

Alterações fisiológicas associadas à realidade virtual em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização do miocárdio

Physiological changes associated with virtual reality in patients undergoing coronary artery bypass grafting

André Luiz Lisboa Cordeiro^{1,2} , Gleisiane de Oliveira Santos¹ , Késsia Morgana Vital Oliveira¹ ,
Nathaly Carneiro da Silva¹ , Rafaela da Silva Sales¹ , André Raimundo Guimarães² 

1. Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública, Salvador, BA, Brasil

2. Centre Universitário Nobre, Feira de Santana, Bahia, Brasil

3. Instituto Nobre de Cardiologia, Feira de Santana, Bahia, Brasil

RESUMO

Introdução: A cirurgia de revascularização do miocárdio (CRM) promove alterações fisiológicas nos pacientes e a Realidade Virtual (RV) é uma opção dentro do programa de reabilitação cardíaca, que pode ajudar a reduzir o desconforto e controlar os parâmetros fisiológicos. **Objetivo:** Descrever as alterações fisiológicas causadas pela prática da RV em pacientes submetidos à CRM. **Métodos:** Estudo transversal. Os pacientes submetidos à CRM utilizaram a RV por meio do aparelho XBOX 360 mais Kinect a partir do terceiro dia após a cirurgia cardíaca. A pressão arterial sistólica (PAS), a pressão arterial diastólica (PAD), a frequência cardíaca (FC), a frequência respiratória (FR), a saturação de oxigênio (SaO₂) e a temperatura foram avaliadas em três momentos: antes da aplicação da RV, após o término da sessão e uma hora após a recuperação. **Resultados:** Foram incluídos 31 pacientes, com média de idade de 54 ± 8 anos, com maior prevalência no sexo masculino com 21 (68%) indivíduos. A PAS foi inicialmente de 123mmHg ± 18, 133 mmHg ± 17 (p = 0,25) imediatamente após a intervenção e 121mmHg ± 15 (p = 0,43) na recuperação. A variável FC foi analisada no pré-teste com 81bpm ± 11, no pós-teste com 92bpm ± 12 (p = 0,32), e na recuperação com 83bpm ± 13 (p = 0,83). A SpO₂ foi encontrada no pré com 96% ± 1, no pós-teste com 96% ± 1 (p = 0,83), e na recuperação com 97% ± 2 (p = 0,84). Comparando as variáveis do pré com o pós-teste e deste com as da recuperação, apesar das alterações clínicas, não se verificou uma diferença estatisticamente significativa. **Conclusão:** Os parâmetros fisiológicos avaliados, apesar das variações, mostraram que a sua aplicabilidade à realidade virtual é segura e viável.

Palavras-chave: monitoramento fisiológico; cirurgia cardíaca; realidade virtual; deambulação precoce

ABSTRACT

Introduction: Coronary Artery Bypass Grafting (CABG) promotes physiological changes in patients, and Virtual Reality (VR) is an option within the cardiac rehabilitation program that may help them reduce discomfort and control physiological parameters. **Objective:** To describe the physiological changes caused by the practice of VR in patients undergoing CABG. **Methods:** Cross-sectional study. Patients undergoing CABG used VR using the XBOX 360 device plus Kinect from the third day after cardiac surgery. Systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), heart rate (HR), respiratory rate (RF), oxygen saturation (SaO₂) and temperature were assessed on three occasions: before VR application, at the end of the session and one hour after recovery. **Results:** 31 patients were included, with a mean age of 54 ± 8 years, with a higher prevalence in males with 21 (68%) individuals. The SBP was 123mmHg ± 18 at baseline, 133mmHg ± 17 (p = 0.25) immediately after the intervention, and 121mmHg ± 15 (p = 0.43) at recovery. The HR variable was analyzed in the pre-test with 81bpm ± 11, in the post-test 92bpm ± 12 (p = 0.32), and in the recovery 83 bpm ± 13 (p = 0.83). SpO₂ was found in the pre-test 96% ± 1, in the post-test 96% ± 1 (p = 0.83), and in the recovery 97% ± 2 (p = 0.84). Comparing the variables of the pre with post-test and this with those of recovery, despite the clinical changes, they did not show statistical significance. **Conclusion:** The physiological parameters evaluated, despite the variations, showed that their applicability to virtual reality is safe and viable.

Keywords: monitoring, physiologic; thoracic surgery; virtual reality; early ambulation

Introdução

As doenças cardiovasculares são uma das principais causas de morbidade e mortalidade no mundo, e a reabilitação cardíaca é uma medida que permite reduzir e/ou prevenir a progressão do quadro clínico patológico em aproximadamente 50% dos pacientes submetidos à cirurgia cardíaca. Existe uma associação entre os pacientes acometidos por doenças cardiovasculares e a ocorrência de outras complicações, como a dependência funcional, o que impacta na qualidade de vida desses pacientes [1,2].

Cada vez mais, a média de idade dos pacientes submetidos à cirurgia cardíaca (CC) aumenta e, conseqüentemente, o número de procedimentos vem aumentando, sendo a cirurgia de revascularização miocárdica a mais prevalente. Por conseguinte, é necessário que os profissionais de saúde se atualizem para melhorar a qualidade de vida e aumentar a sobrevida desses pacientes [3]. Dessa forma, com base na literatura, existem diversas complicações comumente associadas a essa intervenção cirúrgica, o que torna necessária a atualização desses profissionais sobre as mesmas [4].

A cirurgia cardíaca é um procedimento de alta complexidade que promove alterações fisiológicas geralmente induzidas pela anestesia, circulação extracorpórea e cardioplegia, cujos efeitos podem perdurar até o pós-operatório, com diversas complicações como a instabilidade hemodinâmica [5]. O paciente crítico, durante a internação na Unidade de Terapia Intensiva (UTI), convive com diversos fatores que causam estresse e, conseqüentemente, geram alterações cognitivas, da frequência respiratória, da frequência cardíaca e da pressão arterial [6].

A Realidade Virtual (RV) é um recurso que, quando realizado, principalmente em pacientes de UTI submetidos à cirurgia cardíaca, pode favorecer a redução do desconforto e dos parâmetros fisiológicos, inibindo a dor devido à exposição ao ruído e ao estresse psicológico desse ambiente, que causa sobrecarga na capacidade funcional do indivíduo e comprometimento cognitivo a longo prazo [6]. Ao aumentar o estímulo visual, são utilizadas estratégias para desviar a atenção do paciente crítico e, conseqüentemente, a vivência do processo mental da dor, causando aumento da temperatura, diminuição da frequência cardíaca, da frequência respiratória e da intensidade da dor crônica que indica relaxamento por meio da distração durante a aquisição de tecnologias virtuais [7].

Um estudo recente, no qual adicionaram a RV a um programa de Reabilitação Cardíaca (RC), mostrou que as respostas hemodinâmicas em algumas variáveis foram mais intensas do que na RC convencional. Apesar disso, os valores são semelhantes, sugerindo assim uma nova estratégia que pode ser utilizada na RC, devendo sempre receber os cuidados necessários, como: selecionar pacientes estáveis, intensificar a monitorização para um melhor controle e, sempre que necessário, corrigir o movimento realizado pelo paciente [8].

As respostas fisiológicas observadas com maior intensidade ao utilizar a RV foram a frequência cardíaca, a frequência respiratória e a manutenção do esforço

durante a atividade e cinco minutos após a aplicação da intervenção [8]. Portanto, o presente estudo tem como objetivo descrever as alterações fisiológicas geradas pela prática da RV em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização do miocárdio (CRM).

Métodos

Trata-se de um estudo transversal realizado com pacientes submetidos à cirurgia cardíaca no Instituto Nobre de Cardiologia (Incardio) em Feira de Santana, Bahia. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade Nobre sob o número 2.150.434. Todos os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Critérios de elegibilidade

Foram incluídos indivíduos de ambos os sexos, com idade igual ou superior a 18 anos, que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), e foram submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica (RM) cardíaca, por meio de esternotomia mediana e circulação extracorpórea. Foram excluídos indivíduos com instabilidade hemodinâmica, antes do início ou durante o exercício, Pressão Arterial Média (PAM) (< 70 mmHg ou > 110 mmHg), hipotensão ou hipertensão, queda da saturação de oxigênio ($< 90\%$), arritmias antes ou durante o jogo, taquicardia (> 100 batimentos por minuto), bradicardia (< 60 batimentos por minuto), taquipneia (> 20 surtos por minuto) e bradipneia (< 12 surtos por minuto). Foram também excluídos indivíduos com angina ou dispnéia em repouso, incapazes de realizar as técnicas propostas (limitações físicas e/ou alterações psicológicas), que desistiram durante a prática do protocolo de realidade virtual, que foram reintubados, que estiveram internados em Unidade de Terapia Intensiva por mais de três dias, que estiveram em ventilação mecânica por mais de 24 horas e os que tinham pneumopatia comprovada.

Protocolo de estudo

No terceiro dia após a cirurgia cardíaca, todos os sinais vitais, como Pressão Arterial Sistólica (PAS), Pressão Arterial Diastólica (PAD), Frequência Cardíaca (FC), Frequência Respiratória (FR), Saturação de Oxigênio (SaO₂) e temperatura foram avaliados antes da aplicação da RV.

A RV foi realizada com a plataforma XBOX 360 agregada ao aparelho eletrônico Kinect. O jogo utilizado foi o Kinect Sports Ultimate Collection, modo Tênis de Mesa. O paciente ortostático, de frente para a TV, com 20 min de prática diária do jogo, realizando movimentos funcionais como: flexo-extensão de cotovelo, rotação interna e externa de membros superiores, bem como adução e abdução, dissociação de quadril e perda de peso em membros inferiores. Após o jogo, os pacientes tiveram seus sinais vitais novamente verificados, com o mesmo procedimento repetido uma hora após a recuperação.

A PAS e a PAD foram avaliadas com o paciente sob sedação, utilizando um estetoscópio (Littmann, Saint Paul, EUA) e um esfigmomanômetro aneroide (Welch Allyn-Tycos, Nova York, EUA). A FC foi obtida utilizando um monitor de frequência cardíaca validado (Polar RS800CX, Polar Electro, Kempele, Finlândia). A FR foi medida pela contagem das excursões respiratórias por minuto, sem que o paciente tivesse conhecimento do procedimento, para que a ventilação habitual não fosse modificada. A SpO₂ foi avaliada com um oxímetro de pulso (Mindray PM-50 Pulse Oximeter, China). A temperatura foi avaliada com um termômetro clínico digital (Incoterm Termo Med).

Análise de dados

Para análise dos dados, foi utilizado o Statistical Package for Social Sciences (SPSS) versão 20.0. Para avaliar a normalidade da amostra, recorreu-se ao Teste de Shapiro Wilks. As variáveis categóricas foram avaliadas por meio do Qui-quadrado. A comparação das variáveis numéricas entre os grupos foi realizada por meio do Teste T de Student independente. Foi considerado significativo quando $p < 0,05$.

Resultados

A amostra deste estudo foi composta por 76 pacientes submetidos à cirurgia cardíaca e internados na Unidade de Internação (UI), após o procedimento e alta da Unidade de Terapia Intensiva (UTI), no período de agosto de 2017 a abril de 2018. Foram excluídos do estudo 45 pacientes, conforme os critérios de exclusão, restando 31 que atenderam aos critérios de inclusão da pesquisa.

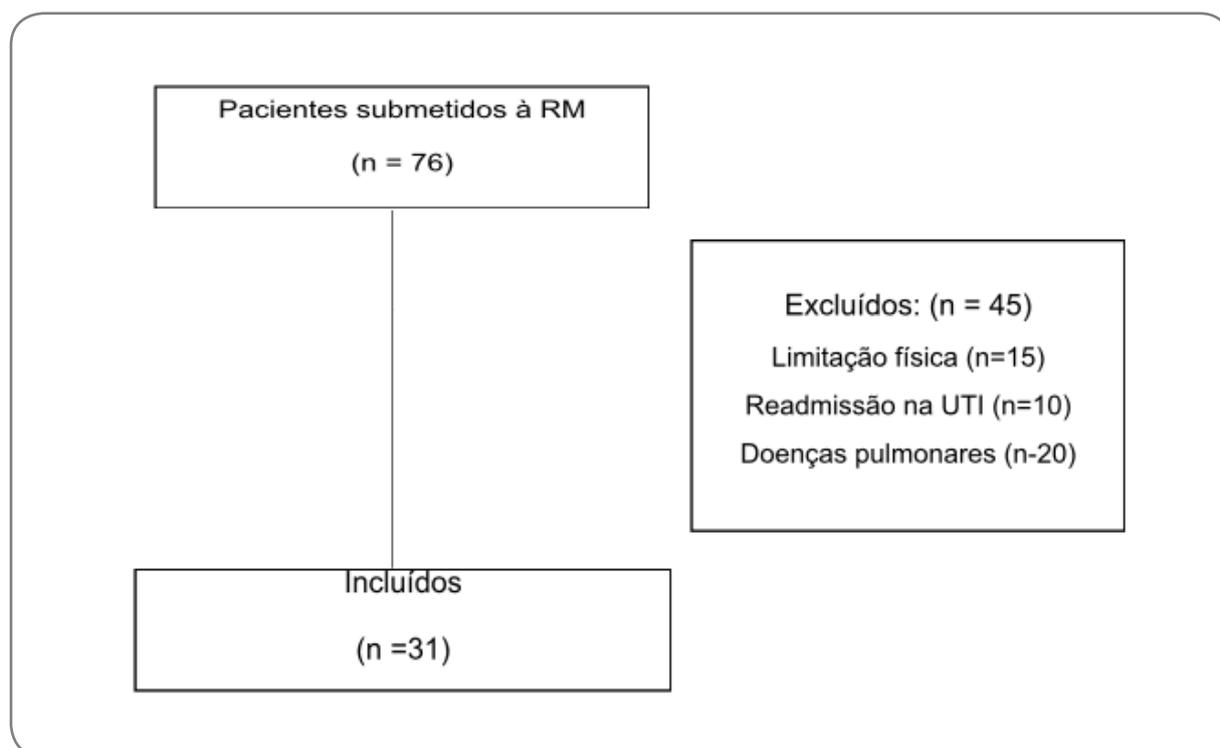


Figura 1 - Fluxograma de inclusão de pacientes no estudo

Foram incluídos 31 pacientes, com média de idade de 54 ± 8 anos, com maior prevalência no sexo masculino com 21 (68%) indivíduos. As comorbidades mais frequentes foram sedentarismo em 20 (65%) pacientes e HAS em 18 (58%). A Tabela I apresenta as características clínicas dos pacientes incluídos na pesquisa.

Tabela I - Características clínicas dos pacientes incluídos no estudo

Variável	n = 31
Idade (anos)	54 ± 8
Gênero	
Masculino	21 (68%)
Feminino	10 (32%)
IMC (kg/m^2)	
Eutrófico	22 (71%)
Obesidade grau I e II	9 (29%)
Comorbidade	
HAS	18 (58%)
DM	7 (23%)
DLP	10 (32%)
IAM	7 (23%)
Ética	8 (26%)
Estilo de vida sedentário	20 (65%)

IMC = Índice de Massa Corporal; HAS = Hipertensão Arterial Sistêmica; DM = Diabetes Mellitus; DLP = Dislipidemia; IAM = Infarto Agudo do Miocárdio

A Tabela II descreve as características cirúrgicas dos pacientes incluídos no estudo. O tempo médio de circulação extracorpórea encontrado em nosso estudo foi de 63 ± 22 min e de ventilação mecânica encontrado de 7 ± 3 horas.

Tabela II - Características cirúrgicas dos pacientes incluídos no estudo

Variável	Grupo
Tempo de CEC (min)	63 ± 22
Tempo de VM (horas)	7 ± 3
Número de enxertos	$2,1 \pm 0,7$
Número de drenos	$2 \pm 0,2$

CEC = Circulação extracorpórea; VM = Ventilação mecânica

A Tabela III mostra o comportamento das variáveis cardiovasculares e respiratórias nos diferentes momentos do estudo. A PAS foi inicialmente de $123 \text{ mmHg} \pm 18$, $133 \text{ mmHg} \pm 17$ ($p = 0,25$) imediatamente após a intervenção, e de $121 \text{ mmHg} \pm 15$ ($p = 0,43$) na recuperação. A variável FC foi analisada no pré-teste com $81 \text{ bpm} \pm 11$ e no pós-teste com $92 \text{ bpm} \pm 12$ ($p = 0,32$), e na recuperação com $83 \text{ bpm} \pm 13$ ($p = 0,83$). A SpO₂ foi encontrada no pré $96\% \pm 1$ e no pós-teste o mesmo resultado $96\% \pm 1$ ($p = 0,83$), e no período de recuperação com $97\% \pm 2$ ($p = 0,84$). A comparação das variáveis do pré com as do pós-teste e deste com as da recuperação, apesar das alterações clínicas, não demonstrou significância estatística.

Tabela III - Comportamento das variáveis cardiovasculares e respiratórias nos diferentes momentos do estudo

Variável	Antes	Depois	Recuperação	p ^a	p ^b
PAS (mmHg)	123 ± 18	133 ± 17	121 ± 15	0,25	0,43
PAD (mmHg)	84 ± 9	91 ± 12	83 ± 13	0,23	0,65
FC (bpm)	81 ± 11	92 ± 12	83 ± 13	0,32	0,83
DP (mmHg x bpm)	9963 ± 432	12236 ± 399	10043 ± 411	0,28	0,37
Borg	3 ± 1	8 ± 2	3 ± 2	0,43	0,72
SpO ₂ (%)	96 ± 1	96 ± 1	97 ± 2	0,93	0,84

^aComparação entre o pré-teste e o pós-teste; ^bComparação do pré-teste para recuperação; PAS = Pressão Arterial Sistólica; PAD = Pressão Arterial Diastólica; FC = Frequência Cardíaca; DP = Duplo Produto; SpO₂ = Saturação Periférica de Oxigênio

Discussão

No presente estudo, foi possível verificar que não houve alteração nas variáveis fisiológicas avaliadas nos pacientes que realizaram exercícios por meio de RV no período pós-operatório, quando comparado ao pré-operatório, em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização do miocárdio, o que representa segurança.

Estudos têm demonstrado que a intervenção cirúrgica associada a fatores de risco leva a alterações em todo o organismo. Normalmente as cirurgias cardíacas são realizadas por meio de esternotomia, uma incisão extensa e traumática, que causa instabilidade torácica [9], gerando respiração superficial, dificuldade nas trocas gasosas e predisposição a alterações pulmonares [10]. Além disso, é muito comum que os pacientes sintam dor, limitando os movimentos e o posicionamento no leito [11].

O imobilismo gera complicações respiratórias [12], neuromusculares, cardiovasculares, cognitivas e de qualidade de vida, podendo perdurar até cinco anos após a alta hospitalar [13]. Pacientes que desenvolveram complicações pós-operatórias passaram mais tempo na UTI e no hospital, resultando em aumento dos custos com assistência à saúde e redução da qualidade de vida [14,15]. Além disso, é comum que os pacientes apresentem um estado melancólico, com sintomas de ansiedade, apreensão, preocupação e depressão, prejudicando a recuperação psicológica e fisiológica [16].

Yayla e Özer [17] destacaram a importância da mobilização precoce na UTI e na clínica cirúrgica cardíaca, reduzindo complicações pós-operatórias, tempo de internação hospitalar e melhorando a qualidade do sono. Esses resultados corroboram os de Ribeiro et al. [18], que também perceberam que houve melhora na modulação autonômica. A mobilização precoce otimiza a funcionalidade, diminui o tempo de ventilação mecânica e proporciona benefícios psicológicos, sendo considerada o padrão ouro nas disfunções cardiopulmonares [19]. Nessa perspectiva, viram a necessidade de uma estratégia motivacional que auxiliasse na recuperação do paciente, iniciando assim o uso da RV como estratégia para reabilitação cardíaca [20].

A RV é uma intervenção que, além de bem aceita, imersiva, de fácil aplicação [6], com feedback de pontuação e realidade mista [21], estudos têm demonstrado

que a RV causa relaxamento pela redução do estresse psicofisiológico [16], da dor [22], da ansiedade [7], melhora do humor [23], restaura as capacidades cognitivas e de atenção [2], pode ser uma intervenção farmacológica promissora e de baixo custo para prevenir o delírio e reduzir o uso de analgésicos [22]. Podem ser utilizadas como método de tratamento para equilíbrio, controle postural, reabilitação de segmentos corporais [24]. Cacau et al. [20] mostraram melhor capacidade de locomoção em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca, proporcionando recuperação mais rápida e alta hospitalar precoce.

Em um estudo realizado por Cruz et al. [8], os autores buscaram verificar os efeitos hemodinâmicos agudos da adição de RV usando exergames em pacientes submetidos à reabilitação cardíaca. Eles mostraram que a RV produz um padrão fisiológico semelhante de efeitos hemodinâmicos agudos na RC. No entanto, houve maior significância na FC, FR e taxa de esforço percebida durante a RV e por até cinco minutos após a sessão. As repercussões, apesar de maiores, estavam dentro dos padrões de normalidade esperados e a RV promoveu intensidade suficiente para que os pacientes atingissem sua reserva de frequência cardíaca. Esses achados corroboram resultados semelhantes aos do nosso estudo, no qual foi constatado que, apesar das alterações clínicas, as variáveis fisiológicas dos pacientes que passaram pela realidade virtual não apresentaram significância estatística ao comparar o pré-teste com o pós-teste, garantindo que o uso da RV não prejudique a recuperação do paciente.

Ribeiro et al. [18] analisaram diferentes protocolos de fisioterapia na variabilidade da frequência cardíaca em pacientes submetidos à CRM e observaram no Grupo Realidade Virtual que a fisioterapia motora associada às atividades de RV foi mais efetiva, resultando em melhora da modulação da frequência cardíaca e redução do tempo de internação hospitalar nessa população. Por outro lado, no Grupo Controle observou-se pior resposta autonômica cardíaca e não foi observada redução da saturação de oxigênio, hipotensão ou hipertensão arterial, síncope ou arritmia durante a aplicação dos protocolos. Para Masroor et al. [25], esse fato pode estar associado ao aumento da estimulação parassimpática aliada à diminuição do efeito da estimulação adrenérgica no coração, reduzindo assim a frequência cardíaca em repouso e beneficiando pacientes com doença cardiovascular durante a atividade.

No estudo realizado por Rodrigues et al. [26], foi evidenciada melhora na capacidade cardiorrespiratória dos participantes. O grupo que fez uso da realidade virtual atingiu as metas pré-determinadas em menor tempo de resposta, quando comparado ao grupo controle. Esse aspecto também foi evidenciado em nosso estudo, mostrando que o uso da realidade virtual é seguro, pois não houve alteração significativa durante ou após sua aplicação. No entanto, vale ressaltar que alguns cuidados devem ser considerados, como maior monitoramento dos parâmetros cardiovasculares para controle da intensidade.

Como limitações, nosso estudo apresentou tamanho amostral e número de sessões reduzidos, ausência de avaliação da intensidade e motivação e satisfação do paciente.

Conclusão

Com base nos resultados, constatou-se que a intervenção com realidade virtual no pós-operatório de reabilitação cardíaca promove respostas fisiológicas dentro dos padrões de normalidade, sendo uma intervenção segura e viável neste perfil de pacientes.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Fontes de financiamento

Os autores declaram que não houve nenhuma fonte de financiamento.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Cordeiro ALL; Coleta de dados: Santos GO, Oliveira KMV, Silva NC, Sales RS; Análise e interpretação dos dados: Cordeiro ALL; Análise estatística: Cordeiro ALL; Redação do manuscrito: Santos GO, Oliveira KMV, Silva NC, Sales RS; Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Cordeiro ALL, Guimarães AR

Referências

1. García-Bravo S, Cuesta-Gómez A, Campuzano-Ruiz R, López-Navas MJ, Domínguez-Paniagua J, Araújo-Narváez A, et al. Virtual reality and video games in cardiac rehabilitation programs. A systematic review. *Disabil Rehabil*. 2021;43(4):448-57. doi: 10.1080/09638288.2019.1631892
2. Vieira A, Melo C, Machado J, Gabriel J. Virtual reality exercise on a home-based phase III cardiac rehabilitation program, effect on executive function, quality of life and depression, anxiety and stress: a randomized controlled trial. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2017;13(2):112-23. doi: 10.1080/17483107.2017.1297858
3. Cielo C, Silveira M, Arboit EL, Camponogara S. Expectations of patients submitted to myocardial revascularization surgery at the time of hospital discharge. *J Res.: Fundam Care*. Online. 2015;7(3):2670-87. doi: 10.9789/2175-5361.2015.v7i3.2670-2687
4. Cordeiro ALL, Brito AAOR, Santana NMA, Silva INMS, Nogueira SCO, Guimarães ARF, et al. Análise do grau de independência funcional pré e na alta da uti em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca. *Rev Pesqui Fisioter*. 2015;5(1):21-27. doi: 10.17267/2238-2704rpf.v5i1.574
5. Kaufmann J, Kung E. Factors affecting cardiovascular physiology in cardiothoracic surgery: implications for lumped-parameter modeling. *Front Surg*. 2019;6(62):1-7. doi: 10.3389/fsurg.2019.00062
6. Gerber SM, Jeitziner MM, Knobel SEJ, Mosimann UP, Müri RM, Jakob SM, et al. Perception and performance on a virtual reality cognitive stimulation for use in the intensive care unit: a non-randomized trial in critically ill patients. *Front Med*. 2019; 6(287):1-9. doi: 10.3389/fmed.2019.00287
7. Wiederhold BK, Gao K, Sulea C, Wiederhold, MD. Virtual reality as a distraction technique in chronic pain patients. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*. 2014;17(6):346-52. doi: 10.1089/cyber.2014.0207
8. Cruz MMA, Ricci-Vitor AL, Borges GLB, Silva PF, Ribeiro F, Vanderlei LCM. Acute hemodynamic effects of virtual reality based-therapy in patients of cardiovascular rehabilitation: cluster randomized crossover trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2020;101(4): 642-9. doi: 10.1016/j.apmr.2019.12.006
9. Giacomazzi CM, Lagni VB, Monteiro MB. Postoperative pain as a contributor to pulmonary function impairment in patients submitted to heart surgery. *Braz J Cardiovasc Surg*. 2006;21(4):386-392. doi: 10.1590/S0102-76382006000400008
10. Sasseron AB, Figueiredo LC, Trova K, Cardoso AL, Lima NMFV, Olmos SC, et al. Does the pain disturb the respiratory function after heart surgeries? *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2009;24(4):490-6. doi: 10.1590/S0102-76382009000500010
11. Laizo A, Delgado FEF, Rocha GM. Complications that increase the time of Hospitalization at ICU of

patients submitted to cardiac surgery. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2010;25(2):166-71. doi:10.1590/S0102-76382010000200007

12. Cavayas YA, Eljaiek R, Rodrigue E, Lamarche Y, Girard M, Wang HT, et al. Preoperative diaphragm function is associated with postoperative pulmonary complications after cardiac surgery. *Crit Care Med.* 2019;47(12):e966-e974. doi: 10.1097/CCM.0000000000004027

13. Burtin C, Clerckx B, Robbeets C, Ferdinande P, Langer D, Troosters T, et al. Early exercise in critically ill patients enhances short-term functional recovery. *Crit Care Med.* 2009;37(9):2499-505. doi: 10.1097/CCM.0b013e3181a38937

14. Oliveira EK, Silva VZM, Turquetto ALR. Relationship of postoperative walk test and lung function with the length of heart surgery hospital stay. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2009;24(4):478-484. doi: 10.1590/s0102-76382009000500008

15. Steffens E, Dallazen F, Santori C, Chiapinotto S, Battisti IDE, Winkelmann ER. Physical and functional conditions and quality of life in patients in pre and post-operative cardiac surgery. *Rev Pesqui Fisioter.* 2016;6(4):422-9. doi: 10.17267/2238-2704rpf.v6i4.1149

16. Mosso-Vázquez JL, Gao K, Wiederhold BK, Wiederhold MD. Virtual reality for pain management in cardiac surgery. *Cyberpsychol Behav Soc Netw.* 2014; 17(6):371-8. doi: 10.1089/cyber.2014.0198

17. Yayla A, Özer N. Effects of early mobilization protocol performed after cardiac surgery on patient care outcomes. *Int J Nurs Pract.* 2019;25(6):e12784. doi: 10.1111/ijn.12784

18. Ribeiro BC, Poça JGG, Rocha AMC, Cunha CNS, Cunha KC, Falcão LFM, et al. Different physiotherapy protocols after coronary artery bypass graft surgery: A randomized controlled trial. *Physiother Res Int.* 2020; e1882. doi: 10.1002/pri.1882

19. Gosselink R, Bott J, Johnson M, Dean E, Nava S, Norrenberg M, et al. Physiotherapy for adult patients with critical illness: recommendations of the European Respiratory Society and European Society of Intensive Care Medicine Task Force on Physiotherapy for Critically Ill Patients. *Intensive Care Med.* 2008;34(7):1188-99. doi: 10.1007/s00134-008-1026-7

20. Cacao LAP, Oliveira GU, Maynard LG, Araújo Filho AA, Silva Júnior WM, Cerqueira Neto ML, et al. The use of the virtual reality as intervention tool in the postoperative of cardiac surgery. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2013;28(2):281-9. doi: 10.5935/1678-9741.20130039

21. Wiederhold MD, Crisci M, Patel V, Nonaka M, Wiederhold BK. Physiological monitoring during augmented reality exercise confirms advantages to health and well-being. *Cyberpsychol Behav Soc Netw.* 2019;22(2): 122-126. doi: 10.1089/cyber.2018.0027

22. Freitas DMO, Spadoni VS. A realidade virtual é útil para manejo da dor em pacientes submetidos a procedimentos médicos? *Einstein.* 2019;17(2):eMD4837. doi: 10.31744/einstein_journal/2019MD4837

23. Kamińska D, Smółka K, Zwoliński G, Wiak S, Merecz-Kot D, Anbarjafari G. Stress reduction using bilateral stimulation in virtual reality. *IEEE Access.* 2020; 8:200351-366. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3035540

24. Vaghetti CAO, Botelho SSC. Virtual learning environments in physical education: a review of the use of exergames. *Ciênc Cogn.* 2010;15(1):076-088. [cited 2024 July 5]. Available from: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-58212010000100008&lng=pt&nrm=iso.

25. Masroor S, Bhati P, Verma S, Khan M, Hussain ME. Heart Rate Variability following combined aerobic and resistance training in sedentary hypertensive women: a randomized control trial. *Indian Heart J.* 2018;28-35. doi: 10.1016/j.ihj.2018.03.005

26. Rodrigues RA, Ramos ACC, Santana MVB, Brasil CA, Dias CMCC, Macedo LB. Realidade virtual como recurso na reabilitação cardiovascular: revisão sistemática. *ASSOBRAFIR Ciência.* 2016;7(3):41-9. doi: 10.47066/2177-9333/AC.26553

