



ANÁLISE CINÉTICA, CINEMÁTICA E ELETROMIOGRÁFICA DA  
FLEXÃO DE BRAÇOS: ESTUDO EXPLORATÓRIO

KINETIC, KINEMATICS AND ELECTROMYOGRAPHIC ANALYSIS OF  
PUSH UP: EXPLORATORY STUDY

PIRACICABA

2015

José Alexandre Barbosa

ANÁLISE CINÉTICA, CINEMÁTICA E ELETROMIOGRÁFICA DA  
FLEXÃO DE BRAÇOS: ESTUDO EXPLORATÓRIO

KINETIC, KINEMATICS AND ELECTROMYOGRAPHIC ANALYSIS OF  
PUSH UP: EXPLORATORY STUDY

Dissertação apresentada à banca examinadora do Programa de Pós-graduação em Educação Física da UNIMEP, como exigência para obtenção do título de Mestre em Educação Física.

PIRACICABA

2015

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIMEP

Bibliotecária: Carolina Segatto Vianna CRB-8/7617

Barbosa, José Alexandre

B238a Análise cinética, cinemática e eletromiográfica da flexão de braços: estudo exploratório / José Alexandre Barbosa. – 2015.

86 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Idico Luis Pellegrinotti

Dissertação (mestrado) – Universidade Metodista de Piracicaba, Educação Física, 2015.

1. Exercício físico. 2. Músculos. 3. Eletromiografia. I. Pellegrinotti, Idico Luis. II. Título.

CDU – 796.4:577.3

José Alexandre Barbosa

ANÁLISE CINÉTICA, CINEMÁTICA E ELETROMIOGRÁFICA DA  
FLEXÃO DE BRAÇOS: ESTUDO EXPLORATÓRIO

KINETIC, KINEMATICS AND ELECTROMYOGRAPHIC ANALYSIS OF  
PUSH UP: EXPLORATORY STUDY

Dissertação apresentada à banca  
examinadora do Programa de Pós-  
graduação em Educação Física da  
UNIMEP, como exigência para obtenção  
do título de Mestre em Educação Física.

Aprovado pela Banca Examinadora em: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

**Banca Examinadora**

---

Prof. Dr. Idico Luís Pellegrinotti

(Orientador)

---

Profa. Dra. Delaine Rodrigues Bigaton

---

Prof. Dr. Marcelo Belém Silveira Lopes

## AGRADECIMENTOS

Este é um trabalho individual, mas que dependeu da ajuda de várias pessoas para poder existir. Assim, gostaria de agradecer às várias pessoas que, em maior ou menor grau, fizeram parte deste, seja me apoiando, dando dicas, fazendo críticas ou respondendo aos meus questionamentos e dúvidas.

Agradeço primeiramente a Deus e toda sua luz, pela saúde e disposição, que permitiram que hoje mais um sonho meu se realizasse.

Agradeço aos professores do Núcleo de Pesquisas em Biomecânica Ocupacional e Qualidade de Vida / UNIMEP, Piracicaba, especialmente aos professores **Paulo Henrique Marchetti** e **Guanis de Barros Vilela Junior**, que me ajudaram a respeito do tema escolhido, indicando os primeiros passos e ao meu orientador, o professor **Idico Luís Pellegrinotti**, pelas orientações e suporte na elaboração deste trabalho.

Aos queridos colegas e amigos de trabalho, superatenciosos e preocupados, e que também me ajudaram a definir o foco deste trabalho. Ali, aprendi que o dividir é bem diferente do compartilhar, uma vez que este último é praticado com amor, e que tudo o que a gente começa, é preciso ir até o final e nunca desanimar.

Finalmente, agradeço ao meu MESTRE JESUS, único caminho até ao Pai, que derramou seu sangue na cruz para que todos os nossos pecados fossem quitados. Não sei o porquê, mas Ele sempre me protege e me livra das enrascadas... Obrigado Senhor meu Rei!

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à **Helena Almeida**, que sempre esteve ao meu lado, mesmo nos momentos mais difíceis desta caminhada acadêmica, abrindo mão da minha companhia em prol da realização deste sonho.

À minha irmã astral e eterna mestra **Eliane Gonsalves**, que sempre esteve próxima com seu ombro amigo. Bondade, caráter e luz, são apenas alguns dos seus dons, ofertados por esta, que considero ser uma das mais especiais filhas de Deus.

Ao meu sobrinho **Matheus Marrega**, futuro filósofo e um grande e iluminado ser humano.

Aos meus grandes e queridos amigos **Kléber Adams Leal** e **João Baptista Godoy**, pelo apoio, pela paciência e por estarem ao meu lado transpondo todos os obstáculos.

Aos meus três filhos, cãezinhos da raça shitzu, **Huguinho**, **Valentina** e **Yasmin**, que por meio de sua fiel companhia e pureza de olhar, me deram a força necessária para enfrentar todas as batalhas. Ao meu outro filho de quatro patas, **Chicão**, da raça pastor alemão, que sempre ocupará um lugar especial no meu coração.

Também não poderia me esquecer da **Fiona**, outra linda cadelinha da raça Shitzu, que esteve literalmente ao meu lado, desde o início da elaboração do meu projeto de pesquisa.

Dedico-o também a minha mãe, **Nélida**, que sempre me incentivou para os estudos. Terei gratidão eterna a esta guerreira. Ao meu pai **José Barboza** – *in memorian* -, que na morada de Deus onde ele se encontra hoje, está orgulhoso deste filho que sempre tentou trilhar os caminhos corretos mostrados por ele enquanto estava entre nós. Esta é uma certeza que eu tenho.

Também *in memorian*, à minha querida avó materna **Helena Mascagna**, cujo amor mútuo que sentimos um pelo outro, permanecerá para todo o sempre. E à sua filha, minha querida tia **Élide**, que de onde se encontra hoje, continua a ser uma grande amiga e ouvidora de meus dilemas e conflitos pessoais.

*“...não acredito que a tristeza do envelhecer esteja nas rugas do rosto, na fragilidade dos ossos e dos músculos ou nos cabelos brancos. Esta tristeza, está contida em cada despedida das pessoas que amamos...”* (JOSÉ ALEXANDRE BARBOSA)

## RESUMO

O exercício de flexão de braços ou *push-up exercise*, é uma atividade física de notória popularidade. Pode ser utilizado tanto em treinamentos, como em ocasiões recreativas. Sua técnica é de fácil aprendizado e pode ser praticado em qualquer espaço livre, não necessitando de nenhum tipo de aparelhagem. O presente trabalho foi realizado por meio de uma revisão de literatura, de forma a verificar os aspectos anatômicos, cinesiológicos e biomecânicos do exercício tradicional de flexão de braços e em algumas de suas variações. Para esta revisão de literatura foram acessadas diferentes bases de dados entre no período de setembro de 2012 a novembro de 2014. As bases de dados utilizadas foram: Pubmed/Medline, SciELO, Google Scholar, Scopus e periódicos CAPES, dentro da delimitação metodológica adotada. Quanto ao delineamento, foram selecionados trinta artigos referentes ao tema proposto para este trabalho, dentre eles alguns artigos clássicos e que, admitindo-se serem os mais relevantes para esta pesquisa. Os estudos citados nesta pesquisa mostraram que podem existir diferenças significativas nos níveis de ativação muscular e/ou da estabilidade das estruturas corporais estudadas, nas várias formas de execução da flexão de braços, Foram também descritos dois estudos de casos envolvendo incidentes com a flexão de braços, onde segundo nos informa a literatura específica, são muito raros e incomuns. Se executada de forma correta, a flexão de braços trará benefícios para aqueles que a utilizam, podendo também ser um exercício para a reabilitação.

**Palavras-chave:** *flexão de braços, exercício, musculatura, eletromiografia, cinética, biomecânica.*

## ABSTRACT

The push-up exercise is a physical activity remarkable popularity. It can be used in training, such as recreational occasions. His technique is easy to learn and can be practiced on any free space and does not require any equipment. This work was carried out through a literature review in order to verify the anatomical aspects, kinesiology and biomechanics of the traditional exercise of arms flexion and in some variations. For this literature review were accessed between different databases from September 2012 to November 2014. The databases used were: Pubmed / Medline, SciELO, Google Scholar, Scopus and periodicals CAPES, within the methodological definition adopted. On the design, thirty articles were selected for the proposed theme for this work, including some classic articles and, assuming they are the most relevant to this research. The studies cited in this research showed that there may be significant differences in muscle activation levels and / or stability of the studied body structures, in various embodiments of the push-up, were also described two case studies involving incidents with the push-up where, according to reports in the specific literature, are very rare and unusual. If executed correctly, arm flexion will bring benefits to those who use it and can also be an exercise for rehabilitation.

**Keywords:** *push-up, exercise, muscles, electromyography, kinetics, biomechanics.*

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES E GRÁFICOS**

<i>Ilustração 1. Posição tradicional da flexão de braços</i>	19
<i>Ilustração 2. Exemplo de uma plataforma de força retangular, mostrando superfícies superior e inferior, além da representação das forças obtidas por meio dos sensores em cada um dos cantos da plataforma</i>	33
<i>Gráfico 1. Quantidade de publicações realizadas pelos autores citados neste trabalho, entre os anos de 1993 e 2014</i>	45
<i>Gráfico 2. Relação dos músculos estudados pelos autores pesquisados</i>	46
<i>Gráfico 3. Quantidade dos tipos de análises biomecânicas utilizadas pelos autores citados</i>	48
<i>Gráfico 4. Assuntos estudados pelos autores citados</i>	49

**LISTA DE QUADROS**

<i>Quadro 1. Músculos e/ou estruturas estudadas pelos autores citados nesta revisão de literatura</i>	50
<i>Quadro 2. Indivíduos pesquisados pelos autores citados e o tipo de análise Biomecânica</i>	51
<i>Quadro 3. Influência dos tipos de base de apoio na flexão de braços</i>	55
<i>Quadro 4. Influência dos tipos de base de apoio na flexão de braços</i>	58
<i>Quadro 5. Influência da flexão de braços em algumas regiões corporais</i>	62
<i>Quadro 6. Variações das posições do corpo na flexão de braços</i>	66
<i>Quadro 7. Diferenças da flexão de braços realizada nas formas: tradicional e suspensa</i>	69
<i>Quadro 8. Flexão de braços em Pliometria</i>	73

**LISTA DE ABREVIATURAS**

A/D	Analógico / Digital
CKC	Cadeia Cinética Fechada ( <i>Closed Kinetic Chain</i> )
CP	Centro de Pressão ( <i>Center of Pressure</i> )
EMG	Eletromiografia
sEMG	Eletromiografia de Superfície
IMC	Índice de Massa Corporal
MVCs	Contração muscular voluntária isométrica
OKC	Cadeia Cinética Aberta ( <i>Open Kinetic Chain</i> )
RBC	<i>Red Blood Cell</i>
RM	Ressonância Magnética
TMI	Índice de Trauma Motor
FRS	Força de reação do solo
vGRF	Força de reação vertical do solo
MUAPs	Potencial de ação da unidade motora

VJRS	Rigidez de rotação articular da coluna vertebral
ST	<i>Suspension Training</i>
DLT	Transformação Linear Direta
UM	Unidades Motoras
WBC	<i>White Blood Cell</i>

**LISTA DE SÍMBOLOS**

cm	centímetros
( $\Delta$ )	delta
$^{\circ}\text{C}$	Graus Celsius
Hz	Hertz
MHz	Mega Hertz
$\pm$	Intervalo de variação para mais ou para menos
l	litro
$\mu\text{l}$	Micro litro
%	percentual
N.cm	Newton centímetro

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	V
DEDICATÓRIA	VI
RESUMO	VII
ABSTRACT	VIII
LISTA DE ILUSTRAÇÕES E GRÁFICOS	IX
LISTA DE QUADROS	X
LISTA DE ABREVIATURAS	XI
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
SUMÁRIO	XIV
1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	18
2.1. Objetivo geral	18
2.2. Objetivos específicos	18
3. EXERCÍCIO DE FLEXÃO DE BRAÇOS	19
4. CINESIOLOGIA DA FLEXÃO DE BRAÇOS	22
4.1. Músculos envolvidos no movimento de flexão de braços	22
5. ANÁLISE ELETROMIOGRÁFICA	27
6. ANÁLISE CINÉTICA	32
7. ANÁLISE CINEMÁTICA	36
8. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	38
8.1. Tipo de pesquisa	38
8.2. Fichamento	39

8.3. Análise dos dados	40
8.4. Interpretação dos dados	41
9. RESULTADOS E DISCUSSÃO DA REVISÃO PESQUISADA	43
9.1. Influência dos diferentes tipos de bases de apoio no movimento de flexão de braços	52
9.2. Influência do posicionamento das mãos no movimento de flexão de braços	56
9.3. Ação do movimento de flexão de braços em algumas regiões corporais	60
9.4. Variações da posição do corpo no movimento de flexão de braços	64
9.5. Diferenças biomecânicas do movimento de flexão de braços entre sua forma tradicional e suspensa	68
9.6. Pliometria no movimento de flexão de braços	71
9.7. Diferenças entre exercícios de cadeia cinética fechada ( <i>CKC</i> ) – flexão de braços e exercícios de cadeia cinética aberta ( <i>OKC</i> ) – do tipo <i>bench presses</i>	74
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

## 1. INTRODUÇÃO

Os exercícios localizados são indicados para a melhora de alguns grupamentos musculares específicos, no que se refere aos movimentos de uma determinada região corporal e/ou articulação. Nesta direção, exercícios como a musculação, além dos circuitos de treinamento, são utilizados em larga escala pelos profissionais da área de Educação Física. Contudo, as pesquisas apontam apenas para a ação muscular envolvida num determinado movimento, onde são apresentadas de formas variadas. Como exemplo, no exercício supino reto, onde sua ação com as respectivas cargas controladas, ficam somente na especificidade do estudo.

Sendo assim, estudar o movimento localizado da flexão de braços na sua dimensão muscular, posição das mãos e de suas bases de apoio/sustentação numa revisão, abordando este exercício localizado e suas mais importantes ocorrências, permitirá a construção de um manual de orientação aos profissionais de ciência aplicados.

A flexão de braços é um exercício físico de notória popularidade. Ele pode ser utilizado tanto em treinamentos para condicionamento físico, como em atividades recreativas. Sua técnica é de fácil aprendizado, podendo ser praticado em qualquer espaço, sem que haja a necessidade de qualquer tipo de aparelhagem. Além disso, a sua intensidade é de fácil ajuste, por apresentar um grande número de variações na sua execução (ANASTASIA *et. al.* 2012; CAMPOS, 2000; CHOU *et. al.* 2011).

As diversas formas de execução da flexão de braços parecem, segundo os autores citados neste trabalho, apresentar diferenças significativas em alguns aspectos, como por exemplo, na ativação muscular e na estabilização de algumas das estruturas corporais envolvidas durante o movimento. Análises eletromiográficas, cinéticas e cinemáticas na estrutura musculoesquelética de indivíduos submetidos à execução deste exercício, identificaram variações técnicas tanto na eficácia do aumento da força muscular quanto na geração de maior estresse musculoesquelético (ANASTASIA *et. al.* 2012; CAMPOS, 2000; CHOU *et. al.* 2011; BEACH, 2008; KIM, G. & KIM S., 2013; KIM, J. *et. al.* 2011; PALASTANGA *et. al.* 2010; PARK, 2011; SNARR & ESCO, 2013).

A flexão de braços tradicional pode ser utilizada para avaliar a resistência muscular de uma pessoa ou como uma forma de melhorar o desempenho dos músculos dos ombros, dos braços e do tronco (BRAGA *et. al.* 2012). Os principais músculos envolvidos na flexão de

braços são: o músculo *peitoral maior* e o *tríceps braquial*. A flexão de braços pode ser utilizada para a avaliação do desempenho muscular, para a hipertrofia dos músculos peitorais e porção clavicular do deltóide, ou ainda para aumento da força dos braços (BORSTAD *et. al.* 2009).

Este exercício pode adquirir também um caráter de reabilitação, quando utilizado por profissionais das diversas áreas da saúde ou como um indicador do nível de condicionamento físico de um indivíduo, obtido em testes específicos.

O presente estudo buscou verificar os aspectos anatômicos, cinesiológicos e biomecânicos da flexão de braços tradicional e em algumas de suas variações, analisando principalmente dois aspectos: na *Perspectiva Cinesiológica* (a flexão de braços em seu contexto funcional); e na *Perspectiva Biomecânica* (realizar análises eletromiográficas, cinéticas e cinemáticas da flexão de braços).

A hipótese lançada por esta pesquisa é: “*diferenças significantes poderão ser observadas por meio das análises biomecânicas realizadas pelos autores citados, nas estruturas corporais estudadas por eles, nas várias formas de execução da flexão de braços*”.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo geral

Analisar por meio da revisão narrativa de literatura, estudos realizados entre os anos de 1993 e 2014, sobre as análises biomecânicas *cinética*, *cinemática* e *eletromiográfica* do movimento de flexão de braços.

### 2.2. Objetivos específicos

- a) Analisar a influência dos tipos de base de apoio na flexão de braços;
- b) Analisar a influência do posicionamento das mãos na flexão de braços;
- c) Analisar a influência da flexão de braços em algumas regiões corporais;
- d) Analisar as variações das posições do corpo na flexão de braços;
- e) Comparar as diferenças da flexão de braços realizada nas formas: tradicional e suspensa;
- f) Analisar a flexão de braços realizada em pliometria;
- g) Comparar as diferenças entre exercícios de cadeia cinética fechada (*CKC*) - flexão de braços e exercícios de cadeia cinética aberta (*OKC*) – do tipo *bench presses*;

### 3. EXERCÍCIO DE FLEXÃO DE BRAÇOS

A flexão de braços segundo nos relata Gouvali & Boudolos (2005) é um exercício muito popular em programas de fortalecimento dos membros superiores. É um exercício de *cadeia cinética fechada (CKC)*, participando nesta ação principalmente o músculo *peitoral maior* e o *tríceps braquial*. A flexão de braços é realizada com o próprio peso do corpo, mas geralmente é comparada com exercícios de *cadeia cinética aberta (OKC)* como, por exemplo, o *supino reto no banco (Bench press)*. A popularidade da flexão de braços surge, dado o fácil aprendizado, além de não necessitar de nenhum equipamento adicional, sendo ainda adaptável a diferentes níveis de condicionamento físico.



*Ilustração 1. Posição tradicional da flexão de braços*

Análises cinéticas, cinemáticas e eletromiográficas das diferentes variações desse exercício, são comumente realizadas para identificar as técnicas mais eficazes para a melhora da força muscular e para avaliar o estresse musculoesquelético (COGLEY *et. al.* 2005; CHOU *et. al.* 2011).

A flexão de braços segundo Cogley *et. al.* (2005) pode ser utilizada na avaliação do desempenho muscular ou como um exercício de fortalecimento da musculatura peitoral, dos ombros, além de aumentar a força nos braços. Como uma forma de exercício, portanto, o seu objetivo principal é desenvolver o aumento da força, principalmente nos músculos *peitoral maior* e *tríceps braquial*. Como uma ferramenta de avaliação do desempenho muscular, a

flexão de braços é incorporada em uma bateria de testes destinados a avaliar os níveis de aptidão dos indivíduos, como no teste de aptidão física nos quartéis militares de alguns países. A flexão de braços, portanto, mede a força e a resistência de vários músculos das extremidades superiores e do tronco. Se usado como uma ferramenta de avaliação, será importante para o entendimento dos padrões de ativação dos músculos que realizam este movimento.

A flexão de braços segundo nos informa Youdas *et. al.* (2010), realizada na sua forma convencional, é um método popular para avaliar a resistência muscular de uma pessoa ou como uma forma de melhorar o desempenho dos músculos dos ombros, dos braços e do tronco. O *American College of Sports Medicine* (ACSM, 2008), defende a utilização da flexão de braços como um procedimento de ensaio de medição de resistência muscular.

A flexão de braços é frequentemente utilizada, sendo um exercício de fácil execução, onde vários músculos da porção superior do corpo são requisitados durante o movimento, além de não existir a necessidade de aquisição de qualquer equipamento. Assim sendo, a flexão de braços pode ser facilmente incluída num programa de treinamento/condicionamento físico (EBBEN *et. al.* 2011).

A flexão de braços compõe o limitado grupo de exercícios de *cadeia cinética fechada* (CKC), segundo o que nos afirma Blackard; Jensen & Ebben (1999), havendo muitas variações possíveis deste exercício que podem ser utilizadas ou prescritas (OSBOURNE, 1989).

A flexão de braços também foi avaliada como sendo um teste de força para os membros superiores do corpo, segundo Mathew *et. al.* (1991) e são frequentemente incluídas em testes de aptidão padronizados, incluindo aqueles utilizados para crianças em escolas, segundo Bishop (2003) e recrutas militares, segundo Knapik *et. al.* (2006). Flexões de braços realizadas na sua forma tradicional, aliadas com as realizadas em pliometria, produzem uma maior resistência nas extremidades superiores do corpo e aumento da força, é o que nos afirma Vossen *et. al.* (2000). A flexão de braços também pode ser utilizada para avaliar a resistência muscular, podendo ser modificada para produzir resultados semelhantes entre homens e mulheres, como nos afirma Laughlin & Busk (2007). Sua quantificação pode ser de grande valor para os programas destinados à juventude, para a aptidão geral, e também para recrutas militares. Infelizmente, a quantificação deste exercício em um programa de treinamento é difícil em comparação com exercícios de treinamento de resistência tradicional. Exercícios de treinamento de resistência são muitas vezes realizados com equipamentos,

como por exemplo, com uma barra ou com placas de pesos. As cargas são facilmente calculadas e ajustadas para quem realiza estes exercícios. A determinação da intensidade dos estímulos para os treinamentos de resistência com equipamentos permite o cálculo da progressão e do volume de treinamento. A quantificação da intensidade na flexão de braços é bem mais difícil. (EBBEN *et. al.* 2011).

O desempenho da flexão de braços segundo Dean; Foster & Thompson (1987) foi proposto como sendo um método de “baixa tecnologia” para se mensurar a força na região dos ombros e peitoral.

Exercícios de sustentação de peso para os membros superiores são frequentemente utilizados em programas de fortalecimento e reabilitação. A flexão de braços com as suas inúmeras variações, é muito popular devido à sua conveniência e a sua fácil adaptabilidade aos vários níveis de dificuldade (LOU *et. al.* 2001), além da sua natural tendência para melhorar a estabilidade e propriocepção articular durante o exercício, como resultado das forças de compressão, sendo esta uma característica de especial importância para o ombro, devido à sua falta de estabilidade intrínseca (LEAR & CROSS, 1998). A flexão de braços tem sido amplamente utilizada em testes (GABBET; JOHNS & RIEMANN, 2008; KNAPIK *et. al.*, 2009; MANGINE *et. al.* 2008) e em programas de treinamento de força em diversas populações (HARMAN *et. al.* 2008; KILINC, 2008; McGUIGAN *et. al.* 2009; ROBERTS *et. al.* 2002), incluindo atletas e crianças. É comumente usada em atletas como parte de exercícios calistênicos dinâmicos e como uma alternativa aos métodos de treinamento com pesos tradicionais, quando equipamentos são escassos. A flexão de braços também é comumente utilizada na reabilitação de lesões dos membros superiores, especialmente no ombro (LUDEWIG *et. al.* 2004). É surpreendente que, apesar da popularidade da flexão de braços como um exercício de fortalecimento e reabilitação, existam poucos dados disponíveis na literatura sobre a sua potencial eficácia (SUPRAK; DAWES & STEPHENSON, 2011).

## 4. CINESIOLOGIA DA FLEXÃO DE BRAÇOS

A cinesiologia é a área que estuda os fundamentos do movimento humano, através da análise minuciosa de suas estruturas anatômicas, ossos e músculos esqueléticos (FREEMAN *et. al.* 2005).

A flexão de braços tradicional é um movimento que requer uma posição corporal adequada na sua execução, mantendo a curva anatômica da espinha dorsal, além da posição para cima da articulação glenoumeral. As mãos devem estar retas e a articulação glenoumeral deverá estabilizar-se acima da articulação do punho. Para a correta execução do movimento, a posição do corpo irá em direção ao solo com a flexão dos cotovelos, voltando em seguida, à posição inicial. Temos duas fases dinâmicas: *fase concêntrica*, etapa mais lenta do movimento, e *fase excêntrica*, correspondendo à fase mais explosiva (KOCH *et. al.* 2012). Devido à posição da articulação glenoumeral, o complexo do ombro necessita de estabilização dinâmica e estática no movimento (GOUVALI & BOUDOLOS, 2005).

Na flexão de braços, uma combinação de manobras articulares está presente: adução horizontal do ombro e extensão do cotovelo, manutenção postural e força dos membros inferiores. (BORSTAD *et. al.* 2009)

### 4.1. Músculos envolvidos no movimento de flexão de braços

Destacam-se neste movimento, os músculos envolvidos nas articulações do cingulo superior e das articulações do ombro e do cotovelo.

Cingulo Superior: estrutura bastante instável, por não haver ligação óssea entre as escápulas. A única articulação que existe entre a cintura escapular e o esqueleto axial é a região de contato entre a porção medial da clavícula e o manúbrio (HAMILL & KNUTZEN, 1999), além da articulação que liga o acrômio e a clavícula, conhecida como acromioclavicular, que possibilita os movimentos de elevação, depressão, protrusão, retração, e também as rotações superior e inferior (GARCIA-MASSÓ *et. al.* 2011). Os principais músculos atuantes nos movimentos deste segmento são; *peitoral maior*, *deltóide*,

*coracobraquial, serrátil anterior, peitoral menor, tríceps braquial e ancôneo* (DIMON, 2010; DONKERS *et. al.* 1993; EBBEN *et. al.* 2011).

O cingulo do membro superior (ou cintura escapular ou cingulo peitoral) é um tipo de estrutura óssea suspensa sobre a parte superior da caixa torácica, que oferece mobilidade e sustentação para o restante dos membros superiores, permitindo a eles uma grande variedade e amplitude de movimentos. No ser humano ereto, os membros superiores apresentam-se pendentes de forma livre e foram modificados para desempenhar uma função essencialmente relacionada à manipulação (DIMON, 2010; DONKERS *et. al.* 1993; EBBEN *et. al.* 2011).

O *músculo serrátil anterior* (*musculus serratus anterior*) é uma delgada lâmina muscular que cobre o lado do tórax, e avança entre as costelas e a escápula. Forma a parede medial da axila e é, em parte, coberto pela mama infra lateralmente. As digitações superiores ficam atrás da clavícula, enquanto o grande dorsal cruza o seu bordo inferior. Este músculo fixa-se por digitações carnudas imediatamente além da linha axilar média nas superfícies externas das oito ou nove costelas superiores na fáscia intercostal interveniente. A digitação superior origina-se das costelas um e dois, enquanto as restantes originam-se de uma única costela; já, as quatro inferiores, interdigitam-se com a fixação costal do oblíquo externo do abdome. As digitações não estão, no entanto, uniformemente distribuídas na sua fixação na escápula. O serrátil anterior é um protractor da cintura peitoral e como tal está envolvido em todos os movimentos de impulsionar, empurrar e dar soco, nos quais a escápula é impelida para frente, levando consigo o membro superior. Observa-se o desenvolvimento maciço deste músculo em boxeadores. Ele desempenha um papel crucial na estabilização da escápula e dos ombros durante movimentos do membro superior, impedindo que a escápula seja pressionada para trás (DIMON, 2010; DONKERS *et. al.* 1993; EBBEN *et. al.* 2011). Contraí-se fortemente para manter o bordo medial da escápula de encontro à parede torácica quando o braço é flexionado ou um peso é carregado na frente do corpo (DIMON, 2010).

O *músculo peitoral menor* (*musculus pectoralis minor*) é um músculo triangular achatado e delgado, situado na parede anterior do tórax na profundidade em relação ao peitoral maior (DIMON, 2010). Estende-se superior e lateralmente para inserir-se no processo coracóide da escápula. Também se trata de um músculo crucial, pois uma vez encurtado de forma crônica, os ombros tornam-se mais estreitos na região anterior e suas articulações, deslocadas para frente (EBBEN *et. al.* 2011). Inferiormente, fixa-se nas superfícies externas da terceira, quarta e quinta costelas, junto das suas cartilagens costais e na fáscia intercostal interveniente. As fibras convergem para um tendão curto e achatado ao passarem súpero-

lateralmente para fixar-se na superfície superior e no bordo medial do processo coracóide da escápula. Ao exercer uma forte tração do processo coracóide, a escápula pode ser tracionada para frente e para baixo durante movimentos de empurrar e dar soco. Quando se apoiando sobre as mãos, ele ajuda a transferir o peso do tronco para o membro superior (DIMON, 2010).

Articulações do ombro: auxiliam nos movimentos dos braços, através de ações articulares coordenadas, sendo que os movimentos dos braços ocorrem na articulação glenoumeral, reforçada e suportada por músculos como o *subclávio*, sendo este curto e potente. A articulação glenoumeral é do tipo *sinovial*, no formato de bola-e-soquete, que propicia maior amplitude e potencial de movimento (HAMILL & KNUTZEN, 1999). Os músculos que participam de movimentos na articulação do ombro são o *peitoral* (região clavicular e do esterno); o *deltóide anterior, posterior e médio*; a *bainha rotadora: redondo menor (teres minor), subescapular (subscapularis), infraespinhoso (infraspinatus) e supraespinhoso (supraspinatus)*, o *coracobraquial (coracobrachialis)*; *grande dorsal (latissimus do dorso)*; *redondo maior (teres major)*; *bíceps (bíceps brachii) longo e curto* e *tríceps (tríceps brachii) longo* (FREEMAN *et. al.* 2005; HOWARTH *et. al.* 2008). Os músculos do ombro também podem gerar maior produção de força nas ações de movimentos de adução (fibras do *grande dorsal, redondo maior e peitoral maior*). Os principais movimentos desta articulação são: *adução, abdução, extensão, flexão, rotação interna e externa* (DIMON, 2010), *circundução* (DONKERS *et. al.* 1993), *flexão e extensão horizontais* (EBBEN *et. al.* 2011).

O *músculo peitoral maior (musculus pectoralis major)* é o mais superficial dos músculos da parede torácica anterior. Na forma de leque, encontra-se na porção anterossuperior do tórax sobre o *peitoral menor, costelas e serrátil anterior*, dando ao tórax seu formato característico. Ele tem uma origem ampla que se estende a partir da metade esternal da clavícula junto a superfície anterior do esterno, alcançando inferiormente as cartilagens das costelas verdadeiras, e da aponeurose do músculo *oblíquo externo do abdome* (EBBEN *et. al.* 2011). Na mulher, o músculo é coberto pela mama; de fato, os septos fibrosos da mama estão fixados na fáscia profunda sobrejacente ao *peitoral maior*. Está separado do músculo *deltóide* pelo sulco deltopeitoral (a fossa infraclavicular), no qual se situam a veia cefálica e os ramos da artéria toracoacromial. Como um todo, é um potente adutor e rotador medial do úmero na articulação do ombro. É um dos principais músculos de ascensão, sendo auxiliado nessa atividade pelo *grande dorsal*. Em exercícios como flexão de braços, o *peitoral*

*maior* contrai-se concêntricamente no movimento para cima e excêntricamente no movimento para baixo quando baixando o corpo (DIMON, 2010). O músculo *peitoral maior* (tríceps do braço, deltóide, serrátil anterior, trapézio) é ativado através da flexão e extensão dos braços (*push-up*), mantendo uma grande distância entre as mãos (DONKERS *et. al.* 1993).

O músculo *deltóide* (*musculus deltoideus*) é um espesso músculo que recobre a articulação do ombro anterior, posterior e lateralmente. Recebeu este nome em razão da sua semelhança com a letra grega delta ( $\Delta$ ), de forma triangular, conferindo a esta região um formato arredondado (EBBEN *et. al.* 2011). Funcionalmente, pode ser dividido em três partes: *clavicular*, origina-se no terço lateral da clavícula, *acromial*, partindo da superfície superior do acrômio, e *espinal*, junto a espinha da escápula. A porção de suas fibras originárias do acrômio tem característica peculiar: são obliquas em disposição peniforme, conferindo-lhe grande força em relação ao seu volume. Ele tem uma fixação extensa na cintura peitoral. É separado do arco coracoacromial e das faces superior e lateral da articulação do ombro (e tendões que se situam sobre ela) pela bolsa subacromial. O *deltóide* é o principal abductor do braço na articulação do ombro e o movimento é produzido pelas suas fibras médias multipenadas (DIMON, 2010; DONKERS *et. al.* 1993; EBBEN *et. al.* 2011). Entretanto, ele só é capaz de produzir tal movimento eficientemente, depois que ele foi iniciado pelo supraespinhoso. Uma vez que a sua origem recobre a articulação do ombro, o músculo pode participar de todos os movimentos do braço (EBBEN *et. al.* 2011). A parte anterior do *deltóide* é um forte flexor e rotador medial do úmero, enquanto a parte posterior é um forte extensor e rotador lateral e pode ajudar na transferência de sobrecargas (DIMON, 2010).

O músculo *coracobraquial* (*musculus coracobrachialis*), é o único representante verdadeiro no ramo do grupo adutor de músculos encontrado na perna. Com formato semelhante à cabeça de um corvo, ele se origina por um tendão arredondado, em conjunção com a cabeça curta do *bíceps do braço*, do ápice do processo coracóide da escápula e fixa-se por um tendão chato no lado medial da diáfise do úmero próximo de seu ponto médio, entre o *tríceps* e o *braquial*. Algumas fibras podem continuar até o septo intermuscular medial do braço. É um adutor e flexor fraco do braço na articulação do ombro (DIMON, 2010).

Articulação do cotovelo: é do tipo *gínglimo* ou *dobradiça* (HOWARTH *et. al.* 2008). Encontra-se entre o úmero e ulna (trocoide), entre ulna e rádio (esferoide) e entre o úmero e o rádio (DONKERS *et. al.* 1993). Esta articulação realiza os movimentos de *flexão e extensão*, que são realizados no *plano sagital* sobre o *eixo frontal*. Os músculos que participam dos

movimentos desta articulação são: *bíceps braquial* (*bíceps brachii*), *tríceps braquial* (*tríceps brachii*), *braquiorradial* (*brachioradialis*) e *braquial* (*brachialis*) (DIMON, 2010).

O músculo *tríceps braquial* (*musculus tríceps brachii*) está situado no seu dorso e, como sugere o seu nome, origina-se de três cabeças, denominadas: *cabeça lateral*, *cabeça medial* e *cabeça longa*. As duas primeiras, originam-se do úmero, sendo separadas pelo sulco espiral, e a terceira vem da escápula. O músculo fixa-se por um tendão na ulna. Este músculo é o extensor da articulação do cotovelo. A cabeça longa também é capaz de aduzir o braço e de estendê-lo a partir de uma posição flexionada.

O *tríceps* somente se torna ativo quando a velocidade do movimento torna-se importante, como ao executar um golpe do karatê rápido de cima para baixo. Ele trabalha fortemente em atividades de empurrar e dar soco e ao executar flexões de braços (DIMON, 2010).

O *músculo ancôneo* (*musculus anconeus*) é um pequeno músculo triangular situado imediatamente atrás da articulação do cotovelo, muito ativo nos movimentos de extensão (DONKERS *et. al.* 1993). Parece quase fazer parte do *tríceps braquial*. Origina-se por um tendão na superfície posterior do epicôndilo lateral do úmero e da parte adjacente da cápsula da articulação do cotovelo. As fibras seguem medial e distalmente até se fixarem na superfície lateral do olécrano, no quarto superior da superfície posterior da ulna e na fáscia que a cobre.

## 5. ANÁLISE ELETROMIOGRÁFICA

O sinal eletromiográfico segundo De Luca (1997), é a manifestação elétrica da ativação neuromuscular associada com a contração muscular. É um sinal extremamente complicado, que é afetado pelas propriedades anatômicas e fisiológicas dos músculos, o esquema de controle do sistema nervoso periférico, bem como as características da instrumentação que é utilizado para detectá-lo e observá-lo. A maioria das relações entre o sinal eletromiográfico e as propriedades de um músculo em contração que são atualmente utilizados, evoluíram por acaso. A falta de uma boa descrição do sinal eletromiográfico é provavelmente o principal fator que tem dificultado o desenvolvimento da eletromiografia como uma disciplina precisa. Também afirma De Luca (1997), que o sinal da eletromiografia de superfície (sEMG) pode ser convenientemente detectado, pois se apresenta de forma minimamente invasiva para o indivíduo estudado. Por esta razão, é amplamente utilizada em várias aplicações que envolvam esforço muscular. O sinal da eletromiografia de superfície (sEMG) é utilizado para a biomecânica, principalmente como um indicador do início da ativação do músculo, como um indicador da força produzida por uma contração muscular, e como um índice da fadiga que ocorre dentro de um músculo. Quando usado como um indicador do início da atividade muscular, o sinal eletromiográfico fornece a sequência temporal de um ou mais músculos que contraem com a finalidade de cumprir uma tarefa, tais como: inclinação para frente, na posição vertical ou na manutenção da posição de pé na posição vertical.

Segundo Royer (2005), embora a amplitude do sinal eletromiográfico não reflita necessariamente o valor da força gerada por um músculo em contração, é qualitativamente relacionada com a quantidade de torque (ou força) medido sobre uma articulação. Esta é a razão pela qual certa quantidade de informação com relação à força muscular pode ser extraída a partir dos dados eletromiográficos, mas este processo deve ser realizado com precaução.

Podemos observar a seguir algumas das definições de eletromiografia e/ou eletromiografia de superfície (sEMG):

A eletromiografia de superfície (sEMG) descrita por García-Massó *et. al.* (2011), é um método para captar a atividade elétrica dos músculos e, portanto, constitui uma maneira de explorar e testar a integridade do sistema motor.

A eletromiografia (EMG) é uma técnica de detecção e registro da atividade elétrica dos músculos (STRUNGARU, 1982).

A eletromiografia por Gratiela-Flavia; Rusu & Grusu (2009), pode ser definida como sendo uma técnica de detecção e registro da atividade elétrica dos músculos. Acrescenta que, o instrumento utilizado para detectar o potencial elétrico gerado pelas células musculares quando se contraem ou estão em repouso é chamado de eletromiógrafo. O registro produzido por um eletromiógrafo é conhecido como eletromiograma ou miograma. Dentro de uma análise fisiológica, podemos entender que o sinal gravado como um eletromiograma é o resultado da sobreposição de potenciais de ação da unidade motora (MUAPs), a partir de várias unidades motoras. A unidade motora tem, como um elemento central, um neurônio motor, que inerva várias fibras musculares. O impulso gerado por uma unidade motora é chamado de potencial de ação e é levado pelo neurônio motor para o músculo. A junção neuromuscular é a área onde o nervo entra em contato com o músculo. Uma vez que um impulso é transmitido através da junção neuromuscular, um potencial de ação é transmitido para todas as fibras musculares inervadas na unidade motora. Segundo este mesmo autor, a eletromiografia de superfície (sEMG) é largamente utilizada em estudos cinesiológicos, devido ao fato de não apresentar características invasivas. Implica na detecção do sinal mioelétrico, com eletrodos de superfície. A principal desvantagem da eletromiografia de superfície (sEMG) é que somente os músculos superficiais podem ser investigados.

Segundo Konrad (2005), a eletromiografia foi inicialmente utilizada em neurologia como um método de análise da resposta muscular em um estímulo elétrico artificial. Hoje em dia, ela é usada em pesquisas médicas, ergonomia, reabilitação e ciência do esporte. Em cinesiologia, a eletromiografia é descrita como "o estudo da ativação neuromuscular dos músculos dentro tarefas posturais, movimentos funcionais, condições de trabalho e em regimes de tratamento/treinamento". No mundo da biomecânica, a eletromiografia tem o papel de avaliar a ativação neuromuscular dentro de qualquer tipo de atividade física. Dentro da Antropometria, Cinemática e Cinética, a eletromiografia cinesiológica é reconhecida como um método objetivo de medição. Os objetivos da eletromiografia cinesiológica é analisar a função e a coordenação dos músculos durante qualquer tipo de desempenho físico, tanto em indivíduos sãos como em indivíduos deficientes.

Basmajian (1976), diz que a eletromiografia vem sendo utilizada para conhecer a atividade elétrica produzida por diferentes grupos musculares quando as unidades motoras são ativadas.

A mudança relativa de posição de várias moléculas ou filamentos no interior do arranjo muscular provocam a contração muscular e a produção de força. O fenômeno elétrico conhecido como potencial de ação provoca o deslizamento dos filamentos. O potencial de ação resulta da mudança no potencial de membrana que existe entre o interior e o exterior da célula muscular. A Eletromiografia é o registro dos padrões potenciais de ação. Ela registra um fenômeno elétrico que normalmente está relacionado com a contração muscular (Kumar e Mital, 1996).

A técnica eletromiográfica segundo (KUMAR & MITAL, 1996) baseia-se no fenômeno do acoplamento eletromecânico do músculo. Este acoplamento se dá a partir dos potenciais de ação que viajam pelos túbulos “t”. Estas estruturas são invaginações da membrana muscular dentro das células musculares, permitindo o transporte de íons de cálcio pelo interior do músculo. Os íons de cálcio são os responsáveis pela facilitação da contração muscular.

O potencial de ação segundo (ARAÚJO, 1998) gera o impulso que libera íons de cálcio do retículo sarcoplasmático para dentro do citoplasma muscular. A eletromiografia é o estudo da função muscular através da análise do sinal elétrico emitido durante a contração muscular, permitindo fazer interpretações em condições normais e patológicas.

Também nos informa Araújo (1998) sobre a utilização da eletromiografia, que primeiramente teve uma finalidade exclusivamente clínica, como uma ferramenta de diagnóstico. Atualmente, a eletromiografia tem sido usada por diversas áreas como por exemplo: Anatomia, Esportes, Biomecânica, Reabilitação, Fisioterapia, Terapia Ocupacional, Medicina Vocacional, Odontologia e Psicologia.

Vollestad (1997) afirma que a eletromiografia de superfície (sEMG) pode ser utilizada para avaliar a fadiga muscular pela análise da amplitude e do espectro de potência do sinal obtido dos músculos superficiais.

Em seu trabalho, Clarys (2000) diz-nos que nas áreas de pesquisa da eletromiografia cinesiológica, se incluem estudos da função muscular normal durante diferentes tipos de contração; estudos da atividade muscular nos esportes, atividade e reabilitação profissional; avaliação da atividade muscular anatômica funcional; estudos de coordenação e sincronização; estudos sobre como o treinamento afeta a função muscular; estudos de fadiga; força muscular eletromiografia; a influência da atividade muscular sobre o equipamento, e assim por diante.

Os estudos de eletromiografia são segundo Loss *et. al.* (1998), abrangentes e podem envolver inúmeras situações do conhecimento biomecânico, como a proposta de correlacionar força com a atividade elétrica do músculo. O conhecimento dos exercícios utilizados nos treinamentos, com base nos princípios biomecânicos, como no caso da eletromiografia, que tem a capacidade obter o registro da atividade muscular quando em contração (AMADIO & DUARTE, 1996), como nos exercícios abdominais e de agachamento, contribuem para esclarecer questionamentos sobre as participações musculares nos exercícios propostos no dia-a-dia, das academias (PARDAL *et. al.* 2003; ZINK *et. al.* 2001; CATERISANO *et. al.* 2002), ou para tratamentos fisioterapêuticos (FORMARI *et. al.* 2003; ESCAMILLA *et. al.* 1998; ESCAMILLA *et. al.* 2001).

Os sinais biológicos segundo García-Massó & Souza (2002) são captados pela eletromiografia podem sofrer diferentes tratamentos, como temporal, e segundo Barbosa (2005) pelo valor Root Mean Square (RMS) extraído a partir da amplitude do sinal entre outros, ou pela frequência.

A normalização do sinal eletromiográfico se faz necessário para assegurar a qualidade do mesmo. Para estudos dinâmicos, alguns autores como Amadio *et. al.* (1999) e Fraga *et. al.* (2005), sugerem a normalização pelo pico ou pela média do sinal eletromiográfico.

Guiro, Forti & Bigaton (2005), nos alertam, que o isolamento elétrico é outro cuidado no caso das aquisições de sinais eletromiográficos, as interferências nas ondas elétricas, atividade de outros músculos, fatores mecânicos e o uso de artefatos de estimulação devem ser controlados, minimizando os ruídos que podem interferir na qualidade do sinal, tanto em movimento como em repouso.

O projeto de avaliação da eletromiografia de superfície não invasiva dos músculos (SENIAM) segundo Hermens *et. al.* (1999) foi organizado como sendo uma ação Europeia, sendo financiado pelo programa *Biomed 2* da Comunidade Europeia (1996 – 1999). Os objetivos do projeto eram integrar pesquisa básica e aplicada sobre eletromiografia de superfície (sEMG), a nível europeu, para estabelecer uma cooperação europeia, além de resolver alguns itens importantes que atualmente impedem uma útil troca de dados e experiência clínica. Os temas-chave deste esforço conjunto foram: (1) sensores de eletromiografia de superfície e procedimentos de colocação destes sensores, (2) processamento de sinais eletromiográficos e (3) modelagem eletromiográfica. Estes três temas foram tratados de acordo com um regime específico em que primeiramente, foi realizado um inventário de pesquisas bibliográficas, a partir do qual foi definido o estado da arte. Quando

necessário, foram definidas as tarefas de avaliação suplementares. Conjuntos de recomendações e/ou instalações de teste foram o resultado final para cada um desses tópicos. Este projeto resultou em: (1) recomendações para procedimentos de projeto e colocação do eletrodo, (2) recomendações para a gravação e processamento de sinais de eletromiografia de superfície (sEMG), (3) um conjunto de quatro modelos de computador para um melhor conhecimento na geração de eletromiografia, (4) um conjunto de sinais de referência (5), oito livros com várias contribuições dos participantes do projeto, (6) o CD-ROM SENIAM, e (7) o clube SENIAM, uma rede europeia sobre eletromiografia com mais de 100 membros. As recomendações deste projeto (SENIAM) são seguidas e adotadas pela maioria dos pesquisadores que se utilizam da eletromiografia de superfície (sEMG) para suas pesquisas em todo o mundo.

## 6. ANÁLISE CINÉTICA

A cinética é a área de estudo que examina as forças que agem sobre um sistema, como o corpo humano ou qualquer objeto. A área de análise da cinética do movimento humano visa estudar quais forças são responsáveis pelo mesmo, buscando elucidar suas causas e efeitos (HAMILL; BATES & HOLT, 1992).

Segundo nos afirma Capozzo (1984), são investigadas por meio da análise cinética, as forças internas e externas ao corpo humano durante a locomoção. Essas forças, segundo Barela & Duarte (2011) são transformadas em rotações dos segmentos, que por sua vez, produzem o movimento dos mesmos. As forças externas mais comuns são força da gravidade, força de reação do solo e as forças de resistência dos fluidos. Essas forças representam as interações físicas entre o corpo e o ambiente e são as forças que causam o movimento do corpo pelo espaço.

Para se calcular indiretamente as forças internas, como nos afirma Barela & Duarte (2011), o procedimento mais utilizado é o da dinâmica inversa, que não será tratado neste trabalho. Esta usa o conhecimento da cinemática do movimento (acelerações/velocidades lineares e angulares), da informação antropométrica dos segmentos (centro de massa, massa, momento de inércia, dimensões) e das forças externas aplicadas ao indivíduo em movimento (forças de reação do solo resultante da interação pé/solo) para o cálculo das forças de reação e momentos articulares (WINTER, 2005).

Existem diversos modelos dinâmicos para o cálculo da cinética, segundo Doriot & Cheze, (2004) e Gregersen & Hull, (2003); porém, segundo Cheze, (2004) usa-se normalmente o modelo de Diagrama de Corpo Livre, Gregersen & Hull, (2003).

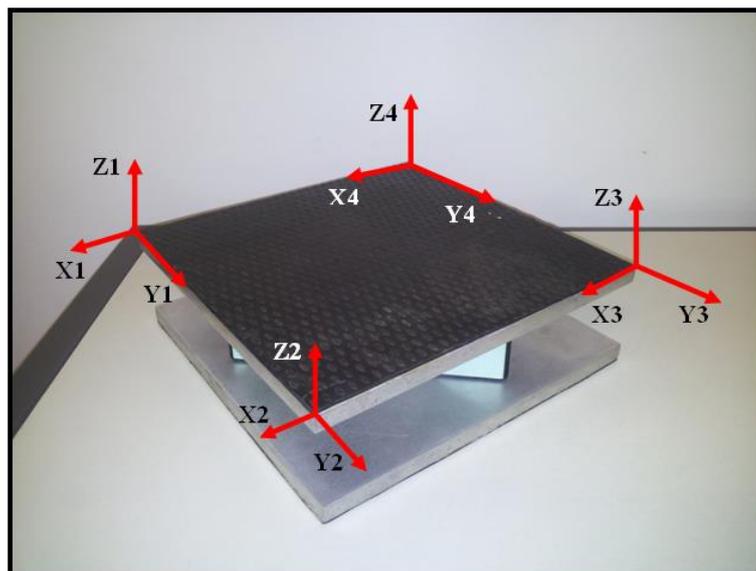
Com relação às forças externas, a *força de reação do solo* (FRS) é a força externa mais comumente investigada, como por exemplo, na análise da marcha (WHITTLE, 2007).

Como nos descreve Meglan & Todd (1994), a *força de reação do solo* (FRS) é uma força que atua da superfície de contato (solo) para o objeto (no caso, o corpo humano) em que se está em contato. Essa força é decorrente das ações musculares e do peso corporal transmitido através dos pés, e a direção e magnitude da *força de reação do solo* (FRS) equivalem exatamente à direção e magnitude do movimento do centro de massa do corpo.

Como a *força de reação do solo* (FRS) pode ser medida por *plataformas de força*, que é um dos instrumentos mais comumente utilizados para análise cinética, apresentaremos informações sobre plataforma de força, com intuito de fornecer subsídios básicos para sua utilização na aquisição de dados cinéticos, por exemplo, durante a realização da flexão de braços.

Barela & Duarte, (2011), afirmam que a *Plataforma de Força* (ilustração 2) consiste de duas superfícies rígidas: uma superior e outra inferior, que são interligadas por sensores de força. Com relação ao posicionamento dos sensores, existem vários tipos de possibilidades de construção de uma plataforma de força, onde podemos destacar três de modo especial: (1) plataforma com um único sensor no seu centro; (2) plataforma triangular com sensores nos seus três cantos; e (3) plataforma retangular com sensores nos seus quatro cantos. Esse último modo de construção é o mais utilizado nas plataformas comercialmente disponíveis.

Normalmente, a plataforma de força é posicionada no chão, de forma que a sua superfície superior fique alinhada com o solo. Nas plataformas de força retangulares que medem as três componentes da força de reação do solo (FRS) - as principais comercializadas no mercado - cada um dos quatro sensores de força registra a força aplicada nas direções mediolateral (X), anteroposterior (Y) e vertical (Z), como ilustrado a seguir (*Ilustração 2*).



*Ilustração 2. Exemplo de uma plataforma de força retangular mostrando as superfícies superior e inferior e a representação das forças obtidas por meio dos sensores em cada um dos cantos da plataforma.*

Ainda segundo estes mesmos autores, a partir das componentes da força de reação do solo (FRS) e das componentes do momento de força, é possível obter uma importante grandeza mecânica para análise do movimento humano, chamada centro de pressão (CP). O centro de pressão (CP) é o ponto de aplicação da resultante das forças verticais agindo sobre a superfície de suporte. O dado do centro de pressão (CP) refere-se a uma medida de posição definida por duas coordenadas na superfície da plataforma. Essas duas coordenadas são identificadas em relação à orientação do indivíduo que se encontra sobre a plataforma: direção anteroposterior (a-p) e direção mediolateral (m-l). A partir dos sinais mensurados pela plataforma de força, a posição do centro de pressão (CP) é dada por duas equações:

$$(1) \text{CPa-p} = (-h \cdot F_x - M_y) / F_z \quad \text{e} \quad (2) \text{CPm-l} = (-h \cdot F_y + M_x) / F_z$$

Onde,  $h$  é a altura da base de apoio acima da plataforma de força, como por exemplo, um tapete sobre a plataforma de força.

No que diz respeito à qualidade dos dados coletados, a correta instalação da plataforma de força é de crucial importância, onde alguns aspectos devem ser considerados para a estrutura onde será afixada a plataforma de força. Esta estrutura deverá ser rígida, evitando desta forma qualquer vibração indesejada, e plana, para que a plataforma de força não se movimente.

Além da plataforma de força e do computador que possui o *software* que gerencia a aquisição dos dados na plataforma, Barela & Duarte, (2011) ainda nos informam que outros componentes também são fundamentais para tal aquisição, como o condicionador de sinais - nome dado para o equipamento que realiza a amplificação e filtragem dos sinais - e o conversor de sinal analógico para digital (A/D). O conversor A/D converte o sinal analógico (sinal contínuo no tempo) da plataforma de força para sinal digital (sinal discreto, definido apenas em certos intervalos de tempo) para que possa ser processado pelo computador. Pode-se também, desenvolver *softwares* de aquisição de dados em ambientes de programação próprios para isso, como por exemplo, *Labview (National Instruments, Inc.)* e *Matlab (Mathworks, Inc.)*, entre outros.

Com relação à aquisição de dados na plataforma de força, Barela & Duarte, (2011) afirmam que esta aquisição é a mais simples em comparação à eletromiografia ou à cinemática. Quanto à normalização dos dados adquiridos na plataforma de força, é necessária a normalização da amplitude destes dados, para que seja possível se comparar os dados

adquiridos com a plataforma de força entre diferentes indivíduos e/ou diferentes condições e repetições. Esta normalização pode ser feita por meio do valor do peso corporal do indivíduo, em que o resultado obtido de um determinado indivíduo na plataforma de força é dividido pelo seu peso corporal. É possível normalizar também a duração temporal da força de reação do solo (FRS). Esse procedimento se faz necessário para a comparação de diferentes repetições e diferentes indivíduos, uma vez que é muito provável que cada repetição do movimento, independentemente se for o mesmo indivíduo ou não, tenha duração diferente devido à variabilidade do movimento humano. Na normalização temporal, estabelece-se que o início dos dados da força de reação do solo (FRS) corresponda a 0% e o final a 100%, e então o procedimento matemático chamado interpolação é utilizado para gerar um determinado número de pontos entre 0 e 100% para as diferentes repetições. O período entre esses dois extremos é denominado ciclo (por exemplo, esses extremos podem corresponder na marcha humana, aos dois contatos sucessivos do calcanhar direito ou ao contato do calcanhar na plataforma e perda de contato do pé na plataforma ou em uma das variações da flexão de braços - “batendo palmas” - quando as mãos perdem contato com a plataforma de força na fase aérea deste movimento).

## 7. ANÁLISE CINEMÁTICA

Em Biomecânica, inúmeros são os trabalhos como, por exemplo, os realizados pelos autores Yoon & Lee (2013), Borstad *et. al.* (2009), Beach (2008), Howarth *et. al.* (2008), Gouvali & Boudolos (2005) e Lou *et. al.* (2001), que tiveram como uma de suas prioridades, a Cinemática. Esta análise biomecânica é fundamental para uma posterior realização de pesquisas com um enfoque dinâmico, onde as forças que determinam o movimento e as energias (cinética e potenciais) serão consideradas e, que estão envolvidas nos processos que dissipam energia e/ou processos realizadores de trabalho mecânico. No que diz respeito às técnicas, inúmeras delas são utilizadas para o registro do deslocamento, da aceleração e da velocidade dos movimentos corporais (JUNIOR, 2010).

Barros (1992) relata-nos sobre o pioneirismo dos trabalhos de Braune & Fischer no início do século XX com a utilização da fotografia estroboscópica, técnica que apresenta problemas de sobreposição de imagens em consequência das diferentes velocidades dos segmentos corporais. Outras técnicas são descritas por Gil (1986), para que se registre o movimento humano, como por exemplo, a utilização da goniometria e do magnetoscópio.

A cinemática, como nos descreve Sousa *et. al.* (2007) consiste na caracterização do movimento sem referências às forças envolvidas. Diz-nos ainda que para o cálculo da cinemática, é necessário que se adquira a trajetória 3D de marcadores colocados sobre o corpo do indivíduo, utilizando-se de três ou mais câmeras digitais. São, portanto, adquiridas as imagens do indivíduo em posição estática e em movimento e posteriormente são processadas pelo sistema computacional e estas informações ficam disponíveis para o pesquisador.

Atualmente, as análises cinemáticas tendem a adotar aparentemente, técnicas cinematográficas ou de vídeo. Os registros cinemáticos, no que se refere à análise do movimento humano, apresentam limitações em função da bidimensionalidade das imagens obtidas. A descrição tridimensional, muito mais fidedigna à realidade dos movimentos corporais, pode ser obtida com o registro do movimento em mais de um plano, porém são vários os problemas relativos à sincronização dos registros realizados por câmeras específicas (SOUSA *et. al.* 2007).

Alguns *softwares* comerciais podem ser utilizados para estas análises cinemáticas, como por exemplo, o Skillspector®. A maioria dos *softwares* comerciais usa variações do

*Conventional Gait Model*® para o cálculo da cinemática (KADABA *et. al.* 1990; DAVIS *et. al.* 1991).

A posição e a orientação global no espaço dos segmentos corporais, segundo nos descreve Davis *et. al.* (1991), são obtidas pela relação entre um referencial local estritamente associado ao mesmo segmento e um referencial global previamente definido. São calculadas a posição e a orientação relativas, semelhantemente à posição e orientação globais, porém, são estabelecidas relações entre dois locais referenciais vizinhos. As recomendações da *Sociedade Internacional de Biomecânica* para o cálculo da posição/orientação globais e relativas dos segmentos corporais podem ser encontradas em: *ISB recommendations for standardization in the reporting of kinematic data* e *ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion--part I* (WU & CAVANAGH, 1995).

A cinematria é outro método de avaliação biomecânica que se utiliza recursos de registros de imagens a fim de analisá-las posteriormente e identificar o comportamento cinemático de um corpo extenso ou ponto material. Existe dois procedimentos de cinematria, a fotogrametria e a cinematografia. A fotogrametria como o próprio nome diz, é o procedimento em que se utilizam recursos fotográficos para a análise da imagem enquanto a cinematografia utiliza meios de filmagens para as observações do movimento (AMADIO & DUARTE, 1996).

O tipo de movimento e as necessidades da análise determinam em grande parte a escolha da câmera ideal e dos sistemas de análise. A precisão de uma análise cinemática é o fator positivo deste método, pois são desenvolvidos equipamentos de precisão e de alta resolução de imagens. Outra vantagem está no fato de que, neste método, o corpo fica livre dos efeitos retroativos em que o indivíduo pode realizar movimentos livres sem a interferência de qualquer aparelho de avaliação biomecânica que esteja conectado ao corpo do atleta. Este método seguramente é o mais utilizado no meio esportivo, expondo os padrões técnicos como modelos do gesto esportivo e também identificando as falhas dos atletas. Conhecendo os métodos de avaliação biomecânica, suas vantagens e desvantagens, pode-se então, aplicá-los separadamente ou combinados, respeitando as características do movimento humano (CIPOLLI, 2005).

## 8. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 8.1. Tipo de pesquisa

Para a fundamentação teórica da discussão do tema proposto por este trabalho, foi desenvolvida uma pesquisa do tipo de revisão narrativa da literatura. Foi também elaborado um levantamento das publicações científicas dentro e fora do nosso país, por meio de periódicos disponíveis em diferentes bases de dados sem a preocupação com o limite de dados, permitindo-nos a oportunidade de obter amplas informações relativas ao tema flexão de braços.

Para esta revisão de literatura foram acessadas diferentes bases de dados entre no período de setembro de 2012 a novembro de 2014. Após a realização da pesquisa, foram excluídos desta revisão aqueles resultados que não se enquadraram dentro da delimitação metodológica adotada.

Quanto ao delineamento, foram selecionados trinta artigos referentes ao tema proposto para este trabalho, dentre eles alguns artigos clássicos e que, admitindo-se serem os mais relevantes para esta pesquisa. Dezesete publicações encontradas nos periódicos *CAPEL*, sete publicações na *Google Scholar*, duas publicações na *Pubmed/Medline*, duas publicações na *SciELO*, e, duas publicações na *Scopus*. As referências citadas nos textos, de autores amplamente reconhecidos na literatura específica, foram lidas e incorporadas à versão final, considerando-se o idioma português.

Como critério de inclusão/exclusão, foram considerados apenas os trabalhos onde os autores citados utilizaram em suas respectivas pesquisas, pelo menos uma das análises biomecânicas – cinética, cinemática e eletromiográfica.

As “palavras-chave” empregadas foram: “*push-up electromyography*”, “*push-up exercise*” e “*push-up kinetics analysis*”, “*Electromyography*”, “*kinematic analysis*”, “*flexão de braços*”, “*flexão de braços e eletromiografia*”, “*exercício de flexão de braços*”, “*flexão de braços e análise cinética*”, “*flexão de braços e biomecânica*”, “*biomecânica*”, “*flexão de braços e análise cinemática*”.

De acordo com Marconi e Lakatos (1988, p. 57-58), a pesquisa bibliográfica tem como finalidade “colocar o pesquisador em contato direto com tudo aquilo que foi escrito sobre determinado assunto”.

Apesar de esta pesquisa envolver o conhecimento biológico, o qual tem como base e tradição sua demonstração por métodos de investigação laboratorial, teve-se a necessidade, em relação à temática escolhida, de se construir um referencial alicerçado em teorias e pressupostos experimentais disponíveis na literatura pelos seguintes motivos:

(i) a literatura apresenta grande quantidade de informação a respeito da flexão de braços, abrangendo todos os mecanismos e aspectos conceituais, morfofuncionais, metabólicos e as alterações bioquímicas nos mais variados níveis de adaptação, contudo, muitas delas sem a realização de uma análise específica para os interesses da Educação Física;

(ii) algumas das conclusões encontradas nos experimentos biomecânicos dos estudos de alguns autores, parecem conflitar-se com as de outros, fazendo com que houvesse a necessidade de compreender estas diferenças, por meio das estratégias metodológicas empregadas pelos experimentos encontrados na literatura;

(iii) a flexão de braços é um exercício muito popular, estando presente em vários tipos de situações referentes a programas de treinamento físico e/ou reabilitação, portanto, considerou-se de extrema importância a possibilidade de se organizar um referencial teórico e prático, que pudesse orientar a atuação dos profissionais que trabalham com atividade física e/ou aqueles envolvidos com reabilitação física.

## **8.2. Fichamento**

Os fichamentos realizados visaram abranger todas as informações relevantes dos artigos pesquisados. Constituíram-se seguintes tópicos: ano de publicação, tipos de análises biomecânicas, indivíduos pesquisados, resultados e conclusões. Este tipo de fichamento, segundo Lakatos e Marconi (1992), é definido como resumo ou de conteúdo, não possuindo julgamentos pessoais ou de valor. O fichamento foi elaborado em paralelo com a análise dos dados, principalmente no momento da leitura seletiva. Os quadros estão apresentados na revisão de literatura.

### 8.3. Análise dos dados

Após a busca do material bibliográfico, a próxima etapa para a elaboração da dissertação foi a realização da análise dos dados, que permitiu a construção de evidências e de relações existentes nas várias formas de execução da flexão de braços, baseando-se no protocolo de Severino (2007). Todo o material bibliográfico obtido por meio das pesquisas e consultas passou por um tratamento de análise, onde a leitura analítica, na perspectiva de Severino (2007) pode abranger alguns aspectos:

*“(...)a leitura analítica desenvolve no estudante-leitor uma série de posturas lógicas que constituem a via mais adequada para sua própria formação, tanto na área específica de estudo quanto na sua formação filosófica em geral.”*

Apresenta-se a seguir uma síntese da leitura analítica, segundo Severino (2007):

- a) *Análise textual*: preparação do texto; visão de conjunto; busca de esclarecimento; vocabulário; doutrinas; fatos; autores e esquematização do texto;
- b) *Análise temática*: compreensão da mensagem do autor; tema; problema; tese; raciocínio; ideias secundárias;
- c) *Análise interpretativa*: interpretação da mensagem do autor; situação filosófica e influências; pressupostos; associação de ideias; críticas;
- d) *Problematização*: levantamento e discussões de problemas relacionados com a mensagem do autor;
- e) *Síntese*: reelaboração da mensagem com base na reflexão pessoal.

Portanto, os dados foram tratados por meio dos métodos de leitura supracitados, por Severino (2007).

#### 8.4. Interpretação dos dados

Na perspectiva de Severino (2007), a interpretação dos dados obtidos por intermédio das análises textuais, assume o seguinte significado:

*“(...) em sentido restrito, é tomar uma posição própria a respeito das idéias anunciadas, é superar a estrita mensagem do texto, é ler nas entrelinhas, é forçar o autor a um diálogo, é explorar toda a fecundidade das idéias expostas, é cotejá-las com outras, enfim, é dialogar com o autor”.*

A interpretação dos dados foi desenvolvida, em um primeiro momento, a partir da análise dos vários aspectos e das várias formas de execução da flexão de braços com os seus desdobramentos, em relação à metodologia específica utilizada por cada texto pesquisado. Depois disso, procurou-se situar cada categoria de resultados semelhantes num contexto mais amplo, na busca de reconhecer e relacioná-los de forma lógico-dinâmica com o posicionamento de outros autores que trabalham com a mesma temática, porém, encontrando diferenciados pressupostos de pesquisa (SEVERINO, 1991). Depois disso, chegamos à crítica, denominada como “interna”, de acordo com Lakatos e Marconi (1989), consistindo, esta, em uma crítica de interpretação, ou seja, está baseada na compreensão dos autores a ponto de formar um juízo sobre o trabalho e o valor das idéias, relacionando com o tema estudado, estabelecendo-se, portanto, uma reflexão ampla e integradora.

No final da interpretação dos dados, chegou-se à problematização, a qual visa em um sentido amplo, *“levantar, para a discussão e a reflexão, as questões explícitas ou implícitas no texto”* (SEVERINO, 2007). Dois grandes focos problemáticos foram mais evidentes:

- a) Sobre a *metodologia* dos experimentos analisados, onde por meio das análises biomecânicas, observou-se, por exemplo, os diferentes níveis de atividade mioelétrica nas musculaturas estudadas;
- b) Sobre os *objetivos* dos experimentos, sendo que em alguns deles buscava-se somente apontar os dados encontrados nas estruturas pesquisadas (músculos e articulações, por exemplo) e, em outros, analisar as inter-relações das diversas formas de execução da flexão de braços nestas estruturas.

Por último, houve a possibilidade de se formular uma hipótese. Segundo Rey (1988, p. 16), *“as hipóteses são proposições gerais, estabelecidas dentro de um quadro de referência teórico, baseadas no conhecimento claro do problema ou da questão pendente. Elas prefiguram uma solução provável”*.

## 9. RESULTADOS E DISCUSSÃO DA REVISÃO PESQUISADA

O exercício de flexão de braços conhecido em inglês como *push-up exercise*, é um exercício clássico e de notória popularidade. Vários pesquisadores ao realizarem análises eletromiográficas, cinemáticas e cinéticas na estrutura musculoesquelética de indivíduos submetidos à execução deste exercício, identificaram diferentes variações técnicas, mais ou menos eficazes na melhora da força muscular e de maior ou menor estresse muscular e esquelético do que em outras. (ANASTASIA *et. al.* 2012; BEACH *et. al.* 2008; KIM, G. & KIM, S. 2013; KIM, J. *et. al.* 2011; PALASTANGA *et. al.* 2010; PARK, 2011; SNARR & ESCO, 2013)

A flexão de braços pode ser usada tanto para a avaliação do desempenho muscular, como sendo um exercício hipertrófico dos músculos peitorais, porção clavicular do deltóide, além do aumento da força dos braços (BORSTAD *et. al.* 2009). A flexão de braços tradicional pode ser utilizada para avaliar a resistência muscular de uma pessoa, por exemplo, ou como uma forma de melhorar o desempenho dos músculos dos ombros, dos braços e do tronco (BRAGA *et. al.* 2012).

Tradicionalmente, este exercício vem sendo realizado em uma superfície plana e estável, com a colocação das mãos numa posição um pouco maior do que a largura dos ombros; no entanto, encontramos variações, envolvendo mudanças na distância entre as mãos, modificação da postura corporal, elevação dos pés e até apoio dos joelhos no solo. Alterações na estabilidade de superfície chegam a promover a variação e o aumento da intensidade da flexão de braços (SEO *et. al.* 2013).

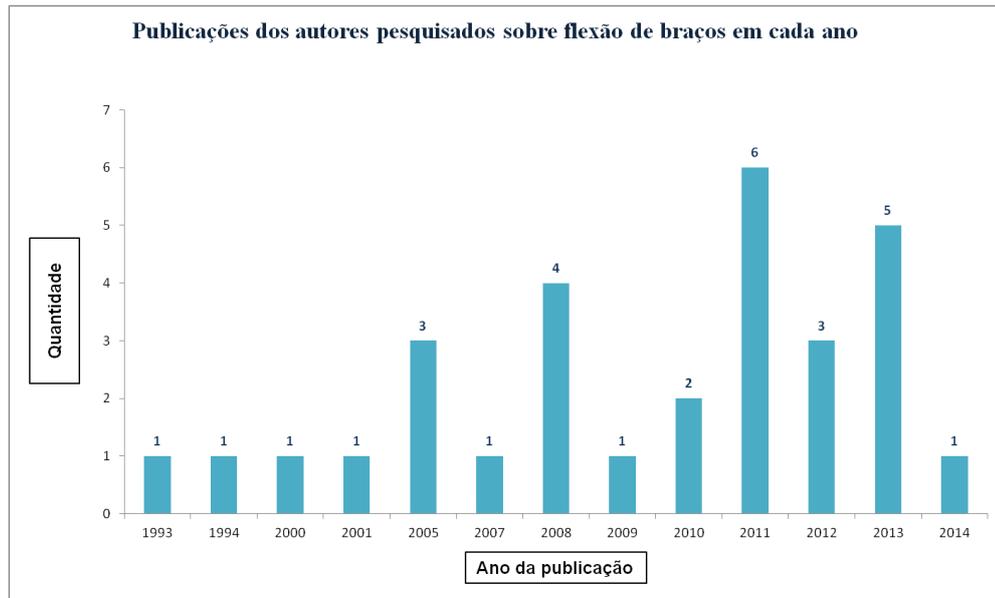
A maior parte dos estudos biomecânicos da flexão de braços, tem se concentrado principalmente nas musculaturas relativas às articulações dos membros superiores e, muito embora tais estudos tentem fornecer um índice de carga de trabalho neuromuscular, quantificar as consequências mecânicas internas de tais ações musculares durante a execução da flexão de braços é muito difícil.

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão de artigos científicos na tentativa de verificar os aspectos anatômicos, cinesiológicos e biomecânicos da flexão de braços tradicional e em algumas de suas variações (com ou sem o apoio dos joelhos no solo, distâncias entre as mãos, tipo de base de apoio (estável e instável), em pliometria, em sua forma tradicional ou em suspensão). Esta revisão baseou-se em trinta trabalhos de autores

conceituados nos estudos biomecânicos, os quais julgou-se serem os mais relevantes para a nossa pesquisa científica.

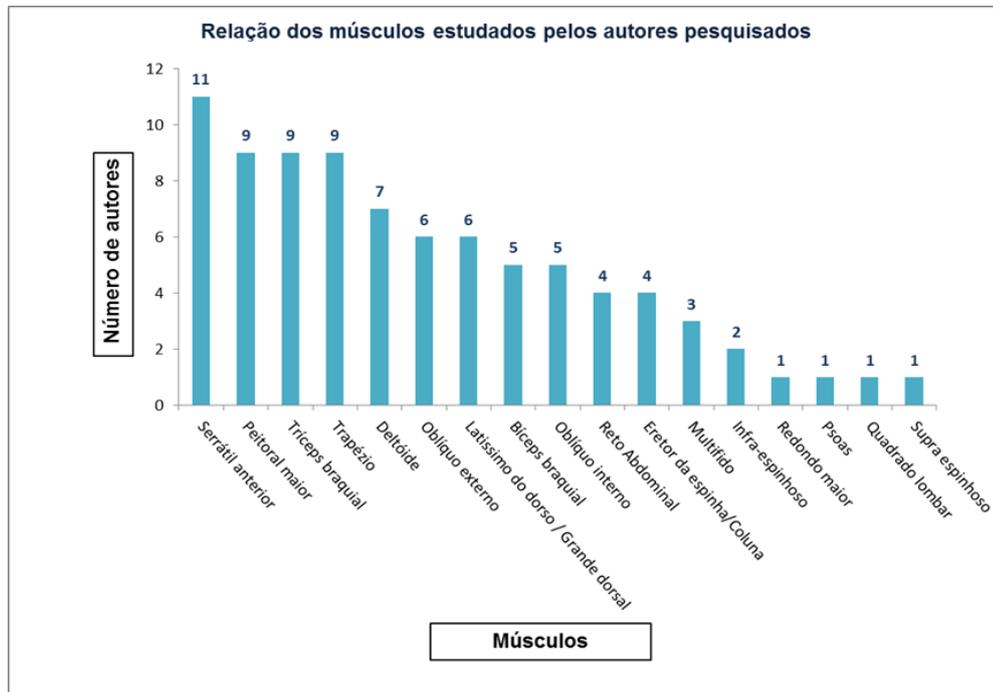
Novamente, como critério de inclusão/exclusão, foram considerados apenas os trabalhos onde os autores citados utilizaram em suas respectivas pesquisas, pelo menos uma das análises biomecânicas – cinética, cinemática e eletromiográfica.

No *gráfico 1*, aponta-se a quantidade de publicações realizadas pelos autores citados neste trabalho, entre os anos de 1993 e 2014.



*Gráfico 1. Quantidade de publicações realizadas pelos autores citados neste trabalho, entre os anos de 1993 e 2014.*

No *gráfico 2*, temos a relação da prevalência dos músculos estudados pelos autores pesquisados nesta revisão de literatura.



*Gráfico 2. Relação dos músculos estudados pelos autores pesquisados.*

A prevalência do músculo *serrátil anterior* nos estudos dos autores citados, pode ser explicada em parte, pela preocupação destes pesquisadores com a estabilização das várias estruturas corporais durante a execução da flexão de braço. Os músculos: *peitoral maior*, *tríceps braquial*, *trapézio* e *deltóide*, como já era esperado, foram estudados em grande número pelos autores, por sua importância na realização deste movimento. As outras musculaturas pesquisadas pelos autores citados, também foram alvo de investigação, pois também atuam de forma decisiva na execução da flexão de braços.

Dentre todos os aspectos da flexão de braços estudada, em suas diversas variações, destacam-se, nesta revisão, dois aspectos fundamentais: a *Perspectiva Cinesiológica* (onde a flexão de braços foi analisada em seu contexto funcional); e a *Perspectiva Biomecânica* (onde foram realizadas análises eletromiográficas, cinéticas e cinemáticas da flexão de braços).

Como é mostrado no *gráfico 3*, a eletromiografia foi a análise biomecânica mais utilizada pelos autores citados nesta pesquisa (12 análises), seguida pela análise cinética (5 análises) e em seguida, pela combinação de ambas, eletromiográfica e cinética (4 análises). Em contrapartida, a análise cinemática – de forma isolada -, não foi realizada em nenhum dos estudos dos autores citados neste estudo. Outros tipos de análises biomecânicas também foram realizados em alguns dos estudos citados nesta revisão de literatura, como também outras combinações entre as análises cinética, cinemática e eletromiográfica, porém em menor número.

Esta maior ocorrência da análise biomecânica eletromiográfica, se dá entre outros motivos, por sua maior “popularidade” entre os pesquisadores, além da facilidade/simplicidade de aquisição de dados, quando comparada, por exemplo, com a análise biomecânica cinemática, onde equipamentos sofisticados e de alto custo se fazem necessários, especialmente quando ela é realizada em 3D, necessitando-se de várias câmeras filmadoras digitais, softwares específicos, calibradores, etc.

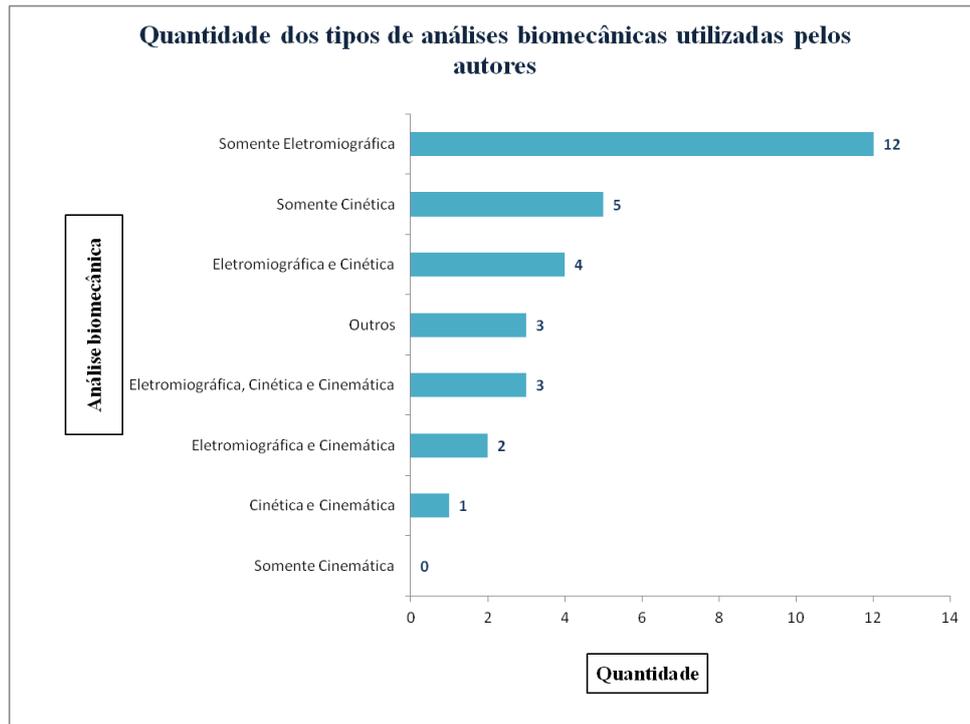
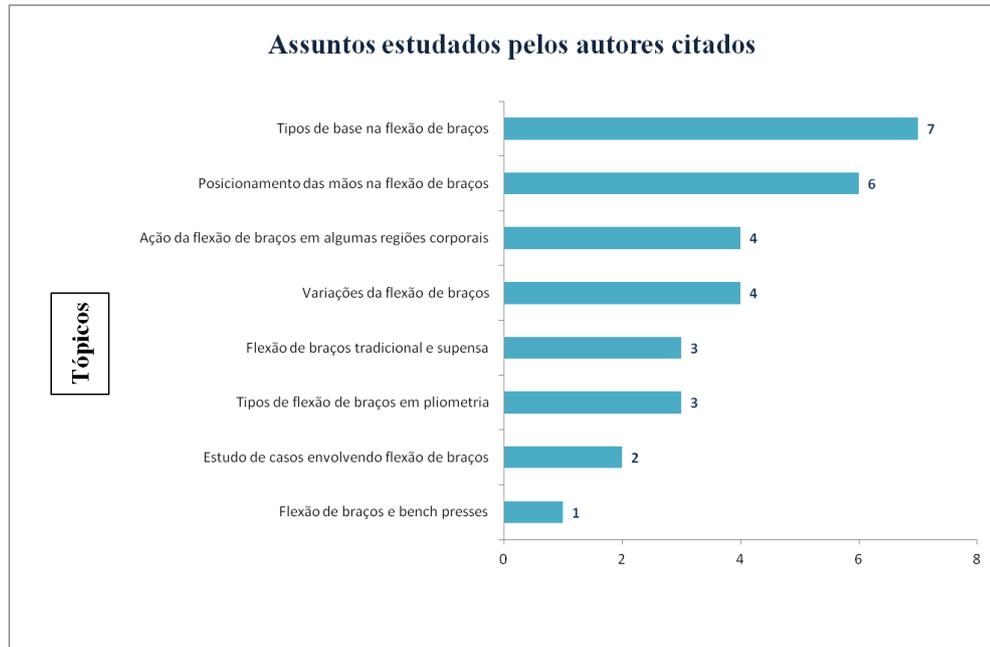


Gráfico 3. Quantidade dos tipos de análises biomecânicas utilizadas pelos autores.

O gráfico 4, que se segue, aponta alguns dos assuntos estudados pelos autores citados nesta revisão de literatura.



*Gráfico 4. Assuntos estudados pelos autores citados.*

No *quadro 1*, estão os músculos e estruturas estudadas pelos autores desta revisão de literatura.

<b>Autor</b>	<b>Musculatura e/ou estrutura estudada pelos autores citados</b>
Maeo, S. <i>et. al.</i>	<i>Latíssimo do dorso, cabeça longa do tríceps braquial, cabeça longa do bíceps braquial, reto abdominal, oblíquo externo, oblíquo interno e eretor da espinha.</i>
Snarr, R. L., Escó, M. R.	<i>Peitoral maior, deltóide anterior e tríceps braquial</i>
Kim, G, Kim, S.	<i>Multífido</i>
Vaseghi, B. <i>et. al.</i>	<i>Porção superior e inferior do trapézio, bíceps braquial, redondo maior, serrátil anterior e deltóide posterior.</i>
Seo, S. <i>et. al.</i>	<i>Serrátil anterior, porção superior, medial e inferior do trapézio e latíssimo do dorso.</i>
Yoon, J., Lee, H.	<i>Porção superior do trapézio, serrátil anterior, latíssimo do dorso e infraespinhoso.</i>
Anastasia, T. <i>et. al.</i>	<i>Tríceps braquial, deltóide, peitoral maior, serrátil anterior e multífido</i>
García-Massó, X.	<i>Peitoral maior, tríceps braquial, deltóide anterior e oblíquo externo.</i>
Kim, J. <i>et. al.</i>	<i>Serrátil anterior, porção superior do trapézio, oblíquo externo e oblíquo interno.</i>
Chow, P. <i>et. al.</i>	<i>Peitoral maior, cabeça longa do tríceps, bíceps braquial, supra-espinhoso, deltóide médio, deltóide anterior e deltóide posterior.</i>
Park, S, Yoo, W.	<i>Serrátil anterior e trapézio.</i>
Youdas, J. W.	<i>Peitoral maior, tríceps braquial, serrátil anterior e deltóide posterior</i>
Maenhout, E. <i>et. al.</i>	<i>Trapézio superior e serrátil anterior.</i>
Borstad, J. D. <i>et. al.</i>	<i>Serrátil anterior, porção superior do trapézio, porção inferior do trapézio e infraespinhoso.</i>
Beach, T. A. C. <i>et. al.</i>	<i>Reto abdominal, oblíquo externo, oblíquo interno, latíssimo do dorso e eretor da espinha em seus respectivos níveis: T9, L3 e L5.</i>
Lehman, G. J. <i>et. al.</i>	<i>Porção superior e inferior do trapézio, serrátil anterior e bíceps braquial.</i>
Howarth, S. <i>et. al.</i>	<i>Reto abdominal, transverso abdominal, oblíquo externo, oblíquo interno, grande dorsal, eretor da coluna torácica, eretor da coluna lombar, psoas, quadrado lombar e multífido.</i>
Tucker, W. S. <i>et. al.</i>	<i>Serrátil anterior, porção medial do trapézio e porção inferior do trapézio</i>
Gouvali, M. K.	<i>Peitoral maior e tríceps braquial.</i>
Cogley, R. M.	<i>Peitoral maior e tríceps braquial</i>
Freeman, S. <i>et. al.</i>	<i>Reto abdominal, oblíquo interno/externo, latíssimo do dorso e eretor da coluna lombar (Bilaterais) e peitoral maior, cabeça longa do bíceps braquial, cabeça lateral do tríceps braquial e deltóide anterior (Lado direito do corpo).</i>
Lou, S. <i>et. al.</i>	<i>Articulação do cotovelo</i>
Vossen, J. F. <i>et. al.</i>	<i>Peitoral e cintura escapular</i>
Donkers, M. J. <i>et. al.</i>	<i>Articulação do cotovelo</i>

*Quadro 1. Músculos e/ou estruturas estudadas pelos autores citados nesta revisão de literatura.*

No quadro 2, destaca-se o número dos indivíduos pesquisados pelos autores e o tipo de análise biomecânica a que cada um fora submetido.

	<b>Autores</b>	<b>Ano</b>	<b>Sujeitos</b>	<b>Análises biomecânicas</b>
1	Maeo, S. <i>et. al.</i>	2014	20 homens – estudantes de Ed. Física – com média de idade de 21,4 ( $\pm$ 2,3 anos).	<i>Eletromiográfica e Cinética</i>
2	Snarr, R. L., Esco, M. R.	2013	21 sujeitos, sendo 15 homens com média de idade de 25,93 ( $\pm$ 3,67 anos) 6 mulheres com média de idade de 23,50 ( $\pm$ 1,97 anos).	<i>Eletromiográfica</i>
3	Kim, G, Kim, S.	2013	30 pacientes que apresentaram dor lombar durante 3 meses	<i>Eletromiográfica</i>
4	Vaseghi, B. <i>et. al.</i>	2013	30 indivíduos participaram da pesquisa, sendo 17 homens e 13 mulheres com idades entre 18 e 36 anos.	<i>Eletromiográfica</i>
5	Seo, S. <i>et. al.</i>	2013	10 sujeitos do sexo masculino, com média de idade de 24,6 anos.	<i>Eletromiográfica</i>
6	Yoon, J., Lee, H.	2013	20 homens	<i>Eletromiográfica e Cinemática</i>
7	Koch, J. <i>et. al.</i>	2012	22 homens participaram deste estudo com média de idade de 25,9 ( $\pm$ 1,3 anos).	<i>Cinética</i>
8	Anastasia, T. <i>et. al.</i>	2012	11 jovens homens saudáveis idade (22,5 $\pm$ 2,4 anos)	<i>Eletromiográfica e Cinética</i>
9	Chulvi-Medrano, I. <i>et. al.</i>	2012	30 homens jovens saudáveis, com idade de (24,97 $\pm$ 3,09 anos).	<i>*Estudo somente da resistência</i>
10	García-Massó, X.	2011	27 homens fizeram parte do estudo, com média de idade de 22,44 ( $\pm$ 0,31 anos).	<i>Eletromiográfica e Cinética</i>
11	Ebben, W. P.	2011	14 homens com idade = 22,5 $\pm$ 3,6 anos e 9 mulheres com idade = 21,1 $\pm$ 1,6 ano.	<i>Cinética</i>
12	Suprak, D. N.	2011	28 homens participaram do estudo (idade de 33,62 $\pm$ 8,59 anos).	<i>Cinética</i>
13	Kim, J. <i>et. al.</i>	2011	14 Homens. Todos com o lado direito dominante. Idade = 23,7 $\pm$ 2,32 anos.	<i>Eletromiográfica</i>
14	Chow, P. <i>et. al.</i>	2011	15 homens com idade média de 19,8 ( $\pm$ 1,4 anos).	<i>Eletromiográfica e Cinética</i>
15	Park, S, Yoo, W.	2011	12 homens (24,6 $\pm$ 2,4 anos)	<i>Eletromiográfica</i>
16	Youdas, J. W.	2010	11 homens (24,9 $\pm$ 2,6 anos) e 9 mulheres (23,8 $\pm$ 1 ano)	<i>Eletromiográfica</i>
17	Maenhout, E. <i>et. al.</i>	2010	32 estudantes de fisioterapia, sendo 16 homens e 16 mulheres com média de idade de 22,88 ( $\pm$ 2,43 anos).	<i>Eletromiográfica</i>
18	Borstad, J. D. <i>et. al.</i>	2009	28 voluntários, sendo 12 homens com idade média de 25,9 anos e 16 mulheres com idade média de 24,6 anos.	<i>Eletromiográfica e Cinemática</i>
19	Beach, T. A. C. <i>et. al.</i>	2008	11 homens com idade média de 27,4 ( $\pm$ 0,8 anos).	<i>Eletromiográfica, Cinética e Cinemática</i>
20	Lehman, G. J. <i>et. al.</i>	2008	10 homens com idade de (26,3 $\pm$ 1,1 anos).	<i>Eletromiográfica</i>
21	Howarth, S. <i>et. al.</i>	2008	11 homens com média de idade de 27,4 anos.	<i>Eletromiográfica, Cinética e Cinemática</i>
22	Tucker, W. S. <i>et. al.</i>	2008	(13 mulheres com idade = 19,69 $\pm$ 1,55 anos e 15 homens com idade = 22,00 $\pm$ 3,91 anos).	<i>Eletromiográfica</i>
23	Toya, N. <i>et. al.</i>	2007	1 mulher com 27 anos de idade	<i>*Ultrassonografia e tomografia computadorizada .</i>
24	Gouvali, M. K.	2005	8 homens com média de idade de 20,5 $\pm$ 0,4 anos.	<i>Eletromiográfica, Cinética e Cinemática</i>
25	Cogley, R. M.	2005	11 homens (24,3 $\pm$ 6,4 anos) e 29 mulheres (24,3 $\pm$ 15,8 anos)	<i>Eletromiográfica</i>
26	Freeman, S. <i>et. al.</i>	2005	10 sujeitos, sendo 9 homens e 1 mulher (idade 22–34 anos, média = 24)	<i>Eletromiográfica</i>
27	Lou, S. <i>et. al.</i>	2001	10 homens saudáveis, com idades entre 23 e 29 anos (média = 26,1 anos).	<i>Cinética e Cinemática</i>
28	Vossen, J. F. <i>et. al.</i>	2000	18 mulheres com média de idade de 17,4 ( $\pm$ 2,1 anos) e 17 mulheres com média de idade de 17,3 ( $\pm$ 2,1 anos).	<i>Cinética</i>
29	Mikawa, Y. <i>et. al.</i>	1994	Homen de 52 anos de idade	<i>*Tomografia computadorizada e ressonância magnética .</i>
30	Donkers, M. J. <i>et. al.</i>	1993	9 homens entre 20 e 30 anos de idade	<i>Cinética</i>

\* Outros tipos de análises utilizadas pelos autores citados.

Quadro 2. Indivíduos pesquisados pelos autores citados e o tipo de análise biomecânica.

### 9.1. Influência dos diferentes tipos de bases de apoio no movimento de flexão de braços

Quando mudamos a posição das mãos na flexão de braços, os tipos de base neste exercício também causam diferenças significativas em diferentes aspectos, como o nível de ativação mioelétrica nos músculos envolvidos, aumentos de força, além de auxiliar na estabilização de algumas estruturas corporais. Destacam-se importantes pesquisas descrevendo alguns destes aspectos investigados.

Lehman *et. al.* (2008) procuraram determinar em seu estudo, as influências da atividade eletromiográfica nos *músculos escápulo-torácicos*, nas variações da flexão de braços, realizados numa superfície instável (*bola suíça*) e numa superfície estável (*banco*). Os indivíduos estudados foram dez homens com idade entre 25 e 27,5 anos. Os músculos estudados foram: *porção superior e inferior do trapézio, serrátil anterior e bíceps braquial*. Concluiu-se que não houve diferença estatística significativa na atividade eletromiográfica com a incorporação da *bola suíça* na flexão de braços em comparação com o mesmo movimento realizado no *banco*. Diferenças significantes na atividade mioelétrica foram vistas na *porção superior do trapézio e serrátil anterior* como resultado da mudança da posição dos pés em relação à posição das mãos, sendo irrelevante o tipo de superfície.

O estudo realizado por Kim, J. *et. al.* (2011) comparou a ativação dos músculos dos ombros e do tronco durante a flexão de braços em três diferentes variações, todas elas com a articulação do joelho dominante estendida: (1) joelho de apoio numa esteira; (2) joelho de apoio numa superfície instável e (3) com carga aplicada na perna estendida. Procurou-se determinar quais seriam os mais apropriados exercícios para o fortalecimento seletivo do músculo *serrátil anterior* e dos músculos abdominais. Foram tomados quatorze indivíduos saudáveis, sendo oito homens e seis mulheres com idades entre 21 e 26 anos, todos com dominância em seu lado direito, e preenchidos todos os requisitos para a realização do estudo. Os músculos estudados foram: *serrátil anterior, porção superior do trapézio, oblíquo externo e oblíquo interno*. Concluiu-se que a ativação mioelétrica dos músculos *oblíquo externo e oblíquo interno* foi maior nos exercícios realizados sobre uma superfície instável, comparada aos exercícios realizados sobre uma superfície estável. Portanto, o exercício realizado sobre uma superfície instável ativou os músculos do ombro e fortaleceu o músculo *oblíquo interno*, melhorando a estabilização lombar. Observaram-se diferenças significantes na atividade mioelétrica do músculo *serrátil anterior*, entre as variantes condições dos exercícios. Com a perna dominante estendida e o joelho de apoio sobre uma superfície estável, produziu-se

maior atividade no músculo *serrátil anterior* e sobre uma superfície instável, produziu-se maior atividade nos músculos oblíquo interno e oblíquo externo.

Park e Yoo (2011) realizaram um estudo onde a flexão de braços foi executada em duas diferentes situações: (1) com as mãos apoiadas sobre uma superfície estável e (2) com as mãos apoiadas sobre uma superfície instável. Em ambas as situações, os pés ficaram apoiados no solo, portanto, sobre uma superfície estável. Doze homens voluntários, entre 22 e 27 anos, participaram e concluíram o estudo. Os músculos estudados foram: *serrátil anterior* e *trapézio*. Pôde-se concluir que existiu uma maior ativação na porção inferior do músculo *serrátil anterior* durante a flexão de braços realizada na base instável, requisitando, portanto, de uma maior estabilidade da articulação quando comparado à base estável. Adicionalmente, foi confirmado que o músculo *serrátil anterior* mostrou grande ativação na flexão de braços em isometria (4''), do que na posição tradicional.

Em sua pesquisa, Chulvi-Medrano *et. al.* (2012) objetivaram comparar o desenvolvimento da força, entre a flexão de braços realizada em superfícies estáveis, àquela realizada em superfícies instáveis. Para isto, contou com trinta homens jovens e saudáveis, com idade de 22 a 28 anos. Estes indivíduos adquiriram experiência em treinamentos de resistência, participando dos exercícios de flexão de braços dois dias por semana, durante oito semanas, em uma das três diferentes superfícies de apoio: (1) no chão; (2) no *T-Bow®*; (3) no *BOSU®*. Chegou-se à conclusão de que a adição de superfícies instáveis em treinamentos com flexão de braços não fornece melhorias significativas na força e na resistência muscular, quando comparadas ao treinamento realizado em uma superfície estável.

Em outro estudo realizado por Vaseghi *et. al.* (2013) investigou-se os efeitos da base de apoio e das cargas externas no início da atividade eletromiográfica nos músculos dos ombros em algumas variações da flexão de braços. Participaram do estudo trinta indivíduos, sendo dezessete homens e treze mulheres com idades entre 18 e 36 anos. Os músculos estudados foram: as porções: *superior e inferior do trapézio, bíceps braquial, redondo maior, serrátil anterior e deltóide posterior*. Foram realizados movimentos de flexão de braços em cinco diferentes posições: (1) movimento de flexão de braços sem carga externa e com ambas as mãos sobre uma superfície estável (posição tradicional); (2) flexão de braços com carga externa, referente a 2% do peso corporal, com ambas as mãos sobre uma superfície estável; (3) flexão de braços com carga externa, referente a 4% do peso corporal, com ambas as mãos sobre uma superfície estável; (4) flexão de braços com a mão dominante no centro de uma plataforma instável e a outra mão sobre uma superfície estável; (5) flexão de braços com a mão dominante sobre uma *medicine ball*, colocada no centro de uma plataforma instável e a

outra mão sobre uma superfície estável. Concluiu-se que, tanto as cargas externas, quanto a instabilidade da base de apoio, reduziram o tempo de início da atividade eletromiográfica, mas ainda com maiores valores para a base de apoio.

Seo *et. al.* (2013) em sua pesquisa, compararam dois tipos de movimentos de flexão de braços: uma numa base de apoio estável e a outra numa base de apoio instável. Os músculos analisados foram: *serrátil anterior, porção superior, medial e inferior do trapézio e latíssimo do dorso*. Foram estudados dez indivíduos do sexo masculino, com média de idade de 24,6 anos. Foram quatro as variações do movimento de flexão de braços: (1) posição tradicional da flexão de braços com as mãos apoiadas sobre uma cadeira (*base estável*); (2) posição com os joelhos apoiados no solo e com as mãos apoiadas sobre uma cadeira (*base estável*); (3) posição tradicional da flexão de braços com as mãos apoiadas sobre uma *medicine ball* (*base instável*); (4) posição com os joelhos apoiados no solo e com as mãos apoiadas sobre uma *medicine ball* (*base instável*). Concluiu-se que o movimento de flexão de braços tradicional realizado em uma base instável de apoio, ajuda a aumentar a atividade muscular, especialmente no músculo trapézio em sua porção superior e medial e no músculo *serrátil anterior*.

Recentemente, Yoon e Lee (2013) em seu estudo, examinaram a atividade eletromiográfica na musculatura periscapular e também uma análise cinemática da flexão de braços, com os membros inferiores apoiados sobre uma superfície estável (banco) e sobre uma superfície instável (bola elástica). Vinte homens se voluntariaram para o estudo. Os músculos estudados foram: *porção superior do trapézio, serrátil anterior, latíssimo do dorso e infraespinhoso*. Eles realizaram os movimentos de flexão de braços em 2 posições: (1) com os pés apoiados sobre o banco; (2) com os pés apoiados sobre uma bola elástica. Chegou-se à conclusão de que, quando a flexão de braços é realizada sobre uma superfície instável, o recrutamento dos músculos da região periscapular contribui para a estabilização da escápula.

De acordo com o *quadro 3*, os estudos realizados por Seo *et. al.* (2013), Yoon, J. (2013), Kim, J. *et. al.* (2011) e Park (2011), mostraram que a flexão de braços realizada sob uma base instável, comparada à realizada sobre uma base estável, contribuiu para o aumento da atividade eletromiográfica em alguns músculos e da estabilidade articular. Já nos estudos realizados por Chulvi-Medrano *et. al.* (2012) e Lehman *et. al.* (2008), a realização do exercício em base instável, comparado ao realizado sobre uma base estável, não forneceu melhorias significativas na força, na resistência muscular, além de não se observar diferença estatística no aumento da atividade eletromiográfica.

Autor	Ano	Influência dos tipos de base de apoio na flexão de braços	Conclusões
Vaseghi, B. <i>et. al.</i>	2013	(1) flexão de braços sem carga externa e com ambas as mãos sobre uma superfície estável (posição tradicional); (2) flexão de braços com carga externa, referente a 2% do peso corporal, com ambas as mãos sobre uma superfície estável; (3) flexão de braços com carga externa, referente a 4% do peso corporal, com ambas as mãos sobre uma superfície estável; (4) flexão de braços com a mão dominante no centro de uma plataforma instável e a outra mão sobre uma superfície estável; (5) flexão de braços com a mão dominante sobre uma Medicine ball colocada no centro de uma plataforma instável e a outra mão sobre uma superfície estável.	Concluiu-se que tanto as cargas externas quanto a instabilidade da base de apoio, reduziram o tempo de início da atividade EMG, mas ainda com maiores valores para a base de apoio.
Seo, S. <i>et. al.</i>	2013	(1) Posição tradicional da flexão de braços com as mãos apoiadas sobre uma cadeira (base estável); (2) posição com os joelhos apoiados no solo e com as mãos apoiadas sobre uma cadeira (base estável); (3) posição tradicional da flexão de braços com as mãos apoiadas sobre uma medicine ball (base instável); (4) posição com os joelhos apoiados no solo e com as mãos apoiadas sobre uma medicine ball (base instável).	Concluiu-se que a flexão de braços tradicional realizada em uma base instável de apoio, ajuda a aumentar a atividade muscular, especialmente no músculo trapézio em sua porção superior e medial e no músculo serrátil anterior.
Yoon, J., Lee, H.	2013	2 posições: (1) com os pés apoiados sobre o banco; (2) com os pés apoiados sobre uma bola elástica.	Chegou-se a conclusão de que quando a flexão de braços é realizada sobre uma superfície instável, o recrutamento dos músculos da região periscapular ajuda na estabilização da escápula.
Chulvi-Medrano, I. <i>et. al.</i>	2012	(1) No chão; (2) no T-Bow®; (3) no BOSU®.	Chegou-se a conclusão que a adição de superfícies instáveis em treinamento com a flexão de braços, não fornece melhorias significativas na força e na resistência muscular, quando comparadas ao treinamento realizado em uma superfície estável.
Kim, J. <i>et. al.</i>	2011	3 diferentes variações, todas elas com a articulação do joelho dominante estendida: (1) joelho de apoio numa esteira; (2) joelho de apoio numa superfície instável e (3) com carga aplicada na perna estendida.	Concluiu-se que a ativação muscular do músculo <i>oblíquo externo</i> e <i>oblíquo interno</i> , foi maior na flexão de braços realizadas sobre uma superfície instável, comparada às flexões de braços realizadas sobre uma superfície estável. Portanto, a flexão de braços realizada sobre uma superfície instável ativou os músculos do ombro e fortaleceu o músculo <i>oblíquo interno</i> , melhorando a estabilização lombar. Observaram-se diferenças significantes na atividade mioelétrica do músculo <i>serrátil anterior</i> , entre as condições das flexões de braços. Com a perna dominante estendida e o joelho de apoio sobre uma superfície estável, produziu-se maior atividade no músculo <i>serrátil anterior</i> e sobre uma superfície instável, produziu-se maior atividade nos músculos <i>oblíquo interno</i> e <i>oblíquo externo</i> .
Park, S, Yoo, W.	2011	2 diferentes situações: (1) com as mãos apoiadas sobre uma superfície estável e (2) com as mãos apoiadas sobre uma superfície instável.	Pôde-se concluir que existiu uma maior ativação na porção inferior do músculo serrátil anterior durante a flexão de braços realizada na base instável, requisitando, portanto de uma maior estabilidade da articulação quando comparado à base estável. Adicionalmente, foi confirmado que o músculo serrátil anterior mostrou grande ativação na flexão de braços em isometria (4 <sup>o</sup> ), do que na posição tradicional.
Lehman, G. J. <i>et. al.</i>	2008	Superfície instável (Bola suíça) e numa superfície estável (Banco).	Concluiu-se que não houve diferença estatística significativa na atividade EMG com a incorporação da Bola suíça na flexão de braços em comparação com o mesmo movimento realizado no Banco. Diferenças significantes na atividade muscular foram vistas na porção superior do trapézio e serrátil anterior como resultado da mudança da posição dos pés em relação à posição das mãos, sendo irrelevante o tipo de superfície.

Quadro 3. Influência dos tipos de base de apoio na flexão de braços

## 9.2. Influência do posicionamento das mãos no movimento de flexão dos braços

As diferentes formas de posicionamento das mãos na flexão de braços fazem com que ocorram diferenças significativas em vários aspectos deste exercício, como por exemplo, dos níveis de ativação mioelétrica nos músculos envolvidos, na mudança do *CP* (centro de pressão) (YOUDAS & BUDACH, 2010), entre outros.

O estudo proposto por Donkers *et. al.* (1993) investigou o movimento e as forças atuantes nas extremidades superiores de nove homens entre vinte e trinta anos de idade e em seis diferentes posições da flexão de braços: (1) posição normal das mãos, (2) com as mãos afastadas, (3) com as mãos juntas, (4) com as mãos separadas distantes 15 cm da posição normal na direção cefálica e (5) na direção caudal, e, se conseguissem, os indivíduos também foram orientados a realizar a flexão de braços (6) com apenas uma das mãos. A análise dos padrões de carga sobre o cotovelo durante um movimento de flexão de braços realizado nas várias posições produziu distintas conclusões: a) as forças axiais de pico exercidas sobre a articulação do cotovelo para a posição “normal” das mãos foram reduzidas significativamente quando as mãos foram posicionadas nas posições “distante” ou “superior” a partir da posição “normal”, numa média de 45% do peso do corpo. Ao realizarem a flexão de braços com apenas uma das mãos as forças axiais aumentaram 31% para cada indivíduo; b) o pico de torque na posição “normal” apresentou tendência para produzir flexão do cotovelo, mensurado em 56% do máximo torque extensor isométrico (2.305,9 N.cm), significativamente diferente nas posições das mãos “distantes” e “juntas”, com torque isométrico máximo de 29% e 71%, respectivamente. O Pico de torque de flexão-extensão para a posição com apenas uma das mãos na flexão de braços aumentou em 71% para cada sujeito; c) o torque máximo em torno do eixo do antebraço tendeu a produzir pronação, com um valor médio 35% do torque supinador isométrico máximo (315,4 N.cm); d) quando das mãos posicionadas superiormente, o torque máximo valgo no cotovelo, oposto das estruturas ligamentares mediais do cotovelo, apresentou-se significativamente aumentado (mensurado em 1241 N.cm). O pico de torque valgo aumentou 42% quando realizada a flexão de braços com apenas uma das mãos.

No estudo de Lou *et. al.* (2001), foram realizadas investigações cinéticas e cinemáticas na articulação do cotovelo durante a flexão de braços. Foram selecionados dez homens saudáveis, com idades entre 23 e 29 anos, orientados a realizar a flexão de braços em três posições rotacionais: (1) mãos neutras, (2) mãos em rotação interna em 90° e (3) mãos em

rotação externa em 90°. Concluiu-se que forças de cisalhamento muito maiores, surgirão na execução da flexão de braços com as mãos rotacionadas internamente. Assim sendo, estas posições devem ser evitadas quando as referidas forças de cisalhamento não forem desejadas.

Cogley & Archambault (2005) buscaram em seu estudo, analisar a atividade eletromiográfica dos músculos *peitoral maior* e *tríceps braquial* na flexão de braços, em quarenta indivíduos saudáveis, sendo onze homens e vinte e nove mulheres, com idade entre 22 e 39 anos, em três diferentes posições: (1) com as mãos na largura dos ombros; (2) base larga e (3) base estreita. Mostrou-se significativamente maior a atividade eletromiográfica na posição de flexão de braços (3), quando comparada às posições (1) e (2), tanto no músculo *peitoral maior*, quanto no músculo *tríceps braquial* e em ambos os sexos.

Freeman *et. al.* (2005) realizaram um estudo, com o intuito de quantificar a atividade eletromiográfica da musculatura da parede abdominal e dos músculos extensores das costas durante vários estilos da flexão de braços. Foram estudados dez indivíduos, sendo nove homens e uma mulher, com idade variando de 22 a 34 anos, sendo que um deles era atleta profissional de futebol e outro, foi corredor em nível olímpico. Foram estudadas oito formas de execução da flexão de braços: a) flexão de braços tradicional, b) com apenas um braço, c) colocação de mãos desiguais: esquerda à frente, d) colocação de mãos desiguais: direita à frente, e) batendo palmas, f) uma mão apoiada sobre bola, g) ambas as mãos apoiadas sobre bola, e h) cada mão em uma bola. Os sinais mioelétricos foram coletados nos músculos: *reto abdominal*, *oblíquo interno/externo*, *latíssimo do dorso* e *erector da coluna lombar*. Adicionalmente, outros músculos foram monitorados somente no lado direito do corpo: *peitoral maior*, *cabeça longa do bíceps braquial*, *cabeça lateral do tríceps braquial* e *deltóide anterior*. Este estudo revelou que os movimentos mais balísticos, ou seja, mais dinâmicos com o movimento das mãos, exigiram maior ativação muscular e maior sobrecarga sobre a espinha superior, enquanto que, colocar bolas instáveis sob as mãos só resultou em modestos aumentos da sobrecarga na região da coluna. No músculo *reto abdominal* a ativação mostrou-se significativamente maior de um lado do que no outro, quando a mão oposta estava mais a frente apoiada. A flexão de braços apoiada com apenas uma das mãos, resultou numa maior compressão na região da coluna.

Youdas *et. al.* (2010) em seu estudo, compararam por meio da eletromiografia de superfície (sEMG), a ativação muscular na flexão de braços em duas situações: tradicional (com as mãos apoiadas diretamente no solo) e com o aparelho *Perfect Push-up*<sup>TM</sup> (em 3 diferentes posições das mãos): (1) com a distância das mãos na largura dos ombros; (2) base

larga e (3) base estreita. Os dados eletromiográficos foram coletados sobre os músculos *peitoral maior*, *tríceps braquial*, *deltóide posterior* e *serrátil anterior*. Foram recrutados vinte indivíduos saudáveis, sendo onze homens (entre 22 e 27,5 anos) e nove mulheres (entre 23 e 25 anos). Observou-se que existiram diferenças significativas na atividade eletromiográfica entre as bases (1), (2) e (3) em algumas musculaturas, enquanto que em outros músculos, a atividade eletromiográfica não apresentou mudanças significativas.

Autor	Ano	Influência do posicionamento das mãos na flexão de braços	Conclusões
Anastasia, T. <i>et. al.</i>	2012	6 Posições: posição tradicional (1), mãos afastadas (2), mãos encostadas (3), pés acima da posição das mãos (4), posição de joelhos (5) e mãos acima da posição dos pés (6).	Concluiu-se que a flexão de braços ativa vários grupos musculares como <i>peitoral maior</i> , <i>tríceps braquial</i> e <i>serrátil anterior</i> . Além disso, a pesquisa mostrou que há mudanças no deslocamento do CP entre as extremidades superiores.
Youdas, J. W.	2010	3 Posições: Largura dos ombros (A), base larga (B) e base estreita (C)	Observou-se que existiram diferenças significativas na atividade eletromiográfica entre as bases (A), (B) e (C) em alguns músculos, enquanto não em outros.
Cogley, R. M.	2005	3 Posições: Largura dos ombros (A), base larga (B) e base estreita (C)	Maior atividade eletromiográfica na posição <i>base estreita</i> (C) em relação às anteriores, nos músculos <i>peitoral maior</i> e <i>tríceps braquial</i>
Freeman, S. <i>et. al.</i>	2005	8 formas de execução da flexão de braços: flexão de braços tradicional (A), apenas um braço (B), colocação de mão desigual: esquerda para frente (C), colocação de mão desigual: direita para frente (D), batendo palmas (E), uma mão na bola (F), ambas as mãos na bola (G) e cada mão em uma bola (H).	O estudo revelou que os movimentos balísticos sobrecarregaram mais a coluna lombar; No músculo reto abdominal direito, com as mãos colocadas desigualmente para a frente (direita e esquerda), a ativação foi significativamente maior do que no lado esquerdo; e a flexão de braços apoiada com apenas uma das mãos, resultou numa maior compressão da coluna.
Lou, S. <i>et. al.</i>	2001	(1) mãos neutras, (2) mãos em rotação interna em 90° e (3) mãos em rotação externa em 90°.	Concluiu-se que a flexão de braços com as mãos na posição em rotação interna, irá gerar maiores forças de cisalhamento. Sendo assim, estas posições devem ser evitadas quando as referidas forças de cisalhamento não forem desejadas.
Donkers, M. J. <i>et. al.</i>	1993	(1) Posição das mãos normal; (2) mãos afastadas; (3) mãos juntas; (4 e 5) mãos separadas e distantes 15cm da posição normal nas direções cefálica e caudal, respectivamente e (6) com apenas uma das mãos.	(1) As forças axiais de pico exercidas sobre a articulação do cotovelo, foram reduzidas significativamente quando as mãos foram posicionadas nas posições “distante” ou “superior” a partir da posição “normal”. As forças axiais aumentaram 31% para cada sujeito, ao realizarem uma flexão de braços com apenas uma das mãos; (2) O pico de torque na posição “normal” apresentou tendência para produzir flexão do cotovelo; (3) o torque máximo em torno do eixo do antebraço tendeu a produzir pronação e (4) O torque máximo valgo no cotovelo, oposto das estruturas ligamentares mediais do cotovelo, foi aumentado significativamente, se as mãos estivessem posicionadas superiormente. O pico de torque valgo aumentou 42% quando realizada a flexão de braços com apenas uma das mãos.

Quadro 4. Influência do posicionamento das mãos na flexão de braços

Anastasia *et. al.* (2012) realizaram um estudo em onze jovens homens saudáveis, praticantes regulares de algum tipo de atividade física, com idade entre 20 e 25 anos e com índice de massa corporal (IMC) inferior a 25. Analisou-se através da eletromiografia de superfície (sEMG) e da análise cinética, o resultado dos dados coletados em 6 diferentes posições da flexão de braços. As posições são: 1) flexão de braços tradicional, onde as mãos foram posicionadas logo abaixo da articulação glenoumeral, com as palmas paralelas. Os pés foram apoiados sobre um paralelogramo de metal, enquanto que as mãos ficaram apoiadas sobre um estabilômetro. 2) posição de mãos afastadas, onde os sujeitos foram orientados a permanecer na mesma posição, colocando suas mãos numa distância 50% maior que a largura dos ombros. 3) posição de mãos encostadas, onde as mãos ficaram numa posição em forma de “diamante”, ou seja, com os dedos polegares e indicadores de ambas as mãos encostados. 4) posição dos pés acima da posição das mãos, onde os pés foram colocados em uma superfície estável, a 30 cm acima do solo, e esta posição se assemelhava à posição 1. A diferença na altura final das mãos foi de 20 cm. 5) posição de flexão de braços com os joelhos apoiados no solo, onde as mãos foram colocadas na mesma forma que na posição 1. A pelve e o tronco foram baixados simultaneamente. 6) flexão de braços com as mãos acima da posição dos pés, onde as mãos foram colocadas sobre uma superfície 30 cm acima do chão. Os pés permaneceram sobre o paralelogramo de metal como na posição 1. A diferença na altura final, a partir dos pés foi de 20 cm. Como conclusão do estudo, observou-se que os exercícios de extensão de braços ativam muitos grupos musculares, como o *peitoral maior*, *tríceps braquial* e *serrátil anterior*. Além disso, a presente pesquisa mostrou que há mudanças na ativação muscular, no deslocamento do *CP* (centro de pressão) e nas forças verticais entre a extremidade superior esquerda e direita. Isto se dá, provavelmente, devido ao fato de cada indivíduo tentar manter o equilíbrio. Mesmo não havendo nenhuma pesquisa que mencione a prevalência do uso de um dos membros superiores na flexão de braços, a constatada maior distribuição do peso sobre a mão direita em todas as posições, permanece um mistério.

### 9.3. Ação do movimento de flexão de braços em algumas regiões corporais

Quatro estudos sobre as ações biomecânicas da flexão de braços em algumas regiões e/ou musculaturas do corpo, serão descritas a seguir:

Howarth *et. al.* (2008) quantificaram as contribuições relativas de cada grupo muscular para a rigidez de rotação articular da coluna vertebral (VJRS) entre as vértebras: L1-L2 até L5-S1, durante a flexão de braços. Foram realizadas pesquisas cinéticas, eletromiográficas e cinemáticas da porção superior do corpo, analisando-se bilateralmente os músculos: *reto abdominal*, *transverso abdominal*, *oblíquo externo*, *oblíquo interno*, *grande dorsal*, *erector da coluna torácica*, *erector da coluna lombar*, *psaos*, *quadrado lombar* e *multifido*. Foram estudados onze homens com média de idade de 27,4 anos. Os resultados mostraram que em média, contribuíram para a VJRS: os *músculos abdominais* na flexão/extensão ( $64,32\% \pm 8,50\%$ ), curvatura lateral ( $86,55 \pm 1,13\%$ ) e eixo de rotação axial ( $83,84 \pm 1,95\%$ ), respectivamente. O *reto abdominal* contribuiu em ( $43,16 \pm 3,44\%$ ) para a VJRS em torno do eixo de flexão/extensão em cada articulação lombar. O oblíquo externo e o oblíquo interno contribuíram, respectivamente, em ( $52,61 \pm 7,73\%$ ) e ( $62,13 \pm 8,71\%$ ) para a VJRS na curvatura lateral e nos eixos de rotação axial, respectivamente, em todas as articulações lombares com exceção de L5-S1. Devido a alterações no momento do comprimento do braço, o *oblíquo externo* e o *oblíquo interno* contribuíram respectivamente, em ( $55,89\%$ ) e ( $50,01\%$ ) para a VJRS sobre a rotação axial e inclinação lateral nos eixos em L5-S1. O músculo transverso abdominal, *multifido*, e os *extensores da coluna*, contribuíram minimamente para a VJRS durante a flexão de braços. Portanto, a flexão de braços estimula a musculatura abdominal para manter a VJRS. Além disso, a orientação dos músculos abdominais sugere que cada músculo controla principalmente a rigidez de rotação em torno de um único eixo.

No trabalho de Tucker *et. al.* (2008), o objeto de estudo foi comparar a quantidade de ativação muscular em três músculos da cintura escapular (*serrátil anterior*, *porção medial do trapézio* e *porção inferior do trapézio*), durante exercícios *cuff link* e numa das formas de execução padrão da flexão de braços. Participaram da pesquisa trinta e quatro indivíduos, sendo treze mulheres com idade entre 18 e 21 anos e quinze homens com idade entre 18 e 26 anos; porém, somente vinte e oito participantes completaram com sucesso os procedimentos do teste. Concluiu-se que a flexão de braços, demonstrou maiores níveis de ativação da musculatura *medial do trapézio* e *inferior do trapézio*, quando comparado ao exercício *cuff*

*link*. No entanto, a flexão de braços apresentou uma elevada taxa de insucesso entre os participantes. Devido à ativação dos níveis do *serrátil anterior* serem semelhantes, o *cuff link* pode ser uma alternativa apropriada para os indivíduos que não têm força suficiente nos membros superiores do corpo para realizar flexões de braço.

O estudo de Borstad *et. al.* (2009) teve como objetivo analisar dados eletromiográficos da escápula por meio da eletromiografia de superfície (sEMG) e os tridimensionais (análise cinemática), depois de uma tarefa que pretendia preferencialmente, fadigar o músculo *serrátil anterior* na flexão de braços. Participaram da pesquisa, vinte e oito voluntários, sendo doze homens com idade média de 26 anos e dezesseis mulheres com idade média de 24,5 anos. Os músculos estudados foram: *serrátil anterior*, *porção superior do trapézio*, *porção inferior do trapézio e infraespinhoso*. Concluiu-se que a fadiga dos músculos *serrátil anterior*, *trapézio superior*, *trapézio inferior* e *infraespinhoso*, contribuem para alterações cinemáticas escapulotorácicas, que são semelhantes às alterações observadas em participantes com síndrome de impacto subacromial. A fadiga do músculo *serrátil anterior* pode influenciar, preferencialmente, na inclinação escapular posterior, por causa do momento de torque favorável do braço. A fadiga do *trapézio superior*, *trapézio inferior* e *infraespinhoso*, também pode contribuir para as alterações na rotação da escápula. A fadiga do *trapézio inferior* parece influenciar na rotação interna da escápula no plano transversal, durante o movimento do braço. Portanto, a fadiga muscular no ombro contribui para que ocorram alterações cinemáticas na escápula, sendo assim um fator de risco plausível para a síndrome do impacto subacromial.

Kim, G. e Kim, S. (2013) realizaram um estudo com a finalidade de examinar o efeito de exercícios de estabilidade lombar na lombalgia crônica, usando dois tipos de exercícios: a *flexão de braços e o sling exercise*. Participaram deste estudo trinta indivíduos que se queixavam de dor lombar há pelo menos três meses. Os pacientes foram divididos em três grupos: (1) fisioterapia geral; (2) fisioterapia geral e estabilidade lombar usando *sling exercise*; (3) fisioterapia geral e flexão de braços somados ao *sling exercise*. A fisioterapia geral é a comum utilizada em pacientes com dor crônica da região lombar. A eletromiografia de superfície (sEMG) foi utilizada para análise da ativação da musculatura lombar e da área transversal do *músculo multifido*. Como conclusão do estudo, os resultados indicaram que os exercícios propostos para o grupo (3), com foco no fortalecimento dos músculos estabilizadores da articulação do ombro, melhoraram o movimento funcional, ativando o músculo *reto abdominal* e os músculos *oblíquos abdominais internos e externos*. Esta

abordagem pode ser usada durante a reabilitação precoce para pacientes com dor lombar crônica, quando o exercício do peso-rolamento não puder ser usado devido à dor e à dificuldade de locomoção. Concluiu-se ainda que os mesmos exercícios propostos para o grupo (3) são semelhantes aos exercícios de estabilização lombar e podem produzir incrementos na força lombar.

Autor	Ano	Influência da flexão de braços em algumas regiões corporais	Conclusões
Kim, G, Kim, S.	2013	Lombar	Os resultados demonstram que os exercícios propostos para o grupo (3)*, semelhante ao exercício normal de estabilização lombar, é eficaz para ativar e melhorar a função dos músculos lombares. Estes resultados sugerem que estes mesmos exercícios propostos para o grupo (3)* tem um impacto positivo na estabilização da região lombar. [(3)*: fisioterapia geral e exercícios flexão de braços + <i>sling exercise</i> .]
Borstad, J. D. et. al.	2009	Escápula	A fadiga muscular no ombro, contribui para que ocorram alterações cinemáticas na escápula, sendo assim um fator de risco plausível para a síndrome do impacto subacromial.
Howarth, S. et. al.	2008	Coluna vertebral (L1-L2 até L5-S1)	O músculo <i>reto abdominal</i> contribuiu em $43,16 \pm 3,44\%$ para a VJRS*; o <i>oblíquo externo</i> e o <i>oblíquo interno</i> contribuíram, respectivamente, em $52,61 \pm 7,73\%$ e $62,13 \pm 8,71\%$ ; devido a alterações no momento do comprimento do braço, o <i>oblíquo externo</i> e o <i>oblíquo interno</i> contribuíram respectivamente, em $55,89\%$ e $50,01\%$ para a VJRS sobre a rotação axial e inclinação lateral nos eixos em L5-S1; os músculos <i>transverso abdominal</i> , <i>multífido</i> , e os <i>extensores da coluna</i> , contribuíram minimamente para a VJRS durante a flexão de braços. [ <i>*VJRS: rigidez de rotação articular da coluna vertebral</i> ].
Tucker, W. S. et. al.	2008	Escápula	Devido à ativação dos níveis do <i>serrátil anterior</i> serem semelhantes, o <i>cuff link</i> pode ser uma alternativa apropriada para indivíduos que não têm a força superior do corpo para realizar a flexão de braços.

*Quadro 5. Influência da flexão de braços em algumas regiões corporais*

Como ilustrado no *quadro 5*, o estudo realizado por Kim, G. e Kim, S. (2013), sugere que a flexão de braços tem um impacto positivo para a estabilização da região lombar. Borstad *et. al.* (2009) em seu estudo, concluíram que a fadiga muscular dos ombros, contribui para que ocorram alterações cinemáticas na cintura escapular, sendo desta forma, um fator de risco plausível para a síndrome do impacto subacromial; Tucker *et. al.* (2008), fazendo também referência à região da escápula, afirma que o exercício *cuff link* pode ser uma alternativa apropriada para aqueles indivíduos que não possuem força suficiente na porção

corporal superior, para a realização da flexão de braços. Howarth *et. al.* (2008) em seu estudo, nos dizem que a flexão de braços estimula a musculatura abdominal para a manutenção da rigidez de rotação da coluna vertebral (VJRS). A orientação dos músculos abdominais sugere que, cada músculo controla principalmente a rigidez de rotação, em torno de um único eixo. No quadro, está descrita a contribuição de alguns dos 10 grupamentos musculares estudados pelos autores, que rodeiam a coluna lombar para a manutenção da rigidez de rotação da coluna vertebral (VJRS).

#### 9.4. Variações da posição do corpo no movimento de flexão de braços

São inúmeras, as variações da posição do corpo no movimento de flexão de braços. Destacam-se alguns trabalhos que investigaram as diferenças encontradas entre as variações das posições corporais durante a execução de flexões de braços, utilizando-se análises biomecânicas.

Gouvali & Boudolos (2005) objetivaram em seu estudo, registrar tanto o comportamento dinâmico, quanto a atividade muscular durante a flexão de braços, além de investigar suas diferenças durante algumas variantes deste exercício. A pesquisa contou com a participação de oito homens com idade média de 20,5 anos. Os músculos estudados foram: o *peitoral maior* e o *tríceps braquial*. Nas variações da flexão de braços estudadas, destacaram-se: (1) posição normal; (2) “ombros” em abdução (~150% da largura dos ombros); (3) “ombros” em adução (~50% da largura dos ombros); (4) braços e antebraços apoiados posteriormente a uma distância maior que ~30% da posição inicial; (5) braços e antebraços apoiados anteriormente a uma distância menor que ~30% da posição inicial; (6) com apoio sobre os joelhos. Concluiu-se que há diferenças significativas para a maioria das variáveis de força vertical, mas não para as variáveis de força anteroposterior ao decorrer do tempo. A carga inicial relativa ao peso corporal foi de 66,4% na posição normal, enquanto que apenas 52,9% na variação da flexão de braços apoiado nos joelhos. A atividade muscular foi menor durante a variação da flexão de braços apoiado nos joelhos para ambos os músculos estudados. Na variação da flexão de braços com os braços posteriormente apoiados, o músculo *peitoral maior* foi ativado acima do normal; entretanto, o *tríceps* alcançou menor grau de ativação. O comportamento dinâmico e a atividade muscular foram significativamente alterados entre as variações da flexão de braços. As instruções para a realização dos exercícios de flexão de braços devem ter um acompanhamento cuidadoso, devido ao desafio dinâmico e muscular que sofrem alterações quando as mãos estão diferentemente posicionadas.

Maenhout *et. al.* (2010) tiveram em seu estudo, dois principais pontos de interesse: primeiro, identificar os exercícios mais apropriados em cadeia cinética fechada para restaurar o desequilíbrio intramuscular entre o músculo *trapézio superior* e *serrátil anterior*. Segundo, determinar a influência do uso de recrutamento muscular diagonal durante a flexão de braços com os joelhos apoiados no chão na atividade eletromiográfica da escápula. Participaram do estudo trinta de dois estudantes de fisioterapia, sendo dezesseis homens e dezesseis mulheres, com idade entre 20 e 25 anos. Foram sete as posições estudadas nesta pesquisa: (1) posição

tradicional da flexão de braços com os joelhos apoiados no solo; (2) flexão de braços com os joelhos apoiados no chão e com heterolateral extensão da perna; (3) flexão de braços com os joelhos apoiados no chão e com homolateral extensão da perna; (4) flexão de braços com os joelhos apoiados no solo e mãos apoiadas sobre uma plataforma instável; (5) flexão de braços com heterolateral extensão de perna e uma plataforma instável; (6) flexão de braços com homolateral extensão de perna e uma plataforma instável e (7) flexão de braços com os joelhos apoiados no solo e apoio com apenas uma das mãos. Concluiu-se que, em caso de desequilíbrio escapular intramuscular, alguns exercícios são preferíveis em relação a outros, devido sua baixa relação entre *trapézio superior* e *serrátil anterior*. A abordagem de uma cadeia cinética durante a flexão de braços com os joelhos apoiados no solo exerce influências na atividade muscular escapular.

O estudo realizado por Ebben *et. al.* (2011) avaliou as forças máximas verticais de reação do solo (GRF) de algumas das variações da flexão de braços: (1) flexão de braços normal e (2) as realizadas com o joelho flexionado, (3) pés elevados em uma caixa de 30,48 cm (12 polegadas ou 1 pé de altura), e (4) numa caixa de 60,96 cm (24 polegadas ou 2 pés de altura), e (5) as mãos elevadas em uma caixa de 30,48 cm e (6) uma caixa de 60,96 cm. Contando com a participação de vinte e três jovens adultos, sendo quatorze homens com idade entre 19 e 26 anos e nove mulheres com idade entre 19,5 e 21,5 anos, concluiu-se que as flexões de braços realizadas com os pés elevados produziram uma força máxima vertical de reação do solo (GRF) maior do que em todas as outras variações de execução. Flexões de braços com as mãos elevadas e na posição com os joelhos flexionados produziram uma força máxima vertical de reação do solo (GRF) menor do que em todas as outras variações do exercício, independentemente do sexo dos indivíduos estudados. Além disso, não se encontrou relação entre a estatura dos indivíduos e a força máxima vertical de reação do solo (GRF) produzida para qualquer uma das posições variantes da flexão de braços. Estes dados podem ser utilizados para o progresso de intensidade num programa de treinamento com exercícios de flexão de braços e para quantificar a carga de treinamento, com uma determinada porcentagem da massa corporal.

Autor	Ano	Variações das posições do corpo na flexão de braços	Conclusões
Ebben, W. P.	2011	(1) flexão de braços normal; (2) as realizadas com o joelho flexionado; (3) pés elevados em uma caixa de 30,48 cm; (4) numa caixa de 60,96 cm; (5) as mãos elevadas em uma caixa de 30,48 cm e (6) numa caixa de 60,96 cm.	As flexões de braços com os pés elevados, produziram uma GRF* maior do que em todas as outras variações da flexão de braços. Flexões de braços com as mãos elevadas e na posição com os joelhos flexionados, produziram uma GRF menor do que em todas as suas outras variações. [GRF*: forças máximas verticais de reação do solo]
Suprak, D. N.	2011	(1) posição tradicional elevada; (2) posição tradicional abaixada; (3) elevada, com os joelhos apoiados no solo e (4) abaixada, com os joelhos apoiados no solo.	Concluiu-se entre outras coisas, que a resistência encontrada em ambas as variantes da flexão de braços, tradicionais e modificadas, exibe um padrão oposto para a expressão de força nos membros superiores, encontrada no movimento de empurrar dos <i>bench presses</i> .
Maenhout, E. et. al.	2010	(1) posição tradicional da flexão de braços com os joelhos apoiados no solo; (2) flexão de braços com os joelhos apoiados no chão e com heterolateral extensão da perna; (3) flexão de braços com os joelhos apoiados no chão e com homolateral extensão da perna; (4) flexão de braços com os joelhos apoiados no solo e mãos apoiadas sobre uma plataforma instável; (5) flexão de braços com heterolateral extensão de perna e uma plataforma instável; (6) flexão de braços com homolateral extensão de perna e uma plataforma instável e (7) flexão de braços com os joelhos apoiados no solo e apoio com apenas uma das mãos.	Concluiu-se que em caso de desequilíbrio escapular intramuscular, alguns exercícios são preferíveis em relação à outros, devido sua baixa relação entre trapézio superior e serrátil anterior. A abordagem de uma cadeia cinética durante a flexão de braços com os joelhos apoiados no solo, exerce influências na atividade muscular escapular.
Gouvali, M. K.	2005	(1) Posição normal; (2) “ombros” em abdução (150% da largura dos ombros); (3) “ombros” em adução (50% da largura dos ombros); (4) braços e antebraços apoiados posteriormente a uma distância maior que 30% da posição inicial; (5) braços e antebraços apoiados anteriormente a uma distância menor que 30% da posição inicial; (6) apoiado sobre os joelhos.	Diferenças significativas para a maioria das variáveis de força vertical, mas não para as variáveis de força ântero-posterior e de tempo. A carga inicial relativa ao peso corporal foi de 66,4% na posição normal, enquanto que apenas 52,9% na variação da flexão de braços apoiada nos joelhos. A atividade muscular foi menor durante a variação da flexão de braços apoiada nos joelhos para ambos os músculos. Na variação da flexão de braços posterior, o músculo peitoral maior foi ativado acima do normal; no entanto, o tríceps foi ativado abaixo do normal. O comportamento dinâmico e a atividade muscular foram significativamente alterados entre as variações da flexão de braços.

*Quadro 6. Variações das posições do corpo na flexão de braços*

Suprak *et. al.* (2011) examinaram os efeitos da posição e da amplitude da flexão de braços, relacionados com a porcentagem da massa corporal suportada pelas extremidades superiores. As variações da flexão de braços estudadas são foram: (1) posição tradicional elevada; (2) posição tradicional abaixada; (3) posição elevada, com os joelhos apoiados no solo e (4) posição abaixada, com os joelhos apoiados no solo. Participaram do estudo vinte e oito homens entre 25 e 42 anos, membros das forças especiais e unidades de elite da polícia norte-americana. Dentre outras conclusões, o estudo relata que a resistência encontrada em ambas as variantes da flexão de braços - tradicionais e modificadas-, exibe um padrão oposto para a expressão de força nos membros superiores, encontrada no movimento de empurrar do *bench-press*. (comparações entre a flexão de braços e exercícios do tipo *bench-presses*, podem também ser observadas no trabalho de Chow, *et. al.* (2011), descrito no item 9.7 desta revisão de literatura: Diferenças entre Exercícios de Cadeia Cinética Fechada (CKC) – *Push-up* e Exercícios de Cadeia Cinética Aberta (OKC) – do tipo *Bench-press*). Considerando-se

que a força seria provavelmente maior na posição para cima em ambas as variações da flexão de braços e menor na posição para baixo, o percentual de apoio nestas posições mostrou uma tendência oposta. Esta diferença de força e padrões de carga deve ser considerada ao se planejar um programa de condicionamento para indivíduos iniciados num programa de treinamento de resistência de peso corporal e para indivíduos em reabilitação de lesões nas extremidades superiores. Em ambas as situações, pode-se fazer necessário um aumento progressivo da amplitude do movimento, para que as diferenças de força se tornem adequadas.

### 9.5. Diferenças biomecânicas do movimento de flexão de braços entre sua forma tradicional e suspensa

Poucos estudos científicos foram realizados sobre as mudanças nos parâmetros biomecânicos entre a flexão de braços tradicional e em suspensão. Porém, os trabalhos já publicados mostraram importantes e significativas diferenças entre as duas variações deste exercício. Citaremos nesta pesquisa, alguns deles:

Beach *et. al.* (2008) realizaram um meticuloso estudo, examinando por meio de análises cinéticas, cinemáticas e eletromiográficas, a existência de diferenças nos níveis de ativação dos músculos do tronco e suas contribuições para a carga lombar, além da rigidez rotacional nas articulações intervertebrais, quando comparamos a flexão de braços tradicional com a flexão de braços de forma suspensa. As flexões de braços suspensas foram executadas numa espécie de aparelho que se assemelha às argolas da ginástica artística. Participaram da pesquisa onze homens com idade média de 27,5 anos. Foram duas as posições estudadas: (1) com as mãos apoiadas em base estável e (2) com as mãos apoiadas em correntes em base suspensa. Os músculos estudados foram: *reto abdominal*, *oblíquo externo*, *oblíquo interno*, *latíssimo do dorso* e *erector da espinha* em seus respectivos níveis: T9, L3 e L5. Concluiu-se que em comparação à flexão de braços tradicional, a flexão de braços executada em suspensão parece oferecer uma resistência maior na musculatura abdominal. No entanto, para indivíduos que não toleram altas cargas compressivas nas articulações intervertebrais, os potenciais benefícios obtidos através da incorporação das flexões de braços suspensas, em seu regime de treinamento de resistência, podem ser superados pelo risco de sobrecarregar os tecidos na região lombar.

Snarr & Esco (2013) afirmam que o *Suspension Training* (ST) é uma das mais recentes formas de treinamento de estabilidade, que se utiliza de cordas e tiras penduradas, ancoradas em um elevado ponto fixo (por exemplo, no teto ou em uma barra), permitindo ao usuário trabalhar contra a ação de seu próprio peso corporal, numa posição em suspensão. Diz-nos também que, infelizmente, ainda não existem dados científicos suficientes na literatura para comprovar a eficácia dessa nova forma de exercício.

Dois estudos recentes demonstraram que a flexão de braços executada em um dispositivo de suspensão, provocou uma maior ativação do músculo *reto abdominal* (SNARR & ESCO, 2013) e *latíssimo do dorso* (BEACH *et. al.* 2008), comparado à flexão de braços estável.

Em seu estudo, Snarr & Esco (2013) tiveram como objetivo comparar a atividade eletromiográfica do *músculo peitoral maior, deltóide anterior e tríceps braquial* entre uma flexão de braços em suspensão e a tradicional. Participaram desta pesquisa vinte e um indivíduos, sendo quinze homens com idades entre 22,5 e 29,5 anos e seis mulheres com idades entre 21,5 e 25,5 anos. Com o auxílio da eletromiografia de superfície (sEMG), foram estudados os seguintes músculos: *peitoral maior, deltóide anterior, tríceps braquial*. Para a flexão de braços executada em suspensão, foi utilizado o aparelho *TRX® Suspension Trainer®*. A flexão de braços tradicional foi realizada num colchonete, sendo que este se encontrava sobre uma superfície estável, com as mãos posicionadas numa largura um pouco maior que a largura dos ombros e com os dedos apontados para frente. Segundo o autor, o principal achado do estudo foi a constatação de que a flexão de braços suspensa, apresentou uma significativa maior atividade eletromiográfica dos três músculos estudados, comparada à flexão de braços realizada sob a forma tradicional. Estes resultados indicam que a flexão de braços em suspensão, pode ser um método efetivo para que se aumente a intensidade na flexão de braços, especialmente no músculo *peitoral maior, deltóide anterior e tríceps braquial*.

Autor	Ano	Diferenças da flexão de braços realizada nas formas: tradicional e suspensa	Conclusões
Maeo, S. et. al.	2014	6 posições para mensurar a máxima contração muscular voluntária isométrica (MVCs) e 2 posições para as flexões de braços estáticas e dinâmicas: (posição 1) em suspensão e (posição 2) em base estável.	Os resultados indicam que comparado aos exercícios realizados em base estável, os exercícios em suspensão podem promover uma maior ativação em ambos os membros superiores e dos músculos anteriores do tronco.
Snarr, R. L., Esco, M. R.	2013	2 posições: (1) posição suspensa com auxílio do aparelho TRX® Suspension Trainer® e (2) posição em base estável no solo sobre um colchonete.	A flexão de braços suspensa, apresentou uma significativa maior atividade EMG dos três músculos estudados, comparada à flexão de braços tradicional.
Beach, T. et. al.	2008	(1) com as mãos apoiadas em base estável e (2) com as mãos apoiadas em correntes em base suspensa.	Concluiu-se que em comparação com a flexão de braços tradicional, a flexão de braços executada em suspensão, parece oferecer uma resistência maior na musculatura abdominal. No entanto, para indivíduos que não toleram altas cargas compressivas nas articulações intervertebrais, os potenciais benefícios obtidos através da incorporação de flexões de braços suspensas, em seu regime de treinamento de resistência, podem ser superados pelo risco de sobrecarregar os tecidos na região lombar.

Quadro 7. Diferenças da flexão de braços realizada nas formas: tradicional e suspensa

Maeo *et. al.* (2014) também estudaram em sua pesquisa, as diferenças entre exercícios realizados em suspensão e em base estável. Participaram desta pesquisa, vinte homens, estudantes do curso de graduação em Educação Física, com média de idade de 21,5 anos. O autor lançou mão de uma célula de carga para mensurar a máxima contração muscular voluntária isométrica (MVCs). Para as flexões de braços estáticas e dinâmicas, foram adotadas duas posições: posição (1) em suspensão e posição (2) em base estável. A força, durante a máxima contração muscular voluntária isométrica (MVCs) foi mensurada através da eletromiografia de superfície (sEMG) nos seguintes músculos: *latíssimo do dorso, cabeça longa do tríceps braquial, cabeça longa do bíceps braquial, reto abdominal, oblíquo externo, oblíquo interno e eretor da espinha*. Concluiu-se que as flexões de braços em suspensão, apresentaram significativos maiores valores percentuais de atividade eletromiográfica máxima comparadas às flexões de braços em base estável (nos membros superiores e nos músculos abdominais) em ambos os exercícios: estáticos e dinâmicos. Esta condição também ocorreu no músculo *peitoral maior*, no exercício dinâmico. Estes resultados indicam que comparado aos exercícios realizados em base estável, os exercícios em suspensão podem promover uma maior ativação dos membros superiores e dos músculos anteriores do tronco. Dependendo do objetivo do trabalho a ser realizado pelo profissional de Educação Física e da área corporal onde se necessite dar uma maior ou menor ênfase na intensidade da ativação muscular específica, esta constatação pode apresentar um caráter positivo, quando o foco for a ativação/trabalho destas regiões, ou negativas quando estas musculaturas não puderem ou não forem o alvo durante a flexão de braços.

De acordo com o *quadro 7*, os estudos realizados por Maeo *et. al.* (2014) e Snarr & Esco (2013), concluíram que a flexão de braços realizada em suspensão, comparada à realizada em base estável, apresentou um significativo aumento da amplitude atividade eletromiográfica das musculaturas estudadas. Complementa Beach *et. al.* (2008) em seu estudo, que a flexão de braços realizada em suspensão, parece oferecer uma resistência maior na musculatura abdominal, porém, para aqueles indivíduos que não toleram altas cargas compressivas na região lombar, este tipo de flexão de braços pode não ser a melhor opção.

## 9.6. Pliometria no movimento de flexão de braços

Flexões de braços realizadas em Pliometria demonstraram diferenças significativas em vários aspectos. Destacam-se a seguir, alguns estudos onde foram descritas tais diferenças.

Na pesquisa realizada por Vossen *et. al.* (2000), foram comparados os efeitos dos treinamentos realizados em dois grupos (flexões de braços dinâmicas e os de movimentos pliométricos), na força da *musculatura peitoral* e da *cintura escapular*. Foram selecionadas quarenta e uma mulheres para o estudo, porém, somente trinta e cinco o concluíram. Elas foram divididas aleatoriamente em dois grupos: O *grupo 1* com dezoito mulheres com média de idade de 17,4 anos, que realizou o programa de treinamento com flexões de braços dinâmicas; e o *grupo 2*, com dezessete mulheres com média de idade de 17,3 anos que realizou o programa de treinamento com flexões de braços em pliometria. Os movimentos estudados foram os seguintes: (*grupo 1*) *flexões de braços dinâmicas*: executadas com os joelhos apoiados no solo, com cadência de dois segundos para cima e dois segundos para baixo; (*grupo 2*) *flexão de braços pliométrica*: executadas com os joelhos apoiados no solo, onde as mulheres permitiam-se cair para frente, com suas mãos apoiadas no solo e em seguida, impulsionavam-se para cima e para trás, até novamente retornarem à posição inicial. A flexão de braços se completava a cada quatro segundos. A conclusão desta pesquisa foi que não houve diferença significativa entre os resultados obtidos nos dois grupos, apesar do (*grupo 2*) apresentar maiores aumentos na força.

García-Massó *et. al.* (2011) em sua pesquisa, investigaram a diferença cinética e da atividade mioelétrica em três diferentes variações pliométrica da flexão de braços descritas logo abaixo. Fizeram parte deste estudo vinte e sete homens, com média de idade de 22,5 anos. Os músculos estudados foram: *peitoral maior*, *tríceps braquial*, *deltóide anterior* e *oblíquo externo*. As posições das flexões de braços estudadas foram: (1) *flexões de braços com contramovimento*, realizadas com máxima velocidade de movimento; (2) *flexões de braços com salto*, similar à flexão de braços “batendo palmas” e (3): *flexão de braços em queda*, na posição com os joelhos apoiados no solo, onde os sujeitos eram orientados a cair e tentar voltar imediatamente à posição inicial. Concluiu-se que exercícios pliométricos da flexão de braços com *contramovimento*, alcançaram maior força máxima e maior média de força, além de não causar forças de impacto significativas. Sendo assim, este tipo de flexão de braços, pode ser considerado como o melhor para o incremento da *força explosiva*. A flexão

de braços *com queda* alcançou maiores níveis de ativação muscular nos grupamentos musculares *agonistas e sinergistas*, além de maiores índices da força de impacto.

Em outro estudo realizado por Koch *et. al.* (2012) comparou-se as características da força de reação vertical do solo (vGRF), em quatro diferentes variações pliométrica com os membros (dominante e não dominante) da flexão de braços, para definir com precisão a sua intensidade. Participaram deste estudo vinte e dois homens, com de idade entre 24,5 e 27 anos. As variações da flexão de braços estudadas foram: (1) *flexão de braços* com palmas; (2) *flexão de braços box drop em 3,8 cm*; (3) *flexão de braços box drop em 7,6 cm* e (4) *flexão de braços box drop em 11,4 cm*. Como conclusão desta pesquisa, verificou-se que para ambos os membros, a média de carga da flexão de braços com palmas foi significativamente maior do que em todos os outros movimentos. A flexão de braços com palmas também apresentou, significativamente, maior média de propulsão do que aquelas observadas nas flexões de braços (2), (3) e (4).

Como é demonstrado no *quadro 8*, os estudos realizados por Kock *et. al.* (2012), mostrou que a flexão de braços realizada de forma pliométrica com palmas apresentou significativa maior média de propulsão, comparado com os outros três tipos de movimento. No estudo realizado por Garcia-Massó *et. al.* (2011) com contramovimento, apresentou maior força máxima e média de força, além de não causar forças de impacto, sendo este o mais indicado para o desenvolvimento da força explosiva. Além disso, a flexão de braços com queda alcançou maiores níveis de aumento da atividade eletromiográfica nos grupamentos musculares *agonistas e sinergistas*, além de maiores índices da força de impacto. Já no estudo realizado por Vossen (2000), concluiu que não houve diferenças significativas entre a flexão de braços realizada de forma dinâmica comparada com aquelas realizadas de forma pliométrica.

Autor	Ano	Flexão de braços em pliometria	Conclusões
Koch, J. <i>et. al.</i>	2012	(1) flexão de braços com palmas; (2) flexão de braços box drop em 3,8cm; (3) flexão de braços box drop em 7,6cm e (4) flexão de braços box drop em 11,4cm.	Como conclusão desta pesquisa, verificou-se que para ambos os membros, a média de carga da flexão de braços com palmas (1) foi significativamente maior do que em todos os outros movimentos. A flexão de braços com palmas (1), também apresentou significativa maior média de propulsão daquelas observadas nas flexões de braços (2), (3) e (4).
García-Massó, X.	2011	(1) flexão de braços com contramovimento, realizados com máxima velocidade de movimento; (2) <i>flexão de braços</i> com salto – similar à flexão de braços “batendo palmas” e (3): flexão de braços em queda, na posição com os joelhos apoiados no solo, onde os sujeitos eram orientados a cair e tentar voltar imediatamente à posição inicial.	Concluiu-se que exercícios pliométricos de flexão de braços com contramovimento, alcançaram maior força máxima e média de força, além de não causar forças de impacto. Sendo assim, este tipo de flexão de braços, pode ser considerado como o mais indicado para a melhoria da força explosiva. A flexão de braços com queda, alcançou maiores níveis de ativação muscular nos grupamentos musculares agonistas e sinérgicas, além de maior força de impacto e índices de desenvolvimento da força de impacto.
Vossen, J. F. <i>et. al.</i>	2000	<i>(grupo 1): flexão de braços dinâmicas:</i> realizadas com os joelhos apoiados no solo, com cadência de 2 segundos para cima e 2 segundos para baixo; <i>(grupo 2) flexões de braços pliométricas:</i> realizadas também com os joelhos apoiados no solo, onde os sujeitos permitiam-se cair para frente com suas mãos apoiadas no solo e, em seguida, impulsionavam-se para cima e para trás, até novamente retornarem à posição inicial, com a flexão de braços sendo completada a cada 4 segundos.	A conclusão desta pesquisa foi que não houve diferença significativa entre os dois grupos, apesar do (grupo 2) ter apresentado aumentos maiores.

Quadro 8. Flexão de braços em pliometria

### **9.7. Diferenças entre exercícios de cadeia cinética fechada (CKC) – flexão de braços e exercícios de cadeia cinética aberta (OKC) – do tipo bench-presses**

Neste trabalho realizado por Chou *et. al.* (2011) foram examinadas as diferenças das cargas aplicadas nas articulações dos cotovelos durante a realização de exercícios de *cadeia cinética fechada (CKC) – push-ups*, com aquelas encontradas nos exercícios de *cadeia cinética aberta (OKC) – do tipo bench-press*. Participaram do estudo quinze homens com idade média de vinte anos. Os músculos analisados através da eletromiografia de superfície (sEMG) foram: *peitoral maior, cabeça longa do tríceps, bíceps braquial, supraespinhoso, deltóide médio, deltóide anterior e deltóide posterior*. Este estudo mostrou que existem diferenças significativas nas cargas aplicadas nas articulações dos cotovelos, produzidas pelos exercícios de cadeia cinética fechada (CKC) - *flexões de braços* e de cadeia cinética aberta (OKC) – *bench-press*. Além disso, a força de compressão axial representa a força dominante em ambos os exercícios (*flexão de braços* e *bench-press*). Ela apresenta um valor de 40,6% do peso corporal nos experimentos relativos à *flexão de braços* e 27,6% nos relativos aos exercícios *bench-presses*. As forças de compressão axiais no "para baixo" e no "pico" dos exercícios de *flexão de braços*, são significativamente maiores, daqueles observados nos exercícios *bench-presses*. O pico de ativação muscular, ocorre no músculo *peitoral maior* nos exercícios de cadeia cinética aberta – *bench-presses (OKC)*, sendo cerca de 14% superior ao valor equivalente nos exercícios de cadeia cinética fechada – *flexão de braços (CKC)*. Além disso, constatou-se que o pico de ativação muscular do músculo *peitoral maior, cabeça longa do tríceps, bíceps braquial, supraespinhoso, deltóide anterior e deltóide médio*, foi significativamente maior nos exercícios *bench-presses*, comparados aos exercícios de *flexão de braços*. No geral, os resultados deste estudo demonstraram que os exercícios de cadeia cinética aberta – *bench-presses (OKC)*, produziram uma maior ativação muscular e uma menor carga aplicada nas articulações dos cotovelos, comparados aos exercícios de cadeia cinética fechada – *flexão de braços (CKC)*. Portanto, exercícios do tipo *bench-presses* representam um efetivo programa de reforço para os membros superiores. Os dados experimentais apresentados neste estudo fornecem informações valiosas para o tratamento e reabilitação dos membros superiores, em aplicações clínicas.

## 10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da leitura analítica dos autores/estudos pesquisados neste trabalho, nos permitiu concluir que:

a) nos diferentes tipos de apoio na flexão de braços, a atividade mioelétrica dos músculos envolvidos pode apresentar diferenças significativas;

b) as diferentes formas de posicionamento das mãos na flexão de braços fazem com que ocorram diferenças significativas em vários aspectos deste exercício, como por exemplo, dos níveis de ativação mioelétrica nos músculos envolvidos e na mudança do *CP* (centro de pressão);

c) a flexão de braços tem um impacto positivo para a estabilização de algumas regiões corporais, como por exemplo, a região escapular e a região abdominal;

d) observaram-se diferenças significativas em vários aspectos nas variações da posição do corpo no movimento de flexão de braços, como por exemplo, na força máxima vertical de reação do solo (GRF);

e) a flexão de braços realizada em suspensão, comparada à realizada em base estável, apresentou um significativo aumento da amplitude atividade eletromiográfica das musculaturas estudadas e parece oferecer uma resistência maior na musculatura abdominal;

f) a flexão de braços realizada de forma pliométrica, parece apresentar uma maior força máxima e média de força, comparada à forma dinâmica do movimento; g) exercícios de cadeia cinética aberta – *bench-presses (OKC)*, produziram uma maior ativação muscular e uma menor carga aplicada nas articulações dos cotovelos, comparados aos exercícios de cadeia cinética fechada – *flexão de braços (CKC)*.

Portanto, as diferentes variações do exercício de flexão de braços, poderão promover alterações na atividade muscular e/ou na estabilidade de algumas estruturas corporais, especialmente a dos ombros. Também foi constatado pelos estudos citados neste trabalho, que lesões ou incidentes decorrentes da prática da flexão de braços, são extremamente raras e incomuns. Uma vez que a flexão de braços seja corretamente executada, só trará benefícios aos seus praticantes.

Finalmente, a flexão de braços pode ser considerada como sendo um exercício básico, de fácil execução e democrático. Por meio das suas várias formas de execução, atende aos

diferentes públicos – homens, mulheres, crianças, idosos, atletas e militares – podendo além de apresentar um caráter de atividade física, também servir como ferramenta na mensuração do nível de capacidade física/condicionamento por meio de um protocolo de avaliação física.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTON, C. L. *et al.* *Análise da reprodutibilidade do sinal eletromio-gráfico durante ações isométricas e dinâmicas realizadas em diferentes meios.* [http://www.miotec.com.br/pdf/Alberton%20et%20al.%20\(2007\)%20RBB.pdf](http://www.miotec.com.br/pdf/Alberton%20et%20al.%20(2007)%20RBB.pdf) (Consulta em 15/01/2013)

ANASTASIA, T. *et al.* *Biomechanical Evaluation of the Push-Up Exercise of the Upper Extremities from Various Starting Points.* J. Phys. Education and Sport, 12(1), art 12, pp.71-80, (2012).

AMADIO, A.C. *et al.* *Introdução à biomecânica para análise do movimento humano: descrição e aplicação dos métodos de medição.* Revista Brasileira de Fisioterapia, 3, pp. 41-54, (1999).

AMADIO, A.C. e DUARTE, M. *Fundamentos Biomecânicos para análise do movimento humano.* São Paulo, EEFUSP, (1996).

ACSM. *Health-Related Physical Fitness Assessment Manual (2nd ed.).* Philadelphia, PA:Wolters Kluwer/LippincottWilliams &Wilkins, (2008).

BARBOSA, F. S. S.; GONÇALVES, M. *Fadiga dos músculos eretores da espinha: um estudo eletromiográfico.* R. Fisioterapia e Pesquisa, 12(2), (2005).

BARBOSA, F. S. S.; GONÇALVES, M. *Comparação de protocolos eletromiográficos utilizados para a identificação de sobrecarga na coluna vertebral.* Rev. Bras. Biomec, 6(10), pp. 27-33, (2005).

BARELA, A.M.F.; DUARTE, M. *Utilização da plataforma de força para aquisição de dados cinéticos durante a marcha humana.* Brazilian Journal of Motor Behavior, vol. 6, nº 1, pp. 56-61, (2011) - ISSN 1980-5586

BARROS, R. M. L. *Metodologia para descrição tridimensional do movimento humano a partir de câmeras de vídeo não-sincronizadas.* FEF-UNICAMP, dissertação de mestrado, (1992).

BASMAJIAN, J. V. *Eletrofisiologia de la accionmuscular.* Buenos Aires: Panamericana, (1976).

BEACH, T. A. C. *et al.* *Muscular contribution to low-back loading and stiffness during standard and suspended push-ups.* Elsevier - Hum. Mov. Sci., 27, pp. 457-472, (2008).

BINI, R. R. *et al.* *Ativação muscular durante a pedalada com os joelhos tangenciando o quadro da bicicleta.* [www.scielo.br/pdf/rbefe/v25n1/04.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rbefe/v25n1/04.pdf) (Consulta em 15/01/2013)

BLACKARD, D. O.; JENSEN, R. L.; EBBEN, W. P. *Use of EMG analysis in challenging kinetic chain terminology.* Med Sci Sport Exerc, 31, pp. 443-448, (1999).

BORSTAD, J. D. *et al.* *Scapula kinematic alterations following a modified push-up plus task.* Elsevier - Hum. Mov. Sci., 28, pp. 738-751, (2009).

BRAGA, A.B. *et al.* *Comparison of static postural balance between healthy subjects and those with low back pain.* Acta Ortop Bras. [online], 21(4): pp. 210-212, (2012). Available from URL: <http://www.scielo.br/aob>.

BRAUNE, W., Fischer. O. *Human Gait.* Springer, (1987).

CAMPOS, M. A. *Biomecânica da Musculação.* Rio de Janeiro: Sprint, (2000).

CAPOZZO, A. *Gait analysis methodology.* Elsevier - Hum. Mov. Sci., 3, pp. 27-50, (1984).

CATERISANO, A.; MOSS, R. F.; PELLINGER, T. K.; WOODRUFF, K.; LEWIS, V.C.; BOOTH, W.; KHADRA, T. *The effect of back squat depth on the EMG activity of 4 superficial hip and thigh muscles.* National Strength & Conditioning Association (U.S.) - *The J. Strength Cond. Res.*; 16(3): pp. 428-432, (2002).

CHOU, P.H. *et al.* *Comparative analysis of elbow joint loading in push-up and bench-press.* Biomedical Engineering: Applications, Basis and Communications, vol. 23, nº 1, pp. 21-28, (2011).

CHULVI-MEDRANO, I. *et al.* *Comparison of the effects of an eight-week push-up program using stable versus unstable surfaces.* The International Journal of Sports Physical Therapy, vol. 7, nº 6, December, p. 586, (2012).

CLARYS, J. P. *Electromyography in sports and occupational settings: an update of its limits and possibilities.* Ergonomics, 43(10), pp. 1750-1762, (2000).

CIPOLLI, E. A. de C. *Análise cinemática da saída na natação através de um sistema bi-dimensional.* Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista. Dissertação de mestrado. Guaratinguetá, (2005).

CYNTHIA, F.H. *et al.* *Efeito agudo do alongamento passivo-estático no desempenho do salto vertical agachado.* - [www.cbce.org.br/cd/resumos/328.pdf](http://www.cbce.org.br/cd/resumos/328.pdf). (Consulta em 17/01/2013)

COGLEY, R. M., ARCHAMBAULT, T. A., *et al.* *Comparison of muscle activation using various hand positions during the Push-Up exercise.* National Strength & Conditioning Association (U.S.) - *The J. Strength Cond. Res.*, 19(3), pp. 628-633, (2005).

DAVIS, R., OUNPUU, S., TYBURSKI, D. and GAGE, J. *A gait analysis data collection and reduction technique.* Elsevier - Hum. Mov. Sci., 10, pp. 575-587, (1991).

DeLUCA, C. J., ADAM, A., WOTIZ, R., DONALD, L. G., NAWAB, S.H. *Decomposition of surface EMG signals.* *J Neurophysiol*, 96 (3), pp. 1646-1657, (2006).

DeLUCA, C. J. *A Practicum on the Use of sEMG Signals in Movement Sciences,* (2007) - ISBN: 978-0-9798644-0-7.

DeLUCA, C. J. *Electromyography. Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation*. (John G. Webster, Ed.) John Wiley Publisher, pp. 98-109, (2006).

DeLUCA, C. J. *The use of surface electromyography in biomechanics. J Appl Biomech*, vol. 13, nº 2, pp. 135-163, (1997). Disponível em: <http://myweb.wvu.edu/~chalmers/biomechanics.pdf>.

ELIAS, L. A., et al. *Relação entre a força de extensão do joelho e a atividade mioelétrica dos componentes do quadríceps*. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica - ISBN: 978-85-60064-13-7. (Consulta em 15/01/2013)

ERVILHA, U. F.; AMADIO, A. C. *Estudo sobre procedimentos de normalização do sinal eletromiográfico durante o movimento humano*. Rev. bras. Fisioter, 3(1): pp. 15-20, (1998).

ESCAMILLA, R. F.; FLEISIG, G. S.; ZHENG, N.; BARRENTINE, S. W.; WILOK, K. E.; ANDREWS, J. R. *Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises*. Med. Sci. Sports Exerc., 30(4), pp. 556-569, (1998).

ESCAMILLA, R. F.; FLEISIG, G. S.; ZHENG, N.; LANDER, J. E.; BARRENTINE, D. W.; ANDREWS J. R.; BERGEMANN, B.W.; MOORMAN, C. T. *Effects of technique variations on knee biomechanics during the squat and leg press*. Med. Sci. Sports Exerc.; 33(9): pp. 1552-1566, (2001).

DEAN, J. A.; FOSTER, C.; THOMPSON, N. A. *Simplified method of assessing muscular strength*. Med. Sci. Sports Exerc. 19:S63, (1987).

DIMON, T. *Anatomia do corpo em movimento: ossos, músculos e articulações*. São Paulo: Manole, (2010).

DONKERS, M. J. et al. *Hand position affects elbow joint load during push-up exercise*. J. Biomechanics, vol. 26, nº 6, pp. 625-632, (1993).

DORIOT, N., CHEZE, L. *A three-dimensional kinematic and dynamic study of the lower limb during the stance phase of gait using an homogeneous matrix approach*. Biomedical Engineering, IEEE Transactions on, 51, pp. 21-27, (2004).

EBBEN, W.P., WURM, B., VANDERZANDEN, T.L., SPADAVECCHIA, M.L., DUROCHER, J.J., BICKHAM, C.T., and PETUSHEK, E.J. *Kinetic analysis of several variations of push-ups*. National Strength & Conditioning Association (U.S.) - The J. Strength Cond. Res., 25(10), pp. 2891-2894, (2011).

FORMARI, M.; SACCO, C.N.; SERRÃO, J. C.; AMADIO, A. C. *Respostas eletromiográficas de tronco e abdômen durante exercícios terapêuticos para tratamento de lombalgia em indivíduos com e sem lombalgia mecânica*. Rev. Bras. Biomec, 7(4), pp. 29-39, (2003).

FRAGA, C. H. W.; CANDOTTI, C. T.; SOARES, D. P.; ROCHA, E. K.; LOSS, J. F.; GUIMARÃES, A. C. S. *Comparação de diferentes procedimentos de normalização do sinal EMG durante contração dinâmica*. Anais do XI CBB. CD-ROM, (2005).

FREEMAN, S. *et al.* *Quantifying Muscle Patterns and Spine Load during Various Forms of the Push-Up*. Official Journal of the American College of Sports Medicine, Medicine & Science in Sports & Exercise, pp. 570-577, (2005)

GABBETT, T. J.; JOHNS, J.; RIEMANN, M. *Performance changes following training in junior rugby league players*. *National Strength & Conditioning Association (U.S.) - The J. Strength Cond. Res.*, 22, pp. 910-917, (2008).

GARCIA, M. A. C.; SOUZA, M. N. *Análise do sinal mioelétrico a partir de um parâmetro temporal*. *Rev. Bras. Biomec.* 3(5), pp. 5-12, (2002).

GARCÍA-MASSÓ, X., COLADO, J.C., GONZÁLEZ, L.M., SALVÁ, P., ALVES, J., TELLA, V. and TRIPLETT, N.T. *Myoelectric activation and kinetics of different plyometric push-up exercises*. *National Strength & Conditioning Association (U.S.) - The J. Strength Cond. Res.*, 25(7): pp. 2040-2047, (2011).

GIL, H. J. C. *Estudo descritivo da postura 'sentada' de indivíduos realizando atividades didáticas*, UFSCar, dissertação de mestrado, (1986).

GOUVALI, M.K. and BOUDOLOS, K. *Dynamic and electromyographical analysis in variants of push-up exercise*. *National Strength & Conditioning Association (U.S.) - The J. Strength Cond. Res.*, National Strength & Conditioning Association, 19(1), pp. 146–151, (2005).

GRATIELA-FLAVIA, D., RUSU, Flavia, GRUSU, Emilia. *Surface Electromyography in Biomechanics: Applications and Signal Analysis Aspects*. *Journal of Physical Education on Sport* vol. 25, nº 4, December, (2009).

GREGERSEN, C. S., HULL, M. L. *Non-driving intersegmental knee moments in cycling computed using a model that includes three-dimensional kinematics of the shank/foot and the effect of simplifying assumptions*, *J. of Biomechanics*, 36, pp. 803-813, (2003).

GUIRRO, R. R. J.; FORTI, F.; BIGATON, D. R. *Proposta de isolamento do módulo de aquisição de sinais*. *Anais do XI CBB*. CD-ROM, (2005).

HAMILL, J., KNUTZEN, K. M. *Bases biomecânicas do movimento humano*. São Paulo: Manole, (1999).

HAMMIL, J.; BATES B. T.; HOLT, K. G. *Timing of lower extremity joint actions during treadmill running*. *MedSci Sports Exerc.* v.24, pp. 807-813, (1992).

HARMAN, E. A.; GUTEKUNST, D. J.; FRYKMAN, P. N.; NINDL, B. C.; ALEMANY, J. A.; MELLO, R. P.; SHARP, M. A. *Effects of two different eight-week training programs on military physical performance*. *National Strength & Conditioning Association (U.S.) - The J. Strength Cond. Res.*, 22, pp. 524-534, (2008).

HERMENS, H. J.; FRERIKS, B.; MERLETTI, R.; HÄGG, G. G.; STEGEMAN, D.; BLOK, J.; G. RAU, DISSELHORST-KLUG, C. *European Recommendations for Surface Electromyography, deliverable of the SENIAM project*. Roessingh Research and Development b.v., (1999) - ISBN: 90-75452-15-2

HWANGBO, G. *et al.* The Effects of Ankle Joint Position in Various Lower Limb Ground States on the Activation of the Shoulder and Trunk Muscles during Push-up Exercises. *Society of Physical Therapy Science - J. Phys. Ther. Science* [0915-5287] Hwangbo, G., vol. 24, iss:5, pp. 411-414, (2012).

HOWARTH, S. *et al.* *Abdominal muscles dominate contributions to vertebral joint stiffness during the push-up.* *Journal of Applied Biomechanics*, 24, pp. 130-139, (2008).

JUNG, J.M., *et al.* The Effect of Push-up Exercise with Different Lower Limb Heights on the Trunk and the Shoulder Stabilizing Muscles. *Society of Physical Therapy Science - J. Phys. Ther. Science* [0915-5287] Jung, J.M., vol. 24, iss:7, pp. 617-619, (2012).

JUNIOR, G. B. V. *Considerações epistemológicas sobre a biomecânica.* *Revista CPAQV – Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida*, vol.2, nº 1, (2010) – ISSN: 2178-7514

KADABA, M., RAMAKRISHNAN, H. and WOOTTEN, M. *Measurement of lower extremity Kinematics during level walking.* *J. of Orthopaedic Research*, nº 8, pp. 383-392, (1990).

KIM, G., KIM, S. *Effects of Push-ups Plus Sling Exercise on Muscle Activation and Cross-sectional Area of the Multifidus Muscle in Patients with Low Back Pain.* *Society of Physical Therapy Science - J. Phys. Ther. Science*, 25, pp. 1575-1578, (2013).

KIM, Jung-Bin *et al.* *A comparison of scapulothoracic and trunk muscle activities among three variations of knee push-up-plus exercises.* *Society of Physical Therapy Science - J. Phys. Ther. Science*, 23, nº 3, pp. 365-367, (2011).

KILINC, F. *An intensive combined training program modulates physical, physiological, biomotoric, and technical parameters in women basketball players.* *National Strength & Conditioning Association (U.S.) - The J. Strength Cond. Res.*, 22, pp. 1769-1778, (2008).

KNAPIK, J. J.; RIEGER, W.; PALKOSKA, F.; VAN CAMP, S.; DARAKJY, S. *United States Army physical readiness training: Rationale and evaluation of the physical training doctrine.* *National Strength & Conditioning Association (U.S.) - The J. Strength Cond. Res.*, 23, pp. 1353-1362, (2009).

KNAPIK, J. J.; SHARP, M. A.; DARAKJY, S.; JONES, S. B.; HAURET, K.G.; JONES, B.H. *Temporal changes in the physical fitness of US Army recruits.* *Sports Med* 36: 613–635, 2006.

KOCH, J. *et al.* *Ground reaction force patterns in plyometric push-ups.* *National Strength & Conditioning Association (U.S.) - The J. Strength Cond. Res.*, 26(8), pp. 2220-2227, (2012).

KONRAD, P. *The ABC of EMG – A practical introduction to kinesiological electromyography.* Noraxon Inc. USA. (2005). 60 p, *apud. ROCHA, T., (2011).* Análise cinemática comparativa do agachamento *wall-slide* e eletromiografia do músculo reto femoral antes e após aplicação de acupuntura no ponto st 45.

KUMAR, S.; MITAL, A. *Eletromiografia na ergonomia*. UK: Taylor & Francis, (1996).

LAUGHLIN, N. Y.; BUSK, P. L. *Relationship between muscle endurance tasks and gender*. *National Strength & Conditioning Association (U.S.) - The J. Strength Cond. Res.*, 21, pp. 400-405, (2007).

LEAR, L. J.; GROSS, M. T. *An electromyographical analysis of the scapular stabilizing synergists during a push-up progression*. *J Orthop. Sports Phys Ther*, 28, pp. 146-157, (1998).

LEE, SANG-YEOL *et al.* *The Effects on Shoulder Stabilizer Activation of Finger Flexor Activation during the Push-up Plus Exercise*. *Society of Physical Therapy Science - J. Phys. Ther. Science* [0915-5287] Lee, SY, vol. 23, iss:4, pp. 575-577, (2011).

LEHMAN, G. J. *et al.* *An unstable support surface does not increase scapulothoracic stabilizing muscle activity during push-up and push-up plus exercises*. *Manual Therapy*, 13, pp. 500-506, (2008).

LIMA, V. P. *et al.* *Estudo eletromiográfico e da percepção subjetiva do esforço em exercícios de extensão do quadril*. <http://www2.rc.unesp.br/eventos/edu>. (Consulta em 15/01/2013)

LIPPERT, L. S. *Cinesiologia Clínica e Anatomia*. São Paulo: Guanabara Koogan, (2013).

LLOYD, L. K.; BISHOP, P. A.; WALKER, J. L.; SHARP, K. R.; RICHARDSON, M.T. *The influence of body size and composition on FITNESSGRAM test performance and the adjustment of FITNESSGRAM test scores for skinfold thickness*. *Meas Phys Educ Exerc Sci* 7, pp. 205-226, (2003).

LOSS, J., ZARO, M., GODOLPHIM, B. H., GODOLPHIM, B., MICHEL, C. *Sugestão de método para correlacionar força e eletromiografia*. *Movimento*; 4(8), pp. 33-40, (1998).

LOU, S. *et al.* *Elbow load during push-up at various forearm rotations*. *Clinical Biomechanics* 16, pp. 408-414, (2001).

LUDEWIG, P. M.; HOFF, M. S.; OSOWSKI, E. E.; MESCHKE, S.A.; RUNDQUIST, P.J. *Relative balance of serratus anterior and upper trapezius muscle activity during push-up exercises*. *Am J Sports Med* 32, pp. 484-493, (2004).

McGUIGAN, M. R.; TATASCIORE, M.; NEWTON, R. U.; PETTIGREW, S. *Eight weeks of resistance training can significantly alter body composition in children who are overweight or obese*. *National Strength & Conditioning Association (U.S.) - The J. Strength Cond. Res.*, 23, pp. 80-85, (2009).

MAENHOUT, E. *et al.* *Electromyographic analysis of knee push-up plus variations: what is the influence of the kinetic chain on scapular muscle activity?* *Br J Sports Med*, 44, pp.1010-1015, (2010). doi: 10.1136/1010 bjsm.2009.062810.

MAEO, S. *et al.* *Muscular activities during sling- and ground-based push-up exercise.* Maeo et al. BMC Research Notes, 7, p. 192, (2014).

MANGINE, G.T.; RATAMESS, N. A.; HOFFMAN, J. R.; FAIGENBAUM, A. D.; KANG, J.; CHILAKOS, A. *The effects of combined ballistic and heavy resistance training on maximal lower- and upper-body strength in recreationally trained men.* National Strength & Conditioning Association (U.S.) - *The J. Strength Cond. Res.*, 22, pp. 132-139, (2008).

MARCHETTI, P. H. DUARTE, M. *Instrumentação em Eletromiografia.* Universidade de São Paulo, (2006). Disponível em: <<http://www.fefiso.edu.br/grupoestudo/pdfs/06.pdf>>, *apud. ROCHA, T., (2011).* Análise cinemática comparativa do agachamento *wall-slide* e eletromiografia do músculo reto femoral antes e após aplicação de acupuntura no ponto st 45.

MARTINS, G. *Iniciação esportiva: diálogos possíveis entre a objetividade da análise biomecânica e a subjetividade da qualidade de vida.* Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Metodista de Piracicaba – FACIS/UNIMEP, (2011).

MASSÓ, N. *et al.* Surface electromyography applications in the Sport. *Apunts Med Esport*, vol. 45, nº 165, pp. 121-130, (2010). Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1886658110000204>, *apud. ROCHA, T., (2011).* Análise cinemática comparativa do agachamento *wall-slide* e eletromiografia do músculo reto femoral antes e após aplicação de acupuntura no ponto st 45.

MATHEW, J. L.; BALL, T. E.; ARNOLD, M. D.; BOWEN, J. C. *Push-ups as a measure of upper body strength.* J Appl Sport Sci Res, 5, pp. 16-21, (1991).

MIKAWA, Y. *et al.* *Quadriplegia caused by push-up exercises.* Arch Orthop Trauma Surg, 113, pp. 174-175, (1994).

MEGLAN, D., TODD, F. *Kinetics of human locomotion.* In J. Rose; & J. G. Gamble (Eds.), Human walking (2nd ed., pp. 73-99). Baltimore: Williams & Wilkins, (1994).

MOLA, D. Q. *et al.* *O salto vertical não é alterado imediatamente após a eletroestimulação transcutânea de média frequência.* Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte 7 (1), pp. 69-75, (2008).

MORAES, A. C. *Análise eletromiográfica do músculo reto femoral durante a execução de movimentos do joelho na mesa extensora.* R. Bras. Ci. e Mov. Brasília, vol. 11, nº 2, pp. 19-23; junho (2003).

NETO, A. A. *A influência do grito do kiai na produção de força muscular e no sinal eletromiográfico em um atleta de judô.* Monografia de graduação – Universidade Tuiuti do Paraná (UTP), Curitiba, (2005).

OLIVEIRA, A. L., DAGNONE F. D., VILELA JUNIOR, G. B., HAUSER, M.W. *Cinesiologia.* Ponta Grossa: Editora UEPG, (2011).

OSBOURNE, R. *Variations on the push-up.* NSCA J 11, pp. 28–29, (1989).

PALASTANGA, N. *et al.* *Anatomia e movimento humano: estrutura e função*. São Paulo: Manole, (2010).

PARDAL, D. M. M; SACCO, I. C. N.; SERRÃO, J. C; AMADIO, A. C. *Comparação de atividade eletromiográfica de músculo abdominais durante exercícios convencionais*. *Rev. Bras. Biomec*, 4(6), pp. 29-37, (2003).

PARK, S, Yoo, W. *Differential activation of parts of the serratus anterior muscle during push-up variations on stable and unstable bases of support*. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 21, pp. 861-867, (2011).

ROBERTS, M. A; O'DEA, J.; BOYCE, A.; MANNIX, E.T. *Fitness levels of firefighter recruits before and after a supervised exercise training program*. *National Strength & Conditioning Association (U.S.) - The J. Strength Cond. Res.*, 16, pp. 271-277, (2002).

RODRIGUES, S. *Distribuição da força plantar e oscilação do centro de pressão em relação ao peso e posicionamento do material escolar*. *Rev bras. Fisioter.*, São Carlos, vol. 12, nº 1, pp. 43-48, jan./fev. (2008) - ISSN 1413-3555.

ROYER, T. D. *Electromyography and Muscle Force: Caution Ahead*. *Human Kinetics. Athletic Therapy Today*. 10(4), pp.43-45, (2005).

SANTOS, J.O. *et al.* *Análise do movimento de eversão do calcanhar e comportamento do centro de pressão plantar (CP) durante a marcha em diferentes velocidades*. [www.cpaqv.org/biomecanica/analise%20cinetica %2005.pdf](http://www.cpaqv.org/biomecanica/analise%20cinetica%2005.pdf) (Consulta em 08/01/2013)

SEO, S. *et al.* *Surface EMG during the Push-up plus Exercise on a Stable Support or Swiss Ball: Scapular Stabilizer Muscle Exercise*. *Society of Physical Therapy Science - J. Phys. Ther. Science*, 25, pp. 833-837, (2013).

SERPA, E. P. *Efeitos de uma sessão aguda de alongamento no controle neuromuscular de uma tarefa multiarticular em diferentes intensidades*. Piracicaba, SP: [s.n.] / Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências da Saúde / Programa de Pós-Graduação em Educação Física - Universidade Metodista de Piracicaba, (2014).

SEVERINO, A.J. *Metodologia do trabalho científico*. 23ª Ed., São Paulo, Cortez, (2007).

SILVA, S. R. D.; GONÇALVES, M. *Análise da fadiga muscular pela amplitude do sinal eletromiográfico*. *R. bras. Ci e Mov.*, 11(3), pp. 15-20, (2003).

SILVA, S. R. D.; GONÇALVES, M. *Comparação de protocolos para verificação da fadiga muscular pela eletromiografia de superfície*. *Motriz, Rio Claro*, vol.9, nº 1, pp. 51–58, jan./abr. (2003).

SNARR, R. L., ESCO, M. R. *Electromyographic comparison of traditional and suspension push-ups*. *Journal of Human Kinetics*, vol. 39, pp. 75-83, (2013).

SOUSA, D. S. S. *et al.* *Análise clínica da marcha exemplo de aplicação em laboratório de movimento*. 2º Encontro nacional de biomecânica. RODRIGUES, H. *et al.* (Eds.) Évora, Portugal, 8 e 9 de Fevereiro, (2007).

STRUNGARU, R. *Electronică medicală*. Editura Didactică și Pedagogică. București, p. 169, (1982).

SUPRAK, D. N., DAWES, J., and STEPHENSON, M.D. *The effect of position on the percentage of body mass supported during traditional and modified push-up variants*. *National Strength & Conditioning Association (U.S.) - The J. Strength Cond. Res.*, 25(2), pp. 497-503, (2011).

TOYA, N. *et al.* *Push-up exercise induced thrombosis of the subclavian vein in a young woman: report of a case*. *Surg Today*, 37, pp. 1093-1095, (2007) - doi 10.1007/s00595-007-3528-2. Department of Surgery, Jikei University School of Medicine, 3-25-8 Nishi-shinbashi, Minato-ku, Tokyo 105-8461, Japan.

TUCKER, W. S. *et al.* *Electromyography of 3 Scapular Muscles: A Comparative Analysis of the Cuff Link Device and a Standard Push-Up*. *Journal of Athletic Training*, 43(5), pp. 464-469, (2008).

VASEGHI, B. *et al.* *The impact of load and base of support on electromyographic onset in the shoulder muscle during push-up exercises*. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*, 17, p. 192 e 199, (2013).

VILELA JUNIOR, G. B. *Revista CPAQV – Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de vida*, vol. 1, nº 1, (2009).

VOLLESTAD, N. K. *Measurement of human muscle fatigue*. *J. Neurosci. Methods*, Amsterdam, vol. 74, nº 2, pp. 219-227, Jun (1997).

VOSSEN, J. E. *et al.* *Comparison of Dynamic Push-Up Training and Plyometric Push-Up Training on Upper-Body Power and Strength*. *National Strength & Conditioning Association (U.S.) - The J. Strength Cond. Res.*, 14(3), pp. 248-253, (2000).

WHITTLE, M. *Gait analysis: an introduction*. 4th ed. Edinburgh: Butterworth Heinemann, (2007).

WINTER, D. *Biomechanics and motor control of human movement*, 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, (2005)

WIRHED, R. *Atlas de anatomia do movimento*. São Paulo: Manole, (1986).

WU, G. and CAVANAGH, P. R. *"ISB recommendations for standardization in the reporting of kinematic data,"* *J. of Biomechanics*, 28, pp. 1257-1261, (1995).

WU, G., SIEGLER, S., ALLARD, P., KIRTLEY, C., LEARDINI, A., ROSENBAUM, D., WHITTLE, M., LIMA, D. D., CRISTOFOLINI, L. and WITTE, H. *ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion--part I*. *J. Biomech.*, 35, pp. 543-548, (2002).

YOON, J., LEE, H. *Periscapular Muscle Activities and Kinematic Analysis of the Performed on Different Supporting Surfaces for the Lower Limbs Push-up Plus Exercise*. *Society of Physical Therapy Science - J. Phys. Ther. Science*, 25, pp. 259-262, (2013).

YOSHITOMI, S. K., *et al.* *Respostas posturais à perturbação externa inesperada em judocas de diferentes níveis de habilidade.* [www.scielo.br/pdf/rbme/v12n3a10.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rbme/v12n3a10.pdf) (Consulta em 17/01/2013)

YOUDAS, J. W., BUDACH, B. D., *et al.* *Comparison of muscle-activation patterns during the conventional push-up and perfectpush-up™ exercises.* *National Strength & Conditioning Association (U.S.) - The J. Strength Cond. Res.*, 24(12), pp. 3352-3362, (2010).

ZINK, A. J.; WHINTING, W.C.; VINCENT, W. J.; McLAINE, A. J. *The effects of a weight belt on trunk and leg muscle activity and joint kinematics during the squat exercise.* *National Strength & Conditioning Association (U.S.) - The J. Strength Cond. Res.*, 15(2), pp. 235-240, (2001).