
EDUCAÇÃO FÍSICA

KARINE MULLER

**ELETROMIOGRAFIA COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DA
ATIVÇÃO MUSCULAR DE MEMBROS INFERIORES EM EQUILÍBRIO
UNIPODAL: UMA REVISÃO NARRATIVA DE LITERATURA**



Rio Claro
2020

KARINE MULLER

ELETROMIOGRAFIA COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DA
ATIVAÇÃO MUSCULAR DE MEMBROS INFERIORES E MEQUILÍBRIO
UNIPODAL - UMA REVISÃO NARRATIVA DE LITERATURA

Orientador: Profº Drº Eduardo Kokubun

Coorientador: Daniela Ambrósio de Almeida

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Biociências da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus de Rio
Claro, para obtenção do grau de Bacharela em
Educação Física.

Rio Claro
2020

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente agradeço aos meus pais e familiares, que desde pequena me incentivaram a ser quem eu sou, seguir meus sonhos e criar o meu próprio espaço. À minha mãe, Adriana, que é o maior exemplo de força e compaixão que poderia ter na vida, sempre me incentivou e me ensinou valores valiosos para a vida. Ao meu pai, João, que tanto batalhou para criar suas filhas, nunca deixando faltar nada e possibilitando o espaço para nosso próprio crescimento pessoal. A vocês, eu dedico o mundo, todo meu amor, respeito, carinho e reconhecimento.

Agradeço também os amigos incríveis que fiz durante todos esses anos da graduação, obrigada por todas as conversas, todos os momentos felizes compartilhados e todo o apoio e presença nos momentos de dificuldade. As pessoas que pude me aproximar e que me ensinaram muito.

A Bateria Porcaria, agradeço por toda a integração, felicidade, amor e samba. Vocês me ensinaram muito e me apresentaram as coisas mais gostosas da vida, uma boa conversa, um bom ombro amigo e um ótimo samba. Cadaver, Gabi, Airon, Princesa, Pt, Gu, Muguerço, Arejado, Painço, Portuga, Dengue e Naruto, sem vocês, com certeza minhas experiências não teriam sido tão incríveis, felizes e inesquecíveis. A todos os membros da Porcaria, que família maravilhosa e linda que pude conhecer e fazer parte.

Esse agradecimento em especial me deixa com o coração apertado todas as vezes. Ao time Deliders Cheerleading eu não só agradeço, como devo grande parte da pessoa que sou hoje em dia. Deliders me possibilitaram tantas coisas que fica difícil de mensurar. Momentos de euforia, de tristeza, de superação, de persistência e principalmente, de amor e união, de um trabalho coletivo baseado na confiança e no amor por essa família. Dani, Diska, Pinico, Andreas, Mau, Maytte, Sandy, Gina, Julia e Dan, vocês com certeza tem uma porcentagem em tudo que consegui conquistar no cheerleading, obrigada por todo o conhecimento, todo o incentivo, toda a energia e garra que vocês me ensinaram desde o começo. Obrigada por me mostrar o amor incondicional pelo esporte e por essa família. Aos novos, Halima, Andressa, Mate, Marcelo, Coroinha, Isa, Rafa, Dedinho, Palmirinha e Felipe, obrigada por confiarem em mim e trazer renovação e alegria aos treinos. Eu acredito muito no potencial de cada um.

E deixando o melhor para depois, um agradecimento especial para Wendy, tofa e Diska, que desde o início estiveram aqui por mim, assim como eu estou aqui por vocês. Tudo que passei com vocês durante nossos anos de UNESP foi inesquecíveis. Cada aprendizado significou muito para mim, e hoje vocês são adultos que me espelho e confio minha vida, amo muito vocês e obrigada por tudo que passamos e que ainda vamos passar juntos.

RESUMO: O estudo da ativação e contração muscular gera muito interesse atualmente. A eletromiografia é um dos métodos amplamente utilizados na literatura atual, analisando o comportamento muscular através de sinais elétricos produzidos pela contração e ativação do músculo. A ativação muscular gerada pela contração e relaxamento das fibras musculares, causa a despolarização das membranas, gerando o sinal elétrico captado pelos eletrodos da avaliação eletromiográfica. O equilíbrio é uma capacidade física que permite controlar posições corporais, em condições estáticas e dinâmicas, sobre determinada base de apoio, por ações musculares combinadas juntamente com interação das forças da gravidade, a fim de manter a estabilidade do centro de massa. O equilíbrio unipodal proporciona um maior desequilíbrio e dificuldade de manter essa posição corporal, por ser realizada sobre uma base de apoio menor. O presente trabalho abrangerá os temas de ativação muscular, eletromiografia, equilíbrio unipodal e propriocepção, com o **objetivo** de averiguar a eletromiografia como avaliação viável para a ativação muscular em equilíbrio unipodal. A **metodologia** consiste em uma revisão de literatura narrativa a fim de coletar informações e realizar uma revisão narrativa sobre os temas eletromiografia, ativação muscular, equilíbrio unipodal, e propriocepção, relacionando-os para o entendimento sobre a eletromiografia como método de avaliação da ativação muscular em equilíbrio unipodal. A busca por artigos científicos será realizada nas plataformas “Lilacs”, “SciELO” e “PubMed”, realizando um levantamento da literatura no período entre os anos 2000 a 2020, selecionados a partir dos critérios de inclusão, utilizando as palavras-chave “eletromiografia”; “ativação muscular”; “equilíbrio unipodal” e “propriocepção”. A conclusão deste estudo demonstra que os resultados encontrados contemplam a hipótese inicial do estudo, encontrando evidências que comprovem a eficiência da eletromiografia na avaliação da ativação muscular em equilíbrio unipodal.

Palavra chave: Eletromiografia. Ativação Muscular. Equilíbrio Unipodal. Propriocepção

ABSTRACT

The study of muscle activation and contraction generates a lot of interest nowadays. Electromyography is one of the methods widely used in the current literature, analyzing muscle behavior through electrical signals produced by muscle contraction and activation. The muscle activation generated by the contraction and relaxation of muscle fibers causes the depolarization of membranes, generating the electrical signal captured by the electrodes of the electromyographic evaluation. Balance is a physical capacity that allows controlling body positions, in static and dynamic conditions, on a certain support base, by combined muscle actions allied with interaction of the forces of gravity, in order to maintain the stability of the center of mass. Unipodal balance provides a greater imbalance and difficulty in maintaining this body position, as it is performed on a smaller support base. The present work will cover the themes of muscle activation, electromyography, unipodal balance and proprioception, with the objective of verifying electromyography as a viable evaluation for muscle activation in unipodal balance. The methodology consists of a review of narrative literature in order to collect information and perform a narrative review on the themes of electromyography, muscle activation, unipodal balance, and proprioception, relating them to the understanding of electromyography as a method of evaluating muscle activation in unipodal balance. The search for scientific articles will be carried out on the platforms "Lilacs", "Scielo" and "PubMed", conducting a survey of the literature in the period between the years 2000 to 2020, selecting articles based on the inclusion criteria, using the keywords "electromyography"; "muscle activation"; "unipodal equilibrium" and "proprioception". The conclusion of this study demonstrates that the results found include the initial hypothesis of the study, finding evidence to prove the efficiency of electromyography in the evaluation of muscle activation in unipodal balance.

Key Words: Electromyography. Muscle Activation. Unipodal Equilibrium. Proprioception.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. OBJETIVOS.....	10
2.1. Objetivo principal.....	10
3. HIPÓTESES	11
4. METODOLOGIA	12
4.1. Critérios de Inclusão.....	12
4.2. Critérios de Exclusão.....	13
5. REFERENCIAL TEÓRICO	14
5.1. Eletromiografia	14
5.2. Ativação Muscular	15
5.3. Eletromiografia e Ativação Muscular	16
5.4. Controle Postural e Equilíbrio.....	16
5.5. Equilíbrio Unipodal	18
5.6. Propriocepção	19
6. RESULTADOS	20
6.1. Eletromiografia e Ativação Muscular	20
6.2. Eletromiografia e Equilíbrio Unipodal	28
6.3. Equilíbrio Unipodal e Propriocepção	30
7. DISCUSSÃO.....	35
8. CONCLUSÃO	38
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

1. INTRODUÇÃO

O estudo da ativação muscular gera muito interesse atualmente, portanto há diversos métodos de avaliação da ativação e contração muscular na literatura atual, como a avaliação eletromiográfica, que é capaz de oferecer informações importantes sobre o comportamento muscular a partir de sinais elétricos produzidos pelo músculo, contribuindo para desenvolver trabalhos específicos advindo dos resultados fornecidos. Entender como ocorre a contração e ativação das fibras musculares é muito importante para diversos âmbitos relacionados aos movimentos humanos realizados no nosso dia-a-dia, em atividades físicas e esportes, ou até na recuperação e tratamento de lesões que ocorrem no decorrer da vida. Em virtude disso, o presente trabalho abrangerá esses temas na intenção de averiguar a eletromiografia como avaliação efetiva da ativação muscular em equilíbrio unipodal, coletando trabalhos da literatura atual.

Ferreira (2005) explica que os músculos esqueléticos são compostos por centenas à centenas de milhares de fibras musculares, que são células alongadas e multinucleadas. A ativação dessas células com a tendência das mesmas de se encurtarem é definida como contração muscular.

O músculo esquelético é capaz de transformar energia química em energia mecânica, ou seja, transformar impulsos elétricos em movimento. Os movimentos são realizados pela ativação muscular, a partir da capacidade do músculo de contrair-se e produzir força. A ativação das fibras musculares gera um sinal elétrico que ocasiona a despolarização da membrana, por conta das mudanças na permeabilidade do sarcolema, que permitem a alteração do gradiente de concentração de negativo para positivo (MOLETA, 2007); e estão diretamente relacionados com o potencial de ação da unidade motora no músculo, que se dá pela contração e relaxamento da fibra muscular, emitindo esse sinal elétrico. Esses campos elétricos gerados por essa despolarização, consistem na unidade funcional do sinal de eletromiografia que é captado pelos eletrodos e fornecem a informação sobre a atividade realizada pelos músculos (OCARINO 2005; SANTOS, 2011).

A eletromiografia (EMG) é uma técnica utilizada na biomecânica, para descrever, avaliar e analisar o movimento humano. Ela permite o estudo da função muscular pela investigação do sinal elétrico produzido pelos músculos, estudando também a atividade da unidade motora. Obtendo informações importantes do músculo

quando o mesmo é submetido a diferentes angulações, sobrecargas, velocidades, treinamentos musculares, entre outros (OLIVEIRA, 2012). Resende et al. (2011), afirmam que podemos definir a eletromiografia como o registro da atividade bioelétrica extracelular que é gerada pelas fibras musculares. Quando mensurado por eletrodos de superfície, é captada atividade elétrica de várias unidades motoras simultaneamente.

O equilíbrio e o desequilíbrio geram uma mudança e uma resposta das fibras musculares no decorrer do movimento ou da manutenção desse equilíbrio, com isso, conseguimos estabelecer uma relação da eletromiografia com a avaliação do equilíbrio, pois a partir dessa capacidade, conseguimos promover a ativação das fibras musculares que geram os sinais elétricos necessários para a avaliação eletromiográfica.

O equilíbrio é uma capacidade física que permite controlar posições corporais, em condições estáticas e dinâmicas sobre determinada base de apoio, por ações musculares combinadas juntamente com interação das forças da gravidade, a fim de manter a estabilidade do centro de massa (MORAES, 2014). O equilíbrio unipodal é realizado sobre uma base de apoio menor, que provoca um maior desequilíbrio e instabilidade, aumentando a tarefa de manter o controle postural, a estabilidade do centro de massa e as grandes oscilações corporais.

O controle postural ocorre pela interação do sistema neuromuscular com os sistemas visual, vestibular e Somatossensorial (LIMA et al., 2014). Assim, a detecção dos movimentos com as interações do sistema nervoso central, gera uma resposta motora adequada ao estímulo e responsável pela manutenção do equilíbrio (ALONSO, 2011).

O equilíbrio unipodal requer um controle e estabilidade da postura, o que implica na necessidade de treinamentos específicos como o treinamento proprioceptivo, por seus efeitos de melhora do senso de posicionamento e estabilidade articular, além da melhora nos reflexos articulares protetores (WINDMOLLER, 2013), sendo essenciais para a estabilização e a manutenção do equilíbrio nas posições exigidas nas atividades diárias e pelos esportes.

A propriocepção está diretamente relacionada com a manutenção do equilíbrio, pois pode fornecer informações sobre o ambiente, orientações sobre o movimento, consciência estática e cinestésica, detectando movimentos e sua aceleração a partir dos receptores encontrados nos tendões, músculos, ligamentos e

cápsulas articulares. Callegari (2010) afirma que a propriocepção é capaz de distinguir as informações referentes ao movimento, como sua amplitude, direção e velocidade a partir de entrada sensorial recebida pelos receptores periféricos.

A implementação de exercícios proprioceptivos, pode gerar uma perturbação no sistema de feedback, exigindo uma resposta reflexa que será responsável pela regulação do tônus e atividade muscular. Oliveira (2012) traz que os exercícios proprioceptivos promovem mudanças no feedback sensorial que geram respostas reflexivas dinâmicas que possibilitam o controle neuromuscular nas articulações. Essa perturbação nos sistemas de feedback sensorial, advindo principalmente dos mecanorreceptores, responsáveis por transformar a energia mecânica causada pela deformidade física em potenciais de ação para conduzir as informações proprioceptivas, que serão interpretadas pelo Sistema Nervoso Central (FERREIRA, 2009), demonstram a importância dos exercícios para o equilíbrio, tanto bipodal quanto unipodal, pela adaptação que o corpo sofre decorrente da prática.

Rodrigues (2017), afirma que as respostas reflexivas responsáveis por gerar o controle neuromuscular a partir de informações proprioceptivas, recebidas e aplicadas pelo sistema nervoso central vão gerar mudanças bioquímicas e mioelétricas no tecido muscular que são identificadas e monitoradas a partir da eletromiografia, fornecendo informações sobre o comportamento muscular.

Os estudos de Moraes (2014), Alonso (2011) e Lima et al. (2014) mostram como a manutenção do equilíbrio funciona, e é usada no cotidiano dos seres humanos. Atletas de diversas modalidades esportivas estão constantemente trabalhando essa capacidade dentro dos seus treinamentos e performances, com isso, podemos observar a importância de treinamentos direcionados à melhora dessa capacidade. Os treinamentos proprioceptivos aprimoram essa manutenção do equilíbrio e movimentos corretivos que contribuem para o melhor funcionamento do mesmo e prevenção a futuras lesões.

Uma das formas de avaliar o controle postural em apoio bipodal e unipodal dos membros inferiores é através da ativação elétrica do músculo captada pela eletromiografia (OLIVEIRA, 2017). Portanto, o presente trabalho pretende analisar se a eletromiografia é um método viável para a avaliação da ativação muscular em equilíbrio unipodal.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo principal:

Coletar e analisar estudos da literatura atual que comprovam a eficiência da eletromiografia como instrumento de avaliação da ativação muscular em equilíbrio unipodal.

3. HIPÓTESES

A hipótese principal do estudo é comprovar se a eletromiografia é um tipo de avaliação efetiva para obter informações referentes à ativação muscular em equilíbrio unipodal.

4. METODOLOGIA

A metodologia consiste em uma revisão de literatura contemplando artigos, revisões, periódicos e livros, com o intuito de coletar informações e realizar uma revisão narrativa sobre os temas eletromiografia, ativação muscular e equilíbrio unipodal, relacionando-os para o entendimento sobre a eletromiografia como método de avaliação da ativação muscular em equilíbrio unipodal.

A busca por artigos científicos será realizada nas plataformas Lilacs, Scielo e PubMed, realizando um levantamento da literatura no período entre os anos 2000 a 2020, utilizando as palavras-chave “eletromiografia”; “ativação muscular”; “equilíbrio unipodal” e “propriocepção”, combinadas da seguinte forma:

- 1 - “Eletromiografia” e “Ativação Muscular”
- 2 - “Eletromiografia” e “Equilíbrio Unipodal”
- 3 - “Equilíbrio Unipodal” e “Propriocepção”

A busca será realizada por artigos em português e em inglês, visando a maior quantidade de estudos sobre os temas que possam confirmar a hipótese desse estudo.

Desse modo, os estudos serão escolhidos a partir dos critérios de inclusão e exclusão, e apresentados em capítulos dispostos em, “Eletromiografia e Ativação Muscular”, “Eletromiografia e Equilíbrio Unipodal”, “Ativação Muscular e Equilíbrio Unipodal” e “Equilíbrio Unipodal e Propriocepção”.

Além de artigos e periódicos, para o referencial teórico, serão utilizados livros e estudos que complementam as pesquisas, sobre temas que auxiliem na compreensão do funcionamento da eletromiografia, da contração muscular, ativação muscular, equilíbrio unipodal e propriocepção.

4.1. Critérios de Inclusão

Adotou-se os seguintes critérios de inclusão: Artigos publicados entre os anos de 2000 a 2020, artigos que possuem um dos temas em seu título, artigos que relacionem os temas em seu conteúdo, artigos em português e inglês e artigos que relacionem os temas a musculaturas dos membros inferiores e estudos em ambiente terrestre.

4.2. Critérios de Exclusão

Adotou-se como critério de exclusão: Revisões de literatura, dissertações, teses e livros, artigos não disponíveis na íntegra, artigos que não relacionem os temas em seu conteúdo, artigos que abordam musculaturas da face, do tronco e membros superiores, artigos duplicados, estudos que utilizam objetivos externos que visam potencializar os resultados, como, medicamentos, próteses, robôs, calçados, palmilhas e vestimentas, estudos que envolvem ambientes aquáticos e estudos com indivíduos que possuem algum tipo de deficiência intelectual ou física.

5. REFERENCIAL TEÓRICO

5.1. Eletromiografia

A eletromiografia é um método de avaliação do movimento humano (GONÇALVES, 2006), que capta a atividade e o sinal elétrico produzido pelo músculo durante sua contração (MOLETA, 2007). Ela vem sendo utilizada para compreender as funções do sistema muscular desde 1940, possibilitando pesquisa nas áreas que estudam o movimento do corpo humano (OCARINO, 2005).

Este método de avaliação tem sido amplamente utilizado na biomecânica, e pode oferecer informações sobre a ação do corpo, e relacionar-se com a produção de força, análises de velocidade e de variáveis metabólicas, resistência muscular, fadiga e eficiências de métodos e protocolos de treinamento (GONÇALVES, 2006).

Noda (2014) afirma que a eletromiografia pode ser utilizada de três formas na biomecânica, identificando o início da ativação muscular, a produção de força e nos processos que acontecem no músculo durante a fadiga muscular.

A eletromiografia se relaciona diretamente com o potencial de ação muscular, que caracteriza-se por ser uma rápida mudança na polaridade da voltagem da membrana, por conta da sequência de movimentos dadas pela contração e relaxamento das fibras musculares (MOLETA, 2007). E os padrões desse potencial de ação são registrados pela eletromiografia (ÃNES, 2000).

Este tipo de avaliação também pode fornecer informações sobre os processos fisiológicos e neuromusculares que ocorrem durante a produção de força pelo músculo. É possível analisar o tempo de duração e a intensidade dos sinais elétricos produzidos pela contração, seja de um grupo muscular, ou de um feixe muscular isolado (NODA, 2014), possibilitando o estudo da velocidade de propagação dos potenciais de ação.

A entrada e saída dos sinais elétricos é feita pelos eletrodos. Eles podem ser de dois tipos, eletrodos do tipo agulha, que captam os sinais elétricos de um número menor de unidades motoras, sendo considerado um método mais preciso. E os eletrodos de superfície, que captam sinais elétricos de várias unidades motoras juntas (RESENDE, 2011). Há um terceiro tipo de eletrodo (NODA, 2014), que é colocado em regiões sem sinais elétricos, e são chamados de eletrodos de referência.

Os eletrodos, circuitos de condicionamento e de mídia de saída compõem o aparelho Eletromiógrafo, responsável pela ampliação, tradução e envio dos sinais para um dispositivo de saída, no qual é feita a análise dos dados (MOLETA, 2007).

É necessário ajustar alguns parâmetros, como frequência de amostragem, eletrodos, filtros e conversores analógicos e digitais, para os registros dos sinais captados. O sinal elétrico captado precisa ser convertido de analógico para sinal digital, para tornar possível o registro no dispositivo de saída (NODA, 2014).

5.2. Ativação Muscular

Para entender a ativação muscular é importante assimilar as informações sobre o mecanismo que faz com que a musculatura possa se contrair. A contração muscular se dá pela capacidade do músculo estriado esquelético de produzir tensão a partir de impulsos nervosos advindos do sistema nervoso central (MORAES, 2016). Sendo assim, o sistema muscular tem a capacidade de transformar energia química em energia mecânica (BRUNIERA, 2000) produzindo tração e consequentemente, o movimento voluntário do corpo humano.

O músculo esquelético é formado por um grande número de fibras musculares alongadas, cilíndricas e multinucleadas. As fibras musculares são compostas por feixes de filamentos, que são denominadas de miofibrilas, que por fim, são compostas pela unidade básica da fibra muscular, denominada de sarcômero. O sarcômero é composto pelo alinhamento de filamentos contráteis de proteínas, como as principais, actina e miosina e outras proteínas que auxiliam o processo (MORAES, 2016).

A contração muscular tem seu início por um impulso elétrico gerado pelos motoneurônios, que chega até a placa motora e depois ao Retículo Sarcoplasmático, causando a despolarização das membranas celulares internalizada pelos Túbulos T, liberando o Cálcio para o sarcoplasma. O Cálcio liga-se a proteína tropomiosina, que até o momento está inibindo a ligação entre as proteínas miosina e a actina, isto vai liberar os sítios de ligação para as pontes cruzadas, possibilitando a ligação às proteínas responsáveis pela contração muscular, o qual ocasiona o deslizamentos dos filamentos finos de Actina, sobre os filamentos espessos de miosina presente nos sarcômeros, encurtando os sarcômeros e gerando a contração de músculos (FERREIRA, 2005).

Moleta (2007) ressalta em seu estudo, que o potencial de ação muscular é caracterizado pela sequência de contração e relaxamento do músculo, alterando sua polaridade permitindo as ações musculares. E que os sinais elétricos humanos estão diretamente relacionados ao potencial de ação, que permite a ação de contrair e produzir força a partir da ativação muscular.

5.3. Eletromiografia e Ativação Muscular

“O sinal EMG representa a curva gerada por fluxos iônicos através das membranas das fibras celulares que se propaga pelos tecidos até a superfície de detecção de um eletrodo” (SANTOS, 2011, pg. 4).

A despolarização e repolarização da membrana celular semipermeável é entendida como Potencial de Ação (PA), o qual permite a contração e o relaxamento do músculo. E esse PA é traduzido no sinal elétrico gerado pela ativação das fibras musculares de uma Unidade Motora (UM), e essa UM é a unidade funcional do processo de contração muscular (SANTOS, 2011).

Quando o sistema nervoso central ativa uma unidade motora, todas as fibras musculares pertencentes a essa unidade motora serão ativadas. As sobreposições dos potenciais de ação das fibras que compõem uma unidade motora é denominado de Potencial de Ação da Unidade Motora (PAUM). A somatória dos PAUMs das unidades motoras captadas em uma região específica consiste nos sinais mioelétricos (SME) (MOREIRA, 2016).

Logo, a eletromiografia investiga os padrões manifestados durante a ativação muscular, possibilitando informações referentes a diversas áreas como do controle motor, padrões de movimento e diagnósticos clínicos. Esta avaliação permite acesso a informações dos sinais mioelétricos (SME) gerados pela ativação muscular, sendo utilizada para obter informações sobre os padrões de ativação de grupos musculares distintos ou grupos musculares únicos, dependendo das condições ambientais (MOREIRA, 2016).

5.4. Controle Postural e Equilíbrio

Teixeira (2010) afirma que o controle postural é um componente do sistema do controle motor, possibilitando ao corpo humano manter a estabilidade e as condições ideais para o movimento, e permitindo a manutenção da posição corporal desejada durante movimentos estáticos ou dinâmicos. O autor também afirma que a posição corporal é uma combinação entre equilíbrio, coordenação muscular e adaptação.

Souza et al (2006) alega que o sistema de controle postural envolve a percepção, interação dos estímulos advindo dos sistemas sensoriais, planejamento motor e ação motora para atingir a postura adequada em um determinado movimento.

Barela (2000) assume que o controle postural engloba dois objetivos comportamentais, a orientação e o equilíbrio. A orientação se traduz em uma manutenção das posturas e posições dos segmentos corporais com outros segmentos e com seu meio ambiente. Já o equilíbrio, diz respeito ao equilíbrio das forças internas e externas que ocorrem no decorrer das ações motoras.

Gobbi (2005) admite que o equilíbrio é uma capacidade que permite controlar e manter determinadas posições corporais sobre uma base de suporte, o qual é obtido por uma combinação das ações musculares com a força da gravidade, a fim de sustentar uma posição corporal.

Os autores (BARELA, 2000; TEIXEIRA, 2010) demonstram que a manutenção do equilíbrio corporal e da postura dependem de uma intrínseca relação entre o feedback sensorial advindo dos sistemas vestibular, visual e somatossensorial, e estratégias relacionadas aos movimentos voluntários e ações musculares. Estas informações sensoriais possibilitam fundamentos para que haja as contrações musculares adequadas para manter posições corporais necessárias.

O sistema vestibular dispõe de informações referentes à posição da cabeça em relação ao corpo, com sensibilidade de detectar acelerações lineares e angulares. O sistema Somatossensorial engloba receptores, como os proprioceptivos, que permitem perceber a posição e velocidade dos segmentos corporais, como contatos com objetos externos e orientações em relação a força da gravidade. O sistema visual se caracteriza por informações externas do ambiente, como a posição da cabeça e do corpo em relação aos objetos e o meio (MANN et al, 2011).

A determinação da postura correta depende desta interação dos sistemas sensoriais como o cérebro, mais especificamente, com o cerebelo e o tronco encefálico, e com memórias de experiências prévias. Esta interação possibilita a

geração de respostas motoras apropriadas com a finalidade de controlar o movimento corporal e manter o equilíbrio (MANN et al, 2011; GOBBI et al, 2005).

O Sistema Nervoso Central receberá as informações advindas dos sistemas sensoriais a fim de organizar as informações e gerar uma resposta para controlar a postura corporal. Logo, estes sistemas de referência permitem que todos os mecanismos de controle postural se adaptem às demandas nervosas, permitindo manter o equilíbrio conforme o corpo se movimenta (MORAES et al, 2014).

5.5. Equilíbrio Unipodal

Podemos compreender o equilíbrio como um comportamento motor resultante da interpretação das informações advindas dos sistemas sensoriais, o qual possibilita a seleção de uma resposta adequada a um dado estímulo, utilizando mecanismos como o de feedback. Este sistema de controle postural tem a função de manter o Centro de Gravidade sobre uma base de suporte, gerando uma resposta a um determinado ambiente sensorial (SOUZA et al, 2006).

Dessa forma, as informações provenientes dos sistemas sensoriais são conduzidas ao Sistema Nervoso Central, onde as informações serão organizadas e processadas, gerando ajustes posturais e ações motoras adequadas, a fim de controlar a postura corporal (MORAES et al, 2014; SOUZA et al, 2006).

Moraes et al (2014) evidencia que os sistemas de referência auxiliam a adaptação de todos os mecanismos de controle postural às demandas nervosas, para manter o equilíbrio nas posturas exigidas durante o movimento do corpo. O autor também afirma que em condições unipodais há um aumento na complexidade da tarefa, no qual há uma diminuição na base de suporte, exigindo um controle postural maior do que na posição bipodal.

Castro (2013) afirma que, quanto maior for a dificuldade da tarefa, mais será exigido dos mecanismos de controle postural. Ele afirma que os sistemas sensoriais como a visão e a propriocepção (Somatossensorial) tem uma grande importância no desempenho deste controle motor, explicitando a relação entre a dificuldade da tarefa e a relevância das informações sensoriais.

Em condições de posição unipodal, o indivíduo utiliza todos os recursos sensoriais a fim de manter o equilíbrio. Ao assumir o apoio unipodal, apresentando-se como uma tarefa mais complexa por conta de uma acentuação na desestabilização,

será exigido uma maior confluência dos sistemas para ajustes em níveis de integração somatossensorial, o qual depende da ampliação do uso dos mecanismos aferentes sensoriais, como visão, vestibular e propriocepção (CASTRO, 2013).

Para Winter (2005), a posição unipodal envolve maiores alterações no Centro de massa ocasionada pela diminuição da base de apoio, para manter a posição de equilíbrio.

5.6. Propriocepção

Para atingir o controle corporal e equilíbrio é necessário uma interação entre os sistemas sensorial, o sistema nervoso e a ação motora (BARELA, 2000; TEIXEIRA, 2010; SOUZA et al, 2006). Um dos componentes dos sistemas sensoriais é a propriocepção, a qual capta informações sensoriais pelos receptores advindos dos fusos musculares, articulações, tendões e ligamentos, enviando a informações ao sistema nervoso (CALLEGARI, 2010).

Gobbi et al (2005) afirma que a propriocepção (Sistemas Somatossensorial) recebe e envia informações sobre a posição do corpo em relação ao ambiente, e também sobre a velocidade, amplitude e direção do movimento, e estas informações são captadas pelos fusos musculares, receptores articulares e mecanorreceptores cutâneos, e são enviadas ao sistema nervoso pelas vias aferentes, podendo influir no tônus muscular, controle corporal e equilíbrio (OLIVEIRA, 2012).

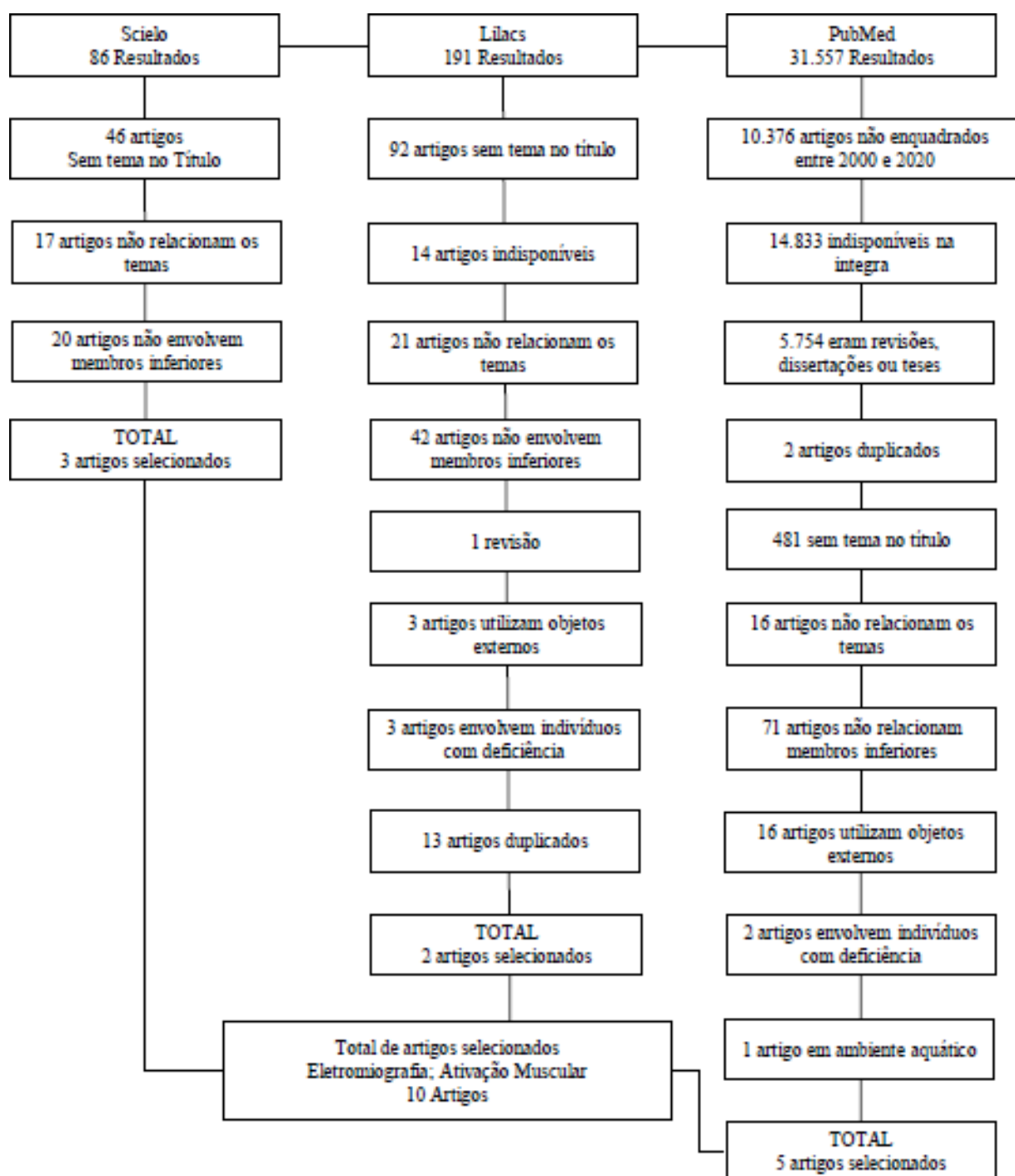
O treinamento proprioceptivo, o qual envolve tarefas no qual é provocado situações de desequilíbrio, auxiliam na melhora da ativação muscular no equilíbrio, aumentando sua eficiência com o aumento da dificuldade da tarefa (CALLEGARI, 2010) e na velocidade das respostas que o corpo dá para esses determinados desequilíbrios.

6. RESULTADOS

6.1. Eletromiografia e Ativação Muscular

Posterior às buscas nas bases de dados PubMed, Scielo e Lilacs, foram encontrados 31.834 estudos sobre Eletromiografia e Ativação Muscular, 10.376 artigos não se enquadram entre os anos 2000 e 2020, 14.840 artigos foram excluídos por não estarem na íntegra, 5.755 artigo excluído por ser revisão de literatura. Foram excluídos de início 626 artigos que não continham um dos temas em seu título. Pelos critérios de exclusão, foram excluídos 52 artigos que não relacionavam os temas em seu conteúdo, 133 artigos excluídos por tratar-se de estudos sobre os músculos da face, tronco e membros superiores, 19 artigos excluídos por uso de objetos externos, 5 artigos excluído por envolver estudos com indivíduos portadores de deficiência intelectual e 18 artigos duplicados. O total de combinações selecionadas sobre Eletromiografia e Ativação Muscular foi de 10 artigos, como mostrado na figura 1.

Figura 1: Organograma com resultado das pesquisas nas bases de dados Scielo, Lilacs e PubMed com as palavras chaves Eletromiografia; Ativação Muscular



Em seu estudo, Callegari et al (2010) teve como objetivo, avaliar a ativação muscular, pela eletromiografia, dos músculos gastrocnêmio e tibial anterior em diferentes exercícios proprioceptivos de tornozelo em apoio unipodal. Para o estudo, foram avaliados 54 voluntários, do sexo masculino, entre 20 a 35 anos, destros e

sedentários. O critério de exclusão envolve o histórico de qualquer disfunção musculoesquelética. No protocolo, foi analisado a contração isométrica voluntária máxima dos músculos citado, após a avaliação, foram realizados exercícios de propriocepção de tornozelo no balancinho, na cama elástica e na prancha de equilíbrio, repetindo 3 vezes cada exercícios com duração de 15 segundo e intervalo de 15 segundos entre as séries. Os sinais adquiridos pela eletromiografia durante a atividade referem-se à porcentagem da atividade máxima. Como resultado, foi obtido que, a atividade dos músculos gastrocnêmio e tibial anterior foram significativamente maior nos testes realizados no balancinho comparado aos demais testes, nos testes realizado em solo, ambos os músculos apresentaram uma atividade menor e a diferença foi mais significativa para o gastrocnêmio quando comparado ao tibial anterior. Apenas o gastrocnêmio apresentou diferença quando comparados os testes na prancha de equilíbrio e na cama elástica. A conclusão indica que, foi observado maior recrutamento dos músculos tibial anterior e gastrocnêmio em apoio unipodal, e um maior grau de dificuldade para a manutenção do equilíbrio nos testes que envolviam superfície instável.

O estudo de Felício et al (2011) teve como objetivo comparar a ativação mioelétrica dos músculos estabilizadores da patela e da pelve nas posições de agachamento convencional e relacionado a contração isométrica em adução e abdução da coxa em indivíduos sem queixa de dor anterior no joelho. Foram avaliadas 15 mulheres, sedentárias e sem queixas de dor anterior no joelho. As informações foram captadas por eletrodos de superfície posicionados sobre os músculos vasto medial oblíquo, vasto lateral oblíquo, vasto lateral longo e glúteo médio. Os sinais eletromiográficos referentes ao vasto medial oblíquo, vasto lateral oblíquo e vasto lateral longo foram coletados em 3 diferentes condições de contração isométricas voluntárias máximas. As atividades foram realizadas durante 6 segundos de 3 contrações de cada agachamento, com os valores referenciais de normalização dos dados eletromiográficos, obtidos nas tarefas de agachamento. Os exercícios de agachamento tiveram todos um aumento de 25% do peso corporal do indivíduo. As participantes se posicionaram para fazer o teste e realizaram o movimento de adução e abdução e, os movimentos pélvicos foram observados durante a movimentação nos testes. Os resultados apontam que, não houve diferenças estatísticas nos valores de ativação considerando membros dominantes e não dominantes, e que os movimentos de adução e abdução favoreceram a ativação do músculo glúteo médio. Foi observado

que o músculo vasto medial oblíquo se mostrou mais ativo durante o agachamento em relação aos estabilizadores da patela quando associado ao movimento de adução da coxa, comparado aos testes de agachamento. Portanto, o estudo comprovou que os exercícios de agachamento, associados a adução da coxa, promoveram maior ativação muscular do vasto medial oblíquo e produziu um aumento na ativação do músculo glúteo médio.

O objetivo do estudo de Grossi et al (2005) foi comparar a atividade elétrica dos músculos vasto medial oblíquo, vasto lateral longo e vasto lateral oblíquo em indivíduos saudáveis e indivíduos com síndrome de dor femoropatelar (SDFP) durante os exercícios isométricos de agachamento Wall Side 45° (WS 45e) e 60° (WS 60°) de flexão de joelho. Foram avaliados 30 voluntários do sexo feminino, sedentárias, no qual foram divididas em grupo controle com o número de 15 indivíduos e grupo portador de SDFP, com 15 indivíduos. As voluntárias não apresentavam histórico de cirurgias, traumas ou lesões do sistemas osteomioarticular. Os sinais eletromiográficos foram obtidos por eletrodos ativos simples e os eletrodos foram posicionados referente ao posicionamento dos músculos a serem estudados. Como procedimento, foram realizados exercícios de agachamento WS com o dorso encostado em uma parede, com os joelhos posicionados com 45° e 60° de flexão, a ordem de execução foi escolhida de maneira aleatória, cada exercícios foi repetido 3 vezes com intervalo de 2 minutos entre cada execução e, de 4 minutos para executar um novo posicionamento, cada repetição durou aproximadamente 7 segundos. Os resultados obtidos foram, para o grupo controle, de maior ativação no músculo vasto lateral longo durante o WS 45° quando comparado aos músculos vasto medial oblíquo e vasto lateral oblíquo, nos agachamento WS 60° não houve diferenças significativas. Para o grupo portador de SDFP não houve diferenças significativas nos agachamentos WS 45° e 60° entre os músculos. O agachamento WS 60° apresentou maior atividade elétrica em todos os músculos quando comparados ao WS 45°. Os dados obtidos indicam que o agachamento WS 60° pode ser mais eficiente para o grupo controle em questões de fortalecimento muscular e que para o grupo portador de SDFP, ambos os agachamentos podem ser indicados para o programa de reabilitação.

Já no estudo de Birck et al (2016), teve como objetivo comparar o nível de ativação do músculo Vasto Medial (VM) em quatro diferentes exercícios utilizados na prevenção e reabilitação de portadores de Síndrome da Dor Femoropatelar (SDFP).

Foram avaliados 14 indivíduos, de ambos os segmentos, sedentários, sem histórico de lesões ou cirurgias no joelhos, com idade entre 20 a 40 anos. Os voluntários realizaram uma Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM) durante cinco segundos em quatro exercícios, a extensão de joelhos a 30° e a 60°, agachamento a 60° associados ou não a adução do quadril. Cada exercício foi mantido por cinco segundos, recebendo estímulos verbais para a manutenção da contração, com intervalo de três minutos entre as repetições. O nível de ativação do VM foi coletada e analisada através da eletromiografia durante a CIVM de cada exercício, o registro foi através de pares de eletrodos de superfície. O resultado obtido demonstra que não houve diferenças significativas na ativação do VM entre os exercícios de extensão de joelho em 30° e 60°, assim como não houve diferenças significativas na ativação nos exercícios de agachamento 60° e agachamento com adução de quadril a 60°. Houve uma diferença significativa na ativação entre os exercícios de extensão do joelho em ambos os graus quando comparado aos exercícios de agachamento. Desse modo, o estudo conclui que os exercícios de extensão de joelhos a 30° e 60° são melhores para potencializar a ativação do músculo vasto lateral, importantes na prevenção e reabilitação de indivíduos portadores de SDFP.

O objetivo do estudo de Bini (2011) teve como objetivos comparar a ativação dos músculos tibial anterior, gastrocnêmio medial, bíceps femoral, vastos laterais, adutor longo e glúteo máximo em diferentes posições do joelho durante a pedalada. O estudo abrangeu 6 voluntários com experiência competitiva no ciclismo, com média de idade de 28 anos, média de treino de 6 anos e média de volume semanal de 168 quilômetros. Os indivíduos foram avaliados em suas próprias bicicletas e foram avaliados 3 posições diferentes de joelho, a posição de referência, que seria a posição preferida do indivíduo, a posição de adução, com os joelhos tangenciando o quadro da bicicleta e com os joelhos em abdução, se afastando do quadro da bicicleta. Foi mensurado o consumo de oxigênio (VO_2), a produção de dióxido de carbono (VCO_2) e a taxa de troca respiratória por meio do sistema de espirometria de circuito aberto, coletando a troca gasosa a cada respiração. Os indivíduos pedalaram por 3 minutos com o VO_2 e o RER estabelecidos, os dados foram coletados nos últimos 30 segundos. A atividade elétrica dos músculos foi obtida através da eletromiografia de superfície, posicionando eletrodos de referência na superfície da tíbia. Foram encontrados como resultado, que não houve diferenças significativas na cadência da pedalada nas diferentes posições de joelho, houve uma

redução significativa na média dos 10 ciclos de pedalada na posição de adução para o músculo adutor longo e não houve diferenças significativas na ativação muscular entre as posições de joelhos avaliadas. Portanto, o autor conclui que não houve alterações na magnitude e ativação muscular dos músculos avaliados, na posição de adução, houve apenas uma diminuição na ativação do músculos adutor longo na posição de abdução quando comparada às outras posições de joelho.

Goulart et al (2014) desenvolveu um estudo com objetivo de comparar a ativação muscular e a produção de torque na articulação do tornozelo em atletas de Ginástica Artística e meninas não atletas. Participaram do estudo 10 atletas de ginástica artística de alto rendimento com pelo menos cinco anos de experiência com no mínimo 6 horas de treinamento em 6 dias semanais. O grupo não-atleta teve aulas de educação física com duração de 50 minutos, duas vezes por semana durante as atividades escolares regulares. As meninas foram excluídas se possuísem lesões na articulação do tornozelo ou tiveram alguma lesão prévia nos seis meses anteriores ao estudo. Foi coletado informações referentes ao torque isométrico máximo dos músculos em flexão plantar (TFP) e flexão dorsal (TFD) em contrações isométricas voluntárias máximas em cinco ângulos (20° , 10° , 0° , -10° e -20°), as voluntárias foram instruídas a realizar a contração máxima por aproximadamente 5 segundos com intervalo de dois minutos entre as execuções, com intuito de evitar a fadiga. Simultaneamente, foram coletados os sinais eletromiográficos dos músculos Gastrocnêmio medial, Sóleo e Tibial anterior. Os sujeitos foram colocados em uma posição sentada na cadeira dinamômetro, com os joelhos estendidos. O pé dominante foi fixado em uma placa por alças de velcro. Foi calculado a eficiência neuromuscular pela razão Torque/Eletromiografia. Os resultados encontrados mostram que o grupo com meninas da Ginástica Artística (GA) apresentaram maior torque na flexão plantar em todos os ângulos estudados quando comparados ao grupo não-atletas, já o grupo não-atletas apresentaram relativamente um maior torque em flexão dorsal comparadas ao grupo de GA. O estudo conclui que o grupo GA tem menor TFP, menor TFD e ativação semelhante do Gastrocnêmio medial, Sóleo e Tibial anterior comparados com o Grupo não-atletas. Além disso, a GA apresentou maior flexor plantar, mas dorsiflexor inferior em comparação com grupo não-atleta.

Borin et al (2018) comparou em seu estudos os diferentes níveis de ativação muscular dos principais músculos envolvidos na marcha, com suporte de peso corporal em esteira e andadores em piso fixo, em pacientes com lesões

medulares incompletas. Foram avaliados 11 indivíduos portadores de lesão medular incompleta, usando o critério de inclusão da lesão ter ocorrido a mais de seis meses, os pacientes também foram avaliados de acordo com o neurônio motor envolvido. Foram captados sinais eletromiográficos dos músculos Reto Femoral (RF), Vasto Medial (VM), Vasto Lateral (VL) e Glúteo Médio (GM). Foram avaliados exercícios em duas modalidades diferentes, primeiro os indivíduos realizavam a marcha na esteira em duas velocidades diferentes, a 1 e 4 km/h e em seguida, realizavam o teste de marcha com um andador em um piso fixo, tendo duração de 15 segundos com intervalo de 30 minutos entre as repetições, com a finalidade de evitar a fadiga. O resultado apresentou que houve maior ativação muscular nos exercícios realizados na esteira, não apresentou diferença na ativação quando comparadas as diferentes velocidades de execução. Houve uma diferença significativa na ativação de todos os músculos estudados na modalidade da esteira em qualquer velocidade comparado a modalidade de andador em piso fixo. Portanto, o treinamento de marcha com suporte apresentou maior ativação nos músculos reto femoral, vasto medial, vasto lateral e glúteo médio em comparação ao treinamento em solo nos indivíduos com lesão medular incompleta, porém, os treinamento feito em solo propiciam um melhor desempenhos no treinamento locomotor para esses indivíduos.

O estudo de Zhang et al (2017) propõe a eficiência da abordagem de Decomposição de Valor Singular (DVS) baseado em *Wavelet transform* (WT) para a classificação da ativação muscular dos membros inferiores baseado em Eletromiografia (EMG), utilizando um sinal de EMG de canal único do músculo Vasto Medial (VM). Foram avaliados 14 indivíduos saudáveis e não treinados, durante três exercícios associados à articulação do joelho, a extensão de joelho a partir da posição sentada, flexão de joelho a partir da posição em pé e marcha andando. Eles realizaram duas sessões, com intervalo de 15 minutos entre elas, realizadas 5 repetições de cada exercícios com intervalo de 15 segundos entre eles. Foi utilizado EMG posicionado no VM para captar a atividade elétrica e um goniômetro na articulação do joelho. As características de domínio de tempo e frequência, abordagem DVS baseada em WT foram testadas separadamente. Os resultados demonstram que essa abordagem de decomposição de valor singular baseada em WT proposta tem a precisão e classificação de $91,85\% \pm 0,88\%$, superando outros modelos usados, provando sua eficiência.

Madhavan (2006) comparou os padrões de ativação muscular durante o agachamento unipodal realizado antes e depois do treinamento controlado. Foram avaliados 15 indivíduos saudáveis, sem histórico de lesão anterior no quadril ou joelho e sem cirurgias. Foi mensurado três Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM) por 3 segundos. Foi realizado uma sessão de aquecimento guiado em uma bicicleta ergométrica durante 5 minutos antes do experimento começar, os participantes foram orientados a realizar a principal tarefa de agachamento unipodal do membro inferior dominante seguindo um alvo sinusoidal, realizando 6 tentativas de 10 repetições, e ao final eles tiveram que responder a percepção de esforço da tarefa na escala de Borg. A ativação muscular dos músculos Reto Femoral (RF), Vasto Medial Oblíquo (VMO), Vasto Lateral (VL), Bíceps Femoral (BF) e Semitendinoso (ST) foi mensurada por eletromiografia de superfície. Os resultados do estudos apresentaram que houve mais erros quando o alvo mudava de direção mais rapidamente durante a extensão e flexão do joelho, o RF mostrou aumento progressivo da atividade muscular em todas as repetições, contribuindo para a diminuição de erros durante o exercício, ST e VL não apresentaram mudanças significativas na atividade, porém, apresentaram uma diminuição na atividade com o aumento das repetições, VL não apresentou mudanças significativas mas aumentou a atividade com as repetições, VMO não apresentou mudanças significativas. O estudo concluiu que uma redução significativa no erro e mudança significativa da atividade do músculo BF e RF é um resultado de um melhor desempenho, afirmando que tanto o controle como fortalecimento são componentes importantes dos programas de treinamento neuromuscular.

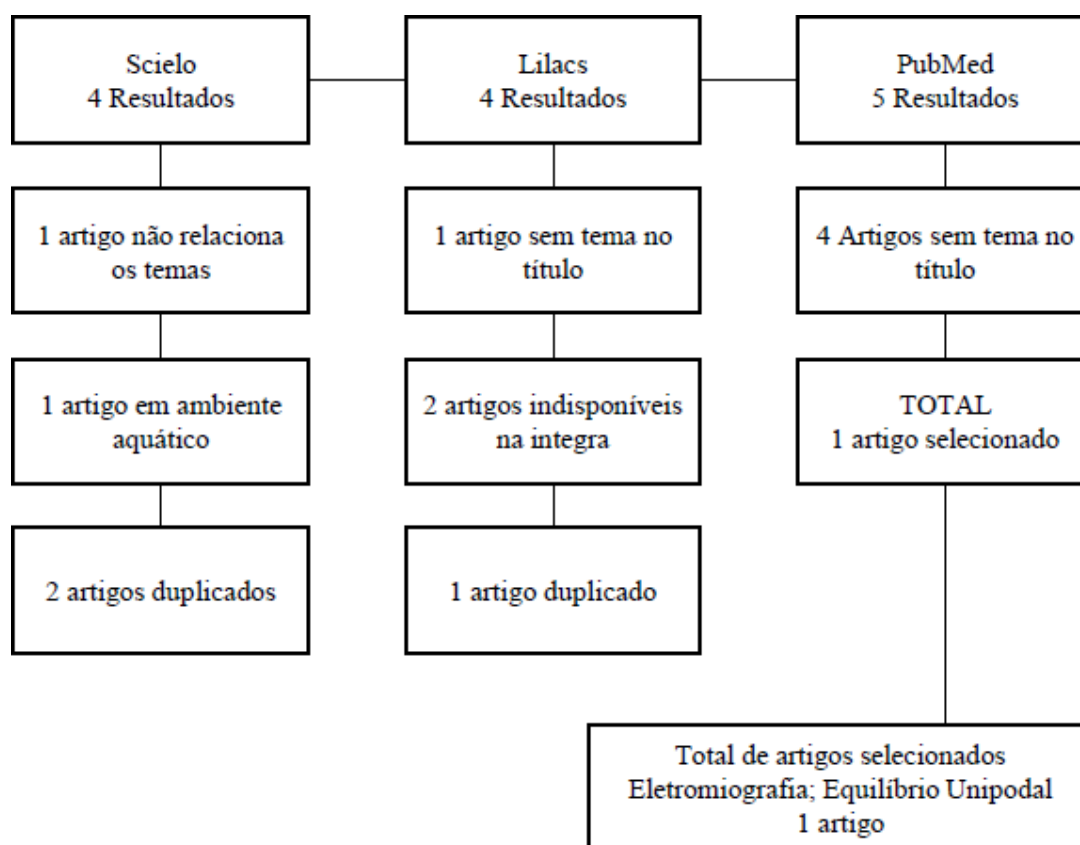
Zebis et al (2019) avaliou a progressão da ativação muscular dos isquiotibiais e quadríceps durante exercícios com peso corporal usados em programas de reabilitação de ligamento cruzado anterior. Participaram 20 indivíduos atletas, saudáveis, entre 18 a 35 anos, recrutados de associações esportivas locais em Copenhagen, Dinamarca. Os participantes foram testados por uma análise clínica de movimento, realizando também as avaliações de antropometria, em seguida foi posicionado os eletrodos de eletromiografia bipolares, foi realizado um aquecimento padronizado, em seguida, foi feito do teste de Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM), foram captados os sinais eletromiográficos do músculo Semitendinoso (ST), Bíceps Femoral (BF), Vasto medial (VM), Vasto Lateral (VL) e Isquiotibiais do membro inferior dominante, e após essa coleta, os participantes começaram com o protocolo de exercícios de reabilitação de forma randomizada, no

qual todos os exercícios envolviam peso corporal livre de máquinas. O protocolo de exercícios de reabilitação envolveu 5 fases durante 24 semanas, as fases tinham 5 objetivos gerais que envolviam alcance de movimento, função muscular, sintomas e função de andar para equilíbrio e coordenação, os participantes só avançavam nas fases caso todos os objetivos anteriores fossem cumpridos. Os resultados apresentados demonstram que houve uma progressão da atividade muscular do BF nos exercícios de agachamento na caixa, extensão de joelho em pé, agachamentos livres, extensão de joelho e salto para frente com bola, houve um alto nível de ativação muscular do BF ($>60\%$ nEMG), um alto nível de atividade muscular foi observada no exercício de elevação pélvica para BF e ST. O estudo concluiu que os exercícios de peso corporal não apresentaram progressão significativa para os isquiotibiais, porém, apresentou uma progressão na ativação muscular do quadríceps, destacando a necessidade de exercícios para reabilitação de ligamento cruzado anterior direcionados aos isquiotibiais.

6.2. Eletromiografia e Equilíbrio Unipodal

Após as buscas, foram encontrados 13 resultados nas bases de buscas Scielo, Lilacs e PubMed. Cinco artigos foram excluídos por não possuir um dos temas no título, 1 artigo excluído por não relacionar os temas em seu conteúdo, 2 artigos foram excluídos por não estar disponível na íntegra e 3 artigos foram excluídos por serem duplicados, um artigo foi excluído por ser realizado em ambiente aquático. Um artigo foi selecionado para o estudo de acordo com os critérios de inclusão e exclusão, como mostrado na figura 2.

Figura 2: Organograma com resultado das pesquisas nas bases de dados Scielo, Lilacs e PubMed com as palavras chaves Eletromiografia; Equilíbrio Unipodal.



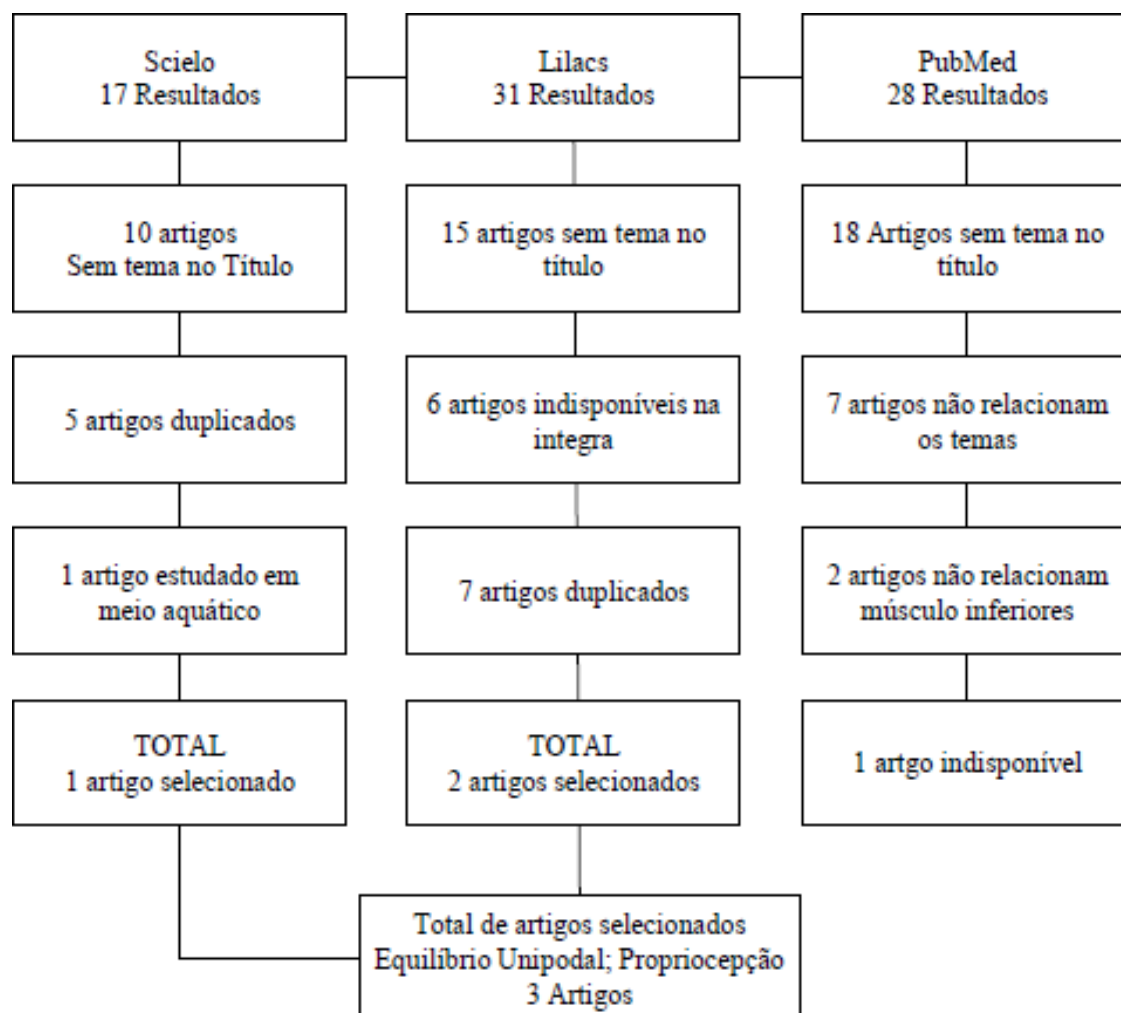
O estudo de Lima et al (2014) investigou os efeitos do alongamento estático dos flexores plantares unilaterais do tornozelo pela Eletromiografia de superfície e Centro de Pressão (COP) durante a tarefa de equilíbrio unipodal. Foram investigados 14 indivíduos saudáveis, sendo 7 homens e 7 mulheres, não atletas. Os voluntários foram instruídos a escolher a perna dominante, o protocolo envolveu um breve aquecimento, seguidos de uma avaliação da contração isométrica voluntária máxima (CIVM), foi feita a avaliação pré-alongamento em 3 tentativas de tarefa de equilíbrio para cada membro inferior, foi realizado o protocolo de alongamento estático dos flexores plantares do tornozelo do membro dominante, os sujeitos realizaram esse protocolo deitados com os olhos estendidos e foi feito o alongamento passivo em dorsiflexão durante 45 segundos com intervalo de 15 segundos, e permaneceram

sentados durante o tempo de descanso. Em seguida foi realizado a avaliação pós alongamento imediato durante 3 tentativas da tarefa de equilíbrio unipodal e a avaliação pós alongamento do membro inferior alongado. A tarefa de equilíbrio unipodal consistia em ficar em equilíbrio com um membro inferior sobre a plataforma de força e o outro elevado durante 30 segundos com um minuto de intervalo. O balanço postural foi avaliado pela área e a velocidade do COP na plataforma de força, e foi utilizado a eletromiografia para descrever a atividade muscular do músculo gastrocnêmio lateral do indivíduo durante a tarefa de equilíbrio. Os resultados encontrados demonstraram que houve aumento significativo na flexibilidade após o protocolo de alongamento estático, houve aumento da área do COP após o protocolo aplicado e o teste de equilíbrio mostrou aumento entre o pré alongamento e imediatamente pós alongamento do membro inferior alongado. Concluiu-se que o protocolo de alongamento aumentou a oscilação postural e a atividade muscular, porém os efeitos encontrados foram temporários, e que com o alongamento e o aumento da atividade muscular indicam maiores riscos de lesões.

6.3. Equilíbrio Unipodal e Propriocepção.

Posterior às buscas nas bases de dados Scielo, PubMed e Lilacs, foram encontrados um total de 76 artigos. Foram excluídos 43 artigos que não possuíam um dos temas em seu título, 7 artigos não relacionam os temas em seu conteúdo, 7 artigos não disponíveis na íntegra e 12 artigos duplicados, 2 artigos feitos em ambiente aquático e 2 artigos que relacionam os músculos do tronco. Foram selecionados ao final das buscas 3 artigos relacionando Equilíbrio Unipodal e Propriocepção, como mostrado na figura 3.

Figura 3: Organograma com resultado das pesquisas nas bases de dados Scielo, Lilacs e PubMed com as palavras chaves Equilíbrio Muscular; Propriocepção.



O estudo de Lamb et al (2014) teve como objetivo avaliar o efeito do treinamento proprioceptivo sobre o equilíbrio postural de atletas da Ginástica Rítmica (GR), utilizando a plataforma de força. Foram avaliadas sete indivíduos do sexo feminino, atletas de GR da seleção juvenil, com idade entre 13 a 16 anos, participantes da equipe de GR da UNOPAR, Londrina/PR. A intervenção foi dividida em duas sessões no primeiro mês e uma terceira no segundo mês. Os protocolos foram incluídos nos treinos para prevenir uma eventual fadiga. Os testes envolviam avaliar o equilíbrio postural em apoio bipodal e unipodal dos membros inferiores direito e esquerdo. Foram avaliados a área de deslocamento do Centro de Pressão (COP) dos pés e a

velocidade média de oscilação do COP em ambos os planos anteroposterior (A/P) e médio-lateral (M/L). O estudo foi dividido em três fases, a primeira fase consistia em realizar, em uma linha traçada no chão, caminhada frontal e de costas trabalhando as marchas em 3 repetições, em seguida trabalhar a marcha normal encostando o calcanhar e a ponta do pé e marcha cruzada sem pisar na linha. Os exercícios foram repetidos utilizando um colchonete e meio baguete no chão. Foi realizado um circuito para a marcha em colchão liso, depois pisando em obstáculos em espuma, colchonetes sobrepostos, espumas e bancos com obstáculos, linha de meio baguete e tornozeleiras com obstáculos de bancos e por fim, foi realizado o alongamento do tríceps sural em um plano inclinado. A segunda fase envolve circuito para trabalhar a marcha, começando com colchonetes lisos em sobreposição pisando em obstáculos e por fim realizar em uma linha de meio baguete e tornozeleiras com obstáculo de banco. Em apoio unipodal foi feito exercícios de transferir objetos pela lateral sobre uma fita crepe no chão, nos movimentos sobre colchonetes sobrepostos e baguetes, os objetos eram passados por cima da cabeça, durante trinta segundos de execução para cada membro. Foram realizados movimentos circulares com o membro contralateral em apoio unipodal durante 30 segundos, saltitos e saltos em apoio bipodal e movimento de coreografia em apoio unipodal durante 15 segundos repetidos três vezes. Na terceira fase, foi realizado um circuito em um plano inclinado quadrado pequeno e grande, na prancha proprioceptiva redonda, bozu, disco proprioceptivo inflável, balancin e cama elástica durante 15 segundos, repetindo duas vezes o circuito. Os resultados obtidos para a avaliação da área do COP demonstraram que houve uma regressão significativa no equilíbrio, nas três posições testadas em apoio unipodal, porém, houve uma melhora significativa no equilíbrio em posição unipodal na segunda fase de testes, o resultado também mostra que houve uma diferença significativa na avaliação da área e velocidade média do COP em ambos os planos. O estudo concluiu que o desempenho predomina em atividade em apoio unipodal para atletas de Ginástica Rítmica, provando que os protocolos de propriocepção precisam ser mais intensos e provocar mais desequilíbrio.

Já o estudo de Bonfim et al (2009) avaliou o efeito da adição de informações sensoriais na propriocepção e equilíbrio de indivíduos com lesão no ligamento cruzado anterior (LCA), no qual participaram 56 indivíduos, 28 com lesões no LCA e 28 indivíduos com o joelho saudável. A propriocepção foi avaliada por meio do limiar para detecção de movimento passivo da articulação do joelhos nas posições de 15 e 45

graus para as direções de extensão e flexão. O equilíbrio foi avaliado na posição unipodal sem uso da visão, sobre a plataforma de força e foi investigado por meio da amplitude e velocidade de oscilação do Centro de Pressão (COP). Os participantes foram instruídos a se posicionar deitados sobre a maca, apoiando o membro inferior a ser testado sobre a bancada do aparelho. Foram adicionadas informações sensoriais de duas maneiras, realizando três condições para os testes. O primeiro foi realizado em condições de informação normal, depois foi adicionado uma bandagem infrapatelar e em seguida, o teste adicionando uma faixa infrapatelar, os testes foram realizados três vezes para cada condição estabelecida. A avaliação do controle postural foi feita sobre uma plataforma de força e os indivíduos devem realizar a posição experimental de apoio monopodal nos membros inferiores direito e esquerdo, durante a tarefa o membro inferior contralateral devia manter-se elevado, o quadril e posição neutra, joelhos flexionados a 90° com os braços posicionados ao lado do corpo, foram incluídas informações sensoriais por meio da bandagem infrapatelar e a faixa infrapatelar. Os resultados obtidos indicam que os indivíduos que sofreram lesão de LCA tiveram prejuízos na propriocepção e no equilíbrio quando comparados a indivíduos com joelho saudável, porém, com a adição de informações sensoriais mostrou uma melhora significativa nas variáveis analisadas. Para os indivíduos saudáveis, o uso das informações sensoriais adicionais não apresentou benefícios.

Fusa et al (2015) buscou identificar as alterações estabilométricas antes e depois um programa de treinamento proprioceptivo. Foram avaliados 18 indivíduos, de ambos os sexos, divididos em grupo proprioceptivos com 10 voluntários e o grupo controle composto por 8 voluntários. Foi realizada uma avaliação estabilométrica para obtenção dos valores de oscilação corporal, antes das intervenções, em posição em pé, neutra, em apoio bipodal, olhos fechados e boca semi aberta, durante 30 segundos. Após a avaliação, o grupo proprioceptivo foi submetido a um programa de treinamento proprioceptivo composta de 10 intervenções, duas vezes semanais por cinco semanas, eles realizaram exercícios em apoio unipodal no balancim e no disco proprioceptivo, por cinco repetições de 1 minutos, com intervalo de 30 segundos. O grupo controle realizou as mesmas avaliações mas sem passar pelas intervenções, os grupos foram reavaliados na plataforma estabilométrica. Os resultados demonstram que houve uma redução significativa ($p,0,002$) na oscilação de massa para o grupo proprioceptivo, mostrando a eficácia do treinamento proprioceptivos na

melhora do equilíbrio e controle postural. Houve redução não significativa ($p < 0,059$) na oscilação de massa do grupo controle.

7. DISCUSSÃO

A hipótese inicial do estudo era de que a eletromiografia seria um método efetivo para avaliar a ativação muscular em equilíbrio unipodal, com o objetivo de buscar comprovação científica selecionando estudos na literatura atual que relacionam os temas. As buscas foram realizadas nos bancos de dados PubMed, Lilacs e Scielo e selecionadas para esse estudo a partir dos critérios de inclusão e exclusão.

Os resultados encontrados sobre eletromiografia e ativação muscular, em sua maior parte, envolveram utilizar a avaliação eletromiográfica para conseguir informações referentes à ativação muscular, avaliando seu momento de ativação, frequência e progressão. Os estudos encontrados relacionam a eletromiografia e outros métodos de avaliação para obter os resultados esperados.

Os estudos de Grossi et al (2005) e Brick et al (2016) utilizaram da avaliação eletromiográfica a fim de obter informações sobre a ativação muscular dos membros inferiores, para comprovar a eficácia de alguns exercícios para a prevenção e reabilitação de indivíduos com Síndrome de Dor Femoropatelar. Nos dois estudos, a ativação muscular foi avaliada utilizando eletrodos de superfície e coletado por meio da contração isométrica voluntária máxima e durante os protocolos avaliados, demonstrando resultados que comprovam que a eletromiografia é um método eficiente para avaliar os exercícios para programas de reabilitação. Zebs et al (2019) também desenvolveu um trabalho envolvendo a eletromiografia e ativação muscular para programas de reabilitação de ligamento cruzado anterior utilizando exercícios de peso corporal. A eletromiografia é comumente utilizada em trabalhos de fisioterapia e reabilitação de doenças musculoesqueléticas, buscando protocolos mais eficientes para a melhora dos pacientes.

Outro artigo encontrado contemplou o uso da eletromiografia em programa de reabilitação e treinamento locomotor, comparando diferentes níveis de ativação muscular durante a marcha com suporte de peso corporal em indivíduos com lesão medular incompleta, avaliando essa diferença durante a tarefa em esteira e andadores fixos, comprovando que houve uma diferença significativa na ativação dos músculos em todas as modalidade na esteira comparadas ao andador fixo (BORIN et al, 2018).

As buscas demonstraram a eficiência da eletromiografia nos estudos em padrões motores específicos, como na Ginástica Artística (GA) e na Pedalada. Goulart et al (2014) comparou a ativação muscular e produção de torque na articulação do

tornozelo em atletas de GA e meninas não atletas utilizando a eletromiografia para obter informações da atividade elétrica dos músculos Gastrocnêmico, Sóleo e Tibial Anterior. Já Bini (2011), utilizou da eletromiografia para comparar a ativação muscular do músculo Tibial anterior, gastrocnêmico medial, bíceps femoral, vasto lateral, adutor longo e glúteo máximo durante a pedalada com diferentes posições de joelho. Ambos os estudos avaliaram a ativação muscular dos músculos dos membros inferiores por eletrodos de superfície.

Outros estudos tiveram o objetivo de avaliar a ativação dos músculos em exercícios de agachamento bipodal e unipodal. Felício et al (2011) comparou a ativação muscular dos músculos estabilizadores de joelho em agachamentos convencionais em tarefas de abdução e adução da coxa, comprovando que o tipo de tarefa adução aumenta a ativação dos músculos vasto medial oblíquo e glúteo médio. Já Madhavan (2006) comparou os padrões de ativação muscular durante a tarefa de agachamento em apoio unipodal, a fim de confirmar a progressão desta ativação dos músculos antes e depois de um treinamento controlado. Os estudos utilizam da eletromiografia para obter informações sobre o comportamento da atividade muscular, sendo ela durante um determinado movimento específico, para identificar seu momento, velocidade e duração do sinal, ou, o comportamento dos sinais após um treinamento controlado a fim de melhorar o desempenho em uma determinada tarefa.

Noda (2014) afirma que a eletromiografia pode fornecer informações, a partir da captação dos sinais elétrico produzidos pela contração muscular, sobre o início da ativação muscular, a produção de força, fadiga e eficiência de protocolos de força, auxiliando em conhecimento de diferentes finalidade finalidades, como apresentam os resultados encontrados. Os estudos envolvendo ativação muscular e eletromiografia utilizaram da Contração Isométrica Voluntária Máxima para obter os referenciais da ativação dos músculos estudados, tendo esse resultado como “guia” da atividade elétrica.

Callegari et al (2010) obteve resultados sobre a ativação muscular do músculo gastrocnêmico e tibial anterior em diferentes tarefas proprioceptivas em equilíbrio unipodal, a partir da avaliação por eletromiografia. A partir das avaliações utilizando diferentes superfícies proprioceptivas, como o balancim, a prancha de equilíbrio e a cama elástica. A partir desta avaliação, o autor obteve informações sobre qual superfície provocava mais ativação dos músculos estudados, concluindo que a superfície mais instável mostrou aumento na complexidade da tarefa e

aumentos significativos na ativação dos músculos gastrocnêmico e tibial anterior. Já Lima et al (2014) utilizou da eletromiografia para avaliar o efeito do alongamento estático na ativação muscular em tarefas de equilíbrio unipodal.

Nos resultados encontrados sobre equilíbrio unipodal e propriocepção, avaliados em diferentes protocolos, comprovaram a importância deste método de treinamento para a melhor no equilíbrio e o controle corporal em tarefas de equilíbrio unipodal. Callegari (2010) obteve em seu estudo que houve uma diferença significativa na ativação muscular dos músculos avaliados após o treino proprioceptivo, encontrando a maior ativação em exercícios de superfície instáveis e que aumentam a dificuldade da tarefa, comprovando a importância e auxílio que estes exercícios proporcionam. Estes resultados podem auxiliar no trabalho de reabilitação, desenvolvimento de protocolos de treinamento eficientes e melhora na qualidade de vida.

Todos os estudos encontrados que utilizaram a eletromiografia, tiveram êxito no resultado sobre a ativação muscular, em seus diferentes objetivos, comprovando a eficiência deste método de avaliação. Logo, os resultados encontrados que relacionam os temas de ativação muscular, eletromiografia e equilíbrio unipodal também comprovaram a eficiência desta avaliação utilizada nesta determinada tarefa. Confirmando a hipótese inicial do estudo sobre a eficiência da Eletromiografia.

8. CONCLUSÃO

Os estudos encontrados na literatura atual confirmam a hipótese inicial deste trabalho, de que a eletromiografia é um método de avaliação eficiente para obter informações sobre a ativação muscular em diferentes objetivos, e também nas tarefas de equilíbrio unipodal, fornecendo referências para desenvolver estudos futuros sobre o comportamento muscular a partir dos dados obtidos por esta pesquisa.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO , A. C. *et al.* The influence of lower-limb dominance on postural balance. **São Paulo Medicina**, São Paulo, v. 129, ed. 6, p. 410-413, 2011.

BARELA, J. A. *et al.* Controle postural em crianças: oscilação corporal e frequência de oscilação. **Rev Paul Educ Fís**, v. 14, n. 1, p. 68-77, 2000.

BEVILAQUA-GROSSI, D. *et al.* Avaliação eletromiográfica dos músculos estabilizadores da patela durante exercício isométrico de agachamento em indivíduos com síndrome da dor femoropatelar. **Revista brasileira de medicina do esporte**, v. 11, n. 3, p. 159-163, 2005.

BINI, R. R.; CARPES, F. P.; DIEFENTHAELER, Fernando. Influência da pedalada com os joelhos tangenciando o quadro da bicicleta sobre a ativação dos músculos do membro inferior. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 25, n. 1, p. 27-37, 2011.

BIRCK, Andressa Dupont. Nível de ativação muscular do vasto medial em diferentes exercícios fisioterapêuticos. 2013.

BORIN, Jéssica Saccol *et al.* Advantage in muscle activation in gait with support of body weight in spinal cord injury. **Fisioterapia em Movimento**, v. 31, 2018.

BRUNIERA, Carlos Alberto Veiga; BRUNIERA, Lenita Brunetto. O mecanismo de contração muscular durante o movimento humano. **Journal of Health Sciences**, v. 2, n. 1, 2000.

CALLEGARI , B. *et al.* Atividade eletromiográfica durante exercícios de propriocepção de tornozelo em apoio unipodal. **Fisioterapia e pesquisa**, São Paulo, v. 17, ed. 4, p. 312-316. 2010.

CASTRO, Oséias Guimarães de. Deslocamento do centro de pressão nas posições bipodal e unipodal em crianças. 2013.

CERQUEIRA , L. S. Eletromiografia do bíceps braquial em contrações dinâmicas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Rio de Janeiro, v. 19, ed. 6, p. 457-461, 2013.

DE SOUZA, Gisela Soares; GONÇALVES, Diliam Faria; PASTRE, Carlos Marcelo. Propriocepção cervical e equilíbrio: uma revisão. **Fisioterapia em movimento**, v. 19, n. 4, 2017.

FELÍCIO, Lilian R. *et al.* Ativação muscular estabilizadora da patela e do quadril durante exercícios de agachamento em indivíduos saudáveis. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 15, n. 3, p. 206-211, 2011.

FERREIRA , A. T. Fisiologia da contração muscular. **Revista Neurociências**, São Paulo, v. 13, ed. 3, p. 60-62., 2005.

FERREIRA , L. A. B. *et al.* Análise da atividade eletromiográfica dos músculos do tornozelo em solo estável e instável. **Fisioter. Mov.**, Curitiba, v. 22, ed. 2, p. 177-187, 2009.

GOULART, Natália Batista Albuquerque *et al.* Gymnasts and non-athletes muscle activation and torque production at the ankle joint. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 16, n. 5, p. 555-562, 2014.

LIMA , B. N. *et al.* The acute effects of unilateral ankle plantar flexors static-stretching on postural sway and gastrocnemius muscle activity during single-leg balance tasks. **Journal of Sports Science and Medicine**, Sorocaba, SP, v. 13, p. 564-570, 2014.

MADHAVAN, Sangeetha; SHIELDS, Richard K. Weight-bearing exercise accuracy influences muscle activation strategies of the knee. **Journal of neurologic physical therapy: JNPT**, v. 31, n. 1, p. 12, 2007.

MANN, Luana *et al.* Influência dos sistemas sensoriais na manutenção do equilíbrio em gestantes. **Fisioterapia em Movimento**, v. 24, n. 2, p. 315-325, 2011.

MOLETA, P. Estudo da captação de sinais mioelétricos em instrumentação biomédica. Congresso Nacional de Iniciação Científica - CONIC-SEMESP, 7, 2007, São Paulo.

MORAES , A. G. *et al.* Comparação do equilíbrio postural unipodal entre criança e adultos. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 28, ed. 4, p. 571-577, 2014.

MORAES, Rodrigo Belagamba de. **Metodologia para detecção automática da ativação muscular em sinais eletromiográficos**. 2016. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

NODA, Dayna Karina Governa; MARCHETTI, Paulo Henrique; JUNIOR, Guanis de Barros Vilela. A Eletromiografia de superfície em estudos relativos à produção de força. **Revista CPAQV–Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida**, v. 6, n. 3, p. 2, 2014.

OCARINO , J. de M. *et al.* Eletromiografia: interpretação e aplicações nas ciências de reabilitação. **Fisioterapia Brasil**, Belo Horizonte, v. 6, ed. 4, p. 305-310, 2005.

OLIVEIRA , D. C. S. de *et al.* Análise eletromiográfica de músculos do membro inferior em exercícios proprioceptivos realizados com olhos abertos e fechados. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Uberlândia, v. 18, ed. 4, p. 261-266, 2012.

OLIVEIRA , V. da S. L. de *et al.* Eletromiografia e controle postural em atletas de handebol e praticantes de musculação. **Revista Saúde e Desenvolvimento Humano**, Canoas, v. 5, ed. 2, p. 47-52, 2017.

RESENDE , A. P. M. *et al.* Eletromiografia de superfície para avaliação dos músculos do assoalho pélvico feminino: Revisão de literatura. **Fisioterapia e pesquisa**, São Paulo, v. 18, ed. 3, p. 292-297. 2011.

RODRIGUES, E. H. P. Análise eletromiográfica durante exercícios de propriocepção de tornozelo em apoio unipodal. **ConScientiae Saúde**, São Paulo, v. 16, ed. 1, p. 73-81. 2017.

RODRIGUEZ-AÑEZ, Ciro Romelio. A eletromiografia na análise da postura. URL: http://winston.alhosting.com.br/emg_e_postura.htm (Último acesso em: 06/09/2004), 2000.

SANTOS, S. B. S. **Detecção de início de ativação muscular no eletromiograma com o operador teager-kaiser**. 2011. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro.

WINDMOLLER, C. G. O treinamento proprioceptivo e a prevenção de lesões no esporte. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, São Paulo, v. 7, ed. 38, p. 131-138, 2013.

Winter DA. Biomechanics and motor control of human movement. 3^a ed. Hoboken: John Wiley & Sons; 2005.

ZEBIS, Mette Kreutzfeldt et al. Electromyography Evaluation of Bodyweight Exercise Progression in a Validated Anterior Cruciate Ligament Injury Rehabilitation Program: A Cross-Sectional Study. **American journal of physical medicine & rehabilitation**, v. 98, n. 11, p. 998, 2019.

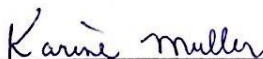
ZHANG, Yi et al. Extracting time-frequency feature of single-channel vastus medialis EMG signals for knee exercise pattern recognition. PloS one, v. 12, n. 7, p. e0180526, 2017.

ORIENTADOR

Prof. Dr. Eduardo Kokubun

CO-ORIENTADORA

Prof.^a Daniela Ambrósio de Almeida

DISCENTE

Karine Muller