

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA ELÉTRICA DE ELETRODOS DE SILICONE-CARBONO APÓS USO PROLONGADO

Autores

Viviane Jacintha Bolfe

Orientador

Rinaldo Roberto de Jesus Guirro

1. Introdução

A corrente elétrica transcutânea é uma modalidade terapêutica comumente empregada no controle de dores agudas ou crônicas (RUSHTON, 2002), no fortalecimento de músculos debilitados (CREVENNA et al, 2003) e/ou no tratamento de seqüelas neurológicas (WILDER et al., 2002).

Os eletrodos são dispositivos que transmitem o estímulo elétrico gerado para o paciente e, portanto, sua integridade pode afetar os resultados finais da terapia (NELSON, SMITH, BOWMAN e WATERS, 1980). Diante disso, a escolha do eletrodo, sua manutenção e durabilidade ainda representam dúvidas nas terapias com corrente elétrica.

No Brasil, eletrodos metálicos, de silicone-carbono e/ou auto-adesivos são geralmente distribuídos e indicados para o uso com os estimuladores elétricos. Dentre eles, há uma preferência dos profissionais pelos eletrodos de silicone-carbono, pois, além da compatibilidade com diferentes aparelhos e da fácil aplicação (NOLAN, 1991), têm baixo custo e são reutilizáveis a longo prazo, podendo ser cortados no tamanho desejado e ajustados à superfície do corpo (LOW e REED, 2000). A composição desses eletrodos é, basicamente, uma associação de borracha siliconada impregnada por carbono e/ou materiais polímeros, responsáveis pela transmissão do fluxo elétrico (NELSON, HAYES E CURRIER, 1999).

No entanto, outro fator a ser considerado na escolha do eletrodo é a impedância elétrica oferecida. Resistência ou impedância é a oposição ao fluxo da corrente elétrica presente em um meio condutor, podendo ser indiretamente calculada pela Lei de Ohm, desde que a voltagem e a intensidade da corrente sejam conhecidas (NOLAN, 1991).

2. Objetivos

Analisar a resistência elétrica de eletrodos de silicone-carbono submetidos a dois protocolos de estimulação elétrica.

3. Desenvolvimento

Dezesseis eletrodos de silicone-carbono (3x5cm), de mesma marca e lote, foram divididos em três grupos: corrente despolarizada (CD), n=4; corrente contínua – pólo negativo (CC-N), n=6 e corrente

contínua – rólo positivo (CC-P), n=6.

Ος ελετροδος συβμετιδος ρ ΧΔ φοραμ εστιμυλαδος χομ χορρεντε βιφ(σιχα θυαδρ(τιχα σιμ(τριχα, φρεθ(νχια δε 100 Ηζ, δυρα(ο δε φασε δε 100 υσ ε ιντενσιδαδε δε 16 μΑ, εμιτιδα πελο απαρεληο Δυαλπεξ[®] 961 (Θυαρκ[®]). ρ(ος ελετροδος δα ΧΧ–Ν ε ΧΧ–Π φοραμ εστιμυλαδος χομ χορρεντε χοντ(νυα, ιντενσιδαδε δε 3 μΑ, γεραδα πελο εθυιπαμεντο Νευροδψν[®] (Ιβραμεδ[®]), σενδο αχοπλαδος αοσ π(λος νεγατιωο ε ποσιτιωο, ρεσπεχτιωαμεντε.

Εντρε ο παρ δε ελετροδος φοι ποσιχιοναδα υμα χαμαδα δε αλγοδ(ο (3,3 χμ δε λαργυρα ξ 5,3 χμ δε χομπριμεντο ε 1 χμ δε εσπεσσυρα θυανδο σεχο, Συσσεξ[®]) υμεδεχιδο χομ 10μλ δε (γυα ποτ(ωελ. Σοβρε εσσε σιστεμα φοι απλιχαδα υμα πρεσσ(ο δε 1,2 Ν παρα μαντερ ο χοντατο υνιφορμε.

Τοδος ος ελετροδος φοραμ εστιμυλαδος πορ υμ τοταλ δε 108 ηορασ, τενδο α ωολταγεμ αωαλιαδα πρ(ε α χαδα 36 ηορασ δε υσο (T0 = πρ(, T36 = απ(σ 36 ηορασ, T72 = απ(σ 72 ηορασ, T108 = απ(σ 108 ηορασ). Ος 15 ποντος αφεριδος να συπερφ(χιε δο ελετροδο φοραμ παδρονιζαδος πορ υμα πλαχα δε χιρχυιτο ιμπρεσσο, περφυραδα α χαδα 1 χμ, ε αγρυπαδος εμ 5 ρεγ(εσ (P1 ε P5 = λατεραισ, P2 ε P4 = εντρε ο χεντρο ε ασ λατεραισ, P3 = χεντρο, χονεξ(ο χομ ο χαβο δα χορρεντε). Ταλ πλαχα φοι ποσιχιοναδα σοβρε ο ελετροδο ε νελεσ εξερχιδο υμα πρεσσ(ο χονσταντε δε 32± 1Κγφ χοντρολαδα πορ χ(λυλα δε χαργα (ΚΡΑΤΟΣ[®]). Παρα εωιταρ α πρεσσ(ο διρετα σοβρε ο ελετροδο, φοι ινφεταδο 0,5μλ δε (γυα ποτ(ωελ χομ μιχροπιπετα σεμ–αυτομ(τιχα (5/50 μλ, θενχονσ Σεαλπεττε[®]) νο ποντο α σερ αωαλιαδο.

Α ωολταγεμ φοι μενσυραδα πορ υμ σιστεμα χομποστο πορ οσχιλοσχ (πιο διγιταλ (Τεκτρονιξ[®] ΤΔΣ 210), υμ γεραδορ δε χορρεντε χομ ιντενσιδαδε χονσταντε (Δυαλπεξ[®] 961) ε υμα ρεσιστη νχια χερ(μιχα δε 100 Ω (Φιγυρα 1). Υμα χορρεντε βιφ(σιχα θυαδρ(τιχα σιμ(τριχα, 10 μΑ δε ιντενσιδαδε, φρεθ(νχια δε 100 Ηζ ε δυρα(ο δε φασε δε 100 υσ φοι απλιχαδα δυραντε α αωαλια(ο δα ωολταγεμ, σενδο σεμπρε ο μεσμο λοχαλ δε εντραδα δε υμ δοσ π(λος δα χορρεντε νο ελετροδο. Α μ(δια δε τρ(σ μενσυρα(εσ φοι τιδα χομο ο ωαλορ δα ωολταγεμ εμ χαδα ποντο παρα ποστεριορ χ(λχυλο δα ρεσιστη νχια πελα Λει δε Οημ.

Τοδος ος προχεδιμεντος φοραμ ρεαλιζαδος εμ σαλα χομ τεμπερατυρα δε 23°Χ ±2 ε υμιδαδε δο αρ α 70% ±2.

Παρα α αν(λισε δοσ δαδος, απλιχου–σε ο τεστε δε νορμαλιδαδε Σηαπιρο–Ωιλκ ε ο δε ηομοχεδαστιχιδαδε Λεωεννε, σεγυιδος πελο τεστε δε Κρυσκαλλ–Ωαλλισ χομ ποστ ηοχ δε Δυνν, νασ χομπαρα(εσ εντρε ος γρυπος, ε ο τεστε δε Φριεδμανν παρα α αν(λισε δα ρεσιστη νχια ελ(τριχα νασ διφερεντες ρεγ(εσ ε τεμποσ, ιντραγρυπο. Παρα ταντο, φοι εμπρεγαδο ο σοφτωαρε ΒιοΕστατ[®] 4.0 ε π<0,05.

4. Resultados

Segundo as indústrias de estimuladores elétricos, os eletrodos de silicone-carbono estão aptos para uso quando apresentam valores de resistência elétrica entre 40 e 400 ohms. Porém não há normas específicas que determinem a impedância máxima aceita para a utilização dos mesmos, o que dificulta a determinação de sua durabilidade.

Os resultados são apresentados na Tabela 1. Na análise intragrupo foi considerado o mesmo tempo para comparar a resistência elétrica nas cinco regiões do eletrodo e a mesma região para a comparação entre os tempos de estimulação.

No grupo CD, a impedância na R1 foi maior que na R4 no T0 e T36 e que na R2 em todos os tempos. Os valores na região central (R3) foram maiores que na R2 e R4 em todos os tempos e que na R5 no T0 e T108. Já a R5 apresentou maior resistência que R2 no T72 e T108 e que R4 no T0 e T72.

Considerando o grupo CC-N, a impedância elétrica na R1 foi maior que na R2 e na R4 em todos os tempos. Já a outra lateral (R5) apresentou valores superiores que R4 em todos os tempos e que R2 apenas no T0 e T72. Na R3 foram observadas resistências maiores comparando à R1 no T36, à R2 no T0, T72 e T108 e à R4 no T72 e T108.

Por fim, no grupo CC-P a impedância na R2 e R4 diferiu das demais regiões no T0 e T72 e da R3 também no T108. Os valores na R4 ainda foram diferentes que na R3 no T36 e que na R1 no T36 e T108.

Os resultados confirmam a distribuição não uniforme da impedância sobre a superfície dos eletrodos. Essa disparidade aparece nos eletrodos novos e tende a manter o padrão após 108 horas de uso. Contudo, ao contrário do postulado por Nelson, Hayes e Currier (1999), os maiores valores foram observados no centro (R3), seguido pelas laterais (R1 e R5), o que indica uma maior dificuldade para a transmissão da corrente nesses locais, facilitando a concentração da mesma nas regiões entre o centro e as laterais (R2 e R4). Possivelmente essas diferenças estejam relacionadas às variações na concentração do material condutor durante o processo de fabricação.

Na comparação entre os tempos, nos grupos CD e CC-N, houve aumento da resistência elétrica no T72 e T108 em relação ao T0 e T36, em todas as regiões, exceto para a R1 e R3 no T72 e a R3 no T108. Já para o grupo CC-P, os valores de impedância foram menores no T0 quando comparados aos demais tempos, em todas as regiões, e no T72 e T108 em relação ao T36 na R2.

O aumento nos valores de resistência elétrica com o uso também corrobora com o preconizado na literatura (NELSON, SMITH, BOWMAN e WAERS, 1980). Na CC-P essa alteração foi evidenciada após 36 horas de uso, o que indica um desgaste precoce quando comparado aos demais grupos que demonstraram elevação na impedância após 72 horas de estimulação.

Ao se confrontar os dados obtidos nos três grupos analisados, considerando o mesmo tempo e região, identificou-se maiores valores, em todas as regiões, na CC-P quando comparado ao CD no T36, T72 e T108, porém no T0 essa relação foi inversa. A CD também apresentou impedância superior a CC-N no R3T0, R4T0, R4T72, R4T108 e R5T108. Por fim, comparando-se o CC-P e o CC-N identificou-se maior valor para o primeiro em todas as regiões nos tempos T36, T72 e T108.

Nessa comparação, verificou-se diferença nos valores de resistência elétrica de eletrodos novos, de mesma marca e lote, fato esse já salientado por Nolan (1991). Além do desgaste precoce, a CC-P apresentou valores de impedância superiores aos demais. Esse comportamento pode ser explicado pela repulsão iônica, uma vez que o carbono é um íon positivo. Além disso, tal resultado enfatiza a contra-indicação do uso de eletrodos de silicone-carbono para a aplicação de correntes polarizadas, em especial a contínua, fato esse muitas vezes negligenciado pelos profissionais e fabricantes devido à falta de conhecimento ou informações errôneas.

5. Considerações Finais

A resistência elétrica não é uniforme na superfície dos eletrodos de silicone-carbono novos, sendo

maior no centro do que nas demais regiões. Essa relação se manteve após o aumento dos valores de impedância com o uso.

O desgaste precoce e pronunciado dos eletrodos estimulados com corrente contínua determina a contra-indicação de tal associação no emprego de terapias com corrente elétrica.

Referências Bibliográficas

CREVENNA, R.; MAYR W.; KEILANI, M.; PLEINER, J.; NUHR, M.; QUITTAN, M.; PACHER, R.; FIALKA-MOSER, V.; WOLZT, M. Safety of a combined strength and endurance training using neuromuscular electrical stimulation of thigh muscles in patients with heart failure and bipolar sensing cardiac pacemakers. **Wien Klin Wochenschr**, v. 115, n. 19-20, p. 710-4, 2003.

LOW, J.; REED, A. **Electrotherapy explained – principles and practice**. 3rd ed. Oxford: Butterworth Heinemann; 2000.

NELSON, R.M.; HAYES, K.W.; CURRIER, D.P. **Clinical Electrotherapy**. 3rded. London: Pearson education; 1999.

NELSON, H.E. Jr.; SMITH, M.B.; BOWMAN, B.R.; WATERS, R.L. Electrode Effectiveness During Transcutaneous Motor Stimulation. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 61, p.73-77, 1980.

NOLAN, M.F. Conductive differences in electrodes used with transcutaneous electrical nerve stimulation devices. **Phys Ther**, v. 71, n. 10, p. 746-751, 1991.

RUSHTON, D.N. Electrical stimulation in the treatment of pain. **Disabil Rehabil**. v. 24, n. 8, p. 407-15, 2002.

WILDER, R.P.; WIND, T.C.; JONES, E.V.; CRIDER, B.E.; EDLICH, R.F. Functional electrical stimulation for a dropped foot. **J Long Term Eff Med Implants**, v. 12, n. 3, p. 149-59, 2002.

Anexos

