

IDENTIFICAÇÃO DO LIMIAR ANAERÓBIO EM INDIVÍDUOS COM DIABETES TIPO-2 SEDENTÁRIOS E FÍSICAMENTE ATIVOS

MOREIRA SR, SIMÕES GC, HIYANE WC, CAMPBELL CSG E SIMÕES HG

Programa de Mestrado e Doutorado em Educação Física, Universidade Católica de Brasília, Brasília, DF - Brasil

Correspondência para: Sérgio Rodrigues Moreira, SCLN 106, Bloco A, s/n, Apt. 211, 2º andar, Asa Norte, CEP 70742-510, Brasília, DF-Brasil, e-mail: sergior@pos.ucb.br

Recebido: 29/08/2006 - Revisado: 29/01/2007 - Aceito: 18/06/2007

RESUMO

Objetivo: Comparar intensidades de limiar anaeróbio (LA) obtidas a partir do lactato, ventilação e glicemia em diabéticos tipo-2 ativos (DA) e sedentários (DS) e não-diabéticos ativos (NDA), e correlacionar variáveis metabólicas, hemodinâmicas e de composição corporal com o LA. **Metodologia:** Grupos de DS (n= 09, 56,7 ± 11,9 anos), DA (n= 09, 50,6 ± 12,7 anos) e NDA (n= 10, 48,1 ± 10,8 anos) foram submetidos a um teste em cicloergômetro com incrementos de 15W até a exaustão. Frequência cardíaca, pressão arterial (PA), percepção de esforço, lactato, glicemia e variáveis ventilatórias foram mensuradas nos 20seg finais de cada estágio de 3min para determinação dos limiares de lactato, ventilatório e glicêmico. **Resultados:** As intensidades associadas ao LA identificado pelos diferentes métodos não diferiram entre si (p> 0,05). As intensidades absolutas foram menores para o grupo DS em relação aos grupos ativos (p< 0,05), não sendo observadas diferenças entre os grupos para as intensidades relativas ao consumo máximo de oxigênio (%VO₂ pico) e potência máxima (%Ppico) de ocorrência do LA. Observou-se correlação significativa entre LA e o percentual de gordura (r= -0,52), com tendência à correlação entre o LA e a glicemia ambulatorial (r= -0,33). Variáveis hemodinâmicas e LA não demonstraram correlações. **Conclusão:** O LA foi identificado a partir das técnicas estudadas em diabéticos tipo-2 e não-diabéticos. Apesar das diferenças entre grupos para as intensidades absolutas (Watts), a patologia pareceu não influenciar as intensidades relativas em que o LA foi observado. O LA apresentou correlação com a composição corporal e tendência a se correlacionar com a glicemia ambulatorial, sugerindo-se, com isso, o LA como um parâmetro importante na avaliação clínica destes pacientes.

Palavras-chave: limiar anaeróbio; métodos; diabéticos tipo-2; sedentários; fisicamente ativos.

ABSTRACT

Identification of the anaerobic threshold in sedentary and physically active individuals with type 2 diabetes

Objective: To compare anaerobic threshold (AT) intensities determined from blood lactate, blood glucose and ventilatory responses among sedentary (SD) and physically active (AD) type-2 diabetics and active non-diabetics (AND), and to correlate metabolic, hemodynamic and body composition variables with the AT. **Method:** The SD (n= 9, 56.7 ± 11.9 years), AD (n= 9, 50.6 ± 12.7 years) and AND (n= 10, 48.1 ± 10.8 years) groups performed a cycle ergometer test with increases of 15 watts every three minutes until exhaustion. Heart rate, arterial pressure, perceived exertion, blood lactate, blood glucose and ventilatory variables were measured during the last 20 seconds of each incremental stage, to determine the lactate, ventilatory and glucose thresholds. **Results:** The AT intensities identified by the different methods did not differ from each other (p> 0.05). However, the absolute intensities were lower for SD than for the active groups (p< 0.05). No differences in intensity were found between the groups in relation to maximum oxygen consumption (%VO₂ peak) and maximum power (%Ppeak) at which the AT was observed. There was a significant correlation between AT and percentage fat (r= -0.52), and there was a trend towards correlation between AT and ambulatory blood glucose (r= -0.33). The hemodynamic variables did not show any correlations with AT. **Conclusion:** The AT was identified by means of the techniques studied, among type 2 diabetics and non-diabetics. Despite the differences between the groups with regard to absolute intensities (watts), diabetes did not appear to influence the relative intensities at which the AT was observed. The AT presented a correlation with body composition and a trend towards correlation with ambulatory blood glucose, thus suggesting that the AT is an important parameter in clinical assessments for such patients.

Key words: anaerobic threshold; methods; type 2 diabetics; sedentary individuals; physically active individuals.

INTRODUÇÃO

Indicadores de aptidão aeróbia como o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2\text{máx}}$)¹ e o limiar anaeróbio (LA)² têm sido frequentemente utilizados na avaliação funcional em diferentes populações. O LA, por apresentar alta correlação com a performance aeróbia³, destaca-se no campo da avaliação funcional, sendo aplicado especialmente em atletas como ciclistas⁴, nadadores⁵ e corredores⁶, bem como em indivíduos fisicamente ativos⁷ e, em menor grau, em indivíduos com patologias como o diabetes tipo-2⁸.

Respostas do lactato sanguíneo^{6,4}, ventilação⁹ e glicemia^{5,7,10} vêm sendo utilizadas na identificação do LA durante testes incrementais. O protocolo do limiar glicêmico individual, ou *individual glucose threshold* (IGT)¹¹, se propõe a identificar o LA a partir da resposta da glicemia, e é o que tem sido menos estudado em relação aos limiares de lactato e ventilatório. Tem sido sugerido que o IGT delimita uma intensidade de exercício que representa um equilíbrio entre a captação tecidual e a liberação de glicose para a corrente sanguínea, não sendo diferente da intensidade de exercício imediatamente anterior ao aumento do lactato e da ventilação^{12,13}.

O conhecimento da intensidade correspondente ao IGT pode ter importância prática na prescrição de intensidades de exercício para diabéticos. Os poucos estudos sobre o assunto têm sido conduzidos em atletas^{11,10} e indivíduos fisicamente ativos não-atletas⁷. Em diabéticos, no entanto, a determinação do LA tem sido realizada apenas a partir de parâmetros como o lactato e a ventilação⁸. Assim, dada a possibilidade de aplicação do IGT em diabéticos tipo-2, torna-se importante analisar a similaridade entre as respostas do lactato sanguíneo, ventilação e glicemia e sua validade na identificação do LA nesses pacientes, que representam 90-95% dos casos de diabetes¹⁴.

O diabetes tipo-2 é uma das principais causas de morte e incapacidade funcional em diversos países do mundo¹⁴. Exercícios aeróbios e resistidos têm sido recomendados no tratamento do diabetes¹⁴, mas existe a necessidade de maiores investigações sobre as intensidades que otimizam o efeito do exercício em controlar a glicemia desses pacientes.

A identificação do LA, utilizando-se a técnica do IGT, é interessante, pois parece delimitar, pelo menos em indivíduos saudáveis, domínios de intensidade com predomínio de captação e produção de glicose sanguínea⁷. Entretanto, aspectos como nível de aptidão funcional, estado de treinamento, presença ou não de outros fatores de risco como obesidade e hipertensão, podem modificar tanto as intensidades absolutas como as relativas de ocorrência do LA^{12,15}. Assim, os objetivos do presente estudo foram: 1) identificar e comparar o LA determinado a partir das respostas do lactato sanguíneo, ventilação e glicemia em indivíduos diabéticos tipo-2 sedentários e fisicamente ativos e indivíduos não diabéticos fisicamente ativos e 2) correlacionar variáveis

metabólicas, hemodinâmicas e de composição corporal com o LA identificado nesta amostra.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostra

Após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (Parecer 101/2005) da Universidade Católica de Brasília e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido, 28 indivíduos de ambos os sexos participaram do estudo. A amostra foi dividida em três grupos, sendo 9 participantes diagnosticados com diabetes tipo-2, sedentários (DS), 9 participantes com diabetes tipo-2, fisicamente ativos (DA)¹⁶ e 10 participantes sem a doença e também fisicamente ativos (NDA)¹⁶ que participavam de exercícios resistidos com complemento de exercícios aeróbios em uma frequência de duas a quatro sessões semanais. Na época de realização do estudo, os participantes com diabetes tipo-2 estavam compensados com tratamento médico e nutricional, à base de agentes hipoglicemiantes e/ou alimentação balanceada.

Procedimentos

Os testes foram realizados no Laboratório de Fisiologia do Exercício da Universidade Católica de Brasília, no período da manhã e em jejum. Os participantes foram submetidos a exames cardiológicos, incluindo um eletrocardiograma (ECG) de repouso com aferição da pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) (*Microlife, England*), bem como avaliação antropométrica com a estimativa da gordura relativa (% gordura) através de equações preditivas^{17,18}, com a utilização da técnica de dobras cutâneas a partir de um compasso da marca *Lange*. Em seguida, os participantes foram submetidos a um teste incremental em cicloergômetro (*Lode mod. Excalibur*). Os critérios de exclusão para participação do estudo incluíram a presença de neuropatia periférica e autonômica, complicações ortopédicas ou uso de insulina exógena, ou qualquer outro problema cardiovascular secundário que limitasse a participação em testes de esforço. As características principais da amostra estão apresentadas na Tabela 1.

Teste incremental

Teste incremental em cicloergômetro foi aplicado iniciando com 1 minuto de aquecimento a 0 Watts de potência, e incrementos de 15 Watts a cada estágio de três minutos, mantendo 60 revoluções por minuto até exaustão voluntária ou outros critérios de interrupção adotados, como aumento súbito na PAS e PAD para 250/115 mmHg, percepção subjetiva de esforço (PSE) de 19-20¹⁹ ou desnivelamento do segmento ST do ECG ou qualquer outra resposta cardiovascular anormal. Além disso, qualquer episódio de hipoglicemia também seria motivo para interrupção do teste, contudo, nenhum participante apresentou esse quadro.

Tabela 1. Características dos participantes diabéticos tipo-2 sedentários (DS), diabéticos tipo-2 fisicamente ativos (DA) e não-diabéticos fisicamente ativos (NDA) (n= 28).

	Idade (anos)	Peso (kg)	Altura (cm)	% Gordura	VO ₂ pico (ml.kg.min ⁻¹)	Glicemia Ambulatorial (mg.dL ⁻¹)	PAS (mmHg)	PAD (mmHg)	Atividade Física/Sem (horas)	Diabetes (anos)
DS (n=9)	56,7 ± 11,9	80,2 ± 12,6	166,6 ± 10,9	29,4* ± 8,8	20,2* ± 6,4	194,1 [†] ± 54,5	136,8 ± 25,8	84,2 ± 9,0	0,9* ± 1,1	7,1 ± 8,0
DA (n=9)	50,6 ± 12,7	78,4 ± 14,2	172,9 ± 5,3	20,4 ± 5,3	29,0 ± 6,3	164,3 [†] ± 68,3	121,1 ± 8,3	79,0 ± 9,5	4,0 ± 2,6	5,4 ± 4,4
NDA (n=10)	48,1 ± 10,8	73,9 ± 6,3	170,0 ± 5,5	19,3 ± 2,2	31,8 ± 5,9	70,5 ± 10,8	120,4 ± 9,6	78,4 ± 8,0	3,6 ± 1,7	-

* p < 0,05 em relação ao grupo DA e NDA; † p < 0,05 em relação ao grupo NDA para mesma variável.

Durante a realização do exercício incremental, foram mensuradas constantemente a frequência cardíaca (FC), PA, PSE, variáveis ventilatórias e sanguíneas (lactato sanguíneo – [Lac] e glicemia - Glic).

Coleta e análise das variáveis ventilatórias

Coletas gasosas foram realizadas respiração a respiração (*Cortex Metalyzer 3B system*). Os resultados obtidos de ventilação (VE), consumo de oxigênio (VO₂) e produção de dióxido de carbono (VCO₂) foram analisados na média dos últimos 20 seg de cada estágio do teste incremental. O maior VO₂ atingido ao final do teste foi considerado o VO₂pico, devido ao fato de que a maioria dos participantes, principalmente do grupo DS, relatou não ter atingido a exaustão por mecanismos centrais, mas sim por fadiga periférica.

Coleta e análise das variáveis sanguíneas

Durante os últimos 10 seg de cada estágio, 25 µl de sangue capilarizado eram coletados do lóbulo da orelha a partir de capilares de vidro calibrados e heparinizados, sendo

depositadas em tubos *Eppendorfs* contendo 50 µl de fluoreto de sódio (NaF) a 1% para posterior análise da [Lac] e Glic através do método eletro-enzimático em um analisador de lactato e glicose (*Yellow Springs 2700 S*).

Determinação do limiar anaeróbio por diferentes parâmetros

Para determinação do LL, foi inspecionada a cinética da [Lac] durante os incrementos do teste em cicloergômetro, sendo considerado LL a intensidade de exercício em que se observava um aumento exponencial da curva de [Lac] durante o teste² (Figura 1).

O LV foi determinado pela análise dos equivalentes ventilatórios de O₂ (VE/VO₂) e de CO₂ (VE/VCO₂), sendo considerada a intensidade correspondente ao momento em que o VE/VO₂ apresentou aumento desproporcional em relação ao VE/VCO₂¹² (Figura 1).

Para determinação do IGT, foi analisada a cinética da glicemia durante os incrementos da intensidade, considerando-se o ponto de equilíbrio entre a captação e a produção de glicose do sangue¹¹ (glicemia mínima, Figura 1).

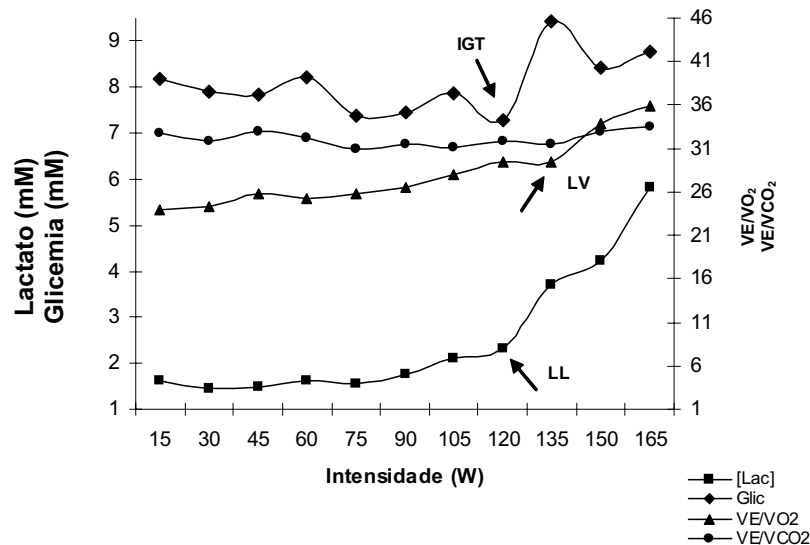


Figura 1. Determinação do limiar de lactato (LL), limiar ventilatório (LV) e limiar glicêmico individual (IGT) para um voluntário diabético tipo-2 fisicamente ativo (DA).

Tratamento estatístico e procedimentos matemáticos

Estatística descritiva com valores de média e desvio-padrão foi aplicada. Para demonstração das respostas fisiológicas entre os grupos foram selecionados momentos relativos do teste para todos voluntários, sendo: *Início* (início do teste incremental), *PM1* (ponto médio entre o início e o LL), *LA* (limiar de lactato), *PM2* (ponto médio entre o LL e o final do teste) e *Final* (momento de exaustão do teste incremental). Para comparação entre os grupos, adotou-se *ANOVA* para amostras independentes e para comparação dentro dos respectivos grupos foi empregada *ANOVA* para medidas repetidas, com a técnica de *Tukey* como *post hoc*. Correlação linear de *Pearson* foi adotada e a concordância entre os protocolos de determinação do LA foi confirmada pela técnica de *Bland e Altman*²⁰. O nível de significância do estudo foi de $p < 0,05$ (*Statistica*® version 5.0).

RESULTADOS

A identificação do LA a partir das respostas de [Lac], VE e Glic foi possível tanto para diabéticos como não-diabéticos (Figura 2). A Tabela 2 apresenta as intensidades de ocorrência do LA a partir dos diferentes métodos, os quais demonstraram ser semelhantes dentro dos grupos DS, DA e NDA ($p > 0,05$). Diferenças significativas ($p < 0,05$) ocorreram entre as intensidades absolutas (Watts) correspondentes ao LA identificado a partir dos três protocolos para o grupo DS e os grupos DA e NDA (Tabela 2). Os valores correspondentes às variáveis VO_2 , [Lac], Glic, FC e PSE durante a determinação do LL, LV e IGT para os grupos estudados também estão apresentados na tabela 2 com as respectivas comparações intra e intergrupos.

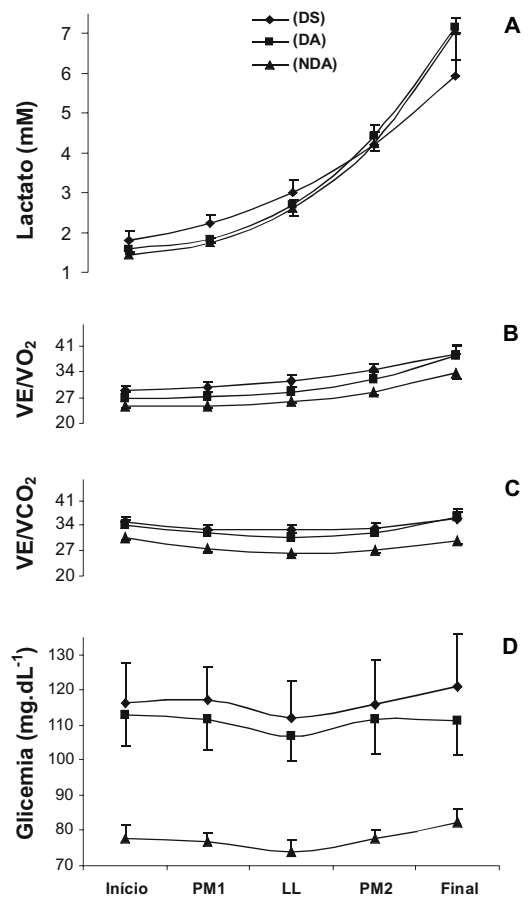


Figura 2. Respostas das concentrações de lactato ([Lac]) (A), equivalente ventilatório de oxigênio (VE/VO_2) (B), equivalente ventilatório de dióxido de carbono (VE/VCO_2) (C) e glicemia (Glic) (D) durante teste incremental em intensidades relativas para os diabéticos tipo-2 sedentários (DS) ($n = 9$), diabéticos tipo-2 fisicamente ativos (DA) ($n = 9$) e não-diabéticos fisicamente ativos (NDA) ($n = 10$).

Tabela 2. Média (\pm DP) da intensidade, consumo de oxigênio (VO_2), concentração de lactato ([Lac]), glicemia (Glic), frequência cardíaca (FC) e percepção subjetiva de esforço (PSE) correspondente ao limiar de lactato (LL), limiar ventilatório (LV), limiar glicêmico individual (IGT) e momento da exaustão (valores de pico) obtidos durante teste incremental ($n = 28$).

Parâmetro	Grupo	Intensidade (Watts)	VO_2 (ml.kg.min ⁻¹)	[Lac] (mM)	Glic (mg.dL ⁻¹)	FC (bpm)	PSE (Borg)
LL	DS	59,4 \pm 22,6*	14,1 \pm 4,5	2,5 \pm 1,0	112,1 \pm 32,5 ^b	117,3 \pm 16,8	13,1 \pm 2,0
	DA	96,7 \pm 33,6	18,7 \pm 5,7	2,2 \pm 0,8	109,6 \pm 23,4	123,2 \pm 23,8	13,6 \pm 1,9
	NDA	97,5 \pm 24,7	20,6 \pm 4,2	2,1 \pm 0,7	73,9 \pm 9,7 ^a	117,7 \pm 17,7	13,8 \pm 1,4
LV	DS	56,1 \pm 23,4*	13,1 \pm 3,3 [†]	2,2 \pm 0,7	117,8 \pm 31,7 ^b	113,3 \pm 17,9	12,7 \pm 2,6
	DA	96,7 \pm 36,8	17,8 \pm 5,5	2,3 \pm 0,7	117,6 \pm 32,7	120,8 \pm 21,8	13,6 \pm 2,1
	NDA	94,5 \pm 33,2	20,7 \pm 5,9	2,1 \pm 0,6	80,5 \pm 9,7	117,4 \pm 13,0	13,6 \pm 1,5
IGT	DS	65,6 \pm 24,0*	14,4 \pm 4,1	2,8 \pm 0,8	109,0 \pm 30,7 ^b	122,0 \pm 12,3	14,3 \pm 2,7
	DA	101,7 \pm 35,0	19,6 \pm 5,7	2,5 \pm 0,9	104,0 \pm 23,7	126,7 \pm 27,2	13,7 \pm 2,2
	NDA	96,0 \pm 29,3	20,3 \pm 4,9	2,1 \pm 0,8	71,3 \pm 7,9 ^a	117,5 \pm 18,9	13,4 \pm 1,3
Exaustão	DS	100,6 \pm 37,4 ^c	20,2 \pm 6,4 ^c	5,4 \pm 3,2	121,1 \pm 43,9 [‡]	144,1 \pm 26,1	18,0 \pm 2,2
	DA	153,3 \pm 38,8	29,0 \pm 6,3	6,6 \pm 2,5	111,0 \pm 28,4	158,6 \pm 29,0	17,8 \pm 3,0
	NDA	158,5 \pm 26,3	31,8 \pm 5,9	6,6 \pm 1,1	82,4 \pm 12,6	166,0 \pm 12,5	18,0 \pm 1,6

* $p < 0,05$ em relação aos grupos DA e NDA no LL, LV e IGT; [†] $p < 0,05$ em relação ao grupo NDA no LL e LV; ^a $p < 0,05$ em relação ao mesmo grupo no LV e ao grupo DA no LL, LV e IGT; ^b $p < 0,05$ em relação ao grupo NDA no LL, LV e IGT; ^c $p < 0,05$ em relação aos grupos DA e NDA na exaustão; [‡] $p < 0,05$ em relação ao grupo NDA na exaustão. (Obs.: não foi objetivo realizar comparações dos parâmetros limiares com a exaustão).

A Tabela 2 também apresenta as médias no momento da exaustão do teste incremental do consumo máximo de oxigênio (VO_{2pico}), frequência cardíaca (FC_{pico}), potência (P_{pico}), concentração de lactato ($[Lac]_{pico}$), glicemia ($Glic_{pico}$) e percepção subjetiva de esforço (PSE_{pico}). Esses resultados possibilitaram o cálculo do $\%VO_{2pico}$ e $\%P_{pico}$ correspondente ao LL para os grupos estudados, os quais não diferiram entre os grupos ($\%VO_{2pico}$ - DS= 69,8 \pm 5,9 vs. DA= 64,3 \pm 13,5 vs. NDA= 64,4 \pm 6,9; $p > 0,05$ e $\%P_{pico}$ - DS= 60,0 \pm 10,0 vs. DA= 62,7 \pm 13,8 vs. NDA= 61,0 \pm 9,0; $p > 0,05$). Por outro lado, ao estabelecer o $\%FC_{pico}$, o grupo NDA atingiu o LL em um percentual significativamente menor que o grupo DS (DS= 82,2 \pm 7,8 vs. DA= 78,0 \pm 7,9 vs. NDA= 70,7 \pm 6,9; $p < 0,05$ para DS vs. NDA).

Correlações significativas foram observadas entre o LL e o IGT para os grupos DS ($r = 0,76$), DA ($r = 0,88$) e NDA ($r = 0,93$), bem como entre o LV e o IGT para DS ($r = 0,77$), DA ($r = 0,80$) e NDA ($r = 0,84$), e entre o LL e o LV para DS

($r = 0,85$), DA ($r = 0,89$) e NDA ($r = 0,87$). A concordância entre os métodos de identificação do LA foi confirmada pela técnica de Bland e Altman²⁰ (Figura 3).

Além disso, analisando todos os participantes, o LA correlacionou-se inversamente com o percentual de gordura ($r = -0,52$; $p = 0,004$), também demonstrando uma tendência de correlação inversa com a glicemia ambulatorial ($r = -0,33$; $p = 0,08$). Já entre as variáveis hemodinâmicas (PAS e PAD) e o LA não existiram correlações ($p > 0,05$).

DISCUSSÃO

Os principais resultados deste estudo demonstraram que os métodos utilizados possibilitaram a identificação dos limiares ventilatório (LV), glicêmico (IGT) e de lactato (LL) tanto em diabéticos como em não-diabéticos, não havendo diferenças entre essas técnicas dentro de cada grupo (Figura 2 e Tabela 2), sendo que esses limiares apresentaram concordância e correlações significativas entre si (Figura 3).

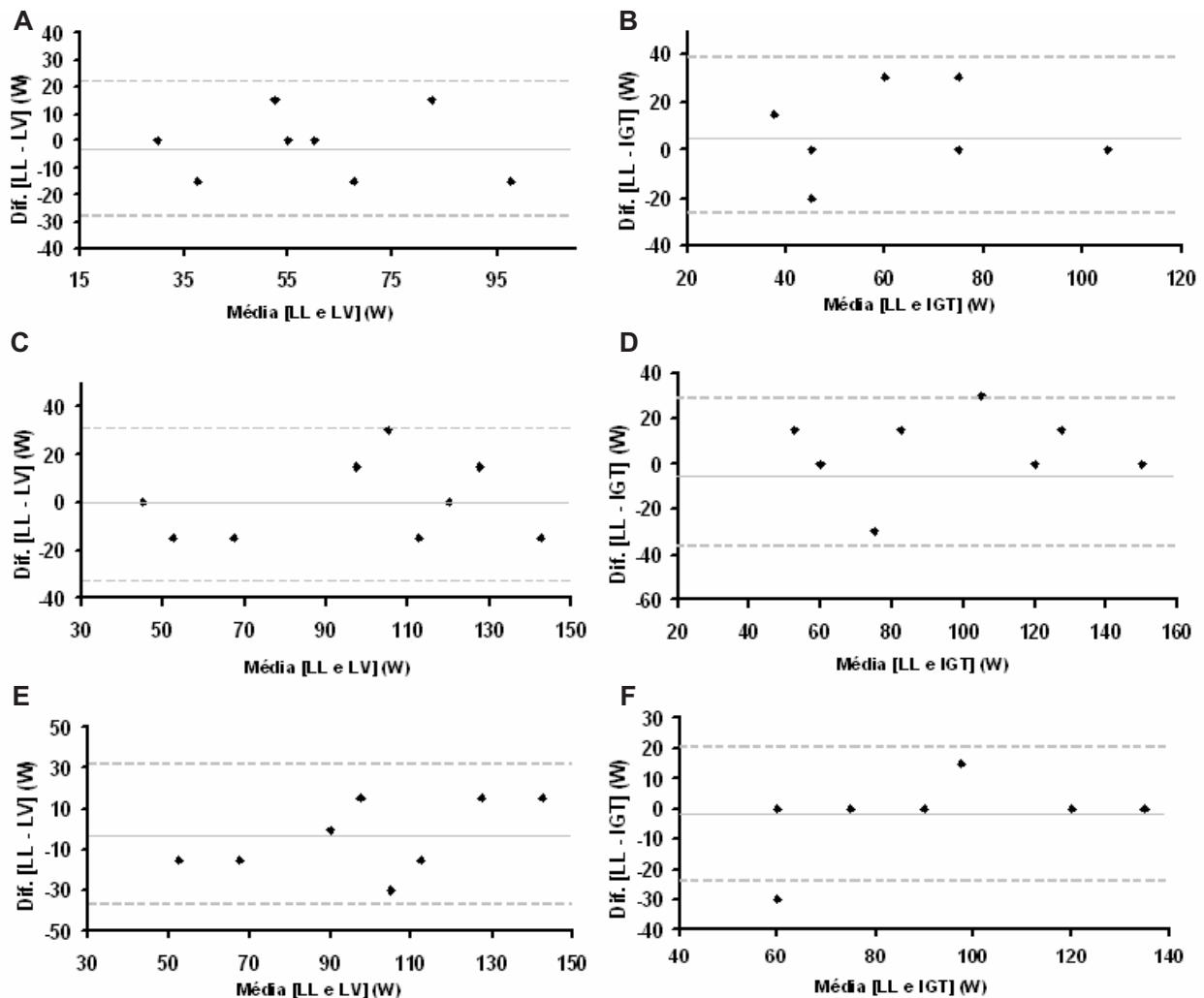


Figura 3. Análise de concordância pela técnica de Bland e Altman²⁰, entre o limiar de lactato (LL) e os protocolos limiar ventilatório (LV) e limiar glicêmico individual (IGT) para os grupos diabéticos tipo-2 sedentários (DS) (A e B), diabéticos tipo-2 fisicamente ativos (DA) (C e D) e não-diabéticos fisicamente ativos (NDA) (E e F).

Em adicional, foram observadas diferenças apenas quando comparado à intensidade absoluta (Watts) entre o grupo DS em relação aos grupos DA e NDA (Tabela 2).

Contudo, vale destacar uma limitação do presente estudo em compor grupos de amostras mais expressivos, atribuindo-se esse fato principalmente à dificuldade de voluntários diabéticos para participação no estudo.

O fato de as intensidades de limiar anaeróbio e de VO_2 pico dos DA e NDA não terem diferido entre si deve-se provavelmente ao nível de atividade física semelhante para esses participantes (Tabelas 2 e 1).

A diferença observada entre os grupos DS e NDA para o %FCpico em que o LL foi identificado pode ser explicada pelo fato de que a maioria dos participantes da amostra de diabéticos, principalmente o grupo DS, talvez não tenham conseguido atingir o VO_2 max e a FCmax devido a limitações periféricas, atingindo assim um VO_2 pico¹ com conseqüente FCpico correspondente, enquanto que indivíduos ativos (NDA) tenham conseguido maior tempo de exercício (mais estágios) em intensidades supralimiais, com isso, maior FCpico e, por conseguinte, um menor %FCpico correspondente ao LL quando comparado ao grupo DS. Quando analisada a FCpico atingida no teste, constatou-se valores de $144,1 \pm 26,1$ bpm; $160,2 \pm 33,5$ bpm e $166,0 \pm 12,5$ bpm para DS, DA e NDA respectivamente (Tabela 2). Se esses valores forem extrapolados para uma FCmax prevista para idade $(202 - 0,72 * \text{idade})^{21}$ de cada grupo (Tabela 1 e 2), nota-se que o grupo DS terminou o teste com cerca de 17 bpm a menos para atingir o máximo quando feita previsão para a idade, já os grupos DA e NDA terminaram, respectivamente, com cerca de 7 bpm e 1 bpm a menos que o previsto para suas idades, podendo essa diferença ser explicada por um possível processo periférico desencadeando a fadiga, visto a equação para predição da FCmax utilizada ser específica para exercício em cicloergômetro.

Para o grupo DS, especula-se uma maior intolerância ao exercício em relação aos grupos ativos (DA e NDA) que, por sua vez, apresentaram Ppico significativamente maior (Tabela 2). A menor Ppico atingida para DS reforça a ocorrência de limitações periféricas em condições de esforço máximo, pois quando analisada a variável [Lac]pico, nota-se uma tendência a menores valores para esse grupo em relação aos grupos ativos (Tabela 2 e figura 2A), refletindo um menor recrutamento de unidades motoras e explicando os menores valores de Ppico e VO_2 pico para DS quando comparado aos grupos ativos (Tabela 2).

A identificação do LL e LV está bem estabelecida na literatura em diferentes populações^{12,9,2,8}, corroborando os achados do presente estudo, que demonstrou altas correlações entre o LA determinado por esses parâmetros em indivíduos diabéticos e não-diabéticos. Em uma dada intensidade de exercício, a [Lac] e íons hidrogênio (H^+) começam a se acumular, indicando a ocorrência de acidose metabólica que

inicialmente é tamponada pelo bicarbonato (HCO_3^-), resultando em um aumentado VCO_2 na tentativa de compensar a acidose metabólica por uma alcalose respiratória como resultado dos estímulos do CO_2 e íons H^+ no centro respiratório²².

A cinética da Glic possibilitou a identificação do limiar glicêmico (Figura 1 e 2D) de maneira semelhante a outros estudos com indivíduos saudáveis exercitando-se em cicloergômetro⁷ e em corrida¹⁰. O aumento da Glic durante o teste incremental, em intensidades acima do LA, pode ser explicado devido a maiores níveis de catecolaminas e glucagon circulantes, resultando em uma produção de glicose hepática superior à sua captação celular^{23,24}.

A utilização do IGT para prescrição de intensidades de exercício aeróbio para diabéticos tipo-2 demarca um ponto de extrema importância relacionado à doença, uma vez que a hiperglicemia é a característica principal do diabetes, e exercícios incrementais realizados até esse limiar resultarem em uma captação de glicose maior do que sua produção (Figura 2D), sugerindo que intensidades relacionadas ao LA contribuam agudamente para um melhor controle da glicose sanguínea desses pacientes, que já nas condições basais apresentam valores de Glic acima do desejado.

Além da Glic alterada, cerca de 80% dos diabéticos apresentam sobrepeso ou obesidade, bem como pressão arterial sistêmica acima do desejado¹⁴, como observado especialmente no grupo DS investigado (Tabela 1). O percentual de gordura dos participantes do presente estudo apresentou-se inversamente correlacionado com a intensidade absoluta de ocorrência do LA ($p < 0,05$). Além disso, foi observada uma tendência de correlação entre glicemia ambulatorial e o LA ($p = 0,08$). Com isso, sugere-se a indivíduos diabéticos tipo-2 a realização de exercícios em intensidades relativas ao LA que contribuam para melhora desse parâmetro a médio e longo prazo, com conseqüente redução do percentual de gordura e melhora no controle glicêmico, contribuindo de modo geral para a saúde desses pacientes.

A utilização da escala de PSE, no presente estudo, representa uma interessante possibilidade para aplicação na prescrição de exercícios para diabéticos. A PSE indica a percepção de desconforto ou cansaço em um dado momento do exercício¹⁹, e alguns estudos têm demonstrado valores de PSE no LA em torno de 12 e 13 pontos na escala de *Borg* de 15 pontos^{25,7}. Tais estudos estão de acordo com os resultados encontrados no presente estudo, em que o LA foi observado entre 12,7 e 14,3 na escala (Tabela 2), com a média geral próxima de 13 pontos. A utilização da PSE como instrumento de medida para o controle das cargas de treinamento para diabéticos tipo-2, delimitando intensidades de exercício nas quais pode ocorrer predomínio na captação (intensidades abaixo da PSE 13) ou na produção hepática de glicose, levando a um aumento da glicemia (intensidades com PSE acima de 14), parece ser especialmente importante para indivíduos diabéticos. Contudo, estudos adicionais devem

ser realizados sobre a utilização da PSE para predição do LA em populações especiais como diabéticos tipo-2, bem como sua aplicação na prescrição de treinamento e de seus efeitos crônicos.

Com relação à concordância entre os diferentes protocolos utilizados, foram obtidas altas correlações e concordâncias entre o IGT e LV e o LL (Figura 3). O LL é considerado padrão ouro na avaliação da capacidade aeróbia, no entanto, para sua aplicação, requer-se a utilização de métodos invasivos e equipamentos de alto custo para análise das dosagens sanguíneas. Por um lado, apesar de o IGT necessitar também de métodos invasivos, talvez possa ser aplicado a partir da utilização de equipamentos de baixo custo, fácil utilização e acesso no mercado (monitores de glicemia), informando ao indivíduo tanto um quadro de seu comportamento glicêmico durante o exercício, quanto sua capacidade aeróbia (LA), sendo tais informações de extrema relevância, principalmente se o avaliado for diabético. Por outro lado, o LV apresenta sua vantagem por não ser um método invasivo, mas que, para sua determinação, são necessários equipamentos de alto custo para análise das variáveis gasosas como o O₂ e o CO₂, havendo necessidade de mais estudos buscando reproduzir o LV a partir de equipamentos mais acessíveis no mercado (ex. ventilômetro) e com menor complexidade de utilização.

Quando comparadas as variáveis intensidade (W), FC, [Lac] e VO₂ correspondentes ao LA, não ocorreram diferenças intragrupos (Tabela 2). Além disso, os limiares identificados mostraram-se altamente relacionados com o desempenho funcional, com significativos coeficientes de correlação entre as intensidades de limiar e a performance ($r=0,89$ para LL vs. Ppico, $r=0,87$ para LV vs. Ppico e $r=0,80$ para IGT vs. Ppico) da amostra estudada.

CONCLUSÕES

O LA pôde ser identificado com sucesso a partir das respostas do lactato sanguíneo, ventilação e glicemia em diabéticos tipo-2 e não-diabéticos, não havendo diferença entre as técnicas adotadas, e ocorrendo em intensidades absolutas superiores para os indivíduos fisicamente ativos quando comparados aos sedentários. Por outro lado, tanto a presença de patologia quanto o nível de aptidão física dos participantes não interferiram nas intensidades relativas em que os limiares foram observados. Finalmente, a intensidade absoluta de ocorrência do LA demonstrou estar inversamente correlacionada com a composição corporal e apresentando tendência a se correlacionar com o controle glicêmico dos participantes.

Agradecimentos: Processo CNPq 475575/2004-0 (Universal); Bolsista CAPES/PROSUP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Howley ET, Bassett Jr. DR, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27(9):1292-301.
2. Svedahl K, MacIntosh BR. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Can J Appl Physiol.* 2003;28(2):299-323.
3. Fay L, Londeree BR, LaFontaine TP, Volek MR. Physiological parameters related to distance running performance in female athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 1989;21(3):319-24.
4. MacIntosh BR, Esau S, Svedahl K. The lactate minimum test for cycling: estimation of the maximal lactate steady state. *Can J Appl Physiol.* 2002;27(3):232-49.
5. Campbell CSG, Diniz JR, Sakuma KC, De Oliveira F, Marcon F, Pacheco ME, et al. Blood glucose responses mirror lactate responses for lactate minimum swimming tests. *Proceedings of the 7th annual congress of the Eur Col of Spor Sci; 2002 Jul 24-28; Athens; 2002.*
6. Simões HG, Denadai BS, Baldissera V, Campbell CSG, Hill DW. Relationships and significance of lactate minimum, critical velocity, heart rate deflection and 3 000 m track-tests for running. *J Sports Med Phys Fitness.* 2005;45(4):441-51.
7. Simões HG, Campbell CSG, Katsanos C, Nakamura A, Kushinick M, Baldissera V, et al. Blood glucose threshold and the metabolic responses to incremental exercise tests with and without prior lactic acidosis induction. *Eur J Appl Physiol.* 2003;89:603-11.
8. Belli T, Ackermann MA, Ribeiro LF, Langeani R, Galdino da Silva R, Baldissera V. Lactate and ventilatory thresholds in type 2 diabetic women. *Diabetes Res Clin Pract.* 2007;76(1):18-23.
9. Wasserman K, Whipp BJ, Koyal N, Beaver WL. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol.* 1973;35(2):236-43.
10. Ribeiro LFP, Malachias PC, Junior PB, Baldissera V. Lactate and glucose minimum speeds and running performance. *J Sci Med Sport.* 2004;7(1):123-7.
11. Simões G, Campbell CSG, Kokubun E, Denadai BS, Baldissera V. Blood glucose responses in humans mirror lactate responses for individual anaerobic threshold and for lactate minimum in track tests. *Eur J Appl Physiol.* 1999;80:34-40.
12. Wasserman K, McIlroy M. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am J of Cardiol.* 1964;14:844-52.
13. Koyal SN, Whipp BJ, Huntsman D, Bray GA, Wasserman K. Ventilatory responses the metabolic acidosis of treadmill and cycle ergometry. *J Appl Physiol.* 1976;40:864-7.
14. Albright A, Franz M, Hornsby G, Kriska A, Marrero D, Ullrich I, et al. American College of Sports Medicine. Position stand: Exercise and type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(7):1345-60.
15. Mattern OM, Gutilla MJ, Bright DL, Kirby TE, Hinchcliff KW, Devor ST. Maximal lactate steady state declines during the aging process. *J Appl Physiol.* 2003;95:2576-82.

16. Pate RR, Pratt M, Blair SN, Haskell WL, Macera CA, Bouchard C, et al. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA*. 1995;273(5):402-7.
17. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr*. 1978;40(3):497-504.
18. Jackson AS, Pollock ML, Ward A. Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exerc*. 1980;12(3):175-81.
19. Borg GAV. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*. 1982;4(5):377-81.
20. Bland MJ, Altman GD. Statistical Methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986;1(8476):307-10.
21. Jones NL, Makrides L, Hitchcock C, Chypchar T, McCartney N. Normal standards for an incremental progressive cycle ergometer test. *Am Rev Respir Dis*. 1985;131(5):700-8.
22. Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ. Bicarbonate buffering of lactic acid generated during exercise. *J Appl Physiol*. 1986;60(2):472-8.
23. Winder WW. Control of hepatic glucose production during exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1985;17(1):2-5.
24. Wasserman DH, Spalding JA, Lacy DB, Colburn CA, Goldstein RE, Cherrington AD. Glucagon is a primary controller of hepatic glycogenolysis and gluconeogenesis during muscular work. *Am J Physiol*. 1989;257(1 Pt 1):E108-7.
25. Kunitomi M, Takahashi K, Wada J, Suzuki H, Miyatake N, Ogawa S, et al. Re-evaluation of exercise prescription for japanese type 2 diabetic patients by ventilatory threshold. *Diabetes Res Clin Pract*. 2000;50(2):109-15.