

**Estudo do ângulo de fase da
bioimpedância em doentes obesos
submetidos a cirurgia bariátrica
Phase Angle in bariatric surgery
obese patients**

Luciana Patrícia Alves Ferreira da Silva

ORIENTADO POR: PROFª DOUTORA SÍLVIA PINHÃO

TRABALHO DE INVESTIGAÇÃO
I.º CICLO EM CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO | UNIDADE CURRICULAR ESTÁGIO
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO DA UNIVERSIDADE DO PORTO

TC

CENTRO HOSPITALAR UNIVERSITÁRIO DE SÃO JOÃO, 2020



Resumo

Introdução: A avaliação da evolução da composição corporal pós-cirurgia bariátrica por bioimpedância elétrica (BIA) deve ser uma prática, e o ângulo de fase (AF) parece ter interesse como preditor do estado nutricional. **Objetivos:** Avaliar o ângulo de fase em doentes submetidos a cirurgia bariátrica, compará-lo com valores de AF padronizados para a idade e sexo e associá-lo com a evolução da composição corporal e Índice de Massa Corporal (IMC). **Metodologia:** Neste estudo longitudinal foram avaliados retrospectivamente doentes submetidos a bypass gástrico em Y-de-Roux (BGYR) e *sleeve* gástrico no CHUSJ, através de uma base de dados de registos de análises de BIA, a partir dos quais se calcularam os valores de AF e de composição corporal um e três meses após realização de cirurgia. **Resultados:** Numa amostra de 340 doentes, com uma média de idade de 43,5 anos, verificamos que o AF um e três meses após cirurgia é 5,0 ° e 4,64° nas mulheres e 5,6° e 5,17° nos homens, ou seja, inferior ao da população saudável e diminui do primeiro para o terceiro mês em todas as faixas etárias e tipo de cirurgia. Verifica-se que a média de evolução do Z-score de AF dos que realizaram BGYR é mais baixa do que os que realizaram SG ($p=0,049$). Estabeleceram-se correlações positivas fracas ou muito fracas, mas significativas ($p<0,05$) entre os valores de AF e a diminuição do IMC, da massa gorda, massa músculo-esquelética e massa celular corporal em cirurgias malabsortivas. **Conclusão:** Os valores de AF encontrados são significativamente menores aos de uma população saudável e diminuem ao longo do tempo, podendo ser indicadores de um desenvolvimento de risco nutricional em doentes submetidos a cirurgia bariátrica. **Palavras-chave:** ângulo de fase, cirurgia bariátrica, obesidade, composição corporal

Abstract

Introduction: The evaluation of the evolution of body composition after bariatric surgery by electrical bioimpedance (BIA) should be a practice, and the phase angle (PA) seems to be of interest as a predictor of nutritional status. **Objectives:** To evaluate the phase angle in patients undergoing bariatric surgery, to compare with standardized PA values for age and sex and to associate them with the evolution of body composition and Body Mass Index (BMI). **Methodology:** In this longitudinal study, patients undergoing Roux-en-Y gastric bypass (BGR) and gastric sleeve in CHUSJ were retrospectively evaluated through a database of BIA analysis records, from which the values of PA and body composition one and three months after surgery were determined. **Results:** In a sample of 340 patients, with an average age of 43.5 years, we found that PA one and three months after surgery is, 5.0° and 4.64° in women and 5.6° and 5.17° in men, respectively, that is, less than the healthy population and decreases from the first to the third month among all age groups and types of surgery. It appears that the mean evolution of the Z-score of PA of those who underwent RYGB is significantly lower than those who underwent SG ($p = 0.049$). Weak or very weak, but significant ($p < 0.05$) positive correlations were established between PA values and decreased BMI, fat mass, skeletal muscle mass and body cell mass in malabsorptive surgeries. **Conclusion:** The PA values found are significantly lower than those of a healthy population, they decrease over time, and may be indicators of a development of nutritional risk in patients undergoing bariatric surgery. **Keywords:** obesity, bariatric surgery, phase angle, body composition

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

ACT - Água corporal total;

AF - ângulo de fase

AGV - Área de gordura visceral;

BGYR - Bypass gástrico em Y-de-Roux

BIA - *Bioelectrical impedance analysis*

CHUSJ - Centro Hospitalar Universitário de São João

dp - Desvio padrão

IMC - Índice de massa muscular

MCC - Massa celular corporal;

MG - Massa gorda;

MME - Massa músculo-esquelética;

r- Coeficiente de correlação de Pearson

SG - *Sleeve* gástrico

TAE - Taxa de água extracelular;

TAI - Taxa de água intracelular;

Δ - Evolução

Sumário

Resumo e Palavras-Chave em Português	i
Resumo e Palavras-Chave em Inglês	ii
Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos	iii
Sumário	iv
Introdução.....	1
Objetivos	2
Metodologia	3
Análise estatística.....	4
Resultados.....	4
Discussão	10
Conclusão	14
Referências	16
Anexos	18

Introdução

A obesidade é uma doença crónica caracterizada por um Índice de Massa Corporal (IMC) superior a 30 kg/m^2 , consequência do desequilíbrio entre a ingestão alimentar e o gasto energético, relacionada com uma interação complexa de fatores associados ao estilo de vida e cultura, meio ambiente, genética, fisiologia e psicologia⁽¹⁾. Segundo os dados do Inquérito Alimentar Nacional e de Atividade Física, a prevalência de obesidade em adultos no ano de 2015/2016 foi de 21,6%, sendo uma das doenças mais comuns em Portugal⁽²⁾. Não tendo sido ainda criada nenhuma teoria capaz de explicar na totalidade as manifestações da obesidade⁽¹⁾, o tratamento desta doença passa por uma intervenção multidisciplinar que permite atuar nos diversos campos causadores da doença, em que a nutrição tem um papel fulcral. Quando as tentativas de perda de peso através da alimentação, atividade física e uso de fármaco são falhadas, o último recurso será o tratamento por cirurgia bariátrica.

A cirurgia bariátrica pode ser realizada em indivíduos que apresentem um IMC superior a 40 kg/m^2 , ou um IMC superior a 35 kg/m^2 caso o quadro de obesidade esteja associado a outras comorbidades⁽³⁾. Neste trabalho de investigação serão abordados dois dos tipos de procedimentos mais utilizados no CHUSJ: o *sleeve* gástrico (SG) e o *bypass* gástrico em Y-de Roux (BGYR). O *sleeve* gástrico consiste numa cirurgia de remoção de grande parte do fundo e corpo gástricos, enquanto que o BGYR consiste na combinação da redução do volume gástrico e posterior junção da bolsa gástrica à porção distal do jejuno, criando um desvio dos nutrientes da parte inferior do estômago, do duodeno e do jejuno proximal. Ambas as cirurgias podem causar deficiências nutricionais moderadas, sendo necessária a suplementação multivitamínica e mineral⁽⁴⁾.

Todos os doentes submetidos a cirurgia bariátrica no CHUSJ, são acompanhados numa consulta multidisciplinar, onde estão incluídas as consultas de nutrição. Nessas consultas, é feita a avaliação da evolução do peso e da composição corporal, realizada com recurso à bioimpedância elétrica, um método não invasivo e barato que permite avaliar a generalidade da composição corporal. Trata-se de um método indireto que se baseia na medição de dois parâmetros bioelétricos, gerados através da aplicação de uma corrente elétrica alternada - a resistência e a reactância^(5, 6)- através dos quais é possível calcular diretamente o ângulo de fase (AF). O AF, uma ferramenta cada vez mais utilizada na prática clínica⁽⁷⁻²³⁾, é estudado como um indicador prognóstico e de estado nutricional calculado sem a utilização de fórmulas específicas para uma população ou conversão direta em compartimentos de composição corporal. O significado a nível biológico e a sua relação a patologias não são ainda totalmente conhecidos, no entanto o ângulo de fase é interpretado como um indicador da dimensão celular, da integridade das membranas celulares e/ou da distribuição da água nos espaços intra e extracelulares^(11, 12), como preditor da massa celular corporal⁽¹⁷⁾ e como um indicador de estado nutricional em adultos ^(13, 15, 16, 18, 21). Assim, na obesidade o ângulo de fase pode eventualmente ser utilizado como um indicador do risco de desnutrição e estado de saúde.

Objetivos

Usando uma amostra de doentes obesos submetidos a cirurgia bariátrica (bypass gástrico em Y-de-Roux e *sleeve* gástrico) pretendeu-se:

- Avaliar os valores de ângulo de fase nestes doentes e compará-los com os valores padrão de uma população saudável⁽¹⁵⁾ de forma a compreender se a realização desta cirurgia os afasta ou aproxima desses valores;

- Avaliar a evolução da água corporal total, taxa de água intracelular, taxa de água extracelular, massa gorda, massa músculo-esquelética, massa celular corporal e área de gordura visceral entre o 1º e 3º mês após a cirurgia e relacionar todas estas variáveis com a evolução do Z-score do AF.

Metodologia

Neste estudo longitudinal realizado no Centro Hospitalar Universitário de São João, foram avaliados retrospectivamente doentes submetidos a cirurgia bariátrica entre o ano de 2014 e 2019. A amostra de 340 doentes foi obtida a partir de uma base de dados de 2682 registos extraída das avaliações decorrentes do aparelho de bioimpedância elétrica *InBody 720®*, da qual foram selecionados os registos que pertenciam a doentes submetidos a cirurgia bariátrica.

A amostra foi limitada a registos de avaliações realizadas um mês e três meses após a cirurgia, tendo sido excluídas medições realizadas com uma margem superior a uma semana antes ou depois de um mês após a cirurgia ou com uma margem superior a duas semanas antes ou depois de três meses após a cirurgia. Foram igualmente excluídos do estudo dois indivíduos cujos registos de variação do ângulo de fase apresentavam valores muito discrepantes e um indivíduo cujos valores de variação da área de gordura visceral suscitavam dúvidas quanto à validade da medição. Assim a amostra foi constituída por 340 indivíduos adultos de ambos os sexos, submetidos a BGYR ou SG.

O cálculo do AF foi realizado recorrendo aos valores de resistência e reactância medidos sob a aplicação de corrente elétrica de 50kHz e com recurso à equação: $\text{Angulo fase (AF)} = \text{arc-tangente reactância/resistência} \times 180^\circ/\pi$.

Os Z-score de variação do ângulo de fase foram calculados relativamente à média (específica de cada sexo e intervalo de idade) padronizada pelo estudo de Barbosa-Silva et al.⁽²⁴⁾.

A revisão bibliográfica do tema foi realizada com recurso às plataformas Pubmed e Scopus, com utilização dos termos chave "phase angle", "bariatric surgery", "bioelectrical impedance analysis", "obesity" e "body composition".

O protocolo do presente estudo foi aprovado pela Comissão de Ética para a Saúde do CHSJ/Faculdade de Medicina da Universidade do Porto.

Análise Estatística

Para avaliar a normalidade das variáveis cardinais, utilizou-se o critério do coeficiente de simetria e achatamento e verificou-se que as variáveis de evolução do Z-score do AF, IMC (kg/m^2), água corporal total (L), taxa de água intracelular, taxa de água extracelular, massa gorda (kg), massa músculo-esquelética (kg), massa celular corporal (kg) e área de gordura visceral (cm^2) em ambos os tipos de cirurgia seguem uma distribuição normal. A estatística descritiva consistiu no cálculo da média, desvio padrão (dp), valores máximos e mínimos, frequências relativas e absolutas. Para comparação de médias, utilizou-se o teste t-Student para amostras independentes e o teste t-Student para amostras emparelhadas. O cálculo dos coeficientes de correlação de Pearson efetuou-se para medir o grau de associação entre pares de variáveis cardinais com distribuição normal.

Para o tratamento estatístico foi utilizado o *software* IBM SPSS Statistics 25.0". Considerou-se um nível de significância de 0,05.

Resultados

A amostra é composta por 340 indivíduos de ambos os sexos com idades compreendidas entre os 20 e os 67 anos, sendo que 236 realizaram BGYR e 104 realizaram SG. A tabela 1 representa a distribuição de doentes por sexo e tipo de cirurgia, valores médios de idade e valores médios de IMC (kg/m²) no 1º mês e 3 meses após a cirurgia. A frequência de doentes distribuída por intervalos de idade e sexo está representada na figura 1.

Tabela 1- Distribuição de doentes por sexo, idade, tipos de cirurgia e médias de IMC no 1º e 3º mês pós-cirúrgico.

	n	Idade (média ± dp)	IMC (1º mês) (média ± dp)	IMC (3º mês) (média ± dp)	Tipos de cirurgia	
					BGYR	SG
Amostra total	340	43,5 ± 10,1	39,3 ± 4,9	35,6 ± 4,7	236	104
Feminino	285	43,8 ± 10,4	39,2 ± 4,7	35,5 ± 4,5	208	77
Masculino	55	42,4 ± 8,2	40,2 ± 6,0	36,3 ± 5,5	28	27

Em ambos os sexos, o BGYR foi a cirurgia mais realizada. Do total das cirurgias realizadas, 83,8% foram realizadas no sexo feminino e 16,2% no sexo masculino.

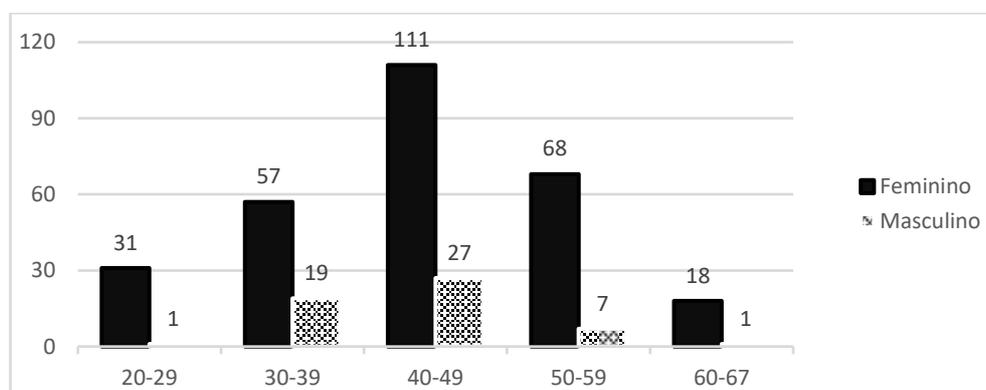


Figura 1 - Gráfico de frequência de doentes por intervalos de idade e sexo.

A faixa etária com maior frequência de doentes encontra-se entre os 40 e os 49 anos ($n = 138$), em ambos os sexos.

Estudo do ângulo de fase

Para cada indivíduo foi calculado o AF 1 mês e 3 meses após a cirurgia. Os valores médios de AF para cada sexo e intervalo de idade estão representados na Tabela 2.

Tabela 2 - Médias de AF ($^{\circ}$) 1 mês e 3 meses após a cirurgia por intervalos de idade e sexo.

Idade	Sexo feminino			Sexo masculino		
	AF - 1 ^o mês	AF - 3 ^o mês	Valores padrão	AF - 1 ^o mês	AF - 3 ^o mês	Valores padrão
20-29 (n=32) F - n=31 M - n=1	5,22 ± 0,49	4,84 ± 0,51	6,98 ± 0,92	6,24 ± 0,0	5,92 ± 0,0	8,02 ± 0,75
30-39 (n=76) F - n=57 M - n=19	5,09 ± 0,36	4,72 ± 0,43	6,87 ± 0,84	5,68 ± 0,49	5,24 ± 0,40	8,01 ± 0,85
40-49 (n=138) F - n=111 M - n=27	5,07 ± 0,56	4,72 ± 0,55	6,91 ± 0,85	5,54 ± 0,37	5,12 ± 0,43	7,76 ± 0,85
50-59 (n=75) F - n=68 M - n=7	4,8 ± 0,45	4,43 ± 0,51	6,55 ± 0,87	5,52 ± 0,53	5,13 ± 0,41	7,31 ± 0,89
60-67 (n=19) F - n=18 M - n=1	4,61 ± 0,41	4,31 ± 0,41	5,97 ± 0,83	5,59 ± 0,0	4,47 ± 0,0	6,96 ± 1,10
Total (n=340) F - n=285 M - n=55	5,0 ± 0,51	4,64 ± 0,53	6,53 ± 1,01	5,60 ± 0,44	5,17 ± 0,43	7,48 ± 1,10

Valores expressos em Média ± dp.
F - feminino; M - masculino

Identifica-se, em ambos os sexos e em todos os intervalos etários, uma diminuição do ângulo de fase médio entre o 1^o mês após a cirurgia e o 3^o mês após a cirurgia

Foram calculados os valores médios do Z-score do AF um mês e três meses após a cirurgia e os valores médios da evolução do Z-score do AF (Anexo 1), em cada faixa etária e tipo de cirurgia, apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Média de Z-score do AF um mês e três meses após a cirurgia e sua evolução (Δ) por intervalos de idade e tipo de cirurgia.

		Z-score do AF 1º mês	Z-score do AF 3º mês	Δ Z-score do AF	Δ Mínimo	Δ Máximo
Idade	20-29 (n=32)	- 1,93 \pm 0,54	-2,34 \pm 0,56	-0,41 \pm 0,35 (p<0,001)	-1,30	0,08
	30-39 (n=76)	-2,28 \pm 0,54	-2,73 \pm 0,58	-0,45 \pm 0,38 (p<0,001)	-1,49	0,46
	40-49 (n=138)	-2,25 \pm 0,65	-2,68 \pm 0,65	- 0,43 \pm 0,36 (p<0,001)	- 1,78	0,37
	50-59 (n=75)	-2,01 \pm 0,52	-2,44 \pm 0,57	- 0,43 \pm 0,37 (p<0,001)	- 1,83	0,28
	60-67 (n=19)	-1,62 \pm 0,49	-2,01 \pm 0,48	- 0,39 \pm 0,42 (p=0,01)	- 1,20	0,45
Tipos de cirurgia	BGYR (n=236)	-2,14 \pm 0,60	-2,60 \pm 0,63	- 0,46 \pm 0,38 (p<0,001)	- 1,83	0,46
	SG(n=104)	-2,13 \pm 0,60	-2,50 \pm 0,63	- 0,37 \pm 0,34 (p<0,001)	- 1,20	0,37

Valores expressos em Média \pm dp.

Verifica-se que em todas as faixas etárias o valor médio de evolução do Z-score do AF é negativo, dado que os valores de AF diminuem progressivamente entre o 1º e 3º mês após a cirurgia quando comparados à média padronizada para a idade e sexo. Ao fim de 3 meses após a cirurgia, os indivíduos apresentam valores ainda mais baixos de AF para a sua idade e sexo do que os valores de AF que exibiam ao fim de 1 mês após a cirurgia.

Quando se comparam os doentes por tipo de cirurgia, verifica-se que a média de evolução do Z-score de AF dos doentes que realizaram BGYR é mais baixa do que os que realizaram SG, sendo esta diferença estatisticamente significativa (p=0,049).

Na tabela 4 encontram-se descritas as médias de evolução do IMC, água corporal total, taxa de água intracelular, taxa de água extracelular, massa gorda, massa músculo-esquelética, área de gordura visceral e massa celular corporal por intervalos de idade e tipo de cirurgia.

Tabela 4 - Valores médios de evolução dos indicadores de composição corporal e IMC por intervalos de idade e tipo de cirurgia.

		Evolução (média ± dp)							
		Δ IMC (kg/m ²)	Δ ACT (L)	Δ TAI	Δ TAE	Δ MG (kg)	Δ MME (kg)	Δ AGV (cm ²)	Δ MCC (kg)
Idade	20-29 (n=32)	-4,09 ± 1,05 (p<0,001)	-1,14 ± 1,27 (p<0,001)	-0,84 ± 0,82 (p<0,001)	-0,31 ± 0,49 (p=0,001)	-9,4 ± 2,42 (p<0,001)	-1,1 ± 1,06 (p<0,001)	-17,5 ± 8,57 (p<0,001)	-1,2 ± 1,17 (p<0,001)
	30-39 (n=76)	-4,09 ± 1,1 (p<0,001)	-0,99 ± 1,39 (p<0,001)	-0,8 ± 0,84 (p<0,001)	-0,19 ± 0,61 (p=0,07)	-10,0 ± 2,98 (p<0,001)	-1,04 ± 1,1 (p<0,001)	-20,2 ± 12,9 (p<0,001)	-1,13 ± 1,2 (p<0,001)
	40-49 (n=138)	-3,74 ± 1,03 (p<0,001)	-0,45 ± 1,3 (p<0,001)	-0,46 ± 0,81 (p<0,001)	0,003 ± 0,55 (p=0,951)	-9,41 ± 2,57 (p<0,001)	-0,59 ± 1,04 (p<0,001)	-21,4 ± 10,3 (p<0,001)	-0,66 ± 1,14 (p<0,001)
	50-59 (n=75)	-3,37 ± 0,95 (p<0,001)	-0,18 ± 1,45 (p=0,279)	-0,29 ± 0,8 (p=0,002)	0,11 ± 0,7 (p=0,187)	-8,37 ± 2,6 (p<0,001)	-0,38 ± 1,04 (p=0,02)	-18,1 ± 10,6 (p<0,001)	-0,42 ± 1,15 (p=0,02)
	60-67 (n=19)	-2,96 ± 1,34 (p<0,001)	-0,51 ± 1,36 (p=0,117)	-0,45 ± 0,79 (p=0,022)	-0,06 ± 0,63 (p=0,695)	-6,87 ± 2,8 (p<0,001)	-0,61 ± 1,02 (p=0,017)	-16,4 ± 10,6 (p<0,001)	-0,68 ± 1,14 (p=0,017)
Tipos de cirurgia	BGYR (n=236)	-3,78 ± 1,06 (p<0,001)	-0,51 ± 1,4 (p<0,001)	-0,5 ± 0,84 (p<0,001)	-0,008 ± 0,62 (p=0,842)	-9,35 ± 2,68 (p<0,001)	-0,64 ± 1,1 (p<0,001)	-19,7 ± 11 (p<0,001)	-0,71 ± 1,2 (p<0,001)
	SG (n=104)	-3,6 ± 1,15 (p<0,001)	-0,75 ± 1,34 (p<0,001)	-0,61 ± 0,8 (p<0,001)	-0,61 ± 0,8 (p=0,013)	-8,79 ± 2,95 (p<0,001)	-0,8 ± 1,04 (p<0,001)	-19,9 ± 11 (p<0,001)	-0,89 ± 1,15 (p<0,001)
Total		-3,72 ± 1,09 (p<0,001)	-0,58 ± 1,39 (p<0,001)	-0,53 ± 0,83 (p<0,001)	-0,05 ± 0,61 (p=0,131)	-9,18 ± 2,77 (p<0,001)	-0,69 ± 1,08 (p<0,001)	-19,7 ± 10,9 (p<0,001)	-0,76 ± 1,18 (p<0,001)

IMC - Índice de Massa Corporal; ACT - Água corporal total; TAI - taxa de água intracelular; TAE - taxa de água extracelular; MG - massa gorda; MME - massa músculo-esquelética; AGV - área de gordura visceral; MCC - massa celular corporal

A associação entre a evolução do Z-score do AF e a evolução dos indicadores de composição corporal (água corporal total (L), taxa de água intracelular, taxa de água extracelular, massa gorda (kg), massa músculo-esquelética (kg), área de gordura visceral (cm²) e massa celular corporal (kg)) e IMC (kg/m²) para cada tipo de cirurgia, está descrita na tabela 5.

Tabela 5 - Associação entre a evolução do Z-score do AF e a evolução dos indicadores de composição corporal por tipo de cirurgia.

			Δ IMC (kg/m ²)	Δ ACT (L)	Δ TAI	Δ TAE	Δ MG (kg)	Δ MME (kg)	Δ AGV (cm ²)	Δ MCC (kg)
Tipo de cirurgia	BGR	r	0,25	-0,018	0,168	-0,270	0,278	0,170	0,313	0,169
		p	<0,001	0,786	0,009	<0,001	<0,001	0,009	<0,001	0,009
	SG	r	0,212	-0,084	0,112	-0,342	0,289	0,109	0,307	0,105
		p	0,031	0,398	0,256	<0,001	0,003	0,272	0,002	0,288

IMC - Índice de Massa Corporal; ACT - Água corporal total; TAI - taxa de água intracelular; TAE - taxa de água extracelular; MG - massa gorda; MME - massa músculo-esquelética; AGV - área de gordura visceral; MCC - massa celular corporal.

Através da análise da tabela 5, é possível verificar que no BGR, apesar das correlações existentes serem fracas ou muito fracas, os valores de evolução do Z-score do AF mais baixos correspondem a maiores perdas de massa músculo-esquelética, massa celular corporal, massa gorda e área de gordura visceral, e a valores de IMC e de taxa de água intracelular mais baixos. Por outro lado, é possível verificar que nesta cirurgia, a valores de evolução do Z-score do AF mais baixos, correspondem valores mais altos de taxa de água extracelular.

Em doentes submetidos a SG, é possível verificar que, apesar de as correlações existentes serem fracas ou muito fracas, valores de evolução do Z-score do AF mais baixos correspondem a maiores perdas de massa gorda e de área de gordura visceral e a valores mais baixos de IMC, e que a valores de Z-score de evolução do AF mais baixos correspondem valores mais altos de taxa de água extracelular.

Discussão

Sendo o AF um indicador prognóstico e de estado nutricional com este trabalho pretendeu-se estudar o AF em indivíduos obesos que foram submetidos a cirurgia bariátrica (BGYR e SG) após um e três meses de cirurgia.

Na nossa amostra foi possível identificar uma associação entre valores mais baixos de AF e idades mais avançadas e valores mais baixos de IMC. Estes resultados são semelhantes aos descritos por outros autores, pensando-se estar relacionados a uma maior depleção da massa muscular com o aumento da idade e a uma maior acumulação de fluído extracelular, maior massa celular e massa gorda em indivíduos obesos^(9, 24). De facto, o IMC parece afetar os valores de resistência, oposição oferecida pelo corpo à corrente elétrica, inversamente associada ao conteúdo em água e eletrólitos nos tecidos e portanto valores mais altos de resistência estão associados a valores mais baixos de ângulo de fase^(5, 6).

Neste trabalho, verificou-se também uma evolução negativa dos valores do AF entre o 1º e o 3º mês após realização de cirurgia bariátrica quando comparados com valores de uma população saudável, ou seja, os valores de AF desta amostra diminuem progressivamente ao longo do período pós-operatório quando comparados aos valores padronizados para a idade e sexo (Anexo 1). A diminuição do IMC e a comprovada correlação com a diminuição dos valores dos indicadores

de composição corporal nesse período podem justificar estes dados. No entanto quer no primeiro quer no terceiro mês após a cirurgia, existe uma diferença significativa entre os valores padronizados e os da população obesa. Sendo o AF um indicador da integridade elétrica das membranas corporais e considerando que doenças, processos inflamatórios, mal nutrição e alterações fisiológicas podem causar distúrbios elétricos nas propriedades dos tecidos que afetam diretamente o AF⁽¹⁰⁾, é possível que esta diminuição relativa do AF possa estar associada ao estado inflamatório provocado pela obesidade. Segundo um estudo realizado igualmente numa amostra de doentes submetidos a cirurgia bariátrica, foi observada uma associação entre valores mais altos de proteína-C-reativa e valores mais altos de IMC. É referido nesse estudo que, apesar dos valores de outras citocinas pró-inflamatórias (IL-6 e TNF- α) diminuírem durante o 1º e 3º mês após a cirurgia, as evidências sugerem que as vias que envolvem estes mediadores inflamatórios permanecem ativas na obesidade em graus menos severos, sendo possivelmente necessária uma maior perda de gordura para ocorrer a normalização dos valores indicadores de estado inflamatório⁽²⁵⁾. A associação entre baixos valores de AF em indivíduos obesos e maior número de marcadores inflamatórios como a IL-6 foi também descrita por outros autores em indivíduos obesos do sexo feminino com valores de ângulo de fase inferiores a 6,17º⁽⁸⁾. A presença de valores mais altos de marcadores inflamatórios - nomeadamente de proteína-C-reativa de alta sensibilidade (PCR-as) - foi igualmente associada positivamente à quantidade de massa gorda corporal num estudo realizado em homens e mulheres com obesidade e excesso de peso⁽²⁶⁾. Considerando que na nossa amostra as médias dos valores de AF na quase totalidade das faixas etárias (exceto nos indivíduos do sexo masculino com idade compreendida entre os 20 e

os 29 anos) são inferiores a 6,17^o, pode sugerir que estes valores estejam associados a um processo inflamatório próprio do quadro de obesidade, apesar de não ter sido diretamente avaliado neste estudo.

Um outro estudo, realizado em doentes obesas submetidas a cirurgia bariátrica, não encontrou relação com um estado inflamatório mas encontrou uma relação entre o baixo AF pós-operatório e baixos níveis de pré-albumina sérica, indicadores de um maior risco de desnutrição⁽²⁷⁾. De facto, o AF tem sido utilizado como um indicador de desnutrição em adultos em diversas patologias e populações^(13, 15, 16, 18, 21). Considerando que as cirurgias bariátricas provocam uma diminuição na absorção dos nutrientes, é possível que a diminuição do AF esteja relacionada com um aumento do risco de desnutrição. Na presente amostra, a cirurgia malabsortiva e que provoca maior risco de desnutrição (BGYR)⁽²⁸⁾, é a que apresenta os valores médios de evolução do AF mais baixos comparativamente à restritiva (SG). Foi ainda possível verificar que em doentes submetidos a esta cirurgia entre o 1^o e o 3 mês pós-cirúrgico o os valores mais baixos de AF e a diminuição da massa músculo-esquelética e massa celular corporal. Estes valores correlacionam-se de forma significativa podendo ser interpretados como eventuais indícios de desenvolvimento de risco de desnutrição^(29, 30).

A massa celular corporal corresponde ao compartimento de composição corporal rico em proteínas e água intracelular, utilizado como alternativa viável ao IMC e massa livre de gordura na avaliação do estado nutricional em indivíduos com valores de água extracelular acrescidos (ascite ou edema). A massa celular corporal é afetada por estados catabólicos e a sua perda está associada ao declínio do estado de saúde^(29, 31). Indivíduos obesos apresentam maior volume de fluído extracelular e intersticial, proporcional ao grau de obesidade⁽³²⁾, tornando a massa

celular corporal um interessante método de avaliação do estado nutricional desta amostra. Neste estudo, verificou-se uma perda média de quase 1 kilograma de massa celular corporal entre o 1º e 3º mês de cirurgia em ambas as cirurgias avaliadas, correlacionando-se de forma significativa ao declínio do AF durante esse período em indivíduos submetidos a BGYR. Este facto vem assim suportar a hipótese de que a evolução negativa do AF se deve em parte ao desenvolvimento de um estado de risco nutricional, principalmente em cirurgias malabsortivas.

Comparativamente a populações com valores de IMC da mesma ordem e idades aproximadas (7, 33), esta amostra apresenta valores mais baixos de AF em ambos os momentos de avaliação, com declínio ao 3º mês após a cirurgia. Possivelmente, a rápida perda de peso e diminuição dos indicadores de composição corporal podem ter sido os causadores desta discrepância, ao provocar alterações na integridade das membranas celulares e nos níveis de hidratação, bem como o desenvolvimento de um estado de risco de desnutrição.

Este trabalho apresenta algumas limitações. Por um lado, tratando-se de um estudo retrospectivo, não foi possível ter acesso às avaliações realizadas no momento pré-cirurgia, bem como não foi possível controlar as condições em que foram realizadas as análises por bioimpedância elétrica. Por outro lado, está demonstrado que a análise por bioimpedância elétrica oferece ainda algumas limitações quando aplicada a indivíduos com IMC superior a 34 kg/m². As equações utilizadas no cálculo da composição corporal não são as ideais para indivíduos com obesidade dado que a desproporção entre a massa corporal e a condutividade corporal diminui a precisão da medição. O tronco contribui com cerca de 50% da massa condutora, mas apenas com 10% do total da bioimpedância. Para além disso, a avaliação da taxa de água intracelular e extracelular em indivíduos obesos

não é ainda totalmente confiável. No entanto, apesar da avaliação inicial em indivíduos com IMC superior a 34 kg/m² apresentar algumas limitações, o estudo longitudinal da evolução da composição corporal é possível. Além do já referido, se tivesse sido realizada a avaliação segmentar os resultados encontrados seriam mais precisos⁽³⁴⁾.

Conclusão

Este estudo demonstrou valores de ângulo de fase inferiores aos de uma população saudável e aos valores médios padronizados para a idade e sexo, bem como uma diminuição do mesmo em indivíduos submetidos a cirurgia bariátrica no decorrer do tempo pós-cirúrgico, sendo que se encontraram valores mais baixos de AF em faixas etárias mais avançadas. A diminuição do AF é mais acentuada em indivíduos que realizam BGYR, estando diretamente relacionada à diminuição do IMC, massa gorda, massa músculo-esquelética, área de gordura visceral, taxa de água intracelular e massa celular corporal, e ao aumento da taxa de água extracelular. Verificou-se igualmente uma diminuição acentuada do AF com uma evolução de Z-score negativa relativamente aos valores padronizados em doentes submetidos a SG, no entanto apenas se estabeleceu uma associação significativa entre esses valores e valores mais baixos de IMC, massa gorda e área de gordura visceral, e a valores mais altos de taxa de água extracelular.

Considerando o AF como um parâmetro avaliador do risco de desnutrição e associando à evolução negativa dos indicadores de composição corporal, especialmente da massa celular corporal, é possível que os valores negativos de evolução do AF estejam associados ao desenvolvimento progressivo de um estado

de desnutrição, mais acentuadamente em doentes submetidos a cirurgia bariátrica malabsortiva.

Mais estudos são necessários nesta área. De forma a validar os resultados encontrados, seria necessário realizar as medições por bioimpedância elétrica em ambiente controlado e recorrer a fórmulas preditivas da composição corporal adaptadas a uma população com IMC superior a $34\text{kg}/\text{m}^2$. Seria também importante realizar a correlação dos valores de AF dos doentes com marcadores bioquímicos de inflamação e desnutrição de forma a confirmar a eventual relação entre as variáveis.

Referências

1. Mahan LK, Escott-Stump S, Raymond JL, Krause MV. *Krause's food & the nutrition care process*. Elsevier Health Sciences; 2012.
2. Lopes C, Torres D, Oliveira A, Severo M, Alarcão V, Guiomar S, et al. Inquérito Alimentar Nacional e de Atividade Física, IAN-AF 2015-2016: relatório de resultados. 2017
3. Segal A, Fandiño J. Indicações e contra-indicações para realização das operações bariátricas %J *Brazilian Journal of Psychiatry*. 2002; 24:68-72.
4. Lee PC, Dixon J. Bariatric-metabolic surgery: A guide for the primary care physician. *Aust Fam Physician*. 2017; 46(7):465-71.
5. Baumgartner RN, Chumlea WC, Roche AF. Bioelectric impedance phase angle and body composition. *Am J Clin Nutr*. 1988; 48(1):16-23.
6. Kushner RF. Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications. *J Am Coll Nutr*. 1992; 11(2):199-209.
7. Barrea L, Muscogiuri G, Laudisio D, Di Somma C, Salzano C, Pugliese G, et al. Phase Angle: A Possible Biomarker to Quantify Inflammation in Subjects with Obesity and 25(OH)D Deficiency. *Nutrients*. 2019; 11(8):1747.
8. de Luis DA, Aller R, Romero E, Dueñas A, Perez Castrillon JL. Relation of phase angle tertiles with blood adipocytokines levels, insulin resistance and cardiovascular risk factors in obese women patients. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2010; 14(6):521-26.
9. Dittmar M. Reliability and variability of bioimpedance measures in normal adults: effects of age, gender, and body mass. *Am J Phys Anthropol*. 2003; 122(4):361-70.
10. Garlini LM, Alves FD, Ceretta LB, Perry IS, Souza GC, Clausell NO. Phase angle and mortality: a systematic review. *Eur J Clin Nutr*. 2019; 73(4):495-508.
11. Genton L, Herrmann FR, Spörri A, Graf CE. Association of mortality and phase angle measured by different bioelectrical impedance analysis (BIA) devices. *Clin Nutr*. 2018; 37(3):1066-69.
12. Gonzalez MC, Barbosa-Silva TG, Bielemann RM, Gallagher D, Heymsfield SB. Phase angle and its determinants in healthy subjects: influence of body composition. *Am J Clin Nutr*. 2016; 103(3):712-16.
13. Grundmann O, Yoon SL, Williams JJ. The value of bioelectrical impedance analysis and phase angle in the evaluation of malnutrition and quality of life in cancer patients--a comprehensive review. *Eur J Clin Nutr*. 2015; 69(12):1290-97.
14. Kilic MK, Kizilarslanoglu MC, Arik G, Bolayir B, Kara O, Dogan Varan H, et al. Association of Bioelectrical Impedance Analysis-Derived Phase Angle and Sarcopenia in Older Adults. *Nutr Clin Pract*. 2017; 32(1):103-09.
15. Llames L, Baldomero V, Iglesias ML, Rodota LP. Values of the phase angle by bioelectrical impedance; nutritional status and prognostic value. *Nutr Hosp*. 2013; 28(2):286-95.
16. Lukaski HC, Kyle UG, Kondrup J. Assessment of adult malnutrition and prognosis with bioelectrical impedance analysis: phase angle and impedance ratio. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2017; 20(5):330-39.
17. Maggiore Q, Nigrelli S, Ciccarelli C, Grimaldi C, Rossi GA, Michelassi C. Nutritional and prognostic correlates of bioimpedance indexes in hemodialysis patients. *Kidney Int*. 1996; 50(6):2103-08.
18. Małecka-Massalska T, Mlak R, Smolen A, Morshed K. Bioelectrical impedance phase angle and subjective global assessment in detecting malnutrition among newly diagnosed head and neck cancer patients. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2016; 273(5):1299-305.

19. Mullie L, Obrand A, Bendayan M, Trnkus A, Ouimet M-C, Moss E, et al. Phase Angle as a Biomarker for Frailty and Postoperative Mortality: The BICS Study. *J Am Heart Assoc.* 2018; 7(17):e008721-e21.
20. Nagano M, Suita S, Yamanouchi T. The validity of bioelectrical impedance phase angle for nutritional assessment in children. *Journal of Pediatric Surgery.* 2000; 35(7):1035-39.
21. Pupim LB, Kent P, Ikizler TA. Bioelectrical impedance analysis in dialysis patients. *Miner Electrolyte Metab.* 1999; 25(4-6):400-06.
22. Saad MA, Jorge AJ, de Andrade Martins W, Cardoso GP, Dos Santos MM, Rosa ML, et al. Phase angle measured by electrical bioimpedance and global cardiovascular risk in older adults. *Geriatr Gerontol Int.* 2018; 18(5):732-37.
23. Vassilev G, Hasenberg T, Krammer J, Kienle P, Ronellenfitsch U, Otto M. The Phase Angle of the Bioelectrical Impedance Analysis as Predictor of Post-Bariatric Weight Loss Outcome. *Obes Surg.* 2017; 27(3):665-69.
24. Barbosa-Silva MCG, Barros AJD, Wang J, Heymsfield SB, Pierson RN, Jr. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. *Am J Clin Nutr.* 2005; 82(1):49-52.
25. Antunes PV. Parâmetros nutricionais e atividade inflamatória em pacientes obesos submetidos a cirurgia bariátrica [Dissertação de candidatura ao grau de Mestre em Nutrição Clínica]. Porto: Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto; 2018.
26. Maki KC, Rains TM, Bell M, Reeves MS, Farmer MV, Yasunaga K. Fat mass, abdominal fat distribution, and C-reactive protein concentrations in overweight and obese men and women. *Metab Syndr Relat Disord.* 2011; 9(4):291-96.
27. Koehler KB, Moraes RAGd, Rodrigues JB, Portela BSdM, Miguel GPS, Pedrosa RG, et al. Bioimpedance phase angle is associated with serum transthyretin but not with prognostic inflammatory and nutritional index during follow-up of women submitted to bariatric surgery. *Clin Nutr ESPEN.* 2019; 33:183-87.
28. Kellum JM, DeMaria EJ, Sugerman HJ. The surgical treatment of morbid obesity. *Current Problems in Surgery.* 1998; 35(9):791-858.
29. Biospace. InBody 720 - Results, Interpretation and Application.
30. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, et al. Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clin Nutr.* 2004; 23(5):1226-43.
31. Shizgal HM. The effect of malnutrition on body composition. *Surg Gynecol Obstet.* 1981; 152(1):22-26.
32. Raison J, Achimastos A, Asmar R, Simon A, Safar M. Extracellular and interstitial fluid volume in obesity with and without associated systemic hypertension. *The American Journal of Cardiology.* 1986; 57(4):223-26.
33. Bosity-Westphal A, Danielzik S, Dörhöfer R-P, Later W, Wiese S, Müller MJ. Phase angle from bioelectrical impedance analysis: population reference values by age, sex, and body mass index. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2006; 30(4):309-16.
34. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Manuel Gómez J, et al. Bioelectrical impedance analysis—part II: utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition.* 2004; 23(6):1430-53.

Anexo 1

- Valores padronizados para o sexo e intervalos de idade segundo o estudo

Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex” de Barbosa-Silva et al⁽²⁴⁾.

Faixa etária (anos)	Homens (média ± dp)	Mulheres (média ± dp)
18-20	7,90 ± 0,47	7,04 ± 0,85
20-29	8,02 ± 0,75	6,98 ± 0,92
30-39	8,01 ± 0,85	6,87 ± 0,84
40-49	7,76 ± 0,85	6,91 ± 0,85
50-59	7,31 ± 0,89	6,55 ± 0,87
60-69	6,96 ± 1,10	5,97 ± 0,83
≥ 70	6,19 ± 0,97	5,64 ± 1,02

