

COMPARAÇÃO ENTRE EXERCÍCIO RESISTIDO MÁXIMO E SUBMÁXIMO COM DIFERENTES PERÍODOS DE INTERVALO DE RECUPERAÇÃO ENTRE SÉRIES SOBRE AS CONCENTRAÇÕES DE TESTOSTERONA TOTAL E CORTISOL EM INDIVÍDUOS JOVENS TREINADOS

COMPARISON BETWEEN MAXIMAL AND SUBMAXIMAL RESISTANCE EXERCISE WITH DIFFERENT REST INTERVALS BETWEEN SETS ON TOTAL TESTOSTERONE AND CORTISOL LEVELS IN YOUNG TRAINED INDIVIDUALS

Alan Pablo **Grala*** , Rubens **Sampaio Filho** , Rafaela Beatriz **Angelotti** , André Fusco **Melozi** , Roni Peterson da **Silva** , Emilly Aparecida da Gama **Maldonado** , Bruna Almeida **Pires** , Bruno Henrique Beltramel dos **Anjos** 

UNIPAR - Universidade Paranaense, Umuarama, PR, Brasil.

*apgrala@gmail.com

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi investigar a influência do exercício resistido máximo e submáximo com diferentes períodos de intervalo de recuperação entre séries sobre as concentrações de testosterona total e cortisol em jovens treinados. Seis jovens treinados (22±3,3 anos) realizaram 4 sessões de treinamento resistido com diferentes intensidades e períodos de intervalo de recuperação entre séries (PI). As sessões apresentavam as seguintes características: (sub60): 3x10 rep., 70% de 10RM, PI 60seg.; (max60): 3x8-12 rep., 95% de 10RM, PI 60seg.; (sub180): 3x10 rep., 70% de 10RM, PI 180seg.; (max180): 3x8-12 rep., 95% de 10RM, PI 180seg. Os exercícios utilizados foram: supino reto, pressão de pernas, puxada pela frente na polia alta e cadeira extensora. Dez minutos antes e imediatamente após as sessões de treinamento, amostras de sangue foram coletadas para determinação das concentrações de testosterona total e cortisol. Foi constatado aumento na concentração de testosterona total na sub60 (17±10%; p=0,013), sub180 (20±12%; p=0,005) e max60 (20±14%; p=0,014). Para o cortisol, foi observado redução apenas na sub180 (-38±10%; p=0,001). Aumentos na relação testosterona/cortisol foram encontrados na sub60 (p=0,044) e sub180 (p=0,003). Os valores da testosterona total foram mais elevados na sub60 em relação a sub180 (p=0,039) e max180 (p=0,048) no momento POS. A sessão de treinamento resistido envolvendo exercícios submáximos e período de intervalo de recuperação entre séries longo (sub180) foi efetiva em elevar a testosterona total e reduzir o cortisol em jovens treinados, resultando em uma alta relação testosterona/cortisol e favorecendo um melhor ambiente anabólico.

Palavras-chave: Cortisol. Hipertrofia muscular. Testosterona. Treinamento resistido.

ABSTRACT

The aim of this research was to verify the influence of maximal and submaximal resistance exercises with different rest intervals between sets on total testosterone and cortisol levels in young trained individuals. Six young trained people (22±3,3 years) performed 4 resistance training sessions with various intensities and rest intervals between sets (RI). The sessions were as follows: (sub60): 3x10 reps, 70% of 10RM, RI 60sec.; (max60): 3x8-12 reps, 95% 10RM, RI 60sec; (sub180): 3x10 reps, 70% 10RM, RI 180sec; (max180): 3x8-12 reps, 95% 10RM, RI 180sec. The exercises performed were: bench press, leg press, lat pulldown and leg extension. Blood samples were collected ten minutes before and right after the training sessions in order to determine the total testosterone and cortisol levels. An increase in the total testosterone level was found in sub60 (17±10%; p=0,013), sub180 (20±12%; p=0,005) and max60 (20±14%; p=0,014). As for cortisol, a reduction was noticed only in sub180 (-38±10%; p=0,001). Increases at the testosterone/cortisol ratio were found at sub60 (p=0,044) and sub180 (p=0,003). The total testosterone values were higher at sub60 compared to sub180 (p=0,039) and max180 (p=0,048) at POS time. The resistance training session involving submaximal exercises and long rest intervals between sets (sub180) was effective in raising total testosterone and reducing cortisol levels in young trained people, resulting in a high testosterone/cortisol ratio and favoring a better anabolic environment.

Keywords: Cortisol. Muscular hypertrophy. Testosterone. Resistance training.

INTRODUÇÃO

O treinamento resistido é conhecido como uma ferramenta efetiva para estimular a hipertrofia das fibras musculares e aprimorar os níveis de força (AHTIAINEN *et al.*, 2005; KRAEMER; RATAMESS, 2005). A manipulação das variáveis agudas de treinamento (seleção e ordem dos exercícios, intensidade, volume, número de séries e repetições, frequência e período de intervalo entre séries) pode resultar em diferentes níveis de estresse mecânico, metabólico e endócrino, resultando em adaptações fisiológicas e morfológicas específicas do tecido muscular esquelético (SPIERING *et al.*, 2008; RATAMESS, 2012).

A remodelagem dos músculos e o seu aprimoramento funcional envolve um complexo processo que engloba receptores celulares, hormônios e produção mediada pelo DNA de novas proteínas contráteis e embora diversos mecanismos fisiológicos estejam envolvidos neste processo, inúmeras evidências demonstram a importância primordial do sistema endócrino nas adaptações musculares induzidas pelo treinamento resistido (KRAEMER; RATAMESS, 2005; SPIERING *et al.*, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Um protocolo de treinamento resistido intenso, realizado de acordo com os princípios do treinamento físico, desencadeia diversos ajustes agudos representados principalmente pela elevada concentração de hormônios anabólicos e redução temporária do desempenho neuromuscular (KRAEMER *et al.*, 1990; NINDL *et al.*, 2001; TREMBLAY; COPELAND; VAN HELDER, 2004). A princípio, a resposta hormonal aguda é mais importante para o crescimento e remodelamento do músculo esquelético do que alterações crônicas nas concentrações hormonais basais, visto que algumas evidências demonstram pouca ou nenhuma alteração destes valores ao longo de meses de treinamento (KRAEMER; RATAMESS, 2005).

A testosterona e o cortisol são hormônios que tem sua concentração fortemente influenciada pelo treinamento resistido (NINDL *et al.*, 2001; TREMBLAY; COPELAND; VAN HELDER, 2004; RAHIMI *et al.*, 2010; VILLANUEVA *et al.*, 2012) e exercem grande impacto sobre o balanço proteico muscular (KRAEMER; RATAMESS, 2005; SPIERING *et al.*, 2008; RAHIMI; ROHANI; EBRAHIMI, 2011). A testosterona é um hormônio anabólico que aumenta a taxa de síntese proteica e inibe a degradação de proteínas (HOBBS *et al.*, 1993; ARAÚJO, 2009). A maior parte da testosterona é sintetizada e secretada pelas células de Leydig dos testículos através do eixo hipotalâmico-pituitário-gonadal (RATAMESS, 2012). O cortisol é um glicocorticoide com ação catabólica secretado pelo córtex adrenal e controlado pelo eixo hipotalâmico-pituitário-adrenal. Seus efeitos catabólicos resultam da redução da síntese proteica e aumento da taxa de degradação de proteínas (BUENO; GOUVÊA, 2011; POWERS; HOWLEY, 2014).

Evidências prévias (KRAEMER *et al.*, 1993; UCHIDA *et al.*, 2004; VILLANUEVA *et al.*, 2012) demonstraram que elevações significativas na concentração de cortisol podem ser estimuladas por protocolos de treinamento resistido de alta intensidade com curtos períodos de intervalo entre séries. De forma semelhante, tem sido observado que protocolos de suficiente intensidade e volume produzem elevação substancial da concentração plasmática de testosterona (SCHWAB *et al.*, 1993; BOSCO *et al.*, 2000; RAASTAD; BJORO; HALLÉN, 2000).

Portanto, devido às propriedades anabólicas e catabólicas inerentes a estes hormônios, é possível presumir que maximizar a secreção aguda de testosterona e reduzir a concentração plasmática de cortisol, por meio da manipulação das variáveis de treinamento, pode promover um balanço proteico facilitador dos processos de regeneração tecidual e hipertrofia muscular (AHTIAINEN *et al.*, 2003; CADORE *et al.*, 2008; BURESH; BERG; FRENCH, 2009). Nesse sentido, a magnitude das respostas hormonais, em especial da testosterona e do cortisol, pode ser considerada um importante indicador de efeito de treinamento (CREWETHER *et al.*, 2008; POWERS; HOWLEY, 2014).

Diversos estudos (AHTIAINEN *et al.*, 2003; UCHIDA *et al.*, 2004; RAHIMI *et al.*, 2010; RAHIMI; ROHANI; EBRAHIMI, 2011) têm utilizado a relação testosterona/cortisol como indicador do estado anabólico do músculo esquelético submetido ao treinamento resistido. A

elevação da testosterona, redução do cortisol ou ainda ambos, seria uma indicação do estado de anabolismo (KRAEMER; RATAMESS, 2005). Já está bem documentado na literatura que as respostas destes hormônios ao treinamento resistido são influenciadas por algumas variáveis como intensidade, volume, duração, período de intervalo entre séries e massa muscular envolvida (KRAEMER *et al.*, 1987; GOTSHALK *et al.*, 1997; UCHIDA *et al.*, 2004; BURESH; BERG, FRENCH, 2009; RAHIMI; ROHANI; EBRAHIMI, 2011), entretanto, o período de intervalo entre séries vem sendo considerado um dos fatores manipuláveis que mais impactam no comportamento hormonal e metabólico do exercício, refletindo diretamente nas adaptações ao treinamento (MIRANDA *et al.*, 2009; BURESH; BERG, FRENCH, 2009; GENTIL *et al.*, 2010).

Estudos prévios (BURESH; BERG, FRENCH, 2009; RAHIMI *et al.*, 2010; RAHIMI; ROHANI; EBRAHIMI, 2011) buscaram analisar a influência desta variável sobre a resposta hormonal, encontrando os mais diversos resultados. Estes pesquisadores avaliaram tempos de intervalo de recuperação que variavam de 30 a 300 segundos, utilizando protocolos de várias intensidades e volume, não chegando a um consenso sobre o período de intervalo ideal para potencializar a força e a hipertrofia muscular.

Essa inconsistência das informações científicas, somado ao uso empírico de períodos de intervalo de recuperação variados no cotidiano profissional, pode influenciar negativamente a prescrição e a progressão dos programas de treinamento resistido, dificultando o alcance de resultados ou limitando o desempenho em exercícios específicos.

Frente ao conhecimento consolidado sobre a importância da variável período de intervalo de recuperação entre séries no treinamento físico (SALLES *et al.*, 2009) e as dúvidas ainda presentes com relação a sua manipulação direcionada a favorecer um estado hormonal anabólico, a presente pesquisa teve por objetivo investigar a influência do exercício resistido máximo e submáximo com diferentes períodos de intervalo de recuperação entre séries sobre as concentrações de testosterona total e cortisol em indivíduos jovens treinados.

MATERIAL E MÉTODOS

Participantes

A amostra do estudo foi composta por 6 sujeitos jovens treinados (idade $22 \pm 3,3$ anos) do sexo masculino, estudantes do curso de Educação Física da Universidade Paranaense (Unipar) - Umuarama-Pr. Os critérios para inclusão no estudo foram: (1) estar participando de um programa de treinamento com pesos há pelo menos 1 ano; (2) não apresentar histórico de disfunções musculoesqueléticas; (3) não fazer uso de medicamentos que influenciem o desempenho muscular e (4) não ter usado suplementos ergogênicos ou esteroides anabólicos nos 6 meses prévios ao início do estudo. Os indivíduos selecionados foram previamente informados sobre os objetivos, riscos, benefícios e procedimento da pesquisa. Para efetivar a participação no estudo, todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Paranaense sob parecer número 1.655.874.

Desenho do estudo

Seis sujeitos jovens treinados foram selecionados para participar da pesquisa. Após um período de familiarização e de sessões de testes de 10RM, todos os sujeitos experimentais foram submetidos a realização de 4 sessões de treinamento resistido (sub60, max60, sub180 e max180) com diferentes intensidades (70% e 95% de 10RM) e períodos de intervalo de recuperação entre séries (PI) (60 e 180 segundos). As 4 sessões de treinamento resistido foram compostas pelos mesmos exercícios, sendo estes, supino reto, pressão de pernas, puxada pela frente na polia alta e cadeira extensora, seguindo exatamente essa ordem de execução em todos os momentos. O período de descanso entre as sessões de treinamento foi de 7 dias, com ausência total de exercícios físicos

ou atividades físicas recreativas. Dez minutos antes e imediatamente após o término de cada uma das sessões de treinamento, foram coletadas amostras de sangue para a determinação dos níveis plasmáticos de testosterona total e cortisol. Cada uma das sessões de treinamento resistido foi conduzida em um único dia, sempre no mesmo horário, entre as 09h00 e 11h30, com a execução dos exercícios e as coletas sanguíneas ocorrendo em um processo sequencial separado por 10 minutos para cada participante. As duas refeições prévias às sessões de treinamento (ceia e café da manhã) foram controladas e idênticas para todos os participantes.

Procedimentos

Para a realização da pesquisa foram definidos 7 momentos distintos onde os participantes precisaram comparecer tanto ao laboratório de fisiologia do exercício quanto na academia de ginástica da Universidade Paranaense. Na primeira visita, os participantes responderam a anamnese sobre o estado de saúde e realizaram a avaliação antropométrica que envolveu a coleta de dados sobre o peso corporal (balança FILIZOLA® com precisão de 0,05Kg) e estatura (estadiômetro CARDIOMED® com precisão de 1mm). Neste mesmo dia foi realizada uma sessão de familiarização com os aparelhos de treinamento resistido envolvidos na pesquisa. 7 dias após esse momento, os participantes retornaram ao laboratório para realizar a familiarização com os testes de 10RM. Foram realizadas duas sessões de testes de 10RM separadas entre si por 7 dias, visando dar maior confiabilidade na determinação das cargas de treinamento utilizadas nas sessões experimentais. Os procedimentos envolvidos nas etapas de familiarização, teste de 10RM e sessões experimentais serão descritos a seguir.

Familiarização e teste de 10 repetições máximas (10RM)

Todos os participantes realizaram duas sessões de familiarização com intervalo de 7 dias entre elas. A primeira sessão foi utilizada para a adaptação aos equipamentos utilizados na pesquisa e teve as seguintes características: 3x10 repetições a 70% de 10RM subjetivo, com período de intervalo de 2 minutos entre séries e exercícios. Posteriormente, foi realizada a sessão de familiarização com os procedimentos do teste de 10RM.

Sete dias após a familiarização foram realizados os testes de 10RM de acordo com os seguintes procedimentos (ACSM, 2010): aquecimento muscular no próprio exercício, onde foram executadas 3 séries, respectivamente, de 8 repetições (50% de 1RM estimado), 5 repetições (70% de 1RM estimado) e 2 repetições (85% de 1RM estimado), com intervalo de recuperação de 2 minutos. Após o aquecimento, os indivíduos foram orientados a realizar até 10 repetições máximas, com uma carga determinada pelos avaliadores. De acordo com o número de repetições realizadas na primeira tentativa, cargas adicionais foram acrescentadas nas tentativas subsequentes até que o avaliado executasse apenas 10 repetições máximas com adequada qualidade motora. Foram permitidas 4 tentativas para se determinar a carga de 10RM em um dia de teste, caso essa carga não fosse encontrada, o teste seria repetido em outro dia. O intervalo entre cada tentativa foi de 5 minutos. Durante os testes, os indivíduos foram encorajados verbalmente pelos avaliadores a executarem o máximo possível de força. Os participantes foram orientados a abster-se de qualquer atividade física extenuante ou de lazer por um período de 48 horas antes do teste. É importante destacar que o teste de 10RM foi realizado em todos os exercícios no mesmo dia, respeitando a ordem de execução que foi adotado nas sessões experimentais. A carga de 10RM dos exercícios foi definida com no máximo 3 tentativas para todos os participantes, exceto em 2 situações onde foi excedido o limite de 4 tentativas na cadeira extensora, sendo necessário repetir os procedimentos do teste em outro dia.

Protocolo de treinamento

As características e a ordem de realização das sessões de treinamento foram: 1^o (sub60): 3x10 repetições a 70% de 10RM, PI de 60 seg.; 2^a (max60): 3x8-12 repetições a 95% de 10RM, PI de 60 seg.; 3^a (sub180): 3x10 repetições a 70% de 10RM, PI de 180 seg.; 4^a (max180): 3x8-12 repetições a 95% de 10RM, PI de 180 seg. A sub60 e sub180 tiveram por finalidade avaliar a reposta hormonal aguda ao treinamento resistido utilizando uma intensidade que possibilite realizar as séries sem a ocorrência de exaustão/falha muscular, sendo consideradas nesta pesquisa como “exercício resistido submáximo”. Por sua vez, a max60 e max180 visaram determinar a resposta hormonal ao treinamento resistido em uma intensidade onde ocorra a exaustão muscular no final, ou próximo ao final, das séries, sendo consideradas neste estudo como “exercício resistido máximo”. O descanso entre as sessões de treinamento foi de 7 dias, visando garantir a recuperação total dos grupos musculares (RATAMESS, 2012).

O período de intervalo entre os exercícios foi de 90 segundos em todas as sessões de treinamento e a cadência das repetições foi estipulada em 1 segundo na fase concêntrica e 2 segundos na fase excêntrica do movimento, com este controle sendo realizado por um aplicativo de metrônomo para smartphone. As sessões de treinamento foram conduzidas sempre no mesmo horário do dia, visando minimizar a possível influência do ciclo circadiano (TEO; NEWTON; McGUIGAN, 2011; SATO; IDA; KOJIMA, 2017).

Coleta sanguínea

Amostras de sangue (5ml) foram coletadas na veia antecubital 10 minutos antes do início e imediatamente após ao término das sessões de treinamento. As amostras foram armazenadas em tubos de 10ml específicos para essa finalidade, deixadas coagular e posteriormente centrifugadas a 3000 rpm por aproximadamente 10 minutos em temperatura ambiente. O plasma resultante foi armazenado a -20°C para posterior análise. As concentrações plasmáticas de testosterona total e cortisol foram determinadas pelo método de quimioluminescência.

Todas as coletas foram realizadas por um profissional de enfermagem habilitado e nas condições de higiene exigidas pelos órgãos públicos responsáveis.

Ingestão alimentar

As duas refeições anteriores as sessões de treinamento foram controladas e idênticas para todos os participantes. Este procedimento foi adotado visando minimizar a influência do estado nutricional sobre a resposta hormonal. As refeições foram organizadas em ceia do dia anterior e café da manhã que antecedeu a sessão de treinamento. As refeições foram servidas em horários pré-determinados (ceia 20h40 e café da manhã 8h00) para que não influenciasse na qualidade e/ou quantidade de horas dormidas e nas sessões de treinamento. Foi recomendado aos participantes dormir ao menos 8 horas na noite prévia às sessões de treinamento.

A composição das refeições foi padronizada de acordo com recomendações de um profissional de nutrição. Foram selecionados alimentos de uso comum dos participantes e também de fácil preparo e manuseio. Não foi utilizada nenhuma recomendação nutricional específica, apenas houve a preocupação de fornecer por volta de 700kcal na ceia e 400kcal no café da manhã, priorizando a ingestão de carboidratos. O valor nutricional das refeições está descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Valor nutricional das refeições servidas aos participantes do estudo

Refeição	Carboidratos	Gorduras	Proteínas
Ceia	66g	21,1g	52,1g
Café da manhã	55g	12,2g	14,9g

Fonte: os autores.

Procedimentos estatísticos

Os resultados foram descritos em média e desvio padrão (DP). Para verificar a normalidade e a homogeneidade dos dados foram utilizados os testes de Shapiro-Wilk e Levene respectivamente. Os dados foram analisados utilizando o teste ANOVA de duas vias com medidas repetidas [sessões de treinamento (sub60, sub180, max60, max180) X tempo (PRE e POS)], complementado com o teste post-hoc de Sidak para identificar as diferenças apontadas pela ANOVA. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$. Para a realização da análise estatística foi utilizado o software SPSS statistic for MacOs v.22.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os participantes da pesquisa completaram com sucesso os procedimentos envolvidos nas 4 sessões de treinamento. Os valores médios do peso corporal, estatura e idade foram, respectivamente, $78,5 \pm 8,9$ kg, $175,8 \pm 2,8$ cm e $22 \pm 3,3$ anos.

As concentrações plasmáticas de testosterona total e cortisol antes (PRE) e após (POS) as sessões de treinamento (sub60, sub180, max60 e max180) estão expressas na Tabela 2.

Tabela 2 - Concentrações plasmáticas de testosterona total e cortisol nos momentos PRE e POS nas 4 sessões de treinamento

Sessão de treinamento	PRE	POS	p	$\Delta\%$
Testosterona (ng/dL)				
sub60	643 \pm 87	750 \pm 121 ^a	0,013	17 \pm 10
sub180	531 \pm 125	629 \pm 116 ^{ab}	0,005	20 \pm 12
max60	544 \pm 157	657 \pm 203 ^a	0,014	20 \pm 14
max180	578 \pm 146	613 \pm 154 ^b	0,186	6 \pm 11
Cortisol (ng/dL)				
sub60	9383 \pm 3452	8016 \pm 3132	0,417	-13 \pm 24
sub180	9666 \pm 2332	6100 \pm 2194 ^a	0,001	-38 \pm 10
max60	10116 \pm 2699	9566 \pm 2479	0,742	6 \pm 56
max180	10850 \pm 3107	9033 \pm 4171	0,283	-4 \pm 76

Notas: Dados expressos em média \pm DP; ^aDiferença significativa em relação aos valores PRE; ^bDiferença significativa em relação ao sub60; $\Delta\%$ = variação percentual entre os momentos PRE e POS das sessões de treinamento. (ng/dL): nanograma por decilitro.

Fonte: os autores.

A ANOVA de duas vias demonstrou que existe efeito do tempo sobre as concentrações de testosterona total [$F(1,5)=25,223$; $p=0,004$], mas não sobre o cortisol ($p=0,190$). Não foi encontrada interação entre tempo e sessão de treinamento, assim como não há efeito da sessão de treinamento sobre as concentrações de testosterona total ($p=101$) e cortisol ($p=0,209$).

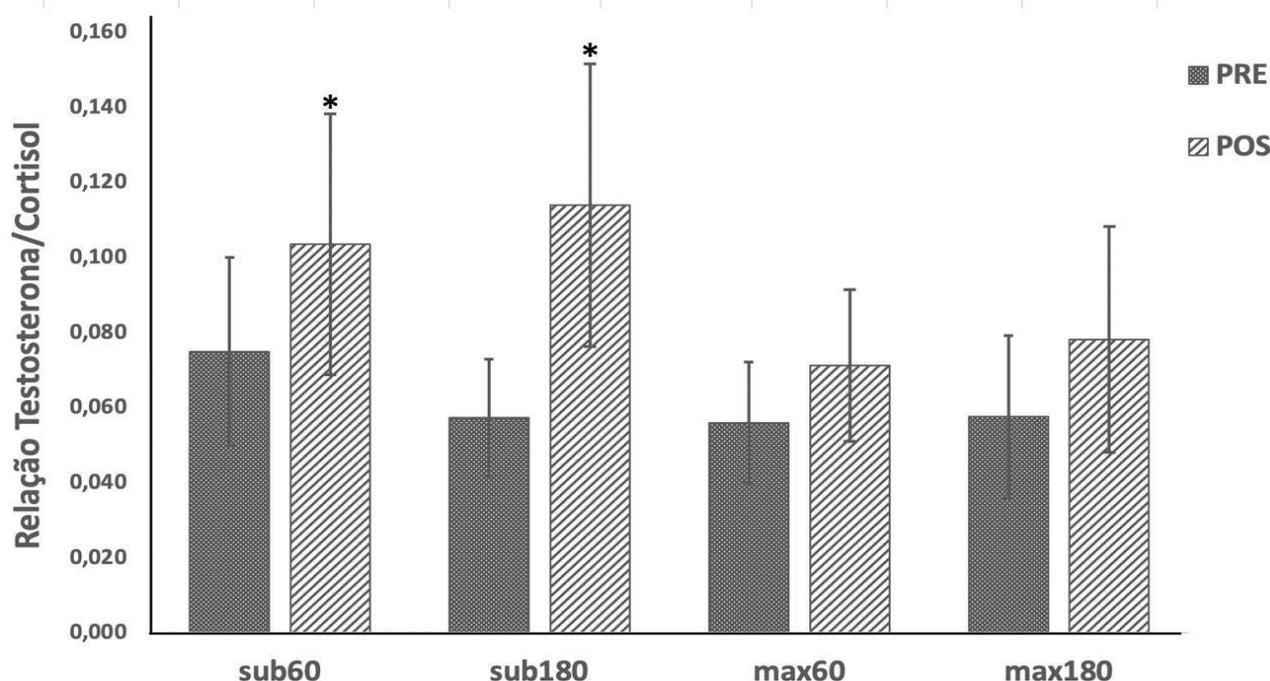
Para as comparações dentro das sessões de treinamento, foi constatado um aumento significativo na concentração de testosterona total na sub60, sub180 e max60. Por sua vez, para o cortisol, observou-se redução significativa apenas na sub180. O desvio padrão do Δ revela uma

grande variabilidade entre sujeitos para as concentrações de cortisol, em especial na max60 e max180.

Nas comparações entre as sessões de treinamento, não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) nas concentrações dos dois hormônios para os momentos PRE. Este dado demonstra que, nas 4 sessões de treinamento, os sujeitos iniciaram os exercícios apresentando valores estatisticamente iguais para as concentrações de testosterona total e cortisol. Na comparação entre os momentos POS, foi observado que os valores da testosterona total foram significativamente mais elevados na sub60 em relação a sub180 ($p = 0,039$) e max180 ($p = 0,048$) (Tabela 2), com ausência de diferenças para o cortisol.

A relação testosterona/cortisol (TS/CO) antes (PRE) e após (POS) as 4 sessões de treinamento (sub60, sub180, max60 e max180) pode ser observada na Figura 1.

Figura 1 - Relação TS/CO nos momentos PRE e POS nas 4 sessões de treinamento



Notas: Dados expressos em média±DP; * Diferença significativa em relação aos valores PRE.

Fonte: os autores.

Para a relação TS/CO, a ANOVA de duas vias revelou a existência de interação entre tempo e sessão de treinamento [$F(3,15) = 3,494$; $p = 0,042$] e efeito do tempo [$F(1,5) = 14,432$; $p = 0,013$]. Não foi observado efeito da sessão de treinamento sobre a relação TS/CO ($p = 0,061$).

Nas comparações dentro das sessões de treinamento, aumentos significativos na relação TS/CO foram encontrados para a sub60 ($p = 0,044$) e sub180 ($p = 0,003$). Não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) nos valores PRE e POS na comparação realizada entre as sessões de treinamento.

A finalidade principal desta pesquisa foi investigar a influência do exercício resistido máximo e submáximo com diferentes períodos de intervalo de recuperação entre séries sobre as concentrações de testosterona total e cortisol em indivíduos jovens treinados. Inicialmente foi teorizado que o exercício resistido máximo realizado com curtos períodos de intervalo entre séries resultaria em uma situação hormonal anabólica superior ao exercício resistido submáximo realizado com períodos de intervalo entre séries mais longos, porém, os achados deste estudo não confirmaram essa hipótese.

Testosterona total

Diversos estudos relatam o importante papel da resposta hormonal induzida pelo exercício resistido sobre os processos de hipertrofia e aumento de força muscular. Spiering *et al.* (2008) destacam que o exercício resistido é a maneira mais efetiva para se alcançar uma elevação aguda na concentração de hormônios anabólicos, que por sua vez, estimulam a hipertrofia e o aumento da força muscular. Urban *et al.* (1995) relatam que a testosterona promove a elevação da síntese proteica, aumento da massa e força muscular tanto em jovens quanto idosos. Já Villanueva *et al.* (2012) comentam que a elevação induzida da testosterona estimula o aumento do número de células satélites e a sua fusão com as fibras musculares, precedendo a hipertrofia e o aumento do número de mionúcleos.

Tem sido demonstrado que o exercício resistido eleva de forma aguda as concentrações plasmáticas de testosterona tanto em homens (SCHWAB *et al.*, 1993; BOSCO *et al.*, 2000; HALLEN, 2000; RAASTAD; BJORO; RAHIMI *et al.*, 2010) quanto em mulheres (NINDL *et al.*, 2001; UCHIDA *et al.*, 2004). Esta elevação tem sido atribuída a redução do volume plasmático, estimulação adrenérgica, produção aumentada de lactato e potenciais adaptações na síntese de testosterona e/ou capacidade secretória das células de Leydig nos testículos (KRAEMER *et al.*, 1987; KRAEMER; RATAMESS, 2005).

No presente estudo, foi constatado um aumento significativo na concentração de testosterona total nas sessões de treinamento sub60, sub180 e max60, indicando que o exercício resistido submáximo (3x10 repetições a 70% de 10RM) associado a períodos de intervalo de recuperação entre séries curto (sub60) e longo (sub180) foi eficiente em estimular a secreção deste hormônio. Entretanto, para o treinamento resistido de intensidade máxima (3x8-12 repetições a 95% de 10RM), somente o uso do intervalo de recuperação entre séries curto (max60) foi eficiente para tal finalidade.

Estudos prévios visaram identificar a influência de diferentes protocolos de treinamento resistido sobre as respostas hormonais, encontrando resultados diversos. Como exemplo, Kraemer *et al.* (1990) investigaram a influência de diferentes períodos de intervalo de recuperação em protocolos de treinamento resistido (força e hipertrofia) sobre a resposta hormonal anabólica. Usando períodos de intervalos de 60 e 180 segundos, foram observadas elevações significativas nas concentrações de testosterona após o treinamento. Interessantemente, o padrão de resposta aguda da testosterona aos protocolos com ambos os períodos de intervalo foi semelhante. Estes dados estão parcialmente alinhados com os resultados desta pesquisa pois, entre as quatro sessões de treinamento resistido utilizadas, três (sub60, sub180 e max60) resultaram em aumento significativo da concentração de testosterona total, demonstrando valores próximos entre si (Tabela 2).

Algumas evidências indicam que sessões de treinamento de menor intensidade com períodos de intervalo mais longos exercem pouco efeito sobre os níveis plasmáticos de testosterona (KRAEMER; RATAMESS, 2005). Como exemplo, Colinho; Brinco; Diniz (2007) relataram não ter encontrado aumento substancial na concentração de testosterona utilizando um protocolo de 2 x 10 repetições a 70% de 1RM, com intervalo de recuperação entre séries de 120 segundos. No presente estudo, a sessão de treinamento considerada de menor intensidade (sub180) apresentou um aumento de 20% na concentração de testosterona total, indicando que mesmo com uma intensidade de treinamento mais baixa e intervalos de recuperação mais longos, foi possível observar uma resposta significativa deste hormônio. Kraemer *et al.* (2003) também relataram elevações significativas de testosterona após 5 séries de 15-20 repetições de agachamento, mesmo usando cargas de apenas 50% de 1RM.

Tem sido demonstrado que as concentrações hormonais em resposta ao treinamento resistido são influenciadas pela manipulação de diversas variáveis como intensidade, volume, duração da sessão de treinamento, período de intervalo entre séries e massa muscular envolvida no exercício (FRY *et al.*, 1994; GOTSHALK *et al.*, 1997; SPIERING *et al.*, 2008). Entre estas, o período de intervalo entre séries recebe grande destaque por ser frequentemente considerado uma das variáveis que mais impacta na resposta hormonal, função cardiovascular, metabolismo e desempenho neuromuscular (BOROUJERDI; RAHIMI, 2008; SALLES *et al.*, 2009). Com relação a essa

variável, Rahimi *et al.* (2010) demonstraram que no treinamento resistido realizado a 85% de 1RM (até a falha muscular) a concentração de testosterona foi significativamente maior nos intervalos de recuperação entre séries de 120 e 90 segundos, quando comparado a 60 segundos. O presente estudo observou resultados que contrastam com os resultados apresentados por Rahimi *et al.* (2010), pois entre as sessões de treinamento que utilizaram o exercício resistido máximo, somente aquela com período de intervalo de recuperação mais curto (max60) foi efetiva em elevar a concentração de testosterona total. O estudo de Rahimi *et al.* (2010) utilizou 2 exercícios realizados a 85% de 1RM (até a falha muscular) nas sessões de treinamento, nesta pesquisa foram utilizados 4 exercícios realizados a 95% de 10RM (até a falha muscular) na max60 e max180, estas diferenças metodológicas podem explicar parcialmente a diferença entre os resultados.

Cortisol

Diversos estudos evidenciaram alterações nas concentrações de cortisol em resposta ao treinamento resistido (MULLIGAN *et al.*, 1996; KRAEMER *et al.*, 1999; RAHIMI; ROHANI; EBRAHIMI, 2011), entretanto, os mecanismos envolvidos nestas alterações não estão completamente esclarecidos.

Nesta pesquisa, somente a sub180 exibiu redução significativa na concentração de cortisol (-38%; $p=0,001$). Foi constatado nas demais sessões de treinamento uma alta variabilidade nas concentrações de cortisol entre os sujeitos, especialmente na max60 e max180, como pode ser observado pelo desvio padrão do Δ (Tabela 2). Essa grande variabilidade na resposta hormonal também foi observada por Beaven, Gill e Cook (2008) em um estudo que objetivou analisar a concentração salivar de testosterona e cortisol em jogadores profissionais de Rugby submetidos a 4 protocolos de exercício resistido.

Com frequência se encontra na literatura a afirmação de que séries intensas de exercícios resistidos podem causar elevação na concentração de cortisol (KRAEMER *et al.*, 1993; UCHIDA *et al.*, 2004; CREWETHER *et al.*, 2008; BUENO; GOUVÊA, 2011; RATAMESS, 2012), porém, os resultados encontrados na presente pesquisa não estão alinhados com estas informações, pois em nenhuma das sessões de treinamento foi observado elevação significativa deste hormônio.

Um dos fatores que pode ter contribuído para esse resultado, foi o controle nutricional das refeições prévias às sessões de treinamento. Evidências indicam que a ingestão de carboidratos antes do treinamento físico pode reduzir a resposta aguda do cortisol (KRAEMER; RATAMESS, 2005), desta forma, o consumo de carboidratos na refeição fornecida 1 hora antes do esforço físico pode ter influenciado a secreção deste hormônio, limitando sua elevação.

Com relação ao comportamento do cortisol frente a diferentes programas de treinamento, Kraemer; Ratamess (2005) relataram que protocolos com alta demanda metabólica, envolvendo principalmente muito volume, cargas moderadas e curtos períodos de intervalo, estão relacionados aos maiores aumentos na concentração de cortisol, com pouca ou nenhuma alteração sendo observada em programas de treinamento de força ou potência tradicionais.

Como exemplo deste fato, McCaulley *et al.* (2009) investigaram a influência de diferentes tipos de treinamento resistido (hipertrofia, força e potência) sobre a resposta neuroendócrina aguda. O protocolo de treinamento de força foi consistido por 11 séries de 3 repetições a 90% de 1RM com 5 minutos de intervalo entre as séries, usando apenas o exercício de agachamento. A execução deste protocolo não resultou em aumento agudo na concentração de testosterona, assim como também não estimulou a redução das concentrações de cortisol do momento pré para o pós-treino. A análise destes dados permite supor que o treinamento resistido com características máximas ou próximo ao máximo, com longos períodos de intervalo, não desencadeia respostas hormonais significativas. Uma resposta hormonal semelhante foi observada na max180, onde os participantes realizaram um esforço físico intenso durante a sessão de treinamento, mas não foram observadas alterações significativas na concentração do cortisol.

Crewther *et al.* (2008) analisaram as alterações na concentração hormonal em resposta a execução de séries de agachamentos em indivíduos treinados, usando protocolos de potência (8 x 6 repetições a 45% de 1RM com 3 min. de intervalo entre as séries), hipertrofia (10 x 10 repetições a 75% de 1RM com 2 min. de intervalo entre séries) e força máxima (6 x 4 repetições a 88% de 1RM com 4 min. de intervalo entre as séries). O cortisol aumentou significativamente após a realização do protocolo de hipertrofia, com pouca ou nenhuma alteração ocorrendo nos protocolos de potência ou força máxima.

Estes dados contrastam com os resultados do cortisol observados nesta pesquisa, com especial destaque para a max60 que envolvia a maior demanda metabólica em relação as demais sessões de treinamento e não estimulou elevação na concentração de cortisol. Fatores como número de exercícios empregados na sessão de treinamento, grupos musculares trabalhados ou mesmo metodologia adotada para determinação da carga de treinamento podem estar relacionadas a estas diferenças.

Relação Testosterona total/Cortisol

Uma alta relação testosterona/cortisol é indicativo de um ambiente hormonal favorável ao anabolismo (AHTIAINEN *et al.*, 2003; UCHIDA *et al.*, 2004; RAHIMI *et al.*, 2010; RAHIMI; ROHANI; EBRAHIMI, 2011) e é caracterizada pela elevação da concentração de testosterona e redução da concentração de cortisol. Nesta pesquisa foram observados aumentos significativos na relação TS/CO para a sub60 ($p=0,044$) e sub180 ($p=0,003$), indicando que as sessões de treinamento de menor intensidade foram mais efetivas em proporcionar um ambiente anabólico, independente do tempo de intervalo de recuperação entre séries ser curto (60seg) ou longo (180seg).

De forma geral, para o treinamento resistido de moderada a alta intensidade, o uso de intervalos de recuperação entre séries curtos, entre 60 e 90 segundos, estão relacionados a elevações tanto nas concentrações de testosterona quanto de cortisol (CREWETHER *et al.*, 2008; BURESH; BERG; FRENCH, 2009). Por sua vez, programas de treinamento resistido que incorporam períodos de intervalo entre séries relativamente longos, entre 3 a 5 minutos, não estimulam aumentos significativos na concentração destes dois hormônios (KRAEMER; RATAMESS, 2005; BEAVEN; GILL; COOK, 2008; McCAULLEY *et al.*, 2009).

Na presente pesquisa, o uso do período intervalo de recuperação curto (60seg) foi efetivo para elevar as concentrações de testosterona total nas sessões de treinamento resistido submáxima (sub60) e máxima (max60), com o maior valor médio para a concentração deste hormônio sendo encontrado na sub60 ($750\pm 121\text{ng/dL}$). O período de intervalo de recuperação longo (180seg) foi igualmente efetivo em elevar a concentração de testosterona total quanto associado ao treinamento resistido submáximo (sub180), mas não quando empregado no treinamento resistido máximo (max180). Para o cortisol, somente a combinação entre treinamento resistido submáximo e período de intervalo de recuperação longo (sub180) resultou em redução significativa na concentração de cortisol.

Frente aos dados apresentados, é possível afirmar que, entre todas as sessões de treinamento analisadas, a sub180 foi a mais efetiva em proporcionar um ambiente hormonal anabólico, visto que apresentou tanto aumento significativo na concentração de testosterona ($20\pm 12\%$; $p=0,005$), quanto redução significativa na concentração de cortisol ($-38\pm 10\%$; $p=0,001$). Além disso, a sub180 foi a sessão de treinamento que apresentou a mais alta relação TS/CO (Figura 1).

Estudos prévios também observaram que a relação TS/CO pode ser favorecida com o uso de períodos de intervalo de recuperação mais longos. Como exemplo, Rahimi *et al.* (2011) realizaram um estudo com a objetivo de determinar o efeito de diferentes períodos de intervalo entre séries sobre a relação testosterona/Cortisol em indivíduos treinados. Para tanto, foram selecionados 10 indivíduos saudáveis que foram submetidos a 3 sessões de testes. Cada sessão envolvia a realização de 4 séries de supino e agachamento a 85% de 1RM até a falha muscular, utilizando intervalos de recuperação de 60, 90 e 120 segundos entre as séries. Em seus resultados estes pesquisadores

relataram que a condição metabólica induzida pelo tempo de intervalo de 120 segundos entre as séries foi a mais favorável ao anabolismo proteico e que os níveis de cortisol em resposta a intervalos curtos (60 e 90 segundos) aumentaram após o exercício resistido, mas não no intervalo de 120 segundos.

Em um panorama geral, é possível afirmar que as sessões de treinamento submáximas (sub60 e sub180) foram as que mais favoreceram um ambiente hormonal anabólico, visto que ambas estimularam um aumento significativo na relação TS/CO, porém, a sub180 se destaca pois foi a única a apresentar redução significativa na concentração de cortisol. Entre as sessões de treinamento máximas, a max60 se sobressai sobre a max180 pois apresentou elevação significativa na concentração de testosterona total, com a max180 não demonstrando nenhuma alteração para os dois hormônios.

As divergências encontradas entre a literatura e os dados apresentados por este estudo podem ser consequência do uso de diferentes protocolos de treinamento, níveis de intensidade, período de intervalo ou ainda influência emocional, qualidade do sono, estado nutricional ou nível de aptidão dos participantes. A grande maioria dos estudos revisados não se preocuparam em controlar as refeições prévias às sessões de treinamento, podendo este fator ter influenciado principalmente os níveis de cortisol relatados. Sabe-se que uma das principais funções biológicas do cortisol é manter a glicemia (POWER; HOWLEY, 2014), sendo assim, a falta de controle alimentar poderia alterar o comportamento deste hormônio durante a realização de um exercício intenso em virtude do estado alimentar do participante. O treinamento resistido de intensidade moderada a alta exige um alto nível de fornecimento de energia proveniente principalmente do glicogênio (KRAEMER; RATAMESS, 2012), e iniciar o exercício com reservas baixas desta fonte energética poderia estimular o sistema neuro-hormonal a buscar alternativas para sustentar o exercício.

Uma das limitações do estudo foi que as concentrações plasmáticas dos hormônios testosterona e cortisol não foram mensuradas nas horas subsequentes a realização das sessões de treinamento, limitando a interpretação da resposta hormonal subsequente a cada tipo de estímulo. Outra limitação diz respeito ao descanso dos participantes, pois foi recomendado a todos dormir ao menos 8 horas na noite prévia a realização das sessões de treinamento, entretanto, não foi possível monitorar se essa recomendação foi realmente seguida, assim como não foi monitorada a qualidade do sono. Por fim, as conclusões deste estudo seriam mais robustas com um número maior de participantes, visto que foi observada uma grande variabilidade na resposta hormonal, em especial para o cortisol e uma amostra mais representativa poderia trazer maior esclarecimento com relação ao comportamento destes dois hormônios frente aos estímulos proporcionados pelas sessões de treinamento utilizadas.

CONCLUSÃO

Frente as evidências encontradas, é possível afirmar que a sessão de treinamento resistido envolvendo exercícios submáximos e período de intervalo entre séries longo (180 segundos) foi efetiva em elevar a concentração de testosterona total e reduzir a concentração de cortisol em indivíduos jovens treinados, resultando em uma alta relação testosterona/cortisol e favorecendo um melhor ambiente anabólico para o tecido muscular. É importante salientar que o uso do período de intervalo entre séries curto (60 segundos) associado ao exercício resistido máximo possibilitou elevada concentração de testosterona sem causar alterações significativas no cortisol. Por sua vez, o uso de exercícios resistidos máximos com período de intervalo entre séries longo (180 segundos) foi pouco eficiente em proporcionar um ambiente hormonal favorável ao anabolismo muscular.

FINANCIAMENTO

Os autores gostariam de agradecer a Universidade Paranaense (UNIPAR) por prover os recursos financeiros e a estrutura necessária para a realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição**, 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. 250p.

AHTIAINEN, J. P. *et al.* Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. **European Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 6, p. 555-563, 2003.

AHTIAINEN, J. P. *et al.* Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 3, p. 572-582, 2005.

ARAÚJO, M. R. A influência do treinamento de força e do treinamento aeróbio sobre as concentrações hormonais de testosterona e cortisol. **Revista de Desporto e Saúde**, v. 4, n. 2, p. 67-65, 2009.

BEAVEN, C. M.; GILL, N. D.; COOK, C. J. Salivary testosterone and cortisol responses in professional rugby players after four resistance exercise protocols. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 2, p. 426-432, 2008.

BOSCO, C. *et al.* Monitoring strength training: neuromuscular and hormonal profile. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 32, n. 1, p. 202-208, 2000.

BOROUJERDI, S. S.; RAHIMI, R. Acute GH and IGF-1 responses to short vs. long rest period between sets during forced repetitions resistance training system. **South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation**, v. 30, n. 2, p. 31-38, 2008.

BUENO, J. R.; GOUVÊA, C. M. C. P. Cortisol e exercício: efeitos, secreção e metabolismo. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 5, n. 29, p. 435-445, 2011.

BURESH, R.; BERG, K.; FRENCH, J. The effect of resistive exercise rest interval on hormonal response, strength, and hypertrophy with training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 1, p. 62-71, 2009.

CADORE, E. L. *et al.* Fatores relacionados com as respostas da testosterona e do cortisol ao treinamento de força. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 14, n. 1, p. 74-78, 2008.

COLTINHO, H.; BRINCO, R. A.; DINIZ, S. H. Respostas hormonais da testosterona e cortisol depois de determinado protocolo de hipertrofia muscular. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 1, n. 3, p. 72-77, 2007.

CREWETHER, B. *et al.* The salivary testosterone and cortisol response to three loading schemes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 1, p. 250-255, 2008.

- FRY, A. C. *et al.* Endocrine responses to overreaching before and after 1 year of weightlifting. **Canadian journal of applied physiology**, v. 19, n. 4, p. 400-410, 1994.
- GENTIL, P. *et al.* Chronic effects of different between-set rest durations on muscle strength in nonresistance trained young men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 1, p. 37-42, 2010.
- GOTSHALK, L. A. *et al.* Hormonal responses of multiset versus Single set heavy-resistance exercise protocols. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 22, n. 3, p. 244-255, 1997.
- HOBBS, C. J. *et al.* Testosterone Administration Increases Insulin-like Growth Factor-I Levels in normal men. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 77, n. 3, p. 776-779, 1993.
- KRAEMER, W. J. *et al.* Physiologic responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. **International Journal of Sports Medicine**, v. 8, p. 4, p. 247-252, 1987.
- KRAEMER, W. J. *et al.* Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. **Journal of Applied Physiology**, v. 69, n. 4, p. 1442-1450, 1990.
- KRAEMER, W. J. *et al.* Effects of different heavy-resistance exercise protocols on plasma B-endorphin concentrations. **Journal of Applied Physiology**, v. 74, n. 1, p. 450-459, 1993.
- KRAEMER, W. J. *et al.* Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in young vs older men. **Journal of Applied Physiology**, v. 87, n. 3, p. 982-992, 1999.
- KRAEMER, W. J. *et al.* The effects of l-carnitine L-tartrate supplementation on hormonal responses to resistance exercise and recovery. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 17, n. 3, p. 455-462, 2003.
- KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. **Sports Medicine**, v. 35, n. 4, p. 339-361, 2005.
- MIRANDA, H. *et al.* Effect of rest interval length on the volume completed during upper body resistance exercise. **Journal of Sports Science & Medicine**, v. 8, n. 3, p. 388-392, 2009.
- MULLIGAN, S. E. *et al.* Influence of resistance exercise volume on serum growth hormone and cortisol concentrations in women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 10, n. 4, p. 256-262, 1996.
- McCAULLEY, G. O. *et al.* Acute hormonal and neuromuscular responses to hypertrophy strength and power type resistance exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 105, n. 5, p. 695-704, 2009.
- NINDL, B. C. *et al.* Testosterone responses after resistance exercise in women: influence of regional fat distribution. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 11, n. 4, p. 451-465, 2001.
- OLIVEIRA, B. O. P. *et al.* Respostas hormonais ao exercício físico: uma revisão das alterações na testosterona e cortisol. **Revista Movimenta**, v. 7, n. 4, p. 838-845, 2014.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do Exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 8. ed. Barueri: São Paulo, 2014, 650p.

RATAMESS, N. A. **ACSM foundations of strength training and conditioning**. American College of Sports Medicine, 2012. 514p.

RAHIMI, R. *et al.* Effects of very short rest periods on hormonal responses to resistance exercise in men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 7, p. 1851-1859, 2010.

RAHIMI, R.; ROHANI, H.; EBRAHIMI, M. Effects of very short rest periods on testosterone to cortisol ratio during heavy resistance exercise in men. **Apunts Medicina de L'Esport**, v. 46, n. 171, p. 145-149, 2011.

RAASTAD, T.; BJORO, T.; HALLÉN, J. Hormonal responses to high-and moderate-intensity strength exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 82, n. 1, p.121-128, 2000.

SALLES, B. F. *et al.* Rest interval between sets in strength training. **Sports Medicine**, v. 39, p. 9, 765-777, 2009.

SATO, T.; IDA, T.; KOJIMA, M. Role of biological rhythms in the performance of physical activity. **The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine**, v. 6, n. 3, p. 125-134, 2017.

SPIERING, B. A. *et al.* Resistance Exercise Biology: manipulation of resistance exercise programme variables determines the responses of cellular and molecular signaling pathways. **Sports Medicine**, v. 38, n. 7, p. 527-540, 2008.

SCHWAB, R. *et al.* Acute effects of different intensities of weightlifting on serum testosterone. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 25 n. 12, p. 1382-1385, 1993.

TEO, W.; NEWTON, M. J.; MCGUIGAN, M. R. Circadian rhythms in exercise performance: Implications for hormonal and muscular adaptation. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 10, n. 4, p. 600-606, 2011.

TREMBLAY, M. S.; COPELAND, J. L.; VAN HELDER, W. Effect of training status and exercise mode on endogenous steroid hormones in men. **Journal of Applied Physiology**, v. 96, n. 2, p. 531-539, 2004.

UCHIDA, M. C. *et al.* Alteração da relação testosterona: cortisol induzida pelo treinamento de força em mulheres. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v. 10, n. 3, p. 165-168, 2004.

URBAN, R. J. *et al.* Testosterone administration to elderly men increases skeletal muscle strength and protein synthesis. **The American journal of physiology**, v. 269, n. 5, p. E820-E826, 1995.

VILLANUEVA, M. G. *et al.* Influence of rest interval length on acute testosterone and cortisol responses to volume-load-equated total body hypertrophic and strength protocols. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 10, p. 2755-2764, 2012.