



Ranqueamento de recursos eletro-terapêuticos para pacientes pós internação por COVID-19 utilizando análise multicritério

Jonathas Vinícius Gonzaga Alves Araujo¹; Maryane Gonzaga Alves Araujo²;
Marcos dos Santos³; Carlos Francisco S. Gomes⁴; Guilherme Portilho Joaquim⁵

Resumo: O presente artigo tem o objetivo de assistir fisioterapeutas na aquisição de um equipamento mais adequado para o tratamento da sarcopenia de quadríceps apresentada pelos pacientes pós-internação por COVID-19. Foram descritos e comparados dois recursos eletro-terapêuticos: a corrente russa e a eletroestimulação funcional (FES). Por meio de um levantamento bibliográfico, chegou-se à conclusão de que o FES apresenta a melhor resposta terapêutica. A partir disso, foram escolhidos quatro modelos de aparelhos de estimulação elétrica funcional (FES) e para ranqueá-los, utilizou-se uma abordagem híbrida: o método CRITIC-TOPSIS-2NE, em que o método CRITIC foi utilizado para gerar os pesos dos critérios e o método TOPSIS-2NE para ordenar as alternativas.

Palavras-chave: Apoio à decisão; CRITIC-TOPSIS-2NE; Fisioterapia; Sarcopenia.

Abstract: This article has the purpose of assisting physiotherapists in the acquisition of more appropriate equipment for the treatment of the quadriceps sarcopenia presented by patients after hospitalization by covid-19. Two electrotherapeutic resources were described and compared: the Russian current and functional electro-stimulation (FES). Through a bibliographic survey, it was concluded that FES presents the best therapeutic response. From that, four models of functional electrical stimulation apparatus (FES) were chosen and to rank them, a hybrid approach was used: the CRITIC-TOPSIS-2NE method, in which the CRITIC method was used to generate the weights of the criteria and the TOPSIS-2NE method to order the alternatives.

Keywords: Decision-making Support; CRITIC-TOPSIS-2NE; Physiotherapy; Sarcopenia.

¹ Instituto Militar de Engenharia (IME) - jonathasvga@ime.eb.br

² Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO) - maryanegonzaga@gmail.com

³ Instituto Militar de Engenharia (IME) - marcosdossantos@ime.eb.br

⁴ Universidade Federal Fluminense (UFF) - cfsg1@bol.com.br

⁵ Fundação Instituto de Administração (FIA) - guilherme.portilho@outlook.com

1. Introdução

De acordo com Greve (2020), o novo coronavírus, causador da doença infecciosa COVID-19 pela Organização Mundial de Saúde (OMS), foi sinalizado na China em dezembro. Segundo o autor os acometidos pela doença sofrem uma propensão a adquirir alterações cardíacas, miopatia difusa, diminuição da função pulmonar, diminuição da força muscular inspiratória e deterioração da capacidade funcional. Então, é aguardado que estes pacientes enfrentem sequelas musculoesqueléticas por conta do processo inflamatório e da perda de massa muscular causada pela imobilidade.

Segundo Silva (2020), o grupo de vírus ao qual o (SARS-CoV-2) faz parte são os causadores de síndromes respiratórias agudas que podem manifestar sintomas leves ou condições graves, incluindo internação hospitalar, necessidade de ventilação mecânica e significativa taxa de mortalidade. Embora o comprometimento respiratório seja muito manifestado, outro sintoma sistêmico relevante que pode ser apresentado é o musculoesquelético. Sabe-se que os pacientes necessitados de ventilação mecânica na fase mais aguda da doença estão suscetíveis a vivenciar importantes efeitos colaterais evoluindo com a chamada síndrome pós-cuidados intensivos que atinge pacientes de todas as faixas etárias.

A presente síndrome é conhecida por uma incapacidade prolongada e tem como efeitos secundários disfunção muscular, fadiga, dor e dispneia. Outra consequência muito comum nos pacientes graves é a fraqueza relacionada à imobilidade adquirida na UTI. Contudo, sabendo que o trabalho do fisioterapeuta na fase aguda da doença não se limita ao sistema respiratório, é importante ressaltar que o profissional se mantém indispensável nessa fase, conduzindo exercícios e mobilizações que reduzirão de forma significativa as deficiências musculoesqueléticas provenientes da longa imobilização. (SILVA, 2020).

Estudos executados com pacientes que apresentaram a SARS (*severe acute respiratory syndrome*) provenientes da forma mais antiga de coronavírus (SARS-CoV) resultaram em limitação musculoesquelética e minimização da qualidade de vida mesmo após o término da doença. (SILVA, 2020).

De acordo com Fagundes (2021), conforme estudos atuais em instituições médicas no Brasil e no mundo, os pacientes críticos acometidos pela Covid-19 em fase de recuperação apresentam sequelas relevantes, e uma delas é a sarcopenia, que é a perda de massa muscular. O Hospital Sírio Libanês realizou estudos que mostraram que doentes graves sob uso de ventilador mecânico tem perda de até 2% de massa muscular por dia, o que aumenta as chances de mortalidade e dificulta a recuperação dos pacientes que recebem alta (FAGUNDES, 2020).

Na mídia global é muito relatado sobre os sintomas habituais da COVID-19, mas pouco sobre outros fatores também comuns e importantes como a perda de massa muscular. O prazo de internação está intimamente ligado à perda de massa muscular, quanto maior o tempo, maior a perda, por conta da imobilização do paciente e da sedação para uso de ventilação mecânica. (FAGUNDES, 2021).

Fagundes (2021) relata que essas implicações acontecem na região músculo esquelético, devido o vírus da Covid-19 se ligar ao receptor ECA 2 e danificar a célula. Assim, se chega conclusão do motivo de pacientes graves e recuperados da Covid-19, se queixarem de dores musculares, fadiga e em alguns casos, sofrerem pequenas lesões musculares.

Assim, considera-se a necessidade de uma escolha adequada de conduta terapêutica na reabilitação dos pacientes acometidos pela COVID-19, visando minimizar complicações e sequelas pós-internação, de forma efetiva a fim de otimizar os cuidados e obter os melhores resultados (FAGUNDES, 2021).

Para entender melhor as presentes sequelas, precisamos considerar alguns fatos. Segundo Oliveira (2015), a contração muscular pode ocorrer das seguintes formas: por uma estimulação elétrica momentânea do nervo muscular ou por algum estímulo elétrico.

Guyton e Hall (2011) referem que a contração muscular advém nas seguintes fases: Um potencial de ação é gerado e propaga-se pelos nervos motores até atingir as fibras musculares; ocorre a liberação do neurotransmissor acetilcolina pelos nervos motores; a liberação dos canais de cátions regulados pela acetilcolina; a difusão de íons sódio para o interior das fibras musculares causando a despolarização local desencadeando o potencial de ação (se propagando por toda a fibra muscular); a despolarização local faz com que o retículo sarcoplasmático libere grande quantidade de íons cálcio, ativando os filamentos de miosina e actina, promovendo o deslizamento de um sobre o outro.

Segundo Dangelo e Fattini (2000), a composição do músculo contém: O ventre muscular composto por músculo contrátil e os tendões que inseridos aos ossos transmitirão os movimentos. A ação dos músculos ocorre a partir do encurtamento do ventre muscular, resultando na contração muscular. O quadríceps é o maior grupo muscular do corpo sendo sua maior área na região anterior e medial da coxa.

Moore (1994) afirma que o quadríceps é dividido em quatro partes, e estas, serão detalhadas a seguir: reto femoral, vasto lateral, vasto medial e vasto intermédio.

A conduta fisioterapêutica é bem ampla e possui uma variedade de técnicas que podem ser utilizadas, como os recursos eletro terapêuticos. Dentre estes recursos existentes pode-se citar a Corrente Russa e o FES.

Oliveira (2015) acredita que quando o nervo motor não promove o estímulo, independente do motivo, o mesmo pode ser ocasionado por correntes elétricas.

A FES é uma corrente de baixa frequência que gera trens de pulsos capazes de gerar contrações de grupos musculares determinados pelo terapeuta, possibilitando movimentos e atividades da vida diária, como por exemplo: ficar de pé, andar, minimização do espasmo muscular, realização de movimento de preensão palmar, melhora postural e outros. (AGNE, 2013).

A corrente FES é empregada para fortalecimento de músculos inervados tanto em pacientes saudáveis, quanto naqueles que sofreram distúrbios, com a finalidade de restabelecer a contração e aumento da força muscular, prevenção de atrofia e redução de edemas. (SCHUSTER, 2009).

Com isso pode-se afirmar que na Estimulação Elétrica Funcional (FES) a frequência, a intensidade e a duração de pulso decididas são requisitos de extrema relevância pra se gerar uma contração muscular funcional e ativar as unidades motoras corretamente para evitar queimaduras, fadiga e/ou desconforto ao paciente. (OLIVEIRA, 2015).

Low e Reed (2001) descreveram a ação muscular funcional realizada pela FES, que é através da despolarização do neurônio motor inferior intacto de músculos paralisados. Agne (2013) ressalta que as doenças que afetam o neurônio motor inferior e a placa motora não respondem devidamente aos estímulos da FES, tendo esta capacidade apenas as lesões cerebrais e medulares altas.

A Eletroestimulação Russa ou Corrente Russa é uma das correntes que induzem ao fortalecimento muscular. A eletroestimulação neuromuscular objetiva potencializar o músculo geralmente inervado. A Corrente Russa é aplicada na composição dos protocolos de fortalecimento muscular como um método para precaver sua hipotrofia causada pela articulação imobilizada como também para favorecer a recuperação de transtornos musculoesqueléticos álgicos, que impossibilitam um esforço máximo ao longo da contração voluntária (AGNE, 2013).

A estimulação elétrica máxima executada pela Corrente Russa é a base teórica para sua utilização pois a corrente possibilita a contração de forma sincronizada de todas as unidades motoras do músculo, o que não ocorre na contração voluntária. Este fato permite o cenário de contrações musculares mais fortes com a estimulação elétrica e consecutivamente maior ganho de força acompanhado de hipertrofia muscular. (JARVINEN et.al, 1992).

Oliveira (2015) estudou a comparação entre a Corrente Russa e a FES no fortalecimento do músculo quadríceps de mulheres sedentárias e chegou ao resultado após uma análise estatística que não houve mudanças relevantes no fortalecimento da musculatura por meio das correntes elétricas, contudo, através da análise dos dados referentes à porcentagem de aumento de força (através da técnica 10RM), constatou-se que a corrente FES teve uma posição superior de fortalecimento muscular com 49,2% de efetividade comparada à corrente russa que apresentou 35,4%.

Devido a grande variedade de recursos eletro-terapêuticos, o profissional pode encontrar uma maior dificuldade em decidir o aparelho mais adequado. Com isso, o objetivo do trabalho é instrumentalizar o fisioterapeuta em sua escolha do recurso mais apropriado ao tratamento de pacientes pós hospitalização por COVID-19 que apresentaram sarcopenia de quadríceps.

Após uma análise sistemática dos métodos multicritérios existentes na literatura, foi escolhido utilizar o método TOPSIS-2NE para ranquear as alternativas e, pelo fato de precisar de um especialista para a determinação dos pesos, foi escolhido o método CRITIC para essa função, onde o mesmo define os pesos baseando-se em comparações entre critérios, ocasionando no método híbrido CRITIC-TOPSIS-2NE para atestar sua eficácia nesse caso, tendo em vista que a junção de dois métodos pode oferecer uma gama maior de benefícios (GOMES; GOMES, 2014).

2. Referencial Teórico

2.1 CRITIC

O método CRITIC, em sua principal finalidade, busca atribuir pesos aos critérios. A técnica objetiva determinar pesos de relativa importância em problemas de métodos multicritérios de apoio à tomada de decisão. Os pesos originados integram tanto intensidade de contraste quanto conflitos que estão englobados na estrutura do problema de decisão, permitindo uma solução objetiva de problemas de decisão multicritério (DIAKOULAKI et al., 1995).

A matriz de decisão está embasada na aplicação do método e apresentação das alternativas, sendo os atributos baseados nas informações considerados pelo tomador de decisão, como mostrado abaixo:

$$X = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1j} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{i1} & \dots & r_{ij} & \dots & r_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \dots & r_{mj} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n} ; i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$$

Onde r_{ij} indica o elemento da matriz de decisão para i th alternativa em j th atributo.

Passo 1: A matriz de decisão normalizada.

Com objetivo de normalizar os atributos positivos e negativos da matriz de decisão, são usadas as equações (1) e (2), respectivamente:

Atributos positivos:

$$X_{ij} = \frac{r_{ij} - r_i^-}{r_i^+ - r_i^-}; i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \quad \text{Eq. (1)}$$

Atributos negativos:

$$X_{ij} = \frac{r_{ij} - r_i^+}{r_i^- - r_i^+}; i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde X_{ij} representa um valor normalizado da matriz de decisão, para i -ésima alternativa em j -ésimo atributo e $r_i^{maior} = \max(r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in})$ e $r_i^{menor} = \min(r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in})$.

Passo 2: O Coeficiente de Correlação.

O coeficiente de correlação entre atributos é definido pela equação (3) abaixo.

$$\rho_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j) \cdot (x_{ik} - \bar{x}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \cdot \sum_{i=1}^m (x_{ik} - \bar{x}_k)^2}} \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde \bar{x}_j e \bar{x}_k retratam a média dos atributos j th e k th. \bar{x}_j é calculado a partir da equação (4). Do mesmo modo, é obtido para \bar{x}_k : Além disso, ρ_{jk} é o coeficiente de correlação entre os atributos j th e k th.

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ij}; i = 1, \dots, m \quad \text{Eq. (4)}$$

Passo 3: O Índice (C).

Primeiramente, o desvio padrão de cada atributo é estimado pela equação (5).

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}; i = 1, \dots, m \quad \text{Eq. (5)}$$

Após isso, o índice (C) é calculado utilizando a equação (6).

$$C_j = \sigma_j \cdot \sum_{k=1}^n (1 - \rho_{jk}); j = 1, \dots, n \quad \text{Eq. (6)}$$

Passo 4: O Peso dos Atributos.

Os pesos dos atributos são estipulados pela equação (7).

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^n C_j}; j = 1, \dots, n \quad \text{Eq. (7)}$$

Passo final: O Ranking Final de Atributos.

Os pesos dos atributos são organizados em ordem decrescente para a ordenação final dos atributos e serão utilizados como parâmetros para o método de ranqueamento de alternativa TOPSIS-2NE.

2.1 TOPSIS-2NE

O método TOPSIS-2NE é uma variação do método TOPSIS original, por isso faz-se necessário uma breve introdução da técnica. O método TOPSIS posiciona as alternativas relacionando-as com o ponto ideal e o não-ideal. O modelo utiliza a distância entre dois pontos para calcular o valor de uma alternativa. Os pontos são conhecidos como PIS (*positive ideal solution*), que se trata do ideal e o Nadir, chamado de NIS (*negativa ideal solution*).

Para a aplicação do método, são utilizados 6 passos: a construção da matriz de decisão, o cálculo da matriz normalizada, o cálculo da matriz com os pesos, a identificação da PIS e da NIS, o cálculo das distâncias entre a situação ideal positiva e cada alternativa (D^+); e situação ideal negativa e cada alternativa (D^-); e o cálculo da similaridade para a posição ideal positiva.

Segundo Gomes e Gomes (2014), existem quatro procedimentos de normalização apresentados nas equações de (8) a (11), habitualmente empregados no cálculo da matriz normalizada, sendo eles:

1º Procedimento: atua através do valor máximo das pontuações;

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}}, \quad \text{onde } i = 1, \dots, m; e, j = 1, \dots, n \quad \text{Eq. (8)}$$

2º Procedimento: age por meio da diferença de pontuações e o valor máximo e mínimo das pontuações;

$$P_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}}, \quad \text{onde } i = 1, \dots, m; e, j = 1, \dots, n \quad \text{Eq. (9)}$$

3º Procedimento: opera em decorrência da soma das pontuações;

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}}}, \text{ onde } i = 1, \dots, m; e, j = 1, \dots, n \quad \text{Eq. (10)}$$

4º Procedimento: procede da raiz quadrada da soma dos quadrados das pontuações;

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \text{ onde } i = 1, \dots, m; e, j = 1, \dots, n \quad \text{Eq. (11)}$$

A aplicabilidade deste método é detalhada em passos subsequentes que estão detalhados a seguir:

1º Passo- Construção da matriz de decisão: Se dá com a construção de uma matriz de decisão $m \times n$, sendo “m” as alternativas e “n” os critérios de avaliação, como mostrado a seguir:

$$M = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_j & \dots & C_m \\ \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & \dots & m_{1j} & \dots & m_{1m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ m_{i1} & m_{i2} & \dots & m_{ij} & & m_{im} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ m_{n1} & m_{n2} & \dots & m_{nj} & \dots & m_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

2º Passo- Cálculo da matriz normalizada: De acordo com Gomes e Gomes (2014) a normalização da matriz de decisão é realizada de várias maneiras. Normalmente o método TOPSIS utiliza a normalização linear, conforme a fórmula (12) abaixo:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad \text{Eq. (12)}$$

O objetivo da normalização é tornar valores de mesma dimensão, adimensionais.

3º Passo- Cálculo da matriz com os pesos: Realiza-se a multiplicação da matriz normalizada pelos pesos dos critérios correspondentes de acordo com a fórmula (13). Obtêm-se a determinação dos pesos através do método CRITIC. Hwang e Yoon (1981) utilizam para a aquisição dos pesos a aplicação de pesos lineares;

$$r_{ij} = w_j n_{ij}, \quad i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \quad \text{Eq. (13)}$$

Sendo w_j o peso do atributo ou critério e:

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

4º Passo- Identificação da solução ideal (PIS) e da solução não-ideal (NIS): Nesta fase, designa-se os melhores níveis, que caracterizam a solução ideal (S^+) para cada um dos critérios considerados. Opera-se da mesma forma em relação aos piores níveis, que correspondem a solução não-ideal (S^-). São empregadas as equações (14) e (15) destacadas abaixo:

$$S^+ = \{(maxv_{ij}|j \in J), (minv_{ij}|j \in J')\} \quad \text{Eq. (14)}$$

$$S^- = \{(minv_{ij}|j \in J), (maxv_{ij}|j \in J')\} \quad \text{Eq. (15)}$$

5º Passo- Cálculo das distâncias entre a situação ideal positiva e cada alternativa (D^+); e situação ideal negativa e cada alternativa (D^-): Determina-se a medida de separação para cada alternativa em referência à solução ideal e não-ideal. Decorrente das fórmulas (16) e (17) abaixo, calcula-se as distâncias euclidianas entre cada alternativa e sua solução ideal (D^+); e solução não-ideal (D^-).

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n [v_{ij}(x) - v_j^+(x)]^2} \quad \text{Eq. (16)}$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n [v_{ij}(x) - v_j^-(x)]^2} \quad \text{Eq. (17)}$$

6º Passo- Cálculo da similaridade para a posição ideal positiva: Em síntese, alcança-se o coeficiente C ou resposta da aproximação da situação ideal (C) e a definição da ordenação das alternativas, por meio da equação (18):

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad \text{Eq. (18)}$$

A classificação das alternativas ocorre de forma decrescente em conformidade com os valores do coeficiente de aproximação estabelecidos no intervalo [0,0; 1,0]. As opções mais satisfatórias são aquelas que apresentam o desempenho geral mais próximo de 1,0.

Já o método TOPSIS-2NE (*TOPSIS-TWICE Normalized Elliptical*), além de realizar duas normalizações, assim como o método abordado anteriormente (TOPSIS - 2N),

diferencia-se em virtude do uso da distância elíptica e não mais da distância euclidiana. Nesse caso, o TOPSIS duas vezes normalizado é calculado pelo comprimento da elipse, pois havia a necessidade de verificar uma distância sem o pressuposto básico de saber o caminho onde o “pulso” pode ir. (SILVA et.al, 2020).

Segundo SILVA et al. (2020), tais distâncias são capazes de seguir por um caminho positivo ou negativo e, dessa forma, o TOPSIS-2NE objetiva possuir distâncias menos dispersas para a classificação de alternativas compensatórias quando comparado ao TOPSIS-2N.

O método utiliza os métodos de normalização apresentados nas equações (19) e (20) a seguir:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (19)$$

$$y_{ij} = x_{ij} / \max x_i \quad (20)$$

A diferença do TOPSIS-2NE está a partir da equação (18), que após concluída, o método utiliza a equação (21) para calcular as distâncias elípticas positivas e negativas, seguido do cálculo da excentricidade elíptica, que é obtida através da equação (22), que depende do “c”, calculado pela equação (23), que é a possível hipotenusa, partindo do princípio de não se ter um caminho premeditado para o pulso seguir (SILVA et.al, 2020).

$$L = \pi a \left(2 - \frac{e^2}{2} - 3 \frac{e^4}{32} - 5 \frac{e^6}{128} \right) \quad (21)$$

Onde:

L = Distância elíptica;

a = solução ideal positiva e negativa;

e = excentricidade elíptica, obtida por:

$$e = \frac{c}{a} \quad (22)$$

c = hipotenusa, obtida por:

$$c^2 = a^2 - b^2 \quad (23)$$

3. Estudo de caso

Mediante o resultado da pesquisa feita por Oliveira (2015) descrito anteriormente foram escolhidos quatro modelos de aparelhos de Estimulação Elétrica Funcional (FES) para o tratamento da sarcopenia de quadríceps em pacientes pós-internação por COVID-19. Os principais equipamentos escolhidos foram:

- NEURODYN III IBRAMED- Aparelho de Eletroestimulação Tens, Fes, Burst - 02 Canais;
- FISIO STIM Portátil HTM - Aparelho de Eletroestimulação Tens e Fes;
- FES VIF 995 Dual Quark - Corrente Tens, Fes e Burst - 02 canais;
- FESMED IV - 4054ES.

Seus critérios de avaliação foram: preço em reais, pulso em μ s, intensidade em mA, frequência em Hz e o número de protocolos programáveis.

Os dados estão apresentados na matriz de decisão de acordo com a tabela 1.

Tabela 1: Matriz de decisão com os valores respectivos de cada critério.

	Preço	Pulso	Intensidade	Frequência	Nº de Protocolos
IBRAMED	R\$ 798,00	500	120	250	10
HTM	R\$ 720,00	600	100	200	10
QUARK	R\$ 1.222,60	250	70	200	47
CARCI	R\$ 1.860,97	600	120	200	30

Fonte: Autores (2021).

4. Resultados

De acordo com as informações obtidas no estudo, o presente artigo utilizou o método CRITIC para a obtenção dos pesos. Os valores podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2: Pesos respectivos para cada critério de avaliação.

Crítérios	Pesos
Preço	0,120384519
Pulso	0,122360284
Intensidade	0,13361649
Frequência	0,488450758
Nº de Protocolos	0,135187949

Fonte: Autores (2021).

A partir dos dados obtidos pela matriz de decisão e os pesos adquiridos com o método CRITIC, foi gerada uma nova matriz, com os valores já normalizados e ponderados juntamente com as soluções ideais e não-ideais, medidas de separação \bar{x}_j e \bar{x}_k e o coeficiente de aproximação CC_i e o ranqueamento obtido.

De acordo com Silva et.al (2020), o resultado do TOPSIS-2NE trabalha com valores de proximidades relativas para as distâncias ideais e não-ideais para a média e soma dos resultados.

Os valores das proximidades relativas ideais e não ideais da média e da soma para a 1ª e 2ª normalização juntamente com os respectivos rankings podem ser observados nas Tabelas de (3) a (6).

Tabela 3: Resultado da 1ª normalização.

	ξ Soma Ideal	ξ Soma Anti-Ideal	ξ Média Ideal	ξ Média Anti-Ideal
IBRAMED	0,29964685	0,700353147	0,299646853	0,700353147
HTM	0,28585296	0,714147034	0,285852966	0,714147034
QUARK	0,20964183	0,790358162	0,209641838	0,790358162
CARCI	0,22771350	0,772286494	0,227713506	0,772286494

Fonte: Autores (2021).

Tabela 4: Ranking da 1ª normalização.

	Ranking			
	ξ Soma Ideal	ξ Soma Anti-Ideal	ξ Média Ideal	ξ Média Anti-Ideal
IBRAMED	1	4	1	4
HTM	2	3	2	3
QUARK	4	1	4	1
CARCI	3	2	3	2

Fonte: Autores (2021).

Tabela 5: Resultado da 2ª normalização.

	ξ Soma Ideal	ξ Soma Anti-Ideal	ξ Média Ideal	ξ Média Anti-Ideal
IBRAMED	0,341019644	0,658980356	0,341019644	0,658980356
HTM	0,327999745	0,672000255	0,327999745	0,672000255
QUARK	0,235240182	0,764759818	0,235240182	0,764759818
CARCI	0,26152904	0,73847096	0,26152904	0,73847096

Fonte: Autores (2021).

Tabela 6: Ranking da 2ª normalização.

	Ranking			
	ξ Soma Ideal	ξ Soma Anti-Ideal	ξ Média Ideal	ξ Média Anti-Ideal
IBRAMED	1	4	1	4
HTM	2	3	2	3
QUARK	4	1	4	1
CARCI	3	2	3	2

Fonte: Autores (2021).

Pode-se perceber que o ranking não se alterou com a segunda normalização, mantendo o equipamento NEURODYN III IBRAMED em primeiro lugar ideal tanto na soma quanto na média. O equipamento FISIO STIM Portátil HTM manteve seu resultado bem próximo do primeiro lugar nos dois resultados mostrando também ser aceitável.

5. Conclusão

Após a comparação de dois recursos eletro terapêuticos e a determinação do FES como aparelho mais eficiente, foram pesquisados quatro tipos diferentes desta mesma terapia no intuito de ser ranqueado pelo método CRITIC-TOPSIS-2NE a fim de se obter o equipamento mais favorável.

Analisando estatisticamente os resultados obtidos, conclui-se que o NEURODYN III IBRAMED mostrou ser o equipamento mais eficaz e assertivo para

o tratamento fisioterapêutico do paciente acometido por sarcopenia de quadríceps pós internação por COVID-19. Vale ressaltar que o resultado do método visa agregar valor à sociedade acadêmica de forma a auxiliar o fisioterapeuta significativamente na tomada de decisão na aquisição do modelo mais adequado para a sua conduta nesse caso.

Propõe-se que novos trabalhos sejam executados, visto que ainda é necessária uma maior quantidade de estudos relacionados a COVID-19 e o tratamento de suas sequelas incidentes, tendo em vista que as bases de dados não oferecem informações suficientes por ora.

6. Referências

AGNE, J. E. (2013). Eletrotermofototerapia. Santa Maria: Andreoli, 2013.

DANGELO, J. G., FATTINI, C.A. Anatomia básica dos sistemas orgânicos. São Paulo: Atheneu, 2000.

DIAKOULAKI, D., MAVROTAS, G. E PAPAYANNAKIS, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method. Computers & Operations Research, 22(7), 763-770.

FAGUNDES, D. (2020). A perda muscular em casos graves da Covid 19 e como minimizar essa sequela. JE Online, 14 de outubro de 2020. Disponível em: <<https://jeonline.com.br/noticia/23714/a-perda-muscular-em-casos-graves-da-covid-19-e-como-minimizar-essa-sequela>>. Acesso em 7 de julho de 2021.

GOMES, L. F. A. M., GOMES, C. F. S. Tomada de Decisão Gerencial: enfoque multicritério. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2014.

GREVE, J. M. D. A., BRECH, G. C., QUINTANA, M., SOARES, A. L. S., ALONSO, A. C. (2020). Impactos da Covid-19 nos sistemas Imunológico, Neuromuscular, Musculoesquelético e a Reabilitação. Rev Bras Med Esporte – Vol. 26, Nº 4 – Jul/Ago, 2020.

GUYTON, A. C., HALL, J. E. (2011). Tratado de fisiologia médica. 12 ed. Elsevier, 2011.

HWANG, C.L. e YOON, K.P. Multiple attribute decision making: methods and applications survey. New York. NY: Springer-Verlag. 1981.

JÂRVINEM, M., EINOLA, S.A., VIRTANEM, E.O. (1992). Effect of the position of immobilization upon the tensile properties of the rat gastrocnemius muscle. Arch Phys Med Rehabil. v. 73, n. 3, p. 253-257, 1992.

LOW, J., REED, A. A eletroterapia aplicada: princípios e prática. São Paulo: Manole, 2001.

MOORE, K. L. (1994). Anatomia: orientada para a clínica. 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1994.

OLIVEIRA, B., JACINTO, E. M., MARTINS, T. R. (2015). Comparação entre a Corrente Russa e a FES no fortalecimento do músculo quadríceps de mulheres sedentárias.

Monografia apresentada ao Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – UNISALESIANO, Lins-SP, para graduação em Fisioterapia, 2015.

SCHUESTER, R. C. (2009). Efeitos da estimulação elétrica funcional na atividade muscular do membro afetado de pacientes pós – AVC: estudo piloto. 2009. Dissertação (Mestrado ao Programa de Pós-Graduação em Medicina). Faculdade de Medicina de UFRGS, RS.

SILVA, M. C., GOMES, C. F. S., SOUZA, R. C. TOPSIS-2NE's Proposal. International Journal of Fuzzy Systems, p. 1-5, 2020.

SILVA, R. M. V., SOUSA, A. V. C. (2020). Fase crônica da COVID-19: desafios do fisioterapeuta diante das disfunções musculoesqueléticas. Fisioter. Mov., Curitiba, 2020.