

Imp. p. 23.6.98

Cal neg

RICARDO FONSECA RIBEIRO

fl

DESENVOLVIMENTO ÓSSEO DE TÍBIAS E FÊMURES,
QUANTO AO COMPRIMENTO, MASSA, VOLUME E
DENSIDADE, EM AVES (Gallus gallus L.) SUBMETIDAS A
FRATURAS DA TÍBIA DURANTE O PERÍODO
DE CRESCIMENTO

fl

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Médicas da Universidade
Estadual de Campinas para o
concurso à Livre Docência, no
Departamento de Ortopedia e
Traumatologia.

Campinas - São Paulo

1988

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

AGRADECIMENTOS

A execução do presente trabalho somente foi possível graças à colaboração e auxílio de várias pessoas a quem queremos consignar nossos agradecimentos:

- . ao Sr. OCTÁVIO FONSECA RIBEIRO, meu pai, por ter cuidado das aves, nos auxiliado a sacrificá-las e a retirar as peças para estudo e por seu constante incentivo;
- . ao Prof. SALVADOR AFFONSO PINHEIRO, do Departamento de Anatomia da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, que gentilmente fez a preparação das peças ósseas;
- . ao Prof. AQUILES E. PIEDRABUENA, do Departamento de Genética e Evolução do Instituto de Biologia da UNICAMP, que analisou os resultados das experiências-piloto, orientou o planejamento da experiência definitiva e fez análise crítica da redação;
- . ao Prof. CURT EGON HENNIES, do Departamento de Eletrônica Quântica do Instituto de Física da UNICAMP, que ideou e construiu o equipamento, para medir o volume das peças ósseas, e que, incansavelmente, nos auxiliou em todas as mensurações realizadas tanto das experiências-piloto como da definitiva;
- . aos membros da Disciplina de Bioestatística do Departamento de Medicina Preventiva da Escola Paulista de Medicina, Profs. ELIAS RODRIGUES DE PAIVA e NEIL FERREIRA NOVO e Dona YÁRA JULIANO, pela orientação na análise estatística e na confecção dos gráficos e tabelas.

Com especial carinho, agradecemos ao Prof. WALTER PEREIRA LESER. Realizada a coleta de dados, não encontrávamos a maneira conveniente de analisar as informações obtidas e de discernir o realmente importante do secundário. Ao Prof. Leser devemos a execução desta análise e orientação de como apresentá-la e redigir o trabalho. Sem sua ajuda e inesgotável paciência diante de nossas limitações, a presente pesquisa não teria sido levada até o final.

Finalmente, agradecemos, aos Profs. GOTTFRIED KÖBERLE, J.P. MARCONDES DE SOUZA, JOÃO ALVARENGA ROSSI e HUMBERTO DE CAMPOS, as críticas recebidas, e, ao Prof. MARIO PHILOMENO CALEIRO LIMA, o fornecimento, por meio da BIREME, dos xerox dos artigos de que necessitávamos.

ÍNDICE

	Pág.
I - INTRODUÇÃO	1
II - MATERIAL E MÉTODOS	4
II - 1. Medida de Comprimento	7
II - 2. Medida de Massa	7
II - 3. Medida de Volume	7
II - 4. Métodos Estatísticos	11
III - RESULTADOS	13
IV - ANÁLISE DOS RESULTADOS	26
V - APRECIÇÃO DOS RESULTADOS ANALÍTICOS	33
V - 1. Comparações, em cada grupo, entre as tíbias, direita e esquerda, nas diferentes variáveis (Tabelas II a V e X, Gráficos I e II)	33
V - 2. Comparações envolvendo: tíbias direitas fratu radas e o controle correspondente (Cd, Dd e Bd); tíbias esquerdas fraturadas e o controle correspondente (Ce, Ee e Be) (Tabelas II a V e XII, Gráficos I e II)	35
V - 3. Comparações em cada grupo, entre os fêmures, direito e esquerdo, nas diferentes variáveis (Tabelas VI a IX e XI e Gráficos III e IV)...	38
V - 4. Comparações envolvendo: fêmures de animais com fratura tibial à direita e os do controle cor respondente (Cd, Dd e Bd); fêmures de animais com fratura tibial à esquerda e os do contro le correspondente (Ce, Ee e Be) (Tabelas VI a IX e XIII, Gráficos III e IV)	39
VI - DISCUSSÃO	42

	.iv.
	Pág.
VII - RESUMO E CONCLUSÕES	45
VIII - SUMMARY AND CONCLUSIONS.....	47
IX - BIBLIOGRAFIA.....	49

ÍNDICE DE TABELAS

Tabelas	Pág.
I Massa (em g) dos animais segundo os grupos experimen tais	15
II Comprimento (em mm) e comprimento relativo (em mm/g x 1000) das tíbias, segundo os grupos experimentais e os lados	16
III Massa (em g) e massa relativa (em g/g x 1000) das tí bias, segundo os grupos experimentais e os lados ...	17
IV Volume (em cm ³) e volume relativo (em cm ³ /g x 1000) das tíbias, segundo os grupos experimentais e os la dos	18
V Densidade (em g/cm ³) das tíbias, segundo os grupos ex perimentais e os lados	19
VI Comprimento (em mm) e comprimento relativo (em mm/g x 1000) dos fêmures, segundo os grupos experimentais e os lados	20
VII Massa (em g) e massa relativa (em g/g x 1000) dos fêmu res, segundo os grupos experimentais e os lados ,...	21
VIII Volume (em cm ³) e volume relativo (em cm ³ /g x 1000) dos fêmures, segundo os grupos experimentais e os la dos	22

Tabelas

Pág.

IX	Densidade (em g/cm ³) dos fêmures, segundo os grupos experimentais e os lados	23
X	Comparações entre as tíbias direita e esquerda, em cada grupo, segundo as variáveis. Teste de Wilcoxon.	27
XI	Comparações entre os fêmures direito e esquerdo, em cada grupo, segundo as variáveis. Teste de Wilcoxon.	28
XII	Comparações, em termos de valores absolutos e relativos de mensurações das tíbias, entre grupos com fratura à direita e o grupo controle, e entre grupos com fratura à esquerda e o grupo controle, segundo as variáveis. Teste de Kruskal-Wallis e comparações múltiplas baseadas nas somas de postos desse teste	31
XIII	Comparações, em termos de valores absolutos e relativos de mensurações dos fêmures, entre grupos com fratura da tíbia à direita e o grupo controle, e entre grupos com fratura da tíbia à esquerda e o grupo controle, segundo as variáveis. Teste de Kruskal-Wallis e comparações múltiplas baseadas nas somas de postos desse teste	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras

Pág.

I	Aparelho utilizado para medidas de volume	9
II	Representação esquemática do aparelho utilizado para medidas de volume	10

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráficos		Pág.
I	Médias aritméticas das mensurações das tíbias segundo as variáveis, os grupos experimentais e os lados	24
II	Médias aritméticas dos valores relativos das tíbias segundo as variáveis, os grupos experimentais e os lados	24
III	Médias aritméticas das mensurações dos fêmures segundo as variáveis, os grupos experimentais e os lados	25
IV	Médias aritméticas dos valores relativos dos fêmures segundo as variáveis, os grupos experimentais e os lados	25

INTRODUÇÃO

É fato conhecido que crianças, com fratura do fêmur, em que a consolidação ocorreu com encurtamento ósseo, podem, após algum tempo, apresentar igualdade do comprimento dos membros pélvicos ou mesmo alongamento do lado fraturado (TRUESDELL, 1921; COLE, 1922, 1925; BURDICK & SIRIS, 1923; DAVID, 1924; JOHNSTON, 1925; ORR, 1926; CONWELL, 1929; AITKEN, BLACKETT & CINCOTTI, 1939; AITKEN, 1940; BLOMQVIST & RUDSTRÖM, 1943; BLOUNT, SCHAEFER & FOX, 1944; HEDBERG, 1944/5; NEER & CADMAN, 1957; GREVILLE & IVINS, 1957; PEASE, 1957; BARFOD & CHRISTENSEN, 1958/9; CALATI & POLI, 1959; DAME-RON & THOMPSON, 1959; STAHELI, 1967; GRIFFIN, ANDERSON & GREEN, 1972; WOOD, 1972; EDVARDBSEN & SYVERSEN, 1976; BATHFIELD, VERSFEL & SCHEPERS, 1979; BLOUNT, 1979; MEALS, 1979; REYNOLDS, 1981; SHAPIRO, 1981; MIDDLETON, 1982; LAUDA, SCHNEIDER & BERTOL, 1983; TERRA & TAVEIRA, 1983).

Em outros ossos longos, também foi descrito estímulo do crescimento longitudinal após fratura: rádio (AITKEN & col., 1939; CALATI & POLI, 1959); úmero (EMNÉUS, 1957; CALATI & POLI, 1959; EMNÉUS & HEDSTRÖM, 1964; HEDSTRÖM, 1969) e tíb^{ia} (CALATI & POLI, 1959; GREIFF & BERGMANN, 1980; REYNOLDS, 1981). É importante notar-se que este estímulo não se limita somente ao osso fraturado mas também atua em outros segmentos do membro traumatizado. Assim, foi constatado que, em fraturas de fêmur, a tíb^{ia} também cresce mais (COLE, 1925; PEASE, 1952, 1957; GREVILLE & IVINS, 1957; MEALS, 1979; SHAPIRO, 1981, 1982; REYNOLDS, 1981; MIDDLETON, 1982).

Varia, segundo os autores, a faixa etária em que este fenômeno é observado em grau máximo. Entretanto, o limite superior de idade é sempre situado abaixo dos catorze anos, e o inferior, em geral, acima dos dois. A maioria, porém, o coloca ao re-

dor dos sete anos (CONWELL, 1929; AITKEN & col., 1939; AITKEN, 1940; BLOMQVIST & RUDSTRÖM, 1943; HEDBERG, 1944/5; STAHELI, 1967; GRIFFIN & col., 1972; EDVARSEN & SYVERSEN, 1976; BATHFIELD & col., 1979; GREIFF & BERGMANN, 1980; SHAPIRO, 1981, 1982).

Variam também as opiniões de quanto cresce a mais o osso fraturado e de quanto o encurtamento inicial pode ser compensado. Alguns autores aceitam que o hipercrecimento é, em média, da ordem de 10 mm (JOHNSTON, 1925; AITKEN, 1940; BLOMQVIST & RUDSTRÖM, 1943; HEDBERG, 1944/5; BATHFIELD & col., 1979; MEALS, 1979; REYNOLDS, 1981; SHAPIRO, 1981 e MIDDLETON, 1982). Outros referem valores maiores que podem, em alguns casos, chegar até 33 mm (NEER & CADMAN, 1957; PEASE, 1957; BARFOD & CHRISTENSEN, 1958/9; GRIFFIN & col., 1972; EDVARSEN & SYVERSEN, 1976; BLOUNT, 1979).

O porquê desta resposta à fratura do osso em crescimento tem sido objeto de estudos e teorias. Uma das mais aceitas é aquela segundo a qual a fratura produz reação inflamatória e conseqüentemente hiperemia. A hiperemia é que estimularia o metabolismo da fise e levaria ao maior crescimento (BISGARD, 1936; COMPERE & ADAMS, 1937; WU & MILTNER, 1937; AITKEN & col., 1939; BLOUNT & col., 1944; TRUETA, 1953; EMNÉUS, 1957; SUNDEN, 1967).

Esta teoria, entretanto, é questionável. CRILLY (1972), baseado em trabalho experimental realizado em rádio de frangos, acha que o periósteeo funciona como um manquito fibroso que, mecanicamente, dificulta o crescimento ósseo. Quando é transversalmente seccionado, este bloqueio desaparece e o osso cresce mais, tanto quanto ocorre com uma fratura. Por outro lado, quando se provoca trauma muscular, ou lesão da artéria nutriente, ou secção longitudinal do periósteeo, que, teoricamente, levam a uma hiperemia, não se consegue estímulo comparável.

Alguns trabalhos experimentais foram realizados a

fim de se estudar diferentes aspectos desse fenômeno: a importância do tipo de fratura no estímulo do crescimento do osso fraturado (GREVILLE & JANES, 1955, 1957); o estímulo do crescimento pelas fises proximais e distais de tíbias e raios de coelhos, após perfuração da cortical desses ossos em níveis diferentes (HEDSTRÖM, 1969); a ação que fraturas, em diferentes segmentos ósseos, tem, no rato, sobre o ritmo de crescimento do membro fraturado e sobre o do membro normal (HANSSON, STENSTRÖM & THORNGREN, 1976); estímulo do crescimento da tíbia em fratura do fêmur e vice-versa (LEVANDER, 1929); ação das fraturas da tíbia no crescimento dos fêmures do lado fraturado e normal e a importância da resposta vascular (WRAY & GOODMAN, 1961), importância dos fatores endócrinos, na resposta do crescimento ósseo (SIMMONS & COHEN, 1980).

Não encontramos na literatura estudo em que outras variáveis físicas dos segmentos ósseos como massa, volume e densidade fossem quantificados, juntamente com as alterações do crescimento após fraturas. O objetivo do presente trabalho foi o de procurar obter estes dados, não só no segmento ósseo fraturado, como também no proximal e nos correspondentes do lado normal, em animais cujas fraturas evoluíram à própria sorte.

MATERIAL E MÉTODOS

Como animal de experimentação, preferimos utilizar o pinto (Gallus gallus L. em fase de crescimento). A escolha se justificou por se tratar de bípede para o qual seria mais fácil obter o número desejado de animais padronizados do ponto de vista genético, com a mesma idade e do mesmo sexo.

Foram, inicialmente, feitas duas experiências pilotos. Por seu intermédio, foi possível avaliar a idade ideal em que as aves deveriam ser submetidas à fratura, bem como padronizar a preparação das peças ósseas e as técnicas de mensuração. Também se pôde avaliar a época em que ocorre o fechamento das fises dos membros pélvicos, ou seja, quando ocorre o término do crescimento.

Tendo em conta a previsível conveniência de ser determinado o relacionamento das variáveis estudadas com a massa corpórea dos animais, estes foram pesados imediatamente após o sacrifício.

Optou-se por fraturar a tíbia, por ser este, na ave, o mais longo dos ossos dos membros pélvicos e, também, por ser o mais fácil de ser fraturado.

Foi decidido que o sacrifício dos animais se daria depois que tivesse ocorrido o fechamento da fise.

Foram utilizados 60 pintos, de raça Indian River Ito, linhagem fêmea, adquiridos com 1 dia de idade, como machos e já vacinados com Marek. Foram alimentados com ração para frango de corte, tipo crescimento, durante 15 dias. Posteriormente, até o término do experimento, com ração final. Os animais sempre dispunham de ração nos comedouros. Até o momento de serem submetidas à

fratura, foram todas as aves mantidas em um único galinheiro, com espaço suficiente para que o número delas fosse menor do que 10 por metro quadrado.

O planejamento experimental previu a formação de quatro grupos de animais assim definidos:

- . D: grupo de aves em que a tíbia direita seria fraturada;
- . E: grupo em que a tíbia esquerda seria fraturada;
- . B: grupo em que ambas as tíbias seriam fraturadas;
- . C: grupo controle, sem fratura.

Com 21 dias de idade, as aves foram distribuídas pelos quatro grupos experimentais. Para isso, eram apanhadas 4 aves do lote e, por sorteio, eram destinadas a cada um dos grupos, repetindo-se o procedimento até ficarem todos constituídos, e com 15 animais cada. Para facilitar o reconhecimento das aves de cada grupo, foram aplicados corantes diferentes em penas do dorso das aves dos grupos D, E e B. As do grupo D foram pintadas com violeta de genciana a 2%; as do grupo E com fucsina básica a 0,5%; as do grupo B com ácido pícrico em solução aquosa saturada.

Todas as fraturas foram praticadas nesse mesmo dia e pelo mesmo pesquisador. Foram feitas, manualmente, na tíbia, ao nível do terço médio, fletindo-se o osso na mesma direção e em sentidos opostos até se ter certeza de que a fratura fora completa.

Os animais foram, nesse dia, transferidos para um galinheiro maior, dividido em quatro partes iguais, uma para cada grupo, sendo a distribuição feita por sorteio. A intervalos regulares de 23 dias, foi feito rodízio dos grupos em sentido horário, de modo que passassem por todas as divisões, durante o mesmo inter

valo de tempo, até ser completado o período de permanência previsto, de 92 dias. Essas divisões do galinheiro eram de tamanho adequado para conter quatro aves por metro quadrado.

Durante a permanência nesse galinheiro, morreram doze animais: três do grupo D, um do grupo E e oito do grupo B. Além disso, com o desenvolvimento das aves, verificou-se que duas eram fêmeas, uma do grupo D e outra do grupo E, tornando-se necessário excluí-las do estudo.

Com 113 dias de vida, os animais remanescentes, 11 no grupo D, 13 no grupo E, 7 no grupo B e 15 no grupo C, foram sacrificados por fratura da coluna cervical, pesados em balança com precisão de 10 g, e depenados. As tíbias e fêmures foram descarnados a bisturi e identificados, mantendo-se os segmentos ósseos articulados entre si.

As peças foram maceradas, por uma semana, imersas em água parada. Todas as partes moles, inclusive o periosteio, foram retiradas com rugina e bisturi, conservando-se somente os ligamentos do joelho. Foram a seguir clareadas por imersão, durante 24 horas, em solução de peróxido de hidrogênio (água oxigenada a 130 volumes), diluída a 10%. Posteriormente, foram secadas ao sol e aplicou-se essência de terebintina nos ligamentos, para conservá-los e evitar mau cheiro. Finalmente, foram guardadas com pastilhas de naftalina.

Em todas as tíbias e fêmures foram medidos, diretamente, o comprimento, a massa e o volume, e, indiretamente, a densidade.

Para efetuar as medidas, foram seccionados os ligamentos do joelho, separando-se o fêmur da tíbia.

MEDIDA DE COMPRIMENTO

Levando em consideração o encurvamento e a deformação, variáveis de osso para osso, optou-se pelo método proposto por Rocha (1965): o segmento ósseo a ser medido era colocado sobre uma placa de retroprojektor e sua imagem projetada sobre uma tela, de modo que, nesta, o comprimento fosse aumentado cinco vezes. Este aumento foi escolhido por não provocar distorção apreciável. Em seguida, empregando-se um curvímeter Derby, em que cada divisão, no mostrador, corresponde a 1,0 cm no papel, media-se a imagem pelo seu eixo longitudinal. Dividindo-se por cinco o resultado da leitura direta no curvímeter, obtinha-se o comprimento ósseo. Com este método, a mensuração fornecia resultados com erro em torno de 1%.

MEDIDA DE MASSA

As peças eram pesadas empregando-se uma balança analítica, marca Seuter, modelo 404, de precisão de 10^{-4} g.

MEDIDA DE VOLUME

Foi a medida de volume que apresentou as maiores dificuldades técnicas, porquanto necessitávamos de um método que permitisse medir volumes, da ordem de 10 a 50 cm³, de peças de forma irregular, e que fosse capaz de detectar diferenças de 0,5 cm³, entre as peças. Para tal, foi ideado e construído pelo Prof. Curt Egon Hennies, do Departamento de Eletrônica Quântica do Instituto

de Física da UNICAMP, o aparelho representado na Figura 1, a seguir descrito.

Um reservatório cilíndrico (A), de 500 ml de volume, com 25 cm de altura útil e 55,2 mm de diâmetro interno, é preenchido com mercúrio até uma altura suficiente para cobrir completamente as peças ósseas nele mergulhadas, sem extravasar. É fixado a um suporte de madeira (D), por meio de uma braçadeira (B). Pela extremidade inferior, através de um tubo de borracha (C), comunica-se com um tubo (E) de 1000 mm de comprimento e 2,2 mm de diâmetro interno, cuja extremidade distal ao reservatório é dobrada em L para cima. O tubo E é montado em um suporte de alumínio (K) sobre uma escala milimétrica (F). O conjunto E, F e K é preso sobre um suporte de madeira (G) por meio de dois parafusos; o parafuso (I), proximal ao reservatório A, permite ao conjunto E, F e K pivotar, enquanto o distal (L) pode ser encaixado em qualquer dos furos (J), superpostos, do suporte, permitindo ao tubo E formar ângulos diferentes com a horizontal. O suporte (G) assenta sobre uma superfície plana, por meio de um suporte esférico (M), situado próximo ao tubo A, e de dois parafusos (H), colocados na extremidade oposta, que permitem regular seu nível e servem para colocar o primeiro furo (J) e o parafuso (I) na horizontal. No presente experimento, usou-se o quarto furo de baixo para cima, a uma distância de 30 mm da horizontal, determinando-se um ângulo de $1^{\circ}43'$, entre o tubo E e a horizontal. Para medir os volumes das peças ósseas, procedia-se da seguinte maneira: inicialmente, colocava-se um nível sobre o suporte G e, por meio dos parafusos H, colocava-se o suporte na horizontal. Lia-se, na escala milimétrica F, o nível N_1 do mercúrio; a seguir, a peça óssea era colocada em preservativo de borracha, visando a impedir a penetração do mercúrio no osso. Ao submergir-se

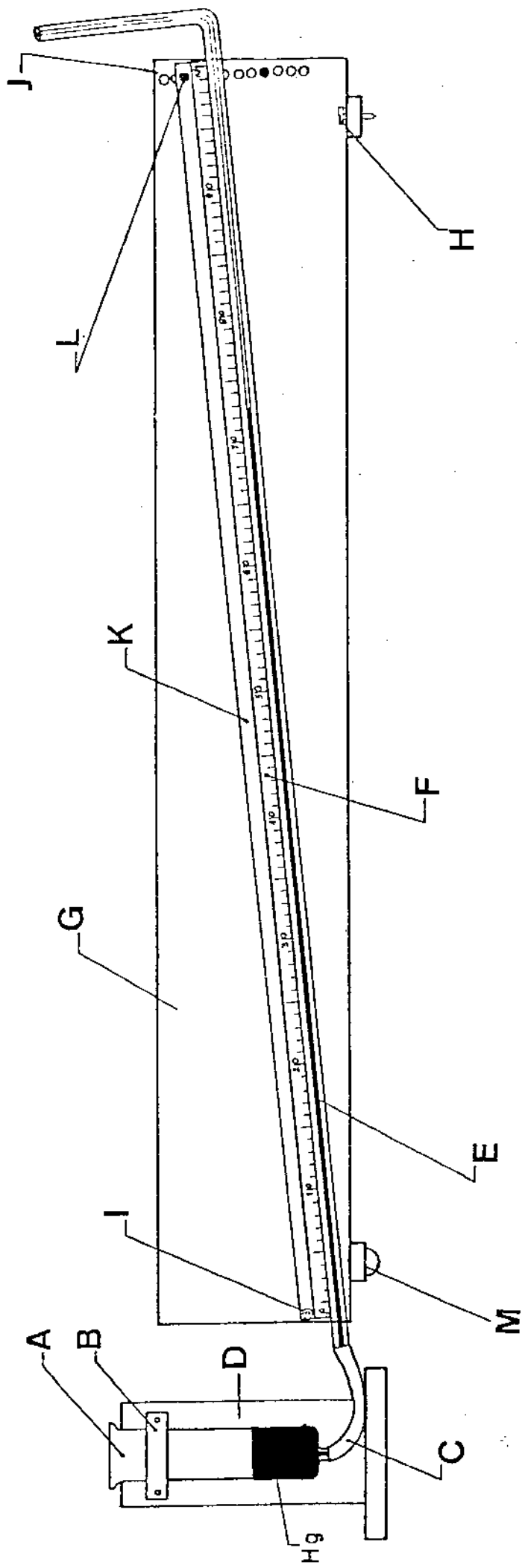


FIGURA 1. Aparelho utilizado para medidas de volume.

o conjunto no mercúrio, este exercia forte pressão sobre o preservativo, fazendo-o amoldar-se à superfície do osso. O volume do próprio preservativo foi considerado desprezível e, de qualquer forma, o erro resultante era constante. Para se vencer o empuxo que o mercúrio exerce sobre a peça, empregava-se um bastão de vidro, permitindo mergulhá-la até o ponto em que o mercúrio apenas a cobria. Fazia-se, a seguir, nova leitura na escala milimétrica, obtendo-se um valor N_2 . Subtraindo-se N_2 de N_1 , obtinha-se, em uma tabela previamente elaborada, o valor correspondente, em cm^3 , da peça óssea.

Como se vê na Figura 2, utilizou-se o princípio dos vasos comunicantes para determinar o volume de líquido deslocado com a introdução da peça óssea. O volume desta é igual ao volume de líquido que deslocou.

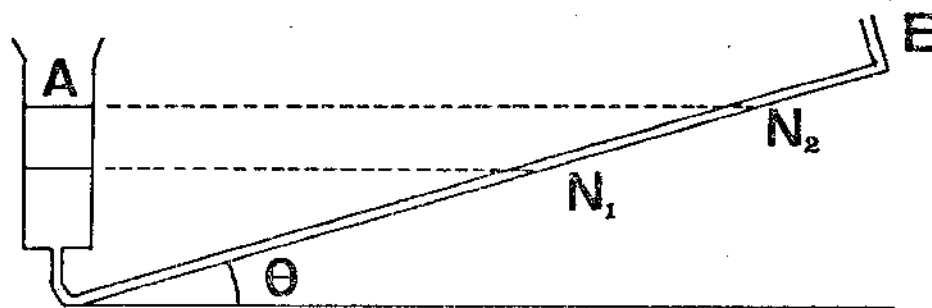


FIGURA 2. Representação esquemática do aparelho utilizado para medidas de volume.

Temos então:

$N_2 - N_1$ = comprimento correspondente ao deslocamento de líquido no tubo E (menor diâmetro);

$(N_2 - N_1) \text{ sen } \theta$ = altura correspondente ao deslocamento de líquido no tubo A (maior diâmetro).

Sendo R o raio interno do tubo A e r o raio interno do tubo E, temos:

$\pi R^2 (N_2 - N_1) \sin \theta$ = volume de líquido deslocado no tubo A;

$\pi r^2 (N_2 - N_1)$ = volume de líquido deslocado no tubo E.

Logo, o volume de líquido deslocado (V) e, portanto, da peça óssea, é obtido pela fórmula:

$$V = \pi R^2 (N_2 - N_1) \sin \theta + \pi r^2 (N_2 - N_1) = (\pi R^2 \sin \theta + \pi r^2) (N_2 - N_1)$$

Fixado o ângulo θ , o primeiro fator, $\pi R^2 \sin \theta + \pi r^2$, assume o valor constante, k, para um aparelho, de forma que:

$V = k (N_2 - N_1)$, o que permite elaborar tabela para determinação do valor de V em função de N_2 e N_1 .

MÉTODOS ESTATÍSTICOS (Campos, 1983; Hollander e Wolfe, 1973; Siegel, 1956)

Tendo-se em conta a natureza e as distribuições das variáveis, preferiu-se recorrer a testes não paramétricos, utilizando-se os seguintes:

- . teste de Wilcoxon, para comparações de duas amostras com valores pareados, calculando-se a estatística T;
- . teste de Kruskal-Wallis, para comparação de mais de duas amostras, com valores não pareados, calculando-se a estatística H ou, com a correção para empates, a estatística H'.

Sendo significante, ao nível a seguir indicado, o valor encontrado para a estatística H ou H' , foram feitas comparações múltiplas baseadas nas somas de postos do teste de Kruskal - Wallis, adotando-se, como valores críticos para o módulo da diferença entre as médias dos postos de dois grupos comparados, $\left| \overline{R}_i - \overline{R}_j \right|$, os fornecidos pela aproximação, proposta por Dunn, para a "diferença mínima significativa" (dms), quando se trata de grandes amostras com números não iguais de observações, nos diferentes grupos.

Rejeitou-se a hipótese de nulidade quando a probabilidade de ocorrência casual das diferenças observadas era menor que 5%; este valor foi adotado, também, para a "taxa de erro experimental" (experimentwise error rate), no caso das comparações múltiplas.

A hipótese alternativa foi sempre definida como bicaudal. A aceitação da hipótese de nulidade é indicada com as letras NS e a sua rejeição, ao nível fixado, por um asterisco (*), após o valor da estatística calculada. Dois asteriscos (**) indicam que a esse valor corresponde probabilidade menor do que 1%.

RESULTADOS

Os quatro grupos estudados serão designados pelas iniciais maiúsculas, a saber: controle, C; tibia fraturada à direita, D; tibia fraturada à esquerda, E e tibia fraturada bilateralmente, B. Os lados direito e esquerdo serão, respectivamente, indicados pelas iniciais minúsculas d e e, formando os seguintes subgrupos:

- . Cd = grupo controle, osso do lado direito;
- . Ce = grupo controle, osso do lado esquerdo;
- . Dd = grupo com fratura à direita, osso do lado direito;
- . De = grupo com fratura à direita, osso do lado esquerdo;
- . Ed = grupo com fratura à esquerda, osso do lado direito;
- . Ee = grupo com fratura à esquerda, osso do lado esquerdo;
- . Bd = grupo com fratura bilateral, osso do lado direito;
- . Be = grupo com fratura bilateral, osso do lado esquerdo.

Os resultados das medidas da massa dos animais estão apresentados na Tabela I; os das quatro variáveis estudadas, nas tíbias e nos fêmures, figuram nas Tabelas de II a IX.

Tendo em vista a diversidade da massa dos animais, nos diferentes grupos, foram calculadas as seguintes razões:

- . $\frac{\text{comprimento da tibia}}{\text{massa do animal}} \times 1000$, que será designada por "comprimento relativo" da tibia;
- . $\frac{\text{massa da tibia}}{\text{massa do animal}} \times 1000$, que será designada por "massa relativa" da tibia;
- . $\frac{\text{volume da tibia}}{\text{massa do animal}} \times 1000$, que será designada por "volume relativo" da tibia;

- . $\frac{\text{comprimento do fêmur}}{\text{massa do animal}} \times 1000$, que será designada por "comprimento relativo" do fêmur;
- . $\frac{\text{massa do fêmur}}{\text{massa do animal}} \times 1000$, que será designada por "massa relativa" do fêmur;
- . $\frac{\text{volume do fêmur}}{\text{massa do animal}} \times 1000$, que será designada por "volume relativo" do fêmur.

Os valores obtidos para essas razões estão apresentados nas tabelas de II a IV e de VI a VIII.

Ao pé de cada tabela de I a IX, figuram os valores das medidas de posição de cada distribuição; também são apresentados, a título informativo, os valores do desvio padrão estimado e do coeficiente de variabilidade de Pearson. Os símbolos empregados são os seguintes:

- . $\bar{X}$ = média aritmética;
- . M_i = mediana;
- . $\bar{\sigma}$ = desvio padrão estimado;
- . CV = coeficiente de variação de Pearson.

As médias aritméticas das mensurações e dos valores relativos calculados, tanto para tíbias como para fêmures, são apresentadas nos Gráficos de I a IV, nos quais as colunas hachuradas correspondem ao lado com fratura.

TABELA I. Massa (em g) dos animais segundo os grupos experimentais.

	C	D	E	B
	4 100	2 280	2 180	2 150
	4 380	2 560	2 650	1 890
	4 400	2 580	4 500	2 300
	4 500	2 280	4 520	2 410
	3 810	4 090	3 750	2 800
	3 360	4 020	3 900	3 900
	4 120	4 320	4 300	3 750
	3 590	4 180	3 740	
	4 310	3 820	3 090	
	4 550	3 750	3 790	
	4 490	3 860	3 880	
	4 620		4 220	
	5 000		3 720	
	4 610			
	4 000			
$\bar{X}$	4 256	3 431	3 711	2 743
Ml	4 380	3 750	3 790	2 410
$\hat{\sigma}_0$	431	819	696	790
CV	10%	24%	19%	29%

TABELA II. Comprimento (em mm) e comprimento relativo (em mm/g x 1 000) das tíbias, segundo os grupos experimentais e os lados.

C						D						E						B					
Absoluto			Relativo			Absoluto			Relativo			Absoluto			Relativo			Absoluto			Relativo		
d	e	d	e	d	e	d	e	d	e	d	e	d	e	d	e	d	e	d	e	d	e	d	e
170	170	41,5	41,5	154	146	67,5	64,0	146	152	67,0	69,7	151	148	70,2	68,8								
170	169	38,8	38,6	140	146	54,7	57,0	160	159	60,4	60,0	126	129	66,7	68,3								
164	165	37,3	37,5	144	145	55,8	56,2	168	171	37,3	38,0	150	150	65,2	65,2								
178	177	39,6	39,3	142	154	62,3	67,5	174	165	38,5	36,5	148	158	61,4	65,6								
166	166	43,6	43,6	164	164	40,1	40,1	168	161	44,8	42,9	163	154	58,2	55,0								
164	164	48,8	48,8	154	156	28,3	38,8	171	160	43,8	41,0	164	162	42,1	41,8								
166	166	40,3	40,3	164	168	38,0	38,9	174	175	40,5	40,7	167	165	44,5	44,0								
164	162	45,7	45,1	162	168	38,8	40,2	150	159	42,8	42,5												
160	160	37,1	37,1	159	162	41,6	42,4	160	158	51,8	51,1												
174	172	38,2	37,8	169	174	45,1	46,4	155	157	40,9	41,4												
168	169	37,4	37,6	160	166	41,5	43,0	166	167	42,8	43,0												
168	166	36,4	35,9					169	169	40,0	40,0												
180	179	36,0	35,8					155	162	44,4	43,5												
166	167	36,0	36,2																				
168	168	42,0	42,0																				
Σ						168,4	166,0	39,91	39,81	155,6	159,0	47,61	48,59	164,3	162,7	45,77	45,41	152,7	152,4	58,33	58,39		
M						168	167	38,8	38,6	159	162	41,6	43,0	163	161	42,8	42,5	151	154	61,4	65,2		
s						5,41	5,08	3,79	3,77	9,80	10,19	10,59	10,63	7,97	6,40	8,83	9,49	14,04	12,09	10,97	11,54		
CV						3%	3%	9%	9%	6%	6%	22%	22%	5%	4%	19%	21%	9%	8%	19%	20%		

TABELA III. Massa (em g) e massa relativa (em g/g x 1 000) das tíbias, segundo os grupos experimentais e os lados.

C						D						E						B					
Absoluto			Relativo			Absoluto			Relativo			Absoluto			Relativo			Absoluto			Relativo		
d	e		d	e		d	e		d	e		d	e		d	e		d	e		d	e	
27,5	26,5		6,71	6,49		21,8	20,5		9,61	8,99		17,2	20,9		7,89	9,59		26,0	22,9		12,09	10,65	
27,6	27,4		6,30	6,26		23,5	22,6		9,18	8,83		24,4	26,2		9,21	9,89		17,9	18,8		9,47	9,95	
27,3	26,4		6,20	6,00		23,8	24,2		9,22	9,38		25,6	31,9		5,69	7,09		25,6	25,7		11,13	11,17	
29,7	29,5		6,60	6,56		25,1	18,4		11,01	8,07		28,2	32,8		6,24	7,26		21,7	23,9		9,00	9,92	
21,8	22,3		5,72	5,85		26,8	23,3		6,55	5,70		26,4	28,9		7,04	7,71		27,6	26,2		9,86	9,36	
25,2	25,5		7,50	7,59		27,5	23,2		6,84	5,77		22,4	25,4		5,74	6,51		26,6	29,2		6,82	7,49	
25,0	25,1		6,07	6,09		32,8	28,5		7,59	6,83		26,5	33,8		6,19	7,86		32,0	31,2		8,53	8,32	
22,6	22,1		6,30	6,16		31,6	24,1		7,56	5,77		22,2	22,0		5,94	5,88							
25,0	24,2		5,80	5,61		30,2	23,9		7,91	6,26		27,4	28,4		8,87	9,19							
30,0	31,4		6,59	6,90		35,0	27,8		9,33	7,41		24,6	27,6		6,49	7,28							
25,3	24,3		5,63	5,41		27,5	24,3		7,12	6,30		29,7	31,8		7,65	8,20							
27,5	28,1		5,95	6,08								26,0	28,2		6,16	6,68							
30,5	31,3		6,10	6,26								27,4	30,2		7,37	8,12							
27,8	27,3		6,03	5,92																			
24,8	24,5		6,20	6,12																			
$\bar{X}$	26,51		6,247	6,220		27,78	23,71		8,356	7,210		25,24	26,32		6,960	7,789		25,34	25,41		9,557	9,551	
MA	27,3		6,20	6,12		27,5	23,9		7,91	6,83		26,0	28,4		6,49	7,71		26,0	25,7		9,47	9,92	
$\bar{S}$	2,56		0,47	0,53		4,20	2,84		1,40	1,40		3,23	3,95		1,17	1,21		4,48	4,10		1,72	1,29	
CV	10%		8%	9%		15%	12%		17%	19%		13%	14%		17%	16%		18%	16%		18%	14%	

TABELA IV. Volume (em cm³) e volume relativo (em cm³/g x 1 000) das tíbias, segundo os grupos experimentais e os lados.

C					D					E					B				
Absoluto		Relativo			Absoluto		Relativo			Absoluto		Relativo			Absoluto		Relativo		
d	e	d	e	e	d	e	d	e	e	d	e	d	e	e	d	e	d	e	e
33,5	34,2	8,17	8,34		31,0	26,5	13,50	11,62	23,1	27,2	10,60	12,48		32,5	29,7	15,12	13,81		
36,2	34,6	8,26	7,90		35,1	32,8	13,71	12,81	34,7	37,1	13,09	14,00		20,6	21,9	10,90	11,59		
32,7	31,3	7,43	7,11		34,9	33,3	13,53	12,91	33,1	41,9	7,36	9,31		29,7	31,5	12,91	13,70		
38,4	38,3	8,53	8,51		34,8	25,0	15,26	10,96	38,0	45,6	8,41	10,09		26,5	28,7	11,00	11,91		
29,7	30,6	7,80	8,03		39,4	33,8	9,63	8,26	37,3	41,0	9,95	10,93		34,9	33,9	12,46	12,11		
32,1	30,7	9,55	9,14		34,7	29,0	8,63	7,21	31,7	38,0	8,13	9,74		32,3	35,3	8,28	9,05		
34,1	34,1	8,28	8,28		41,5	38,5	9,61	8,91	33,7	42,2	7,64	9,81		40,4	39,3	10,77	10,48		
29,1	28,1	8,11	7,83		39,4	33,0	9,43	7,89	37,2	32,7	9,55	8,74							
32,7	30,4	7,59	7,05		37,5	31,0	9,82	8,12	34,7	36,2	11,23	11,72							
40,0	42,2	8,79	9,27		50,8	52,0	13,55	13,87	30,5	34,1	8,05	9,00							
32,7	32,6	7,28	7,26		37,5	33,8	9,72	8,76	38,4	44,0	9,90	11,34							
34,1	34,7	7,38	7,51						33,1	35,6	7,84	8,44							
39,9	39,6	7,98	7,92						34,1	39,3	9,17	10,56							
36,6	35,3	7,94	7,66																
31,0	31,3	7,75	7,82																
$\bar{X}$	34,19	33,87	8,056	7,975	37,87	33,52	11,499	10,120	33,82	38,07	9,348	10,474		30,99	31,47	11,634	11,807		
ML	33,5	34,1	7,98	7,90	37,5	33,0	9,82	8,91	34,1	38,0	9,17	10,09		32,3	31,5	11,00	11,91		
σ	3,40	3,84	0,59	0,66	5,18	7,18	2,39	2,37	4,03	5,06	1,65	1,60		6,29	5,54	2,14	1,59		
CV	10%	11%	7%	8%	14%	21%	21%	23%	12%	13%	18%	15%		20%	18%	18%	14%		

TABELA V. Densidade (em g/cm³) das tíbias, segundo os grupos experimentais e os lados.

C		D		E		B	
d	e	d	e	d	e	d	e
0,821	0,778	0,703	0,774	0,745	0,768	0,800	0,771
0,762	0,792	0,670	0,689	0,703	0,706	0,869	0,858
0,835	0,843	0,682	0,727	0,773	0,761	0,862	0,816
0,773	0,770	0,721	0,736	0,742	0,719	0,819	0,833
0,734	0,729	0,680	0,689	0,708	0,705	0,791	0,773
0,785	0,831	0,793	0,800	0,707	0,668	0,824	0,827
0,733	0,736	0,790	0,740	0,789	0,801	0,792	0,794
0,777	0,786	0,802	0,730	0,597	0,573	—	—
0,765	0,796	0,805	0,771	0,790	0,785	—	—
0,750	0,744	0,689	0,535	0,807	0,809	—	—
0,774	0,745	0,733	0,719	0,773	0,723	—	—
0,806	0,810	—	—	0,785	0,792	—	—
0,764	0,790	—	—	0,804	0,768	—	—
0,760	0,773	—	—	—	—	—	—
0,800	0,783	—	—	—	—	—	—
$\bar{X}$	0,7759	0,7804	0,7335	0,7191	0,7479	0,7445	0,8224
Mi	0,773	0,783	0,721	0,730	0,773	0,761	0,819
$\bar{\sigma}$	0,029	0,033	0,054	0,070	0,058	0,048	0,032
CV	4%	4%	7%	10%	8%	6%	4%

TABELA VI. Comprimento (em mm) e comprimento relativo (em mm/g x 1 000) dos fêmures, segundo os grupos experimentais e os lados.

C				D				E				B				
Absoluto		Relativo		Absoluto		Relativo		Absoluto		Relativo		Absoluto		Relativo		
d	e	d	e	d	e	d	e	d	e	d	e	d	e	d	e	
117	119	28,5	29,0	104	103	45,6	45,2	101	103	46,3	47,2	99	103	46,0	47,9	
118	118	26,9	26,9	108	107	42,2	41,8	112	114	42,3	43,0	93	89	49,2	47,1	
116	115	26,4	26,1	102	103	39,5	39,9	116	114	25,8	25,3	108	102	47,0	44,3	
122	123	27,1	27,3	108	104	47,4	45,6	121	121	26,8	26,8	102	104	42,3	43,2	
112	112	29,4	29,4	112	114	27,4	27,9	119	116	31,7	30,9	113	113	40,4	40,4	
118	117	35,1	34,6	110	110	27,4	27,4	114	116	29,2	29,7	112	114	28,7	29,2	
115	115	27,9	27,9	120	120	27,8	27,8	122	121	28,4	28,1	113	111	30,1	29,6	
114	114	31,8	31,8	113	113	27,0	27,0	107	112	28,6	29,9					
114	114	26,5	26,5	110	109	28,8	28,5	111	114	35,9	36,9					
120	119	26,4	26,2	122	124	32,5	33,1	107	111	28,2	29,3					
116	116	25,8	25,8	111	112	28,8	29,0	117	119	30,2	30,7					
114	113	24,7	24,5					117	116	27,7	27,5					
122	120	24,4	24,0					110	110	29,6	29,6					
118	117	25,6	25,4													
116	116	29,0	29,0													
X	116,8	116,5	27,70	27,64	110,9	110,8	34,04	33,93	113,4	114,4	31,59	31,92	105,7	105,1	40,53	40,24
M	116	116	26,9	26,9	110	110	28,8	29,0	114	114	29,2	29,7	108	104	42,3	43,2
S	2,93	2,92	2,81	2,85	5,97	6,79	8,02	7,61	6,13	4,86	6,21	6,51	7,87	8,67	8,15	7,81
CV	3%	3%	10%	10%	5%	6%	24%	22%	5%	4%	20%	20%	7%	8%	20%	19%

TABELA VII. Massa (em g) e massa relativa (em g/g x 1 000) dos fêmures, segundo os grupos experimentais e os lados.

C					D					E					B				
Absoluto		Relativo			Absoluto		Relativo			Absoluto		Relativo			Absoluto		Relativo		
d	e	d	e	e	d	e	d	e	e	d	e	d	e	e	d	e	d	e	e
18,2	18,3	4,44	4,46		11,5	12,3	5,04	5,39		11,9	10,2	5,46	4,68		11,3	14,0	5,26	6,51	
19,4	19,0	4,43	4,34		12,2	13,8	4,77	5,39		16,4	15,3	6,19	5,77		9,7	10,1	5,13	5,34	
19,3	19,0	4,39	4,32		11,4	12,5	4,42	4,84		18,1	18,6	4,02	4,13		12,7	13,2	5,52	5,74	
21,6	21,3	4,80	4,73		11,6	13,2	5,09	5,79		20,2	19,5	4,47	4,31		13,7	12,3	5,68	5,10	
15,8	16,0	4,15	4,20		17,7	17,6	4,33	4,30		16,4	15,7	4,37	4,19		15,3	15,9	5,46	5,68	
17,5	17,2	5,21	5,12		16,0	16,0	3,98	3,98		16,9	17,8	4,33	4,56		17,9	17,0	4,59	4,36	
17,2	17,4	4,17	4,22		21,1	20,9	4,88	4,84		20,8	19,8	4,84	4,60		16,2	18,0	4,32	4,80	
15,8	16,1	4,40	4,48		18,5	17,9	4,50	4,23		16,6	14,8	4,44	3,96						
18,3	17,6	4,25	4,08		18,3	17,4	4,79	4,55		17,5	15,5	5,70	5,05						
21,4	21,2	4,70	4,66		20,2	19,4	5,39	5,17		17,4	17,8	4,53	4,70						
18,1	17,9	4,03	3,99		16,9	18,2	4,38	4,72		17,3	15,9	4,46	4,10						
18,2	18,1	3,94	3,92							16,8	16,6	3,98	3,93						
20,9	21,0	4,18	4,20							17,9	16,6	4,81	4,46						
19,2	19,4	4,16	4,21																
16,2	17,8	4,55	4,45																
X	18,61	18,49	4,387	4,359	15,97	16,29	4,688	4,841		17,25	16,48	4,743	4,495		13,83	14,36	5,137	5,361	
ML	18,2	18,1	4,39	4,32	16,9	17,4	4,77	4,84		17,3	16,6	4,47	4,46		13,7	14,0	5,68	5,34	
$\bar{e}$	1,76	1,68	0,33	0,31	3,68	2,94	0,41	0,55		2,11	2,48	0,66	0,50		2,85	2,78	0,50	0,70	
CV	9%	9%	8%	7%	23%	18%	5%	11%		12%	15%	14%	11%		21%	19%	10%	13%	

TABELA VIII. Volume (em cm³) e volume relativo (em cm³/g x 1 000) dos fêmures, segundo os grupos experimentais e os lados.

C						D						E						B					
Absoluto			Relativo			Absoluto			Relativo			Absoluto			Relativo			Absoluto			Relativo		
d	e		d	e		d	e		d	e		d	e		d	e		d	e		d	e	
23,4	23,8		5,71	5,80		15,6	16,2		6,84	7,11		15,2	12,3		6,97	5,64		10,2	14,9		4,74	6,93	
24,7	24,2		5,64	5,53		17,4	19,2		6,80	7,50		23,1	20,9		8,72	7,89		8,8	8,4		4,66	4,44	
23,5	23,1		5,34	5,25		14,7	15,7		5,70	6,09		21,7	23,0		4,82	5,11		12,8	13,5		5,57	5,87	
27,5	27,5		6,11	6,11		15,0	17,4		6,58	7,63		27,5	26,9		6,08	5,95		14,0	12,3		5,81	5,10	
21,2	21,3		5,56	5,59		24,1	23,7		5,89	5,79		22,2	19,6		5,92	5,23		16,5	18,2		5,89	6,50	
19,2	20,5		5,71	6,10		19,6	19,0		4,88	4,73		24,0	24,0		6,15	6,15		19,9	18,5		5,10	4,74	
23,9	23,0		5,60	5,58		25,1	25,0		5,81	5,79		26,5	23,2		6,16	5,40		19,5	19,6		5,20	5,23	
19,6	19,0		5,46	5,29		23,2	21,8		5,55	5,22		20,3	19,8		5,43	5,29							
23,3	20,8		5,41	4,93		22,5	24,5		5,09	6,41		21,5	18,3		6,96	5,92							
27,7	27,9		6,09	6,13		25,9	26,7		6,91	7,12		20,9	21,7		5,51	5,73							
22,8	22,4		5,08	4,99		23,8	25,4		6,17	6,68		21,5	20,2		5,54	5,21							
22,5	21,6		4,87	4,68								20,6	20,3		4,88	4,81							
25,4	26,2		5,08	5,24								22,7	21,2		6,10	5,70							
24,0	23,5		5,21	5,10																			
20,9	20,9		5,22	5,22																			
$\bar{x}$	23,31		23,05	5,486		5,429	20,63		21,33	6,093		6,370	22,13		20,88	6,095		5,695	14,53		15,06	5,281	5,544
ML	23,4		23,0	5,46		5,29	22,5		21,8	5,89		6,41	21,7		20,9	6,08		5,64	14,0		14,9	5,20	5,23
σ	2,48		2,58	0,37		0,46	4,28		3,98	0,64		0,94	3,01		3,42	1,03		0,76	4,33		4,02	0,49	0,92
CV	11%		11%	7%		8%	21%		19%	10%		15%	14%		16%	17%		13%	30%		27%	9%	17%

TABELA IX. Densidade (em g/cm³) dos fêmures, segundo os grupos experimentais e os lados.

C		D		E		B	
d	e	d	e	d	e	d	e
0,778	0,769	0,737	0,759	0,783	0,829	1,108	0,940
0,785	0,785	0,701	0,719	0,710	0,732	1,102	1,202
0,821	0,823	0,776	0,796	0,834	0,809	0,992	0,978
0,785	0,775	0,773	0,759	0,735	0,725	0,979	1,000
0,745	0,751	0,734	0,743	0,739	0,801	0,927	0,874
0,911	0,839	0,816	0,842	0,704	0,742	0,899	0,919
0,720	0,757	0,841	0,836	0,785	0,853	0,831	0,918
0,806	0,847	0,810	0,821	0,818	0,747	-	-
0,785	0,846	0,813	0,710	0,819	0,852	-	-
0,773	0,760	0,780	0,727	0,833	0,820	-	-
0,794	0,799	0,710	0,717	0,805	0,787	-	-
0,809	0,838	-	-	0,816	0,818	-	-
0,823	0,802	-	-	0,789	0,783	-	-
0,800	0,826	-	-	-	-	-	-
0,871	0,852	-	-	-	-	-	-
$\bar{x}$	0,8004	0,8046	0,7719	0,7663	0,7823	0,7922	0,9769
Mi	0,794	0,802	0,776	0,759	0,789	0,801	0,979
$\bar{\sigma}$	0,046	0,036	0,046	0,049	0,046	0,044	0,102
CV	6%	4%	6%	6%	6%	6%	10%

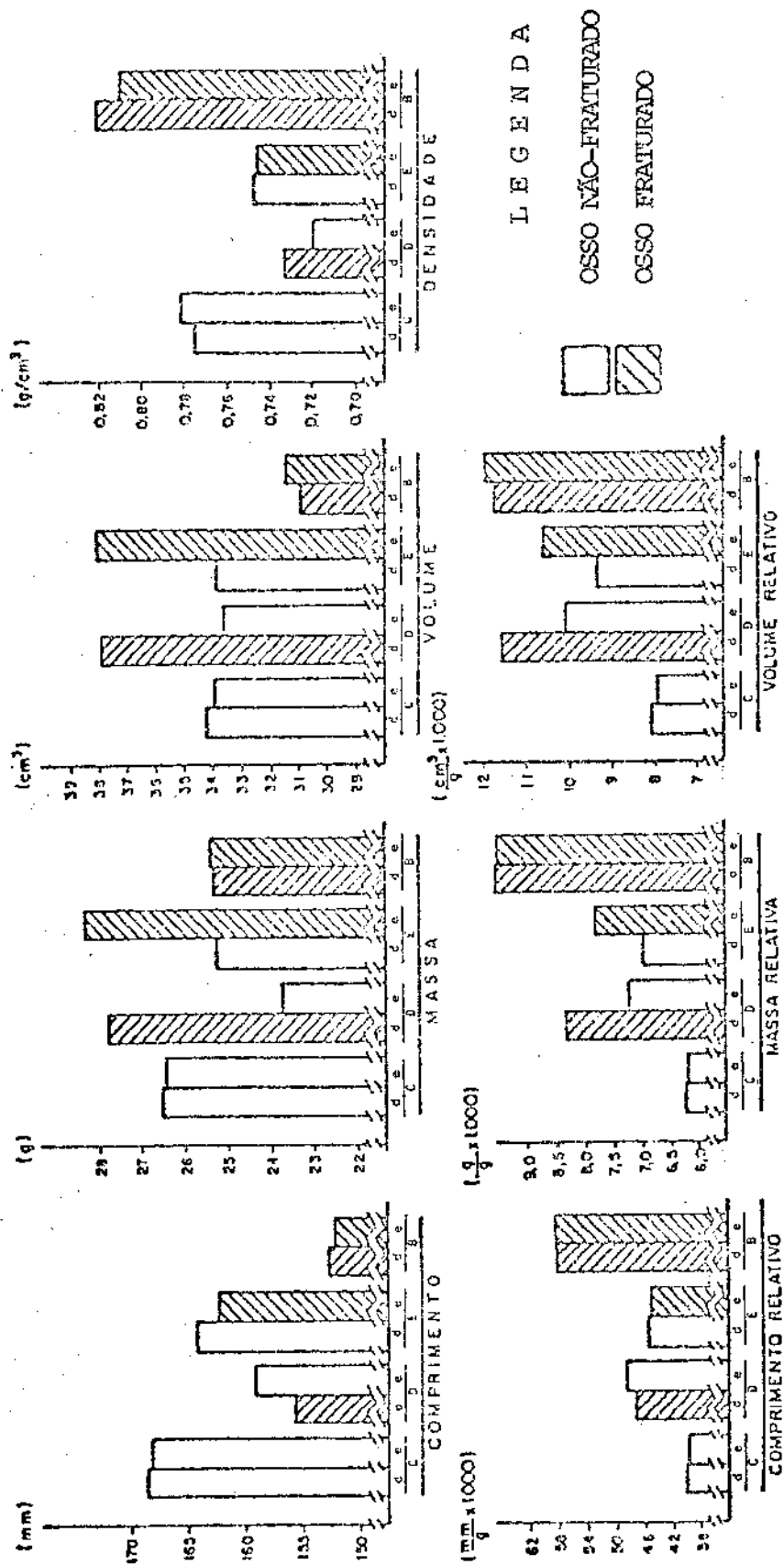


GRÁFICO I (acima). Médias aritméticas das mensurações das tíbias segundo as variáveis, os grupos experimentais e os lados.

GRÁFICO II (abaixo). Médias aritméticas dos valores relativos das tíbias segundo as variáveis, os grupos experimentais e os lados.

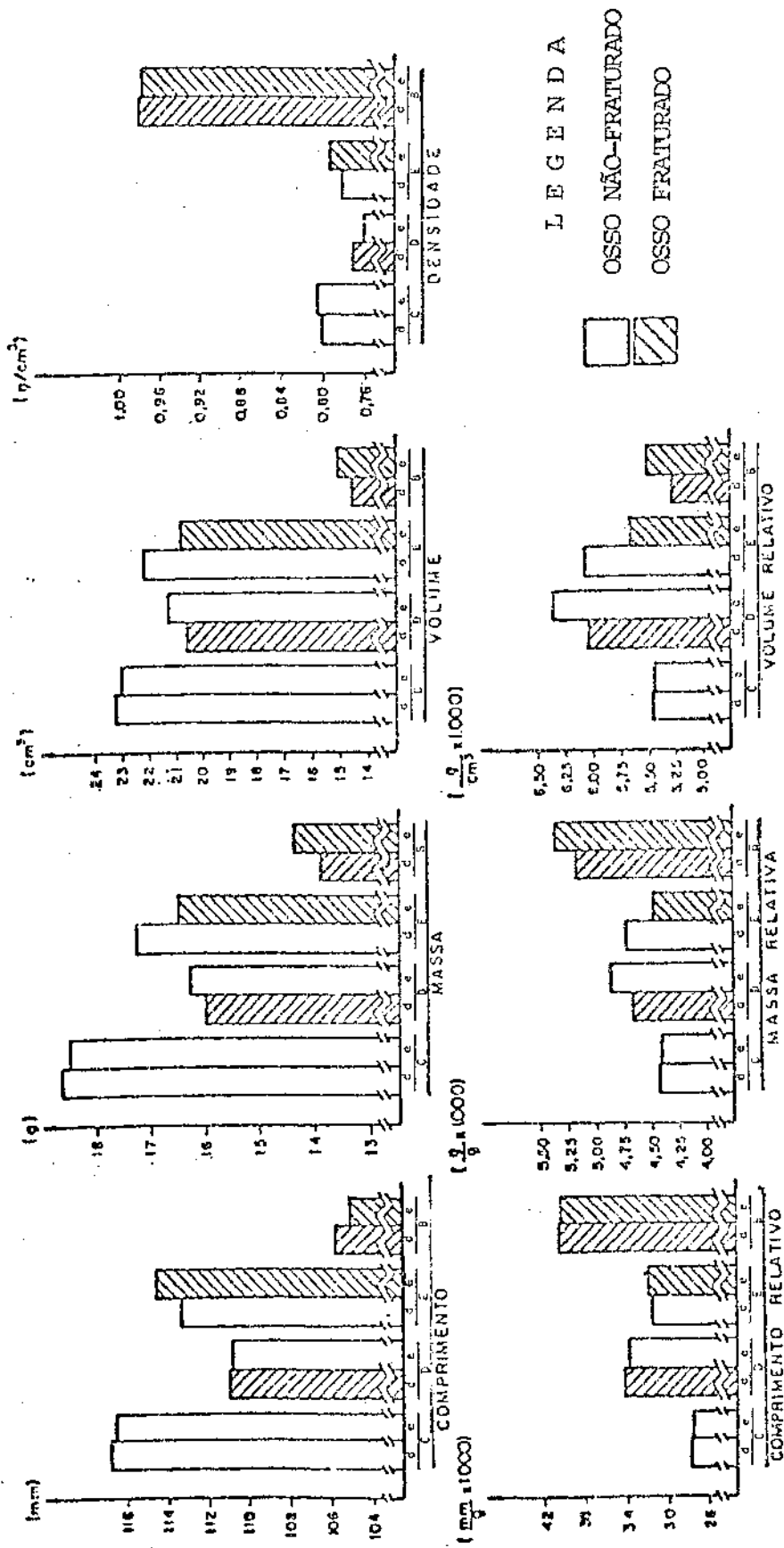


GRÁFICO III (acima). Médias aritméticas das mensurações dos fêmures segundo as variáveis, os grupos experimentais e os lados.

GRÁFICO IV (abaixo). Médias aritméticas dos valores relativos dos fêmures segundo as variáveis, os grupos experimentais e os lados.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Foram comparados, quanto à massa dos animais, utilizando os valores que figuram na Tabela I, os quatro grupos experimentais. Encontrou-se para a estatística H' do teste de Kruskal-Wallis, com correção para empates, o valor 16,514; valores críticos para esta estatística, dados pela distribuição de X^2 com 3 graus de liberdade, são: $X^2_{0,05}(3) = 7,82$ e $X^2_{0,01}(3) = 11,35$, podendo ser rejeitada a hipótese de igualdade entre os grupos. Este achado comprovou a necessidade de cálculo dos valores relativos, já definidos, para ser levado em conta o maior desenvolvimento corporal dos animais do grupo controle.

Foram comparados, em seguida, os resultados obtidos no lado direito e no lado esquerdo dos animais de cada grupo, focalizando, em termos de valores absolutos, as diferentes variáveis, tanto para tíbias como para fêmures. Foi utilizado o teste de Wilcoxon para valores pareados, figurando os resultados nas Tabelas X e XI, em que o símbolo "n" representa o tamanho da amostra, deduzidos os empates. Estão também indicados os sinais da diferença entre as médias dos valores em um e outro lado.

Os valores que serviram para os cálculos são encontrados nas Tabelas de II a IX.

TABELA X. Comparações entre as tíbias direita e esquerda, em cada grupo, segundo as variáveis. Teste de Wilcoxon.

VARIÁVEIS	C			D			E			B		
	VALOR DE T			VALOR DE T			VALOR DE T			VALOR DE T		
	Média dos subgrupos comparados	Calcu-lado	Crítico 5% 1%	Média dos subgrupos comparados	Calcu-lado	Crítico 5% 1%	Média dos subgrupos comparados	Calcu-lado	Crítico 5% 1%	Média dos subgrupos comparados	Calcu-lado	Crítico 5% 1%
COMPRIMENTO												
VALOR ABSOLUTO	$\bar{X}_{Cd} > \bar{X}_{Ce}$	10,5 ^{NS} n=9	6	$\bar{X}_{Dd} < \bar{X}_{De}$	9 ^{NS} n=10	9	$\bar{X}_{Ed} > \bar{X}_{Ee}$	27 ^{NS} n=12	14	$\bar{X}_{Bd} > \bar{X}_{Be}$	9,5 ^{NS} n=6	1 0
MASSA												
VALOR ABSOLUTO	$\bar{X}_{Cd} > \bar{X}_{Ce}$	47 ^{NS} n=15	26	$\bar{X}_{Dd} > \bar{X}_{De}$	11 ^{**} n=11	11	$\bar{X}_{Ed} < \bar{X}_{Ee}$	1 ^{**} n=13	18	$\bar{X}_{Bd} < \bar{X}_{Be}$	13 ^{NS} n=7	3 0
VOLUME												
VALOR ABSOLUTO	$\bar{X}_{Cd} > \bar{X}_{Ce}$	34,1 ^{NS} n=14	22	$\bar{X}_{Dd} > \bar{X}_{De}$	11 ^{**} n=11	11	$\bar{X}_{Ed} < \bar{X}_{Ee}$	7 ^{**} n=13	18	$\bar{X}_{Bd} < \bar{X}_{Be}$	9 ^{NS} n=7	3 0
DENSIDADE												
VALOR ABSOLUTO	$\bar{X}_{Cd} < \bar{X}_{Ce}$	44,5 ^{NS} n=15	26	$\bar{X}_{Dd} > \bar{X}_{De}$	28 ^{NS} n=11	11	$\bar{X}_{Ed} > \bar{X}_{Ee}$	36,5 ^{NS} n=13	18	$\bar{X}_{Bd} > \bar{X}_{Be}$	7 ^{NS} n=7	3 0

TABELA XI. Comparações entre os fêmures direito e esquerdo, em cada grupo, segundo as variáveis. Teste de Wilcoxon.

VARIÁVEIS	C			D			E			B		
	VALOR DE T			VALOR DE T			VALOR DE T			VALOR DE T		
	Média dos subgrupos comparados	Calcu-lado	Crítico 5% 1%	Média dos subgrupos comparados	Calcu-lado	Crítico 5% 1%	Média dos subgrupos comparados	Calcu-lado	Crítico 5% 1%	Média dos subgrupos comparados	Calcu-lado	Crítico 5% 1%
COMPRIMENTO												
VALOR ABSOLUTO	$\bar{X}_{Cd} > \bar{X}_{Ce}$	11 ^{NS} n=8	4 1	$\bar{X}_{Dd} > \bar{X}_{De}$	17 ^{NS} n=8	4 1	$\bar{X}_{Ed} < \bar{X}_{Ee}$	16,5 ^{NS} n=11	11 6	$\bar{X}_{Bd} > \bar{X}_{Be}$	8,5 ^{NS} n=6	1 0
MASSA												
VALOR ABSOLUTO	$\bar{X}_{Cd} > \bar{X}_{Ce}$	32,5 ^{NS} n=15	26 16	$\bar{X}_{Dd} < \bar{X}_{De}$	17,5 ^{NS} n=10	9 4	$\bar{X}_{Ed} > \bar{X}_{Ee}$	11* n=13	18 10	$\bar{X}_{Bd} < \bar{X}_{Be}$	9 ^{NS} n=7	3 0
VOLUME												
VALOR ABSOLUTO	$\bar{X}_{Cd} > \bar{X}_{Ce}$	28 ^{NS} n=13	18 10	$\bar{X}_{Dd} < \bar{X}_{De}$	13,5 ^{NS} n=11	11 6	$\bar{X}_{Ed} > \bar{X}_{Ee}$	9,5* n=12	14 8	$\bar{X}_{Bd} < \bar{X}_{Be}$	11,5 ^{NS} n=7	3 0
DENSIDADE												
VALOR ABSOLUTO	$\bar{X}_{Cd} < \bar{X}_{Ce}$	44 ^{NS} n=14	22 13	$\bar{X}_{Dd} > \bar{X}_{De}$	27 ^{NS} n=11	11 6	$\bar{X}_{Ed} < \bar{X}_{Ee}$	34 ^{NS} n=13	18 10	$\bar{X}_{Bd} > \bar{X}_{Be}$	12 ^{NS} n=7	3 0

A partir dos valores absolutos e relativos das diferentes variáveis, nas tíbias e nos fêmures, foram efetuadas comparações envolvendo:

- a) ossos de animais, com fratura à direita, e o correspondente do subgrupo controle (Cd, Dd e Bd);
- b) ossos de animais, com fratura à esquerda, e o correspondente do subgrupo controle (Ce, Ee e Be).

No teste de Kruskal-Wallis, os valores críticos para H, ou H', dados pela distribuição de χ^2 com dois graus de liberdade, para $\alpha = 0,05$ e $\alpha = 0,01$, são:

$$\chi^2_{0,05(2)} = 5,99 \quad \text{e} \quad \chi^2_{0,01(2)} = 9,21$$

Nas comparações múltiplas, os valores críticos para a diferença entre médias de postos (diferença mínima significativa), fornecidos pela aproximação proposta por Dunn, são, com as taxas de erro experimental (experimentwise error rate) $\alpha = 0,05$ e $\alpha = 0,01$:

Módulo da diferença entre médias de postos	Diferença mínima significativa	
	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$
$ \bar{R}_{Cd} - \bar{R}_{Dd} $	9,1968	11,3463
$ \bar{R}_{Cd} - \bar{R}_{Bd} $	10,6049	13,0835
$ \bar{R}_{Dd} - \bar{R}_{Bd} $	11,2016	13,8197
$ \bar{R}_{Ce} - \bar{R}_{Ee} $	9,3035	11,4779
$ \bar{R}_{Ce} - \bar{R}_{Be} $	11,2383	13,8649
$ \bar{R}_{Ee} - \bar{R}_{Be} $	11,5101	14,2002

Os valores que serviram para os cálculos são os que figuram nas Tabelas de II a IX.

Os resultados são apresentados nas Tabelas XII e XIII acrescentando-se, também, na indicação dos grupos comparados, o sinal da diferença entre suas médias.

Além disso, tendo-se em conta que o emprego da taxa de erro experimental, nas comparações múltiplas, constitui procedimento altamente conservador, decidiu-se incluir, na tabela, como elemento útil para a discussão dos resultados, o valor do nível mínimo de significância (nms).

TABELA XII. Comparações, em termos de valores absolutos e relativos de mensurações das tíbias, entre grupos com fratura à direita e o grupo controle, e entre grupos com fratura à esquerda e o grupo controle, segundo as variáveis. Teste de Kruskal-Wallis e comparações múltiplas baseadas nas somas de postos desse teste.

GRUPOS Cd, Dd e Bd

VALOR ABSOLUTO

VALOR RELATIVO

KRUSKAL-WALLIS

COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS

KRUSKAL-WALLIS

COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS

VARIÁVEL

Subgrupos

$|\bar{R}_i - \bar{R}_j|$

n m s

Subgrupos

$|\bar{R}_i - \bar{R}_j|$

n m s

COMPRIMENTO H' = 15,2715**

Cd<Bd

12,9727**

0,002

H' = 13,4860**

Cd<Bd

7,6606 NS

0,138

Cd>Bd

13,5371**

0,007

Cd<Bd

15,9333**

0,001

Dd<Bd

0,5844 NS

>0,5

Dd<Bd

8,2727 NS

0,730

MASSA H' = 0,8834 NS

Cd<Dd

-

-

H' = 22,1592**

Cd<Dd

14,0788**

0,001

Cd>Dd

-

-

Cd<Bd

18,1847**

<0,001

Dd>Bd

-

-

Dd<Bd

4,0252 NS

>0,5

VOLUME H' = 7,0237*

Cd<Dd

7,2649 NS

0,173

H' = 21,5856**

Cd<Dd

15,6576**

<0,001

Cd>Dd

4,5333 NS

>0,5

Cd<Bd

15,7810**

0,001

Dd>Bd

11,8182*

0,035

Dd<Bd

0,1231 NS

>0,5

DENSIDADE H' = 11,1358**

Cd>Dd

5,8212 NS

0,389

-

-

-

-

Cd>Bd

9,7762 NS

0,082

Cd<Bd

0,1231 NS

>0,5

Dd>Bd

15,5974**

0,003

GRUPOS Ce, De e Be

COMPRIMENTO H' = 13,322**

Ce<De

8,1059 NS

0,111

H' = 13,2811**

Ce<De

7,2205 NS

0,138

Ce>De

16,7238**

0,001

Ce<Be

16,9238**

0,001

De>Be

8,5879 NS

0,221

De<Be

9,7033 NS

0,130

MASSA H' = 3,5550 NS

Ce<De

-

-

H' = 21,8140**

Ce<De

11,9846**

0,006

Ce>De

-

-

Ce<Be

20,7429**

<0,001

De>Be

-

-

De<Be

8,7583 NS

0,205

VOLUME H' = 8,1563*

Ce<De

8,6923 NS

0,076

H' = 23,0711**

Ce<De

14,7816**

<0,001

Ce>De

3,6429 NS

>0,5

Ce<Be

19,5429**

<0,001

De>Be

12,3352*

0,031

De<Be

4,7583 NS

>0,5

DENSIDADE H' = 11,1356**

Ce>De

7,3052 NS

0,180

Ce<De

7,2333 NS

0,370

De>Be

14,5385**

0,007

TABELA XIII. Comparações, em termos de valores absolutos e relativos de mensurações dos fêmures, entre grupos com fratura da tíbia à direita e o grupo controle, e entre grupos com fratura da tíbia à esquerda e o grupo controle, segundo as variáveis. Teste de Kruskal-Wallis e comparações múltiplas baseadas nas somas de postos desse teste.

GRUPOS Cd, Dd e Bd									
VARIÁVEL	VALOR ABSOLUTO			VALOR RELATIVO					
	KRUSKAL-WALLIS			COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS			KRUSKAL-WALLIS		
	Subgrupos	$ \bar{R}_i - \bar{R}_j $	n m s	Subgrupos	$ \bar{R}_i - \bar{R}_j $	n m s	Subgrupos	$ \bar{R}_i - \bar{R}_j $	n m s
COMPRIMENTO	$\overline{Cd>Dd}$	11,0122*	0,013	$\overline{Cd>Dd}$	7,6606 ^{NS}	0,138	$\overline{Cd>Dd}$	7,6606 ^{NS}	0,138
	$\overline{Cd>Bd}$	15,5381**	0,001	$\overline{Cd>Bd}$	15,9333**	0,001	$\overline{Cd>Bd}$	15,9333**	0,001
	$\overline{Dd>Bd}$	4,5259 ^{NS}	>0,50	$\overline{Dd>Bd}$	8,2727 ^{NS}	0,231	$\overline{Dd>Bd}$	8,2727 ^{NS}	0,231
MASSA	$\overline{Cd>Dd}$	6,9242 ^{NS}	0,214	$\overline{Cd>Dd}$	14,0788**	0,001	$\overline{Cd>Dd}$	14,0788**	0,001
	$\overline{Cd>Bd}$	14,0476**	0,004	$\overline{Cd>Bd}$	18,1047**	<0,001	$\overline{Cd>Bd}$	18,1047**	<0,001
	$\overline{Dd>Bd}$	7,1234 ^{NS}	0,363	$\overline{Dd>Bd}$	4,0259 ^{NS}	>0,5	$\overline{Dd>Bd}$	4,0259 ^{NS}	>0,5
VOLUME	$\overline{Cd>Dd}$	4,9031 ^{NS}	>0,50	$\overline{Cd>Dd}$	9,5945*	0,039	$\overline{Cd>Dd}$	9,5945*	0,039
	$\overline{Cd>Bd}$	15,8571**	0,001	$\overline{Cd>Bd}$	2,7571 ^{NS}	>0,5	$\overline{Cd>Bd}$	2,7571 ^{NS}	>0,5
	$\overline{Dd>Bd}$	10,9480 ^{NS}	0,058	$\overline{Dd>Bd}$	12,3116*	0,026	$\overline{Dd>Bd}$	12,3116*	0,026
DENSIDADE	$\overline{Cd>Dd}$	4,0485 ^{NS}	>0,5	-	-	-	-	-	-
	$\overline{Cd>Bd}$	14,0619**	0,004	-	-	-	-	-	-
	$\overline{Dd>Bd}$	18,1104**	<0,001	-	-	-	-	-	-
GRUPOS Ce, Ee e Be									
COMPRIMENTO	$\overline{Ce>Ee}$	4,6154 ^{NS}	>0,5	$\overline{Ce>Ee}$	7,2205 ^{NS}	0,189	$\overline{Ce>Ee}$	7,2205 ^{NS}	0,189
	$\overline{Ce>Be}$	16,4286**	0,001	$\overline{Ce>Be}$	16,9238**	0,001	$\overline{Ce>Be}$	16,9238**	0,001
	$\overline{Ee>Be}$	11,8132*	0,041	$\overline{Ee>Be}$	9,7033 ^{NS}	0,130	$\overline{Ee>Be}$	9,7033 ^{NS}	0,130
MASSA	$\overline{Ce>Ee}$	8,5462 ^{NS}	0,083	$\overline{Ce>Ee}$	11,9846**	0,006	$\overline{Ce>Ee}$	11,9846**	0,006
	$\overline{Ce>Be}$	15,1286**	0,004	$\overline{Ce>Be}$	20,7429**	<0,001	$\overline{Ce>Be}$	20,7429**	<0,001
	$\overline{Ee>Be}$	6,5824 ^{NS}	>0,5	$\overline{Ee>Be}$	8,7583 ^{NS}	0,205	$\overline{Ee>Be}$	8,7583 ^{NS}	0,205
VOLUME	$\overline{Ce>Ee}$	6,2205 ^{NS}	0,328	$\overline{Ce>Ee}$	-	-	$\overline{Ce>Ee}$	-	-
	$\overline{Ce>Be}$	18,7810**	<0,001	$\overline{Ce>Be}$	-	-	$\overline{Ce>Be}$	-	-
	$\overline{Ee>Be}$	12,5605*	0,027	$\overline{Ee>Be}$	-	-	$\overline{Ee>Be}$	-	-
DENSIDADE	$\overline{Ce>Ee}$	0,1461 ^{NS}	>0,5	-	-	-	-	-	-
	$\overline{Ce>Be}$	17,0333**	0,001	-	-	-	-	-	-
	$\overline{Ee>Be}$	16,8872**	0,001	-	-	-	-	-	-

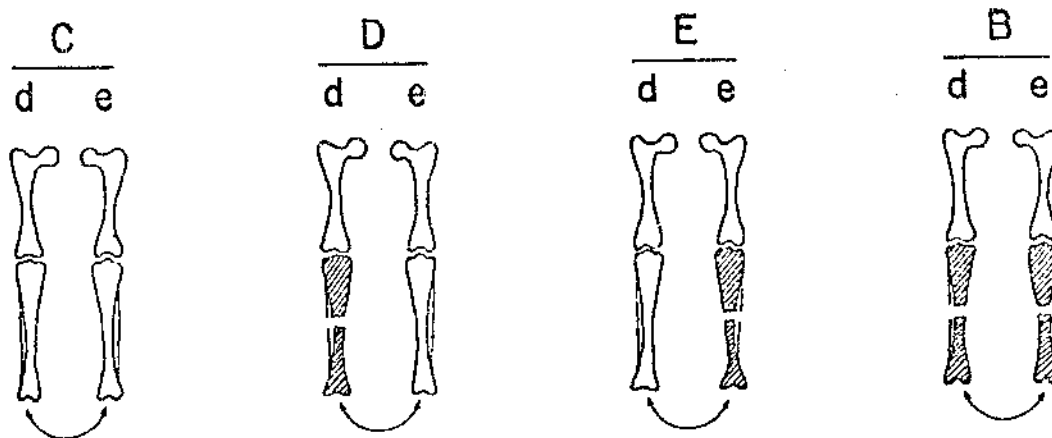
APRECIACÃO DOS RESULTADOS ANALÍTICOS

Antes de iniciar a apreciação dos resultados analíticos, é preciso ter em mente que, quando as comparações entre tíbias ou fêmures envolvem diferentes grupos, utilizamos, além de valores absolutos, valores relativos. É conveniente discutir o significado dos últimos.

As diferenças de massa dos animais, já referidas, indicam que, como consequência do trauma a que foram submetidos os dos grupos D, E e B, seu desenvolvimento foi prejudicado, mais acentuadamente no último. Naturalmente, se o prejuízo no crescimento dos ossos examinados fosse proporcional ao da massa total do animal, os valores relativos calculados deveriam ter comportamento igual ao dos valores absolutos.

Valores relativos, nos grupos com fraturas, maiores do que no dos controles, traduzirão a capacidade de os ossos em causa utilizarem, mais do que o restante do organismo, os recursos alimentares disponíveis.

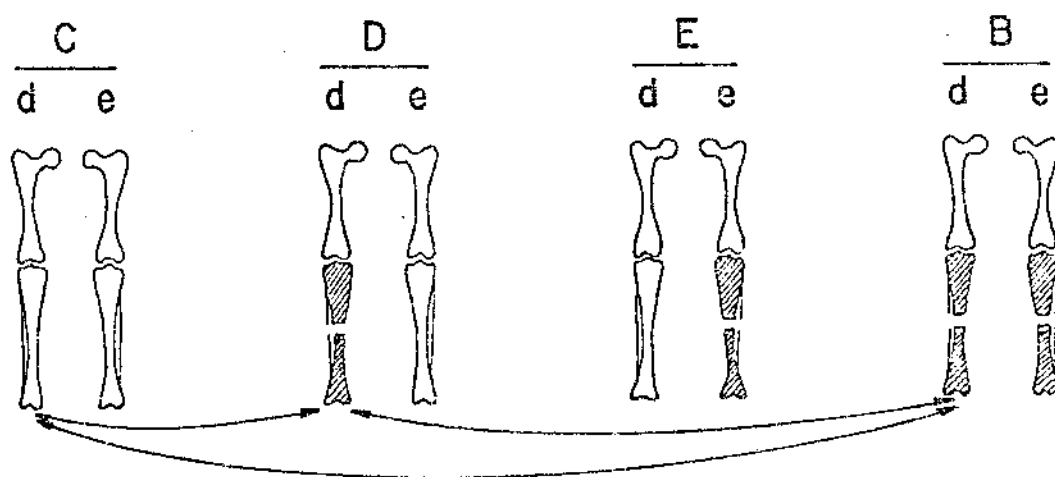
1. Comparações, em cada grupo, entre as tíbias, direita e esquerda, nas diferentes variáveis (Tabelas II a V e X, Gráficos I e II)



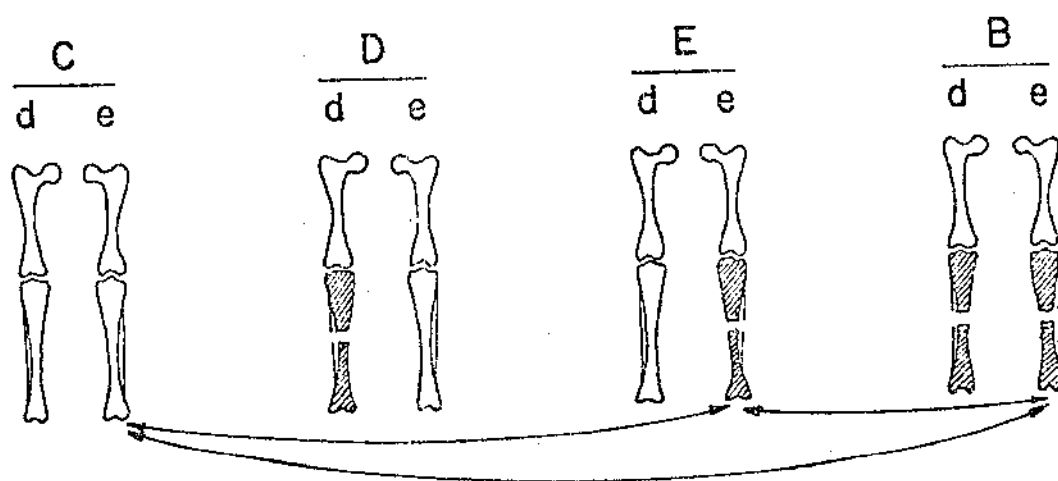
Nos animais dos grupos D e E verificamos que, embora com diferenças não significantes, o comprimento do lado fraturado foi, em média, menor do que o do não-fraturado; nos grupos C e B, os valores foram praticamente iguais. Tendo as fraturas evoluído sem tratamento, não é avaliável a interferência, no comprimento dos ossos, de eventuais acavalamientos.

É digno de nota que, nos grupos D e E, na consolidação da fratura, a formação do calo ósseo fez com que tanto a massa como o volume apresentassem valores significantemente maiores do que os observados no lado não-fraturado; os aumentos das duas variáveis se deram em iguais proporções, tanto que não houve diferenças significantes da densidade. Como era de esperar, nos grupos C e B, não diferiram significantemente, nos dois lados, os valores das quatro variáveis.

2. Comparações envolvendo: tíbias direitas fraturadas e as do controle correspondente (C_d, D_d e B_d); tíbias esquerdas fraturadas e as do controle correspondente (C_e, E_e e B_e) (Tabelas II a V e XII, Gráficos I e II):



Tíbias direitas



Tíbias esquerdas

Os valores de H , ou de H' , mostram que, com exceção dos casos dos valores absolutos das massas, a hipótese de igualdade dos subgrupos pode ser rejeitada, nos dois conjuntos estudados, em todas as demais comparações.

No exame dos resultados das comparações múltiplas, é indispensável ter em mente a observação, já formulada, de ser altamente conservador o teste realizado com a taxa de erro experimental. Isso implica deverem-se levar em consideração, mormente para a interpretação de conjuntos de resultados, os valores do nível mínimo de significância.

Um primeiro aspecto digno de nota diz respeito à completa igualdade dos sinais das diferenças, nas comparações da mesma natureza realizadas nos dois conjuntos, tanto em valores absolutos quanto em valores relativos.

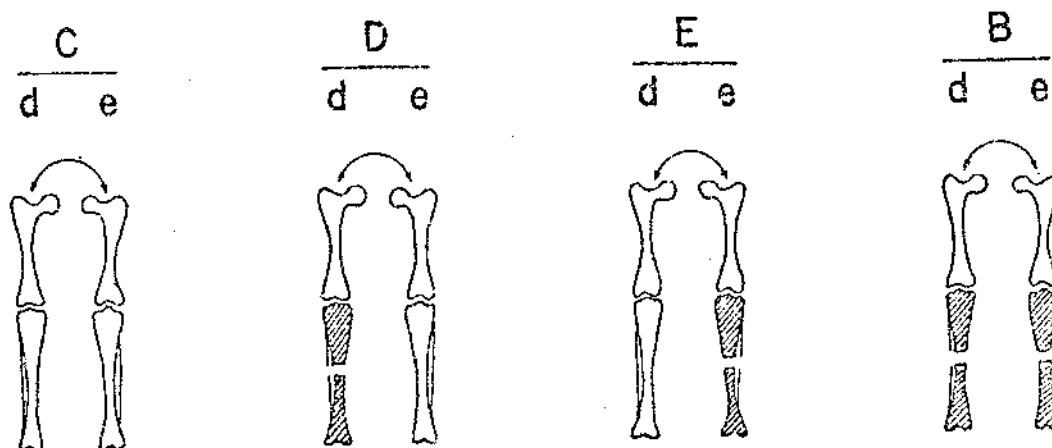
Em valores absolutos, os ossos com fratura monolateral apresentaram comprimento e densidade menores do que os dos controles, com significância, no caso do comprimento, à direita; apenas no caso da densidade, também à direita, o nível mínimo de significância é muito elevado. São mais volumosos do que os dos controles, com valores sugestivos para esse nível mínimo; também as massas foram maiores do que as dos controles, mas com diferenças pequenas. Essa variação do volume maior do que a da massa, explica a menor densidade. Comparados com os dos controles, os ossos de animais com fratura bilateral são significativamente menores em comprimento, tanto à direita quanto à esquerda; pouco diferem, para menos, quanto à massa e ao volume, mas apresentam maior densidade, quase sendo alcançado o nível de significância no caso do osso à direita. Finalmente, quando comparados aos correspondentes de animais com fratura monolateral, esses ossos apresentam, com diferença significativa, volume menor e densidade

maior, esta explicada pelas pequenas diferenças apresentadas pelas massas; são menores em comprimento, mas não significantemente.

Em valores relativos, os ossos fraturados, mono ou bilateralmente, superaram os dos controles, nas três variáveis; somente no comprimento, nos fraturados monolateralmente, não foi alcançado o nível de significância, mas os níveis mínimos ficaram razoavelmente próximos. Entre fraturados mono e bilateralmente, as diferenças foram pequenas, apenas no caso do comprimento dos ossos esquerdos surgindo nível mínimo sugestivo.

Em todos os casos em que, em valores absolutos, os controles superavam os fraturados, ou os fraturados monolateralmente superavam os fraturados bilateralmente, ocorreu, nos valores relativos, inversão do sinal; nos dois casos, $\overline{Cd} < \overline{Dd}$ e $\overline{Ce} < \overline{Ee}$, na massa e no volume, em que o controle era menor do que o fraturado, a diferença se ampliou, tornando-se altamente significativa. Evidencia-se, assim, que a repercussão do dano sofrido pelos animais com fratura, pelo menos em parte atribuível à redução da capacidade de acesso ao alimento, foi maior no desenvolvimento das partes moles do que no do segmento ósseo fraturado.

3. Comparações, em cada grupo, entre os fêmures, direito e esquerdo, nas diferentes variáveis (Tabelas VI a IX e XI e Gráficos III e IV)

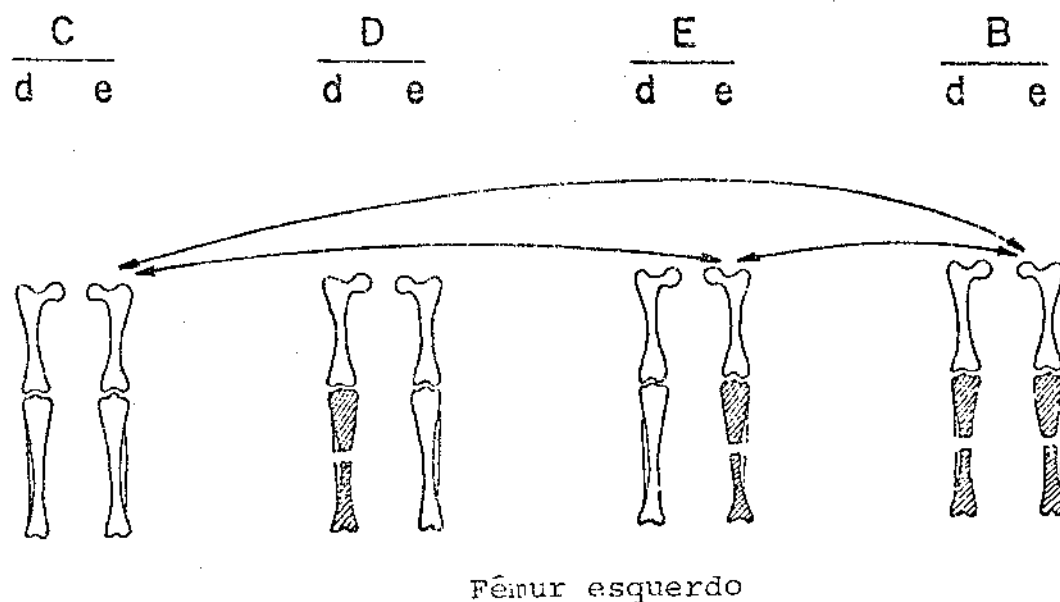
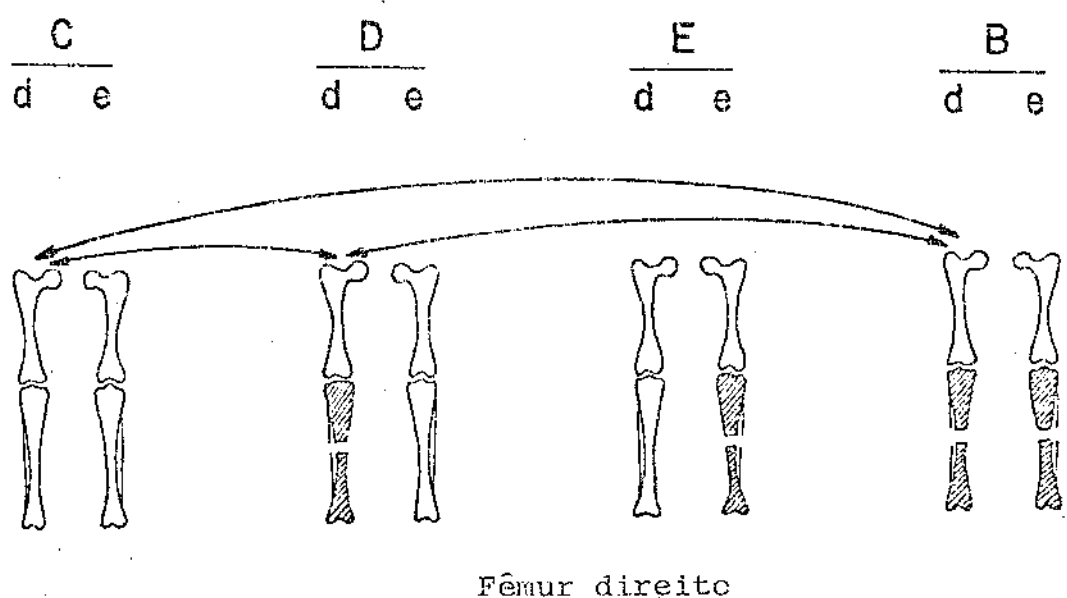


Nas comparações nos grupos D e E, os fêmures do lado das tíbias fraturadas pouco diferiram dos seus pares quanto ao comprimento e à densidade. No que toca à massa e ao volume, eles apresentaram valores menores, mas a hipótese de nulidade somente pôde ser rejeitada no caso do grupo E, ficando o valor de T próximo do crítico no volume do grupo D; o menor tamanho da amostra, no grupo D, implica, naturalmente, maior risco de erro da segunda espécie.

Como hipótese para explicar a diferença encontrada, pode-se sugerir que a fratura da tibia reduza, durante a fase álgica, a solicitação funcional do membro lesado, com conseqüente hipodesenvolvimento ósseo.

Nos grupos C e B, nenhuma diferença significativa foi observada como era de esperar.

4. Comparações envolvendo: fêmures de animais com fratura tibial à direita e os do controle correspondente (Cd, Dd e Bd); fêmures de animais com fratura tibial à esquerda e os do controle correspondente (Ce, Ee e Be) (Tabelas VI a IX e XIII, Gráficos III e IV)



Os valores de H, ou de H' mostram que, com exceção do valor relativo do volume, nas fraturas à esquerda, a hipótese de igualdade dos subgrupos pôde ser rejeitada, nos dois conjuntos estudados, em todas as demais comparações.

Estes resultados já evidenciam que a fratura da tíbia, mono ou bilateral, repercute, à distância, no desenvolvimento de um outro osso, tornando particularmente interessantes as comparações múltiplas entre os subgrupos componentes de cada conjunto. Cabe relembrar a necessidade de consideração do valor do nível mínimo de significância, na interpretação dos resultados destes testes.

Em valores absolutos, no comprimento, na massa e no volume, nos dois conjuntos, com perfeita uniformidade, os fêmures do grupo controle superam os correspondentes dos grupos fraturados monolateralmente, e estes os do grupo fraturado, bilateralmente. As diferenças entre o controle e o grupo fraturado bilateralmente são sempre altamente significantes; as diferenças entre o controle e os grupos fraturados monolateralmente não alcançam, a não ser para o comprimento, à direita, o nível de significância; entre os fêmures dos grupos com fratura tibial monolateral e os correspondentes do grupo fraturado bilateralmente, as diferenças alcançam significâncias em dois casos (comprimento e volume, do fêmur esquerdo), com nível mínimo de significância muito sugestivo em outro (volume do fêmur direito).

É igualmente uniforme, nos dois conjuntos, a inversão dos sinais das diferenças em valores relativos de comprimento e de massa, com significância em seis das comparações do controle com lados fraturados, sendo sugestivo o valor do nível mínimo nas outras duas. Nas comparações entre grupos, com fratura monolateral e bilateral, as diferenças não são significantes;

em um caso é sugestivo o nível mínimo (comprimento, à esquerda).

No caso do volume, para o conjunto com fratura à direita, a inversão do sinal somente ocorreu na comparação entre controle e grupo com fratura monolateral, alcançada a significância; nas outras duas comparações, a influência das diferenças das massas dos animais foi traduzida pela quase anulação da diferença entre Cd e Bd e pelo aumento da diferença entre Dd e Bd, agora significativa. Já no conjunto com fratura à esquerda, a diversidade das massas dos animais promoveu, nos valores relativos, a inversão dos sinais das diferenças entre o controle e grupos com fraturas, e redução da diferença, significativa em valores absolutos, entre os grupos Ee e Be; em nenhum desses casos houve aproximação do nível de significância, o que se traduziu pela não significância observada no teste de Kruskal-Wallis.

É particularmente digno de nota o comportamento da densidade. Nos dois conjuntos, enquanto os ossos dos grupos com fraturas monolateral pouco diferem dos do grupo controle, os fêmures do grupo com fraturas bilateral da tíbia são consideravelmente e significativamente mais densos do que os dos controles e dos grupos com fratura monolateral. Evidencia-se, assim, modificação considerável de uma característica física de um segmento ósseo indene, proximal a uma fratura, quando esta, em lugar de ocorrer em apenas uma das tíbias, atinge as duas. Já foi referido fenômeno idêntico, na apreciação das mensurações de densidade das próprias tíbias, mas agora ele ocorre em ossos não fraturados.

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mostram que tíbias de pintos machos, fraturadas aos 21 dias de vida do animal, apresentaram, quando sacrificados aos 113 dias de vida, diferenças em termos da posição das distribuições dos valores, no que toca ao comprimento, à massa, ao volume e à densidade, em relação aos ossos correspondentes de animais do grupo controle. Esse comportamento também difere quando apenas uma ou as duas tíbias são fraturadas. Além disso, evidencia-se que os fêmures dos animais com fratura mono ou bilateral da tíbia mostraram diferenças, em comparações da mesma natureza.

Como seria de esperar, a massa e o volume foram, na tíbia fraturada monolateral, em cada animal, maiores do que na não-fraturada; em contraposição, entretanto, essas variáveis tenderam a assumir, nos fêmures do lado com fratura da tíbia, valores menores do que os do lado sem tal fratura. Não foram observadas diferenças apreciáveis, entre um e outro lado, no que se refere ao comprimento e à densidade, tanto nas tíbias quanto nos fêmures. Como também se poderia esperar, nas fraturas bilaterais, bem como nos controles, os dois lados apresentaram valores quase iguais nas quatro variáveis.

Nas comparações entre tíbias dos grupos com fratura mono ou bilateral e as correspondentes do grupo controle, destaca-se logo a importância do cálculo de valores relativos que permitiram traduzir a diversidade de resposta que, em função do desenvolvimento corporal dos animais, foram apresentadas pelos segmentos ósseos e pelas demais partes do corpo da ave.

Assim, em valores absolutos, as tíbias do grupo-controle apresentaram comprimento maior do que os das fraturadas; em valores relativos, porém, os sinais se invertem, evidenciando que o prejuízo no desenvolvimento corporal dos animais com fraturas, possivelmente atribuível à dificuldade de acesso ao alimento, refletem-se menos nos segmentos ósseos estudados do que nas demais partes do corpo da ave. Assim, as tíbias fraturadas apresentaram comprimento maior do que seria de esperar em animais com o peso que alcançaram. Esse comportamento foi mais acentuado no grupo fraturado bilateralmente.

São particularmente dignos de notas os valores que apresentaram, em relação à massa e ao volume, as tíbias fraturadas monolateralmente. A despeito do menor porte das aves desses grupos, tais valores superaram, em termos absolutos, os do grupo-controle, de forma que, em valores relativos, as diferenças foram altamente significantes. No caso das fraturas bilaterais, os valores absolutos do grupo foram menores do que os do grupo-controle, mas a diferença não correspondeu ao que seria de esperar, tendo-se em conta a massa corporal dessas aves. Realmente, quando calculados os valores relativos, eles se mostraram significantemente maiores do que os dos controles. Estes achados permitem supor que a formação do calo ósseo, em termos de massa e de volume do osso, se processa a despeito de condições do animal, traduzidas por deficiente desenvolvimento corporal.

Discrepância até certo ponto surpreendente surgiu ao serem analisados os valores referentes à densidade das tíbias. De fato, nos grupos com fratura monolateral, a densidade tende a ser menor do que a do controle, o que indicaria aumento do volume proporcionalmente maior do que o da massa. Entretanto, quando

as duas tíbias foram fraturadas, a densidade alcançou valores maiores do que os dos controles, superando significativamente os dos grupos com fratura monolateral. Neste caso, portanto, o aumento da massa teria sido relativamente maior do que o do volume.

Nas comparações envolvendo mensurações dos fêmures, verifica-se que, no referente ao comprimento, o comportamento se assemelha ao observado nas tíbias, com o grupo controle apresentando valores maiores do que o dos fraturados, em valores absolutos, invertendo-se os sinais quando calculados os valores relativos.

As massas dos fêmures dos grupos com fratura da tíbia são menores do que as do controle, em valores absolutos, mais uma vez invertendo-se os sinais quando comparados os valores relativos. Já no caso do volume, em valores absolutos, mantém-se a diferença entre controle e grupos com fraturas, mas, em valores relativos, os sinais se invertem apenas quando a fratura é monolateral; os fraturados bilateralmente assumem valores que não diferem dos do grupo-controle. Há, assim, nesse grupo, aumento da massa proporcionalmente maior do que o volume, com resultante valor da densidade significativamente maior do que a do controle. Repete-se, então, no fêmur, a discrepância de comportamento, quanto à massa e ao volume, entre fraturas mono e bilaterais, já apontada para as tíbias. Hipóteses explicativas para essa discrepância poderão considerar, entre outras, possível alteração da proporcionalidade entre o desenvolvimento, em massa e volume, da tíbia fraturada, ou do fêmur do mesmo lado, em função do grau de mobilidade de que a ave seja capaz.

RESUMO E CONCLUSÕES

A finalidade do presente trabalho foi a de quantificar, ao término do crescimento ósseo, aos 113 dias de vida, as alterações de comprimento, massa, volume e densidade de tíbias e fêmures de pintos machos que haviam sido objeto de fratura de tíbia, no terço médio da diáfise, aos 21 dias de idade.

As aves com fratura foram divididas em três grupos: com fratura à direita (D), com fratura à esquerda (E) e com fratura bilateral (B). Um quarto grupo incluiu aves que não sofreram fratura, para fins de controle (C).

Para a medida de volume, ideou-se e construiu-se um aparelho que é minuciosamente descrito.

Dos resultados das análises realizadas merecem destaque os seguintes:

1. nos grupos D e E, a massa e o volume das tíbias, no lado fraturado, foram maiores do que no lado não fraturado, enquanto, nos fêmures, tendeu a ocorrer o oposto;
2. o prejuízo, no desenvolvimento corporal das aves com fraturas, provavelmente atribuível à dificuldade de acesso ao alimento, ocorreu menos nos segmentos ósseos estudados do que no corpo globalmente;
3. nos grupos D e E, o desenvolvimento do volume e da massa das tíbias e dos fêmures se processou em proporções aproximadamente iguais, fazendo com que a densidade desses ossos não difi-

ra apreciavelmente da dos controles correspondentes. Nos os-
sos do grupo B, o desenvolvimento da massa foi proporcional-
mente maior do que o do volume, resultando densidade que supe-
ra a dos controles e dos fraturados, monolateralmente corres-
pondentes.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

The idea of the present research was to quantify, at the final growth of bones, the alterations of lengthening, weight, volume and density of tibiae and femurs of male chickens. At the age of 21 days their tibiae were broken at the middle third of the diaphysis and they were sacrificed at 113 days of life.

The chickens were divided into three groups: D - fracture of the right side; E - fracture of the left side; B - bilateral fracture. A fourth group was used without fractures for comparison - C.

To measure the volume was designed and built an apparatus which is described in detail.

Of the results of the analysis deserve consideration the following:

1. in the groups D and E the weight and volume of tibiae of the fractured side were larger than on the unfractured, while on the femurs tended to occur the opposite;
2. the prejudice of the body development of the birds with fractures, probably due to the difficulty of having access to the food occurred with less magnitude at the bones studied than at the body as a whole.
3. In the groups D and E the volume and weight of tibiae and femurs developed in approximately equal proportions. As a

result, the density of these bones does not differ appreciably from the corresponding controls. In the bones of group B the development of the weight was proportionally larger than the volume. As a result, the density was higher than the controls and of the corresponding fractured of one side.

BIBLIOGRAFIA

- AITKEN, A.P. - Overgrowth of the femoral shaft following fracture in children. Amer. J. Surg., 49:147-8, 1940.
- AITKEN, A.P.; BLACKETT, C.W.; CINCOTTI, J.J. - Overgrowth of the femoral shaft following fracture in childhood. J. Bone Jt. Surg., 21:334-8, 1939.
- BARFOD, B. & CHRISTENSEN, J. - Fractures of the femoral shaft in children with special reference to subsequent overgrowth. Acta Chir. scand., 116:235-50, 1958/9.
- BATHFIELD, C.A.; VERSFELD, R.G.A.; SCHEPERS, A. - Overgrowth following femoral fractures in children. J. Bone Jt. Surg., 61B:256-7, 1979.
- BISGARD, J.D. - Longitudinal overgrowth of long bones with special reference to fractures. Surg. Gynec. Obstet., 62:823-35, 1936.
- BLOMQVIST, E. & RUDSTRÖM, P. - Über Femurfrakturen bei Kindern unter besonderer Berücksichtigung des gesteigerten Längenwachstums. Acta chir. scand., 88:267-88, 1943.
- BLOUNT, W.P. - Fraturas na criança. 2. ed. São Paulo, Manole, 1979, p.147.

BLOUNT, W.P.; SCHAEFER, A.A.; FOX, G.W. - Fractures of the femur in children. Sth. med. J. (Bgham, Ala), 37:481-93, 1944.

BURDICK, C.G. & SIRIS, I.E. - Fractures of the femur in children: treatment and end results in 268 cases. Ann. Surg., 77:736-53, 1923.

CALATI, A. & POLI, A. - Il fenomeno dell'iperallungamento osseo conseguente a fratture diafisari di ossa lunghe riportate nell'infanzia e nell'adolescenza. Minerva ortop., 10:827-46, 1959.

CAMPOS, H. - Estatística experimental não-paramétrica. 4. ed. Piracicaba, ESALQ, 1983. 349p.

COLE, W.H. - Compensatory lengthening of the femur in children after fracture. Ann. Surg., 82:609-16, 1925.

COLE, W.H. - Results of treatment of fractured femurs in children with special reference to Bryant's overhead traction. Arch. Surg., 5: 702-16, 1922.

COMPERE, E.L. & ADAMS, C.O. - Studies of longitudinal growth of long bones: I. the influence of trauma to the diaphysis. J. Bone Jt. Surg., 19:922-36, 1937.

CONWELL, H.E. - Acute fractures of the shaft of the femur

in children: a report of the treatment and results attained in eighty-six acute fractures of the shaft of the femur in eighty-five children with a résumé of various types of treatment and results attained by other surgeons. J. Bone Jt. Surg., 11: 593-647, 1929.

CRILLY, R.G. - Longitudinal overgrowth of chicken radius. J. Anat. (Lond.), 112:11-8, 1972.

DAMERON, Jr., T.B. & THOMPSON, H.A. - Femoral-shaft fractures in children: treatment by closed reduction and double spica cast immobilization. J. Bone Jt. Surg., 41A:1201-12, 1959.

DAVID, V.C. - Shortening and compensatory overgrowth following fractures of the femur in children. Arch. Surg., 9:438-49, 1924.

EDVARSEN, P. & SYVERSEN, S.M. - Overgrowth of the femur after fracture of the shaft in childhood. J. Bone Jt. Surg., 58B: 339-42, 1976.

EMNÉUS, H. - Stimulation of growth in length after humerus fractures in children. Acta orthop. scand., 26:324-6, 1957.

EMNÉUS, H. & HEDSTRÖM, Ö. - Overgrowth following fracture of humerus in children. Acta orthop. scand., 35:51-8, 1964.

GREIFF, J. & BERGMANN, F. - Growth disturbance following fracture of tibia in children. Acta orthop. scand., 51:315-20, 1980.

GREVILLE, N.R. & IVINS, J.C. - Fractures of the femur in children: an analysis of their effect on the subsequent length of both bones of the lower limb. Amer. J. Surg., 93:376-84, 1957.

GREVILLE, N.R. & JANES, J.M. - An experimental study of overgrowth after fractures. Surg. Gynec. Obstet., 105:717-21, 1957.

GREVILLE, N.R. & JANES, J.M. - Studies of bone growth following experimental fractures of the femur in puppies. Surg. Forum, 6:539-43, 1955.

GRIFFIN, P.P.; ANDERSON, M.; GREEN, W.T. - Fractures of the shaft of the femur in children: treatment and results. Orth. Clin. N. Amer., 3:213-24, 1972.

HANSSON, L.I.; STENSTRÖM, A.; THORNGREN, K.G. - Effect of fracture on longitudinal bone growth. Acta orthop. scand., 47:600-6, 1976.

HEDBERG, E. - Femoral fractures in children: some viewpoints on their prognosis and treatment. Acta chir. scand., 90:568-88, 1944/5.

HEDSTRÖM, O. - Growth stimulation of long bones after fracture or similar trauma: a clinical and experimental study. Acta orthop. scand., (suppl. 122):12-134, 1969.

HOLLANDER, M. & WOLFE, D.A. - Nonparametric statistical methods. New York, John Wiley, 1973. 503p.

JOHNSTON, L.B. - The treatment of fractures of the shaft of the femur in children: a report of thirty-two cases. Arch. Surg., 10:730-41, 1925.

LAUDA, F.L.V.; SCHNEIDER, I.; BERTOL, P. - Hipercrecimento após fratura da diáfise do fêmur da criança. 14p. [Trabalho apresentado à Comissão de Ensino e Treinamento da Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia em 1983 para obtenção do título de especialista no exame realizado em janeiro de 1984.]

LEVANDER, G. - Über die Behandlung von Brüchen des Oberschenkelshaftes nebst Beitrag zur Kenntnis des gesteigerten Längenwachstums der Röhrenknochen der unteren Extremitäten nach Bruch derselben. Acta chir. scand., 65:(suppl. 12):7-237, 1929.

MEALS, R.A. - Overgrowth of the femur following fractures in children: influence of handedness. J. Bone Jt. Surg., 61A:381-4, 1979.

MIDDLETON, R.W.D. - Increment in bone length following fracture. J. Bone Jt. Surg., 64B:125, 1982.

- NEER II, C.S. & CADMAN, E.F. - Treatment of fractures of the femoral shaft in children. J. Amer. med. Ass., 163:634-7, 1957.
- ORR, T.G. - Conservative treatment of fractures of the femur in children. J. Kans. med. Soc., 26:55-6, 1926.
- PEASE, C.N. - Fractures of the femur in children. Surg. Clin. N. Amer., 37:213-21, 1957.
- PEASE, C.N. - Local stimulation of growth of long bones: a preliminary report. J. Bone Jt. Surg., 34A:1-24, 1952.
- REYNOLDS, D.A. - Growth changes in fractured long-bones. J. Bone Jt. Surg., 63B:83-8, 1981.
- ROCHA, U.F. -- Mensuração de helmintos e de pequenos objetos por meio de projetor diascópico e curvímetro cartográfico. Rev. Med. vet. (S. Paulo), 1:15-20, 1965.
- SHAPIRO, F. - Developmental patterns in lower extremity lenght discrepancies. J. Bone Jt. Surg., 64A:639-51, 1982.
- SHAPIRO, F. - Fractures of the femoral shaft in children: the overgrowth phenomenon. Acta orthop. scand., 52:649-55, 1981.
- SIEGEL, S. - Nonparametric statistics for the behavioral sciences. New York, McGraw-Hill, 1956. 312p.

SIMMONS, D.J. & COHEN, M. - Postfracture linear bone growth in rats: a diurnal rhythm. Clin. Orthop., 149:240-8, 1980.

STAHELI, L.T. - Femoral and tibial growth following femoral shaft fracture in childhood. Clin. Orthop., 55:159-63, 1967.

SUDÉN, G. - Some aspects of longitudinal bone growth: an experimental study of the rabbit tibia. Acta orthop. scand., (suppl. 103):7-134, 1957.

TERRA, C.L.M.A. & TAVEIRA, C.A. - Alterações do crescimento nas fraturas diafisárias do fêmur na criança. 13p. [Trabalho apresentado à Comissão de Ensino e Treinamento da Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia em 1983 para o exame de obtenção do título de Especialista em 1984.]

TRUESDELL, E.D. - Inequality of the lower extremities following fracture of the shaft of the femur in children. Ann. Surg., 74:498-500, 1921.

TRUETA, J. - The influence of the blood supply in controlling bone growth. Bull. Hosp. Jt. Dis. (N.Y.), 14:147-57, 1953.

WOOD, S.K. - Growth disturbance following femoral fractures in children. J. Bone Jt. Surg., 54B:201, 1972.

WRAY, J.B. & GOODMAN, H.O. - Post-fracture vascular phenomena and long-bone overgrowth in the immature skeleton of the rat. J. Bone Jt. Surg., 43A:1047-55, 1961.

WU, Y.K. & MILTNER, L.J. - A procedure for stimulation of longitudinal growth of bone. J. Bone Jt. Surg., 19:909-21, 1937.