

Análise de capacidade funcional após alta por covid-19

Functional capacity analysis after COVID-19 discharge

Análisis de la capacidad funcional tras el alta por covid-19

Laís Bacchin de Oliveira¹, Ana Lúcia Cavallaro Baraúna Lima², Bruna Scharlack Vian³,
Lígia dos Santos Roceto Ratti⁴, Mônica Corso Pereira⁵

RESUMO | O objetivo deste estudo foi investigar se há associação entre três métodos de avaliação de capacidade funcional, a saber, força de preensão palmar (FPP), medida de independência funcional (MIF) e teste de caminhada de seis minutos (TC6), com variáveis clínicas e dados da internação em uma amostra de pacientes egressos de hospitalização por covid-19. Trata-se de estudo observacional, analítico e transversal. Foram incluídos 125 pacientes de ambos os sexos, com idade maior que 18 anos. Os participantes foram avaliados cerca de três meses após a alta hospitalar, quando realizaram FPP, TC6 e responderam a MIF. Os dados do prontuário foram analisados para coleta de dados clínicos e da internação. Os pacientes apresentaram distância percorrida elevada no TC6 (mediana de 457m), força de preensão palmar semelhante aos valores encontrados em indivíduos saudáveis (38,9±11,7kgf em homens, 27,3±2,8kgf em mulheres), e classificação de independência na MIF (122,8±9,9 pontos). Foram encontradas correlações positivas significativas entre o TC6 e a MIF ($r=0,470$, $p<0,001$), entre o TC6 e a FPP ($r=0,375$, $p<0,001$) e entre a FPP e a MIF ($r=0,317$, $p<0,001$). Apesar da gravidade à admissão hospitalar ou do tempo de internação hospitalar, após três meses da alta os pacientes analisados apresentaram recuperação funcional satisfatória. Os instrumentos utilizados avaliam diferentes dimensões da capacidade funcional, e as correlações encontradas entre eles sugerem que podem ser utilizados de forma complementar.

Descritores | Estado Funcional; Teste de Caminhada; Dinamômetro de Força Muscular; Covid-19, Reabilitação; Saturação de Oxigênio.

ABSTRACT | This study aimed to examine the correlation between three methods of assessing functional capacity [namely, handgrip strength (HGS), functional independence measure (FIM) and six-minute walk test (6MWT)], with clinical variables and hospitalization data in a cohort of patients recently discharged from the hospital after being treated for COVID-19. This is an observational, analytical and cross-sectional study. The study population comprised 125 patients of both sexes, aged 18 years or older, who were hospitalized due to a COVID-19 diagnosis. The patients were assessed approximately three months after hospital discharge, during which they underwent the HGS, the 6MWT, and responded to the FIM. Additionally, data from the medical records were collected and subsequently analyzed. The patients demonstrated satisfactory performance in the 6MWT (walking distance of 457m) and had handgrip strength comparable to that of healthy individuals, with a mean value of 38.9±11.7kgf in men and 27.3±2.8kgf in women. Additionally, they had an independence score on the FIM of 122.8±9.9 points, indicating a high level of autonomy. The three tests yielded positive correlations between the 6MWT and FIM ($r=0.470$, $p<0.001$), between the 6MWT and HGS ($r=0.375$, $p<0.001$), and between HGS and FIM ($r=0.317$, $p<0.001$). The analysis of the patients indicated that satisfactory functional recovery was achieved three months after discharge, regardless of the initial severity or length of

¹ Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) – Campinas (SP), Brasil. E-mail: lbacchindeoliveira@gmail.com. ORCID: 0000-0002-8068-8719.

² Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) – Campinas (SP), Brasil. E-mail: anacavallaro@gmail.com. ORCID: 0000-0003-1543-8294.

³ Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) – Campinas (SP), Brasil. E-mail: brusvian@unicamp.br. ORCID: 0000-0003-1205-2433

⁴ Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) – Campinas (SP), Brasil. E-mail: ligiasro@unicamp.br. ORCID: 0000-0002-2095-8625.

⁵ Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) – Campinas (SP), Brasil. E-mail: moncorso@unicamp.br. ORCID: 0000-0002-7669-4841.

hospital stay. While the three tests assess different dimensions of functional capacity, the observed correlations suggest that they can be used complementarily.

Keywords | Functional Status; Walk Test; Muscle Strength Dynamometer; COVID-19; Rehabilitation; Oxygen Saturation.

RESUMEN | El objetivo de este estudio fue analizar si existe una asociación entre tres métodos de evaluación de la capacidad funcional, la fuerza de agarre (FA), la medida de independencia funcional (MIF) y la prueba de caminata de seis minutos (6MWT), con variables clínicas y datos de hospitalización en una muestra de pacientes dados de alta de la hospitalización por covid-19. Se trata de un estudio observacional, analítico y transversal. Se incluyeron 125 pacientes de ambos sexos, mayores de 18 años de edad. Los participantes se sometieron a una evaluación aproximadamente tres meses después del alta hospitalaria cuando realizaron FA, 6MWT y respondieron a MIF. Los datos

de la historia clínica se analizaron para recopilar datos clínicos y de hospitalización. Los pacientes presentaron distancia de caminata elevada en la 6MWT (mediana de 457m), fuerza de agarre similar a los valores encontrados en individuos sanos ($38,9 \pm 11,7$ kgf en hombres, $27,3 \pm 2,8$ kgf en mujeres), y clasificación de independencia en MIF ($122,8 \pm 9,9$ puntos). Se encontraron correlaciones positivas significativas entre 6MWT y MIF ($r=0,470$, $p<0,001$), entre 6MWT y FA ($r=0,375$, $p<0,001$) y entre FA y MIF ($r=0,317$, $p<0,001$). A pesar de la gravedad en el ingreso hospitalario o la duración de la estancia en el hospital, a los tres meses del alta los pacientes evaluados presentaron una recuperación funcional satisfactoria. Las herramientas utilizadas evalúan diferentes dimensiones de la capacidad funcional, y las correlaciones encontradas entre ellas apuntan que pueden utilizarse de manera complementaria.

Palabras clave | Estado Funcional; Prueba de Paso; Dinamómetro de Fuerza Muscular; Covid-19; Rehabilitación; Saturación de Oxígeno.

INTRODUÇÃO

Após a fase aguda da doença causada pelo coronavírus (covid-19), é frequente a persistência, por exemplo, de sintomas respiratórios ou cognitivos de duração variável. Esses sintomas têm sido bastante estudados, e receberam o nome genérico de “Síndrome de Pós-covid-19”¹. Após o quadro agudo, a função respiratória é afetada por fadiga e dispneia², sendo comuns também as anormalidades tomográficas³ e funcionais. Tais achados não parecem inteiramente relacionados à gravidade inicial da doença⁴ ou à condição física prévia do indivíduo⁵.

Em indivíduos com intolerância ao exercício após a fase aguda da covid-19, são frequentes as alterações musculares, que parecem contribuir para esse estado. A redução na massa muscular, com consequente diminuição de força e de resistência, está relacionada à piora da capacidade funcional após a hospitalização. Isso se deve principalmente à diminuição da síntese proteica muscular causada pelo estado hiper-inflamatório e pela hipoxemia, além de alguns efeitos nocivos da hospitalização⁶.

Ainda não se sabe ao certo a extensão ou interferência de tais sintomas e do comprometimento muscular sobre as atividades de vida diária do indivíduo e sua qualidade, nem quais seriam os fatores pessoais ou clínicos associados a maior comprometimento funcional após hospitalização. Nesse contexto, a realização de avaliação física e funcional, com seguimento em médio e longo prazo dos sobreviventes

a hospitalizações, pode orientar a definição das melhores estratégias de reabilitação⁷.

Entre as ferramentas de avaliação para embasar a reabilitação, a força de preensão palmar (FPP), medida pela dinamometria manual, é um método prático e amplamente difundido, que fornece dados sobre a força muscular periférica global⁸. O método tem sido aplicado durante a hospitalização em unidade de terapia intensiva (UTI), contexto no qual há valores bem definidos para estabelecer fraqueza muscular adquirida durante a internação⁹. Entretanto, a utilidade deste teste em contextos ambulatoriais, após a alta hospitalar, ainda não foi bem explorada nem compreendida.

Outra estratégia de avaliação é o uso de escalas funcionais, como a medida de independência funcional (MIF) – comumente utilizada durante a hospitalização e na alta hospitalar – para monitorar o nível de independência nas atividades de vida diária e subsidiar o planejamento das adaptações necessárias conforme o estado funcional dos pacientes¹⁰.

O teste de caminhada de seis minutos (TC6) analisa a resposta global e integrada dos sistemas envolvidos no exercício submáximo¹¹. É um teste útil em diversas circunstâncias, como na avaliação ambulatorial ou hospitalar da capacidade funcional, na avaliação de resultados após intervenção clínica ou cirúrgica, no planejamento de um programa de reabilitação pulmonar¹², e até mesmo como preditor de morbidade e mortalidade

em algumas doenças pulmonares¹³. Recentemente, o TC6 tem sido utilizado para avaliar a capacidade funcional e o condicionamento físico de pacientes após a covid-19¹⁴.

Nossa hipótese é que a avaliação de vários aspectos da funcionalidade do indivíduo após internação por covid-19 pode contribuir para melhor compreensão do impacto funcional da doença e favorecer a indicação de estratégias de intervenção e de reabilitação. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo descrever e avaliar as associações entre a capacidade funcional avaliada por meio do teste de FPP, da escala de MIF e do TC6, todos realizados em uma amostra de pacientes após alta da internação devido à pneumonia grave ou moderadamente grave causada por covid-19. Foram também buscadas associações entre os testes realizados e algumas variáveis clínicas, como gravidade da pneumonia e uso de suporte ventilatório durante a hospitalização.

METODOLOGIA

Desenho do estudo e participantes

Trata-se de estudo observacional, analítico e transversal conduzido em um hospital universitário brasileiro. Todos os participantes que concordaram em participar do estudo assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

No período de 1º de maio a 31 de outubro de 2020, foram selecionados pacientes de ambos os sexos, com idade superior a 18 anos, que receberam alta após hospitalização por pneumonia causada por covid-19. A etiologia da doença foi confirmada por exame RT-PCR. Foram excluídos pacientes que não concordaram em participar do estudo ou que apresentavam limitações de movimento capazes de impedir a realização dos testes propostos.

Procedimentos

A avaliação clínica e funcional dos pacientes foi realizada entre 20 e 120 dias após a alta hospitalar, em um ambulatório multidisciplinar do Hospital de Clínicas da Unicamp. O atendimento foi realizado por médicos pneumologistas e fisioterapeutas respiratórios. No dia da consulta, os testes de FPP, escala de MIF e TC6 foram realizados em sequência, com um intervalo de 10 minutos entre eles. Os dados relacionados à hospitalização foram coletados por meio da revisão dos registros médicos. Dois pneumologistas especialistas avaliaram os exames de

tomografia de tórax realizados na admissão hospitalar e classificaram o grau de acometimento pulmonar em três categorias: inferior a 25%, entre 25 e 50%, ou superior a 50%, de acordo com os critérios da *Radiological Society of North America* (RSNA)¹⁵.

A FPP foi medida utilizando um dinamômetro hidráulico portátil (Saehan®), de acordo com as diretrizes da *American Society of Hand Therapists*¹⁶. A avaliação foi realizada com a mão dominante do paciente na posição de empunhadura. Os pacientes permaneceram sentados em uma cadeira sem apoio para o membro superior, com a coluna ereta e os joelhos flexionados a 90°. Os ombros permaneceram em adução e rotação neutra, o cotovelo do membro dominante permaneceu flexionado a 90°, e o antebraço permaneceu em meia pronação, com o punho em posição neutra, podendo movimentar-se em até 30° de extensão durante a contração. Com o dinamômetro segurado pelo avaliador, o paciente realizou três contrações voluntárias máximas, cada uma sustentada por seis segundos, com intervalo de um minuto entre cada medição. Para análise foi utilizado o valor médio das três medições, expresso em kgf.

A escala MIF aplicada consiste em 18 itens relacionados ao autocuidado, controle de esfíncteres, mobilidade, locomoção, comunicação e interação social. A escala foi aplicada pelo examinador por meio de entrevista estruturada. Para cada item foi atribuída pontuação de 1 (dependência completa para a atividade) a 7 (independência completa). A pontuação total da escala MIF varia de 18 a 126 pontos, sendo que valores mais elevados indicam maior autonomia funcional¹⁷.

Todos os indivíduos realizaram o TC6 sob supervisão do mesmo avaliador, seguindo as diretrizes da *American Thoracic Society*¹⁸. A pressão arterial (PA) foi aferida no início e ao final do teste por meio de esfigmomanômetro Premium®. A frequência cardíaca (FC) e a saturação periférica de oxigênio (SpO₂) foram medidas por oxímetro de pulso com sonda digital (3150 USB WristOX2 pulse oximeter; Nonin Medical®), no repouso pré-teste e no sexto minuto do teste. A escala de Borg modificada, pontuada de 0 a 10, foi apresentada ao paciente para que ele graduasse a sensação de dispnéia antes e após o teste. Os pacientes foram cuidadosamente observados durante todo o procedimento para garantir que seus limites individuais de exercício não fossem excedidos. Para análise foram consideradas duas variáveis principais: a distância percorrida (DTC6) e a presença de hipoxemia induzida por esforço, definida neste estudo como ΔSpO_2 . Esse valor foi calculado como a diferença entre a SpO₂ inicial e a

SpO₂ final. A variação foi considerada significativa quando $\Delta\text{SpO}_2 \geq 4\%$, ou quando SpO₂ final $\leq 93\%$ ¹⁹. A DTC6 foi apresentada em metros e também como porcentagem do valor previsto, calculado de acordo com a equação de referência brasileira²⁰.

Por meio de análise dos prontuários foram coletadas as seguintes variáveis: (1) variáveis demográficas, tais como idade, sexo, índice de massa corporal (IMC); (2) variáveis clínicas, tais como índice de comorbidade de Charlson (ICC)²¹, variáveis relacionadas à hospitalização (tempo de internação, duração da ventilação mecânica, suplementação de oxigênio, necessidade de posição prona); e (3) grau de comprometimento pulmonar na tomografia de tórax.

Análise estatística

Todos os dados brutos foram tabulados e organizados para garantir a qualidade dos registros.

As variáveis quantitativas e qualitativas foram primeiramente submetidas a uma análise descritiva, e as proporções foram comparadas pelo teste qui-quadrado ou pelo teste exato de Fisher, quando necessário. As medidas contínuas entre dois grupos foram comparadas pelo teste de Mann-Whitney, enquanto três ou mais grupos foram comparados pelo teste de Kruskal-Wallis.

A associação entre medidas contínuas foi calculada pelo teste de correlação de Spearman. O nível de significância foi fixado em 5%. Os dados foram analisados utilizando os softwares R²² e SAS System for Windows²³.

RESULTADOS

De um total de 469 pacientes hospitalizados devido à covid-19 no período analisado, 125 foram incluídos e realizaram todas as avaliações. O fluxo de recrutamento e inclusão é apresentado na Figura 1.

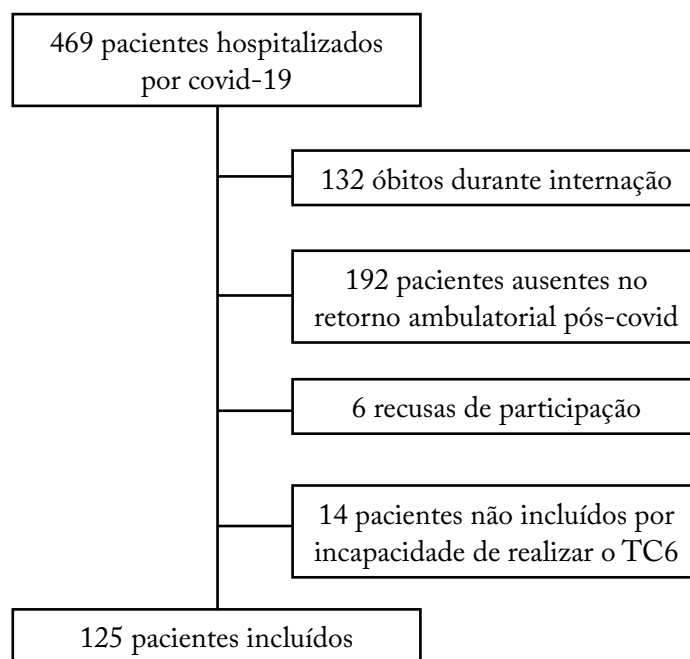


Figura 1. Fluxograma de identificação e inclusão de pacientes

A média de idade foi de $57 \pm 12,4$ anos, e 59,2% dos pacientes eram homens. A pontuação média de comorbidades pré-existentes avaliadas pelo ICC foi de $2,1 \pm 1,6$, sendo a hipertensão arterial sistêmica e o diabetes mellitus as condições mais prevalentes. O IMC médio foi de $31,1 \pm 6,2 \text{ kg/m}^2$, e 46,5% dos pacientes foram classificados como obesos ($\text{IMC} > 30 \text{ kg/m}^2$). Na admissão, a tomografia de tórax mostrou acometimento pulmonar maior que 25% em 75% dos casos.

Os pacientes permaneceram hospitalizados por $14,5 \pm 11$ dias, e todos eles receberam algum tipo de suporte ventilatório. A maioria dos indivíduos (75,2%) foi tratada com uso de interfaces não invasivas, incluindo suplementação de oxigênio por cânula nasal, máscara não reinalante, cânula nasal de alto fluxo ou ventilação não invasiva, e apenas 24,8% necessitaram de ventilação mecânica invasiva. O tempo médio de permanência dos 31 pacientes que necessitaram de ventilação mecânica

invasiva foi de $28 \pm 3,5$ dias, com duração média de $15,7 \pm 9,6$ dias de ventilação mecânica. A Tabela 1 resume os dados demográficos, clínicos e de hospitalização.

A média da DTC6 foi de $447,9 \pm 114,9$ m, e 57 (45,6%) dos pacientes percorreram menos de 80% da distância prevista segundo a equação de referência²⁰. Um quarto dos

pacientes (26,4%) apresentou dessaturação durante o TC6. A força média de preensão manual foi de $38,9 \pm 11,7$ kg/f para homens e $27,3 \pm 2,8$ kg/f para mulheres. A pontuação média da escala MIF foi de $122,8 \pm 9,9$, classificando os participantes como totalmente independentes. A Tabela 2 apresenta os dados funcionais referentes aos dois testes e à escala MIF.

Tabela 1. Dados demográficos, clínicos e de hospitalização dos pacientes (n=125)

Idade (anos)	Característica	Média±DP ou N (%)
		57±12,4
Sexo	Homens	74 (59,2%)
	Mulheres	51 (40,8%)
Índice de massa corporal (kg/m ²)		31,1±6,2
Índice de comorbidade de Charlson		2,1±1,6
Tempo de permanência no hospital (dias)	Sem ventilação mecânica	14,5±11
	Com ventilação mecânica	28±3,5
Acometimento pulmonar na tomografia de tórax	<25%	20 (16%)
	25-50%	48 (38,4%)
	>50%	46 (36,8%)
	Achados atípicos	11 (8,8%)
Suplementação de oxigênio	Interfaces não invasivas	94 (75,2%)
	Invasivo (tubo orotraqueal)	31 (24,8%)
Tempo de ventilação mecânica (dias) (N=31)	-	15,7±9,6
Posição prona	Pacientes intubados (N=31)	15 (48,3%)
	Pacientes não intubados (N=94)	25 (26,5%)

Valores apresentados como média (± DP), ou número absoluto e frequência, conforme apropriado.

Tabela 2. Dados funcionais dos pacientes (N=125)

Característica	Média±DP ou N (%)
Teste de caminhada de seis minutos	Distância percorrida (metros) 447,9±114,9
	Distância percorrida (% do previsto) 80,9±19,8
	SpO ₂ de linha de base 96,9±1,8
	SpO ₂ final 94,6±3,9
	Dessaturação 33 (26,4%)
	Teste interrompido 11 (8,8%)
FPP (kgf) (N=116)	Homens (N 67) 38,9±11,7
	Mulheres (N 49) 27,3±2,8
Medida de independência funcional * (N=117)	122,8±9,9

Valores apresentados como média (± DP) ou número (%); *Faixa de pontuação: 18-126 pontos.

Os participantes realizaram as avaliações clínicas e funcionais em média 77 dias após a alta. O intervalo de tempo entre a alta e a avaliação ambulatorial foi amplo (20–120 dias), devido à relativa indisponibilidade de transporte da cidade de origem ao hospital e à limitação de agendamento advinda da necessidade de reduzir o número de pessoas no mesmo ambiente. Considerando que o processo de convalescência após a hospitalização poderia ter afetado os resultados dos pacientes que foram

avaliados mais tardiamente (após 60 dias), comparou-se os dados das avaliações realizadas *antes* de 60 dias após a alta e aqueles obtidos *após* 60 dias da alta. Não foi detectada diferença estatisticamente significativa entre os grupos em relação às variáveis demográficas, clínicas ou relacionadas à hospitalização. No TC6, entretanto, houve diferença significativa na frequência de indivíduos que tiveram de interromper o TC6, sendo que no grupo avaliado antes dos 60 dias após a alta hospitalar mais pacientes

precisaram interromper o teste (16,1%), $p=0,046$. Dos 125 pacientes analisados, 11 tiveram que interromper o TC6. Esse subgrupo de doentes teve maior permanência hospitalar, necessidade prolongada de ventilação mecânica e valores mais baixos de MIF. Entre esses pacientes, 54,5% apresentaram dessaturação durante o TC6.

Na avaliação do TC6 foram consideradas duas variáveis principais: dessaturação (queda da SpO_2 ao final do teste), e DTC6. Levando em consideração a elevada distância percorrida (447m) e o fato de que mais da metade dos pacientes percorreu além de 80% do valor previsto de DTC6, optou-se por utilizar a mediana para comparação entre dois grupos ($\geq 457,2m$ ou $<457,2m$). Os pacientes que caminharam distâncias inferiores à mediana do grupo eram mais velhos, tinham mais comorbidades, foram hospitalizados por mais tempo e tiveram uma taxa mais alta de uso da posição prona ($p<0,05$). Eles também apresentaram valores mais baixos de força de preensão manual e pontuações mais baixas de MIF ($p<0,001$) (Tabela 3).

Na comparação segundo a magnitude da dessaturação, pacientes que apresentaram dessaturação $\geq 4\%$ ou $SpO_2 < 93\%$ no final do TC6 tiveram maior tempo de internação,

maior necessidade de ventilação mecânica invasiva e de uso de posição prona durante a internação ($p<0,005$). É importante ressaltar que a média de DTC6 dos 33 pacientes que apresentaram dessaturação foi de 396 ± 138 metros, ou seja, 51 metros a menos do que a média da amostra total.

O coeficiente de Spearman mostrou correlações significativas entre os três testes realizados, TC6, força de preensão manual e MIF, porém com fraca correlação entre eles (Figura 2). Na análise de correlação entre variáveis demográficas e clínicas (idade, IMC, ICC, tempo de internação hospitalar, tempo de uso de ventilação mecânica) e cada um dos três testes feitos, foram identificadas correlações apenas entre a DTC6 e a idade ($r=0,35$), o ICC ($r=-0,322$) e duração da ventilação mecânica ($r=-0,366$). Não foi evidenciada associação entre as variáveis clínicas e de hospitalização e a força de preensão manual e a MIF. O grau de acometimento pulmonar na admissão, avaliado pela tomografia de tórax, também não mostrou associação significativa com nenhum dos testes funcionais ($p=0,772$). Não foi registrado nenhum evento adverso grave durante as avaliações e os testes.

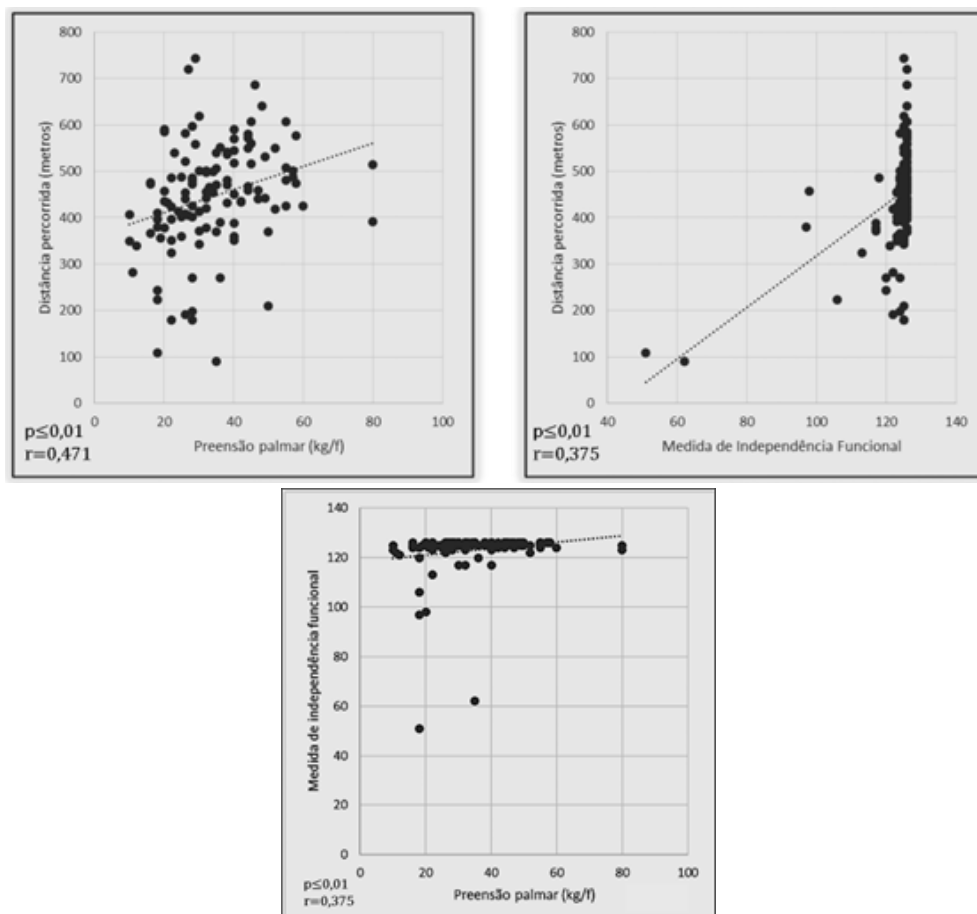


Figura 2. Análise de correlação entre DTC6, MIF e força de preensão palmar

DISCUSSÃO

Os pacientes avaliados neste estudo apresentaram covid-19 grave, definida pela presença de pneumonia na admissão hospitalar. Apesar do tempo prolongado de hospitalização e da necessidade de ventilação mecânica em um quarto dos pacientes, os indivíduos apresentaram bons resultados de capacidade funcional (TC6 e FPP) na avaliação realizada após quase dois meses de alta hospitalar. Em estudos realizados em contexto similar de avaliação após hospitalização por covid-19 grave, foram encontrados resultados semelhantes em pacientes irlandeses (distância média de 460m)¹⁴ e tailandeses (490m)²⁴.

A predominância de pacientes do sexo masculino (59,2%) e a média de idade (57 anos) foram semelhantes às observadas em um extenso estudo observacional da população brasileira hospitalizada por covid-19, realizado paralelamente ao nosso estudo²⁵. Entre as comorbidades mais prevalentes, hipertensão arterial e diabetes mellitus ocorreram com maior frequência, assim como no estudo de Ranzani et al.²⁵

Em 24,8% dos pacientes avaliados houve necessidade de ventilação mecânica invasiva, e constatamos que o tempo de internação foi diferente para os pacientes que usaram ou não a ventilação mecânica, sendo de 28 e 14,5 dias, respectivamente. Esses resultados são similares aos encontrados no estudo brasileiro de Ranzani et al.²⁵, no qual 72% dos pacientes internados necessitaram de alguma suplementação de oxigênio, sendo 23% de ventilação mecânica invasiva, com mediana do tempo de internação hospitalar de 8 (4-14) dias.

No presente estudo, os pacientes tiveram uma pontuação média de 122,8 na escala MIF, o que os classifica como indivíduos com independência completa²⁶.

A média de FPP da amostra estudada (38,9±11,7kgf para homens e 27,3±2,8kgf para mulheres) foi semelhante aos valores de referência para adultos brasileiros saudáveis²⁷. A medida de FPP é um procedimento não invasivo, acessível e de baixo custo que permite a avaliação da força muscular em diferentes contextos, como durante a hospitalização, na alta do paciente ou após a hospitalização²⁸. A redução da FPP durante a hospitalização é um marcador de aumento da mortalidade na UTI²⁹, e está associada à permanência prolongada no hospital e à duração da ventilação mecânica³⁰. Neste estudo, a avaliação da FPP após cerca de três meses de alta hospitalar indicou ausência de fraqueza muscular, de modo que esses resultados não sustentam sua utilização como possível desfecho em programas reabilitação.

Os pacientes que percorreram distâncias mais curtas no TC6 eram mais velhos, apresentavam mais comorbidades, tiveram internações hospitalares mais longas, foram submetidos com mais frequência à posição prona, apresentaram pontuações mais baixas na MIF e valores mais baixos de FPP ($p<0,05$, Tabela 3). A análise de correlação mostrou associação significativa entre menores valores de DTC6 e idade mais avançada, mais comorbidades e maior tempo de internação hospitalar. No presente estudo, a DTC6 foi semelhante à encontrada em pacientes avaliados após três e seis meses de internação por SDRA³¹ e após hospitalização por covid-19¹⁴. Townsend et al.¹⁴, em estudo com pacientes pós- covid-19, também evidenciaram associação da DTC6 com tempo de internação, idade e escore de fragilidade.

Tabela 3. Dados do TC6: comparação entre pacientes estratificados pela presença de hipoxemia induzida pelo esforço e pela distância caminhada (N=125)

	Dessaturação≥4%	Sem dessaturação		DTC6≥457,2m	DTC6<457,2 m	
	(N=33)	(N=92)	P	(N=63)	(N=62)	P
Idade (anos)	58,1±12	56,5±12,6	0,60	54,2±12,5	59,7±11,7	0,017
Índice de massa corporal (kg/m ²)	31,8±5,9	30,9±6,3	0,23	30,2±4,8	32±7,2	0,24
Índice de comorbidade de Charlson	2,2±1,4	2±1,7	0,46	1,6±1,4	2,6±1,7	0,001
Tempo de permanência (dias)	19,9±13,5	12,5±9,3	<0,001	11,9±8,5	17,1±12,6	0,015
Tempo de ventilação mecânica (dias)	17,6±11,6	14,3±7,9	0,30	11,9±5,5	18±10,9	0,01
Medida de independência funcional*	123,3±5,3	122,6±11,1	0,09	124,9±3,8	120,8±13	<0,001
FPP** (Kgf)	30,6±13,3	35,3±13,4	0,08	38±12,7	30,3±13,2	<0,001
Intervalo entre alta e o TC6 (dias)	86,1±55,7	74,4±43,3	0,38	79,1±44,7	75,7±49,4	0,45
Suplementação de oxigênio						
Não invasivo (N=94)	20 (60,6%)	74 (80,4%)		51 (80,9%)	43 (69,3%)	
Invasivo (N=31)	13 (39,4%)	18 (19,6%)	0,024	12 (19%)	19 (30,6%)	0,13
Posição prona						
Sim (N=15)	9 (27,3%)	6 (6,5%)		3 (4,8%)	12 (19,3%)	
Não (N= 85)	17 (51,5%)	68 (73,9%)	0,005	40 (63,5%)	45 (72,6%)	<0,001
Acordado e propenso (N= 25)	7 (21,2%)	18 (19,6%)		20 (31,7%)	5 (8,1%)	

Valores apresentados como média±DP ou N (%); *Faixa de pontuação: 18 - 126 pontos; N=117 ** N=116

Em nossa amostra, 26,1% dos pacientes apresentaram hipoxemia induzida pelo esforço, ou seja, queda da SpO_2 maior ou igual a 4% durante o TC6. Estes pacientes tiveram maior tempo de internação hospitalar, maior frequência de ventilação mecânica e maior frequência de uso de posição prona, em comparação com aqueles que não apresentaram hipoxemia induzida pelo esforço. A comparação da frequência deste achado na literatura é desafiadora, pois há poucos estudos com dados sobre hipoxemia induzida pelo esforço após recuperação da covid-19. Paneroni et al.⁵ detectaram dessaturação ao esforço em 24% de pacientes no momento de alta hospitalar pela covid-19. Morikawa et al.³² detectaram hipoxemia induzida pelo TC6 em 19,5% de pacientes após 77 dias da internação por covid-19. Esses autores encontraram correlação desse achado com idade e níveis de lactato desidrogenase.

A hipóxia é um evento fisiopatológico primário da covid-19 grave, mas pode estar presente em todos os estágios da doença, sendo a principal causa de mortalidade. Os mecanismos e fatores envolvidos diferem conforme o estágio da doença. Na fase aguda, o aparecimento de hipóxia em quadros mais graves resulta de múltiplos fatores, tais como uma intensa resposta inflamatória imunomediada e eventos trombogênicos, que levam ao comprometimento da difusão de gases e ao agravamento da inadequação entre a ventilação e perfusão pulmonares³³. Uma vez superada a fase aguda, alguns pacientes persistem ou desenvolvem um envolvimento intersticial pulmonar fibrótico. Nesse contexto, pode-se evidenciar hipoxemia em ar ambiente no repouso ou induzida por esforço.

A hipoxemia induzida por esforço pode ocorrer em pessoas doentes e em indivíduos saudáveis³⁴. Sabe-se que a queda na oxigenação induzida pelo esforço pode ser atribuída aos seguintes fatores, que podem estar presentes isoladamente ou combinados: hipoventilação alveolar relativa, limitação na difusão, desajuste entre ventilação e perfusão, e shunt (intrapulmonar ou cardíaco de direita para esquerda)³⁴. Em pacientes pós-covid, sobretudo em pacientes graves que sobreviveram ao período de ventilação mecânica, vários mecanismos podem estar envolvidos na ocorrência de hipoxemia induzida pelo esforço. Existem evidências de que a diminuição da PaO_2 durante o exercício leve a moderado, como no esforço submáximo no TC6, pode resultar de hipoventilação alveolar relativa (ou seja, PAO_2 mais baixa)³⁴. Em sobreviventes de insuficiência respiratória causada por pneumonia por covid-19, eventualmente submetidos à ventilação mecânica, é plausível supor que esse seja um

dos mecanismos da dessaturação observada semanas após a doença, associado a algum grau de redução na difusão pela membrana alvéolo-capilar, decorrente de inflamação e endotelite causados pelo vírus.

Apesar da independência completa indicada pelo escore médio da MIF, os pacientes que caminharam distâncias mais curtas no TC6 também apresentaram os escores mais baixos da MIF, achado compatível com a correlação moderada entre os testes. De fácil aplicação, a escala MIF pode avaliar a capacidade funcional em várias doenças em adultos e crianças³⁵, além de ser utilizada em ambientes ambulatoriais ou na alta do paciente.

Encontramos correlações positivas entre os valores de FPP, os escores da MIF e os valores da DTC6. Embora a FPP e a escala MIF apontem para pacientes com boa capacidade funcional e autonomia, as correlações com o TC6 encontradas sugerem possível complementaridade entre esses instrumentos na avaliação da capacidade funcional. Estudos anteriores à pandemia da covid-19 com pacientes críticos de UTI com imobilização prolongada mostraram comprometimento funcional persistente após a alta hospitalar, evidenciado por alterações nos testes de função pulmonar, redução da DTC6, fraqueza muscular e diminuição da capacidade de realizar atividades da vida diária³⁶⁻³⁸. Entre os métodos complementares de avaliação da capacidade funcional, a força de preensão manual e a escala MIF se destacam por serem facilmente aplicáveis tanto em ambientes hospitalares quanto ambulatoriais, e até mesmo em pacientes com dificuldade de locomoção.

OTC6 necessita de mais espaço, treinamento de pessoal e habilidade de locomoção dos pacientes. Nos resultados aqui obtidos, mesmo considerando que a DTC6 média aqui encontrada foi satisfatória, foram identificadas associações com variáveis clínicas e de gravidade da internação. A presença de hipoxemia induzida por esforço esteve mais presente em pessoas com quadros respiratórios mais graves e internações mais prolongadas. As correlações com a FPP e a MIF reforçam a robustez do TC6 para avaliação de capacidade funcional do indivíduo, e sua utilidade como desfecho significativo em programas de reabilitação pulmonar.

CONCLUSÕES

Apesar do grave comprometimento respiratório na admissão e da longa permanência no hospital, os pacientes deste estudo apresentaram recuperação funcional satisfatória três meses após a alta. Tanto os testes funcionais quanto a MIF apresentaram escores elevados.

Observou-se que, no TC6, os pacientes que caminharam distâncias menores tiveram maior tempo de internação e maior duração de ventilação mecânica. Adicionalmente, a hipoxemia induzida pelo esforço ocorreu com maior frequência em pacientes mais graves e com maior sofrimento respiratório, que também necessitaram de suporte ventilatório mais invasivo.

Embora o TC6, a MIF e a FPP avaliem diferentes dimensões da capacidade funcional do indivíduo, as correlações encontradas sugerem que eles podem ser utilizados de forma complementar. A MIF e a força de preensão manual são métodos de avaliação facilmente aplicáveis e reprodutíveis, podendo ser utilizados em ambientes com restrições de espaço ou em pacientes com dificuldade de locomoção.

LIMITAÇÕES

Nosso estudo foi realizado em um único centro e apresentou algumas limitações. Devido ao contingenciamento no atendimento ambulatorial que caracterizou a primeira onda da pandemia de covid-19, não foi possível incluir todos os pacientes hospitalizados por quadros graves da doença. Além da restrição de vagas, houve limitações relacionadas ao transporte dos pacientes e ao funcionamento da atenção primária de saúde. Pacientes mais graves podem estar sub-representados na coorte analisada. Além disso, o tamanho amostral e o fato de o estudo ter sido conduzido em um único centro limitam a possibilidade de generalização dos achados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à equipe RECOVID Unicamp (Lais B. Alves; Nayara N. Basso; Hugo Ceccato; Lucieni de O. Conterno; Henrique A. Engleitner; Ana L. Lima; Paulo R. Mendes; Mônica C. Pereira; Lígia S. Ratti; Mariangela R. Resende; Julian F. Silva; Carolina S. Tamesawa; Bruna S. Vian; Pedro M. Villar); e à coordenadora do SFTO (Serviço de Fisioterapia e Terapia Ocupacional do Hospital de Clínicas da Unicamp), Luciana Castilho de Figueirêdo.

DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS

Todo o conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo está disponível no corpo do artigo.

REFERÊNCIAS

- Rodriguez-Morales AJ, Cardona-Ospina JA, Gutiérrez-Ocampo E, Villamizar-Peña R, Holguin-Rivera Y, et al. Clinical, laboratory and imaging features of COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Travel Med Infect Dis*. 2020;34:101623. doi: 10.1016/j.tmaid.2020.101623
- Carfi A, Bernabei R, Landi F, Gemelli Against COVID-19 Post-Acute Care Study Group. Persistent symptoms in patients after acute COVID-19. *JAMA*. 2020;324(6):603-5. doi: 10.1001/jama.2020.12603
- Huang Y, Tan C, Wu J, Chen M, Wang Z, et al. Impact of coronavirus disease 2019 on pulmonary function in early convalescence phase. *Respir Res*. 2020;21(1):163. doi: 10.1186/s12931-020-01429-6
- Gandhi RT, Lynch JB, del Rio C. Mild or moderate COVID-19. *N Engl J Med*. 2020;383(18):1757-66. doi: 10.1056/NEJMc2009249
- Paneroni M, Simonelli C, Saleri M, Bertacchini L, Venturelli M, et al. Muscle strength and physical performance in patients without previous disabilities recovering from COVID-19 pneumonia. *Am J Phys Med Rehabil*. 2021;100(2):105-9. doi: 10.1097/PHM.0000000000001641
- Silva CC, Bichara CNC, Carneiro FRO, Palacios VRDCM, van den Berg AVS, et al. Muscle dysfunction in long coronavirus disease 2019 syndrome: pathogenesis and clinical approach. *Rev Med Virol*. 2022;32(6):e2355. doi: 10.1002/rmv.2355
- Hui DS, Wong KT, Ko FW, Tam LS, Chan DP, et al. The 1-year impact of severe acute respiratory syndrome on pulmonary function, exercise capacity, and quality of life in a cohort of survivors. *Chest*. 2005;128(4):2247-61. doi: 10.1378/chest.128.4.2247
- Kock KS, Breda Neto JA, Machado MDO. Comparação dos níveis de atividade física e força de preensão manual com o perfil bioquímico de doentes renais crônicos. *Ciênc Saúde*. 2017;10(1):10-17. doi: 10.15448/1983-652X.2017.1.24114
- Ali NA, O'Brien Jr JM, Hoffmann SP, Phillips G, Garland A, et al. Acquired weakness, handgrip strength, and mortality in critically ill patients. *Am J Respir Crit Care Med*. 2008;178(3):261-8. doi: 10.1164/rccm.200712-1829OC
- Alves GAA, Martinez BP, Lunardi AC. Avaliação das propriedades de medida das versões brasileiras do Functional Status Score for the ICU e da Functional Independence Measure em pacientes críticos internados em unidade de terapia intensiva. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2019;31(4):521-8. doi: 10.5935/0103-507X.20190065
- Holland AE, Spruit MA, Troosters T, Puhan MA, Pepin V, et al. An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur Respir J*. 2014;44(6):1428-46. doi: 10.1183/09031936.00150314
- Dias CMCC, Pereira N, Bonfim KPP, Reis HFC, Mayer AF, et al. Desempenho no teste de caminhada de seis minutos e fatores associados em adultos jovens saudáveis. *Rev Pesq Físio*. 2017;7(3):408-17. doi: 10.17267/2238-2704rpf.v7i3.1555
- du Bois RM, Weycker D, Albera C, Bradford WZ, Costabel U, et al. Six-minute-walk test in idiopathic pulmonary fibrosis: test validation and minimal clinically important difference.

- Am J Respir Crit Care Med. 2011;183(9):1231-7. doi: 10.1164/rccm.201007-1179OC
14. Townsend L, Dowds J, O'Brien K, Sheill G, Dyer AH, et al. Persistent poor health after COVID-19 is not associated with respiratory complications or initial disease severity. *Ann Am Thorac Soc*. 2021;18(6):997-1003. doi: 10.1513/AnnalsATS.202009-1175OC
 15. Simpson S, Kay FU, Abbara S, Bhalla S, Chung JH, et al. Radiological Society of North America expert consensus document on reporting chest CT findings related to COVID-19. *Radiol Cardiothorac Imaging*. 2020;2(2):e200152. doi: 10.1148/ryct.2020200152
 16. Fess EE, Moran CA. Clinical assessment recommendations. 2nd ed. Chicago: American Society of Hand Therapists; 1992.
 17. Riberto M, Miyazaki MH, Jucá SSH, Sakamoto H, Pinto PPN, et al. Validação da versão brasileira da Medida de Independência Funcional. *Acta Fisiatr*. 2004;11(2):72-6. doi: 10.5935/0104-7795.20040003
 18. American Thoracic Society Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166(1):111-7. doi: 10.1164/ajrccm.166.1.at1102
 19. Lama VN, Flaherty KR, Toews GB, Colby TV, Travis WD, et al. Prognostic value of desaturation during a six-minute walk test in idiopathic interstitial pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003;168(9):1084-90. doi: 10.1164/rccm.200302-219OC
 20. Iwama AM, Andrade GN, Shima P, Tanni SE, Godoy I, et al. The six-minute walk test and the body weight-walk distance product in healthy Brazilian subjects. *Braz J Med Biol Res*. 2009;42(11):1080-5. doi: 10.1590/S0100-879X2009005000032
 21. Charlson ME, Pompei P, Ales KL, MacKenzie CR. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chronic Dis*. 1987;40(5):373-83. doi: 10.1016/0021-9681(87)90171-8
 22. R Core Team. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing; 2018.
 23. SAS Institute Inc. SAS system for Windows, version 9.4. Cary (NC): SAS Institute Inc.; 2002-2012.
 24. Eksombatchai D, Wongsinin T, Phongnarudech T, Thammavaranucupt K, Amornputtisathaporn N, Sungkanuparph S. Pulmonary function and six-minute walk test in patients after recovery from COVID-19: a prospective cohort study. *PLoS One*. 2021;16(2):e0257040. doi: 10.1371/journal.pone.0257040
 25. Ranzani OT, Bastos LSL, Gelli JGM, Marchesi JF, Baião F, et al. Characterisation of the first 250000 hospital admissions for COVID-19 in Brazil: a retrospective analysis of nationwide data. *Lancet Respir Med*. 2021;9(4):407-18. doi: 10.1016/S2213-2600(20)30560-9
 26. Abentroth LRL, Osaku EF, Silva MMM, Jaskowiak JL, Zaponi RS, et al. Functional independence and spirometry in adult post-intensive care unit patients. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2021;33(2):243-50. doi: 10.5935/0103-507X.20210031
 27. Caporrino FA, Faloppa F, Santos JBG, Ressio C, Soares FHC, et al. Estudo populacional da força de preensão manual com dinamômetro Jamar®. *Rev Bras Ortop*. 1998;33(2):150-4.
 28. Bobos P, Nazari G, Lu Z, MacDermid JC. Measurement properties of the hand grip strength assessment: a systematic review with meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2020;101(3):553-65. doi: 10.1016/j.apmr.2019.10.183
 29. Chlan LL, Tracy MF, Guttormson J, Savik K. Peripheral muscle strength and correlates of muscle weakness in patients receiving mechanical ventilation. *Am J Crit Care*. 2015;24(6):e91-8. doi: 10.4037/ajcc2015277
 30. Cottureau G, Dres M, Avenel A, Fichet J, Jacobs FM, et al. Handgrip strength predicts difficult weaning but not extubation failure in mechanically ventilated patients. *Respir Care*. 2015;60(8):1097-104. doi: 10.4187/respcare.03604
 31. Hui DS, Joynt GM, Wong KT, Gomersall CD, Li TS, et al. Impact of severe acute respiratory syndrome on pulmonary function, functional capacity and quality of life in a cohort of survivors. *Thorax*. 2005;60(5):401-9. doi: 10.1136/thx.2004.030205
 32. Morikawa K, Tabira K, Takemura H, Inaba S, Suzuki Y, et al. Krebs von den Lungen-6 levels at admission predicts exercise-induced hypoxemia before and after discharge in patients with COVID-19. *Respir Investig*. 2024;62(3):369-74. doi: 10.1016/j.resinv.2024.02.011
 33. Serebrovska ZO, Chong EY, Serebrovska TV, Tumanovska LV, Xi L. Hypoxia, HIF-1 α , and COVID-19: from pathogenic factors to potential therapeutic targets. *Acta Pharmacol Sin*. 2020;41(12):1539-46. doi: 10.1038/s41401-020-00554-8
 34. Dominelli PB, Sheel AW. Exercise-induced arterial hypoxemia: some answers, more questions. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2019;44(6):571-9. doi: 10.1139/apnm-2018-0468
 35. Matos MA, Lopes PS, Corsini AR, Rodi J, Fong CT. Aplicação da medida de independência funcional na avaliação de pacientes com mucopolissacaridose. *Colomb Med (Cali)*. 2020;51(3):e213996. doi: 10.25100/cm.v51i3.3996
 36. Gruther W, Benesch T, Zorn C, Paternostro-Sluga T, Quittan M, et al. Muscle wasting in intensive care patients: ultrasound observation of the M. quadriceps femoris muscle layer. *J Rehabil Med*. 2008;40(3):185-9. doi: 10.2340/16501977-0139
 37. Kiriella JB, Araujo T, Vergara M, Lopez-Hernandez L, Cameron JI, et al. Quantitative evaluation of muscle function, gait, and postural control in people experiencing critical illness after discharge from the intensive care unit. *Phys Ther*. 2018;98(1):8-15. doi: 10.1093/ptj/pzx102
 38. Ohtake PJ, Lee AC, Scott JC, Hinman RS, Ali NA, et al. Physical impairments associated with post-intensive care syndrome: systematic review based on the WHO International Classification of Functioning, Disability and Health framework. *Phys Ther*. 2018;98(8):631-45. doi: 10.1093/ptj/pzy059