

Ângulo de fase como indicador funcional inovador em praticantes desportivos

Autores

Diana A. Santos ¹

Analiza M. Silva ¹

Catarina N. Matias ¹

Paulo M. Rocha ¹

Cláudia S. Minderico ^{1, 2}

Luís B. Sardinha ¹

dianasantos@fmh.ulisboa.pt

Resumo

Objetivo: O ângulo de fase (*PhA*) avaliado por bioimpedância elétrica (BIA) tem sido recentemente descrito como um importante indicador da massa e função celulares, sendo que a sua aplicabilidade em atletas ainda não foi instituída como um procedimento de monitorização da composição corporal estrutural e funcional. O objetivo deste estudo foi analisar a associação entre o *PhA* e parâmetros estruturais e funcionais em praticantes desportivos e desenvolver valores normativos para este indicador.

Métodos: Foram incluídos 287 homens e 120 mulheres (16 desportos, idade ≥ 16 anos), que competiam nas principais competições Nacionais das respetivas modalidades e atletas de alto rendimento ($n=270$). O *PhA* foi determinado por BIA e a massa muscular por DEXA. Os testes funcionais englobaram a avaliação da força máxima de preensão manual e membros inferiores, taxa máxima de produção de força dos membros inferiores (TMPFmi) e saltos (agachamento e contramovimento). Foram desenvolvidos os percentis 5, 10, 25, 50, 75, 90 e 95 para o *PhA* por sexo.

Resultados: Nos homens verificou-se uma associação entre o *PhA* e os testes funcionais (exceto TMPFmi), independentemente da massa muscular. Nas mulheres não foram observadas associações. O percentil 50 do *PhA* correspondeu a $7,8^\circ$ para os homens e $7,0^\circ$ nas mulheres.

Conclusão: O *PhA* pode ser avaliado de forma periódica para monitorizar os atletas ao longo da época, estando associado nos homens com testes funcionais. Os percentis desenvolvidos servem como base comparativa para monitorização e avaliação da composição corporal estrutural e funcional de praticantes desportivos, incluindo os de alto rendimento.

¹ Centro Interdisciplinar da Performance e Rendimento Humano; Faculdade de Motricidade Humana, Universidade de Lisboa.

² Faculdade de Educação Física e Desporto da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.

INTRODUÇÃO

A utilização de bioimpedância elétrica (BIA) é um método de avaliação da composição corporal portátil, rápido, não invasivo e económico,¹⁻³ sendo habitualmente usado em praticantes desportivos.^{4, 5}

O princípio da BIA baseia-se na passagem da corrente elétrica através do corpo humano. Desta passagem resultam um valor de resistência (R) e reatância (X_c) (inverso da capacitância). O ângulo de fase (PhA) surge como uma variável de interesse, não necessitando de ajustamento para a estatura e massa corporal, calculado como o arco-tangente do quociente entre a X_c e a R . A R está dependente da quantidade e hidratação da massa celular (tecidos metabolicamente ativos), estando a X_c relacionada com o tamanho da célula e a integridade das suas membranas.³ O PhA é assim um indicador da massa celular e da sua função,⁶ independente da utilização de equações preditivas.

Em populações clínicas foi demonstrado o potencial do PhA enquanto importante indicador prognóstico de saúde celular e função muscular.⁶⁻⁹ Em praticantes desportivos foi descrito que PhA é um importante indicador de aptidão funcional e estado de hidratação, podendo a sua avaliação contribuir para identificar possíveis riscos de uma carga de treino excessiva.¹⁰ Apesar de a BIA ser frequentemente usada para monitorização da composição corporal de atletas,^{4, 5} a utilização de equações preditivas não tem permitido analisar de que forma esta pode ser um importante indicador prognóstico da funcionalidade da massa celular, particularmente a sua relação com testes de força específicos. Adicionalmente não existem valores normativos do PhA desenvolvidos para praticantes desportivos. O objetivo do presente estudo foi analisar a associação entre o PhA e parâmetros estruturais e funcionais em praticantes desportivos e desenvolver valores normativos para este indicador.

MÉTODOS

Participantes

Para os percentis do PhA , foram avaliados 287 homens e 120 mulheres (basquetebol, judo, luta, atletismo, vela, ginástica, rugby, futebol, andebol, voleibol, natação, pentatlo, karaté, taekwondo, triatlo e ténis). Para a associação do PhA com testes funcionais foi usada uma subamostra: prensão manual ($n=170$ homens, 86 mulheres), força dos membros inferiores [$n=57$ homens, 37 (basquetebol, voleibol, andebol e natação)], e testes de salto [$n=49$ homens, 27 mulheres (basquetebol, voleibol e andebol)]. Foram incluídos atletas (idade ≥ 16 anos) que competiam nas principais competições Nacionais (Portugal) das respetivas modalidades e atletas de alto rendimento ($n=202$ homens, 68 mulheres). Os participantes assinaram o consentimento informado e todos os procedimentos foram aprovados pelo Comité de ética da FMH-IL e conduzidos de acordo com a Declaração de Helsínquia.

Bioimpedância elétrica

O PhA foi obtido a partir de análise de BIA multiespectral (modelo 4000B e 4200B, Xitron Technologies, San Diego, CA, EUA), a uma frequência de 50Hz de acordo com procedimentos previamente descritos.¹¹

Composição corporal

O índice de massa isenta de gordura e osso dos membros superiores e inferiores foi avaliado com densitometria radiológica de dupla energia (Hologic Explorer-W, QDR versão 12.4, Waltham, Massachusetts, EUA) e apresentado como indicador da massa muscular.^{12, 13}

Testes funcionais

A força máxima de preensão manual (média da mão direita e esquerda) foi avaliada através de dinamometria manual (Jamar, Sammons Preston, Bolingbrook, IL, EUA). A força máxima e taxa máxima de produção de força foram avaliadas através de prensa de pernas isométrica e a altura de salto no teste agachamento com salto e salto com contramovimento foram registados tendo sido avaliados numa plataforma de contacto (BioPlux System, Lisboa, Portugal).^{14, 15}

Análise estatística

A análise estatística foi efetuada através do programa SPSS (versão 19 SPSS-IBM, Chicago, Illinois, EUA) com um nível de significância de 0,05. Análises de regressão linear foram usadas para verificar as associações do *PhA* e da massa muscular com os testes funcionais. Foram apresentados os percentis 5, 10, 25, 50, 75, 90 e 95 para o *PhA* para homens e mulheres.

RESULTADOS

As características da amostra vêm descritas no anexo I.

Anexo I – Características demográficas, composição corporal e testes funcionais de homens e mulheres.

	Homens (n=285)	Mulheres (n=120)
Idade (anos)	20,5 ± 4,5	19,6 ± 4,4
Massa corporal (kg)	77,7 ± 12,8	63,3 ± 8,2
Estatura (cm)	181,2 ± 10,5	169,2 ± 8,9
Índice de massa corporal (kg/m ²)	13,6 ± 4,0	21,8 ± 1,9
MIGO _{app} (kg)	29,3 ± 4,6	20,1 ± 2,8
Índice de MIGO _{app} (kg/m ²)	8,9 ± 1,5	6,9 ± 0,7
Resistência* (Ohm)	464,6 ± 56,4	571,2 ± 60,4
Reactância* (Ohm)	63,7 ± 7,6	70,0 ± 8,5
Ângulo de Fase* (°)	7,8 ± 0,7	7,0 ± 0,6
Preensão Manual (kg)	51,1 ± 9,5	34,0 ± 6,2
Força máxima Membros inferiores (kg)	406,7 ± 95,2	270,4 ± 52,5
TMPF Membros Inferiores (N/ms)	17,4 ± 6,3	11,1 ± 4,1
Salto com agachamento (cm)	30,7 ± 4,8	22,5 ± 3,6
Salto com contramovimento (cm)	35,1 ± 4,8	25,4 ± 4,0

Abreviaturas: MIGO_{app}, Massa isenta de gordura e osso apendicular (membros superiores e inferiores); TMPF, taxa máxima de Produção de força.

*a uma frequência de 50Hz

Numa subamostra (anexo II) verificou-se que, à exceção da taxa de produção de força dos membros inferiores, o *PhA* se associava positivamente com os testes funcionais (modelos 1), sendo que esta associação se mantinha após o ajustamento para a massa muscular (modelos 3). Verificou-se ainda que a massa muscular associou-se com a força de preensão manual e a altura dos saltos (modelos 2). Contudo, após controlar para o *PhA*, a associação com o agachamento com salto deixava de ser significativa (Modelos 3).

Anexo II – Coeficientes estandardizados do ângulo de fase e da massa muscular nas análises de regressão linear com os testes funcionais para homens.

Testes Funcionais		Ângulo de Fase*	Massa Muscular*
Força de preensão manual	Modelo 1	0,290	-
	Modelo 2	-	0,275
	Modelo 3	0,218	0,195
Força máxima dos membros inferiores	Modelo 1	0,347	-
	Modelo 2		NS
	Modelo 3	0,321	NS
Taxa máxima de produção de força membros inferiores	Modelo 1	0,267	-
	Modelo 2	-	NS
	Modelo 3	NS	NS
Agachamento com salto	Modelo 1	0,448	-
	Modelo 2	-	0,363
	Modelo 3	0,36	NS
Salto com contramovimento	Modelo 1	0,423	-
	Modelo 2	-	0,460
	Modelo 3	0,285	0,347

Abreviaturas: NS, não significativo ($p > 0.05$)

*Ângulo de fase a uma frequência de 50Hz

**O índice de massa isenta de gordura e de osso dos membros superiores e inferiores foi usado como indicador da massa muscular

Modelo 1, variável independente: ângulo de fase; Modelo 2, variável independente: massa muscular; Modelo 3, variáveis independentes: ângulo de fase e massa muscular;

Nas mulheres (anexo III), o *PhA* não se associou com nenhum dos testes funcionais (modelos 1 e 3), estando a massa muscular positivamente associada com a força máxima de preensão manual e de membros inferiores (modelos 2), independentemente do *PhA* (modelo 3).

Anexo III – Coeficientes estandardizados do ângulo de fase e da massa muscular nas análises de regressão linear com os testes funcionais para mulheres.

Testes Funcionais		Ângulo de Fase*	Massa Muscular*
Força de apreensão manual	Modelo 1	NS	-
	Modelo 2	-	0,317
	Modelo 3	NS	0,373
Força máxima dos membros inferiores	Modelo 1	NS	-
	Modelo 2	-	0,490
	Modelo 3	NS	0,514
Taxa máxima de produção de força membros inferiores	Modelo 1	NS	-
	Modelo 2	-	NS
	Modelo 3	NS	NS
Agachamento com salto	Modelo 1	NS	-
	Modelo 2	-	NS
	Modelo 3	NS	NS
Salto com contramovimento	Modelo 1	NS	-
	Modelo 2	-	NS
	Modelo 3	NS	NS

Abreviaturas: NS, não significativo ($p > 0.05$)

*Ângulo de fase a uma frequência de 50Hz

**O índice de massa isenta de gordura e de osso dos membros superiores e inferiores foi usado como indicador da massa muscular

Modelo 1, variável independente: ângulo de fase; Modelo 2, variável independente: massa muscular; Modelo 3, variáveis independentes: ângulo de fase e massa muscular;

O *PhA* apresentou uma distribuição normal em ambos os sexos estando no anexo IV apresentados os percentis 5, 25, 50, 75, 90 e 95 para homens e mulheres. O valor médio (percentil 50) para homens corresponde a $7,8^\circ$ e para mulheres a $7,0^\circ$.

Anexo IV – Percentis do ângulo de fase para atletas do sexo feminino e masculino

Percentil	5	10	25	50	75	90	95
Homens (n=287)	6,76°	6,98°	7,38°	7,80°	8,30°	8,68°	9,05°
Mulheres (n=120)	5,91°	6,24°	6,59°	7,00°	7,39°	7,76°	8,02°

DISCUSSÃO

Neste estudo, pela primeira vez observou-se que o *PhA* avaliado por BIA se associou com a função muscular de atletas do sexo masculino, independentemente da massa muscular. Nas atletas não foi observada qualquer associação. Adicionalmente foram desenvolvidos percentis para o *PhA*.

Um estudo recente¹⁰ verificou que, em adolescentes futebolistas e basquetebolistas existia uma percentagem considerável (15-48%) de atletas que estariam abaixo do percentil 5 do *PhA* de uma população de referência Norte Americana da mesma idade. Os autores especulam que a intensidade e volume de treino possam ser excessivos para estes jovens afetando desta forma a integridade das membranas celulares. No nosso estudo verificámos que, nos homens, independentemente da massa muscular, existia uma associação positiva entre o *PhA* e testes funcionais. Quando a massa muscular e o *PhA* foram incluídos no mesmo modelo, para o teste de força máxima inferior e agachamento com salto, apenas o *PhA*, e não a massa muscular, estava associado com a função muscular. De acordo, poderemos especular que, independentemente da estrutura (massa muscular), a integridade das membranas celulares (*PhA*) deverá ser preservada, tendo os profissionais do desporto que considerar questões de carga excessiva que possam lesar as membranas celulares.

O facto dos mesmos resultados não serem confirmados nas mulheres pode decorrer do facto da reduzida amostra com diminutos graus de liberdade e com o aumento do erro tipo II. Contudo, mesmo para o teste de prensão manual onde a amostra era superior não foi observada associação entre o *PhA* e este teste. De facto, verificámos que no teste de força máxima de prensão manual e dos membros inferiores, apenas a massa muscular e não o *PhA* se encontravam associados com os testes funcionais. Estas observações poderão indicar que em mulheres a estrutura possa ser mais relevante que a integridade celular, ou ainda que nesta amostra, a carga de treino possa não ser excessiva ao ponto de comprometer a integridade das membranas celulares, prevalecendo sobre a estrutura muscular., Estudos com *PhA* em atletas apenas foram conduzidos em homens¹⁰, 16 pelo que investigações futuras são necessárias para analisar possíveis diferenças entre ambos os sexos na estrutura e função celulares e sua associação com indicadores funcionais.

Não existindo até à data valores normativos para uma população atlética, neste estudo foram desenvolvidos percentis que podem servir de referência e utilização na avaliação de atletas. Sendo a BIA um método rápido, não invasivo e sem risco para o atleta¹⁻⁴, é possível de uma forma periódica aceder à estrutura e função da massa celular. Sempre que se observar que o *PhA* se encontra num percentil baixo ou existam alterações de percentil, deverá existir um cuidado acrescido para se analisar se a funcionalidade muscular do atleta estará a ser comprometida.

No nosso estudo verificámos que o percentil 50 correspondia a 7,0^o para as mulheres e 7,8^o para os homens. O valor encontrado nos homens é semelhante ao verificado em atletas da divisão de elite de futebol Italiano e superior ao de futebolistas de níveis de competição mais reduzido do campeonato Italiano.¹⁶ Contudo, numa amostra de 90 atletas do sexo masculino de 8 desportos¹⁰ verificou-se um valor médio inferior ao valor encontrado no nosso estudo. Em ambos os sexos foi ainda verificado que o percentil 50 seria inferior quando comparado com valores de referência para a população Norte Americana.¹⁷ Tendo os atletas um desenvolvimento musculoesquelético superior ao da população em geral, este valor inferior poderá indicar algum comprometimento das membranas celulares devido a cargas elevadas de treino.

O presente estudo foi conduzido em atletas de alto rendimento, mas algumas limitações devem ser descritas. Apesar da amostra total ser elevada, não nos foi possível desenvolver percentis por modalidade. Uma vez que nem todos os atletas efetuaram as avaliações dos testes funcionais, apenas para uma subamostra foi possível apresentar as associações do *PhA* com os testes de força, sendo que para os testes de saltos apresentamos resultados para atletas de basquetebol, andebol e voleibol, já que a técnica necessária para realização correta do salto poderia influenciar os resultados.

CONCLUSÃO

O *PhA* avaliado por BIA é um importante indicador da função musculoesquelética de praticantes desportivos do sexo masculino sendo independente da quantidade de massa muscular. Este indicador poderá ser importante para a monitorização de praticantes desportivos, incluindo os de alto rendimento, ao longo da época desportiva, antevendo possíveis danos na integridade das células provenientes de cargas de treino excessivas. Na presente investigação foram também desenvolvidos valores normativos de *PhA* para praticantes desportivos que servirão como base comparativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kyle, U.G., et al., *Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice*. Clin Nutr, 2004. 23(6): p. 1430-53.
2. Kyle, U.G., et al., *Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods*. Clin Nutr, 2004. 23(5): p. 1226-43.
3. Lukaski, H.C., *Evolution of bioimpedance: a circuitous journey from estimation of physiological function to assessment of body composition and a return to clinical research*. Eur J Clin Nutr, 2013. 67 Suppl 1: p. S2-9.
4. Ackland, T.R., et al., *Current status of body composition assessment in sport: review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. Medical Commission*. Sports Med, 2012. 42(3): p. 227-49.
5. Moon, J.R., *Body composition in athletes and sports nutrition: an examination of the bioimpedance analysis technique*. Eur J Clin Nutr, 2013. 67 Suppl 1: p. S54-9.
6. Norman, K., et al., *Cutoff percentiles of bioelectrical phase angle predict functionality, quality of life, and mortality in patients with cancer*. Am J Clin Nutr, 2010. 92(3): p. 612-9.
7. Beberashvili, I., et al., *Bioimpedance phase angle predicts muscle function, quality of life and clinical outcome in maintenance hemodialysis patients*. Eur J Clin Nutr, 2014. 68(6): p. 683-9.
8. Beberashvili, I., et al., *Longitudinal changes in bioimpedance phase angle reflect inverse changes in serum IL-6 levels in maintenance hemodialysis patients*. Nutrition, 2014. 30(3): p. 297-304.
9. Selberg, O. and D. Selberg, *Norms and correlates of bioimpedance phase angle in healthy human subjects, hospitalized patients, and patients with liver cirrhosis*. Eur J Appl Physiol, 2002. 86(6): p. 509-16.
10. Koury, J.C., N.M. Trugo, and A.G. Torres, *Phase angle and bioelectrical impedance vectors in adolescent and adult male athletes*. Int J Sports Physiol Perform, 2014. 9(5): p. 798-804.
11. Matias, C.N., et al., *Is bioelectrical impedance spectroscopy accurate in estimating total body water and its compartments in elite athletes?* Ann Hum Biol, 2013. 40(2): p. 152-6.
12. Kim, J., et al., *Total-body skeletal muscle mass: estimation by a new dual-energy X-ray absorptiometry method*. Am J Clin Nutr, 2002. 76(2): p. 378-83.
13. Santos, D.A., et al., *Reference values for body composition and anthropometric measurements in athletes*. PLoS One, 2014. 9(5): p. e97846.
14. Silva, A.M., et al., *Relationship between changes in total-body water and fluid distribution with maximal forearm strength in elite judo athletes*. J Strength Cond Res, 2011. 25(9): p. 2488-95.
15. Silva, A.M., et al., *Increases in Intracellular Water Explain Strength and Power Improvements over a Season*. Int J Sports Med, 2014.
16. Micheli, M.L., et al., *Bioimpedance and impedance vector patterns as predictors of league level in male soccer players*. Int J Sports Physiol Perform, 2014. 9(3): p. 532-9.
17. RJL Systems, *Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) and age groups of NHANES III*. Disponível em http://www.compcorp.com.br/pdfs/NHANES_BIA_AGE.pdf.