

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho é fruto da somatória de planos remotos, além de muitas oportunidades e coincidências que a Vida reservou ao longo deste caminho. Caminho este, elencado por muitas pessoas importantes que fizeram ou fazem parte da minha vida acadêmica e pessoal. Desse modo, todos os agradecimentos aqui merecidos e registrados transcendem o significado das palavras e transfiguram-se em desmedidos sentimentos de estima em qualquer tempo e espaço.

Agradeço, portanto, aos amigos do Laboratório de Biomecânica da Escola de Educação Física e Esporte: Ana Paula, Alex Sandra, Cláudia, Daniel, Edward Yuji, Ewertton, Fábio José, Fernanda, Germano, Jaqueline, Kátia, Ludgero, Márcia Bento, Márcia Sá, Renata, Renato, Roberto, Sandro e Silvia, pelo suporte e apoio dispensados.

Também ao Ricardo, Vitor, Mauro, Davi pela paciência e dedicação nas digitalizações dos dados cinemáticos. Agradecimentos especiais devem ser reservados para o Thiago e para a Alessandra que se dedicaram a todas as fases desse projeto como se este fosse deles próprios.

Ao Luis Mochizuki e ao Fábio Mícolis pelas importantes sugestões no desenho experimental e nos conselhos em Matlab. Ao Jimmy Adams pela consultoria estatística. E, em especial, a Camila Barcellos que além da revisão gramatical e da formatação, concedeu seu apoio e compreensão.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro. Bem como a Lourdes, a Ilza e ao Márcio por toda a paciência e orientação burocrática referente ao programa de pós-graduação.

Agradeço aos amigos da 27^a. Turma de Mocidade e da 48^a. EAE pelo apoio e pela compreensão nas minhas recorrentes e necessárias ausências por conta do projeto. E, em especial, aos amigos Luque, Juliano e Fernanda os quais, por se darem conta de como o processo de pós-graduação ocorre revelaram-se grandes conselheiros.

Agradeço aos meus pais que sempre me orientaram a buscar meus objetivos e me deram o suporte material e espiritual necessário para tanto. Em especial à memória de minha mãe que foi quem vibrou e chorou comigo desde o primeiro instante em que soubemos que eu havia ingressado para universidade e que certamente, contempla, ainda hoje e de algum lugar, essa nova fase de conquistas.

Agradeço ao Prof. Dr. Roberto Simão pelas sugestões bem vindas para o enriquecimento deste projeto. E pela honra de tê-lo com membro avaliador deste trabalho.

Também ao Prof. Dr. Alberto Carlos Amadio pela confiança, apoio, sugestões e também pela sua amizade. Aproveito aqui para expressar minha mais profunda admiração pela sua figura profissional e pessoal, a qual me impulsiona e me faz acreditar que o sucesso é possível de ser atingido.

Da mesma forma, e propositadamente deixado para o ponto culminante do final, agradeço imensamente ao meu orientador Prof. Dr. Júlio Cerca Serrão, o qual se tornou não apenas orientador deste projeto, mas também orientador de vida, amigo e protagonista de muitas de minhas conquistas pessoais e profissionais desde a época da graduação. Com imensa satisfação, hoje, digo que se tornou peça primária de tudo o que tenho e/ou conquistei não apenas no campo material, mas também intelectual e de princípios e valores. Assim como o Prof. Amadio, é também um exemplo que me impulsiona e me faz acreditar que o sucesso é possível de ser alcançado. Deixo aqui apenas os meus agradecimentos, mas espero um dia poder retribuir tudo o que fizeram por mim!

Enfim, agradeço a Deus, o qual eu tenho certeza que não por acaso, me proporcionou esse caminho maravilhoso e cheio de pessoas maravilhosas!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
LISTA DE SIGLAS, ABREVIACOES E SÍMBOLOS.....	xxviii
LISTA DE ANEXOS.....	xxiv
RESUMO.....	xxx
ABSTRACT.....	xxxii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivos Gerais.....	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	3
3.1 Definição da pr-exaustão.....	3
3.2 Evidências experimentais relacionadas à pr-exaustão.....	9
3.3 A Eletromiografia na análise do movimento humano.....	15
3.3.1 Aquisição do Sinal EMG.....	22
3.3.2 Tratamento do Sinal EMG.....	29
3.4 Estudos eletromiográficos que investigaram os exercícios selecionados.....	37
3.4.1 Supino.....	37
3.4.2 Crucifixo.....	46
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	50
4.1 Amostra.....	50
4.2 Instrumentos de medição.....	50
4.2.1 Eletromiografia.....	50
4.2.2 Cinemetria.....	53

4.2.3 Procedimento para sincronização na aquisição simultânea dos dados.....	54
4.3 Teste de 10 RM.....	55
4.4 Protocolo Experimental.....	56
4.5 Tratamento do Sinal Eletromiográfico.....	58
4.6 Tratamento Estatístico.....	59
5. VARIÁVEIS ANALISADAS.....	60
6. RESULTADOS.....	61
6.1 Análise cinemática e da coordenação das ações musculares nos exercícios investigados.....	61
6.1.1 Supino.....	61
6.1.2 Crucifixo.....	63
6.2 Análise da intensidade relativa das ações musculares nos exercícios investigados.....	65
6.2.1 Supino.....	65
6.2.1.1 Relação da duração da contração muscular com níveis de intensidade de ativação muscular no supino.....	74
6.2.2 Crucifixo.....	90
6.2.2.1 Relação da duração da contração muscular com níveis de intensidade de ativação muscular no crucifixo.....	100
6.2.3 Comparação entre os exercícios.....	115
6.2.3.1 Relação da duração da contração muscular com níveis de intensidade de ativação muscular entre os exercícios.....	117
6.2.4 Comparação entre os protocolos experimentais.....	121

6.2.4.1 Relação da duração da contração muscular com níveis de intensidade de ativação muscular entre os protocolos experimentais.....	132
7. DISCUSSÃO.....	142
7.1 Análise cinemática e da coordenação das ações musculares nos exercícios investigados.....	142
7.1.1 Supino.....	142
7.1.2 Crucifixo.....	144
7.2 Análise da intensidade relativa das ações musculares nos exercícios investigados.....	145
7.2.1 Supino.....	145
7.2.2 Crucifixo.....	149
7.2.3 Comparação entre os exercícios.....	152
7.2.4 Comparação entre os protocolos experimentais.....	154
8. LIMITAÇÕES METODOLÓGICAS DO PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	159
8.1 Seleção da amostra.....	160
8.2 Aquisição e tratamento dos dados.....	160
8.3 Protocolo experimental.....	160
9. CONCLUSÕES.....	161
REFERÊNCIAS.....	164
ANEXOS.....	172

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 - Recomendações práticas da utilização do Método de Pré-exaustão encontradas na literatura do treinamento de força popularmente difundidas.....	6
TABELA 2 - Revisão de estudos eletromiográficos que investigaram o supino e informações sobre registro e tratamento do sinal EMG.....	39
TABELA 3 - Revisão de estudos eletromiográficos que investigaram o crucifixo e informações sobre registro e tratamento do sinal EMG.....	48
TABELA 4 - Dados referentes aos voluntários. Valores médios e desvios-padrão para massa, estatura, idade, largura biacromial (LB), carga horária semanal de treino e experiência com treinamento de força.....	50
TABELA 5 - Valores médios e desvios padrão do RMS normalizado pela CIVM dos músculos PM_Asc (Ativação do peitoral maior durante a fase ascendente), DA_Asc (Ativação do deltóide durante a fase ascendente) e TB_Asc (Ativação do tríceps braquial durante a fase ascendente) para cada repetição do supino. Valores percentuais. (*Diferenças significativas entre TB e os outros músculos para $p < 0,05$, **Diferenças significativas entre PM e DA para $p < 0,05$) $n=120$	71

TABELA 6 -	Valores médios e desvios padrão do RMS normalizado pela CIVM dos músculos PM (Ativação do peitoral maior durante a fase ascendente + descendente), DA (Ativação do deltóide durante a fase ascendente + descendente) e TB (Ativação do tríceps braquial durante a fase ascendente + descendente) para cada repetição do supino. Valores percentuais. (*Diferenças significativas entre TB e os outros músculos para $p < 0,05$) $n=120$	72
TABELA 7 -	Relações de significância estatística obtidas pelo teste de Wilcoxon entre as 10 repetições para os músculos PM, DA e TB na execução do supino. Valores de p. (*valores de $p < 0,05$). $n=120$	73
TABELA 8 -	Valores médios e desvios padrão da contribuição relativa de cada faixa de intensidade de ativação dos músculos Peitoral Maior (PM), Porção Acromial do Deltóide (DA) e Tríceps Braquial (TB) ao longo do ciclo de movimento para 10RM do supino. (Relações de significância estatística vide tabela 8) Valores percentuais $n=120$	75
TABELA 9 -	Relações de significância estatística obtidas pelo teste de Wilcoxon entre as faixas de intensidade para os músculos PM, DA e TB na execução de 10RM do supino. Valores de p. (*valores de $p < 0,05$). $n=120$	76
TABELA 10 -	Valores médios (e desvios padrão) da contribuição relativa de cada faixa de intensidade de ativação dos músculos Peitoral Maior (PM), Porção Acromial do Deltóide (DA) e Tríceps Braquial (TB) ao longo do ciclo de movimento em cada repetição do supino. Valores percentuais. (Relações de significância vide tabelas 10,11 e 12) $n=120$	81

TABELA 11 -	Relações de significância estatística obtidas pelo teste de Wilcoxon entre as 10 repetições em cada faixa de intensidade de ativação para o músculo PM na execução do supino. Valores de p. (*valores de $p < 0,05$). $n=120$. Faixa (F), Repetição (Rep).....	82
TABELA 12 -	Relações de significância estatística obtidas pelo teste de Wilcoxon entre as 10 repetições em cada faixa de intensidade de ativação para o músculo DA na execução do supino. Valores de p. (*valores de $p < 0,05$). $n=120$. Faixa (F), Repetição (Rep).....	84
TABELA 13 -	Relações de significância estatística obtidas pelo teste de Wilcoxon entre as 10 repetições em cada faixa de intensidade de ativação para o músculo TB na execução do supino. Valores de p. (*valores de $p < 0,05$). $n=120$. Faixa (F), Repetição (Rep).....	86
TABELA 14-	Valores médios e desvios padrão do RMS normalizado pela CIVM dos músculos PM_Asc (Ativação do peitoral maior durante a fase ascendente), DA_Asc (Ativação do deltóide durante a fase ascendente) e TB_Asc (Ativação do tríceps braquial durante a fase ascendente) para cada repetição do crucifixo. Valores percentuais. (*Diferenças significativas entre TB_Asc e os outros músculos para $p < 0,05$) $n=120$	96

TABELA 15 - Valores médios e desvios padrão do RMS normalizado pela CIVM dos músculos PM (Ativação do peitoral maior durante a fase ascendente + descendente), DA (Ativação do deltóide durante a fase ascendente + descendente) e TB (Ativação do tríceps braquial durante a fase ascendente + descendente) para cada repetição do crucifixo. Valores percentuais. (*Diferenças significativas entre TB e os outros músculos para $p < 0,05$) $n=120$	97
TABELA 16 - Relações de significância estatística obtidas pelo teste de Wilcoxon entre as 10 repetições para os músculos PM_Asc, DA_Asc e TB_Asc na execução do crucifixo. Valores de p. (*valores de $p < 0,05$). $n=120$	98
TABELA 17 - Relações de significância estatística obtidas pelo teste de Wilcoxon entre as 10 repetições para os músculos PM, DA e TB na execução do crucifixo. Valores de p. (*valores de $p < 0,05$). $n=120$	99
TABELA 18 - Valores médios e desvios padrão da contribuição relativa de cada faixa de intensidade de ativação dos músculos Peitoral Maior (PM), Porção Acromial do Deltóide (DA) e Tríceps Braquial (TB) ao longo do ciclo de movimento para 10RM do crucifixo. Valores percentuais. (Relações de significância estatística vide tabela 18) $n=120$	101
TABELA 19 - Relações de significância estatística obtidas pelo teste de Wilcoxon entre as faixas de intensidade para os músculos PM, DA e TB na execução de 10RM do crucifixo. Valores de p. (*valores de $p < 0,05$). $n=120$	102

TABELA 20 - Valores médios (e desvios padrão) da contribuição relativa de cada faixa de intensidade de ativação dos músculos Peitoral Maior (PM), Porção Acromial do Deltóide (DA) e Tríceps Braquial (TB) ao longo do ciclo de movimento em cada repetição do crucifixo. Valores percentuais. (Relações de significância estatística vide tabelas 20, 21 e 22) n=120.....	106
TABELA 21 - Relações de significância estatística obtidas pelo teste de Wilcoxon entre as 10 repetições em cada faixa de intensidade de ativação para o músculo PM na execução do crucifixo. Valores de p. (*valores de $p < 0,05$). n=120. Faixas (F), Repetições (Rep).....	107
TABELA 22 - Relações de significância estatística obtidas pelo teste de Wilcoxon entre as 10 repetições em cada faixa de intensidade de ativação para o músculo DA na execução do crucifixo. Valores de p. (*valores de $p < 0,05$). n=120. Faixas (F), Repetições (Rep).....	109
TABELA 23 - Relações de significância estatística obtidas pelo teste de Wilcoxon entre as 10 repetições em cada faixa de intensidade de ativação para o músculo TB na execução do crucifixo. Valores de p. (*valores de $p < 0,05$). n=120. Faixas (F), Repetições (Rep).....	111
TABELA 24 - Tempo relativo de atividade (acima de 0,5%) para os músculos Peitoral Maior (PM), Porção Acromial do Deltóide (DA) e Tríceps Braquial (TB) ao longo de 10 repetições de uma série de supino nas condições: com Pré-exaustão (P1) e sem Pré-exaustão (P2). Valores percentuais. (*Diferenças significativas de P2 para $p < 0,05$) n=82 para P1 e n=120 para P2.....	132

TABELA 25 - Valores médios e desvios padrão da contribuição relativa de cada faixa de intensidade de ativação dos músculos Peitoral Maior (PM), Porção Acromial do Deltóide (DA) e Tríceps Braquial (TB) ao longo dos ciclos de movimento da série de supino em P1 (protocolo de pré-exaustão). Valores percentuais. (Relações de significância estatística vide tabela 25) n=120.....	134
TABELA 26 - Relações de significância estatística obtidas pelo teste de Wilcoxon entre as faixas de intensidade para os músculos PM, DA e TB na execução da série de supino em P1. Valores de p. (*valores menores $p < 0,05$). n=120.....	134

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 - Diagrama representativo das aplicações da eletromiografia em biomecânica (Adaptado de Amadio & Duarte, 1996).....	16
FIGURA 2 - Representação esquemática da geração do potencial de ação da unidade motora. Adaptado de De LUCA (1985).....	18
FIGURA 3 - Representação esquemática da geração do sinal eletromiografico. A) aspecto anatômico. B) modelo fisiológico e instrumentação. Adaptado de DeLUCA (1985).....	20
FIGURA 4 - Gráficos ilustrativos do traçado EMG em diferentes graus de atividade do m. bíceps braquial. Em (1) pode-se observar o traçado de repouso, em uma contração fraca e em uma contração forte. Os traçados também podem ser observados individualmente ao repouso (2) no qual registra-se a linha base; em contração fraca (3) na qual pode-se analisar os potenciais de ação; e em contração forte (4), no qual nota-se a sobreposição dos potenciais, caracterizando o traçado de interferência.(Adaptado de Araújo, 1998).....	21
FIGURA 5 - Diagrama representativo dos sistemas de aquisição de dados para eletromiografia (Adaptado de Araújo, 1998).....	23

- FIGURA 6 - (a) Resolução de um CAD de 4 bits. As faixas de 0 a 16 estão escaladas para representar a extensão total de voltagem de entrada. (b) Extensão da resolução como função do número de bits. A possibilidade de resolução dobra para cada bit que é adicionado. (Adaptado de De LUCA, 2001)..... 28
- FIGURA 7 - (a) Amostragem de uma curva senóide de 1V de amplitude e 1 Hz de freqüência a $\frac{4}{3}$ Hz. (b) Reconstrução da senóide amostrada com $\frac{4}{3}$ Hz produziu um sinal com $\frac{1}{3}$ Hz. A curva original foi subamostrada (Adaptado de DeLUCA, 2001)..... 29
- FIGURA 8 - Quatro tipos básicos de filtro. Freqüências onde a amplitude é 1 está definida como a banda de passagem, enquanto freqüências nas quais a amplitude é zero as freqüências são atenuadas. (a) Filtro Passa-Baixa: todas as freqüências maiores que f_c são atenuadas para zero. (b) Filtro Passa-Alta: todas as freqüências menores que f_c são atenuadas para zero. (c) Filtro Passa-Banda: todas as freqüências menores que f_{c1} e acima de f_{c2} são atenuadas para zero. (d) Filtro Bloqueia-Banda: todas as freqüências maiores que f_{c1} e abaixo de f_{c2} são atenuadas para zero. (Adaptado de DeLUCA, 2001)..... 32

- FIGURA 9 - (a)Filtro passa - baixa de primeira ordem. As freqüências de entrada acima da freqüência de corte são atenuadas em -20dB a cada aumento na freqüência por um fator de 10. (b) Filtro passa – baixa de segunda ordem. A inclinação da curva demonstra que a magnitude da resposta desse filtro para a atenuação das freqüências de entrada é o dobro daquela do filtro de primeira ordem em (a).(Adaptado de DeLUCA, 2001)..... 33
- FIGURA 10 - Gráficos ilustrativos de três etapas de processamento do sinal EMG. (A) sinal original e traçado de interferência; (B) o mesmo sinal retificado; (C) utilização de um filtro passa baixa, o qual provoca um alisamento da curva e obtém-se o envoltório linear. (Adaptado de ARAÚJO, 1998 e AMADIO & DUARTE, 1996)..... 34
- FIGURA 11 - A) Ilustração do eletromiógrafo EMG 1000 a ser utilizado (Lynx tecnologia eletrônica LTDA). B) Eletrodos de superfície de prata moldados em uma superfície de poliuretano. Os dois eletrodos estão distantes um do outro 10mm..... 52
- FIGURA 12 - Quadrilátero para calibração do sistema de registro de imagem..... 54
- FIGURA 13 - Fases do exercício Supino Reto. A figura 13.a) se refere ao Posicionamento, a maneira de Empunhadura e o instante final da Fase Ascendente. A figura 13.b) representa o instante final da Fase Descendente, assim como a Empunhadura..... 57

- FIGURA 14 - Fases do Exercício Crucifixo Reto. A figura 14a) se refere ao posicionamento inicial e ao instante final da fase ascendente. A figura 14b) representa o instante final da fase descendente..... 57
- FIGURA 15 - Curvas médias e desvios padrão do comportamento cinemático e da coordenação das ações dos músculos PM, DA e TB em um ciclo de movimento para 10RM do supino de um sujeito representativo (S8). Os gráficos 15A e 15B apresentam respectivamente, o deslocamento linear vertical da barra e a velocidade angular do ombro direito. Os gráficos 15C, 15D e 15E referem-se, respectivamente, ao envoltório linear do músculo PM, DA e TB normalizados pela CIVM..... 62
- FIGURA 16 - Curvas médias e desvios padrão do comportamento cinemático e da coordenação das ações dos músculos PM, DA e TB em um ciclo de movimento para 10RM do crucifixo de um sujeito representativo (S8). Os gráficos 16A e 16B apresentam respectivamente, o deslocamento linear vertical da barra e a velocidade angular do ombro direito. Os gráficos 16C, 16D e 16E referem-se, respectivamente, ao envoltório linear do músculo PM, DA e TB normalizados pela CIVM..... 64
- FIGURA 17 - Valores de média e desvio-padrão do RMS normalizado pela CIVM dos músculos PM_Asc (Ativação do peitoral maior durante a fase ascendente), DA_Asc (Ativação do deltóide durante a fase ascendente) e TB_Asc (Ativação do tríceps braquial durante a fase ascendente) para 10RM do supino. (*Diferenças significativas para $p < 0,05$) $n=120$ 66

- FIGURA 18 - Valores de média e desvio-padrão do RMS normalizado pela CIVM dos músculos PM (Ativação do peitoral maior durante a fase ascendente + descendente), DA (Ativação do deltóide durante a fase ascendente + descendente) e TB (Ativação do tríceps braquial durante a fase ascendente + descendente) para 10RM do supino. (*Diferenças significativas para $p < 0,05$) $n=120$ 67
- FIGURA 19 - Valores de média e desvio-padrão do RMS normalizado pela CIVM dos músculos PM_Asc (Ativação do peitoral maior durante a fase ascendente), DA_Asc (Ativação do deltóide durante a fase ascendente) e TB_Asc (Ativação do tríceps braquial durante a fase ascendente) para cada repetição do supino. (Relações de significância estatística vide tabela 4 e texto) $n=120$ 69
- FIGURA 20 - Valores de média e desvio-padrão do RMS normalizado pela CIVM dos músculos PM (Ativação do peitoral maior durante a fase ascendente + descendente), DA (Ativação do deltóide durante a fase ascendente + descendente) e TB (Ativação do tríceps braquial durante a fase ascendente + descendente) para cada repetição do supino. (Relações de significância estatística vide tabelas 5 e 6) $n=120$ 70
- FIGURA 21 - Tempo relativo de atividade (acima de 0,5%) para os músculos Peitoral Maior (PM), Porção Acromial do Deltóide (DA) e Tríceps Braquial (TB) ao longo de 10 repetições de uma série de supino. $n=120$ 74

FIGURA 22 - Contribuição relativa das faixas de intensidade de ativação do músculo Peitoral Maior (PM). Valores médios e desvios padrão dos ciclos de movimento de 10RM do supino. (Relações de significância estatística vide tabela 8) n=120.	77
FIGURA 23 - Contribuição relativa das faixas de intensidade de ativação do músculo Porção Acromial do Deltóide (DA). Valores médios e desvios padrão dos ciclos de movimento de 10RM do supino. (Relações de significância estatística vide tabela 8) n=120.....	78
FIGURA 24 - Contribuição relativa das faixas de intensidade de ativação do músculo Tríceps Braquial (TB). Valores médios e desvios padrão dos ciclos de movimento de 10RM do supino. (Relações de significância estatística vide tabela 8) n=120.....	79
FIGURA 25 - Variação da contribuição relativa das faixas de intensidade de ativação do músculo Peitoral Maior (PM). Valores médios dos ciclos de movimento para cada repetição do supino. n=120.....	88
FIGURA 26 - Variação da contribuição relativa das faixas de intensidade de ativação do músculo Porção Acromial do Deltóide (DA). Valores médios dos ciclos de movimento para cada repetição do supino. n=120.....	89
FIGURA 27 - Variação da contribuição relativa das faixas de intensidade de ativação do músculo Tríceps Braquial (TB). Valores médios dos ciclos de movimento para cada repetição do supino. n=120.....	90

- FIGURA 28 - Valores de média e desvio-padrão do RMS normalizado pela CIVM dos músculos PM_Asc (Ativação do peitoral maior durante a fase ascendente), DA_Asc (Ativação do deltóide durante a fase ascendente) e TB_Asc (Ativação do tríceps braquial durante a fase ascendente) para 10RM do crucifixo. (*Diferenças significativas para $p < 0,05$) $n=120$ 91
- FIGURA 29 - Valores de média e desvio-padrão do RMS normalizado pela CIVM dos músculos PM (Ativação do peitoral maior durante a fase ascendente + descendente), DA (Ativação do deltóide durante a fase ascendente + descendente) e TB (Ativação do tríceps braquial durante a fase ascendente + descendente) para 10RM do crucifixo. (*Diferenças significativas para $p < 0,05$) $n=120$ 92
- FIGURA 30 - Valores de média e desvio-padrão do RMS normalizado pela CIVM dos músculos PM_Asc (Ativação do peitoral maior durante a fase ascendente), DA_Asc (Ativação do deltóide durante a fase ascendente) e TB_Asc (Ativação do tríceps braquial durante a fase ascendente) para cada repetição do crucifixo. (Relações de significância estatística vide tabelas 13 e 15) $n=120$ 93

FIGURA 31 - Valores de média e desvio-padrão do RMS normalizado pela CIVM dos músculos PM (Ativação do peitoral maior durante a fase ascendente + descendente), DA (Ativação do deltóide durante a fase ascendente + descendente) e TB (Ativação do tríceps braquial durante a fase ascendente + descendente) para cada repetição do crucifixo. (Relações de significância estatística vide tabelas 14 e 16) n=120.....	94
FIGURA 32 - Tempo relativo de atividade (acima de 0,5%) para os músculos Peitoral Maior (PM), Porção Acromial do Deltóide (DA) e Tríceps Braquial (TB) ao longo de 10 repetições de uma série de crucifixo. (*Diferenças significativas para $p < 0,05$) n=120.....	100
FIGURA 33- Contribuição relativa das faixas de intensidade de ativação do músculo Peitoral Maior (PM). Valores médios e desvios padrão dos ciclos de movimento de 10RM do crucifixo. Valores percentuais. (Relações de significância estatística vide tabela 18) n=120.....	103
FIGURA 34- Contribuição relativa das faixas de intensidade de ativação do músculo Porção Acromial do Deltóide (DA). Valores médios e desvios padrão dos ciclos de movimento de 10RM do crucifixo. (Relações de significância estatística vide tabela 18) n=120.....	104
FIGURA 35 - Contribuição relativa das faixas de intensidade de ativação do músculo Tríceps Braquial (TB). Valores médios e desvios padrão dos ciclos de movimento de 10RM do crucifixo. (Relações de significância estatística vide tabela 18) n=120.....	105

FIGURA 36 -	Variação da contribuição relativa das faixas de intensidade de ativação do músculo Peitoral Maior (PM). Valores médios dos ciclos de movimento para cada repetição do crucifixo. n=120.....	113
FIGURA 37 -	Variação da contribuição relativa das faixas de intensidade de ativação do músculo Porção Acromial do Deltóide (DA). Valores médios dos ciclos de movimento para cada repetição do crucifixo. n=120.....	114
FIGURA 38-	Variação da contribuição relativa das faixas de intensidade de ativação do músculo Tríceps Braquial (DA). Valores médios dos ciclos de movimento para cada repetição do crucifixo. n=120.....	115
FIGURA 39 -	Valores de média e desvio-padrão do RMS normalizado pela CIVM dos músculos PM_Asc (Ativação do peitoral maior durante a fase ascendente), DA_Asc (Ativação do deltóide durante a fase ascendente) e TB_Asc (Ativação do tríceps braquial durante a fase ascendente) para 10RM do supino e do crucifixo. (*Diferenças significativas entre os exercícios para $p < 0,05$).....	116
FIGURA 40 -	Valores de média e desvio-padrão do RMS normalizado pela CIVM dos músculos PM (Ativação do peitoral maior durante a fase ascendente + descendente), DA (Ativação do deltóide durante a fase ascendente + descendente) e TB (Ativação do tríceps braquial durante a fase ascendente + descendente) para 10RM do supino e do crucifixo. (*Diferenças significativas para entre os exercícios para $p < 0,05$).....	117

- FIGURA 41- Tempo relativo de atividade (acima de 0,5%) para os músculos Peitoral Maior (PM), Porção Acromial do Deltóide (DA) e Tríceps Braquial (TB) ao longo de 10 repetições de uma série de supino e crucifixo. Valores percentuais. (*Diferenças significativas para $p < 0,05$) $n=120$ 118
- FIGURA 42 - Contribuição relativa de cada faixa de intensidade de ativação do músculo Peitoral Maior no ciclo de movimento dos exercícios supino e crucifixo. Valores percentuais médios e desvios padrão para 10RM de cada exercício. (*Diferença significativa entre os exercícios para $p < 0,05$)... 119
- FIGURA 43 - Contribuição relativa de cada faixa de intensidade de ativação do músculo Porção Acromial do Deltóide no ciclo de movimento dos exercícios supino e crucifixo. Valores percentuais médios e desvios padrão para 10RM de cada exercício. (*Diferença significativa entre os exercícios para $p < 0,05$)..... 120
- FIGURA 44 - Contribuição relativa de cada faixa de intensidade de ativação do músculo Tríceps Braquial no ciclo de movimento dos exercícios supino e crucifixo. Valores percentuais médios e desvios padrão para 10RM de cada exercício. (*Diferença significativa entre os exercícios para $p < 0,05$)..... 121

- FIGURA 45 - Comparação entre os protocolos P1 (Pré-exaustão) e P2 (Sem pré-exaustão) no exercício supino. Valores RMS normalizados pela CIVM para os músculos PM_Asc (Ativação do peitoral maior durante a fase ascendente), DA_Asc (Ativação do deltóide durante a fase ascendente) e TB_Asc (Ativação do tríceps braquial durante a fase ascendente) para 10RM. (*Diferenças significativas entre os protocolos para $p < 0,05$) $n=82$ para P1 e $n=120$ para P2..... 123
- FIGURA 46 - Comparação entre os protocolos P1 (Pré-exaustão) e P2 (Sem pré-exaustão) no exercício supino. Valores RMS normalizados pela CIVM para os músculos PM (Ativação do peitoral maior durante a fase ascendente + descendente), DA (Ativação do deltóide durante a fase ascendente + descendente) e TB (Ativação do tríceps braquial durante a fase ascendente + descendente) para 10RM. (*Diferenças significativas para $p < 0,05$) $n=82$ para P1 e $n=120$ para P2..... 124
- FIGURA 47 - Comparação entre os protocolos P1 (Pré-exaustão) e P2 (Sem pré-exaustão) no exercício supino. Valores RMS normalizados pela CIVM para o músculo PM_Asc (Ativação do peitoral maior durante a fase ascendente) para cada repetição. (Não foram constatadas diferenças para $p < 0,05$) $n=82$ para P1 e $n=120$ para P2..... 126

- FIGURA 48 - Comparação entre os protocolos P1 (Pré-exaustão) e P2 (Sem pré-exaustão) no exercício supino. Valores RMS normalizados pela CIVM para o músculo DA_Asc (Ativação do deltóide durante a fase ascendente) para cada repetição. (*Diferenças significativas entre os protocolos para $p < 0,05$) $n=82$ para P1 e $n=120$ para P2..... 127
- FIGURA 49- Comparação entre os protocolos P1 (Pré-exaustão) e P2 (Sem pré-exaustão) no exercício supino. Valores RMS normalizados pela CIVM para o músculo TB_Asc (Ativação do tríceps braquial durante a fase ascendente) para cada repetição. (*Diferenças significativas entre os protocolos para $p < 0,05$) $n=82$ para P1 e $n=120$ para P2..... 128
- FIGURA 50 - Comparação entre os protocolos P1 (Pré-exaustão) e P2 (Sem pré-exaustão) no exercício supino. Valores RMS normalizados pela CIVM para o músculo PM (Ativação do peitoral maior durante a fase ascendente + descendente) para cada repetição. (Não foram constatadas diferenças para $p < 0,05$) $n=82$ para P1 e $n=120$ para P2..... 129
- FIGURA 51 - Comparação entre os protocolos P1 (Pré-exaustão) e P2 (Sem pré-exaustão) no exercício supino. Valores RMS normalizados pela CIVM para o músculo DA (Ativação do deltóide durante a fase ascendente + descendente) para cada repetição. (*Diferenças significativas entre os protocolos para $p < 0,05$) $n=82$ para P1 e $n=120$ para P2..... 130

- FIGURA 52 - Comparação entre os protocolos P1 (Pré-exaustão) e P2 (Sem pré-exaustão) no exercício supino. Valores RMS normalizados pela CIVM para o músculo TB (Ativação do tríceps braquial durante a fase ascendente + descendente) para cada repetição. (*Diferenças significativas entre os protocolos para $p < 0,05$) $n=82$ para P1 e $n=120$ para P2..... 131
- FIGURA 53 - Tempo relativo de atividade (acima de 0,5%) para os músculos Peitoral Maior (PM), Porção Acromial do Deltóide (DA) e Tríceps Braquial (TB) ao longo de 10 repetições de uma série de supino nas condições: com Pré-exaustão (P1) e sem Pré-exaustão (p2). Valores percentuais. (*Diferenças significativas entre os protocolos para $p < 0,05$) $n=82$ para P1 e $n=120$ para P2..... 133
- FIGURA 54 - Contribuição relativa das faixas de intensidade de ativação do músculo Peitoral Maior (PM). Valores médios e desvios padrão dos ciclos de movimento da série de supino em P1 (protocolo de pré-exaustão). (Relações de significância vide tabela 25) $n = 82$ 136
- FIGURA 55 - Contribuição relativa das faixas de intensidade de ativação do músculo Porção Acromial do Deltóide (DA). Valores médios e desvios padrão dos ciclos de movimento da série de supino em P1 (protocolo de pré-exaustão). (Relações de significância vide tabela 25) $n = 82$ 137

- FIGURA 56 - Contribuição relativa das faixas de intensidade de ativação do músculo Tríceps Braquial (TB). Valores médios e desvios padrão dos ciclos de movimento da série de supino em P1 (protocolo de pré-exaustão). (Relações de significância vide tabela 25) n = 82..... 138
- FIGURA 57 - Contribuição relativa de cada faixa de intensidade de ativação do músculo Peitoral Maior (PM) no ciclo de movimento do exercício supino executado nas condições de pré-exaustão (P1) e sem pré-exaustão (P2) . Valores percentuais médios e desvios padrão. (Não constatada diferença significativa entre os protocolos para $p < 0,05$) n=82 para P1 e n=120 para P2..... 139
- FIGURA 58 - Contribuição relativa de cada faixa de intensidade de ativação do músculo Porção Acromial do Deltóide (DA) no ciclo de movimento do exercício supino executado nas condições de pré-exaustão (P1) e sem pré-exaustão (P2) . Valores percentuais médios e desvios padrão. (*Diferença significativa entre os protocolos P1 e P2 para $p < 0,05$) n=82 para P1 e n=120 para P2..... 140
- FIGURA 59 - Contribuição relativa de cada faixa de intensidade de ativação do músculo Tríceps Braquial (TB) no ciclo de movimento do exercício supino executado nas condições de pré-exaustão (P1) e sem pré-exaustão (P2) . Valores percentuais médios e desvios padrão. (*Diferença significativa entre os protocolos para $p < 0,05$) n=82 para P1 e n=120 para P2..... 141

LISTA DE SIGLAS, ABREVIações E SÍMBOLOS

- AF – Alta Fadiga
- BF – Baixa Fadiga
- CAD – Conversor Analógico Digital
- CCI – Coeficiente de Correlação Intra-classe
- CIVM – Contração Isométrica Voluntária Máxima
- DA – Porção Acromial do Deltóide
- DA_Asc – Fase Ascendente do ciclo de movimento para Porção Acromial do Deltóide
- EMG - Eletromiografia
- FT – Força Total
- IEMG – Eletromiografia Integral
- LB – Largura Biacromial
- LCA – Ligamento Cruzado Anterior
- MREMG – *Mean Rectified EMG*
- P1 – Protocolo de coleta 1 – Pré-exaustão
- P2 – Protocolo de coleta 2 – Sem Pré-exaustão
- PAUM – Potencial de Ação das Unidades Motoras
- PM – Peitoral Maior
- PM_Asc - Fase Ascendente do ciclo de movimento para Peitoral Maior
- RMS – *Root Mean Square*
- TB – Porção Longa do Tríceps Braquial
- TB_Asc - Fase Ascendente do ciclo de movimento para Porção Longa do Tríceps Braquial
- TF – Taxa de Fadiga
- TMCR – Taxa de Modo de Rejeição Comum
- TPAUM – Trem de Potencial de Ação das Unidades Motoras
- UM - Unidade Motora

LISTA DE ANEXOS

	Página
ANEXO I - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	172
ANEXO II - Anamnese Ortopédica.....	176
ANEXO III - Aprovação do Comitê de Ética da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.....	178
ANEXO IV - Teste de repetições máximas.....	179
ANEXO V - Rotinas MatLab.....	181

RESUMO

FUNDAMENTAÇÃO ELETROMIOGRÁFICA DO MÉTODO DE PRÉ-EXAUSTÃO NO
TREINAMENTO DE FORÇA

Autor: ALLAN BRENNECKE LEITE

Orientador: PROF. DR. JÚLIO CERCA SERRÃO

Ao contrário da recomendação tradicional do treinamento de força, a proposta do método de pré-exaustão é iniciar a sessão de treino com exercícios monoarticulares e terminar com exercícios multiarticulares. O objetivo deste estudo foi, por meio da EMG, investigar parâmetros temporais e de intensidade da ativação dos músculos peitoral maior (PM), deltóide (DA) e tríceps braquial (TB) que possam fundamentar a aplicação do método de pré-exaustão em 10RM dos exercícios supino e crucifixo. Foram comparados dois protocolos experimentais: P1) método da pré-exaustão; P2) recomendações tradicionais. A intensidade de ativação baseada no valor RMS, bem como a relação desta com a duração da contração muscular, estabelecida em faixas de intensidade, não obteve diferenças estatisticamente significativas para PM. Para DA, não houve diferenças estatisticamente significativas entre os protocolos na intensidade de ativação quando as repetições foram analisadas em conjunto. Entretanto, quando analisado cada repetição, este músculo apresentou aumento estatisticamente significativo de intensidade de ativação em P1, assim como maior solicitação da faixa de intensidade 80 a 100% CIVM. Para TB, a intensidade de ativação foi significativamente maior em P1 que em P2 para todas as

formas de análise. Os resultados mostraram que o aparelho locomotor aumentou a dependência de TB como estratégia alternativa para tentar atingir 10RM do supino em P1. Assim, é possível afirmar que o método de pré-exaustão pode ser eficiente para impor maior estímulo neural sobre pequenos grupos acessórios na execução de um movimento e não sobre o grupo principal o qual se deseja. Entretanto, estes achados suportam que os efeitos do método de pré-exaustão ainda não podem ser afirmados categoricamente. Pois, ao longo da série em P1 não houve aumento significativo na intensidade de ativação de um mesmo músculo, bem como das faixas de intensidade, como houve em P2. Desse modo, é possível afirmar que os músculos, em P1, iniciaram a série em um nível de intensidade mais alto que em P2, pois foram estimulados previamente.

Palavras-chave: Treinamento de Força, Ordem dos exercícios, Pré-exaustão, Eletromiografia, *Root Mean Square*, Biomecânica.

ABSTRACT

ELECTROMYOGRAPHY AS A BASIS TO PRE-EXHAUSTION METHOD IN
STRENGTH TRAINING

Author: ALLAN BRENNECKE LEITE

Adviser: PROF. DR. JÚLIO CERCA SERRÃO

Contrariwise the strength training traditional recommendation, the pre-exhaustion method purposes to begin a training session with monoarticular exercises and to finish it with multiarticular exercises. The aim of this study was, through EMG, to inquire into temporal and activation intensity parameters of pectoralis major (PM), deltoid (DA) and triceps brachii (TB) muscles, which can be used as a basis to bench press and flying 10RM pre-exhaustion method application. It was compared two experimental protocols: P1) pre-exhaustion method; P2) traditional recommendation. The activation intensity, as well its relationship with the muscular contraction duration, established on intensity levels, did not attain significant differences to PM. To DA, there were not differences between the protocols respecting the activation intensity when whole the repetitions were analyzed. However, when each repetition was analyzed, this muscle exhibited significant increasing in activation intensity in P1; as well it showed a more intense solicitation of 80 to 100% MVIC level. To TB, the activation intensity was significant greater in P1 than P2 respecting whole manners to data analysis. The results exhibited that the locomotor apparatus increased the TB dependence as an alternative strategy to try to attain bench press 10RM in P1.

Therefore, it is possible to assert that pre-exhaustion method may be efficient to impose largest neural stimuli on small synergists muscular groups during movement execution, but not on the main target muscular group. However, these findings sustain that the pre-exhaustion method effects cannot receive a categorical affirmation, yet. Because, contrariwise the P2, during the P1 bench press set there was not significant increasing in the same muscle activation intensity, as well in the intensity levels. This way, it is possible to assert that, in P1 the muscles began the set in a highest intensity levels than in P2, because they were stimulated previously.

Keywords: Strength Training, Exercise Order, Pre-exhaustion, Electromyography, Root Mean Square, Biomechanics.