



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO MARAJÓ-BREVES
FACULDADE DE CIÊNCIAS NATURAIS

ANDERSON LEITE CORRÊA

ESTUDANDO FÍSICA ATRAVÉS DOS EXERCÍCIOS REALIZADOS NAS
ACADEMIAS DE MUSCULAÇÃO DE BREVES/PARÁ

BREVES-PA
2014

ANDERSON LEITE CORRÊA

ESTUDANDO FÍSICA ATRAVÉS DOS EXERCÍCIOS REALIZADOS NAS
ACADEMIAS DE MUSCULAÇÃO DE BREVES/PARÁ

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Faculdade de Ciências
Naturais da Universidade Federal do
Pará, como requisito parcial para
obtenção do grau de Licenciado em
Ciências Naturais

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto
Brito da Silva Júnior.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

C824e Corrêa, Anderson Leite.
Estudando física através dos exercícios realizados nas
academias de musculação de Breves-PA / Anderson Leite
Corrêa. —2014.
74 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Carlos Alberto Brito da Silva
Junior
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) –
Universidade Federal do Pará, Campus Universitário
de Breves, Faculdade de Ciências Naturais, Breves,
2014.

1. Física . 2. Ensino-Aprendizagem. 3. Equipamentos.
4. Musculação. I. Título.

CDD 371.30282

ANDERSON LEITE CORRÊA

ESTUDANDO FÍSICA ATRAVÉS DOS EXERCÍCIOS REALIZADOS NAS
ACADEMIAS DE MUSCULAÇÃO DE BREVES/PARÁ

Trabalho de conclusão de curso
apresentado a faculdade de Ciências
Naturais da Universidade Federal do
Pará, como requisito parcial para
obtenção do grau de Licenciado em
Ciências Naturais.

Conceito _____

Breves (PA), 08 de Julho de 2014.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Carlos Alberto Brito da Silva Jr.
FACIN – CUMB, UFPA (Orientador)

Prof. Msc. Vanilson Gomes Pereira (Titular)
FAMAT – CUMB, UFPA

Prof. Msc. Jorcy José da Conceição Cunha (Titular)
FAMAT – CUMB, UFPA

Prof. Msc. Tiago Freitas Magalhães (Suplente)
FACIN – CUMB, UFPA

*Sem a convicção de uma harmonia íntima do
Universo, não poderia haver Ciências.*

Albert Einstein

A meus pais pela criação, educação e por terem me dado à oportunidade de estudar e alcançar esse objetivo.

A meus irmãos e meus amigos, pelo incentivo a Daniel Melo, Mário e Marcio Menezes pela inspiração que me levou a me empenhar e consegui essa graduação.

Aos meus amigos(a), Fagner e Adriane, Joel, Kadmiel, Débora, Aldair, Gleidson e Michele, Augusto e Geane, prof. Tiago, Anibal, Sandro e Jeane, André, Ícaro e Nara, Dionildo, por sempre me aconselharem e incentivarem.

A meu orientador, amigo e prof. Dr. Carlos Alberto, pela sua importância na minha vida acadêmica, tendo em vista, a bolsa de iniciação científica que ele me deu e o apoio e dedicação com a qual me guiou e orientou, sempre buscando fazer com que eu me empenhasse mais e mais nos estudos.

AGRADECIMENTOS

A minha querida mãe Terezinha Leite e o meu querido pai Manoel Nazareno, que me criaram e educaram e sempre me deram estrutura e incentivo a concluir meus estudos. E em especial à minha mãe, que apesar das adversidades se manteve sempre inabalável no comando da casa e de nossas vidas se mostrando uma grande guerreira.

A meus irmãos Aldair, Aldecy, Amanda por estar ao meu lado quando precisei.

A meus amigos Daniel, Mário e Márcio pelas conversas, incentivo e inspiração que me deram para ingressar em uma Universidade.

A meus amigos Kadmiel, Joel, Fagner, Ícaro, Dionildo

A meu orientador, amigo e Prof. Dr. Carlos Alberto, pela confiança, empenho e dedicação que teve nesse período. O caminho de uma graduação não é fácil, mas elefz tudo se tornar mais divertido, mesmo com as dificuldades. Obrigado por tudo. E que a nossa amizade dure por muitos e muitos anos.

Aos amigos de turma, seu Luiz, Augusto e Gleidson, pelo companheirismo e conselhos que sempre me guiavam para as decisões certas. Sem esquecer suas esposas que são também grandes amigas, Geane e Michele, respectivamente.

Agradecer às Academias: 1- Corpo e Cia em nome de Simone Laurindo, PerformanceFitnes em nome de Osmael Reis; 2- Heralda Sanches em nome de sua proprietária; 3- BioFitnes em nome de seu proprietário Adalberto Lopes, por abrirem as portas de seus estabelecimentos para que pudéssemos desenvolver este TCC.

Agradecer à Samara Carvalho, Yasmim Karoline e Joaquim (Negão) pelo empenho, disposição, e paciência para fazer as fotos necessárias para a observação e análise desse trabalho.

Agradecer ao meu amigo Aníbal Neto, -o cara da xérox|| pela sua importância para muitos concluintes nesse Campus, pela sua disponibilidade em sempre confiar e executar seu trabalho tão bem.

Aos saudosos, Martinho Leite, meu avô pelos ensinamentos, ao Bernadino, mais conhecido como -Maranhão|| pelo incentivo e conselhos, e a Laylane amiga amada que sempre me incentivou a estudar.

RESUMO

A biomecânica é uma das áreas da biofísica que melhor proporciona um profundo entendimento sobre o movimento do corpo humano, pois o esqueleto humano é um sistema de componentes ou alavancas, no qual o osso pode ser visualizado como uma barra rígida que pode transmitir e modificar força e movimento. As forças exercidas no corpo (incluindo as forças musculares) têm componentes que tendem a produzir movimentos não só rotatórios como translatórios nas articulações do corpo humano, até quando realizados em pequenas magnitudes, são importantes para entendermos o estresse e a estabilidade articular. O conhecimento dos movimentos possíveis e seguros de cada articulação do corpo humano, bem como dos graus de amplitude de cada movimento articular, proporciona uma diretriz para uma correta análise biomecânica. Assim, quando o braço entre as forças (Peso e muscular) e o eixo do movimento (articulações) muda por todo o movimento, afeta diretamente o torque. Neste trabalho tentamos mostrar como os princípios físicos podem descrever e favorecer na execução de um exercício de musculação nas academias de Breves para que se tenha uma boa eficiência sem a preocupação com lesões.

Palavras-chave: Física. Ensino-Aprendizagem. Equipamentos. Musculação.

ABSTRACT

Biomechanics is one of the best areas of biophysics that provides a deeper understanding of the movement of the human body, because the human skeleton is a system of components or levers, in which bone can be visualized as a rigid bar that can transmit and modify force and movement. The forces exerted on the body (including muscle forces) have components that tend to produce not only rotational movements as translational joints of the human body, even when performed in small magnitudes are important for understanding the stress and joint stability. The knowledge of the possible safe and each joint of the human body movements as well as the degrees of each joint range of motion, provides a guideline for proper biomechanical analysis. Thus, when the arm of the force (weight and muscle) and the axis of motion (joint) changes throughout the movement directly affects the torque. In this work we try to show how physical principles can describe and promote the implementation of a weight training exercise in gyms Brief in order to have a good efficiency without concern for injury.

Keywords: Physical. Teaching-Learning. Equipaments. Bodybuilding.

LISTADE FIGURAS

Figura 01	Em 600 a.C., o atleta Bybon levantou uma pedra (143,5 Kg) acima de sua cabeça com uma mão que foi encontrada em uma escavação em Olympia.....	16
Figura 02	Máquinas e exercícios desenvolvidos por Gustav no séc. XIX.....	18
Figura 03	Ginásio do Prof. Attila em Bruxelas fundado em 1898 que recebia alunos da Universidade de Leyden, como Frederick Muller, num confronto com Charles Samson, venceu-o, e tempo depois foi vencido por Eugene Sandow.....	19
Figura 04	(a) Sandow Magazine de 1898 e (b) equipamentos criado por Sandow...	19
Figura 05	Desde 1977, os Mr Olympia recebem este troféu, em homenagem à Sandow.....	20
Figura 06	Arnold Schwarzenegger.....	21
Figura 07	Weider com 17 anos em um ferro-velho forjou 2 barras com anilhas de rodas e eixos de automóveis para treinar em casa e obter bons resultados de seu treinamento.....	21
Figura 08	Revista Your Phisique Vol.1 No 1 (08/1940).....	22
Figura 09	Mr. Olympia 2009 "Jay Cutler" recebe o troféu das mãos de "Joe Weider".....	23
Figura 10	Frente da Academia Performance Fitness.....	24
Figura 11	Placa e frente da Academia Heralda Sanches.....	25
Figura 12	Interior da Academia Heralda Sanches com os aparelhos de musculação	26
Figura 13	Frente da Academia Bioftness.....	27
Figura 14	Interior da Academia Bioftness com os aparelhos e seus praticantes.....	27
Figura 15	Instrumentos para medir grandezas em Cinemática e Dinâmica. (a) câmera de vídeo registra as imagens em um software no computador e (b) plataforma de força mede a força de reação do solo (FRS) e o seu ponto de aplicação.....	28
Figura 16	Propriedades da extensibilidade e elasticidade muscular.....	31
Figura 17	Posição do CES e do CEP em relação ao componente contrátil (b) A relação força-comprimento do músculo esquelético. O aumento na tensão total é devido ao componente elástico e a maior está entre 120-130% do comprimento de repouso.....	31
Figura 18	Fibra muscular e suas subdivisões didáticas (HALL, 2005).....	33
Figura 19	CG do braço: (a) em cada parte e (b) em um único segmento.....	35
Figura 20	Localização do CG no corpo humano (CAMPOS, 2000).....	35
Figura 21	Diferença entre CM e CG: (a) campo gravitacional (g) e densidade do corpo (ρ) uniforme, (b) g uniforme e ρ diferentes, (c) g não uniforme e ρ diferentes (LAGES, 2009)	36
Figura 22	Movimentos de flexão, extensão e hiperextensão são realizados no <i>plano sagital e possuem um eixo frontal</i> . (b) A flexão lateral, adução e abdução são realizadas no <i>plano frontal (ou coronal) e sobre o eixo sagital</i> . Os movimentos de rotação medial e lateral são realizados no plano transversal e sobre o eixo longitudinal (ou vertical).....	36
Figura 23	Amplitude de movimento no tornozelo: dorsiflexão é de 15° (20°) com o joelho estendido (flexionado) e flexão plantar é de $\approx 45^\circ$ ocorrem no plano sagital sobre o eixo frontal. Os movimentos de inversão e eversão	37

	ocorrem na articulação subtalar	
Figura 24	Amplitude de movimento no joelho: flexão é de 140° . A rotação ocorre durante os movimentos de flexão e extensão do joelho e é realizada entre a tíbia e o fêmur. Com o fêmur fixo, o movimento que acompanha a: <i>flexão</i> (e <i>extensão</i>) é uma rotação medial (lateral) da tíbia sobre o fêmur. Com a tíbia fixa, o movimento que acompanha: <i>flexão</i> (e <i>extensão</i>) é uma rotação lateral (medial) do fêmur sobre a tíbia.....	37
Figura 25	As amplitudes médias para os principais movimentos são: flexão 125° , extensão 10° , abdução 45° e adução 10° . Amplitudes maiores que estas dependem de um movimento combinado com a pelve e a coluna. Por exemplo, 90° de abdução só acontecem com 45° de abdução do quadril combinados com inclinação lateral da pelve e flexão da coluna lombar...	38
Figura 26	O movimento em que uma E.I.A.S. de um lado fica mais alta que a do outro chama-se inclinação lateral da pelve. Junto com o movimento de flexão lateral da coluna lombar com uma abdução de uma articulação do quadril e adução da outra.....	38
Figura 27	A expressão "encaixar o quadril", para movimentos na posição em pé, é uma retroversão da pelve que flexiona a coluna lombar diminuindo a capacidade da coluna em suportar grandes cargas, porisso esta postura não é recomendada.....	39
Figura 28	Amplitudes para os principais movimentos são: flexão 120° , extensão 45° , rotação medial 70° e rotação lateral 90° . Em uma flexão do ombro de 90° como posição zero as amplitudes são 90° para abdução transversal e 40° para adução horizontal. Partindo da posição zero, amplitude $> 180^\circ$ de abdução horizontal e $> 40^\circ$ para adução transversal, porém, este movimento não é realizado somente pela articulação glenoumeral, mas pela adução da escápula e rotação da coluna vertebral	39
Figura 29	Amplitude média para flexão é de 145° podendo diminuir no caso de uma grande hipertrofia dos flexores do cotovelo e dos flexores do punho	40
Figura 30	Na posição zero, o punho realiza $\approx 80^\circ$ de flexão, 70° de extensão, 35° de adução e 20° de abdução.....	40
Figura 31	Regra da mão direita para determinar o sentido e a direção de \vec{r}	41
Figura 32	Variação dos braços de momento a, b e c de acordo com a posição do CG do braço (peso na mão) em relação ao ponto de apoio situado no ombro (e cotovelo) devido uma rotação afetando o torque (HALL, 2005)	41
Figura 33	CG do braço e do antebraço e suas posições em relação ao ombro durante 2 situações de movimento diferentes. Quando o braço-antebraço está: (A) na posição A, o $ \vec{r}_{A_{total}} $ aplicado no ombro é: $ \vec{r}_{A_{total}} = \vec{r}_{antebraço} + \vec{r}_{braço} = P_a \cdot d_b + P_b \cdot d_a$. (B) na posição B: $ \vec{r}_{B_{total}} = \vec{r}_{antebraço} + \vec{r}_{braço} = P_a \cdot d_a + P_b \cdot d_a$, como $d_b > d_a$, logo: $ \vec{r}_{A_{total}} > \vec{r}_{B_{total}} $ (HALL, 2005)	42
Figura 34	Alavancas interfíxas ou de 1ª Classe (OKUNO E FRATIN, 2003).....	43
Figura 35	Alavancas interfíxas ou de 1ª Classe no corpo humano: (a) movimento da cabeça em torno da <i>junta atlantooccipital</i> (músculo esplênio), (b) movimento de extensão do antebraço em torno do cotovelo (músculo tríceps), (c) movimento de flexão em torno do cotovelo (músculo tríceps) e (d) movimento do pé para cima em torno do tendão de Aquiles (músculos gêmeos que formam a batata da perna)de cabeça para baixo	44
Figura 36	Alavancas inter-resistentes ou 2ª classe (OKUNO E FRATIN, 2003).....	44

Figura 37	Alavanca inter-resistente ou de 2ª Classe no corpo humano: movimento da ponta do pé em torno do tendão de Aquiles.....	44
Figura 38	Alavancas inter-potentes ou 2ª classe (OKUNO E FRATIN, 2003).....	45
Figura 39	Alavancas inter-potente ou de 3ª Classe no corpo humano: (a) movimento do antebraço em torno do cotovelo (músculo do bíceps), (b) movimento do braço em torno do ombro (músculo do deltóide), (c) e (d) movimento de extensão do tronco em torno da articulação da 5ª vértebra lombar.....	45
Figura 40	Parte dos ombros e trapézio mais solicitada.....	45
Figura 41	Exercício de elevação lateral do braço e ante-braço com halteres: (a) o ângulo entre o braço de momento (d) e as forças (do músculo deltóide (R), pesos do braço, ante-braço e do haltere (P) de massa m) na posição inicial é 0° , e por isso não existe τ aplicado ao ombro. (b) na posição final, o braço e o antebraço com o halter fazem 90° com a vertical produzindo um τ resultante máximo devido à força R, onde o eixo do movimento (E.M) e a Linha de Ação da Resistência (L.A.R) (CAMPOS, 2000)	46
Figura 42	Execução da atividade nas posições: (a) inicial ($\theta = 0^\circ$ e $\tau = 0$), (b) final de forma correta ($\theta = 90^\circ$ e $e\tau_{\text{máx}}$) e (c) final de forma incorreta ($\theta > 90^\circ$, e $\tau < 0$) podendo produzir lesão no músculo deltóide em torno da articulação do ombro (ponto O)	46
Figura 43	Parte dos peitorais mais solicitada.....	47
Figura 44	Posições inicial e final na execução do supino reto com halteres onde o braço de momento do ombro até o haltere é d_1 e até o cotovelo é d_2 (CAMPOS, 2000)	48
Figura 45	Principais músculos exercitados são o peitoral maior e o deltóide anterior.....	49
Figura 46	Execução do supino reto com barras nas posições iniciais e final na academia Biofitness.....	49
Figura 47	Parte dos braços mais solicitada.....	50
Figura 48	Representação dos vetores força na sustentação do peso por um braço humano, as componentes translatória (paralela ao osso e aumenta a estabilidade do cotovelo - a compressão) e rotacional (perpendicular ao osso onde o músculo está inserido) resultante da contração do músculo do bíceps, os E.M e L.A.R (HALL, 2005).....	51
Figura 49	Duas situações do movimento do antebraço quando ele está flexionado (d_1) e estendido (d_2) ao cotovelo, a força executada pelo tríceps (HALL,2005).....	51
Figura 50	Vetor força muscular, braço de momento com centro de rotação no cotovelo e equação do τ muscular, quando se flexiona e estende o bíceps(HALL, 2005).....	52
Figura 51	τ da força de contração dos flexores do cotovelo em diferentes ângulos. A maior produção de força é a 90° de flexão, quando o bíceps tem o maior braço de momento de toda a amplitude do movimento.....	52
Figura 52	Posição inicial e final na execução de uma repetição do exercício de extensão unilateral do cotovelo com haltere de massa m (CAMPOS, 2000).....	53
Figura 53	Posição: (a) inicial; (b) correta e (c) incorreta do exercício.....	53
Figura 54	Posições inicial e final das forças do bíceps e do peso da anilha bem	

	como seus braços de momento com relação ao eixo de rotação na articulação do cotovelo.....	54
Figura 55	Posições (a) inicial; (b) e (c) final das forças peso do praticante e da componente rotatória do bíceps, bem como seus braços de momento com relação ao cotovelo.....	54
Figura 56	Levando o calcanhar para baixo para que os músculos comecem a flexão plantar partindo de pré-estiramento (dorsiflexão), favorece a relação força-comprimento e a amplitude de movimento desta articulação.....	55
Figura 57	Parte da panturrilha mais solicitada.....	55
Figura 58	Flexão planar em pé no aparelho.....	56
Figura 59	Posições inicial e final, bem como a força do músculo da panturrilha, a força peso (pessoa com a barra) e o eixo de rotação (O) na ponta dos pés	56
Figura 60	Mostra o respectivo exercício.....	56
Figura 61	As forças e seu momentos para este exercício nas posições inicial e final	57
Figura 62	O maior braço de momento da resistência (B.M.R) neste exercício é entre 45° - 50°e para o quadríceps, devido à posição da patela, é entre 45°- 60°.....	58
Figura 63	Execução do exercício nas posições inicial e final. As forças peso e do músculo da coxa e seus braços de momento. Sem o apoio das costas o risco de lesão da região lombar aumenta significativamente.....	58
Figura 64	Flexão dorsal do tornozelo.....	59
Figura 65	Mesa e cadeira flexora do joelho.....	59
Figura 66	Exercício de adução do quadril e da pelve sem utilizar aparelho.....	60
Figura 67	Execução do exercício de adução do quadril e da pelve com cabo na Academia Heralda pela praticante Yasmin.....	61
Figura 68	Exercício de adução do quadril e pelve com aparelho.....	61
Figura 69	Exercício executado na cadeira adutora.....	62
Figura 70	Execução do exercício de adução do quadril e da pelve na cadeira adutora na Academia Heralda pela praticante Yasmin.....	62
Figura 71	Exercício de abdução do quadril e da pelve sem utilizar aparelho.....	63
Figura 72	Músculos Atuantes: Glúteo máximo e com menos intensidade, o semitendíneo, o semimembranáceo e cabeça longa do bíceps femoral.....	63
Figura 73	Execução do exercício de abdução do quadril e da pelve com cabo na Academia Heralda pela praticante Yasmin em pé.....	64
Figura 74	Exercício de adução do quadril e pelve com aparelho em pé.....	64
Figura 75	Exercício executado na cadeira abdução.....	65
Figura 76	Execução do exercício de abdução do quadril e da pelve na cadeira abdução na Academia Heralda pela praticante Samara.....	65
Figura 77	Execução dos exercícios de flexão e extensão do quadril no aparelho em pé.....	66
Figura 78	O componente translatório é de compressão durante todo o movimento, favorecendo a estabilidade da articulação do quadril. Quando o joelho fica flexionado, a amplitude de extensão pode ficar limitada por causa de insuficiência passiva do músculo reto femoral ou do iliopsoas. Assim, o apoio para a coluna lombar não consegue prevenir a anteversão da pelve nem a hiperextensão da coluna.....	66
Figura 79	Músculos Atuantes: Vasto lateral, Vasto intermédio, Retofemoral e Vasto medial.....	67
Figura 80	O agachamento com barras na posição inicial e final, bem como as	67

	forças e B.M	
Figura 81	Praticantes Samara e Yasmin executando agachamento com pesos em barras na academia Heralda Sanches.....	68
Figura 82	Dois exercícios trabalham os mesmos músculos com aparelhos diferentes.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Tipos de Esforços Deformantes e suas Características.....	32
----------	---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	Breve histórico da musculação nas academias de ginástica.....	18
1.2	Breve histórico da musculação nas academias de ginástica de Breves.....	24
1.2.1	Academia Performance Fitnes.....	24
1.2.2	Academia Heralda Sanches.....	25
1.2.3	Academia Biofitnes.....	26
2	METODOLOGIA.....	28
2.1	Efeitos do condicionamento físico.....	29
2.2	Conceitos da física aplicados no exercício de musculação nas academias.....	30
2.3	Biomecânica do músculo esquelético.....	30
2.4	Centro de massa e centro de gravidade do corpo humano.....	34
2.4.1	Localização do Movimento.....	36
2.4.2	Articulações: Movimentos e Amplitudes.....	37
2.4.3	Alavancas Aplicadas ao Corpo Humano.....	43
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
3.1	Exercícios com sobrecargas impostas ao ombro.....	45
3.2	Exercícios com sobrecargas impostas ao ombro e peito.....	47
3.3	Exercícios com sobrecargas impostas ao cotovelo.....	50
3.4	Exercícios com sobrecargas impostas aos tornozelos.....	54
3.5	Exercícios com sobrecargas impostas aos joelhos.....	57
3.6	Exercícios com sobrecargas impostas na articulação do quadril e pelve.....	60
3.7	Exercícios com sobrecargas impostas na articulação do quadril e joelho.....	66
4	CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS.....	69
	REFERÊNCIAS	70

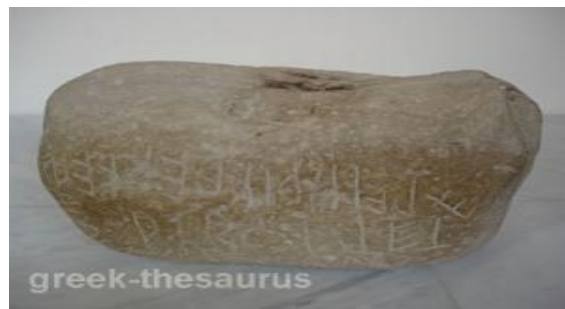
1 INTRODUÇÃO

Desde o início da humanidade, o homem primitivo necessitava de atributos físicos para a sua sobrevivência, pois era preciso correr, lançar, saltar, nadar, entre outras movimentações corporais para obter alimentação, segurança e moradia. Existem relatos que afirmam que a prática da ginástica com pesos data do início dos tempos.

Na Grécia Antiga, o berço das manifestações do exercício físico, nasceu o ideal de beleza, que pode ser vista nos museus de todo o mundo, onde o culto e à adoração ao guerreiro se fazia presente. As mulheres praticavam exercícios rítmicos sob a forma de danças. Alguns esportes destacavam-se nessa época como: as corridas de carros, o pugilismo, as lutas de um modo geral, o combate armado, o arremesso com bolas de ferro, o tiro com arco, o arremesso de lanças e a natação em variados estilos.

Paredes de capelas funerárias do Egito relatam 4.500 anos atrás homens levantando pesos na forma de exercícios. Gravuras de jogos de arremessos de pedras datam de 1896 a.C. Registros e documentos mais detalhados sobre musculação datam de 600 a.C. na Grécia, mais precisamente falam de um atleta olímpico e discípulo do matemático Pitágoras (571-497 a.C), chamado Milon de Croton (580-500 a.C) e seus feitos, ele foi o mais famoso dos atletas gregos na antiguidade e nasceu na colônia grega de Croton, no sul da Itália. O nome da cidade de Milão é em sua homenagem. Ele foi por 6 vezes campeão nas olimpíadas (60^a, 62^a, 63^a, 64^a, 65^a e 66^a). Manteve-se competindo e na 67^a olimpíada já tinha mais de 40 anos. Escavações na cidade de Olímpia encontraram pedras com moldes para as mãos permitindo aos historiadores intuir que pessoas à época, já praticavam exercícios com pesos (ver Fig.1 abaixo).

Fig.1- Em 600 a.C., o atleta Bybon levantou uma pedra (143,5 Kg) acima de sua cabeça com uma mão que foi encontrada em uma escavação em Olympia



Estes registros ilustram um dos métodos de treinamento mais antigos da humanidade, cujo princípio fundamental é utilizado até hoje, isto é, a teoria da adaptação fisiológica com um treinamento lento, gradual e progressivo. Segundo os registros, Milon, começou a levantar um bezerrinho e à medida que este ia crescendo a sua força também ia aumentando. Quando o bezerro virou touro, Milon não só o levantava como também o carregava de um lado para o outro.

Os registros também mostram que Milon foi um dos primeiros a se preocupar com a suplementação alimentar. Relatos afirmam que ele comia por dia 9 kg de carne, 9 kg de pão e 10 litros de vinho – gerando um total de 57 Mcal. Também era capaz de matar um boi com as mãos e comê-lo sozinho.

Existem esculturas datadas de 400 a.C que relatam formas harmoniosas de mulheres mostrando preocupação estética.

Na Idade Média, o ser humano na sociedade feudal tem suas características mais voltadas para o trato da terra, nas funções voltadas para a agricultura. Nesse período, havia também a Igreja Católica restringindo qualquer culto do homem ao corpo.

No período Renascentista houve uma separação da crença pela Ciência, onde os estudos passaram a ser guiados pelos métodos científicos como única forma de conhecimento, assim o corpo passou a ser um objeto de estudo sendo progressivamente desvendado. Primeiro foi a pele, depois foram outras camadas chegando aos músculos e tendões e por fim crânio foi aberto mostrando como é esse órgão, que é o regulador do homem. A partir de então, todas as atividades eram guiadas seguindo a saúde corporal.

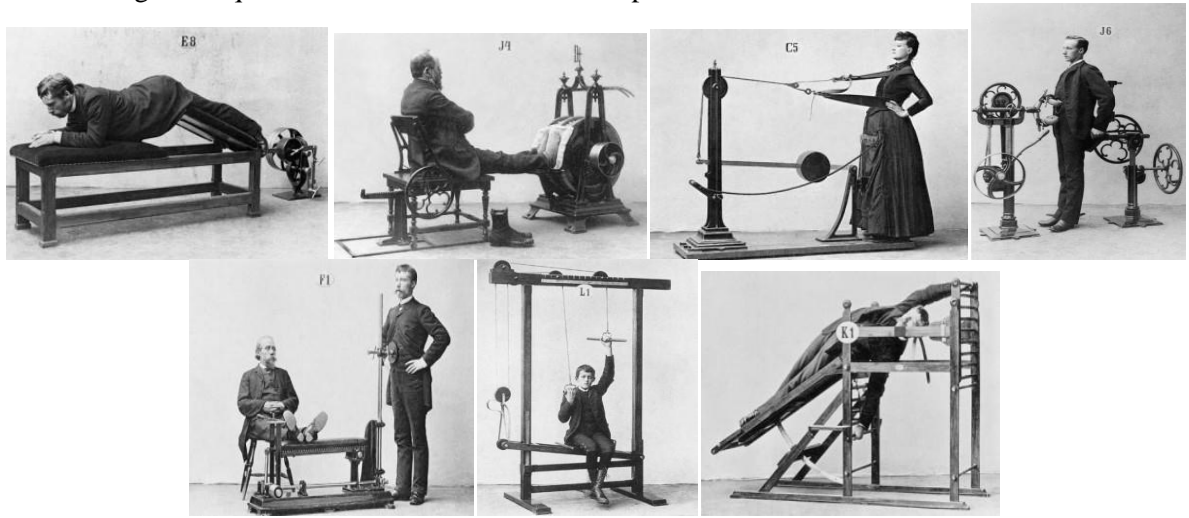
A partir do século XVIII, com a Revolução Industrial o trabalho vira sinônimo de quantidade. O corpo que era valorizado era o corpo-máquina, que se representava em um corpo apto para o trabalho, disciplinado de fácil controle.

Assim, pretendemos ao longo deste trabalho relatar sobre: 1- a musculação nas academias de ginásticas nos séculos XIX ao XXI; 2- a musculação nas academias de ginásticas de Breves; 3- a parte da Física que serve para descrever a eficácia dos movimentos realizados nas atividades de musculação; 4- aplicação do estudo da Física e análise dos resultados obtidos com a realização dos exercícios de musculação nas academias de Breves.

1.1 Breve Histórico da Musculação nas Academias de Ginástica

No século XIX, o médico sueco Gustav Zander inventou métodos terapêuticos de exercícios realizados por meio de aparelhos especiais de ginástica (ver Fig. 2 abaixo) que eram feitos com um sistema muito complexo de polias e contrapesos. Ele inventou mais de 70 exercícios baseados em suas máquinas, desde que iniciou seus trabalhos em 1860. Estas fotos são de um catálogo de 1906.

Fig.2- Máquinas e exercícios desenvolvidos por Gustav no séc. XIX.



A história mostra que a partir do final do século XIX o chamado -culturismo¹, juntamente com o -halterofilismo², tinha suas atenções voltadas para as companhias circenses e teatros, onde eram apresentados os homens mais fortes do mundo. Nomes expressivos daquela época como Louis Attila, Eugen Sandow e Charles Samson participavam de exibições e confrontos, disputando este título. O professor Attila, em 1887, na Europa recebeu do Príncipe de Gales uma estátua com a figura de Hércules cravejada com 36 diamantes, o que o tornou famoso. Como consequência, pessoas do mundo todo viram no desenvolvimento dos seus músculos uma forma de enriquecer. Ginásios foram abertos na Europa, que na época era o berço dos homens fortes.

Fig.3- Ginásio do Prof. Attila em Bruxelas fundado em 1898 que recebia alunos da Universidade de Leyden, como Frederick Muller, num confronto com Charles Samson, venceu-o, e tempo depois foi vencido por Eugene Sandow



Eugen Sandow(1867-1925),discípulo de Attila, iniciou uma revista em 1898 chamada–Sandow Magazine(ver Fig. 4 abaixo) e publicou vários livros. Inventou aparelhos e criou cursos de ginástica por correspondência, foi um dos primeiros defensores do ensino da educação física em colégios e escolas, desenvolveu exercícios para reduzir as dores do parto, pediu aos empresários que deixassem que os assalariados fizessem um pouco de ginástica por dia. Foi talvez o primeiro personal trainer da história, pois era professor particular dos reis Eduardo VII e George V, da Inglaterra.

Fig. 4- (a) Sandow Magazine de 1898 e (b) equipamento criado por Sandow.



Os primeiros jogos olímpicos da Era Moderna foram realizados, em Atenas, em 1896, onde envolveram 14 países e 241 atletas tiveram uma duração de 10 dias e foram assistidos por 280 mil pessoas. Eles foram marcados por uma precária organização, infraestrutura, qualidade técnica, respeito às regras e não admitia mulheres nas provas, contudo, os levantamentos de peso já faziam parte das 43 provas entre 9 esportes olímpicos da época. No levantamento de pesos com as 2 mãos o campeão foi o dinamarquês Viggo Jensen e na prova de levantamento de peso com um braço o campeão foi o britânico Launceston Elliot que passou a posar seminú, exibindo seu físico para as revistas fotográficas. Esse fato levou a não realização da prova na

olimpíada de Paris, em 1900. O levantamento de peso voltou na olimpíada de 1904 realizada em Saint Louis, na França.

Entretanto, em 1901, ocorreu a 1ª competição oficial em Londres intitulada -*O Físico Mais Fabuloso do Mundo*. Foi realizado por Eugene Sandow que foi intitulado pelo rei George I da Inglaterra como -*Professor da Ciência da Cultura Física de sua Majestade* e teve como jurados: Charles Lawes (notável escultor da época), Arthur Conan Doyle (escritor de "Sherlock Holmes") e o próprio Eugene Sandow.

O evento foi realizado no Hoyal Alberte Hall em Londres e o interesse foi tão grande que milhares de pessoas se amontoaram na porta de entrada, sendo que foi registrado 15.000 pessoas nas finais. Willian Murray foi o vencedor entre 156 competidores e criou após isto vários campeonatos de musculação na Inglaterra.

O prêmio nestas competições era uma estátua de Eugene Sandow, que foi idealizado pelo escultor F. W. Pomeroy em 1891, hoje está imortalizado pela homenagem de Joe Weider que escolheu sua imagem segurando uma barra com pesos em forma de bolas (Fig.5) para premiar os vencedores do maior evento do mundo de musculação que é o Mr. Olympia. Por isso, Eugen Sandow é considerado o criador deste desporto ou pai da musculação.

Fig.5- Desde 1977, os Mr Olympia recebem este troféu, feito em homenagem à Eugen Sandow.



¹Culturismo ou Fisiculturismo é a aplicação da musculação para hipertrofia muscular simétrica e estética. ²Halterofilismo ou halterofilia, levantamento de peso(s), ou ainda, levantamento de peso olímpico (LPO), é um desporto cujo objetivo é levantar a maior quantidade de peso possível, do chão até sobre a cabeça, em uma barra em que são fixados pesos.

Ele foi o 1º a usar o fisiculturismo como esporte e expor seus músculos adquiridos com treinamentos guiados para esse fim. Ele foi um dos primeiros no mercado com equipamentos mecânicos para realizar exercícios, tais como pesos e roldanas. E também o 1º a realizar um campeonato de fisiculturismo em 14/09/1901, que tinha como objetivo avaliar, conforme as poses, o competidor com músculos mais bem definidos.

A chamada Idade de Ouro da musculação³ se desenvolveu entre as décadas de 1940 e 1970. Durante este período surgem figuras como Vince Gironda, Steve Reeves, Arnold Schwarzenegger, Frank Zane e Walter Bernal.

Fig.6- Arnold Schwarzenegger



O Culturismo surgiu do halterofilismo competitivo na década de 1940, através do halterofilista canadense Josef (Joe) Weider, quando ele teve acesso a uma revista de halterofilismo. Joe decidiu construir e modelar seu corpo com o propósito de afugentar e se proteger dos brigões que assolavam a vizinhança onde morava em Montreal.

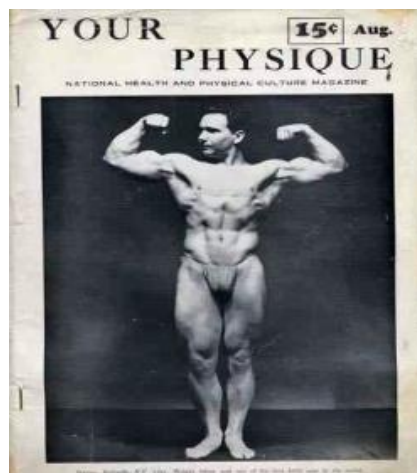
Fig. 7- Weider com 17 anos forjou 2 barras com anilhas de rodas e eixos de automóveis de um ferrolho paratreinar em casa que obteve bons resultados de seu treinamento



³A chamada Era de Ouro chega, ao fim na década de 1980 e especialmente em 1990.

Com \$7,00, Joe iniciou a publicação de um informativo chamado -Your Physique. Um ano depois, definiu seu esporte como algo empírico diferente do halterofilismo de competição, o que implicava num tipo de treinamento que utilizava movimentos compostos, cujo propósito era desenvolver tamanho muscular em uma proporção equilibrada, dentro de determinados padrões que seguiam determinadas regras. Logo descobriu que o êxito para este novo esporte se baseava antes de tudo em velocidade, técnica e, sobretudo, potência, porque ajuda o desenvolvimento físico.

Fig.8- Revista Your Physique Vol.1 No 1 (Agosto de 1940).



Preocupado também com a alimentação dos atletas, Joe pesquisou fontes de nutrição que acreditava ser alimentação saudável, como: uma taça de aveia com fruta cortada em pedaços, acompanhada de suplementos.

A musculação ficou mais conhecida nas décadas de 50 e 60 com o aparecimento de academias e máquinas sofisticadas, ligando ao esporte de ginásticas, campeões, como Steve Reeves e as publicações em revistas em quadrinhos de treinamentos musculares por Charles Atlas incentivando os jovens a melhorar seu físico e aparência.

A década de 70 é conhecida como *década de ouro*⁴, que teve uma visão mais comercial, isso graças ao esforço de figuras como Joe Weider e a criação de novas competições, como o Mr. Olímpia. Paralelo a isso, havia uma busca contínua em desenvolver uma melhor suplementação, nutrição e treinos musculares.

A Federação Internacional de Fisiculturismo (*International Federation of Bodybuilding*—IFBB) regula o campeonato de culturismo mundial, o Mr. Olympia. Os maiores vencedores desse campeonato foram Lee Haney (8 vezes), Arnold Schwarzenegger (7 vezes), Dorian Yates (6 vezes) e Ronnie Coleman (8 vezes). Outros conhecidos culturistas são: Mike Mentzer (1979), Lou Ferrigno (dubla o Hulk), Charles

Atlas, Lee Priest, Kai Greene, Dexter –The Bladell Jackson (2008) e Jay Cutler (2009).

Fig.9- Mr. Olympia 2009 "Jay Cutler" recebe o troféu "The Sandow" das mãos de "Joe Weider".



O treinamento com pesos e a dieta adequada seriam a medicina preventiva do século XXI. Atualmente, os treinamentos com pesos (ou treinamento resistido) são requisitos prévios para melhorar o rendimento em todos os esportes. Uma dieta baixa em gordura, rica em proteínas de alta qualidade e carboidratos complexos complementaria a parte nutricional dos atletas que desejam aumentar a massa muscular.

A sociedade em geral, preocupa-se com a prática de exercícios físicos para diversos fins, como: bem estar, saúde e um envelhecimento com boa qualidade de vida. Isso faz com que pessoas de várias faixas etárias pratiquem algum tipo de atividade esportiva principalmente em academias⁵.

As tendências da sociedade moderna e a evolução tecnológica proporcionam mais conforto e comodidades para o ser humano. A tecnologia facilita o dia-a-dia, porém diminui as exigências do movimento corporal. Esta diminuição de atividade física traz consigo o aumento do stress e do sedentarismo (COBRA, 2003).

Atualmente a musculação é uma das atividades físicas que mais crescem no país, é a 6ª modalidade esportiva difundida no mundo em número de praticantes, com 190 países onde se pratica e existe atletas, divididos em 21 categorias, masculinas e femininas, inclusive de máster. O objetivo é melhorar a estética, tratar e/ou prevenir doenças, condicionar fisicamente ou apenas melhorar a qualidade de vida.

⁴ O termo musculação teve origem nessa época substituindo o termo halterofilismo, que denominava os praticantes de musculação. Nesse período o ambiente de musculação era restrito a homens, que almejavam músculos bem definidos e força.

Segundo Santarém (2000), entende-se por boa qualidade de vida, a capacidade de conseguir realizar as atividades desejadas, do ponto de vista homeostático e biomecânico, semriscos para o perfeito funcionamento do organismo humano.

A musculação⁶ ganhou muitos adeptos nas últimas décadas, devido à grande evolução científica que apresentou com a publicação de pesquisas e artigos sobre seus benefícios e segurança nas práticas.

Assim, pretendemos abordar a respeito do estudo físico que o profissional e o praticante de musculação devem conhecer para que possa efetuar os exercícios com maior segurança sem o risco de lesão.

1.2 Breve Histórico da Musculação nas Academias de Ginástica de Breves

1.2.1 Academia Performance Fitness

Esta academia tem 220m² de área, está localizada na Avenida Rio Branco, nº 345, bairro Centro e que tem como dona do estabelecimento a senhora Simone Laurindo.

Fig.10- Frente da Academia Performance Fitness



Fonte: Autoria Própria

A academia surgiu, em 2003, com o nome *Corpo e Cia* que tinha 2 professores (Nivea Santos e Willis) e oferecia aos praticantes a musculação, dança de salão, step e boxe.

⁵Academia de ginástica – expressão muito utilizada no Brasil - pode ser entendida nos dias atuais, como uma entidade de condicionamento físico, iniciação e prática esportiva de cunho privado

Em 2009, a proprietária do estabelecimento alugou a academia Corpo e Cia para a senhora Heralda Sanches que tinha como instrutores Ismael Reis e Anderson Leite Corrêa.

Em 2010, a mãe da proprietária conhecida popularmente por dona Dora alugou a academia por 4 meses. No mesmo ano, a proprietária retomou o estabelecimento.

Em 04/04/2013, a proprietária alugou para o instrutor Ismael Reis que reabriu a academia com o nome de *Performance Fitnes* dando início as suas atividades de musculação e step. O material que tinha à sua disposição era: 1 Leg Press 45; 1 panturrilha sentada; 1 supino reto; 1 supino inclinado; 1 banqueta para exercícios com peso livre (crusifixo) e 1 banco regulável; 1 paralela; 1 banco de scott livre; 1 banco de remo; caneleiras; halteres; 1 mesa flexora; 1 cadeira adutora; 1 cadeira abduutora; 1 puxador; 1 banco de scott; 1 cadeira extensora; 1 voador; e recentemente introduziu mais 5 equipamentos que são: 1 cross over; 1 elíptico; 1 bikespinning; 1 banqueta round e 1 remo convergente.

1.2.2 Academia Heralda Sanches

Academia Heralda Sanches tem como nome o mesmo da proprietária, fundada em 13/10/2010, tem como área 270m² e está localizada no subsolo da Sede Atalaia na praça Dário Furtado, nº 90, bairro Centro.

Fig.11- Placa e frente da Academia Heralda Sanches.



Fonte: Autoria própria

⁶A musculação é um meio de treinamento por meio da qual se utiliza pesos e máquinas desenvolvidas que oferecem cargas mecânicas em oposição ao movimento dos seguimentos corporais. Os principais elementos para a elaboração dos treinamentos de musculação são as variáveis estruturais seguintes: peso, ação muscular, posição dos seguimentos corporais, duração da repetição, amplitude do movimento e trajetória.

A academia tem como atividades físicas e instrutores: 1- Musculação: Fabrício Dantas e Tafarel; 2- Boxe: Candira; 3- MuaiThay: Fábio e Kadmiel; 4- Jump e Step: Flávia.

O material que tinha à sua disposição era: 1 mini-estação; 1 mesa de glúteo, 1 Leg Press 45; 1 panturrilha sentada; 1 supino reto; 1 supino inclinado; 2 banquetas para exercícios com peso livre (crusifixo) e 1 banco regulável; 1 banco de scott livre; caneleiras; halteres; 1 cadeira flexora; 1 cadeira adutora; 1 cadeira abdução; 1 puxador; 1 banco de scott; 1 cadeira extensora; 1 voador; 1 hak; 1 Leg Press 180, 1 desenvolvimento guiado; bolas; camas elásticas, 2 suportes para anilhas; 1 agachamento Smitt; 1 cross over e 1 agachamento livre.

Fig. 12- Interior da Academia Heralda Sanches com os aparelhos de musculação.



Fonte: Autoria própria

Atualmente, possui 300 a 350 alunos divididos nas modalidades acima citadas. Recentemente, em 06/05/2014, introduziu mais 5 equipamentos que são: 1 cross over; 1 elíptico; 1 bikespinning; 1 banqueta round e 1 remo convergente.

1.2.3 Academia Biofitnes

A Academia Biofitnes tem como proprietário e dono Adalberto Lopes Borges, fundada no final de 2012, tem como área 100m² e está localizada na rua Antônio Fulgêncio, nº, bairro Aeroporto.

Fig.13- Frente da Academia Biofitness.



A academia tem como instrutor de musculação o próprio proprietário do estabelecimento e, ele desenvolve treinamentos variados de resistência TAF (Treinamento de Aptidão Física, que é pedido em concursos públicos das polícias civil e militar, entre outros) e hipertrofia muscular.

O material disponível na academia Biofitness é: 1 mesa de glúteo, 1 Leg Press 45; 1 panturrilha sentada e 1 panturrilha em pé; 2 supino reto com banca regulável; 1 banqueta para exercício com peso livre (crusifixo); 1 banco de rosca scott; caneleiras; halteres; 1 kit de dumbbells; 1 mesa flexora; 1esteira; 2 elípticos; 2 bicicletas ergométricas; 1 cadeira adutora; 1 cadeira abductora; 1 puxador horizontal e 1 puxador vertical ; 1apolede; 1 cadeira extensora; bolas; 1 suporte para anilhas; 1 cross over; 1 hiper extensor da lombar e 1 agachamento livre.

Fig.14- Interior da Academia Biofitness com os aparelhos de musculação e alguns praticantes.



Fonte: Autoria Própria.

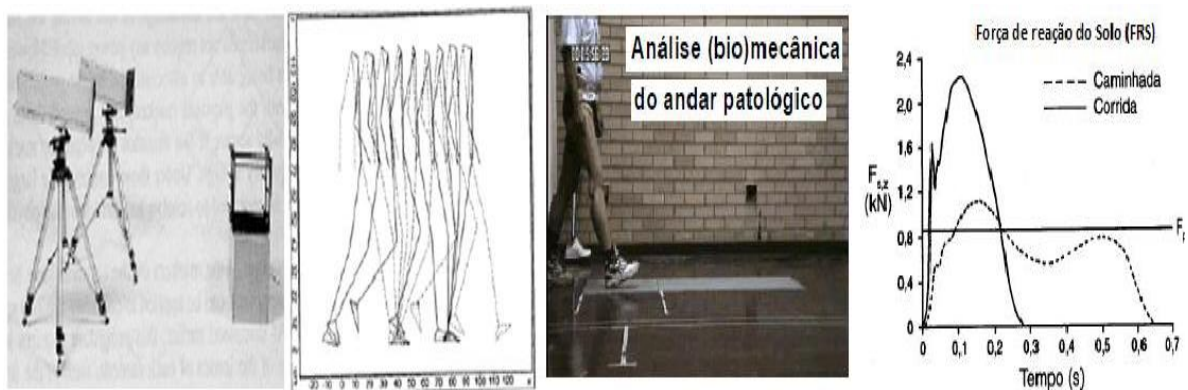
2 METODOLOGIA

Neste capítulo abordaremos, a respeito do conhecimento que o profissional de educação física que atua na área da musculação em academias deve ter para que possa orientar seus praticantes de forma correta se baseando nos conhecimentos e nas leis da Física.

De início, o profissional tem que alertar o praticante a respeito dos cuidados básicos para quem quer praticar a musculação. São eles: 1- médico para avaliar o seu estado de saúde de forma contínua; 2- escolher um local credenciado e se o profissional tem uma formação profissional adequada e uma certa experiência prática; 3- se o profissional tem formação teórica e acadêmica para prescrever as atividades com segurança; 4- se o profissional acompanha o estado físico no sentido funcional do praticante no dia-a-dia; 5- adequar os exercícios ao estilo de vida do praticante e a sua necessidade, para manter o prazer e a harmonia na hora da execução dos exercícios; 6- mudar o profissional caso o praticante não se sinta bem; 7- encarar a musculação com o objetivo de cuidar da saúde com prazer sem a preocupação de um fardo a carregar; 8- procurar uma academia que seja agradável não apenas no sentido de praticar a musculação em si.

Falando de um ponto de vista da Biomecânica (ou da Física), o profissional deve ter o conhecimento dos métodos para quantificar variáveis mecânicas, como na *Cinematria (ou Cinemática)* para descrever o movimento através das curvas posição x tempo, velocidade x tempo; determinar a orientação e a aceleração; na *Dinamometria (ou Dinâmica)* para descrever os efeitos (ou causas) do movimento através da força e do torque (ou momento de uma força).

Fig.15- Instrumentos usados para medir as grandezas em Cinemática e Dinâmica, respectivamente. (a) câmera de vídeo registra as imagens que são analisadas em um software e (b) plataforma de força mede a força de reação do solo (FRS) e o seu ponto de aplicação.



2.1 Efeitos do Condicionamento Físico

Analisaremos esses efeitos de forma separada nos pulmões, no coração e no corpo humano, respectivamente:

Nos pulmões: responsável por realizar a respiração, com objetivo de extrair o oxigênio (O₂) inspirado e eliminar os resíduos⁷. A quantidade de ar que pode ser absorvido pelos pulmões, depende da sua condição interna e pelo fato deles não terem musculatura, eles ficam a mercê dos músculos da caixa torácica e do diafragma para se expandirem e contraírem. O O₂ extraído⁸ entra por difusão na corrente sanguínea por meio dos alvéolos. Porém, o funcionamento dos pulmões pode ser melhorado com treinamento aeróbico adequado para aumentar o número de hemoglobinas, hemácias e plasma sanguíneo gerando um aumento no volume do sangue, o que possibilita transportar mais O₂ e eliminar mais rapidamente os resíduos para reduzir a fadiga e aumentar a resistência. Assim, ocorre uma melhora nas vias de condução (vasos sanguíneos mais alargados) que reflete diretamente na pressão arterial, pois isso vai auxiliar o organismo no metabolismo das gorduras, entre elas, o colesterol⁹

No coração: músculo responsável por bombear o sangue através de todo o corpo e trabalha desde o início de nossa vida até a morte; por isso devemos cuidar bem dele. Por isso, ele sofre alterações com a prática regular de exercícios físicos; em geral, pessoas condicionadas conseguem bombear o sangue para fora do coração de forma mais eficaz. Podemos atribuir esse fato a 2 fatores principais: 1º- por causa do alargamento da cavidade do coração, comportando maior volume de sangue por contração; 2º- pela melhora da eficiência da contração muscular, expelindo maior quantidade de sangue a cada contração. Segundo Cooper (1972), um homem condicionado que pratica exercícios regulares tem uma $f_{cardíaca}$ de repouso \approx de 60 batidas/minuto, enquanto um sedentário tem uma $f_{cardíaca} \approx$ 80 batidas/minuto ou mais.

No corpo: alteração na composição corporal, ocorrendo um acréscimo de massa muscular e uma diminuição na quantidade de massa gorda. O aumento da massa muscular auxilia no tônus muscular (nível de contração do músculo em repouso), pessoas com baixo nível de tônus muscular aparentam flacidez, estado comum entre os idosos sedentários. Além do mais, o aumento da massa muscular reduz as dores nas articulações, pois os músculos auxiliam a dissipação do peso (FLECK; KRAEMER, 1999).

⁷Resíduos é a porção de ar que não é expirado nem inspirado.

2.2 Conceitos da Física Aplicados no Exercício de Musculação nas Academias

O profissional de educação física deve ter conhecimento a respeito dos movimentos do corpo humano que é estudado pela Biomecânica¹⁰ que tem caráter interdisciplinar, pois engloba as ciências físicas e biológicas e que vai nos ajudar a prevenir lesões durante os exercícios de musculação executados pelos membros superiores e inferiores do corpo humano.

Hay (1978) descreve a Biomecânica como sendo a ciência que estuda as forças internas e externas que atuam no corpo humano e, os efeitos produzidos por elas. Segundo Amadio (1989; 1996), a Biomecânica interna preocupa-se com a determinação das forças internas e as consequências resultantes dessas forças dentro do corpo humano. Já a Biomecânica externa representa os parâmetros de determinação quantitativa ou qualitativa referentes às mudanças de lugar e de posição do corpo, ou seja, refere-se às características observáveis exteriormente na estrutura do movimento.

O principal objetivo deste trabalho é mostrar os princípios físicos inseridos na biologia e na educação física através da interdisciplinaridade entre essas áreas, para isso utilizamos na biomecânica do sistema músculo-esquelético os princípios físicos durante os movimentos dos membros do corpo humano nas diversas situações de treinos de musculação nas academias, sem a preocupação em nos aprofundarmos didaticamente nos assuntos ligados a biologia, ou mais especificamente a anatomia humana.

Logo, apresentamos a fundamentação dos princípios básicos de física relacionados à mecânica newtoniana, com ênfase na dinâmica e na estática das partículas e dos corpos rígidos.

2.3 Biomecânica do Músculo Esquelético

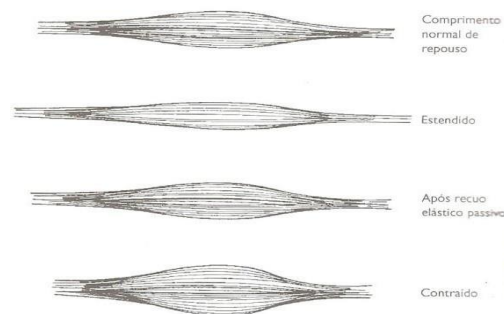
Andar, correr, pular, nadar, dentre outros, são exemplos de movimento que o corpo humano pode fazer o qual tem sua origem na força muscular que é realizada pelo músculo, mais especificamente pelo sistema músculo esquelético, que é o tecido capaz de realizar força através de estímulos enviados pelo sistema nervoso¹¹. Também, os músculos são responsáveis por proteger o corpo humano absorvendo os choques mecânicos e manter a nossa postura ereta enquanto sentamos ou estamos em pé.

⁸Todo o O₂ seria extraído caso houvesse hemácias e hemoglobinas suficientes para realizar o transporte, pois os pulmões não tem essa capacidade produtiva.

⁹Colesterol é o grande responsável pelo desenvolvimento da arteriosclerose, tornando a parede interna das artérias rígidas e podendo causar diversas patologias.

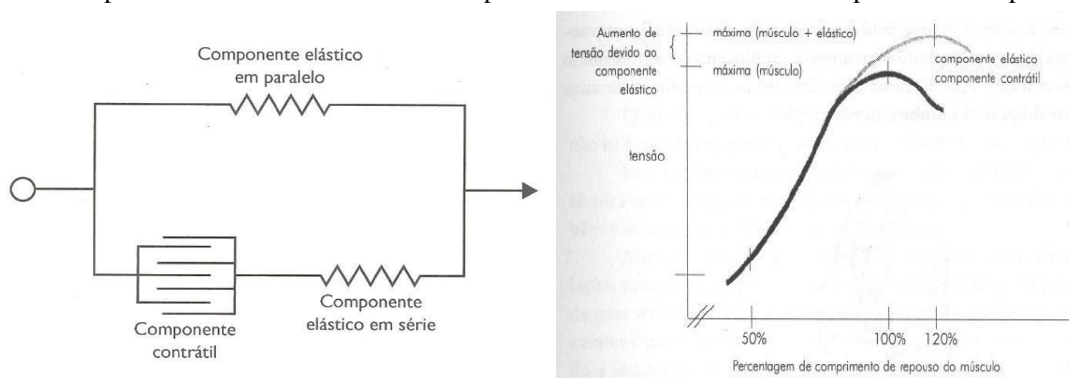
Fisicamente, os materiais que sofrem a ação de uma força, dentro de seu limite elástico, tendem a alongar ou contrair de acordo com a lei de Hooke a partir de um comprimento ou ponto de equilíbrio. Assim, os músculos têm a *extensibilidade* como a propriedade de ser alongado ou estirado para aumentar o comprimento de acordo com a necessidade mecânica da situação, e a *elasticidade* como a propriedade de retorno ao comprimento de equilíbrio inicial após o estiramento e de transmitir uniformemente a força outensão do músculo ao osso¹².

Fig. 16- Propriedades da extensibilidade e elasticidade muscular (HALL, 2005).



Para entender melhor essas propriedades elásticas do músculo, temos que descrever os componentes essenciais para a elasticidade e extensibilidade (ver fig.17).

Fig. 17-(a) Posição do CES e do CEP em relação ao componente contrátil (HALL, 2005)¹³ e (b) A relação força- comprimento do músculo esquelético. O aumento na tensão total é devido ao componente elástico e a maior tensão é produzida entre 120-130% do comprimento de repouso.



¹⁰Morfologicamente, o prefixo –bio|| é relativo aos seres vivos, enquanto o sufixo –mecânica|| é relativo ao estudo dos movimentos relacionados aos seres vivos.

¹¹Isto é, para executar um movimento de levantar um peso, o sistema nervoso envia um estímulo elétrico para o sistema muscular, que por sua vez cria a força necessária para executar o movimento de levantar o peso.

A propriedade muscular de responder a um estímulo, seja ele eletroquímico ou mecânico, faz com que seja ocasionada uma produção de força (ou tensão) pelo músculo. Esta capacidade de reagir ao estímulo produzindo tensão é uma característica específica oriunda do componente contrátil do músculo (HALL, 2005).

O grau de elasticidade de um material é denominado módulo de Young, definido como $Y = \text{Tensão/deforção} = (F/A) \cdot (\Delta x/x_0) = N/m^2$. Esses esforços deformantes podem ser observados na Tabela 1:

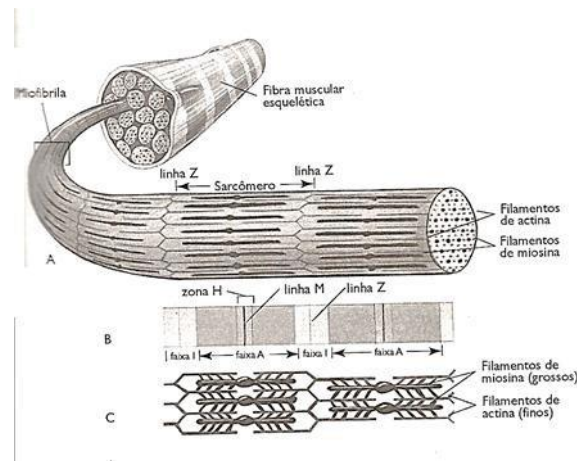
Tabela 1- Tipos de Esforços deformantes e suas características.

Esforços Deformantes	Como ocorre	Exemplo	Ilustração
Tração ou Tensão	Ocorre quando há duas forças, na mesma direção, aplicadas em sentidos opostos e de afastamento. Ocorre um encurtamento na direção perpendicular.	Acontece no cabo de guerra.	
Compressão	Ocorre quando há duas forças, na mesma direção, empurrando em sentidos opostos e de aproximação. Ocorre um alongamento na direção perpendicular.	Acontece quando pisamos num balão ou bola.	
Flexão	Ocorre quando há carregamento transversal entre os apoios. O corpo sofre compressão numa superfície e tração na outra.	Acontece quando as pessoas pisam no meio do banco antes dele quebrar.	
Torção	Ocorre quando há o giro das extremidades em direções opostas.	Acontece com uma roupa molhada para enxugar.	
Cisalhamento	Ocorre quando há o escorregamento entre seções paralelas devido à forças paralelas.	Acontece quando uma tesoura corta um pedaço de papel.	

¹²Os movimentos de compressão e extensão do músculo articulado com o osso é denominado movimento translatório. Isso mostra que não ocorre apenas rotação.

Dentro do músculo esquelético, a única unidade celular é a fibra muscular com formato cilíndrico ou filiforme que é composta por várias miofibrilas que são revestidas e circundadas pela membrana (sarcolema) e seu respectivo citoplasma (sarcoplasma), pois nele existem vários núcleos e mitocôndrias. Sobre o tamanho do comprimento e da espessura da fibra muscular, Nordin e Frankel (2008) afirmam que variam em espessura de aproximadamente 10 a 100 μm e em comprimento de aproximadamente de 1 a 30 cm. Por sua vez, uma miofibrila é composta por inúmeros sarcômeros que contém filamentos finos de actina e grossos de miosina, responsáveis pela aparência do padrão estriado e pela parte que realiza a contração desta miofibrila¹⁴ (HALL, 2005; NORDIN E FRANKEL, 2008).

Fig. 18- Fibra muscular e suas subdivisões didáticas (HALL, 2005).



Nas extremidades do músculo, o epimísio um tecido conjuntivo fibroso se liga diretamente aos tendões, que possuem propriedades elásticas e nenhuma propriedade contrátil ativa, que fazem uma ligação em série do músculo com o osso, e assim, transmitindo a força produzida pela contração muscular para executar um movimento qualquer (HALL, 2005; NORDIN E FRANKEL, 2008).

¹³O *Componente Elástico em Paralelo* (CEP) tem a função de produzir resistência muscular a alongamentos (ou estiramentos) passivos, ocasionados pela membrana muscular. O *Componente Elástico em Serie* (CES) tem a função de ganhar energia potencial elástica nos tendões, quando um músculo sofre um alongamento através da ação de uma força. Os 2 componentes elásticos tem origem na posição da membrana muscular e dos tendões em relação às fibras musculares, que são denominadas como *componentes contrateis* do músculo por realizar a contração muscular

Fisicamente, um aumento da temperatura de um corpo significa aumentar o grau de agitação das moléculas deste corpo. Seus efeitos aplicados à biologia celular dentro de um limite de temperatura para garantir a vida da célula, são percebidos pelo aumento do metabolismo, do fluxo sanguíneo, da respiração celular e da atividade das enzimas.

Dentro de um limite biológico, o aumento linear da temperatura tem uma influência direta no metabolismo e nas propriedades mecânicas do músculo, proporcionando um aumento do valor da força máxima produzida e da velocidade máxima de encurtamento deste músculo, através da elevação da atividade neurológica dos nervos, do aumento da eficácia enzimática que aumenta a contração muscular, da melhora no fluxo de sangue que irriga as fibras musculares, e assim melhorando a respiração celular.

Como existe um limite biológico da vida celular em relação à temperatura, Hall (2005) afirma que -A função muscular é mais eficiente a 38,5°C. Assim, para valores de temperatura acima deste valor, a produção de força muscular decai do valor máximo. Em casos extremos, pode levar a fadiga muscular e criar situações perigosas para a saúde do músculo (HALL, 2005; NORDIN E FRANKEL, 2008).

2.4 Centro de Massa e Centro de Gravidade do Corpo Humano

Historicamente, a definição do conceito de Centro de Gravidade (CG) é atribuída ao filósofo grego Arquimedes, pois estudiosos da época que tiveram o contato com os trabalhos perdidos do filósofo fazem a devida referência a ele e relatam alguns dados de como ele realizou a definição do conceito (ASSIS E RAVANELLI, 2008).

Atualmente na mecânica clássica newtoniana, podemos definir o conceito do CG como o ponto onde podemos considerar a aplicação da força gravitacional (ou força peso) resultante sobre um corpo (LAGES, 2009).

Assim, a força da gravidade age em cada segmento do corpo que terá seu próprio CG (Fig.19a). Se dois ou mais segmentos se movimentam juntos, como um segmento único, a gravidade, agindo nestes segmentos, pode ser representada por um único CG (Fig.19b).

¹⁴ Em 1939, os cientistas soviéticos W. A. Engelhardt e Liubimova descobriram que o principal processo quimiomecânico biológico é a contração muscular provocada pela ação do ATP sobre duas proteínas constituintes do tecido muscular, a miosina e a actina.

Fig.19- CG do braço: (a) em cada parte e (b) em um único segmento.

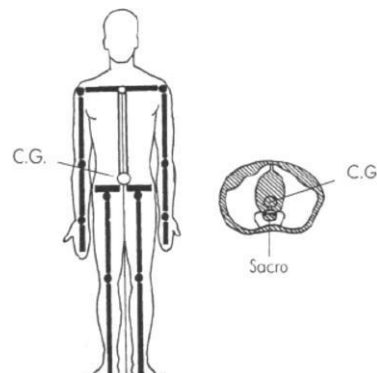


Para o corpo humano, o CG é indispensável para o equilíbrio, pois é algo que dominamos pela percepção cerebral, através dos nossos sentidos, à medida que nosso corpo evolui e se adapta ao meio ambiente no qual esta inserido, desde a infância até a fase adulta.

Fisicamente falando, é indispensável saber onde está localizado o CG do corpo humano para realizar as análises das situações de equilíbrio, ou da falta dele, nos diversos movimentos e situações que ocorrem diariamente. Existem muitos métodos diferentes para a determinação da localização do CG no corpo humano, mas para um caso generalizado, Lemos(*et al.* 2009) afirma que- o CG está geralmente localizado alguns centímetros à frente da articulação lombossacra, ao nível do quadril.¶

O CG de um homem está a aproximadamente a 58% da sua altura quando medida a partir do solo, conforme a fig. 20 (OKUNO E FRATIN, 2003; LEMOS *et al.*, 2009).

Fig.20- Localização do CG no corpo humano (CAMPOS, 2000).

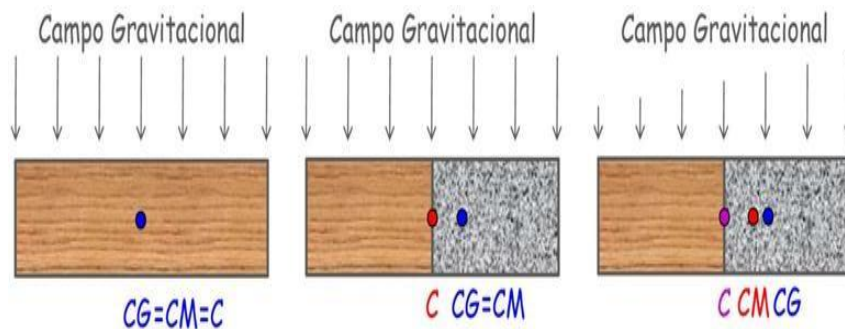


A Física utiliza a Estática para determinar as condições de equilíbrio: 1- Para um ponto, $\sum \vec{F} = 0$ para $\vec{v} = 0$ (*repouso, o corpo não se move*) ou $\vec{v} = \text{cte}$ (MRU); 2- Para um corpo rígido (todo corpo que não pode ser descrito por um ponto) além da condição acima ser válida temos ainda que, $\sum \vec{\tau} = 0$ para $w = 0$ (*repouso, o corpo não gira*) e $\vec{w} = \text{cte}$. Assim, a posição do Centro de Massa (\vec{r}_{CM}) para um sistema de partículas é dado pela média aritmética ponderada das distâncias de cada ponto do sistema com relação à origem do eixo do sistema de coordenadas, isto é, $\vec{r}_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \vec{r}_i}{M}$, onde $M = \sum_{i=1}^n m_i$ é a massa total do sistema de partículas e $\vec{r}_{cm} = x_{cm}\hat{i} + y_{cm}\hat{j} + z_{cm}\hat{k}$ Enquanto que, para encontrar a \vec{r}_{CM} para um corpo extenso, a média

ponderada vira uma integral em dm. Já para corpos simétricos que apresentem uma distribuição uniforme de massa, a \vec{r}_{CM} é o próprio centro geométrico do sistema, isto é, para uma esfera, cubo, cilindro e outros. $n_i = m_i$

A importante diferença conceitual entre CM e CG, pois o CM é um conceito ligado à distribuição de massa ou densidade de um corpo ou sistema de corpos, e o CG está ligado diretamente à distribuição da aplicação da força peso num corpo, conforme a Fig.21 (LAGES,2009).

Fig. 21- Diferença entre CM e CG através da ilustração com: (a) campo gravitacional uniforme e o corpo com densidade uniforme, (b) campo gravitacional uniforme e o corpo composto por densidades diferentes, e (c) por ultimo, campo gravitacional não uniforme e o corpo com densidades diferentes

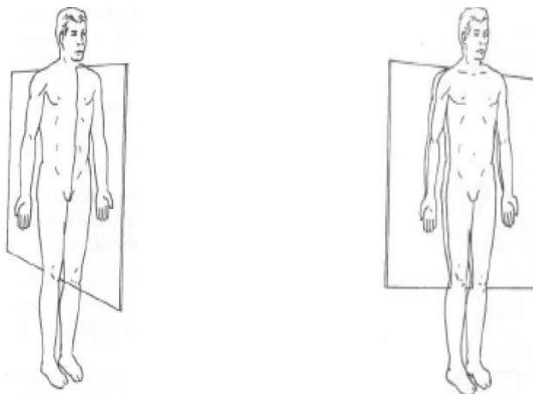


Fonte: (LAGES, 2009).

2.4.1 Localização do Movimento

Uma descrição cinemática de um movimento deve incluir os segmentos e articulações sendo movidas, bem como o lugar, ou plano, do movimento. Os planos de movimento são chamados de *transverso*, *sagital* e *frontal*.

Fig.22- (a) Os movimentos de flexão, extensão e hiperextensão são realizados no *plano sagital* e possuem um *eixo frontal*. (b) A flexão lateral, adução e abdução são realizadas no *plano frontal* (ou *coronal*) e sobre o *eixo sagital*. A maioria dos movimentos de rotação medial e lateral é realizada no plano transverso e sobre o eixo longitudinal (ou vertical).



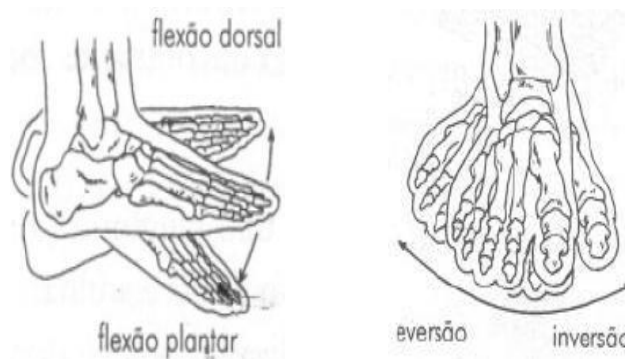
2.4.2 Articulações: Movimentos e Amplitudes

Todo corpo em repouso, acionando os músculos, poderá se locomover. O conhecimento dos movimentos possíveis e seguros de cada articulação do corpo humano, bem como dos graus de amplitude de cada movimento articular, proporciona uma importante diretriz para uma correta análise biomecânica e, conseqüentemente, cinesiológica¹⁵.

As principais articulações relacionadas à maioria dos movimentos do corpo humano, durante exercícios de musculação, estão descritas a seguir.

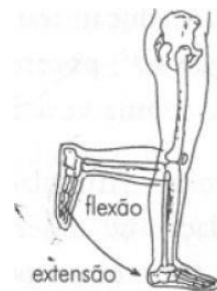
Tornozelo - Esta articulação realiza movimentos de dorsiflexão (ou flexão dorsal), flexão plantar, inversão e eversão.

Fig.23- A amplitude de movimento no tornozelo: dorsiflexão é de 15° com o joelho estendido e 20° com o joelho flexionado; e flexão plantar é de $\approx 45^\circ$. Eles acontecem no plano sagital sobre o eixo frontal. Os movimentos de inversão e eversão ocorrem na articulação subtalar.



Joelho - Articulação do tipo gínglimo (ou dobradiça) modificada. Os movimentos desta articulação são flexão, extensão, rotação medial e rotação lateral.

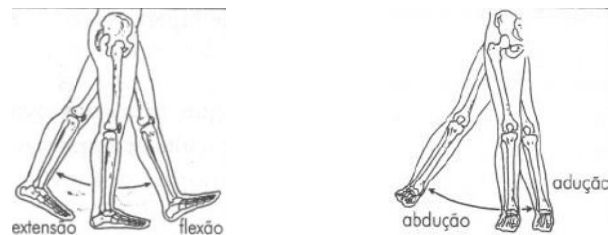
Fig.24- A amplitude de movimento no joelho: flexão é de 140° . A rotação ocorre durante os movimentos de flexão e extensão do joelho e é realizada entre a tíbia e o fêmur. Com o fêmur fixo, o movimento que acompanha a flexão (e extensão) é uma rotação medial (lateral) da tíbia sobre o fêmur. Com a tíbia fixa, o movimento que acompanha a flexão (e extensão) é uma rotação lateral (medial) do fêmur sobre a tíbia.



¹⁵A ação sinérgica ou cinestésica (capacidade do corpo humano tem de perceber os movimentos) de ossos e músculos (em vertebrados) se manifesta como força.

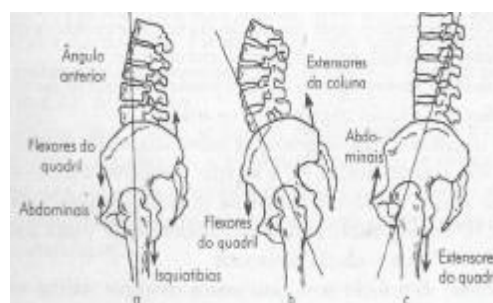
Quadril - Articulação do tipo esferóide formada pela fossa do acetábulo e a cabeça do Fêmur. Os movimentos desta articulação são: flexão, extensão, abdução, adução, rotação medial, rotação lateral, circundução. Quando o quadril está flexionado é possível realizar os movimentos de adução e abdução transversal desta articulação.

Fig.25- As amplitudes médias para os principais movimentos são: flexão 125°, extensão 10°, abdução 45° e adução 10°. Amplitudes maiores que estas dependem de um movimento combinado com a pelve e a coluna. Por exemplo, 90° de abdução só acontecem com 45° de abdução do quadril combinados com inclinação lateral da pelve e flexão da coluna lombar.



Pelve - Articulação entre a pelve e a coluna lombar e entre a pelve e o fêmur. Na postura anatômica, a espinha ílica ântero superior (E.I.A.S.) fica alinhada com a sínfise púbica no plano frontal. Quando a E.I.A.S. desloca-se anteriormente em relação à sínfise púbica ocorre uma anteversão ou inclinação anterior da pelve. Como a coluna e o fêmur se articulam com a pelve, a anteversão ocorre concomitantemente com uma hiperextensão da coluna lombar e uma flexão do quadril. Quando a E.I.A.S. desloca-se posteriormente em relação à sínfise púbica ocorre uma retroversão ou inclinação posterior da pelve. Com a retroversão a coluna lombar realiza uma flexão e o quadril uma extensão.

Fig.26- O movimento em que uma E.I.A.S. de um lado fica mais alta que a do outro lado chama-se inclinação lateral da pelve. Juntamente com este movimento o uma flexão lateral da coluna lombar com uma abdução de uma articulação do quadril e adução da outra



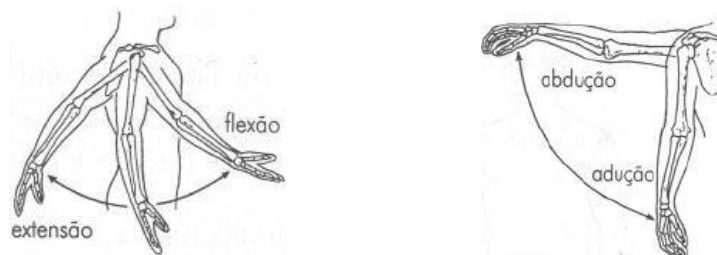
Coluna - Os movimentos da coluna são flexão, extensão, hiperextensão, rotação para a direita (ou no sentido horário), rotação para a esquerda (ou no sentido anti-horário), flexão lateral e circundução. Estes movimentos variam de amplitude entre as regiões da coluna.

Fig.27- A expressão "encaixar o quadril", muito utilizada em academias de musculação para movimentos na posição em pé, é uma retroversão da pelve. A retroversão da pelve flexiona a coluna lombar e isto diminui a capacidade da coluna em suportar grandes cargas, motivo pelo qual esta postura não deve ser recomendada.



Ombro - é uma complexa associação de ossos, juntas, articulações e músculos com a responsabilidade de unir o membro superior com o tronco do corpo humano e manter a estabilidade deste membro durante a execução de movimentos, sustentação de pesos e a absorção de choques mecânicos (HALL, 2005; NORDIN E FRANKEL, 2008). A articulação entre a cabeça do úmero e a cavidade glenóide da escápula. Os movimentos desta articulação são: flexão, extensão, abdução, adução, rotação medial, rotação lateral e circundução. Quando o ombro está em flexão é possível realizar os movimentos de abdução e adução transversal desta articulação.

Fig.28- As amplitudes para os principais movimentos são: flexão 120°, extensão 45°, rotação medial 70° e rotação lateral 90°. Partindo de uma flexão do ombro de 90° como posição zero as amplitudes são 90° para a abdução transversal e 40° para a adução horizontal. Partindo da posição zero, amplitude > 180° de abdução horizontal e > 40° para adução transversal, porém, este movimento não é realizado somente pela articulação glenoumeral, mas pela adução da escápula e rotação da coluna vertebral



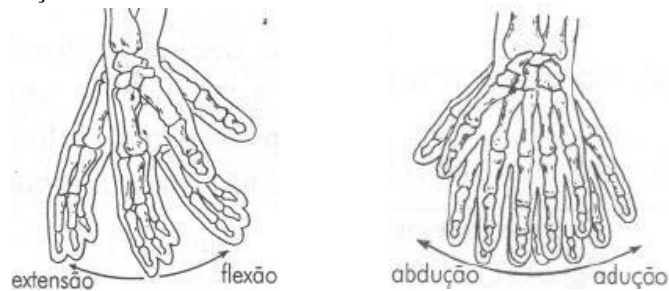
Cotovelo - Articulação do tipo gínglimo (ou dobradiça) formada pela articulação do úmero com o rádio e a ulna. Os movimentos realizados por esta articulação são flexão e extensão e acontecem no plano sagital sobre o eixo frontal.

Fig.29- A amplitude média para flexão é de 145° . Esta amplitude pode diminuir no caso de uma grandehipertrofia dos flexores do cotovelo e dos flexores do punho



Punho - Os movimentos desta articulação são flexão, extensão, adução, abdução e circundução.

Fig.30- Partindo da posição zero (anatômica), o punho realiza $\approx 80^\circ$ de flexão, 70° de extensão, 35° de adução e 20° de abdução.



2.3.4 Torque (ou Momento de uma Força) e Teorema de Varignon Aplicado no Corpo Humano

A força (\vec{F}) é a grandeza física responsável por causar mudança na velocidade de um sistema, porémela não é capaz de alterar a rotação de um sistema, seja ela qual for. Por isso, introduzimos o conceito de torque ($\vec{\tau}$), como a grandeza física responsável por realizar mudança na rotação de um sistema (HEWITT, 2009).

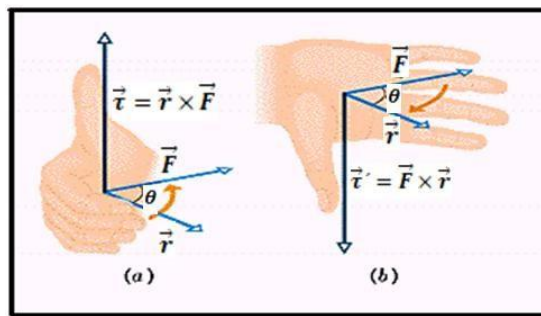
Assim, existe uma relação entre \vec{F} e $\vec{\tau}$ que é dada pelo uso do raio da circunferência da rotação ou vetor braço de momento (\vec{r}), que é a distância entre a força e o ponto de apoio (ou eixo de giro ou rotação). Com isso, definimos torque como:

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} = \det \begin{bmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ x & y & z \\ F_x & F_y & F_z \end{bmatrix} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} = (x \cdot F_y - y \cdot F_x) \cdot \hat{i} + (z \cdot F_x - x \cdot F_z) \cdot \hat{j} + (y \cdot F_z - F_y \cdot z) \cdot \hat{k} \quad (\text{Eq. 2})$$

A direção do vetor $\vec{\tau}$ obtido através do produto vetorial é sempre perpendicular ao plano formado pelos vetores \vec{F} e \vec{r} e seu sentido é dado pela regra da mão direita.

Fig. 31- Regrada mão direita para determinar o sentido e a direção de $\vec{\tau}$.

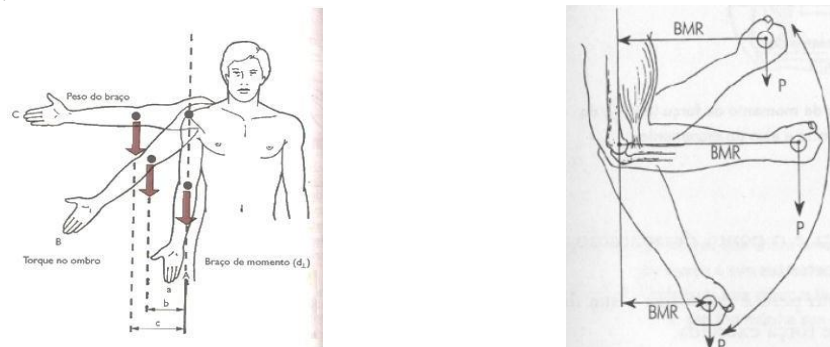


A intensidade (módulo ou valor absoluto) do torque ($|\vec{\tau}|$) é a área representada pelo paralelogramo formado pelos vetores \vec{F} e \vec{r} dado pela eq.2:

$$|\vec{\tau}| = |\vec{r}| \cdot |\vec{F}| \cdot \text{sen } \theta \quad (\text{Eq. 3})$$

sendo $|\vec{r}|$ representado pela letra b que é a medida do comprimento de uma linha traçada perpendicularmente ao vetor de força e intersectando o eixo da articulação, θ o ângulo entre o vetor braço de momento (\vec{r}) e o vetor força (\vec{F}) (HEWITT, 2009; HALLIDAY, 2003; NUSSENZVEIG, 2002). Exemplos do conceito de torque aplicado no dia-a-dia (ao abrir uma porta puxando a maçaneta) e no corpo humano (Fig.32).

Fig.32- Variação dos braços de momento a, b e c de acordo com a posição do CG do braço (peso na mão) em relação ao ponto de apoio situado no ombro (e cotovelo) devido uma rotação afetando o torque (HALL, 2005).



Em uma situação real de movimento do corpo humano, é difícil realizar medidas para comparar a força de um músculo sob algum tipo de atividade, pois muitas das vezes a força muscular é produzida por grupos musculares ao invés de um único músculo. Por isso, é mais conveniente utilizar o conceito físico do torque (r) aplicado no movimento executado pelo corpo humano para calcular a força muscular (F_m) exercida de acordo com o braço de momento (b), que possui uma extremidade fixada numa articulação, e o ângulo (θ) criado entre a força e o braço (HALL, 2005).

Assim, para um conjunto de forças aplicadas em torno de um ponto de apoio (ou eixo de giro ou fulcro), foi enunciado por P. Varignon (1654-1722), em 1687, no livro -Projeto de uma Nova Mecânica que concluiu a Estática via momento de uma força (ou torque) resultante através do teorema de Varignon. Como exemplo da aplicação do Teorema de Varignon, temos a Fig.33:

Fig.33- CG do braço e do antebraço e suas posições em relação ao ombro durante duas situações de movimento diferentes. Quando o braço-antebraço está: (A) na posição A, o $|\vec{r}_{A_{total}}|$ aplicado no ombro é: $|\vec{r}_{A_{total}}| = |\vec{r}_{antebraço}| + |\vec{r}_{braço}| = P_a \cdot d_b + P_b \cdot d_a$. (B) na posição B: $|\vec{r}_{B_{total}}| = |\vec{r}_{antebraço}| + |\vec{r}_{braço}| = P_a \cdot d_a + P_b \cdot d_b$, como $d_b > d_a$, logo: $|\vec{r}_{A_{total}}| > |\vec{r}_{B_{total}}|$ (HALL, 2005).



Da mesma forma que é possível determinar uma força resultante que isoladamente tem o mesmo efeito das forças componentes de um sistema, pode-se determinar o momento resultante de um sistema de forças em relação a um determinado eixo. Assim, o torque resultante em relação a um determinado eixo é a soma dos torques de cada uma das forças que compõem o sistema em relação ao mesmo eixo, onde na ausência de rotação, temos que $\Sigma \tau = 0$.

2.4.3 Alavancas aplicadas ao corpo humano

O movimento humano é gerado pela produção de força por músculos que se inserem em ossos articulados por juntas constituindo alavancas¹⁶, produzindo torque.

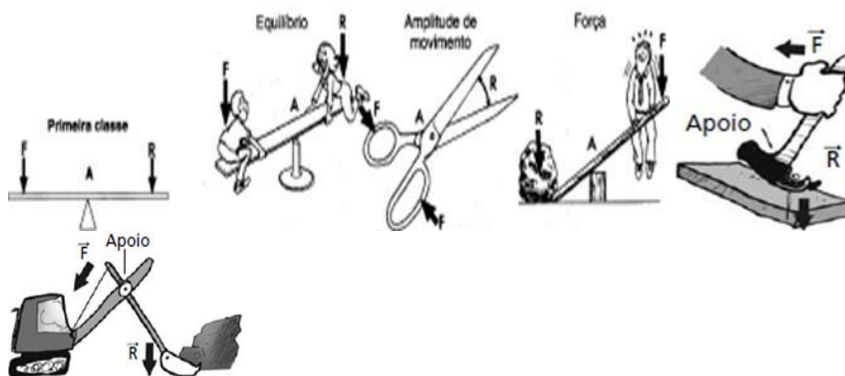
No corpo humano os ossos¹⁷ são as hastes rígidas, as articulações são os eixos e os músculos e cargas resistentes aplicam forças. Quando os músculos tracionam os ossos para sustentar ou mover resistências, estes funcionam mecanicamente como alavancas.

A posição relativa (osso) das forças (musculares, de contato nas juntas e da atração gravitacional) em relação ao eixo (junta) determina o tipo de alavanca.

A posição ou braço do momento da força (b), da força (muscular) aplicada ou potente (F); da força resistente (R) que faz o papel da carga ou da atuação do CG; e do ponto de apoio (A) criam três classes de alavancas: as interfijas, as inter-resistentes e as interpotentes (OKUNO E FRATIN, 2003; HALL, 2005).

Alavanca Interfixa ou de 1ª Classe: quando o eixo de rotação (ou ponto de apoio, A) está entre a força aplicada (F) e a força resistente (R) na haste rígida. As distâncias da forças F e R com relação ao ponto de apoio são b_F e b_R , conforme fig.34.

Fig. 34- Alavancas interfijas ou de 1ª Classe (OKUNO E FRATIN, 2003).

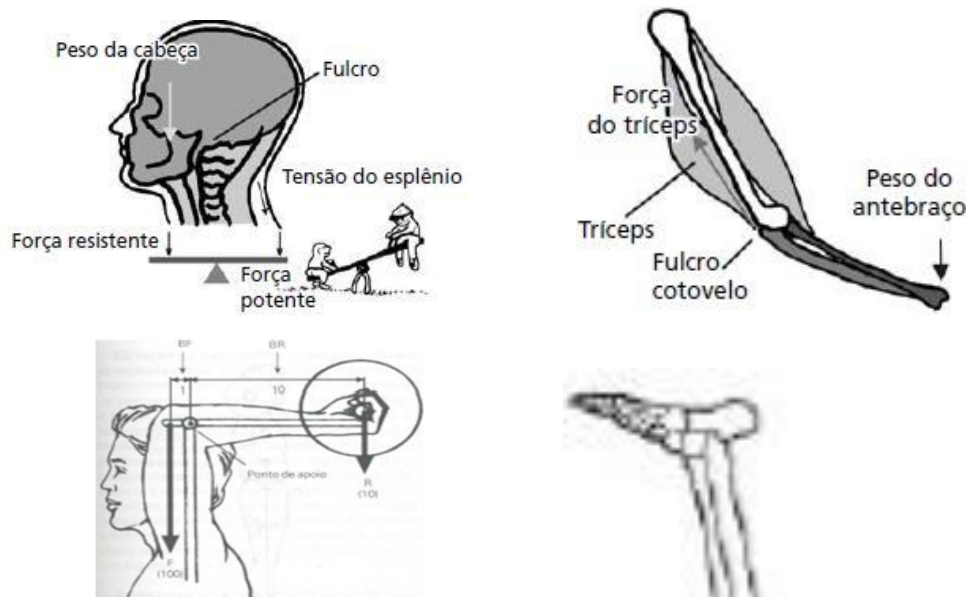


No corpo humano, temos como exemplo:

¹⁶Alavanca é talvez a 1ª máquina simples inventada pelo homem na Grécia, inventada por **Arquimedes** (287-212 a.C) quem estabeleceu as leis fundamentais da **Estática** e o princípio da alavanca. Ela foi largamente usada na construção. Ele fez a citação: "**Dêem-me uma alavanca e um ponto de apoio e eu moverei o mundo**". Ela foi criada para facilitar a execução dos diversos trabalhos mecânicos conforme a necessidade da humanidade. Uma alavanca é uma barra (ou haste) rígida que gira ao redor de um eixo (ponto de apoio fixo ou fulcro), através de uma força aplicada a um ponto da haste para mover uma carga (ou força) resistente que também está aplicada num ponto diferente da mesma haste.

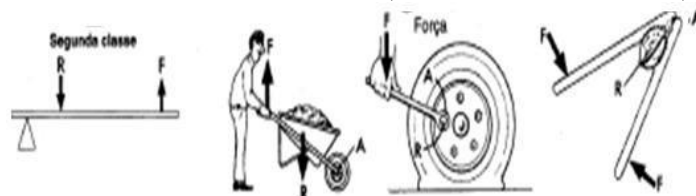
¹⁷O osso é constituído de $\approx 70\%$ de componentes minerais (cristais inorgânicos de hidroxiapatita) garante a resistência do material a um esforço, 20% de proteínas (fibras orgânicas de colágeno) ajuda a diminuir a *resistência à compressão e aumentar a resistência à tração* e 10% de propriedades viscoelásticas que depende dos 2 componentes acima (substância de adesão e água).

Fig. 35- Alavancas interfixas ou de 1ª Classe no corpo humano: (a) movimento da cabeça em torno da *junta atlantooccital* (músculo esplênio), (b) movimento de extensão do antebraço em torno do cotovelo (músculo tríceps), (c) movimento de flexão em torno do cotovelo (músculo tríceps) e (d) movimento do pé de cabeça para baixo ao movimentar o pé para cima em torno do tendão de Aquiles (músculos gêmeos que formam a batata da perna).



Alavanca Inter-resistente ou de 2ª Classe: quando a força resistente está entre o eixo de rotação (ou ponto de apoio) e a força aplicada na haste rígida, ver fig.36.

Fig. 36- Alavancas inter-resistentes ou 2ª classe (OKUNO E FRATIN, 2003).



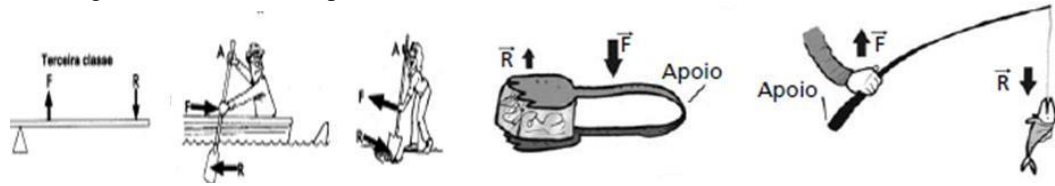
No corpo humano, temos como exemplo:

Fig.37- Alavanca inter-resistente ou de 2ª Classe no corpo humano: movimento da ponta do pé em torno do tendão de Aquiles (músculos gêmeos que formam a batata da perna).



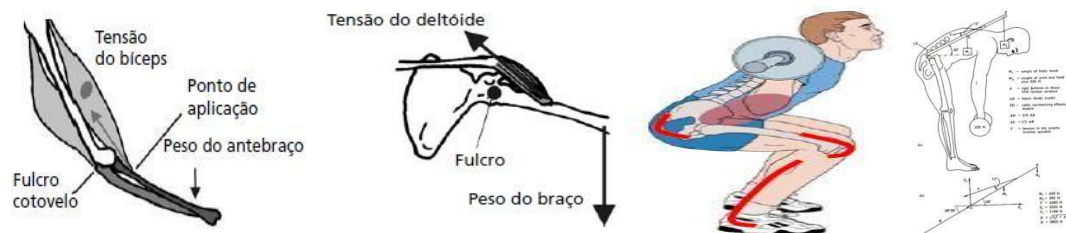
Alavanca Inter-potente ou de 3ª Classe: quando a força potente está entre o eixo de rotação (ou ponto de apoio) e a força resistente, conforme a Fig.38.

Fig.38- Alavancas inter-potentes ou 2ª classe (OKUNO E FRATIN, 2003).



No corpo humano, temos como exemplo:

Fig.39- Alavancas inter-potente ou de 3ª Classe no corpo humano: (a) movimento do antebraço em torno do cotovelo (músculo do bíceps), (b) movimento do braço em torno do ombro (músculo do deltóide), (c) e (d) movimento de extensão do tronco em torno da articulação da 5ª vértebra lombar.



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Exercícios com sobrecargas impostas ao ombro

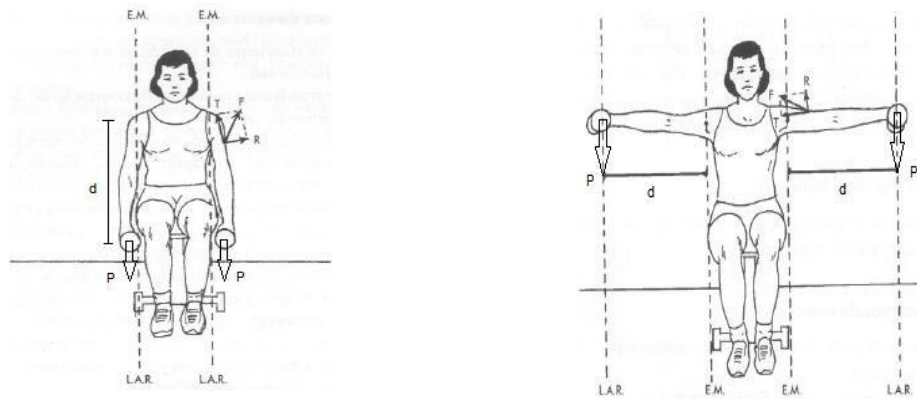
Um exemplo de sobrecargas impostas ao ombro comum para pessoas iniciantes nas academias é o exercício de elevação lateral do braço-antebraço com halteres de massa m , cujos músculos atuantes são: Deltoide, principalmente sua porção acromia.

Fig.40- Parte dos ombros e trapézio mais solicitada (DRAGO, 2009).



A Fig.41 mostra a execução do exercício nas posições inicial e final.

Fig.41–Exercício de elevação lateral do braço e ante-braço com halteres da posição: (a) o ângulo entre o braço demomento (d) e as forças (do músculo deltóide (R), pesos do braço, ante-braço e do haltere (\vec{P}) de massa m) na posição inicial é 0° , e por isso não existe torque aplicado ao ombro. (b) na posição final do exercício acontece quando o braço e o antebraço e o halter fazem o ângulo de 90° com a vertical produzindo um torque resultante máximo devido à força do músculo deltóide. Onde o eixo do movimento (E.M) e a Linha de Ação¹⁸ da Resistência (L.A.R) (CAMPOS, 2000).



Na Fig.42 apresentamos o resultado deste exercício executado pela praticante Samarana Academia Heralda Sanches.

Fig.42- Execução da atividade nas posições: (a) inicial ($\theta = 0^\circ$ e $\tau = 0$), (b) final de forma correta ($\theta = 90^\circ$ e $\tau_{\text{máx}}$) e (c) final de forma incorreta ($\theta > 90^\circ$, e $\tau < 0$) podendo produzir lesão no músculo deltóide em torno do ponto O que é a articulação do ombro.



¹⁸linha de ação da força é uma linha infinita que passa através do ponto de aplicação da força, orientada na direção na qual a força é exercida.

Com este resultado, entendemos que a variação do ângulo ($\Delta\theta$) durante o movimento, aumenta o τ aplicado ao ombro, e por isso, o grupo muscular da região do peito e do ombro tem que produzir mais força para produzir um τ muscular superior ao τ do peso do haltere e, com isso, movimentar o haltere entre a posição inicial e a posição final, ou exercer um τ muscular igual ao τ aplicado pelo haltere na mão para sustentar a carga em equilíbrio na posição final do exercício (CAMPOS, 2000; OKUNO E FRATIN, 2003). Isto é, $|\vec{\tau}_{0^\circ}| = 0 <$

$|\vec{\tau}_{0^\circ < \theta < 90^\circ}| < |\vec{\tau}_{90^\circ}|$, onde $|\vec{\tau}_{90^\circ}| = F_{md} \cdot b_{md} - (P_{halt} \cdot b_{halt} + P_{ab} \cdot b_{ab} + P_b \cdot b_b)$, onde F_{md} e b_{md} são a força e o braço do músculo deltóide, P_{ab} (P_b , P_{halt}) e b_b (b_b , b_{halt}) são os pesos e os braços do ante-braço, do braço do haltere.

3.2 Exercícios com sobrecargas impostas ao ombro e peito

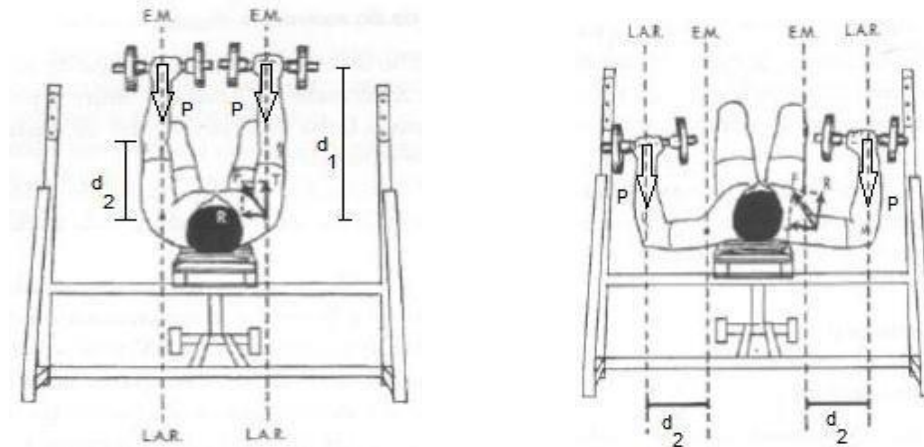
Outro exercício comum da musculação em academias que requer uma ação maior dos músculos estabilizadores do peito e do ombro durante a imposição de cargas é o **supino reto com halteres**. Neste exercício os músculos atuantes são: Peitoral maior e menor, tríceps braquial, porção clavicular do deltoide, serrátil anterior, além do coracobraquial.

Fig.43- Parte dos peitorais mais solicitada (DRAGO, 2009).



O exercício inicia com os braços estendidos perpendicularmente ao chão, segurando os halteres de massa m com as mãos, conforme a Fig.44.

Fig.44- Posições inicial e final na execução de uma repetição do exercício supino reto com halteres onde d_1 é a o braço de momento do ombro até o haltere e d_2 é o braço de momento do ombro até o cotovelo



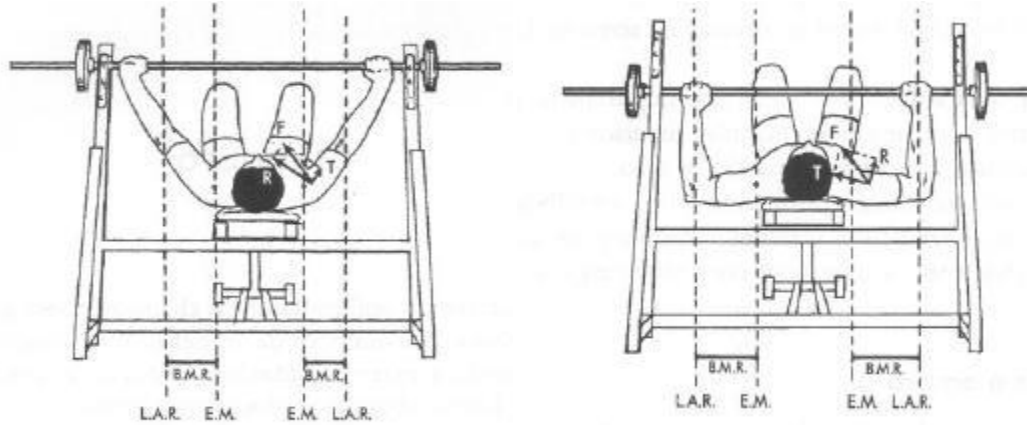
Fonte: (CAMPOS,2000).

Na posição inicial, percebe-se que $\theta = 0^\circ$ para o ângulo entre a força peso do haltere (\mathbf{P}) e os dois braços de momento d_1 e d_2 , implicando em $|\vec{\tau}_{0^\circ}| = 0$. Portanto, não existe a imposição de torques no ombro no começo do exercício (CAMPOS, 2000).

Para executar o movimento e chegar à posição final, o braço vai sendo flexionado até ficar perpendicular ao chão, realizando uma contração excêntrica do músculo tríceps braquial do cotovelo, e o antebraço formará um ângulo de 90° . Entretanto, observa-se que apenas o braço de momento d_2 influencia o torque exercido no ombro, pois a L.A.R. do peso \vec{P} do haltere é o ponto final do braço de momento iniciado no ombro. Por isso, a intensidade do torque criado pelo peso do haltere no ombro é $|\vec{\tau}_{0^\circ}| = 0 < |\vec{\tau}_\theta| = |\vec{d}_2| \cdot m \cdot |\vec{g}| \cdot \sin \theta < |\vec{\tau}_{90^\circ}| = |\vec{d}_2| \cdot m \cdot |\vec{g}|$.

De modo similar, ao exercício acima temos o exercício **supino reto com barra** cuja execução se faz deitado em decúbito dorsal sobre o equipamento, tronco apoiado sobre o banco, joelhos flexionados, pés apoiados. Cotovelos semiflexionados, mãos afastadas segurando a barra na linha do esterno com uma pegada pronada. A barra deve descer até aproximadamente dois dedos, rumo aos peitorais. Expirar no final do movimento. O supino realizado de forma clássica faz o uso dos pés com apoio em solo; a variação aqui visa a maior segurança da região lombar.

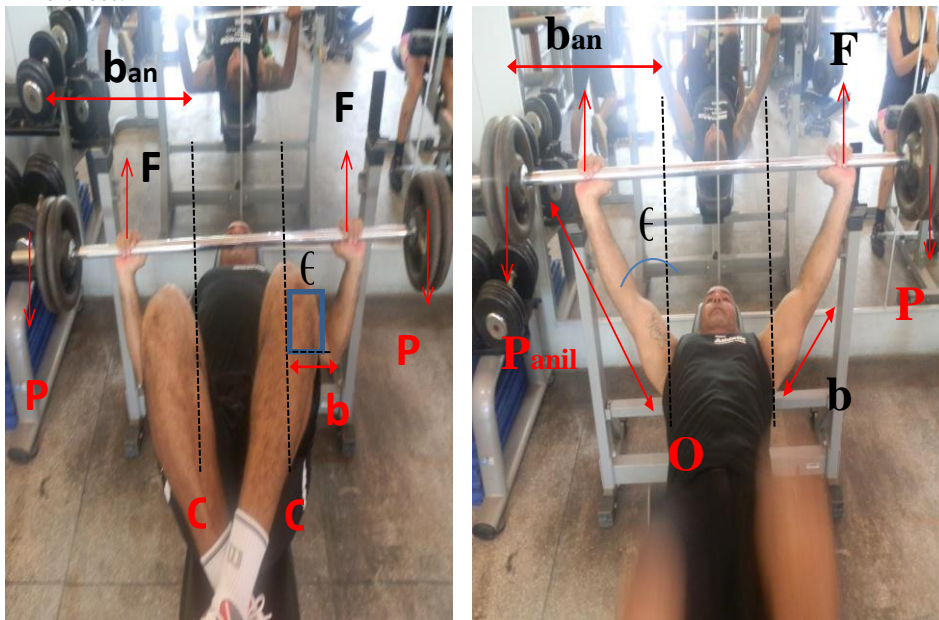
Fig.45- Os principais músculos exercitados são o peitoral maior e o deltóide anterior.



O praticante e dono da academia Biofitness ao carregar a barra com os pesos no suporte na posição inicial em que os braços estão completamente esticados, porém eles formam $\theta < 90^\circ$ com o eixo de movimento do ombro (ponto O). Assim, os pesos da anilha, antebraço e braço possuem braço de momento, logo o torque resultante nesta posição é

$$|\vec{\tau}_\theta| = |\vec{\tau}_{md}| - |\vec{\tau}_{anilhas}| - |\vec{\tau}_{Pab}| - |\vec{\tau}_{Pb}| = (|\vec{F}_{md}| \cdot |\vec{b}_{md}| - |\vec{P}_{anilhas}| \cdot |\vec{b}_{anilhas}| - |\vec{P}_{ab}| \cdot |\vec{b}_{ab}| - |\vec{P}_b| \cdot |\vec{b}_b|) \cdot \text{sen } \theta.$$

Fig.46- Execução do supino reto com barras nas posições iniciais e final na academia Biofitness.



Fonte: Autoria própria

Entretanto na posição final os cotovelos estão flexionados, porém eles formam $\theta = 90^\circ$ com o eixo de movimento do ombro (ponto O). Assim, os pesos da anilha, antebraço e braço possuem braço de momento, logo o torque resultante máximo nesta posição é $|\vec{r}_{\theta=90^\circ}| =$

$$|\vec{r}_{md}| - |\vec{r}_{anilhas}| - |\vec{r}_{Pab}| - |\vec{r}_{Pb}| = |\vec{F}_{md}| \cdot |\vec{b}_{md}| - |\vec{P}_{anilhas}| \cdot |\vec{b}_{anilhas}| - |\vec{P}_{ab}| \cdot |\vec{b}_b| - |\vec{P}_b| \cdot |\vec{b}_b|.$$

E com isso, é correto afirmar que para $\theta > 90^\circ$ durante o exercício, a intensidade do torque exercido ao ombro é menor do que o torque máximo, causando um estresse muscular devido ao alongamento do músculo deltóide desnecessário ao ombro.

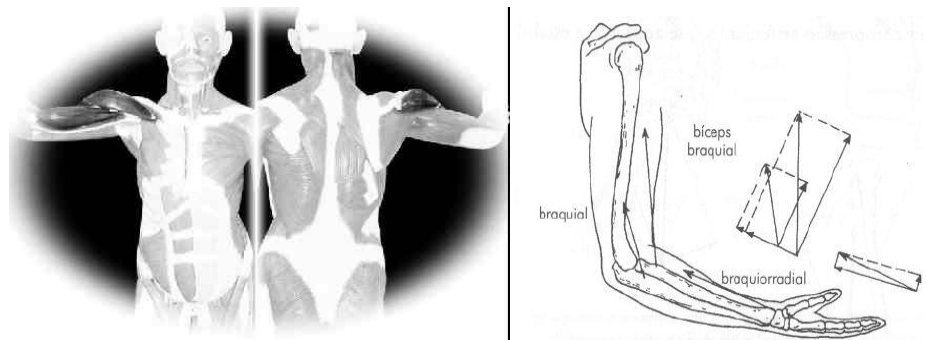
Para a execução correta do movimento, Campos (2000) afirma que: *-Se na fase excêntrica não houver muita flexão (para que o antebraço fique perpendicular ao chão), os flexores do cotovelo participam isometricamente do exercício.*¶

3.3 Exercícios com sobrecargas impostas ao cotovelo

Muito importante para o sistema de alavancas responsável pelo movimento do antebraço, a junta complexa denominada de cotovelo suporta grandes forças para a realização de várias atividades cotidianas para podermos arremessar coisas, empurrar objetos ou até o simples movimento de levantar uma colher (HALL, 2005; NORDIN E FRANKEL, 2008).

Neste exercício os músculos atuantes são: Braquiorradial, braquial, bíceps braquial, a porção clavicular do deltoide e de forma menos intensa, o coracobraquial e a parte clavicular do peitoral maior.

Fig.47- Parte dos braços mais solicitada

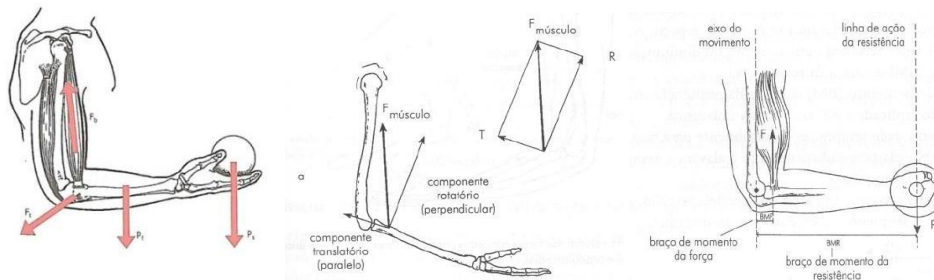


Fonte: (DRAGO, 2009).

O uso de pesos livres ou 'resistências constantes', tais como halteres para treinamento de força e resistência, é o mais usado na maior parte das academias. Neste exercício, há uma maior exigência de estabilização das articulações envolvidas, o que aumenta a atividade muscular.

Para uma ótica física das forças aplicadas ao cotovelo, da Fig.48 ilustra o braço humano e as forças exercidas ao levantar um peso com a mão, podemos observar as forças peso do objeto (P_o) e peso do antebraço (P_{ab}), aplicadas nos seus respectivos CG, também observamos uma força resistiva criada pelo tríceps (F_t) e a força produzida pelo bíceps (F_b), que vai levantar ou sustentar em equilíbrio este sistema (HALL, 2005).

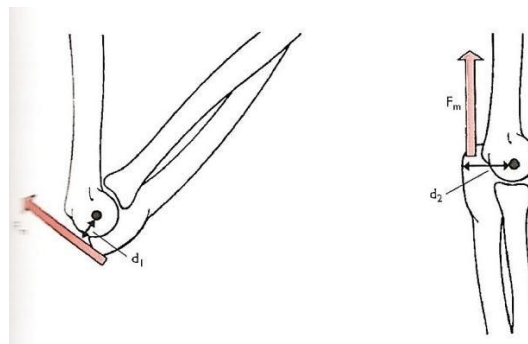
Fig.48 - Representação dos vetores força existentes na sustentação de um peso por um braço humano, as componentes translatória (é paralelo ao osso e aumenta a estabilidade do cotovelo - a compressão) e rotacional (é sempre perpendicular ao osso onde o músculo está inserido) resultante da contração do músculo do bíceps, os E.M e L.A.R



Fonte:(HALL, 2005).

Ao analisar apenas a força gerada pelo tríceps, nota-se que existe uma distância entre o ponto onde ela é aplicada e o centro de rotação fixado no cotovelo. A Fig. 49 abaixo representa duas situações distintas da aplicação desta força:

Fig.49-Duas situações do movimento do antebraço, com ênfase na força executada pelo tríceps quando o antebraço está flexionado e estendido, assim suas distancias d_1 e d_2 ao centro de rotação fixado no cotovelo

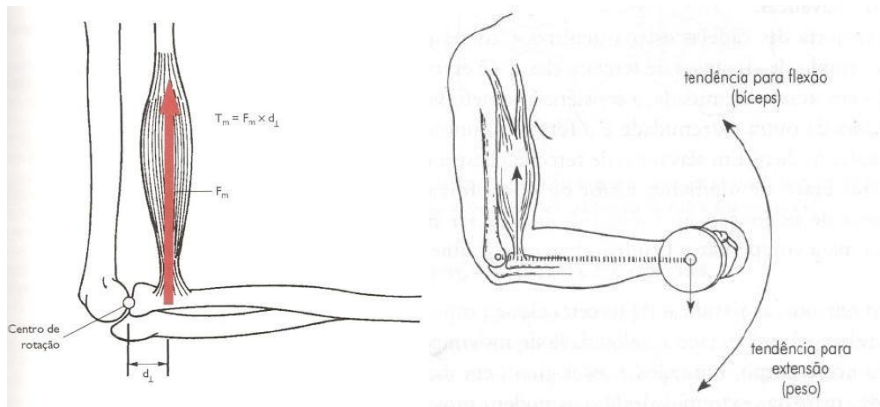


Fonte: (HALL, 2005).

Podemos observar os braços de momento d_1 e d_2 perpendiculares à força muscular do tríceps F_{mt} , sendo que $d_1 < d_2$, nos movimentos de flexão e extensão do antebraço. E com isso, se tem a noção da intensidade do torque produzido $|r_1| < |r_2|$ (HALL, 2005). Esses torques vão determinar a quantidade de força que os músculos ligados ao cotovelo necessitam para sustentar ou movimentar o antebraço conforme a necessidade do exercício (HALL, 2005; NORDIN E FRANKEL, 2008).

Na Fig.50, a força muscular gerada pelo bíceps (F_{mb}) também é aplicada num ponto com uma distancia do centro de rotação fixado no cotovelo, e assim, formando o braço de momento (d_{\perp}) que produz um torque muscular (T_m)(HALL, 2005):

Fig.50- Vetor força muscular, o braço de momento com centro de rotação fixado no cotovelo e a equação do torque muscular, bem como a tendência de flexionar e estender o bíceps



Fonte: (HALL, 2005).

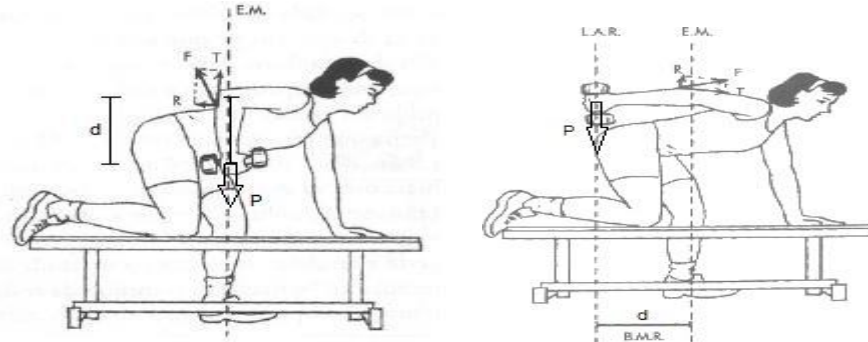
Na Fig.51 podemos ver a dependência da força muscular com ângulo θ .

Fig.51 - Torque gerado pela força da contração dos flexores do cotovelo é mostrado em diferentes ângulos. Note que a maior produção de força é a 90° de flexão, quando o bíceps tem o maior braço de momento de toda a amplitude do movimento



Um exemplo de sobrecarga imposta ao cotovelo nas academias é o exercício de extensão unilateral do cotovelo com um haltere de massa m , na posição ilustrada na Fig.52:

Fig.52- Posição inicial e final na execução de uma repetição do exercício de extensão unilateral do cotovelo com haltere de massa m (CAMPOS, 2000).



Observa-se na posição inicial um ângulo $\theta = 0^\circ$ entre a força peso \vec{P} do haltere e o braço de momento \vec{d} , logo $|\vec{\tau}_{00}| = 0$, assim, não há torque da sobrecarga aplicado no cotovelo na posição inicial do exercício (CAMPOS, 2000).

A posição final do exercício ocorre quando o grupo muscular ativo realiza a contração muscular e eleva o antebraço da posição inicial na vertical até a posição final paralela ao chão, formando um ângulo $\theta = 90^\circ$ e $|\vec{\tau}_{900}| = |\vec{d}_2| \cdot m \cdot |\vec{g}|$ que é máximo, portanto, $|\vec{\tau}_{00}| = 0 < |\vec{\tau}_\theta| = |\vec{d}_2| \cdot m \cdot |\vec{g}| \cdot \sin \theta < |\vec{\tau}_{900}| = |\vec{d}_2| \cdot m \cdot |\vec{g}|$. E com isso, para $\theta > 90^\circ$ durante o exercício, a $|\vec{\tau}_{ombro}| < |\vec{\tau}_{máximo}|$, causando um estresse muscular e lesões à articulação ou ao grupo muscular do cotovelo (CAMPOS, 2000).

De maneira análoga, mostramos a praticante Samara (Fig.53) e Negão executando o exercício de flexão do bíceps (Fig.54) e extensão do tríceps (Fig.55) como exemplo de carga imposta ao cotovelo.

Fig.53- Posição: (a) inicial; (b) correta e (c) incorreta do exercício

Certo

Errado



Fonte: Autoria própria

Fig.54- Posições inicial e final das forças do bíceps e do peso da anilha bem como dos braços dos momentos dessas forças com relação ao eixo de rotação na articulação do cotovelo.

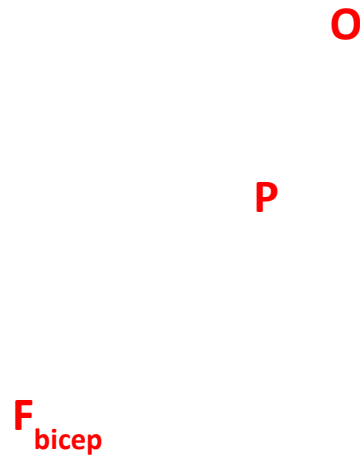


Fonte: Autoria própria



3.4 Exercícios com sobrecargas impostas aos tornozelos

Fig.55- Posições (a) inicial; (b) e (c) final das forças peso do praticante e da componente rotatória do bíceps, bem como os braços dos momentos dessas forças com relação ao eixo de rotação na articulação do cotovelo



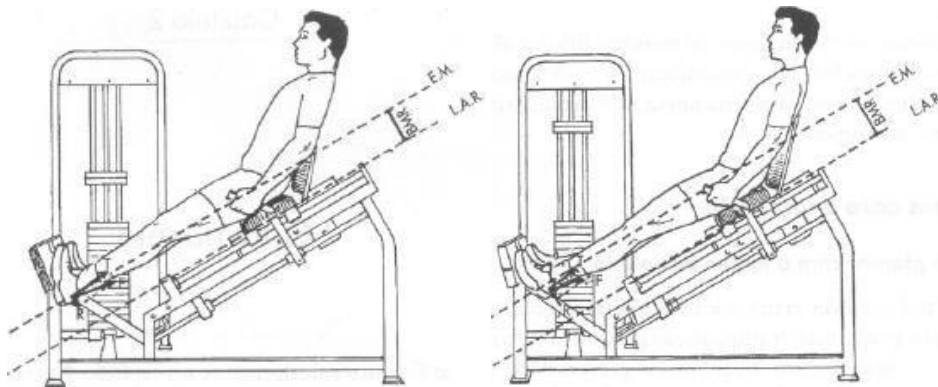
Fonte: Autoria própria

Como foi visto anteriormente, o tornozelo realiza movimentos de flexão plantar, flexão dorsal (ou dorsiflexão), eversão e inversão.

A **flexão plantar com o joelho estendido** é um dos mais efetivos e importantes exercícios para a maioria dos atletas e praticantes de musculação, pois os músculos gastrocnêmio e sóleo são importantes bombeadores de sangue venoso de volta ao coração e melhoram o equilíbrio de volume entre a perna e a coxa, deixando uma aparência mais harmoniosa para o membro inferior.

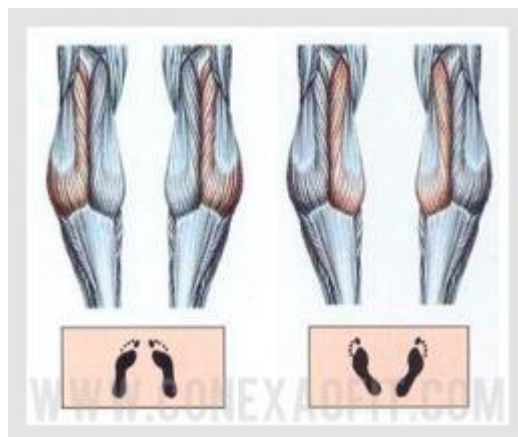
Na Fig.56, a posição em que o braço de momento da resistência é o maior de todo o percurso do movimento é quando os pés estão a 90° em relação à tíbia. Desta posição para cima ou para baixo, o braço de momento da resistência diminui, exigindo menos do gastrocnêmio e do sóleo.

Fig.56- Levando o calcanhar para baixo da posição neutra antes de começar o exercício, para que os músculos comecem a flexão plantar partindo de pré-estiramento (dorsiflexão), favorecendo, assim, a relação força- comprimento e a total amplitude de movimento desta articulação.



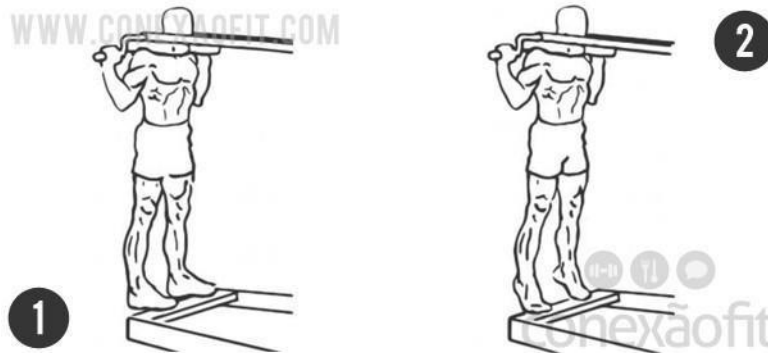
Este exercício solicita toda a porção das panturrilhas, porém, existem variantes dele que fazem com que o esforço seja transferido para a parte externa ou interna da panturrilha. Como pode ser visto na Fig. 57 abaixo.

Fig.57– Parte da panturrilha mais solicitada.



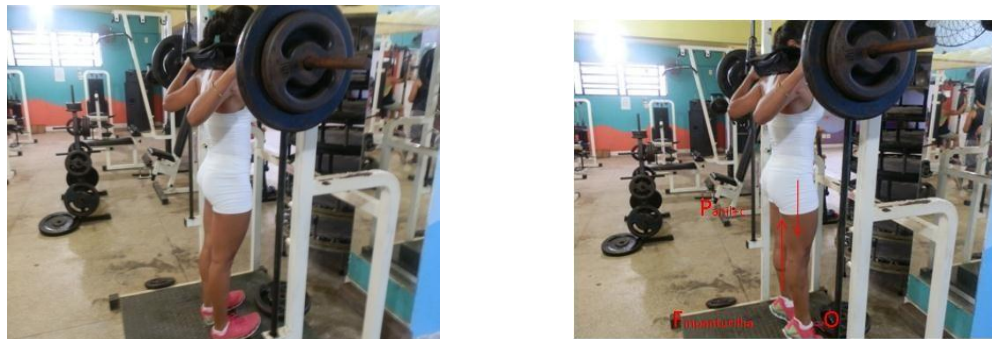
Existem variações desse exercício como na Fig.58 abaixo:

Fig.58- Flexão planar em pé no aparelho.



Outra variação desse exercício é quando a pessoa fica em pé com as mãos em uma cadeira ou na parede. A Fig.59 mostra a praticante Yasmin da Academia da Heralda Sanches executando uma outra variação desse movimento em pé com pesos na barra pendurada nas costas.

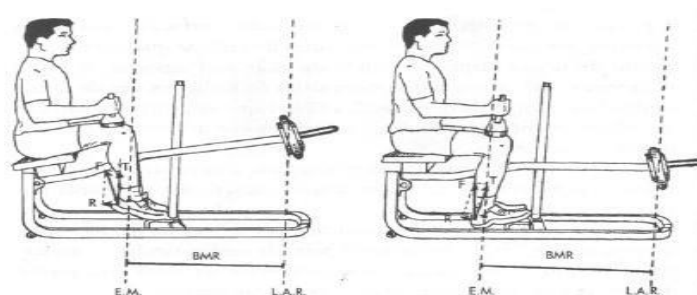
Fig.59- Posições inicial e final, bem como: a força do músculo da panturrilha, a força peso (pessoa com a barra) e o eixo de rotação (O) na ponta dos pés



.Fonte: Autoria própria

A **flexão plantar com o joelho flexionado** é parecido com o anterior. Apesar do movimento do tornozelo ser idêntico, a posição do joelho influencia bastante na ação muscular.

Fig.60- Mostra o respectivo exercício.



Este exercício isola o músculo sóleo porque, como o músculo gastrocnêmio é bi-articular, a flexão do joelho favorece sua insuficiência ativa, tornando-o ineficiente em realizar a flexão plantar e favorecendo a ação do músculo sóleo, que somente cruza a articulação do tornozelo. Se a plataforma de apoio dos pés for inclinada para baixo (dos dedos para o calcanhar), ela favorece uma maior amplitude de dorsiflexão do tornozelo no começo do movimento.

Fig.61-Mostra as forças e os momentos das forças para este exercício nas posições inicial e final.



Fonte: Autoria própria

Este exercício também pode ser realizado com uma barra apoiada sobre os joelhos flexionados e com os pés em cima de uma plataforma. Neste caso, para maior eficiência biomecânica do exercício, a barra deve ser colocada o mais próximo possível da articulação do joelho. A distância que as anilhas estão colocadas na barra (mais próximas do joelho ou mais em direção às extremidades da barra) não altera a intensidade do exercício.

3.5 Exercícios com sobrecargas impostas aos joelhos

A articulação do joelho realiza movimentos de flexão e extensão que são realizados no plano sagital sobre um eixo frontal. Partindo da posição anatômica (extensão), a flexão do joelho é um movimento posterior, ao contrário de outras articulações como a coluna, quadril, ombro e cotovelo onde a flexão é um movimento anterior. As rotações medial e lateral, são movimentos resultantes de flexão e extensão do fêmur sobre a tíbia e vice versa.

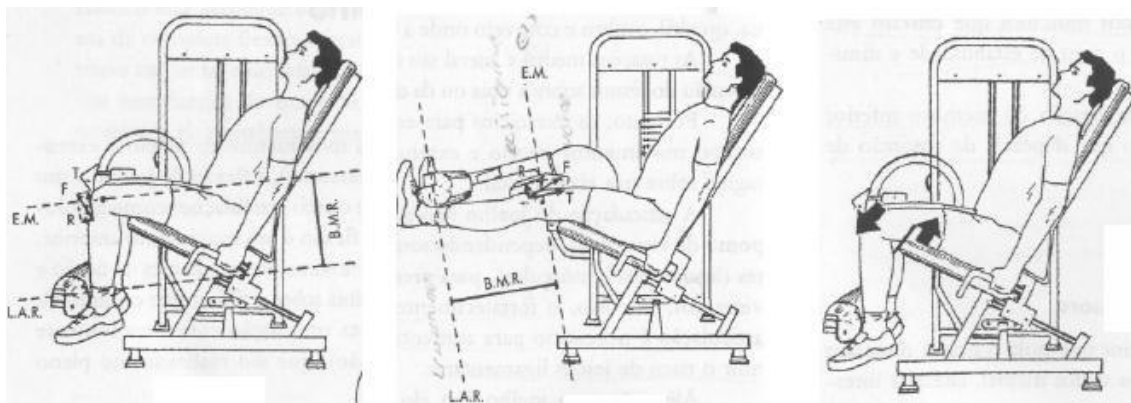
A articulação do joelho não possui uma grande estabilidade do ponto de vista ósseo, dependendo somente dos outros dois componentes (ligamentos e músculos), para preservá-la de lesões durante os movimentos.

Por isso, o fortalecimento dos músculos que cruzam esta articulação é necessário para aumentar o grau de estabilidade e diminuir o risco de lesões ligamentares.

Além disso, é o elo de ligação do membro inferior fundamental para qualquer movimento que dependa de absorção de impacto e deslocamento.

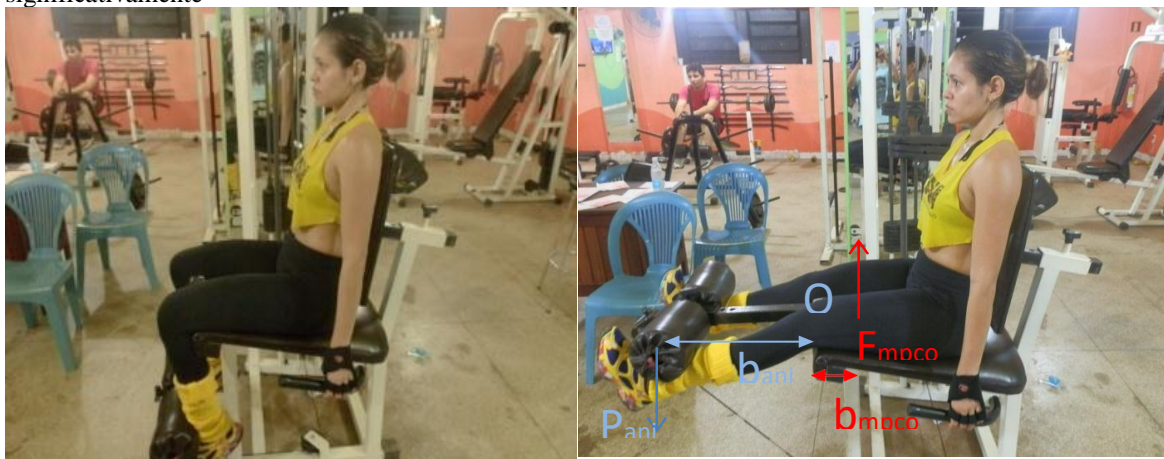
A **extensão do joelho na cadeira extensora** é um dos principais exercícios que isola o grupo muscular quadríceps femural, que compreende os vastos medial, lateral e intermédio e o reto femural. Destes músculos, o reto femural é o único músculo bi-articular e, portanto, realiza extensão do joelho, flexão do quadril e anteversão da pelve. Os outros realizam apenas extensão do joelho.

Fig.62-O maior braço de momento da resistência (B.M.R) neste exercício é entre 45° - 50°. O ponto de maior braço de momento do quadríceps, devido à posição da patela, é entre 45°-60°.



Na Fig.63 mostra a execução do exercício pela praticante:

Fig.63- Execução do exercício nas posições inicial e final. As forças peso e do músculo da coxa e os braços dos momentos das forças. Sem o apoio das costas o risco de lesão da região lombar aumenta significativamente



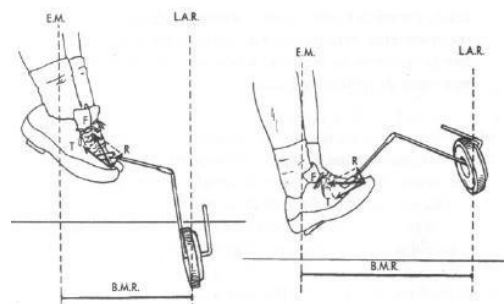
.Fonte: Autoria própria

O apoio das costas deve ser um pouco inclinado, para que o executante possa realizar uma ligeira extensão do quadril, o que favorece a ação do músculo reto-femural (principalmente no final da extensão), por causa da relação força-comprimento. Se o quadril é mantido a 90° durante toda a excursão do movimento, o reto-femural atinge uma insuficiência ativa nos últimos graus da extensão (por estar encurtado no quadril e realizando a extensão do joelho). Neste caso, os vastos é que conseguem realizar o maior torque do final da extensão ou o reto femural recrutará um número muito maior de unidades motoras para conseguir realizar o movimento com eficiência.

A patela tem a função de polia anatômica que mantém a linha de ação do quadríceps um pouco mais longe do centro de rotação do joelho, aumentando, assim, o braço de momento do músculo e sua capacidade de produzir torque. Contudo, quando a patela aumenta o componente rotatório (para rodar a tibia sobre o fêmur neste exercício), há também um aumento do componente translatório, que tende a deslizar a tibia anteriormente. O ligamento cruzado anterior (LCA) previne o deslizamento anterior da tibia neste momento. Assim, a integridade do LCA é fundamental para a estabilidade da articulação do joelho durante este exercício.

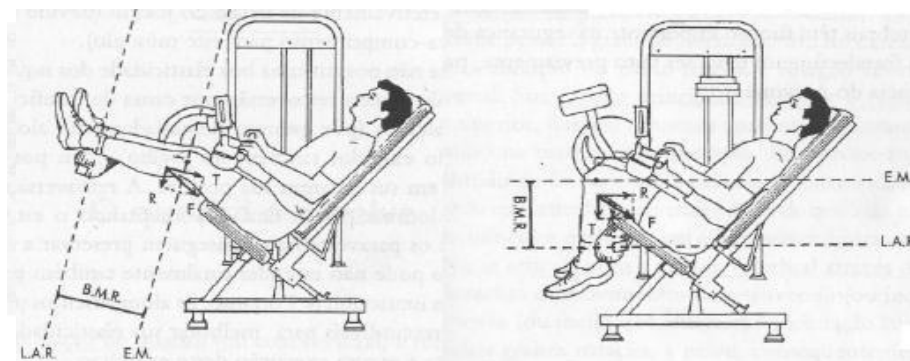
Se o executante realizar uma **flexão dorsal do tornozelo** durante a extensão do joelho, o músculo gastrocnêmio pode ter uma insuficiência passiva e impedir a completa extensão do joelho (ver Fig.64).

Fig.64- Flexão dorsal do tornozelo.



Na Fig.65, é mostrado outros exemplos de exercícios com sobrecargas impostas ao joelho são Flexão do Joelho na Mesa e na Cadeira Flexora.

Fig.65- Mesa e cadeira flexora do joelho



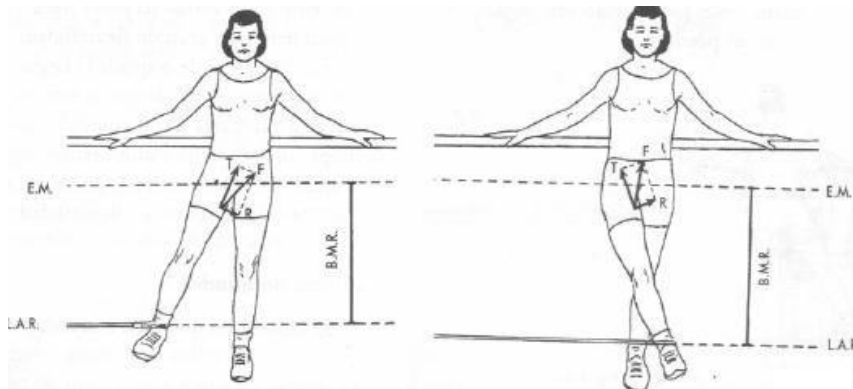
3.6 Exercícios com sobrecargas impostas na articulação do quadril e pelve

A articulação do quadril (ou coxofemural) é formada pela união da fossa do acetábulo da pelve com a cabeça do fêmur. Esta articulação do tipo esferóide possui 3 graus de liberdade: flexão/extensão no plano sagital, adução/abdução no plano frontal e rotação lateral/medial no plano transversal. Sua função principal é suportar o esqueleto axial e apendicular superior, durante a postura anatômica e durante as posturas dinâmicas como na marcha, por exemplo. Assim, os músculos do quadril têm uma grande função na estabilidade da coluna. Proporciona também uma via de transmissão de forças entre a pelve e as extremidades inferiores.

A pelve se articula com a coluna vertebral através da articulação sacro-ilíaca e realiza os movimentos de retroversão (ou inclinação posterior), anteversão (ou inclinação anterior) e inclinação lateral. Quando a coluna lombar realiza rotação, a pelve, conseqüentemente, roda no mesmo sentido da coluna.

Assim como exercício de sobrecarga temos, a **adução do quadril** que é realizada numa amplitude de apenas 10°. Os principais músculos que atuam neste movimento são os adutores curto, longo, magno e grácil, além do pectíneo.

Fig.66- Exercício de adução do quadril e da pelve sem utilizar aparelho



Por causa da pequena amplitude permitida pela articulação do quadril na adução, este exercício deve começar a partir de aproximadamente 45° de abdução. Nesta posição os adutores apresentam uma relação força-comprimento favorável e a amplitude do movimento de adução passa a ser de 50-55°.

O B.M.R é menor no começo do exercício e aumenta, conforme o quadril aduz até a posição anatômica, diminuindo deste ponto em diante até completar 10° de adução (no caso deste exercício ser executado utilizando um cabo).

Para realizar mais que 10° de adução (partindo da posição anatômica) o executante tem que realizar uma adução do quadril da outra perna e uma flexão lateral da coluna lombar, o que resulta numa inclinação lateral da pelve. A partir dos 10° em diante, esta posição predispõe a coluna às lesões.

A pelve deve ficar fixa durante a execução do exercício, para aumentar a eficiência dos adutores.

Se o exercício for realizado com cabo, Fig.67, além do B.M.R aumentar quando o quadril chega próximo da posição anatômica, a tensão exercida pelo elástico é a maior de toda a amplitude até este ponto. A tensão do elástico ainda aumenta nos últimos 10° de adução, enquanto seu B.M.R diminui.

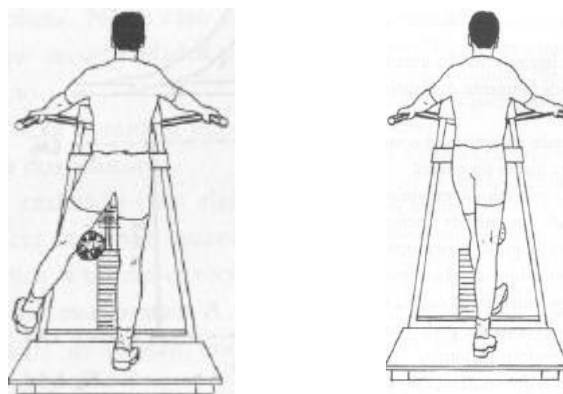
Fig.67- Execução do exercício de adução do quadril e da pelve com cabo na Academia Heralda pela praticante Yasmin



Fonte: Autoria própria

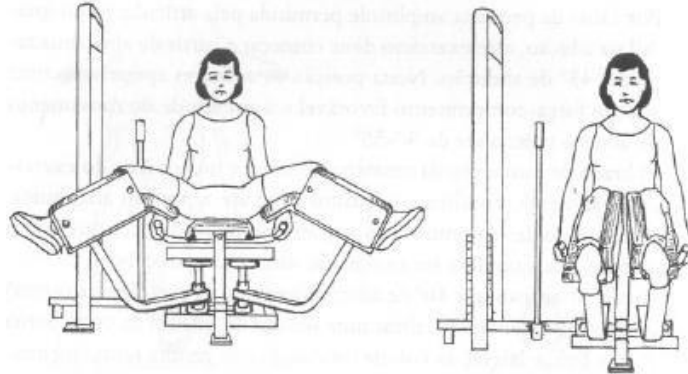
Na Fig.68, mostra o mesmo exercício que pode também ser realizado no aparelho.

Fig.68- Exercício de adução do quadril e pelve com aparelho



Outro exercício de adução do quadril e da pelve é realizado na **cadeira adutora**, como mostra a Fig.69:

Fig.69- Exercício executado na cadeira adutora



Neste exercício, como as duas coxas se movimentam ao mesmo tempo, não há inclinação lateral da pelve e flexão lateral da coluna, como no exercício anterior.

O exercício exige uma menor participação dos músculos estabilizadores que o exercício anterior.

Como este aparelho utiliza uma roldana oval (cam), o raio da roldana (braço de momento) aumenta, conforme o braço de momento dos adutores também aumenta.

Assim, como o $B.M.F_{adutor}$ é menor do que o $B.M.R_{anilhas}$ a força no adutor é maior do que o peso das anilhas para que o praticante consiga fechar as pernas, senão elas abrem.

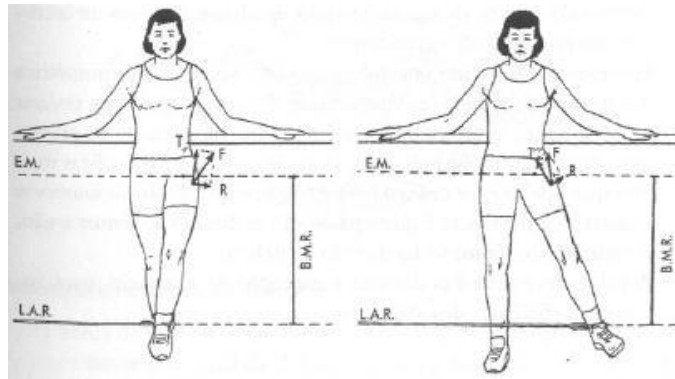
Fig.70- Execução do exercício de adução do quadril e da pelve na cadeira adutora na Academia Heralda pelapraticante Yasmin.



Fonte: Autoria Própria

Na **Abdução do Quadril**, os músculos glúteos médio e mínimo trabalham juntos para abduzir o quadril e, com maior importância, mantêm a pelve fixa durante o apoio unilateral do membro inferior.

Fig.71- Exercício de abdução do quadril e da pelve sem utilizar aparelho.



Partes dos glúteos mais solicitada neste exercício, ver Fig.72:

Fig.72- Músculos Atuantes: Glúteo máximo e com menos intensidade, o semitendíneo, o semimembrâneo e cabeça longa do bíceps femoral



Fonte: (DRAGO, 2009).

Os abdutores do quadril têm o maior B.M.F numa posição um pouco aduzida em relação à posição anatômica. Portanto, este movimento deve começar, partindo-se de uma pequena adução e terminar por volta de 45° de abdução.

O B.M.R é maior no começo do exercício do que nos últimos graus da abdução (no caso de ser executado com cabo). Isto diminui a probabilidade de insuficiência ativa dos abdutores no final do movimento.

Se o mesmo exercício for executado com elástico, há uma maior tendência de insuficiência ativa dos abdutores no final da abdução. Apesar do B.M.R ser menor neste ponto (como acontece com o cabo), é aí que o elástico desenvolve sua maior tensão.

Se o executante utilizar uma sobrecarga alta, a participação isométrica dos flexores da coluna tende a aumentar. Isto ocorre na intenção de preservar a postura da pelve pois, nesta situação, o fêmur passa a ficar mais fixo que a pelve (por causa da sobrecarga), e quando os abdutores se contraem, a tendência é que a pelve vá em direção ao fêmur e não, o contrário (o fêmur vá na direção da pelve).

A pelve deve ficar fixa durante a execução do exercício, para aumentar a eficiência dos abdutores.

Na Fig.73, mostra o exercício sendo realizado com cabo:

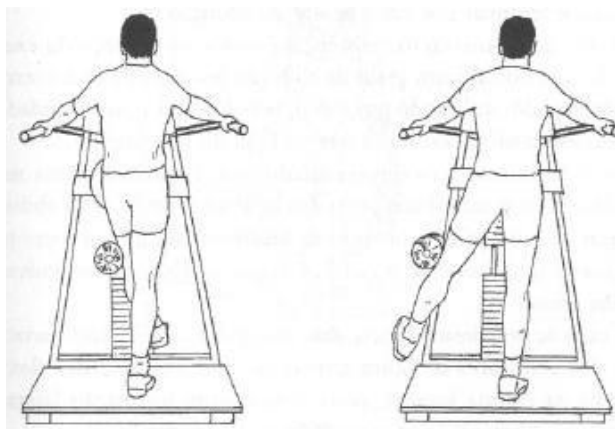
Fig.73- Execução do exercício de abdução do quadril e da pelve com cabo na Academia Heralda pela praticante Yasmin em pé.



Fonte: Autoria própria

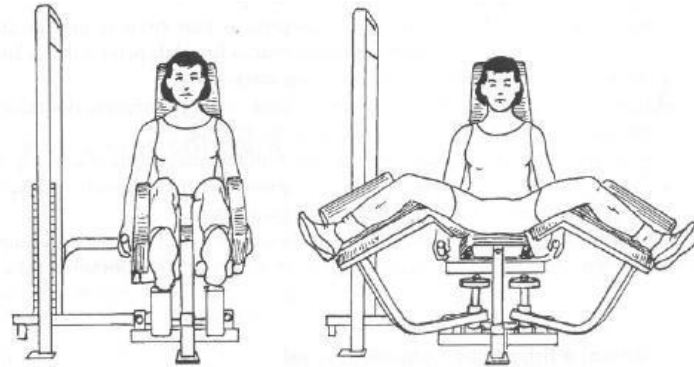
O quadril realiza aproximadamente 45° de abdução. Outros abdutores incluem o tensor da fáscia lata e o glúteo máximo.

Fig.74- Exercício de adução do quadril e pelve com aparelho em pé.



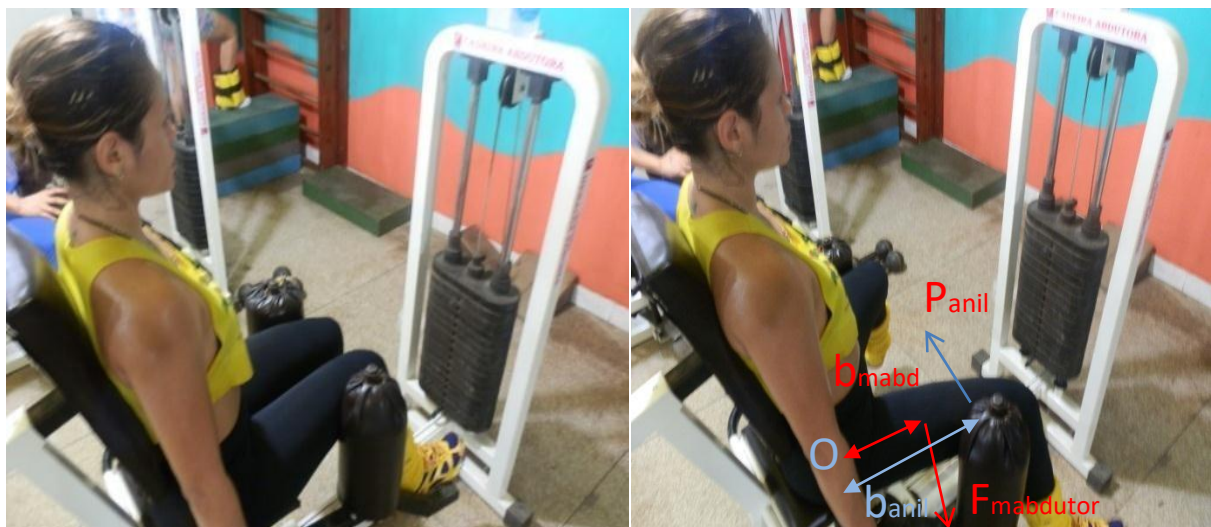
Outro exercício de abdução do quadril e da pelve pode ser realizado na **cadeira abduutora**, como mostra a Fig.75:

Fig.75- Exercício executado na cadeira abduutora.



O B.M.R é maior no começo do exercício e diminui no final da abdução. Assim, como o $B.M.F_{abductor}$ é menor do que o $B.M.R_{anilhas}$ a força no abductor é maior do que o peso das anilhas para que o praticante consiga abrir as pernas, senão elas fecham.

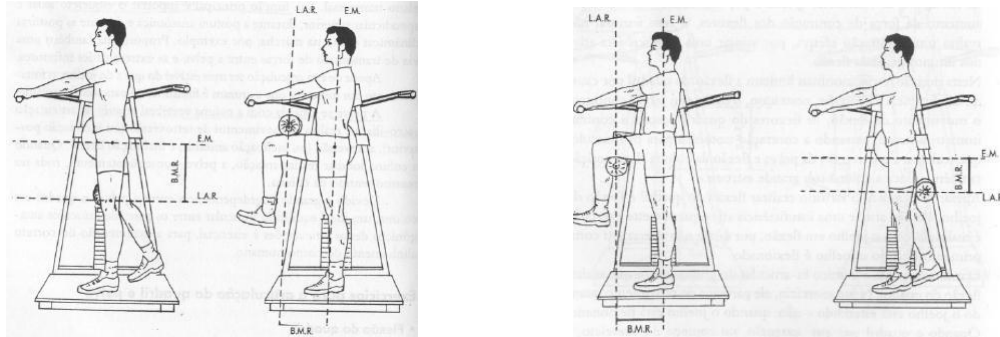
Fig.76- Execução do exercício de abdução do quadril e da pelve na cadeira abduutora na Academia Heralda pela praticante Samara.



Fonte: Autoria própria

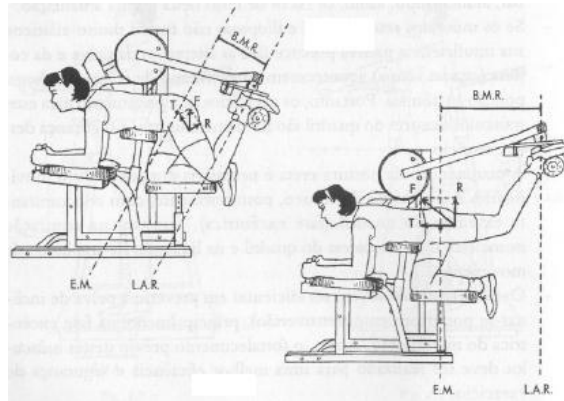
Outros exercícios de sobrecargas impostas no quadril são: **Flexão e Extensão do Quadril**, como mostra a Fig.77:

Fig.77- Execução dos exercícios de flexão e extensão do quadril no aparelho em pé.



Outro exemplo é o exercício de **Extensão do Quadril no Aparelho (em Decúbito Ventral)**, Fig.78:

Fig.78- O componente translatório é de compressão durante todo o movimento, favorecendo a estabilidade da articulação do quadril. Quando o joelho fica flexionado, a amplitude de extensão pode ficar limitada por causa de insuficiência passiva do músculo reto femoral ou do iliopsoas. Assim, o apoio para a coluna lombar não consegue prevenir a anteversão da pelve nem a hiperextensão da coluna.

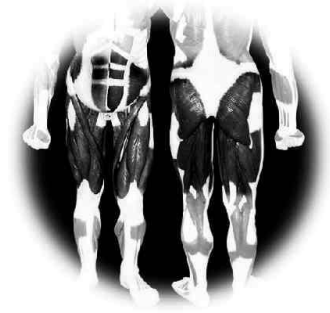


3.7 Exercícios com sobrecargas impostas na articulação do quadril e joelho

Em todos os exercícios combinados de quadril e joelho, o quadríceps é o principal responsável pela extensão do joelho e o glúteo máximo e os isquiotibiais são os principais responsáveis pela extensão do quadril.

O **agachamento com barras** é muito eficiente em desenvolver os músculos anteriores e posteriores da coxa como podemos ver na Fig.79.

Fig.79- Músculos Atuantes: Vasto lateral, Vasto intermédio, Retofemoral e Vasto medial

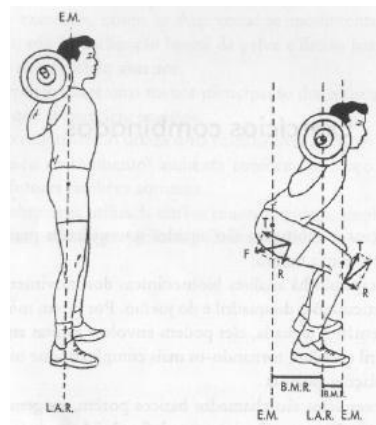


Fonte: (DRAGO, 2009).

Porém, este exercício é associado a diversos tipos de lesões, principalmente da coluna vertebral, que na maioria das vezes são causadas por uma técnica de execução precária e/ou por falta de estrutura muscular das articulações mais exigidas.

Neste exercício devemos agachar o tronco de forma que os joelhos formem um ângulo de 90° entre a coxa e a perna, ver Fig.80.

Fig.80- O agachamento com barras na posição inicial e final, bem como as forças e B.M.



Na posição de flexão ocorre um aumento do B.M.R no quadril e uma diminuição no joelho, favorecendo a participação dos músculos glúteo máximo e isquiotibiais. Assim, o B.M.R na coluna lombar fica maior, aumentando a ação dos extensores da coluna e os riscos de lesão. Nesta posição, a força da contração dos extensores da coluna, além de preservar a postura da mesma, aumenta o componente translatório de compressão dos discos intervertebrais.

A coluna deve ficar na posição anatômica (com a curvatura normal da região lombar) durante toda a amplitude do movimento, pois diminui a compressão anterior do disco intervertebral, se comparada ao exercício realizado com a coluna lombar em flexão.

Se o executante, apoiar o calcanhar numa pequena plataforma ao executar o agachamento, o equilíbrio é mantido durante a fase excêntrica do movimento, sem que o

tronco precise flexionar o quadril. Isto faz com que o B.M.R seja maior para o joelho que para o quadril, aumentando, assim, a participação do quadríceps.

O B.M.R para a coluna também diminui nesta posição, diminuindo as forças compressivas causadas pelo torque excessivo. Porém, apesar de não haver torque na coluna, o próprio peso colocado sobre os ombros gera um componente translatório de pressão na coluna, principalmente na região lombar.

Fig.81- Praticantes Samara e Yasmin executando agachamento com pesos em barras na academia Heraldasanches.



Fonte: Autoria própria

Abaixo mostramos o mesmo exercício sendo realizado com aparelho:

Fig.82 – Dois exercícios que trabalham os mesmos músculos com aparelhos diferentes



.Fonte: Autoria própria

4 CONCLUSÃO E PERSPECTIVA

No corpo humano, a maioria dos músculos opera com pequenos braços de momento, porque suas inserções estão próximas aos eixos das articulações. Como resultado, os músculos produzem forças maiores do que os pesos que eles carregam, especialmente, aquelas seguras pela mão, têm a vantagem mecânica de estarem a um braço de comprimento do eixo da articulação.

Por isso, conclui-se que o sistema músculo-esquelético tem uma desvantagem mecânica em relação à produção de torque, mas possui outras vantagens que compensam muito esta deficiência, são as alavancas de 3ª classe que são maioria no nosso corpo, cujo eixo de rotação está localizado em uma extremidade, a resistência (objeto sendo levantado) está próxima da outra extremidade e a força da contração muscular é aplicada entre as duas. A resistência sempre tem um braço de momento maior do que a força muscular. Por isso, a força de contração do músculo tem que ser maior do que a resistência, para compensar o pequeno braço de momento. Assim, em cada ângulo do movimento, produz diferentes torques em diferentes posições articulares.

No entanto, essas alavancas proporcionam vantagens em relação à quantidade e velocidade de movimento (extremidades distais movem-se com maiores velocidades do que partes proximais). Outra vantagem é com relação à natureza da contração muscular. Os músculos têm uma limitada capacidade de excursão ($\approx 50\%$ do seu comprimento) então, essas alavancas são melhores em relação a movimentos do esqueleto. O músculo pode contrair-se devagar e com uma excursão muito menor para movimentar a mão mais rápida e com grande amplitude.

Como perspectiva, podemos estudar de forma mais aprofundada esses exercícios e outros que envolvam sobrecargas nos membros: 1- *inferior*: tornozelo, joelho, quadril, coxa, pelve e panturrilha; 2- *superior*: tronco, ombro, abdômen, braço, costa e peito.

REFERÊNCIAS

- CAMPOS, M. de A., *Biomecânica da musculação*. Rio de Janeiro: Sprint, 2000.
- CUTNELL, J. D.; JOHNSON, K. W., *Física*. 6ª ed. Rio de Janeiro; LTC, Vol. 1, 2006.
- DRAGO, D. C., *Fundamentos da Musculação*, 1ª Ed., Florianópolis: versão demonstrativa, 2009.
- HALL, S. J., *Biomecânica Básica*. Tradução: Giuseppe Taranto. 4ª ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S. A., 2005.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J., *Fundamentos de Física*. Tradução: José Paulo Soares de Azevedo. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC. Vol. 1: Mecânica, 2003.
- HAY, J., *The Biomechanics of Sports Techniques*. Prentice-Hall. Englewo Cliffs, N.J., 1978.
- HEWITT, P. G., *Fundamentos da Física conceitual*. Porto Alegre: Artmed Editora., 2009
- LAGES, E. N., *Forças distribuídas: centro de gravidade, centro de massa e centroide*. Notas de aula da disciplina Mecânica dos sólidos 1, Universidade Federal de Alagoas, Maceio, 2009.
- LAPEDES APUD BATISTA, Luiz Alberto, *A biomecânica em Educação Física Escolar*. *Perspectivas em Educação Física Escolar*, 2(1): 36-49, 2001.
- LEMONS, L. F. C.; TEIXEIRA, C. S.; MOTA, C. B., *Uma revisão sobre centro de gravidade e equilíbrio corporal*. *R. Bras. Ci. E Mov.* 17(4):83-90., 2009.
- MCGINNIS, P., *Biomechanics of Sports and Exercise*. Human Kinetics. Champaign, IL., 1999.
- NORDIN, M.; FRANKEL, V. H., *Biomecânica básica do sistema musculoesquelético*. Tradução: A. C. M. Pedroso, 3ª ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S. A., 2008.
- NUSSENZVEIG, H. M., *Curso de Física Básica*. 4ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, Vol. 1: Mecânica. 2002.
- OKUNO, E.; FRATIN, L., *Desvendando a física do corpo humano: biomecânica*. Barueri, SP: Manole, 2003.
- SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S., *Física*. São Paulo: Atual, 2003.
- SANTOS, R. J., *Matrizes, Vetores e Geometria Analítica*. Belo Horizonte: Imprensa Universitária da UFMG, 2012.
- SEARS, F. W.; ZEMANSKY, M. W., *Física*. Tradução: A. M. Luiz, 10ª ed. São Paulo: Addison Wesley. Vol 1: Mecânica, 2003.
- SERWAY, R. A.; JEWETT, J. W., *Princípios da Física*, Tradução: A. K. T. Assis, São Paulo: Cengage Learning, Vol. 1: Mecânica Clássica, 2008.