolidação óssea. O tipo 6 é o padrão ideal e o tipo 9 o padrão esperado para a retirada do FEC. A densitometria apresentou baixa densidade óptica que corresponde a uma boa regeneração óssea.

Os tipos 3 e 7 são heterogêneos e podem evoluir para um mau prognóstico, principalmente o tipo 3 com tendência a alta densidade óptica devido à grande quantidade de fibroblasto. Porém o tipo 7 normalmente evolui para bom prognóstico e apresenta diminuição da densidade óptica, ou seja, aumento de osteócitos e osteoblastos. O tipo 10 mesmo sendo um padrão heterogêneo, também prediz a retirada do FEC, como o calo ósseo do tipo 6.

Observa-se que o GC apresenta uma análise visual com um regenerato heterogêneo de qualidade regular para ruim com forma 4 ou 5 e tipos 1 a 4, necessitando reavaliação médica. Esta análise foi corroborada tanto pelo processamento de imagens, que apresentou como resultado uma distribuição irregular, como pelas medidas densitométricas, que demonstraram alta densidade óptica.

O software foi útil para quantificar os três tipos celulares (fibroblastos, osteócitos e osteoblastos), bem como sua distribuição no regenerato. É esperado que a consolidação ocorra da corticotomia para a região central do regenerato. Com o software foi possível visualizar a deposição de osteoblastos próximos a corticotomia no GE, que seria difícil apenas com a análise visual.

No GC o software demonstrou claramente a deposição de osteoblastos de maneira irregular, caracterizando as formas 3, 4 e 5 descritas por Li *et al* (2006), bem como dos osteócitos e fibroblastos. Foi possível visualizar pontos isolados de ossificação dentro de calo mole (fibroblastos), caracterizando um calo ósseo heterogêneo.

Em relação à densitometria nota-se que os indivíduos de GE apresentam um mesmo comportamento: há um aumento da densidade óptica nos meses de tração, justificado pelo aumento dos fibroblastos e uma diminuição da densidade óptica nos meses de compressão.

Resumindo, GE apresentou uma análise visual com um regenerato homogêneo, de qualidade ideal a satisfatória, forma 1 ou 2; tipo 6, 8, 9 e 10, corroborado tanto pelo software, que apresentou uma distribuição regular e adequada, como pela densitometria, que demonstrou uma baixa densidade óptica nos períodos de compressão e alta densidade nos períodos de tração. Para GC os especialistas classificaram os calos ósseos como heterogêneos, de resposta pobre, com forma 3, 4 e 5 e tipos 1 a 4. O software demonstrou uma distribuição irregular e inadequada e a densitometria apresentou, em sua maioria, pontos de alta densidade óptica.

O tempo de utilização do FEC, que é em média de 10 a 18 meses, para GE foi reduzido. Na prática, os 4 indivíduos de GE retiraram o FEC em torno de 3 meses (em média) antes do período previsto pelo ortopedista responsável. Isso ocorreu porque os 4 indivíduos de GE apresentaram a resposta óssea similar quando submetidos à atividade física.

A análise das imagens radiográficas realizada com o auxílio do *software* de processamento de imagens Image WW v.1.0 apresenta concordância com as medidas de densidade óptica e com a análise visual realizada pelos especialistas. Essas análises demonstraram porque os indivíduos de GE retiraram o FEC antes do tempo previsto pelo ortopedista.

5 CONCLUSÃO

O estudo realizado encontrou evidências de que o exercício físico é benéfico para os indivíduos usuários de FEC e aumenta de fato a velocidade de formação óssea, reduzindo o tempo de permanência com FEC. Conseqüentemente, melhora também a qualidade de vida destes indivíduos, que podem retornar as suas atividades de vida diária.

O método empregado para avaliação da influência do exercício físico sobre a consolidação óssea em usuários de FEC proporcionou resultados importantes e quantitativos. O processamento de imagens é um útil instrumento para a quantificação de osteoblastos, osteócitos e fibroblastos, bem como para a avaliação da distribuição destas células dentro do regenerato. A densitometria permitiu relacionar a densidade óptica com a fase do tratamento (tração-compressão) do FEC e avaliar a atividade óssea durante o tratamento.

A análise visual realizada por especialistas relacionou as características do regenerato, oferecendo a classificação de resultado bom ou pobre, fornecendo um método de avaliação que monitora o progresso da regeneração e permite predizer problemas potenciais bem como ajustes do FEC de maneira precoce. Possibilitou uma relação entre a classificação quanto a forma e ao tipo de consolidação óssea com os resultados obtidos com o processamento de imagens e a densitometria.

REFERÊNCIAS

AARON A, WEINSTEIN D, THICKMAN D, EILERT R. Comparison of orthoroentgenography and computed tomography in the measurement of limb-length discrepancy. **J Bone Joint Surg Am**, v.74, 1992, p. 897-902.

BONGIOVANI J C. Metodologia de Ilizarov no tratamento das pseudoartroses de tibia. **Rev. Bras. Ortop.**, 2:3 Jul/Set, 1994.

CATAGNI M A. Evolução, involução e resolução do aparelho de Ilizarov. **Rev. Bras. Ortop.**; v.33, 1998, p.599-602.

CHILIBECK P D, SALE D G, WEBBER C E. Exercise and bone mineral density, **Spots Med**; v.19, 1995, p. 103-22.

GARDNER T N, EVANS M, SIMPSON H, KENWRIGHT J. A method of examining the magnitude and origin of “soft” and “hard” tissue forces resisting limb lengthening. **Med. Eng. Phys.**, v.19, jul/1997, p. 405-11.

GOLYAKHOVSKY V, FRANKEL V H. **Manual de técnicas operatórias do método de Ilizarov**, Rio de Janeiro: Revinter, 1996.

GREEN S A. e cols. Editorial Comment, **Clin. Orthop**, 280, Julho/1992, p.104-16.

GRIMSTON S K, WILLOWS N D, HANLEY D A. Mechanisms loading regime and its relationship to bone mineral density in children. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.25, 1993, 1203-10.

HASANKHANI E, PAYVANDI M T, BIRJANDINEJAD A. The Ilizarov ring external fixation in complex open fractures of the tibia. **European Journal of Trauma**, v.32, n.1 , fev/2006, p.63.

HOPPENFELD S. **Princípios biomecânicos dos dispositivos de fixação –tratamento e reabilitação de fraturas**. São Paulo: Manole, 2001.

HOSALKAR H S, JONES S, HARTLEY J, HILL R, Three-dimensional tomography of relapsed infantile blount’s disease. **Clin. Orthop. Related Research**, fev/2005, p. 176-80

ILIZAROV G A. Transosseus osteosynthesis – theoretical and clinical aspects of the regeneration and growth of tissue. **Transosseus Osteosynthesis** Berlim: Springer, 1992, p.369-449.

ILIZAROV G A. The apparatus: components and biomechanical principles of application. **Transosseus Osteosynthesis**, Berlim: Springer, 1992, p.63-176

KRAHL H, MICHAELIS U, PIEPER H G, QUACK G, MONTAG M. Stimulation of bone growth through sports. **Am. Sports Med**, v. 22, 1994, p.751-7.

LEME M J. Fisioterapia em movimento em intervenção fisioterápica em pacientes submetidos ao aparelho fixador externo de Ilizarov, **Rev. Fisioterapia em Movimento** 7 (1), abr/set 1994, p.17-33.

LI R, SALEH M, YANG L, COULTON L. Radiographic classification of osteogenesis during bone distraction. **J Orthop Research**, mar/2006 p.339-47.

MCARDLE, W.D., KATCH, F.I., KATCH, V.L., **Fisiologia do Exercício – energia, nutrição e desempenho humano**, 4ª edição, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan , 1999.

MERCADANTE, J L. **Histórico do aparelho de Ilizarov**. Clinica Ortopédica, Medsi, 2000.

NETO J S H. **Por que, quando e como usar a fixação externa na urgência**. Clinica Ortopédica, Medsi, 2000.

NORDSTRÖM P, THORSEN K, NORDSTROM G, BERGSTROM E, LORENTZON R. Bone mass, muscle strength, and different body constitutional parameters in adolescent boys with a low or moderate exercise level, **Bone**, v.17, 1995, p.351-6.

NOVELLINE R A. **Fundamentos de Radiologia de Squire**. Porto Alegre : Artmed. 5ª edição , 1999, p.356.

ORBAY G L, FRANKEL V H, KUMMER F J. The effect of wire configuration on the stability of the Ilizarov external fixator. **Clin. Orthop**. v.279, 1992, p.299-302.

PALEY D. Problems, obstacles and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. **Clin. Orthop**. v.250, jan/1990, p.81-103.

PATIL S. Tibial and femoral nonunion is treated using the Ilizarov technique. **Med Devices & Surgical Tech Week**. Atlanta: out/2006, p.304.

PLAPLER P G. Osteoporose e exercícios. **Rev. Hosp. Clin. Fac. Med. Universidade São Paulo**, v. 52, 1997, p.163-70.

POWERS, S.K., HOWLEY, E.T. **Fisiologia do exercício – teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 3ª edição, São Paulo: Manole, 2000.

RAMOS M R F, ROTHANDE I S. **Principio de biomecânica dos fixadores externos**. Clin. Ortopédica, Medsi, 2000, p.263-73.

RODRIGUES F L. Reabilitação durante o tratamento com fixadores externos. **Rev. Bras. Ortopedia** v.1 (2) , jun/2000, p.489-94.

SHEIKH B, **Determinando o momento de consolidação da fratura. Tratamento e reabilitação de fraturas**, São Paulo: Manole, 2001.

SHEVTSOV V I, DIACHKOVA G V, MENSCHIKOVA T I, GREBENYUK L A. Radiosonographic substantiation of algorithms for examination of patients during operative lengthening of the tibia. **Bull Hosp Jt Dis**, v.61, 2003, p. 108-13.

SNOW C M, WILLIAMS D F, LARIVIERE J, FRUCHS R K, ROBINSON T L. Bone gains and losses follow season training and detraining in gymnasts. **Calcif Tissue Int**, v. 69, 2001, p.7-12.

SOUZA P M, MARCHIORI E, DINOÁ V A, KNACKFUSS I G. Aspectos radiográficos e ultra-sonográficos dos pacientes submetidos a alongamento ósseo pelo método de Ilizarov. **Rev Bras Radiol** v.36 n.6 nov-dez/2003.

WATANABE W T, DREYFUSS J L, TERSARIOL I L S, BISSACO M A S, **Quantificação automática de marcadores em imagens de imunohistoquímica de dupla marcação**. In: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, Salvador, nov/2008. (CD-ROM).

APÊNDICE 1

A Tabela 3 mostra um resumo dos resultados obtidos com o processamento de imagens efetuado para avaliação da consolidação óssea dos indivíduos dos grupos experimental e controle durante os quatro meses de acompanhamento do tratamento.

Tabela 5: Resumo da quantificação (pixels) do GC e GE nos meses analisados.

Indivíduos	Classificação	Grupo experimental				Grupo Controle			
		Meses							
		3°	4°	5°	6°	3°	4°	5°	6°
1	Osteoblasto	381	6789	4003	406	2860	2553	1	0
	Osteócito	3450	1243	3617	4032	5806	7595	579	158
	Fibroblasto	1945	476	1125	0	2444	6067	7626	8887
2	Osteoblasto	3605	0	39	343	203	4757	27	0
	Osteócito	9903	6114	621	3547	2982	4574	4690	107
	Fibroblasto	2694	9579	8912	5747	5580	1012	5839	8738
3	Osteoblasto	3	0	2646	3809	1374	3135	0	3063
	Osteócito	3831	8180	393	4551	2261	2607	1502	677
	Fibroblasto	8246	3496	599	828	641	788	2854	547
4	Osteoblasto	0	0	0	0	765	349	2110	1671
	Osteócito	4278	274	2519	2072	255	2289	2606	2747
	Fibroblasto	332	2869	2831	1803	479	2141	1493	1007

APÉNDICE 2

As tabelas abaixo mostram um resumo dos resultados obtidos com o análise visual efetuado para avaliação da consolidação óssea dos indivíduos dos grupos experimental e controle durante os quatro meses de acompanhamento do tratamento.

Tabela 6: Avaliação dos especialistas quanto a forma do regenerato

Indivíduos	Grupo	Experimental				Controle			
	Meses Especialista	3°	4°	5°	6°	3°	4°	5°	6°
1	E1	4	1	4	2	1	4	5	5
	E2	3	2	3	1	5	5	5	5
	E3	3	2	4	1	5	5	5	5
2	E1	2	2	2	2	4	3	4	5
	E2	2	2	2	2	2	2	3	2
	E3	2	2	2	2	4	3	4	5
3	E1	4	3	2	2	3	3	3	3
	E2	1	3	2	1	3	3	3	3
	E3	1	2	2	1	3	3	3	3
4	E1	3	2	2	2	4	4	4	3
	E2	3	2	2	2	4	4	5	4
	E3	3	2	2	2	4	5	5	4

Tabela 7: Avaliação dos especialistas quanto ao tipo do regenerato

Indivíduos	Grupo	Experimental				Controle			
	Meses Especialista	3°	4°	5°	6°	3°	4°	5°	6°
1	E1	1	2	4	6	2	3	4	8
	E2	1	2	4	9	10	3	5	8
	E3	1	6	6	9	10	3	5	8
2	E1	6	7	9	10	4	6	8	1
	E2	6	6	7	10	3	6	2	5
	E3	6	6	9	10	4	6	3	1
3	E1	6	7	7	10	2	3	1	3
	E2	6	9	7	7	2	1	1	3
	E3	6	9	9	9	2	1	1	3
4	E1	6	7	10	10	1	1	1	3
	E2	6	7	10	7	1	1	1	3
	E3	6	7	7	7	1	1	1	3

ANEXO A - Aprovação do comitê de ética do Hospital.

Para a realização do trabalho nos pacientes com FEC, além do encaminhamento do ortopedista responsável pela FEC do hospital foram submetidas/aprovadas ao comitê de ética do hospital para realização da avaliação, tratamento e aquisição das imagens dos pacientes.

**ANEXO 3**

SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE
COORDENADORIA DE SAÚDE DA REGIÃO METROPOLITANA DA GRANDE
SÃO PAULO
HOSPITAL GERAL DE VILA NOVA CACHOEIRINHA
"DR. ALVARO SIMOES DE SOUZA"

São Paulo, 07 de janeiro de 01

Mem. Circ. 03/01

À

Fisioterapeuta Silmara Patricia Correia da Silva Macri

Considerando a solicitação de V. Senhoria e após avaliação desta comissão, vimos pelo presente liberar a autorização para a realização neste Hospital do trabalho sobre sua responsabilidade através da abordagem cinesioterapeuica em pacientes com fixador externo circular avaliando a melhora da dor e qualidade de vida.

Esclarecemos que todo o trabalho com pacientes deverá obedecer rigorosamente todos os preceitos de ética, sem qualquer prejuizo ao mesmo.


Dr. Joicemar Tarouco Amaro
MD. Presidente da Comissão de Ética Médica

ANEXO B - Descrição da Avaliação

AVALIAÇÃO DO GRUPO EXPERIMENTAL

- Material utilizado: fichas de avaliação, caneta, fita métrica, tubos de ensaio, água quente, gelo, maca e Raios-X. Era realizada no ambulatório do hospital com iluminação de luz branca, local arejado e de fácil acesso.
- Anamnese: dados pessoais, número do registro hospitalar, número do registro fisioterapêutico.
- História pregressa da moléstia atual (HPMA): mecanismo de fratura, data do acidente, data da cirurgia, tratamento pregresso para esta fratura.
- Exames complementares: Raios-X, pré e pós operatório.
- Marcha: modo de locomoção utilizado pelo paciente uso de aditamentos, descarga de peso.
- Edema: avaliado pela circunferência do membro com fita métrica, com referência para os locais de mensuração os anéis e/ou os pinos de Shanz, colocados em diferentes alturas, palpação (formação de cacifo).
- Dor: escala analógica de dor.
- Tipo de fratura, deformidades e encurtamentos ósseos eram avaliados pelos Raios-X.
- Amplitude de movimento: por meio de mobilizações passivas e solicitação de movimentos ativos livres.

Após a avaliação os sujeitos foram orientados quanto aos objetivos da fisioterapia, sobre o próprio tratamento e noções de higiene do aparelho.

AVALIAÇÃO DO GRUPO CONTROLE

- Material utilizado: fichas de avaliação, caneta, fita métrica, tubos de ensaio, água quente, gelo, maca e Raios-X. Era realizada no ambulatório do hospital com iluminação de luz branca, local arejado e de fácil acesso.
- Anamnese: dados pessoais, número do registro hospitalar, número do registro fisioterapêutico.
- História pregressa da moléstia atual (HPMA): mecanismo de fratura, data do acidente, data da cirurgia, tratamento pregresso para esta fratura.
- Exames complementares: Raios-X, pré e pós operatório.

ANEXO C - Descrição do Tratamento Cinesioterapêutico

Para a realização do trabalho cinesioterapêutico foram necessários: macas, colchonetes, lençóis, *thera band* (faixas elásticas) nas cores azul, preta e prata, pois cada cor significa uma tensão, tornozeleiras de 0,5 a 2 quilos, faixas crepe, pesos de 0,5 a 2 quilos, travesseiros, bolas plásticas, espelho, espaldar e andador.

O tratamento cinesioterapêutico é dividido em duas fases: 1) fase de alongamento osseo, e 2) fase compressão óssea.

Tabela 8: Descrição de exercícios fase de alongamento ósseo.

FASE DE ALONGAMENTO ÓSSEO:

Manter e/ou aumentar força muscular e trofismo	<ul style="list-style-type: none"> - Isométricos e anisometria para membros superiores (MMSS) e cintura escapular: manguito rotador, bíceps, tríceps-sural, deltóide, redondo maior, rombóides, latíssimo do dorso, peitoral maior e menor. - <i>Push-up</i>, com e sem elevação do tronco. - Sentado, segurando em sua mão um <i>thera band</i> fixo no espaldar, realizava a flexão e extensão de cotovelo; flexão, extensão, rotação interna e externa de braço; movimentos funcionais (padrões funcionais de movimento). - Sentado segurando um peso (resistência gradativa) em sua mão realizava os movimentos descritos no exercício acima. - Isométricos e anisometria para MMII: em um primeiro momento os exercícios foram ativos assistidos e com a melhora da força muscular passaram para ativos livres, pois o próprio aparelho já é um peso extra. Realizado para adutores, extensores e flexores de joelho, tríceps-sural, intrínsecos do pé.
Adequação da marcha	Treino de marcha, com ou sem a utilização de aditamentos.
Manter e/ou aumentar a amplitude de movimento	<ul style="list-style-type: none"> - Mobilizações para quadril, joelho (incluindo a mobilização patelar), tornozelo, e pé. - Com a diminuição da dor, os alongamentos globais, com direcionamento para o MMII acometido. - Para os MMSS mobilizações e exercícios pendulares de Codman.
Minimizar edemas com otimização da circulação artério-venosa e linfática	- Exercícios linfomiocinéticos.
Manter esquema corporal	- exercícios e treino de marcha realizados em frente ao espelho ou em posição de semi Fowler.

Tabela 9: Descrição dos exercícios fase de compressão óssea

FASE DE COMPRESSÃO ÓSSEA:

Manter e/ou aumentar a força muscular	<ul style="list-style-type: none"> - Exercícios resistidos por meio de tornozeleiras e <i>thera band</i>. - Em pé, pés lado a lado, apoiado em um andador ou espaldar, realizava a descarga de peso no membro com fixador, com o movimento de balanço do corpo. O exercício era alterado colocando o membro com o fixador à frente ou atrás. - Em pé, com apoio do andador, com um <i>thera band</i> fixo ao espaldar e ao redor de sua perna (sem FEC), fazer os movimentos de adução de coxa (fortalecimento de adutores), abdução de coxa (fortalecimento de abdutores), flexão de quadril fortalecimento de flexores) e extensão de coxa (fortalecimento de extensores). - Movimentos de flexão, extensão, rotação, adução e abdução de coxa; flexão e extensão de perna; e dorsiflexão, flexão plantar, inversão, eversão de pé com resistência manual.
Adequação da marcha	Treino de marcha com as alterações de descarga de peso corporal.
Manter e/ou aumentar a amplitude de movimento	Os mesmos exercícios da fase de alongamento e as mobilizações eram realizados, e foi introduzido nesta fase o auto-alongamento para ísquio-tibiais, tríceps-sural, adutores, trato iliotibial, quadríceps.
Minimizar edemas com otimização da circulação artério-venosa e linfática	- Exercícios linfomocinéticos.
Promover relaxamento da musculatura acometida	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicas de auto-relaxamento. - Alongamento.
Melhorar a coordenação motora e o equilíbrio	<ul style="list-style-type: none"> - Percursos e circuitos. - Exercícios em apoio bipodal e, depois unipodal. - Deambulação: primeiro sem a utilização de aditamentos em solos estáveis e, depois em solo instáveis.
Manter esquema corporal	- exercícios e treino de marcha realizados em frente ao espelho ou em posição de semi Fowler.

Como auxiliar para que ocorresse a diminuição da dor utilizamos dois recursos:

- **Crioterapia:** Para esta modalidade eram utilizados sacos plásticos, luvas de procedimento, formas de gelo e um freezer. Caso o sujeito referi-se dor era colocado sacos de gelo sobre a pele por vinte minutos, encaixando o saco plástico com gelo por entre os fios e pinos. Caso o local dificulta-se a colocação do saco de gelo, o gelo era quebrado em pequenas pedras e colocado dentro de luvas de procedimento com água. Os dedos da luva se acomodavam de maneira satisfatória entre os fios e pinos. Durante a aplicação do gelo o posicionamento do sujeito era sentado ou em decúbito dorsal com o membro inferior em elevação a 45° (posição de drenagem).

- T.E.N.S.: Transestimulation Neurosensitive ou Estimulação Elétrica Transcutânea do Nervo. É uma onda quadrada, assimétrica, bifásica com um componente de CD de rede igual a zero. A área sob a onda positiva é igual à área sob a onda negativa. Não são produzidos efeitos finais polares, caracterizando a TENS dentro dos parâmetros técnicos do aparelho, é um estimulador elétrico capaz de excitar nervos periféricos com eletrodos cutâneos, cujo os estímulos gerados são pulsos de tensão regular com amplitude variável de aproximadamente 85 V, frequência de 2-200 Hz com duração de 20-900 ms (KITCHEN 1998, RODRIGUES 1998). O aparelho utilizado foi da marca CARCI, modelo Tensmed IV, com quatro canais, 110 v, com gel de acoplamento da CARCI. As placas de carbono eram fixadas à pele com fita crepe. A aplicação era sobre a região da dor. Caso a aparelho não permitisse era colocado o mais próximo possível da dor. A modalidade utilizada era de alta frequência e baixo pulso de maneira contínua, ou em breve intenso (alta frequência e pulso, em trens de pulso), pois são as mais utilizadas e descritas em literatura para analgesia rápida. A TENS era aplicado por um período de vinte a trinta minutos. Convém salientar que quando os sujeitos necessitavam de uma medida analgésica, apresentavam-se ao setor de fisioterapia uma hora antes da sessão de exercícios terapêuticos, para poderem realizar a crioterapia ou TENS.

ANEXO D – Formulário para a avaliação visual

Tabela 10: Formulário para preenchimento da avaliação visual.

Imagem	Forma	Tipo	Imagem	Forma	Tipo
Sujeito 1 – a			Sujeito 5 – a		
Sujeito 1 – b			Sujeito 5 – b		
Sujeito 1 – c			Sujeito 5 – c		
Sujeito 1 – d			Sujeito 5 – d		
Sujeito 2 – a			Sujeito 6 – a		
Sujeito 2 – b			Sujeito 6 – b		
Sujeito 2 – c			Sujeito 6 – c		
Sujeito 2 – d			Sujeito 6 – d		
Sujeito 3 – a			Sujeito 7 – a		
Sujeito 3 – b			Sujeito 7 – b		
Sujeito 3 – c			Sujeito 7 – c		
Sujeito 3 – d			Sujeito 7 – d		
Sujeito 4 – a			Sujeito 8 – a		
Sujeito 4 – b			Sujeito 8 – b		
Sujeito 4 – c			Sujeito 8 – c		
Sujeito 4 – d			Sujeito 8 – d		

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)