

CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO DA ELETRONARCOSE.

Estudo Experimental em Cães (*)

DR. PAULO MELLO SOARES, E.A. (**)

DR. J. B. P. PAULIN (***)

DR. RUBENS L. NICOLETTI, E.A. (**)

DRA. MARICO S. COSTA PEREIRA (**)

Com a finalidade de observar se existe evidência de dor durante a eletro-narcolese, obtida com um aparelho de corrente contínua e alternada com onda sinusoidal, foram estudadas as alterações de pressão arterial, frequência de pulso e as taxas plasmáticas de sódio e potássio, em 25 cães divididos em 5 grupos de experimentos.

Não houve evidência dos animais haverem sentido dor durante as experiências.

O emprêgo associado de Tiopental, relaxante muscular e respiração controlada previne o aparecimento de hipertensão arterial e convulsões clônico — tônicas características da eletro-narcolese.

O uso da corrente elétrica como “anestésico” data do século passado, embora o homem não tenha tido a primazia do seu emprêgo, uma vez que algumas espécies de peixes imobilizam suas presas ou seus inimigos com descargas elétricas.

A anestesia elétrica é, teòricamente, uma forma de anestesia extremamente atrativa, que pode ser controlada com facilidade, bastando para isso apertar um botão. O agente anestésico não tem necessidade de ser excretado metabolizado ou distribuído pelo organismo do paciente. Embora o estado de inconsciência possa ser obtido rápida e facilmente, o estabelecimento da anestesia é acompanhado de alterações fisiológicas, de tal monta e risco, que o método ficou abandonado por muito tempo. Nos últimos dez anos, com o desenvolvimento da eletrônica, dos conhecimentos de fisiologia e do instrumental anestésico, a eletro-narcolese tomou um nôvo impulso e, como que rejuvenescida, passou

* Resumo de parte do material apresentado à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo como tese de doutoramento-1965. Trabalho realizado no Serviço de Anestesia do Departamento de Cirurgia.

** Assistente de Anestesiologia.

*** Assistente de Fisiologia.

AP2744

a ser estudada por vários autores, nos seus mais variados aspectos.

As finalidades de nosso trabalho são apresentar nosso método, aparelhagem e experiência com a eletronarcore e estudar em que medida as variações da taxa plasmática de sódio e potássio e as modificações dos valores da pressão arterial média e da frequência do pulso podem contribuir para o esclarecimento de ponto que reputamos fundamental: saber se durante a passagem da corrente elétrica, o paciente está realmente sem sentir dor.

MATERIAL E TÉCNICAS

Para nossas observações, cada uma com a duração de 80 minutos, foram utilizados 25 cães cujo peso variou de 15 a 22 quilos. Os cães foram divididos em 5 grupos de 5 animais:

1.º grupo — Obteve-se a anestesia por via venosa, com tiopental (10 mg por quilo de peso) e o relaxamento com galamina (4 mg por quilo). Praticou-se a entubação traqueal como senda provida de manguito; a respiração do animal foi controlada com o respirador de Takaoka⁽³⁰⁾ e a ventilação, feita com oxigênio 100%, foi mantida dentro dos limites da normalidade durante toda a anestesia pela medida do anidrido carbônico de fim de expiração^(13, 16) através do analisador Dräger.

Sempre que necessário foram administradas doses intermitentes de galamina. Ao término do experimento, os cães eram descurarizados com prostigmina precedida de atropina, nas doses adequadas.

2.º grupo — Foi administrada apenas galamina, por via venosa, na dose de 4 mg por quilo de peso. Praticou-se a entubação traqueal com sonda provida de manguito. A respiração e a ventilação foram mantidas como no primeiro grupo.

3.º grupo — Como o anterior, porém submetidos a estímulos dolorosos repetidos cada 10 minutos, por beliscamento da pele abdominal e dos genitais externos, com os dentes terminais de uma pinça hemostática de Kocher.

4.º grupo — Os animais, foram induzidos, entubados, controlada a respiração e mantida a ventilação como no primeiro grupo. A manutenção da anestesia foi conseguida mediante uma corrente elétrica contínua (D.C.), com intensidade de 1 mA por quilo de peso, associada a uma corrente alternada (A.C.) de forma senoidal, com intensidade de 1 mA por quilo de peso e frequência de 700 hertz

por segundo. As correntes fornecidas por um aparelho de eletronarcose projetado e construído por Paulin^(26, 27), eram administradas por intermédio de eletrodos colocados na cabeça dos cães, segundo técnica descrita por Smith e col.⁽²³⁾, isto é, o anodo entre os olhos e o catodo no occipício. Antes da colocação dos eletrodos era feita uma tricotomia na cabeça do animal e as esponjas eram mantidas embebidas numa solução saturada de cloreto de sódio. Uma vez ligado o aparelho, os animais eram submetidos a estímulos dolorosos repetidos cada 10 minutos, por beliscamento da pele abdominal e dos genitais externos com os dentes terminais de uma pinça hemostática de Kocher.

5.º grupo — Como o anterior, porém sem os estímulos dolorosos.

As amostras de sangue arterial destinadas à medida do pH e do anidrido carbônico foram coletadas anaerobicamente. A dosagem dos íons sódio e potássio foi realizada no fotômetro de chama "Coleman".

A dosagem do pH sanguíneo foi realizada no potenciômetro "Bekman". A medida do anidrido carbônico foi realizada no aparelho volumétrico de Van Slyke.

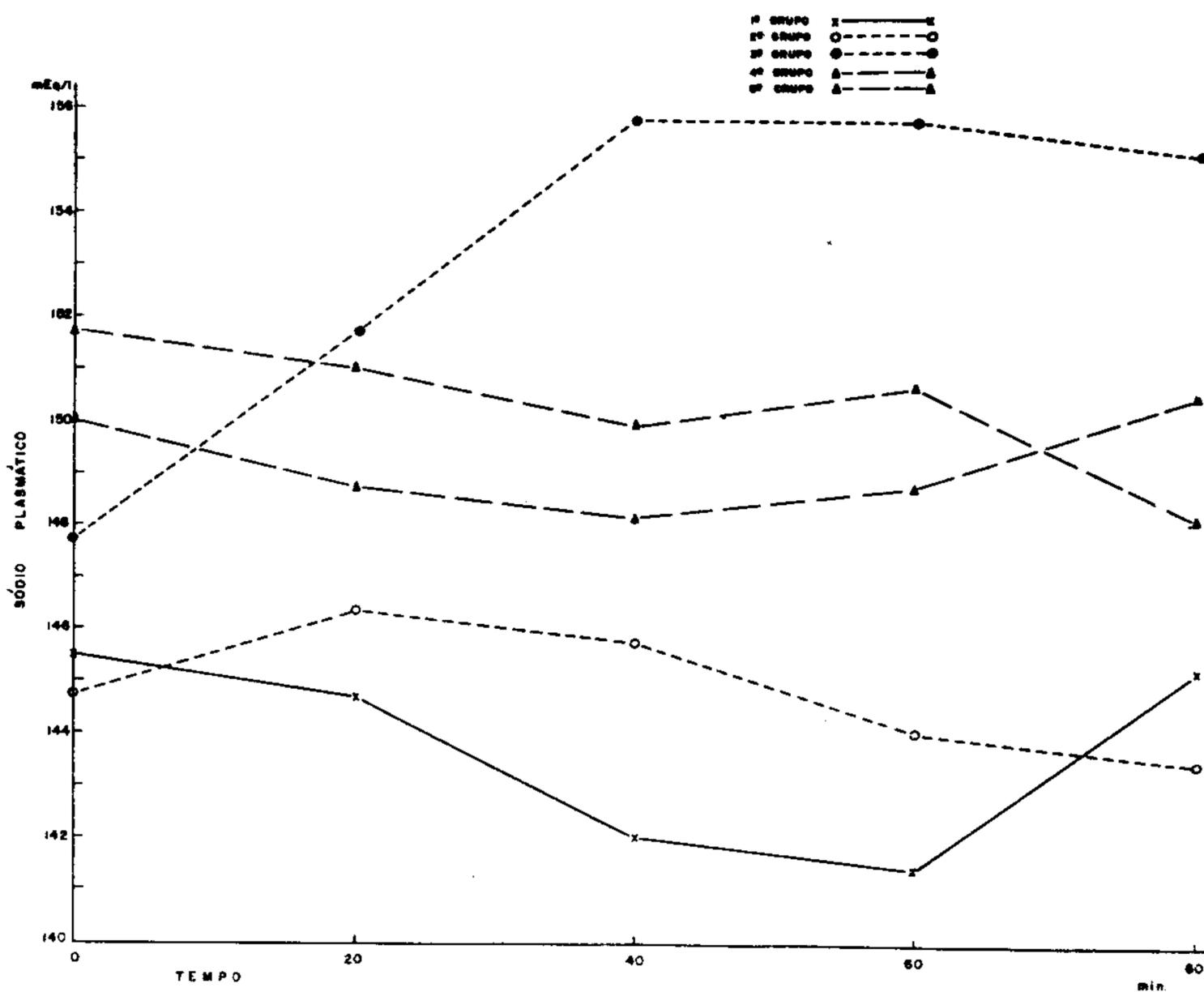
Em todos os animais foram dissecadas e canuladas as artérias femurais, uma para medida da pressão arterial e outra para retirada das amostras de sangue. A pressão arterial média foi obtida por intermédio de um manômetro aneróide.

A atividade elétrica cerebral foi registrada por meio de eletrodos corticais, com derivação bipolar, implantados diretamente na calota craniana, das regiões frontal, e parietal direita e esquerda e conectados a pré-amplificadores 5P5 para eletroencefalografia, de um Polígrafo Grass, modelo 5C. Em todos os cães do 1.º e 2.º grupos, foram tomados três registros eletroencefalográficos, a intervalos de 30 minutos, o primeiro dos quais obtido logo após a colheita da primeira amostra de sangue.

Os máximos valores da pressão arterial, da frequência de pulso, de sódio e de potássio de cada experimento, nos cinco grupos de cães, foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey para comparações múltiplas⁽²⁵⁾.

RESULTADOS

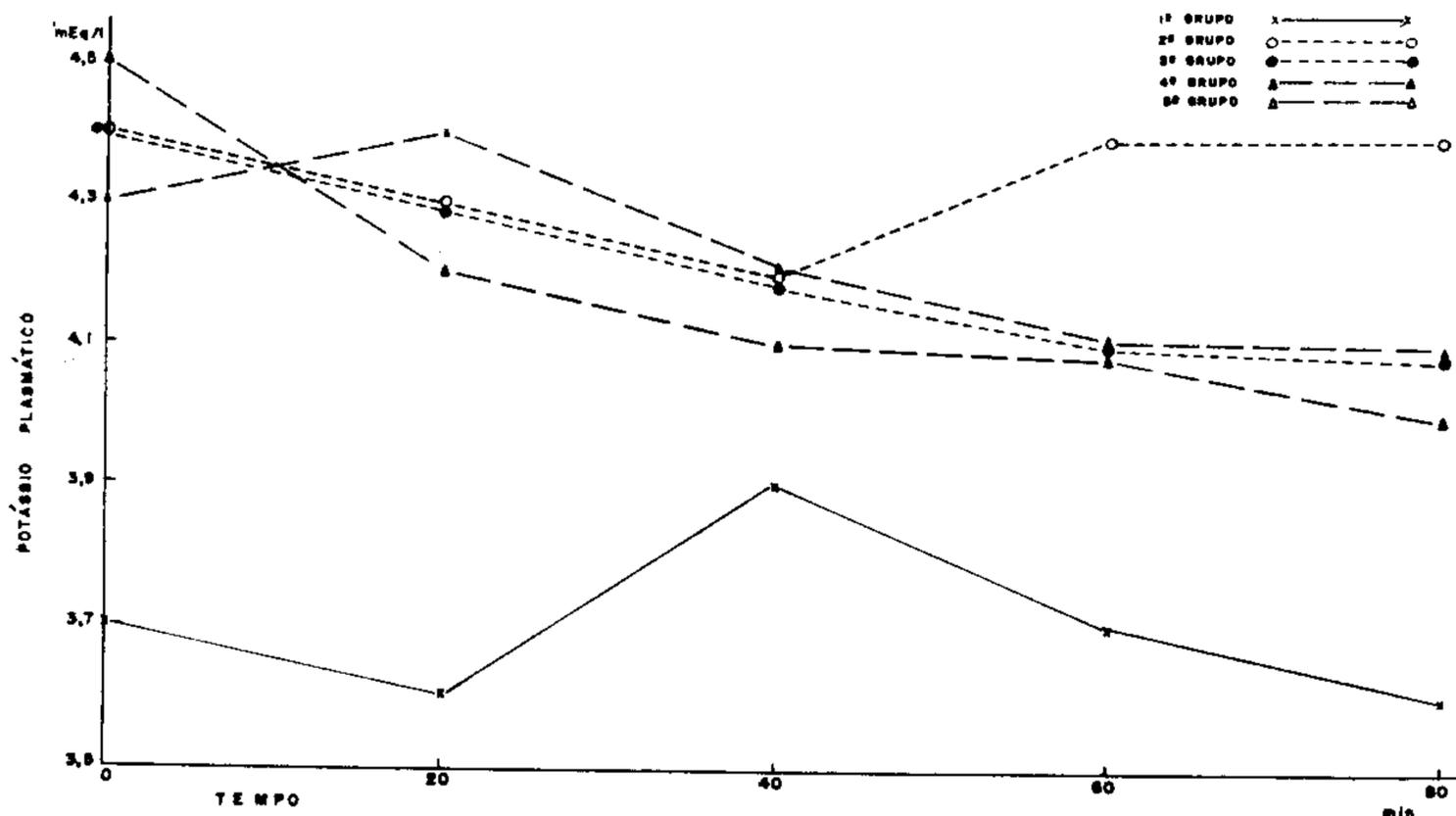
Sódio — Há um aumento de sódio plasmático no 3.º grupo, quando comparado com o 2.º; as curvas correspondentes aos grupos 4.º e 5.º são praticamente superponíveis (gráfico 1). A análise de variância mostrou diferença significativa entre os grupos e o teste de comparações múltiplas



Graf. 1 - VARIACÃO DAS MÉDIAS DOS VALORES DO SÓDIO PLASMÁTICO NOS CINCO GRUPOS DE CÃES

apresentou diferença significativa apenas entre o 2. e 3.º grupos.

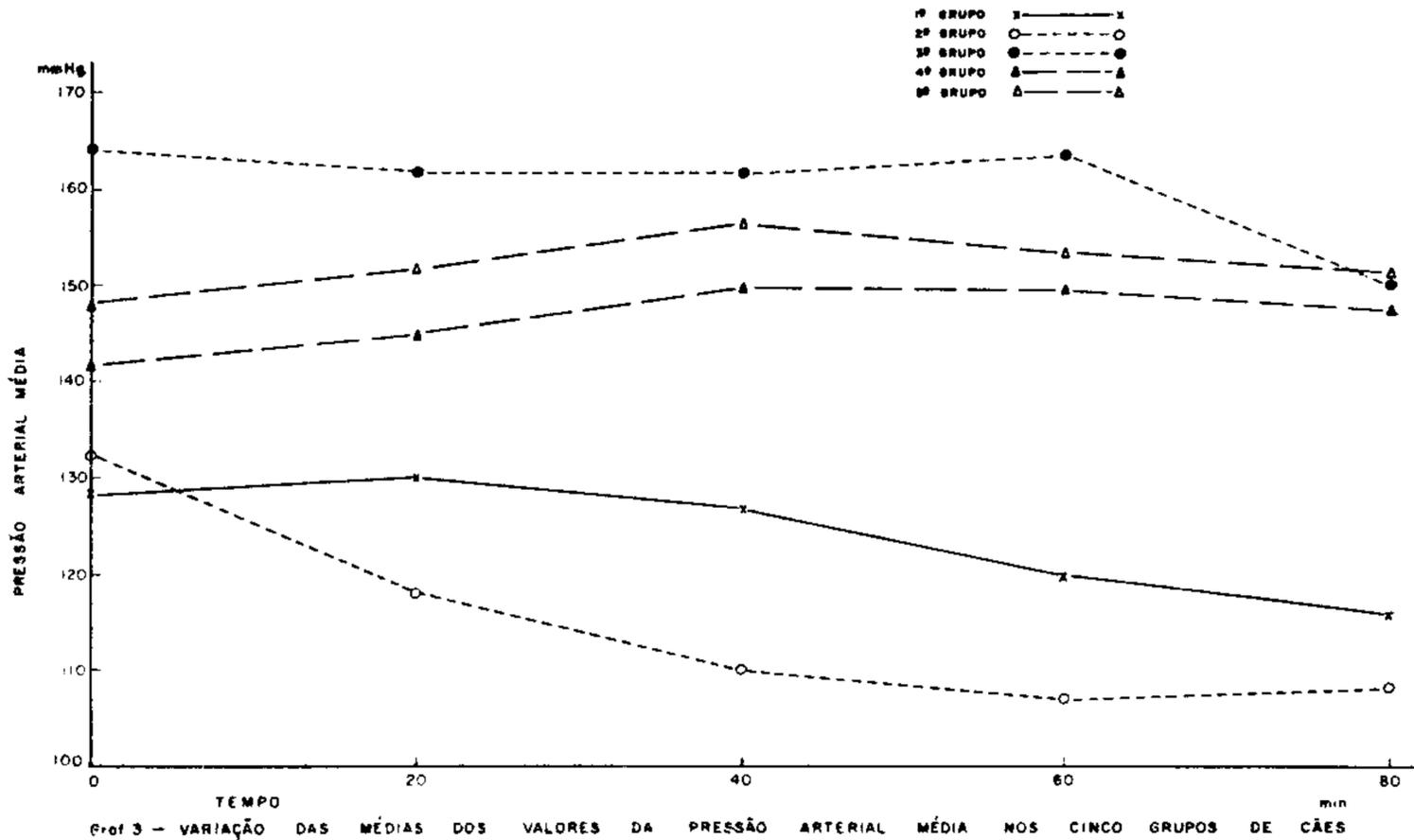
Potássio — As curvas correspondentes aos grupos 4.º e 5.º são praticamente superponíveis enquanto que houve uma ligeira queda na taxa de potássio plasmático no 3.º grupo quando comparado ao 2.º grupo (gráfico 2), entretanto a



Graf. 2 - VARIACÃO DAS MÉDIAS DOS VALORES DO POTÁSSIO PLASMÁTICO NOS CINCO GRUPOS DE CÃES.

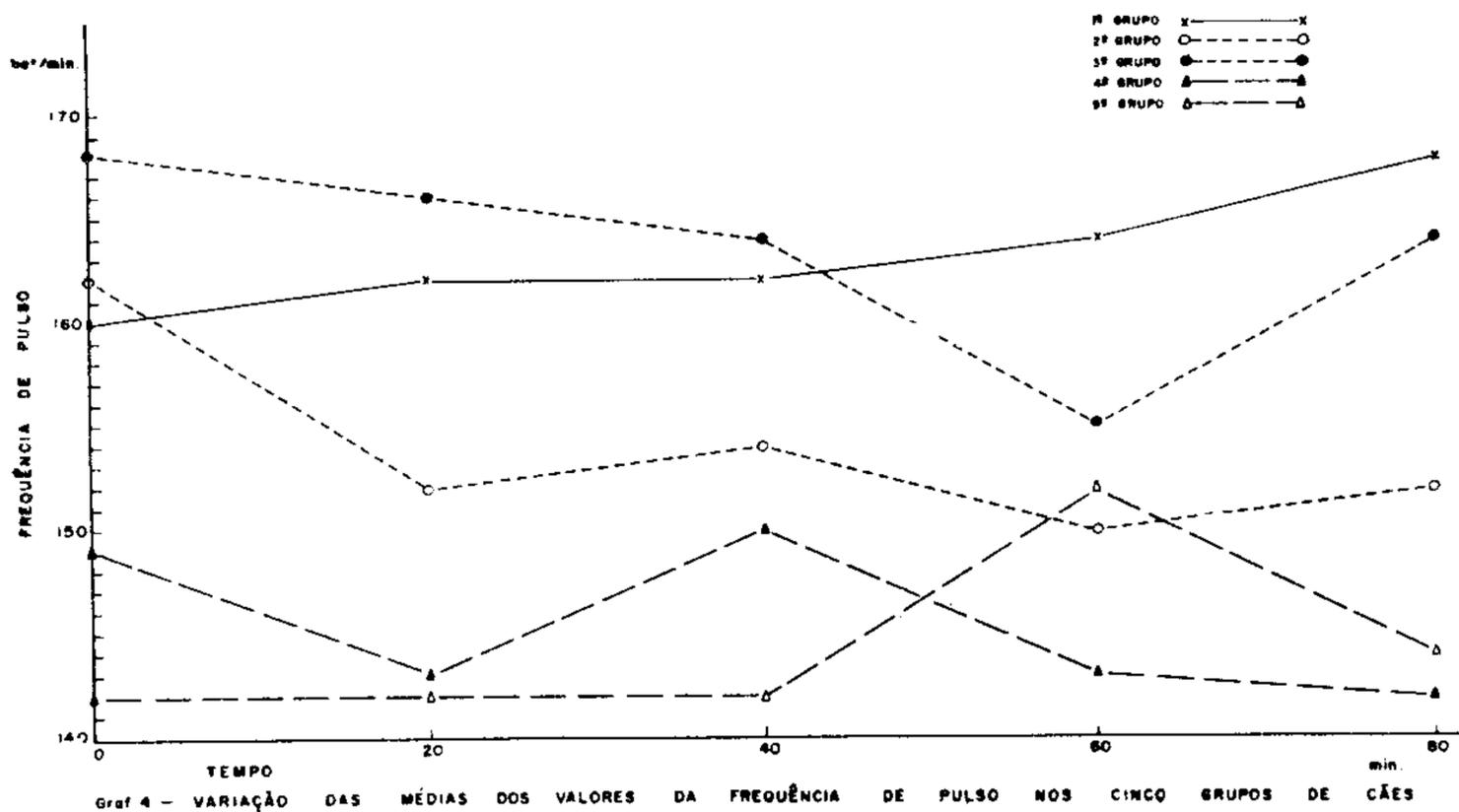
análise de variância e o teste de Tukey não revelaram diferenças significantes.

Pressão arterial média — Houve um aumento no 3.º grupo quando comparado com o 2.º e as curvas correspondentes aos grupos 4.º e 5.º são praticamente superponíveis embora em níveis superiores ao 2.º grupo (gráfico 3).



A análise de variância mostrou diferenças significantes entre os grupos e o teste de comparações múltiplas mostrou diferenças significantes entre o 2.º e 3.º grupos, mas não entre o 4.º e o 5.º grupos.

Pulso — Houve ligeiro aumento na frequência de pulso no 3.º grupo quando comparado com o 2.º e as curvas correspondentes ao 4.º e ao 5.º grupos são praticamente super-



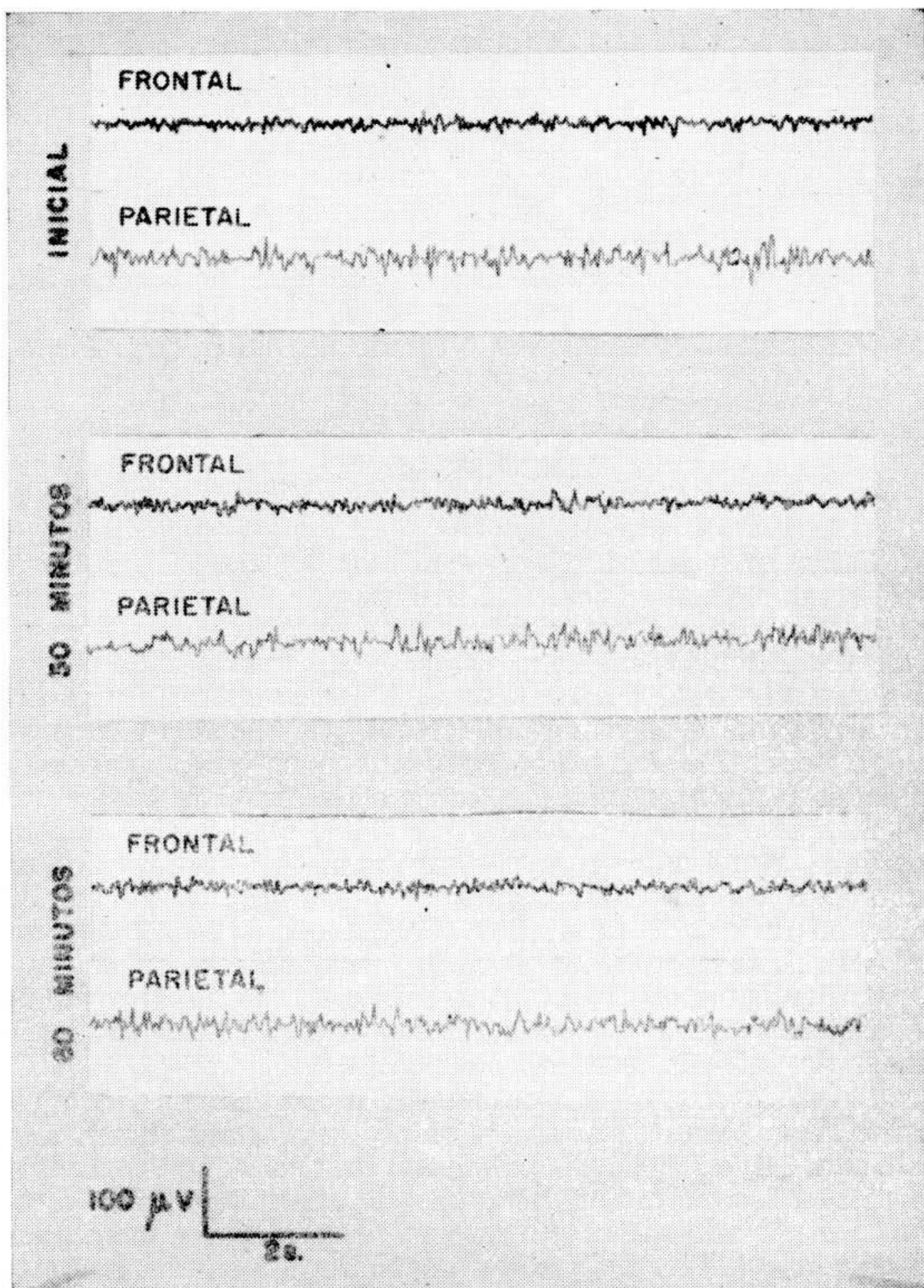


FIGURA 1

Traçados eletrencefalográficos obtidos logo após a administração de tiopental e galamina, e decorridos 30 e 60 minutos. (Cão 1 — 1.º grupo)

poníveis, embora em níveis inferiores ao do 2.º grupo (gráfico 4).

A análise de variância e o teste de Tukey não revelaram diferenças significativas.

Frequência respiratória — No final do experimento, após a descurarização, voltou a níveis próximos dos iniciais em todos os grupos.

Traçados eletroencefalográficos — Em todos os cães do 1.º grupo verifica-se que no traçado de 30 minutos, as ondas são de baixa voltagem e de frequência rápida, o que é característico do estado de vigília em confronto com o traçado inicial, em que as ondas têm voltagem alta e frequência mais lenta. No segundo grupo, nos três traçados evidencia-se o estado de vigília (fig. 1 e 2).

DISCUSSÃO

Saber se o paciente está sentindo dor ou não, durante a eletronarose, isto é, dosar a intensidade de corrente ótima para cada caso é o ponto no qual todos os autores têm encontrado dificuldades. Para tanto, há necessidade de conhecermos a atividade cerebral durante a passagem da corrente elétrica, o que é feito por intermédio de traçados eletroencefalográficos. Embora não tenhamos conseguido, por dificuldades técnicas, realizá-los, como o fizeram Knutson e col. (11); Sances e col. (19) e Geddes e col. (8), os traçados obtidos nos dois primeiros grupos nos mostram que, 30 minutos no máximo após a administração do tiopental, os animais já voltaram ao estado de vigília. Portanto permitimo-nos extrapolar para o quarto grupo, que eventual estado de narcose, ultrapassados 30 minutos depois da administração do tiobarbiturato, não depende do efeito deste, mas provavelmente de ação da corrente elétrica.

Sabemos que, ao ser submetido a um "stress", o organismo reage sempre como um todo e segundo esquema descrito por Selye (20, 21). Inicialmente, há excitação da medula supra-renal com maior liberação de catecolaminas (adrenalina e nor-adrenalina), o que vai determinar aumento da pressão arterial. A adrenalina determina ainda um aumento inicial e queda subsequente na concentração do potássio plasmático. O primeiro efeito é determinado pela liberação de potássio pelo fígado durante a glicogenólise e a segunda resposta é devida à facilitação da deposição de potássio nos músculos (6). Por outro lado, através do eixo hipófise-supra-renal, há liberação de hormônios corticais, dentre eles os glicocorticóides, que favorecem a gliconeogênese às expensas de proteínas, e os mineralcorticóides, que provocam a retenção de sódio e a eliminação de potássio pelo rim. Essa é uma

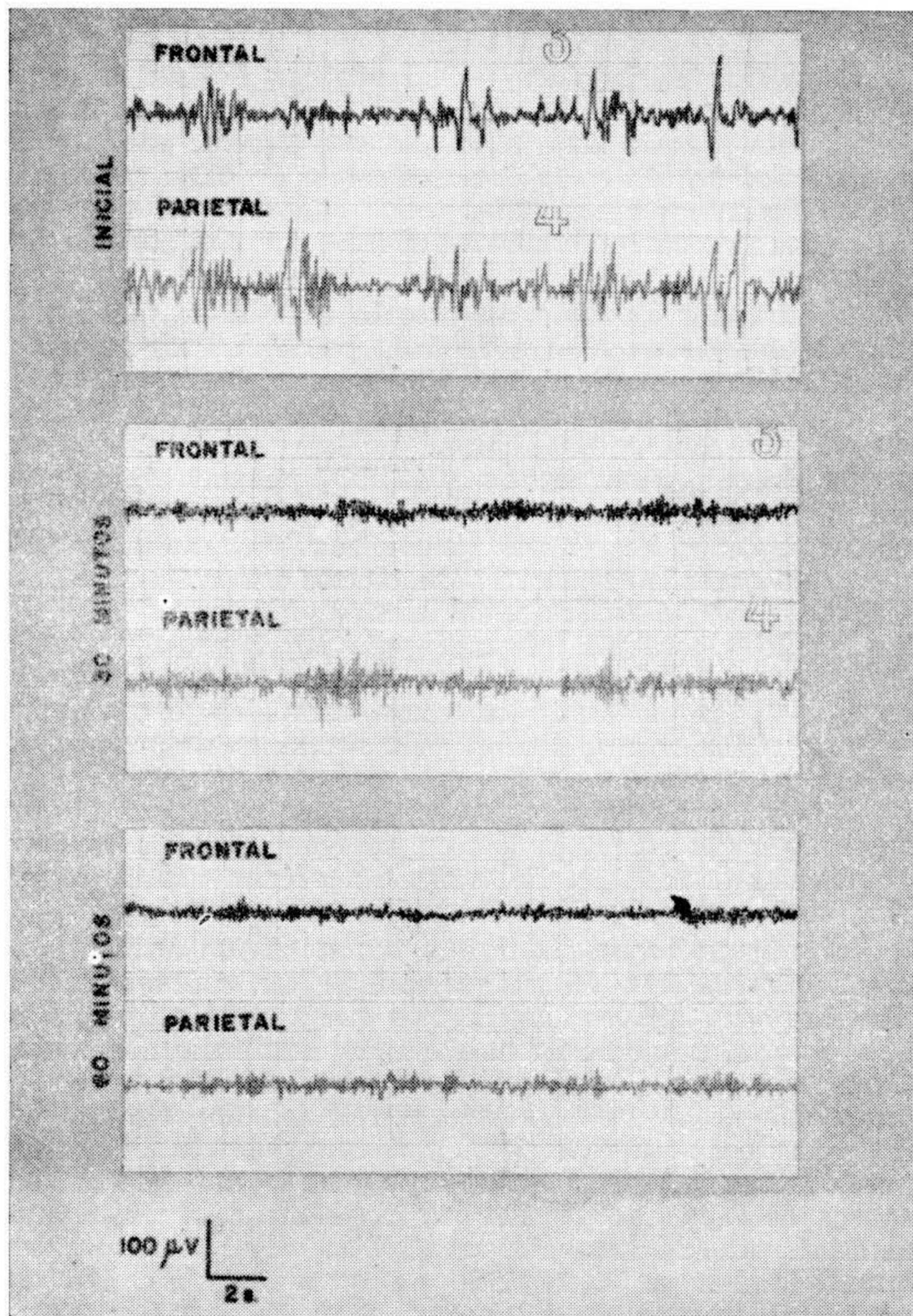


FIGURA 2

Traçados eletrencefalográficos obtidos logo após a administração de galamina, e decoridos 30 e 60 minutos. (Cão 6 — 2.º grupo)

divisão esquemática, pois os glicocorticóides também têm ação semelhante à dos mineralocorticóides ⁽¹⁰⁾.

Apreciemos, agora, em vista do exposto nossos resultados:

Pressão arterial média — Os trabalhos de Knutson e col. ⁽¹¹⁾; Smith e col. ⁽²³⁾ e Powers & Wood ⁽¹⁷⁾ assinalam intensa elevação da pressão arterial, o que, nos parece, pode ter dependido dos seguintes fatores: retenção de CO₂; convulsões clônico-tônicas, determinadas pela corrente elétrica; estímulo direto da corrente elétrica sobre o sistema nervoso simpático.

Observamos elevação da pressão arterial média, ligeira quando comparada com a referida pelos autores acima citados. Podemos explicar esta discrepância, lembrando:

a) não permitimos o aumento de CO₂ plasmático, mediante o controle de CO₂ alveolar ⁽⁴⁾. Isto porque u'a má ventilação determinaria aumento de CO₂ plasmático, que por sua vez estimulando o sistema simpato-adrenal elevaria o nível sanguíneo de aminas catecólicas ⁽¹⁵⁾, produzindo aumento da pressão arterial. Bem poucos autores que empregaram respiração assistida, em seus experimentos ^(4, 5, 17, 18). Respiração controlada foi empregada por Boaro & L'Orsa ⁽²⁾ e por Soares e col. ⁽²⁶⁾. O mau controle da ventilação dos animais e dos pacientes humanos, com toda certeza, deve ter sido o maior responsável pelo aumento da pressão arterial;

b) o aparecimento de convulsões clônico-tônicas durante a passagem da corrente elétrica, também causaria aumento da pressão arterial ⁽³⁾. Evitamos o aparecimento de convulsões, com o emprêgo de relaxantes musculares;

c) não podemos negar que tenha havido aumento dos níveis plasmáticos de catecolaminas em consequência da eletronarcole, embora acreditemos que a associação com tiopental torne moderada essa elevação, conforme demonstrou Hardy e col. ⁽⁹⁾. Wood e col. ⁽³⁾ acentuam que a elevação dos níveis de catecolaminas está relacionado com um estímulo direto da corrente elétrica sobre o sistema nervoso simpático. Esses autores, variando a posição dos eletrodos, na cabeça de cães, observaram ora hipertensão, ora hipotensão arterial. Além disso, Powers & Wood ^(9, 17) acentuam que quanto maior a intensidade de corrente utilizada, tanto maior será a resposta do sistema simpato-adrenal.

Frequência de pulso — Esperar-se-ia efeito bradicárdico determinado pela aplicação da corrente elétrica ⁽¹¹⁾.

Os valores altos, que observamos, estariam relacionados principalmente ao efeito do relaxante muscular empregado — galamina — que possui uma ação taquicárdica nítida ⁽⁷⁾ e ao aumento das catecolaminas circulantes, referido. Além disso, ainda segundo Knutson e col. ⁽¹⁷⁾, a gala-

mina tem um efeito protetor e compensador contra arritmias cardíacas e bradicardia, provocadas pela corrente elétrica. Incidentalmente, convém assinalar que este mesmo fato é descrito por Foldes, agora em relação ao ciclopropano.

Valores de sódio e potássio plasmáticos — A alteração observada em nossos experimentos com eletronarcose, não é significativa nos valores de sódio e potássio plasmáticos, corda com os resultados obtidos por Sudzhyan (1963), em cães anestesiados com tiopental e éter e tiopental e protóxido de azoto.

Como já vimos, quando o organismo é submetido a um "stress", há, pela liberação de glicocorticóides e mineralocorticóides, tendência a reter sódio e a eliminar potássio e, pela liberação de adrenalina, um aumento inicial do potássio com queda subsequente. Em nossos experimentos, com eletronarcose, se os animais estivessem sentindo dor, pelo menos elevação significativa da taxa de sódio plasmático deveria ter ocorrido.

O fato de a taxa plasmática do potássio não ter sofrido variações significantes, talvez se ligue à manutenção do pH dentro de certos limites. Como sabemos o potássio tende a passar das células para o plasma, quando o pH do sangue cai ⁽¹⁵⁾ ou quando há destruição celular ⁽¹²⁾.

Vários autores ^(1, 11, 22, 24), examinando o cérebro de cães submetidos à eletronarcose, através de exames anátomo e histo-patológico, não evidenciaram lesões atribuíveis à passagem da corrente elétrica.

Frequência respiratória — Voltou aos níveis iniciais após a descurarização dos animais o que sugere não ter havido alteração duradoura e irreversível no centro respiratório.

SUMÁRIO E CONCLUSÕES

Estudamos as alterações que sofrem a pressão arterial, a frequência de pulso e as taxas plasmáticas de sódio e potássio, em 25 cães, divididos em cinco grupos.

- I — cinco animais, que foram anestesiados com tiopental mais relaxante muscular;
- II — cinco animais, que receberam apenas relaxante muscular;
- III — cinco animais, que receberam apenas relaxante muscular e foram submetidos a estímulos dolorosos intermitentes;
- IV — cinco animais, que foram anestesiados com tiopental, relaxante muscular e corrente elétrica e foram submetidos a estímulos dolorosos intermitentes;
- V — cinco animais, que foram anestesiados com tiopental, relaxante muscular e corrente elétrica.

Os resultados obtidos nos permitem concluir que:

- 1 — A variação dos valores de sódio e potássio plasmáticos, da pressão arterial e da frequência de pulso, permitem até certo ponto sabermos se o animal está sentindo dor ou não.
- 2 — Nos animais submetidos a eletronarcese, obtido com a associação de corrente contínua e corrente alternada com onda senoidal, nas condições experimentais. O estudo dessas quatro variáveis não ofereceu evidências de terem eles sentido dor durante o experimento.
- 3 — O emprêgo associado de respiração controlada, tiopental e relaxantes musculares previne o aparecimento de hipertensão arterial, convulsões clônico-tônicas, características da eletronarcese.

SUMMARY

ELECTRONARCOSIS: AN EXPERIMENTAL STUDY IN DOGS

Twenty five dogs divided in 5 groups were observed under electronarcosis produced by a sinusoidal current. The electric unit used will give alteernante and direct current. In order to analyse the pain response the authors observed blod pressure, pulse frequency and the plasmatic concentration of sodium and potassium. These observations did not show that the animals suffered pain during the experiments. Thiopentone and relaxants, associated with controlled respi-ration will prevent the appearance of hypertension and convulsions, characte-ristic of electronarcosis.

REFERÊNCIAS

1. Alpers, B. J. e Madow, L. — Changes in brain associated with electronar-cosis. *Arch. Neurol. Psychiat.* 60:366, 1948.
2. Boaro, G. e L'orsa, M. M. — Prime osservazioni cliniche sulla anestesia indotta mediante l'impiego di correnti elettriche. *Minerva Anest.*, 30:104, 1964
3. Du Cailar, J. — L'anesthésie chirurgicale par les courants életriques. Tese de doutoramento apresentada à Faculdade de Medicina de Montpellier, 1952
4. Fabian, L. W., Hardy, J. D.; Turner, M. D. e Moore, F. J. — Electrical anesthesia V. Survey of clinical progress with illustrative cases. *Anesth.*, 40:653, 1961.
5. Fabian, L. W., Hardy, J. D., Turner, M. D. e Moore, F. J. — A review of the present status of electronarcosis. *Anesth. Analg.*, 43:87, 1964.
6. Fenn, W. — Potassium metabolism. Report of the Sixth M & R Pediatric Research Conference, M & R Laboratories, Minneapolis, 1953.
7. Foldes, F. F. — Muscle relaxants in anesthesiology. Charles C. Thomas, Springfield, 1957.
8. Geddes, L. A., Turbes, C., Hinds, M. e Barrows, W. F. — The EEG during electronarcosis. *Anesth. Analg.*, 44:305, 1965.
9. Hardy, J. D. Turner, M. D. e McNeil, C. D. — Electrical anesthesia. III. Development of a method and laboratory observations. *J. Surg. Res.*, 1:152, 1961b.
10. Houssay, B. A., Lewis, J. T., Orias, O., Braun Menéndez, E., Hug, E., Foglia, V. G. e Leloir, L. F. — *Fisiologia Humana*. Editorial El Ateneo, Buenos Aires, 3ª ed., 1954.

11. Knutson, R. C., Tichy, F. Y. e Reitman, J. H. — Use of electric current as a anesthetic agent. *Anesthesiology*, 17:815, 1956.
12. Moore, F. D., Boling, E. A., Ditmore, Jr., H. B., Sicular, A., Tetericik, J. E., Ellison, A.E. Hoye, S. J. e Ball, M. R. — Body sodium and potassium. *Metabolism*, 4:379, 1955.
13. Nicoletti, R. L. — O uso do analisador Drager para CO₂ adaptado ao respirador de Takaoka. *Rev. Brasil. Anest.*, 10:164, 1960.
14. Nicoletti, R. L. e Soares, P. M. — Correspondências entre o CO₂ alveolar e o CO₂ arterial durante respiração controlada. *Rev. Bras. Anest.*, 11:65, 1961.
15. Nicoletti, R. L. — Contribuição para o estudo de acidose respiratória — Estudo experimental em cães. Tese de Livre-Docência, Ribeirão Preto, 1963.
16. Nunn, J. F. — The Drager carbon dioxide analyzer. *Brit. J. Anaesth.* 30:264, 1958.
17. Powers, M. F. e Wood, W. B. — Electrical anesthesia studies: diverse effects. *Anesth. Analg.*, 43:385, 1964.
18. Price, J. H. e Dornette, W. H. L. — Clinical experiences with electroanesthesia: a preliminary report of 50 administrations *Anesth. Analg.*, 42:487, 1963.
19. Sances e col., citado por Geddes, L. A., Turbes, C., Hinds, M. e Barrows, W. F. In: *The EEG during electronarcosis*. *Anesth. Analg.* 44:305, 1956.
20. Selye, H. — Endocrine reactions during stress. *Anesth. Analg.*, 35:182, 1956.
21. Selye, H. — Stress, a tensão da vida. IBRASA, São Paulo, 2ª ed., 1950.
22. Smith, R. H., Gramling, Z. W., Smith, G. W. e Volpitto, P. P. — Electronarcosis by combination of direct and alternating current. 2. Effects on dog brains as shown by EEG and microscopic study. *Anesthesiology*, 22:970, 1961.
23. Smith, R. H., Rovno, D., Richard, R. e Culien, S. C. — Electronarcosis by a combination of direct and alternating current: 4. Effects on some physiologic processes in the dog. *Anesth. Analg.*, 43:59, 1964.
24. Smith, R. H., Richards, R. K., Richter, W. R., Hylton, R.R., Mc Cabe, J.R. e Cullen, S.C. — Electrical anesthesia produced by combining direct and alternating currents: Electromicroscopy of the dog brain, *Anesthesiology*, 26:607, 1965.
25. Snedecor, G. W. e Cochran, W. G. — Statistical methods. The Iowa State College Press, Ames. Iowa, 5ª ed., 1956.
26. Soares, P. M., Paulin, J. B. P., Nicoletti, R.L. e Sato, M. — Aparelho de eletronarcolese. Estudo experimental em cães. Comunicação ao XIV Congresso Médico Regional da Associação Paulista de Medicina, 1964.
27. Soares, P.M., Paulin, J.B.P., Nicoletti, R.L. e Sato, M. — Aparelho de Eletro-Narcolese de Paulin. *Rev. Bras. Anest.* 16:272, 1966.
28. Stephan, V. — Progress in electrical anesthesia: a critical review; 1902-1958. *Med. J. Aust.*, 1:831, 1959.
29. Sudzhyan, A. V. — Effect on depth of anesthesia on serum electrolyte levels in dogs. *Bull. Exp. Biol. Med.*, 56:1110, 1963
30. Takaoka, K. — Respirador automático de Takaoka. *Rev. Brasil. Anest.*, 14:380, 1964.
31. Wood, W. B., Powers, M. F., Dornette, W. H. L. e Price, J. — The cardiovascular effects of cranially impressed electric currents of anesthetic intensity. *Anesth. Analg.*, 43:313, 1964.

DR. PAULO MELLO SOARES
Faculdade de Medicina
Ribeirão Preto — São Paulo