



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU
MESTRADO EM EXERCÍCIO FÍSICO NA PROMOÇÃO DA SAÚDE**

ADELUCI MORAES

**RunTech – APLICATIVO PARA O APRIMORAMENTO
DE TÉCNICAS DE CORRIDA DE RUA.**

ADELUCI MORAES

**RunTech – APLICATIVO PARA O APRIMORAMENTO DE
TÉCNICAS DE CORRIDA DE RUA.**

Relatório Técnico apresentado à UNOPAR, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre Profissional em Exercício Físico na Promoção da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Juliano Casonatto

Londrina - Paraná

2021

ADELUCI MORAES

RunTech – APLICATIVO PARA O APRIMORAMENTO
DE TÉCNICAS DE CORRIDA DE RUA.

Relatório Técnico apresentado à UNOPAR, referente ao Curso de Mestrado Profissional em Exercício Físico na Promoção da Saúde, Área e Concentração Prescrição e orientação de exercício físico em idades jovens como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre Profissional conferido pela Banca Examinadora:

Prof. Dr. Juliano Casonatto
Universidade Norte do Paraná – UNOPAR
(Orientador)

Prof. Dr. Raphael Gonçalves de Oliveira
Universidade Norte do Paraná - UNOPAR
(Membro Interno)

Profa. Dra. Karla Fabiana Goessler
USP – Universidade De São Paulo
(Membro Externo)

Prof. Dr. Dartagnan Pinto Guedes
Universidade Norte do Paraná - UNOPAR
Coordenador do Curso

**AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE
TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU
ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE
QUE CITADA A FONTE.**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade Pitágoras Unopar
Biblioteca CCBS/CCECA PIZA Setor
de Tratamento da Informação**

M827r Moraes, Adeluci
RunTech – aplicativo para o aprimoramento de técnicas de
corrida de rua. / Adeluci Moraes. Londrina: [s.n.], 2021.
85 f.

Relatório técnico (Mestrado Profissional em Exercício
Físico na Promoção da Saúde).

Universidade Pitágoras Unopar.
Orientador: Prof. Dr. Juliano Casonatto.

1. Exercício físico - Relatório técnico - UNOPAR. 2.
Corrida de rua - Técnicas. 3. Treinamento. 4. Orientação
virtual. 5. Aplicativo. I. Casonatto, Juliano; orient. II.
Universidade Pitágoras Unopar. III. Título.

CDD 613.717

Andressa Fernanda Matos Bonfim - CRB 9/1643

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Antonio Assunção de Moraes e Ercília Siqueira dos Santos e meu marido Dante Gazoli Conselvan, que estiveram me apoiando durante todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por ter me dado a possibilidade de avançar no conhecimento.

A meu marido Dante pelo apoio, compreensão e principalmente paciência em todos os momentos dessa realização do Mestrado.

Aos meus pais Antonio e Ercília, que sempre me incentivaram, e estimularam a buscar o crescimento profissional, pelo amor e apoio incondicional e por todas as vezes que deixaram de realizar seus sonhos para que eu pudesse viver e realizar os meus.

Agradeço aos membros da Banca Examinadora, pelas considerações e contribuições para o aprimoramento do Relatório Técnico.

Ao meu orientador Prof. Dr. Juliano Casonatto, por acreditar no meu potencial e assim oferecer a oportunidade para que eu pudesse desenvolver a pesquisa dentro de minha área de atuação, pela dedicação durante todo o curso, compartilhando sua experiência sempre orientando o caminho a seguir, muito obrigado por tudo, por me conduzir ao resultado final, pela oportunidade ímpar de desenvolver este trabalho sob sua orientação.

Aos amigos e companheiros Prof. Dr. Cosme Buzzachera e Dra. Giovanna Interdonato que me incentivaram e orientaram para que eu pleiteasse a vaga no Mestrado e me indicaram o caminho para que eu pudesse ingressar.

A amiga Elisangela Vivan Pereira Miyazawa que contribuiu imensamente durante todo o processo, principalmente nas horas difíceis de dúvidas e principalmente por me acompanhar e assistir minha qualificação.

Ao coordenador do curso de Educação Física da Unopar Professor Dr. Dartagnan Pinto Guedes, pela oportunidade e compreensão.

A todos os professores do Curso de Mestrado Profissional do Exercício Físico na Promoção da Saúde.

“A morte do homem começa no instante em que ele desiste de aprender”.

(ALBINO TEIXEIRA)

MORAES Adeluci. **RunTech – Aplicativo para o aprimoramento de técnicas de corrida de rua**. 86 folhas. Relatório Técnico. Mestrado Profissional em Exercício Físico na Promoção da Saúde. Centro de Pesquisa em Ciências da Saúde. Universidade Norte do Paraná, Londrina. 2021.

RESUMO

O objetivo geral deste trabalho consistiu em desenvolver um aplicativo voltado à orientação virtual para a realização de corrida de rua. Parte-se do pressuposto de que os últimos anos evidenciaram um expressivo aumento do número de praticantes de corrida, por se tratar de uma atividade popular, de simples execução e que pode trazer inúmeros benefícios para a vida humana. Destacam-se, no rol das potenciais vantagens que a corrida pode trazer, a melhora da aptidão cardiorrespiratória, saúde óssea, redução da gordura corporal, melhora do perfil lipídico, aumento da massa muscular, redução da pressão arterial e do risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares. No entanto, entende-se que é imprescindível o acompanhamento de um profissional da área, para que a prática da corrida seja realizada em observância às técnicas adequadas de desenvolvimento, com vistas a potencializar os resultados e reduzir a possibilidade de ocorrência de lesões. Nesta perspectiva, a metodologia que norteou a realização deste estudo constou de revisão da literatura no que diz respeito aos princípios do treinamento físico e do aprendizado motor, bem como a investigação teórica sobre a aptidão física e a periodização como elementos pertinentes à discussão aqui pretendida. Foi dada ênfase ainda, na pesquisa bibliográfica que sustenta essa proposta, às especificidades da corrida e às eventuais lesões que podem ocorrer quando não seguidas as orientações adequadas à prática da atividade. Na sequência, descreve-se o aplicativo que visa colaborar para facilitação na demonstração de técnicas de movimento da corrida. Assim, propõe-se, em *software*, técnicas específicas para cada tipo de terreno: plano, descida, subida, terreno acidentado, trilhas, areias, utilizando tangente e leitura de terreno, além dos movimentos específicos. Os resultados esperados voltam-se para a possibilidade de preencher uma lacuna importante na área do exercício físico, tendo em vista a escassez de ferramentas tecnológicas voltadas a esse fim. Espera-se atingir um número considerável de praticantes de corrida de rua, a partir da compreensão de que a inserção de artefatos tecnológicos no cotidiano das pessoas mostra-se uma tendência nas mais diferentes áreas do conhecimento e, nesta dimensão, pode auxiliar no desenvolvimento de uma técnica motora específica.

Palavras-chave: Exercício Físico, Corrida de Rua, Treinamento, Orientação Virtual, Aplicativo.

MORAES, Adeluci. **RunTech - Application for improving running techniques. 86 sheets.** Technical Report. Professional Master's in Exercise in Health Promotion. Research Center on Health Sciences. Northern Parana University, Londrina. 2021.

ABSTRACT

The general objective of this work was to develop an application aimed at virtual orientation for running. It is assumed that the last few years have shown a significant increase in the number of runners, as it is a popular activity, simple to perform and that can bring numerous benefits to human life. Among the potential advantages that running can bring, there is an improvement in cardiorespiratory fitness, bone health, reduction of body fat, improvement of the lipid profile, increase in muscle mass, reduction of blood pressure and risk for the development of cardiovascular diseases. However, it is understood that the monitoring of a professional in the area is essential, so that the practice of running is carried out in compliance with the appropriate development techniques, in order to enhance the results and reduce the possibility of injury occurring. In this perspective, the methodology that guided the realization of this study consisted of a literature review with regard to the principles of physical training and motor learning, as well as theoretical research on physical fitness and periodization as elements relevant to the discussion intended here. Emphasis was also placed on the bibliographic research that supports this proposal, the specifics of the race and the possible injuries that can occur when the appropriate guidelines for the practice of the activity are not followed. Next, the application that aims to collaborate to facilitate the demonstration of movement techniques is described. Thus, we propose, in software, specific techniques for each type of terrain: flat, descent, uphill, rugged terrain, trails, sands, using tangent and terrain reading, in addition to specific movements. The expected results focus on the possibility of filling an important gap in the area of physical exercise, in view of the scarcity of technological tools aimed at this purpose. It is expected to reach a considerable number of running practitioners, based on the understanding that the insertion of technological artifacts in people's daily lives shows a trend in the most different areas of knowledge and, in this dimension, can assist in the development of a specific motor technique.

Key words: Physical Exercise, Street Running, Training, Virtual Guidance, Application.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA - CONTEXTUALIZAÇÃO	14
2.1. O FENÔMENO DA CORRIDA DE RUA.....	14
2.2. APRENDIZAGEM MOTORA EM ADULTOS.....	16
2.3. PRINCÍPIOS DO TREINAMENTO FÍSICO.....	17
2.4. APTIDÃO FÍSICA.....	20
2.5. PERIODIZAÇÃO.....	22
2.6. BIOMECÂNICA DA CORRIDA.....	25
2.7. CAPACIDADES FÍSICAS RELACIONADAS AO DESEMPENHO DA CORRIDA.....	29
2.8. RISCO DE LESÕES ASSOCIADAS À CORRIDA DE RUA.....	32
3. DESENVOLVIMENTO/MÉTODOS	44
3.1. APLICATIVO.....	44
4. RESULTADOS.....	48
5. CONCLUSÃO.....	49
6. REFERÊNCIAS.....	50
APÊNDICE A – Artigo Científico.....	57
APÊNDICE B – Trabalho Apresentado em Evento Científico.....	84
ANEXO A – Certificado de Apresentação de Trabalho em Evento Científico....	86

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas houve um grande aumento no número de praticantes de corrida, com o conseqüente aumento do número relativo de profissionais que trabalham no ramo, em diversos setores, como escolas, clubes, academias, centros específicos de corrida ou de atletismo, bem como orientações remotas, principalmente com a utilização da internet.

Parte da explicação para esse crescimento pode estar atrelada ao fato de que a corrida é considerada um dos esportes mais democráticos e populares que existem, em função da relativa simplicidade para sua execução.

Diversos podem ser os benefícios à saúde oriundos dessa atividade, como melhoria da aptidão cardiorrespiratória, saúde óssea, redução da gordura corporal, melhora do perfil lipídico, aumento da massa muscular, redução da pressão arterial e do risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares.

A corrida é um esporte que pode ser praticado por qualquer indivíduo, independentemente da idade, desde que esteja livre de limitações musculoesqueléticas específicas.

Nesse sentido, para maior efetividade da prática, é importante que ela seja realizada considerando as técnicas de desenvolvimento da corrida, uma vez que um grande avanço em termos de efetividade, bem como menor chance de ocorrência de lesões, são percebidas quando o treinamento de corrida é realizado considerando as técnicas da modalidade.

O desenvolvimento das técnicas deve estar alinhado principalmente com a condição física e com os objetivos de cada praticante. Assim, é indispensável que a programação de treinamento seja personalizada para cada indivíduo, o que demanda orientações constantes, uma vez que a velocidade de progressão do praticante é fator determinante no plano estratégico de treinamento.

Por outro lado, treinamentos personalizados, especialmente naquelas atividades que demandam evolução motora, requerem a alienação de um grande tempo do profissional da área. Esse fato inviabiliza a prática orientada para um grande

contingente de praticantes, que acabam recorrendo a informações generalizadas publicadas especialmente na internet.

Dessa forma, a proposição de um aplicativo voltado à orientação virtual pode contribuir sobremaneira para que uma parcela significativa de praticantes atinja seus objetivos pessoais de forma mais eficaz possível no que tange à corrida de rua.

1.1. OBJETIVO

O Aplicativo que se propõe tem como principal objetivo colaborar para facilitação na demonstração de técnicas de movimento da corrida. São técnicas específicas para cada tipo de terreno: plano, descida, subida, terreno acidentado, trilhas, areias, utilizando tangente e leitura de terreno, além dos movimentos específicos.

Este método apresenta uma sistematização adequada aos programas de treino de corrida, auxiliando na evolução da técnica, por meio de demonstração para correções dos movimentos da corrida, nas diferentes variáveis desse esporte, como amplitude das passadas, forma de pisada, estratégia postural para diferentes inclinações de terreno, bem como outras variáveis relativas a essa prática.

Nesse sentido, a presente produção técnica visa preencher uma lacuna importante na área do exercício físico, uma vez que são raras as ferramentas tecnológicas voltadas a esse fim.

Atualmente, as ferramentas tecnológicas são fundamentais no processo ensino-aprendizagem, constituindo-se na formação de uma via adicional para o aprendizado. Também é possível o atendimento a um número muito maior de aprendizes, o que favorece a disseminação da informação que pode auxiliar o desenvolvimento de uma técnica motora específica.

2. REVISÃO DE LITERATURA- CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1. O FENÔMENO DA CORRIDA DE RUA

Há milênios praticada, a corrida hoje possui milhões de praticantes em praticamente todo o mundo. Pode-se considerar que a corrida de rua, em muitos países, é um fenômeno sociocultural (DALLARI, 2009). De acordo com Dallari (2009), as primeiras corridas de rua foram realizadas no início do século XVII, consolidando-se principalmente na Inglaterra, sendo praticadas essencialmente por trabalhadores.

Considerando as teorias apresentadas pelo médico americano Kenneth Cooper, que classificava a prática da corrida como uma forma de lazer com reflexos positivos na saúde, uma adesão importante de praticantes foi identificada globalmente (SALGADO; CHACON- MIKHAIL, 2006).

A primeira corrida competitiva com classificação e tomada de tempo ocorreu em 1837 com percurso de 84 km. O marco da história das corridas é a Maratona Olímpica, realizada pela primeira vez em 10 de abril de 1896, na cidade de Atenas. A prova teve uma distância de 42.195 metros, sendo uma homenagem a Pheidippides, mensageiro que teria percorrido a distância aproximada entre as cidades de Maratona a Atenas, sendo o suposto responsável por informar a vitória pelos gregos na guerra. Vale ressaltar que o mesmo acabou morrendo de exaustão após completar sua missão, sendo essa uma das várias versões da lenda do surgimento desta prova (DALLARI, 2009).

Segundo a Confederação Brasileira de Atletismo (CBAT, 2013), no Brasil, as corridas de rua tiveram início no século XX, e a São Silvestre, corrida de rua mais tradicional do país, foi realizada pela primeira vez no dia 31 de dezembro de 1925, na cidade de São Paulo. Naquela edição inaugural, concluíram a prova 60 atletas. Como parâmetro de comparação, em 2013 a prova teve 22.000 concluintes.

Atualmente, a corrida de rua tem sido considerada a manifestação cultural que mais tem apresentado transformações e evoluções, sejam de ordem técnica ou referentes à forma de exposição absorvida pela sociedade, ou seja, pela prática do exercício para melhora da saúde, socialização ou estética (MARCHI JÚNIOR, 2001).

É possível verificar, em várias obras, de diversos autores nacionais (AUGUSTI; AGUIAR, 2011; DALLARI, 2009; GONÇALVES, 2011; OLIVEIRA, 2010; SALGADO; CHACON-MIKHAIL, 2006), o período que marca o início das mudanças em relação à prática da corrida, com forte aumento no número de praticantes, especialmente na década de 1970. Esse crescimento da modalidade se deve a algumas peculiaridades do próprio esporte, como o fácil acesso devido especialmente ao baixo custo, tanto para os praticantes como para os organizadores das competições e eventos (GONÇALVES, 2011).

No contexto contemporâneo, a corrida de rua é considerada um fenômeno sociocultural, tornando-se o segundo esporte mais popular do país, por se tratar de uma modalidade democrática e não restringir a participação popular, posto que acontece na maioria das vezes em espaços públicos, como ruas, parques e estradas. Nesta perspectiva, quaisquer pessoas fisicamente aptas podem praticá-la. Ademais, esta modalidade possibilita que seus praticantes tentem superar seus próprios limites, seja baixando seu tempo ou aumentando a distância, o que exige disciplina e regularidade (SALICIO et al., 2017).

Mais recentemente, além dos eventos relacionados às corridas tradicionais, surgiram também as corridas fashion, que contribuíram fortemente para o surgimento de grupos de corrida, os quais agregam novos perfis de corredores, não profissionais, focados na evolução do desempenho pessoal na modalidade, saúde, bem como no estabelecimento de novas inter-relações sociais (OLIVEIRA, 2010).

Como a quantidade de praticantes não profissionais tem crescido exponencialmente, as corridas tradicionais apresentam cada vez mais inscritos, sendo que, relativamente, o número de atletas profissionais nessas provas tem diminuído. Algumas provas tradicionais apresentam percentual de atletas profissionais inferior a 1%. (SALGADO; CHACON-MIKHAIL, 2006).

Esses grupos de atletas não profissionais são formados basicamente por agrupamento de praticantes, conhecidos popularmente como grupos de corrida, que surgem da relação de amigos que se unem para participar de corridas, compartilhando o tempo de treinamento, bem como a participação nas provas. Observa-se nesses grupos, ainda, a atuação de profissionais de Educação Física, bem como ex-atletas,

os quais oferecem serviços de assessoria (OLIVEIRA, 2010). Alguns desses grupos podem possuir uma grande estrutura, incluindo vários profissionais, além daqueles ligados diretamente ao treinamento, como massagistas, nutricionistas, bem como infraestrutura de apoio e suporte nos locais de prática/competição (CARTAXO, 2012). Nesse sentido, a corrida de rua tornou-se bastante influenciada pelas lógicas do mercado, tornando-se assim uma mercadoria a ser ofertada.

2.2. APRENDIZAGEM MOTORA EM ADULTOS

Para entender a aprendizagem motora, é necessário rever noções básicas do movimento, entre as quais estão incluídas habilidades como as de locomoção, (andar, correr, saltar, saltitar), manipulação (pegar, soltar, empurrar) e as de equilíbrio (estático ou dinâmico). Para desenvolvê-las é também necessário o desenvolvimento de capacidades físicas tais como força, velocidade (instantânea, aceleração e desaceleração ou constante) e flexibilidade (GALLAHUE; OZMUN, 2003).

O desenvolvimento das habilidades básicas permite ao indivíduo realizar habilidades especializadas, ações motoras que combinem movimentos refinados sem erros (SCHIMIDT; WRISBERG, 2005). A atividade motora também pode estar ligada a outros aspectos do desenvolvimento, como os cognitivos e psicossociais, os quais podem levar os indivíduos a terem mais autonomia, a pensar por si próprios e serem mais criativos, entre outros aspectos (MOSTTON, 1978 apud GOZZI, RUETE, 2006).

A aprendizagem motora, essencial para a vida do ser humano, pode ocorrer em diferentes ambientes, sob condições diversas e em tempos também distintos, mas ocorre sempre a partir da prática. Embora seja concebida como simples repetição de movimentos, sua definição vai além e representa um amplo processo de exploração das várias possibilidades de um problema motor, envolvendo organização, execução, avaliação e modificação de ações motoras (TANI, 1999).

Assim, ao considerar a aprendizagem motora como um processo contínuo, Tani (1982) postula que a estabilidade adquirida é desconstruída e posteriormente retomada em um nível superior de complexidade. Deve-se ponderar ainda que o ser

humano é um sistema aberto e busca estados complexos de organização por meio de adaptação (BERTALANFFY, 1977).

É possível afirmar, em consonância com o pensamento de Koestler (1969), que habilidades motoras caracterizadas por padrões de movimentos flexíveis podem ser vistas como aquelas que possuem um aspecto invariável, governado por regras fixas e diferentes demandas ambientais que desafiam o padrão da ação motora e um aspecto variável, composto por estruturas flexíveis que permitem o ajuste dos movimentos às diferentes demandas ambientais. Ademais, Connolly (1977) destaca, como uma das características proeminentes das habilidades motoras, o fato de que apresentam, simultaneamente, os atributos de consistência e flexibilidade.

Para propiciar o desenvolvimento das habilidades motoras, importa proceder a uma observação atenta em relação ao ambiente, local para prática, equipamentos, condições de segurança junto a uma prévia observação das habilidades e do nível de desenvolvimento do aluno (MAGILL, 2005; SCHIMIDT; WRISBERG, 2005). Também é importante observar os princípios do treinamento físico, sobre os quais se discorre na seção a seguir.

2.3. PRINCÍPIOS DO TREINAMENTO FÍSICO

O treinamento físico é um processo organizado, baseado em evidências científicas, realizado para provocar modificações funcionais e morfológicas voltadas a melhorar uma ou várias capacidades físicas, com vistas a um melhor desempenho em alguma atividade fim. Assim, o termo treinamento indica instrução organizada com o objetivo de aumentar o rendimento físico, ou seja, preparar o praticante para níveis mais elevados de rendimento (CASPERSEN, 1985).

O regramento das atividades relacionadas à melhoria no desempenho físico se sustenta nos princípios básicos do treinamento físico, sendo eles: individualidade biológica; sobrecarga crescente; especificidade; continuidade e reversibilidade.

O princípio da individualidade biológica refere-se à junção do genótipo do sujeito ao seu fenótipo, herdado dos pais, mas o que é vivenciado pelo sujeito ao longo de sua vida o faz único, mesmo no caso de gêmeos univitelinos. O genótipo

determina alguns fatores como o biotipo, altura máxima, tipagem de fibras musculares, dentre outros. Já o fenótipo é tudo o que se acresce ao sujeito desde seu nascimento, como as habilidades esportivas, força máxima, $V_{O_2máx}$, limiar anaeróbico, dentre outros. A individualidade biológica influencia no processo de treinamento, o qual deve ser o mais individualizado possível, baseado em avaliações individuais para que o sujeito possa atingir seus potenciais máximos. Caso o treinamento seja realizado em equipe, é recomendada a formação de um grupo mais homogêneo possível para a obtenção de desempenho similar (AZEVEDO et al., 2007).

O princípio da sobrecarga crescente propaga a ideia de que uma sobrecarga adequadamente aplicada pode resultar em adaptações orgânicas positivas, as quais possibilitam elevar a potencialidade e a capacidade do organismo a um novo patamar, superior ao anterior. Para que esta homeostase seja rompida novamente e novas adaptações sejam alcançadas a fim de aumentar a capacidade funcional e melhorar no desempenho atlético, deverá ser aplicada uma sobrecarga maior, tanto ao volume quanto na intensidade do treinamento (AZEVEDO et al., 2007).

No que diz respeito ao princípio da interdependência entre volume e intensidade, é importante considerar que, para que ocorra aumento do desempenho, deve-se elevar a sobrecarga imposta ao atleta, seja no volume ou na intensidade, o que dependerá da qualidade de sua condição física e do momento específico da periodização. Nesta perspectiva, se o objetivo for a proposição de treino de alta intensidade, o volume de treino deverá ser moderado ou baixo, pois a fadiga rapidamente se instala e os padrões de movimento ficam prejudicados. Por outro lado, caso o objetivo seja o treinamento de intensidade moderada, como por exemplo na intensidade do limiar anaeróbio, o volume de treino poderá ser de moderado a alto (AZEVEDO et al., 2007).

Deve-se observar ainda o princípio da especificidade, segundo o qual o planejamento geral e detalhado do tempo disponível para treinamento, de acordo com os objetivos intermediários perfeitamente estabelecidos, deve respeitar os princípios científicos do exercício desportivo (MATVEEV, 1981).

Sabe-se que o objetivo de todo e qualquer treinamento é a melhora do desempenho do atleta, e para que isto seja alcançado é preciso que o treino seja o

mais próximo possível da realidade do desporto. Para se ter maiores e melhores resultados em competições, os treinadores têm cada vez mais planejado e aplicado os treinamentos com gestos esportivos, solicitações metabólicas, coordenação motora e segmentos corporais o mais próximo possível da realidade do desporto. Este trabalho garante uma transferência positiva do que foi treinado para o que será feito na competição. (AZEVEDO et al., 2007).

Outro princípio do treinamento físico refere-se à continuidade. A este respeito, deve-se atentar a dois pontos importantes: a interrupção do treinamento e a duração total deste período do treinamento. A interrupção do treinamento desde que seja para fins recuperativos e dentro do tempo previsto como necessário, de acordo com a intensidade e o volume de treino realizado, será benéfica para que ocorra adaptação positiva ao organismo. Porém, quando este tempo é demasiado, as adaptações não são conseguidas e acaba por acontecer o processo de destreinamento. Para que ocorram adaptações esperadas e programadas, é importante que os períodos de treinamento tenham uma duração mínima, dependendo do nível de aptidão do sujeito, da qualidade física trabalhada, bem como da natureza do desporto, dentre outros fatores (AZEVEDO et al., 2007).

Por fim, o princípio da reversibilidade parte do pressuposto de que o ser humano normalmente atinge seu pico de condicionamento do sistema do círculo respiratório- cardiovascular aos 19 anos de idade, e começa a regredir gradualmente até a morte. Este princípio é a última fase da hierarquia da sequência temporal de adaptação, na qual, em caso de falta de estímulo, ocorre a irreversibilidade do processo. O American College of Sports Medicine (ACSM, 2014) recomenda que para manter o efeito do treinamento, o exercício ou estímulo precisa ter uma continuidade sobre uma base sólida de treinamento. Significantes reduções na aptidão cardiorrespiratória foram encontradas em algumas pesquisas, após duas semanas de interrupção de exercícios; após dez semanas, alguns indivíduos já se encontravam em níveis iniciais (pré-treinamento). Diminuição de 50% dos ganhos iniciais na capacidade aeróbia foi mostrada após 4 a 12 semanas de interrupção dos trabalhos aeróbios.

O ACSM (2014) encontrou ainda evidências de que, embora a parada do treinamento mostre dramática redução na capacidade aeróbia, treinamentos

reduzidos mostram modesta ou nenhuma redução significativa dessa capacidade de 5 a 15 semanas. Tal informação vem colaborar no processo de periodização, em que devemos distribuir as cargas de treinamento procurando otimizar todos os componentes básicos da aptidão física relacionada à saúde. Portanto, é preferível diminuir a frequência e a duração do treinamento a diminuir sua intensidade, pois é na redução da intensidade do treinamento que as perdas de capacidade aeróbia são mais radicais. A mesma conduta é recomendada para os trabalhos de força.

2.4. APTIDÃO FÍSICA

Nahas (2010) conceitua aptidão física como a capacidade que cada indivíduo possui para realizar as atividades físicas, podendo receber influência de fatores genéticos, estado de saúde atual, níveis de nutrição e prática regular de atividades físicas. A partir deste conceito, encontra-se em Caspersen (1985) a informação de que a aptidão física pode ser dividida em duas dimensões: a primeira é a Aptidão Física Relacionada ao Desempenho Motor (ApFDM), que envolve elementos para um máximo rendimento esportivo; e a segunda vertente refere-se à Aptidão Física Relacionada à Saúde (ApFRS) que indica um menor risco de desenvolver doenças crônicas-degenerativas e proporciona bem-estar e autonomia para realizar atividades habituais.

Caspersen (1985) também aponta dois componentes distintos para a aptidão física. O primeiro corresponde à aptidão física relacionada à saúde e envolve basicamente as seguintes capacidades físicas: resistência cardiorrespiratória, força/resistência muscular e flexibilidade. O segundo componente diz respeito à aptidão física relacionada ao desempenho motor, e abrange as seguintes habilidades: potência (ou força explosiva), velocidade, agilidade, coordenação e equilíbrio.

Quando se aborda a dimensão da aptidão física como um dos componentes da saúde, Bouchard et al. (1994) a define como a capacidade de as pessoas realizarem esforços físicos que possam garantir sua sobrevivência em boas condições no ambiente em que vivem.

Guedes e Guedes (2006) afirmam que o conceito de aptidão física relacionada à saúde derivou-se, basicamente, dos estudos clínicos que evidenciaram a incidência de maiores problemas de saúde entre idosos, adultos e jovens de vida sedentária.

Com o passar do tempo, a Organização Mundial de Saúde foi aprimorando seu conceito de saúde, a qual inicialmente era entendida como ausência de doenças e atualmente é definida como bem-estar físico, mental e social, caracterizando dois polos, positivo e negativo. A saúde positiva seria caracterizada pela percepção do bem-estar geral e a saúde negativa estaria relacionada à morbidade e no extremo a mortalidade prematura (NIEMAN, 1999; NAHAS, 2010).

No que tange mais especificamente à influência do estilo de vida e do ambiente físico sobre o trinômio aptidão física, atividade física e saúde, Glaner (2002) evidenciou que adolescentes (11 a 17 anos), femininos e masculinos, residentes no meio rural, apresentam uma boa ApFRS significativamente melhor do que os respectivos pares urbanos.

Glaner (2003) explica que os componentes que caracterizam a ApFRS compreendem os fatores morfológicos, funcionais, motores, fisiológicos e comportamentais. Eles são muito mais dependentes do nível de atividade física que do potencial genético do sujeito. A composição corporal refere-se ao componente morfológico. A função cardiorrespiratória refere-se ao componente funcional e a força/resistência e flexibilidade ao componente motor.

Pode-se dizer que índices mínimos de performance são necessários para manter níveis funcionais, motores e morfológicos para uma desejável aptidão física em relação a saúde. A prática regular de atividade física, em todas as idades, é fundamental para minimizar o risco de incubação e desenvolvimento precoce de doenças consequentemente possibilitando uma longevidade com maior qualidade de vida no que se refere ao fator aqui abordado. O principal componente de alto risco é a baixa aptidão física, a qual é consequência da inatividade física. Tem-se estabelecido em adultos uma associação entre inatividade física e doenças crônicas (GLANER, 2003).

Além dos princípios, é preciso considerar ainda os componentes básicos da aptidão física relacionados à saúde, que são a resistência cardiorrespiratória, flexibilidade, resistência, força muscular e composição corporal. Para atender a um programa que priorize tais componentes, é importante planejar um trabalho eficaz, seguro e regular que, além de otimizar a aptidão física, desenvolva e mantenha habilidades de equilíbrio e coordenação (NAHAS, 2001).

Conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais de Educação Física (1996) a ApFRS também está contemplada nos objetivos gerais desta disciplina para o ensino fundamental e médio. A Base Nacional Curricular Comum (BNCC) enfatiza, como síntese das aprendizagens esperadas no campo de experiências corpo, gestos e movimentos, a necessidade de reconhecer a importância de ações e situações do cotidiano que contribuem para o cuidado de sua saúde e a manutenção de ambientes saudáveis (BRASIL, 2018).

2.5. PERIODIZAÇÃO

Periodização de treinamento não é uma ideia nova, seus fundamentos remetem à Grécia antiga, na preparação militar. Atualmente, esse conceito tem se ampliado, na intencionalidade de melhorar o desempenho esportivo. Dantas (2003) explicita que a periodização se refere ao planejamento geral e detalhado para o treinamento de acordo com objetivos intermediários e estabelecidos, respeitando os princípios científicos do treinamento desportivo.

Em sentido complementar, Silva (1998) menciona que a periodização do treinamento desportivo tem como finalidade organizar e orientar o processo de preparação do treinamento. Para Perez (2013) periodização de treinamento é uma expressão que sinaliza a subdivisão do programa sazonal em períodos menores e ciclos de treinamento.

Com vistas a fundamentar a elaboração de critérios de identificação e avaliação dos modelos de periodização, considera-se os seguintes aspectos: estrutura específica, atividade direcionada, atender ao calendário, distribuir cargas, possuir formato de macro, meso e microciclo atendendo exigências do desporto, ser

condizente no nível de excelência do atleta, contemplar os objetivos e adequar-se ao plano de expectativa (BARBOSA et al., 2004).

Azevedo (2005) adotou critérios de classificação dos modelos de periodização como: adequabilidade, abrangência e aplicabilidade. A adequabilidade, conforme Barbosa et al. 2004), pode ser analisada através de dois indicadores: a estrutura da periodização e a organização da variação de cargas.

Na mesma linha de pensamento, Milistetd et al. (2008) e Ramalho; Martins (2003) explanam que é importante reconhecer a forma adequada de periodização para cada uso seja nos programas esportivos ou de grupos de condicionamento para saúde.

Zakharov e Gomes (1992) explicam que para que seja possível dirigir efetivamente o processo de treinamento, é necessário estar apoiado em uma ideia clara de estrutura e de preparação elaborada. Nesta perspectiva, é preciso avaliar a estrutura da avaliação em três diferentes níveis: completa, adaptada e indefinida. O modelo de periodização completo, conforme explica Azevedo (2005), é aquele composto dos seguintes períodos: preparação, competição e transição. Quando possuir apenas um ou dois destes períodos citados, será uma estrutura adaptada. Por fim, na categoria indefinida, a forma de estruturação da periodização não pode ser identificada.

Os índices mais utilizados de carga de treinamento são volume e intensidade, sendo que o aumento do volume e da intensidade de treinamento provoca alterações no estado funcional de sistemas e órgãos, além do aparecimento do processo da fadiga. É dever do treinador conhecer em detalhes a modalidade esportiva com a qual trabalha. No ciclismo, por exemplo, ocorre o fenômeno popularmente conhecido como vácuo: durante uma prova, verifica-se maior performance na corrida para o ciclista que realizou o contínuo drafting, demonstrando que a montagem de uma estratégia de corrida pode determinar a diferença entre o vencedor e demais participantes (HAUSSWIRT et al., 2001).

Na periodização, ao traçar uma estratégia de programa de treinamento, uma das questões mais importantes situa-se no conhecimento do esporte com o qual se

pretende trabalhar, independentemente de ser individual ou coletivo. De acordo com Silva (1998), a tradicional teoria da periodização do treino, direcionada para um quadro competitivo restrito e concentrado nem sempre encontra respaldo na realidade do desporto moderno, haja vista que deixa de responder às exigências do seu quadro competitivo em virtude das inúmeras competições que acontecem no decorrer de toda a temporada esportiva.

Para este mesmo autor, o esporte de alto rendimento tem se modificado devido a uma maior profissionalização dos atletas, com exigências de resultados mais elevados, frequentes e estáveis para atender às exigências impostas pela lógica do espetáculo e do lucro financeiro.

Tais características do esporte de alto nível têm imposto ao atleta a necessidade de manter-se durante mais tempo em condições para a obtenção de resultados superiores, e a intensa especialização dos processos de treinamento tem se confrontado com alguns aspectos das elaborações teóricas existentes, os quais têm sido alvo de críticas e exigências de revisão (SILVA, 1998).

Um dos aspectos que têm sido bastante questionados atualmente, dentro da estrutura de preparação do esporte de alto rendimento, diz respeito à concepção da forma esportiva como uma fase curta de cada temporada esportiva do atleta, que deve ser cuidadosamente conduzida para manifestar-se por ocasião das competições mais importantes. Os motivos dos questionamentos são fundamentados na necessidade de se atender às exigências cada vez maiores de prolongamento do período competitivo (SILVA, 1998).

Ainda no entendimento de Silva (1998), grande parte das propostas de periodização do treinamento desportivo foram elaboradas e experimentadas em situações e realidades distintas, e todas elas, nas especificidades em que foram aplicadas, apresentaram resultados positivos e em alguns casos até superiores à periodização tradicional.

Considerando o objeto de estudo deste trabalho, na sequência discorre-se sobre a biomecânica da corrida.

2.6. BIOMECÂNICA DA CORRIDA

O emprego da técnica possui uma importância especial na obtenção da melhora da corrida de média e longa distância. Inúmeros fatores têm contribuído de forma direta e indireta no resultado de economia de corrida. Muitas são as variáveis cinemáticas da biomecânica da corrida, como tempo de passada, tempo de suporte, tempo de balanço, comprimento de passada, comprimento de passada relativo, frequência de passada, ângulos do joelho e tornozelo, no foot strike e no take-off, máxima flexão do tronco e máxima flexão do joelho na fase do suporte, amplitude angular do cotovelo durante a passada, máxima pronação da parte posterior do pé e amplitude vertical do centro de massa. Há também variáveis neuromusculares como ativação elétrica muscular do reto femoral, vasto lateral, semitendinoso e bíceps femoral, - porção curta – nas fases de suporte e balanço da corrida. Da conjugação de todos estes elementos, pode-se desenvolver técnicas mais aprimoradas. Assim, mudanças na técnica de corrida e também na ativação elétrica muscular podem resultar vantagens na economia de energia de corredores (TARTARUGA, 2008).

Nos primeiros meses de treinamento, o processo de melhora de desempenho é muito rápido; com o tempo, essa melhora diminui, podendo até mesmo nem sequer manter o desempenho alcançado. Para Tartaruga (2008), há dois grupos de variáveis: fisiológicas e biomecânicas. O primeiro grupo analisa o comportamento fisiológico e o segundo analisa os aspectos cinemáticos e dinâmicos da corrida.

Ao investigar variáveis biomecânicas em aspectos angulares e espaço-temporais, os resultados mostraram mudança na biomecânica da corrida com o envelhecimento. Assim, o ângulo do tornozelo não sofre alteração, mas o ângulo interno do joelho tende a ficar menos flexionado enquanto o ângulo do quadril tende a aumentar a sua amplitude máxima. Ademais, o deslocamento vertical diminui com aumento da idade; enquanto os corredores mais velhos correm em flexão, os mais jovens demonstram fase de voo mais alta, os corredores mais velhos diminuem o comprimento da passada e aumentam a frequência da mesma. As causas para essas diferenças podem ser o resultado da delicada interação entre a cinemática e fatores cinéticos influenciados por outros fatores como a degeneração musculoesquelética. Aparentemente, a perda de massa muscular é o principal fator causador das alterações na biomecânica da corrida entre corredores jovens e idosos e a flexibilidade

também é um fator relevante. Treinamentos resistidos e de flexibilidade apresentam boa estratégia para manutenção do desempenho de corredores ao longo do envelhecimento. (RODRIGUES, 2019).

A biomecânica tem grande importância na melhora do rendimento, seja pela escolha dos melhores ângulos das articulações ou pela análise dos mesmos durante treinamento ou competição (PAPOTI et al., 2003). A Fisiologia do Exercício é uma área que investiga como as estruturas e funções do organismo se alteram quando realizamos exercício agudo ou crônico e a aplicação deste conhecimento denomina-se fisiologia do esporte que é uma sub área da fisiologia do exercício (WILMORE; COSTIL, 2010).

A primeira obra sobre fisiologia do exercício, intitulada *Physiology of Bodily Exercise* por Fernand Grange, foi lançada em 1889, mas somente no início do século XX foram feitas observações mais concretas a respeito desta temática, como a relação do lactato e a contração muscular, estudadas por Fletcher e Hopkins, em 1907 (WILMORE; COSTIL, 2010).

O consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), que passou a constituir um índice de referência da capacidade aeróbia, é outra contribuição relevante na década de 1920 (HILL; LUPTON, 1923). Na literatura atual, há um consenso de que o treinamento esportivo passou a ter uma concepção científica a partir dos estudos do método intervalado pelo fisiologista Reidell e o treinador Gerschler, na década de 1950 (COSTA, 1968; BILLAT, 2001). Muitos pesquisadores têm estudado o comportamento e a influência das diversas variáveis fisiológicas durante performance esportiva (POWERS; HOWLEY, 2000).

Com o avanço científico e aumento dos laboratórios a partir dos anos 1960, Wasserman e Maclory (1964), pesquisando indivíduos com patologias cardiovasculares, criaram a concepção de limiar anaeróbio, fenômeno estudado até hoje através de protocolos e métodos distintos. Fisiologistas como Reidell e colaboradores foram os primeiros a descreverem o método de treinamento intervalado em um periódico científico em 1962. Per-Orlof Åstrand e pesquisadores americanos tiveram destaque na área (BILLAT, 2001). Pesquisadores escandinavos como Bergstron, que introduziu a biópsia muscular, além dos americanos Holloszy e Tipton,

os quais utilizavam ratos em estudos bioquímicos e também Edgerton e Gollonick, passaram a estudar as características de fibras musculares também em ratos (WILMORE; COSTILL, 2010).

Muitos parâmetros são utilizados na avaliação, prescrição e determinação dos efeitos do treinamento aeróbio, destaca-se o limiar anaeróbio (Lan) e o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$). O Lan ganhou destaque devido principalmente ao rápido ajuste desse parâmetro frente a modificações do treinamento e a baixa correlação encontrada entre a quantificação do $VO_{2máx}$ e a predição de performance aeróbia em competições (COSTILL et al, 1973). O Lan é o método mais fidedigno comparado ao $VO_{2máx}$, apesar de invasivo, tanto o volume de sangue coletado como procedimentos de higiene e assepsia excluem qualquer risco a saúde de avaliadores e avaliados, o que conduz aceitação de comitês de ética em pesquisas (DENADAI, 2000). Os autores aconselham que as pesquisas sejam mais fidedignas possíveis, pois são questionáveis, uma vez que o teste no laboratório muitas vezes não condiz com o teste obtido durante o evento esportivo, pois os atletas selecionados para as pesquisas possuem características fisiológicas extremamente diferentes de atletas de alta performance (HOPKINS et al., 1999).

A naturalidade da corrida é evidente, afinal, basta colocar um pé na frente do outro, fazer um pequeno esforço e lá se vai um corredor. Mas a prática tem armadilhas como o descaso com os exames de saúde e falta de informações básicas para se evitar lesões (KROEHN, apud MACHADO, 2014).

Em vários esportes, os sujeitos recorrem a um treinador da modalidade para aprender, como a natação, tênis, golfe, futebol e outros, pois requerem técnicas de aprendizagem. No entanto, a corrida não é assim, sabemos correr praticamente desde que nascemos e muitos entendem que podem correr sem orientação (DIAS, 2011). No entanto, é importante ponderar que um acompanhamento adequado pode melhorar o desempenho na corrida, além de evitar eventuais lesões.

É importante considerar que melhorar a técnica de corrida está ao alcance de qualquer corredor, toda mudança alcançada é extremamente válida, desde que diminua o impacto que a corrida causa e torne seu movimento mais econômico. A respiração correta na corrida é fundamental para melhorar o ritmo e evitar a sensação

de falta de ar durante o treino ou durante uma prova. O corpo responde bem ao ritmo de inspiração e expiração quando se sente confortável com a própria respiração, assim, é importante desenvolver técnicas que permitam cadenciar a respiração e a corrida criando um ritmo do corpo. A respiração deve ser rápida e não profunda, evitando o cansaço ao inspirar pelo nariz e expirar pela boca (DAVIDSON, 2017).

Muitos corredores esquecem de dar importância ao movimento dos braços, uma vez que a corrida tem maior enfoque no movimento das pernas. No entanto, tais movimentos, quando mal utilizados, atrapalham a execução da corrida e quando bem aproveitados auxiliam no equilíbrio do corpo, contribuindo para a propulsão à frente e na impulsão para cima (CASTANHARO, 2015). A passada ideal pode ser melhorada com treinamento por meio de aplicativos, corrida em alicate, saltos variados e musculação. Essas ações terão como consequência o aperfeiçoamento dos elementos técnicos como a amplitude e frequência da passada (AUGUSTI, 2008). Quanto mais longe do corpo o pé aterrissa, mais o joelho sofre e maior é o desperdício de energia da corrida. O corredor profissional aterrissa o pé próximo ao tronco e tem a passada grande não por esticar o joelho e sim por apresentar uma fase de voo, grande e eficiente (CASTANHARO, 2015).

A partir da compreensão de que a técnica de corrida exige muito empenho e dedicação, visando aproximar ao máximo possível da excelência, pode-se buscar recursos educativos que servem para aprimorar a técnica do atleta. Esses exercícios contribuem para a melhora da coordenação motora, possibilitando economia de energia resultando em uma corrida eficiente (GAMBOA, 2014). Os educativos de corrida ajudam os atletas a aprimorarem a biomecânica, o equilíbrio, e a postura, conseqüentemente as capacidades físicas e motoras também são melhoradas, promovendo menor desgaste muscular e cardiovascular, economizando energia nas passadas. (FURLANETTO, 2014).

Quanto à postura da corrida, devem ser destacados alguns procedimentos básicos. Em primeiro plano, é importante olhar para frente, na linha do horizonte. Os ombros devem estar relaxados, evitando correr com braços elevados e tensionados, enquanto os braços devem ser paralelos, mantendo os cotovelos flexionados em 90 graus, com movimentos cíclicos de pêndulo de modo alternado. O tronco e pescoço

devem se manter eretos e alongados, ligeiramente projetados a frente, e os joelhos, ao tocarem o chão, devem estar ligeiramente flexionados (TORNIOLI, 2016).

Em resumo, compreende-se que o exercício físico é associado ao bem-estar e a corrida apresenta grande números de adeptos tanto pela facilidade na prática, como pelos benefícios para saúde e baixo custo (HINO et al., 2009). É importante ainda investigar a relação entre as capacidades físicas de cada sujeito e seu desempenho na corrida.

2.7. CAPACIDADES FÍSICAS RELACIONADAS AO DESEMPENHO DA CORRIDA

Borba et al. (2012) referem que a capacidade física é o termo utilizado para agrupar as capacidades força, velocidade, resistência, flexibilidade e coordenação. Glaner (2003) explica que os componentes motores abrangem a força, a resistência e a flexibilidade, componentes moduladores do sistema musculoesquelético. A força/resistência muscular refere-se à capacidade do músculo, ou de um grupo de músculos, sustentar contrações repetidas por um determinado período de tempo (GLANER, 2003). Na mesma direção, Borba et al. (2012) define força como a capacidade de um músculo ou mais produzirem tensão contra uma resistência. Esta, por sua vez, corresponde à capacidade do atleta de suportar a fadiga ou recuperar-se rapidamente do esforço físico.

A resistência anaeróbia, conforme definição dada por Barbanti (2011), consiste na capacidade de permanecer em um trabalho de intensidade máxima ou submáxima com baixa quantidade de oxigênio por um tempo inferior a 3 minutos. A capacidade aeróbia, na concepção de Zagatto et al. (2013), corresponde à maior intensidade em que é verificado um equilíbrio entre a produção e remoção do lactato sanguíneo ou mesmo a intensidade em que ocorre um aumento abrupto da resposta lactacidêmica em relação ao exercício. Este conceito tem sido contemplado como um importante fenômeno fisiológico na avaliação da aptidão aeróbia e, por consequência, na prescrição da intensidade de exercício.

Para Glaner (2003), a resistência aeróbia está diretamente relacionada à saúde, uma vez que baixos níveis desta capacidade física apresentam correlação com

um risco à saúde, especialmente quanto a doenças coronarianas. Esta mesma autora refere a existência de inúmeros estudos que evidenciam que os indivíduos treinados aerobiamente apresentam menor risco de acidente vascular cerebral, diabetes, hipertensão, obesidade, osteoporose, depressão e ansiedade.

Zagatto et al. (2013) explicam que o teste de máxima fase estável de lactato (MFEL) tem sido considerado o teste mais confiável para a determinação da capacidade aeróbia e essa intensidade apresenta ótima sensibilidade aos efeitos decorrentes do treinamento físico regular e sistemático, tornando seu uso muito mais atrativo em relação à utilização do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) (índice de potência aeróbia máxima).

Silva et al. (1999) explicam que o limiar anaeróbio (LA) refere-se a uma zona metabólica a partir da qual ocorre o desequilíbrio entre a produção e eliminação do ácido láctico. Determinar este limiar traz implicações importantes para a prescrição e avaliação dos efeitos do treinamento físico para atletas, em quaisquer que sejam as modalidades esportivas. Os autores ensinam que um LA elevado, quando é verificada uma fração elevada do VO_{2max} sem que haja acúmulo progressivo de ácido láctico no sangue, traz grandes implicações funcionais. Infere-se, nestas condições, que o atleta se encontra melhor preparado para realizar atividades energéticas de maior intensidade por períodos de tempo mais prolongados.

Coordenação, em seu sentido etimológico, significa ordenar junto. No esporte, Borba et al. (2012) explicam que representa a função de harmonização dos processos de movimento para um menor gasto de energia possível. São pré-requisitos de organização para uma determinada tarefa motora, capacidade de condução, adaptação e aprendizagem do movimento (memória, percepção, capacidades coordenativas, referentes e cognição).

A flexibilidade, ainda conforme Borba et al. (2012), pode ser descrita como a capacidade do atleta de mover as articulações do corpo, utilizando a amplitude de movimento, flexibilidade geral e específica, ativa e passiva, estática e dinâmica. Fidelis, Patrizzzi e Walsh (2013) complementam que flexibilidade pode ser definida como a máxima amplitude fisiológica passiva de determinado movimento articular. As autoras esclarecem ainda que é um dos componentes da aptidão e desempenho

físico, relevante para a execução de movimentos simples ou complexos, desempenho desportivo, manutenção da saúde e preservação da qualidade de vida.

Por sua vez, a velocidade é a capacidade que permite a máxima rapidez de execução de um movimento ou de uma série de movimentos de um mesmo padrão. Dentre as formas de manifestação de velocidade, encontram-se a velocidade de reação (capacidade de responder com uma ação no menor tempo possível), velocidade de movimento (capacidade de realizar movimentos acíclicos com velocidade máxima), velocidade frequencial (capacidade de realizar movimentos cíclicos com velocidade máxima), velocidade de força (maior força realizada no menor tempo possível), e a resistência de velocidade (capacidade de resistir frente a diminuição da velocidade causada pelo cansaço (BORBA et al., 2012).

Por técnica, Borba et al. (2012) entendem todo o repertório de gestos próprios da especialidade esportiva, é a utilização da motricidade para alcançar esta seja cada vez mais adaptadas às exigências do esporte, técnica fechada ou aberta, técnica discreta ou contínua, cognitiva ou motora. Já o rendimento consiste em treinar para ganhar e otimizar os resultados do treinamento. Dada a importância desta etapa, sobretudo quando se busca preparar os atletas para competições, busca-se maximizar as competências dos atletas ao nível dos aspectos físicos, técnicos e psicológicos, para que ao longo de sua carreira atinjam todo seu potencial.

A força muscular pode ser definida como a quantidade máxima de força que um músculo ou grupo de músculos podem gerar em um padrão específico de movimento. A força é considerada uma capacidade física importante não só para atletas como no aumento da aptidão física, o treinamento de força gera adaptações distintas do treinamento de resistência. Muitos estudos demonstram que o treinamento de força não prejudica o desempenho de resistência e que em alguns casos pode até aumentar, apesar de gerar pouco ou nenhum aumento de consumo máximo de oxigênio, aumenta a potência anaeróbica, melhora a economia de movimento e aumenta o tempo até exaustão de exercícios de corrida, esqui e ciclismo. Diante de tais benefícios, o treinamento de força muscular deve ser utilizado como complemento importante ao programa de exercícios de atletas que praticam modalidades de resistência (CARDOSO et al., 2004).

2.8. RISCO DE LESÕES ASSOCIADAS À CORRIDA DE RUA

A realização de exercícios de maneira exaustiva sem orientação ou de forma inadequada contribui para aumento do número de lesões, que estão associadas a fatores intrínsecos e extrínsecos. Na dimensão intrínseca destaca-se a idade, sexo, experiência, aptidão além de outros aspectos, enquanto os fatores extrínsecos destacam-se pelo treinamento, tipo de atividade, condições climáticas entre outras (BENNELL; CROSSLEY, 1996).

Rangel e Farias (2016) mencionam estudos que evidenciam uma expressiva relação com incidência de lesões quando relacionado a fatores intrínsecos, tais como anormalidades biomecânicas e anatômicas, menor flexibilidade, histórico de lesões, características antropométricas, densidade óssea, composição corporal e maior força muscular, e extrínsecos ligados à preparação ou prática da corrida como: duração da sessão e longa quilometragem semanal, erros de planejamento e execução do treinamento, tipo de superfície de treino, tipo de percurso, tipo de calçado, alimentação, hidratação e prática concomitante de outras modalidades esportivas, dentre outros.

A prática da corrida é indicada no tratamento de doenças cardiovasculares como hipertensão arterial, diabetes mellitus tipo 2, obesidade e hipercolesterolemia, insuficiência cardíaca entre outras. A corrida pode proporcionar angiogênese (aumento de vasos sanguíneos), o que contribui para aumento de fluxo sanguíneo no coração e nos músculos, bem como consumo de oxigênio, hipertrofia excêntrica no coração, facilitando aumento do volume sistólico, débito cardíaco e bradicardia de repouso contribuindo para eficiência do organismo. O desconhecimento da condição de saúde e prática de atividades física sem orientação representa risco cardiovasculares e de lesão (ISHIDA et al., 2013).

Ainda conforme o pensamento de Rangel e Farias (2016), encontra-se a percepção de que a prática de corrida de rua requer cuidados especiais, sobretudo quando se considera o risco de lesões que podem afetar a saúde do praticante e, conseqüentemente, seu desempenho. Nesta perspectiva, tanto o profissional da área quanto o praticante devem buscar conhecimentos sobre as variáveis desta

modalidade, buscando aperfeiçoar o rendimento e minimizar os riscos para possíveis lesões, tendo em vista os achados de vários estudos que reportam uma considerável incidência de lesões em corredores de rua, assim como seus fatores de risco.

Dentre as lesões associadas à corrida de rua, as mais comuns são: tendinite patelar, canelite, fratura por stress no calcâneo, fascite plantar, tendinopatia de pé e tornozelo, lesão no quadril, câimbras, tendinite no pé do tendão tibial posterior. Na seção a seguir, discorre-se sobre a origem e tratamento de tais enfermidades.

Tendinite Patelar: A tendinite patelar, para a ortopedista Simões (2020), consiste em uma síndrome gerada pelo excesso de treinos, muitas vezes além do limite de elasticidade e resistência do tendão. A dor se localiza na inserção do quadríceps (acima da patela) no corpo do tendão ou na tuberosidade da tibia (abaixo do joelho). Pode ser definida ainda como uma lesão relacionada à disfunção do aparelho extensor do joelho, com conseqüente acometimento do tendão patelar.

Leonardi (2018) refere que a patologia pode ser causada por esforço repetitivo sobre o tendão patelar e do quadríceps, durante ação específica dos atletas, principalmente aqueles que participam de esportes envolvidos na desaceleração, como basquete, vôlei, handebol e corrida de rua. Conforme Simões (2020) overuse é o maior motivo da tendinite patelar, pelo excesso de repetição, sem contar a falta de força muscular e de alongamento. É gerada por micro-lesões causadas no dia a dia, as quais podem ocorrer devido a uma multiplicidade de fatores, como a fadiga, sobrecarga, muitos impactos, desequilíbrios musculares, postura incorreta, aumento da intensidade na hora errada, deformidades ortopédicas e doenças reumatológicas. A lesão é diagnosticada através de ressonância magnética, e o tratamento pode ser administrado por medicamento e com fisioterapia ajudando a diminuir o quadro de dor inicial.

Não apenas em relação à tendinite, mas na prevenção de outras lesões, Simões (2020) esclarece que o alongamento melhora a flexibilidade muscular e atua na prevenção, aspecto mais indicado para atletas. Em relação à corrida, é recomendado o treinamento em lugares de menor impacto como pedrisco e esteira no terreno plano, fortalecimento muscular e alongamento para aumentar a flexibilidade

são imprescindíveis, correções de postura e treinar dentro da atual condição, o uso de tênis apropriado para pisada é recomendado.

Canelite: A canelite é a síndrome da tensão tibial medial (STTM), bastante comum em praticantes de corrida. Ocorre principalmente em iniciantes da prática, em virtude do exagero da intensidade ou no ritmo. A STTM causa dor e desconforto na perna, isso ocorre por conta da forma repetitiva em superfície dura ou por uso dos flexores do pé, é a inflamação do principal osso da canela, a tíbia que espalha a dor na região pósteromedial da perna dos dois terços distais da tíbia, também conhecida como síndrome de sóleo (SIMÕES, 2020). É causada por alterações biomecânicas, aumentos na intensidade do treinamento, duração do tempo, troca de calçado ou modelo de pisada diferente, anormalidades na inserção muscular, falta de alongamento, lesões de partes moles e alteração de terreno do treino.

A lesão da STTM pode ser evidenciada, ainda em conformidade com Simões (2020), em edema periosteal, indicando periostite de tração através da ressonância magnética, já a cintilografia óssea poderá mostrar lesões longitudinais chegando a um terço do comprimento do osso. O tratamento é conservador, recomenda-se repouso de dois a quatro meses, mantendo condicionamento sem impacto como natação ou ciclismo, só havendo recomendação cirúrgica após dois períodos de repouso e do retorno aos treinamentos com repetição dos sintomas.

Simões (2020) afirma que a prevenção é a chave do sucesso de um praticante de exercício. Assim, a autora adverte que é importante fazer um aquecimento moderado antes do início do treino, seguir o programa de treinamento, fortalecimento e alongamento muscular, postura e tênis adequados, alimentação equilibrada e respeitar a recuperação do corpo, evitar aumento da intensidade e evitar overtraining. A este respeito, Noce et al. (2013) explicam que em situações nas quais a intensidade e o volume de treinamento ultrapassam a capacidade de recuperação e de adaptação do corpo, o organismo pode apresentar estados de fadiga excessiva. Esse processo de cargas excessivas de estresse no treinamento, combinadas com um insuficiente tempo de recuperação, é denominado overtraining. Assim, recomenda-se o monitoramento periódico e eficiente dos níveis de estresse e recuperação, com vistas a alcançar o máximo rendimento possível individual, minimizando os efeitos nocivos relacionados à sobrecarga.

Fascite Plantar: Ferreira (2014) esclarece que a síndrome dolorosa subcalcânea, mais conhecida como fascite plantar ou esporão do calcâneo, foi descrita inicialmente em 1812. Segundo este autor, trata-se de problema ortopédico recorrente, que afeta principalmente homens entre 40 e 70 anos. Acomete também atletas, especialmente corredores.

Castro (2010) complementa que a fascite plantar é provocada pela tração repetida da fásia plantar na inserção no calcâneo, o que leva a microrroturas da aponeurose. Apresenta-se como uma das lesões mais frequentes do calcanhar de atletas, podendo gerar um longo período de incapacidade. O sintoma que mais é mencionado é dor no calcanhar mais intensa ao levantar e colocar o pé no chão.

Os pés são os maiores focos de lesão para quem corre e uma das lesões mais comuns é a fascite plantar, manifestada como uma dor profunda na planta do pé, área cuja curvatura natural precisa ser acomodada ao solo e essa tensão sobrecarrega suas estruturas. A inflamação ocorre pelo excesso de uso, causando dor e rigidez no local. Trata-se de uma inflamação do tecido na sola do pé ocorrida pelo excesso de esforço na região, denominada fásia plantar, uma aponeurose que é o tecido que recobre a musculatura da planta do pé e se estende do calcâneo aos dedos. A fásia plantar ajuda a manter o arco longitudinal do pé. A corrida e a caminhada aumentam a força exercida sobre os pés, principalmente se a sobrecarga ultrapassa a capacidade do pé de absorver o impacto. A fraqueza dos músculos do pé também influencia. Dentre as causas, podem ser mencionadas as alterações na formação do arco do pé, tipo de pisada, encurtamento do tendão de Aquiles e da musculatura posterior da perna e esforço excessivo da sola do pé. (SIMÕES, 2011).

Para evitar a fascite, é importante evitar correr em terrenos macios, alongar antes e depois de correr, manter um bom fortalecimento muscular, perda de peso excessivo, uso de palmilhas que ajudam na redução do impacto. O tratamento é conservador com anti-inflamatório e analgésicos, sendo a fisioterapia um procedimento muito recomendado, além do alongamento da fásia plantar e tendão de Aquiles.

Fratura por Stress no Calcâneo: Fraturas por estresse são definidas por Braun et al. (2019) como lesões que podem acometer tanto membros superiores quanto

inferiores, representando até 10% de todas as lesões na população de atletas. Este tipo de lesão ocorre devido a cargas com baixa força direcionadas ao osso de forma repetitiva por longos períodos. Essas fraturas são mais comumente encontradas nos membros inferiores, principalmente na tíbia, nos metatarsos, e no osso calcâneo, as quais, somadas, representam 80% de todas as fraturas por estresse.

Uma das maiores causas da fratura de stress é o impacto da corrida, resultado de quedas, esportes de saltos, torção ou processo patológico como a osteoporose. O osso que forma o calcanhar é o calcâneo, maior e mais volumoso osso do pé e a fratura por stress é a lesão mais comum no calcâneo, é diagnosticada em atletas com sobrepeso, tênis inadequado ou deformidade na biomecânica, também quando há aterrissagem com o calcâneo, além de aumentar o peso concentrado no calcâneo diminui a velocidade (CASTANHARO, 2015).

Para evitar este tipo de lesão, é recomendável usar tênis adequado, evitar o sobrepeso, evitar o overtraining, alongar panturrilhas e tendões calcâneos em treinos e provas. O tratamento inclui o afastamento dos treinos, fisioterapia utilizando laser, ultrassom e correntes elétricas para analgesia, sendo ainda recomendado o uso de bota imobilizadora robofoot. O tratamento evolui de acordo com a gravidade da lesão, o fortalecimento, alongamento e o retorno gradativo ao esporte com exercícios de propriocepção e do gesto esportivo. Recomenda-se esportes sem impacto, musculação para membros superiores sem restrições e inferiores com restrição sem o uso da articulação do pé. O deep-running (corrida na água) também é recomendado (CASTANHARO, 2015).

Tendinopatia do pé e tornozelos: Castanharo (2017), explica que a tendinopatia é uma lesão de sobrecarga por esforço repetitivo, afetando um ou mais tendões, gerando inflamação, dor e deformidades ósseas quando crônicas. Os tendões unem os músculos aos ossos que possibilita movimento dos mesmos. Onde há tendão poderá haver tendinite. Acomete atletas com sobrecarga de esforços que aumentam a intensidade ou troca bruscamente o treinamento.

Andere (2016) referem que as tendinopatias ocorrem com muita frequência em esportistas, e as de pé e tornozelo são as mais comuns. Podem variar de acordo com o tipo de lesão: na tendinite, ocorre inflamação dos tendões; na tendinose existe a

degeneração, podendo ocorrer ainda rupturas parciais e completas. Dentre as lesões do pé e tornozelo, partes mais atingidas por lesões por sobrecarga, esta mesma autora menciona o calcâneo, tibial posterior, fibular curto e fibular longo.

A tendinopatia causada por sobrecarga (overuse) ocorre quando a intensidade ou duração da atividade muda ou intensifica drasticamente. No início há irritação do revestimento externo do tendão que se chama peri ou paratendinite, na sequência ocorre sua degeneração deixando-o mais espesso, o tendão perde sua força (tendinose) e pode levar à ruptura parcial ou completa. (CASTANHARO, 2017).

O uso excessivo, erro de treinamento, tabagismo, abuso de medicação, uso de equipamentos inadequados como calçados são fatores extrínsecos, já os fatores intrínsecos são a flexibilidade e resistência do tendão, idade, alterações anatômicas e suprimento vascular (CASTANHARO, 2017).

Tipos de pé como pé plano e pé cavo, alterações de ritmos aumentam o risco de gerar tendinopatia, uma pisada errada, encurtamentos e outras pequenas alterações podem gerar processo degenerativo. Por isso, destaca-se a importância do uso de calçado próprio, não exagerar nos treinos, manter avaliação médica ortopédica, ter um período de recuperação adequada, por isso a inflamação é uma reação secundária. (CASTANHARO, 2017).

O tratamento é conservador com recuperação, compressão, gelo, elevação, medicamentos anti-inflamatórios e analgésicos são indicados na fase aguda. É importante reduzir a atividade física para diminuir o esforço sobre o tendão. Alongamento e fortalecimento são importantes na reabilitação e devem ser inseridos no início, já nos casos mais graves há necessidade de imobilização para diminuir a dor e a inflamação. Na fisioterapia ainda se recomenda ultrassom e iontoforese (CASTANHARO, 2017).

Tendinite do tendão tibial posterior: Essa lesão ou degeneração é muito comum, causa dor na parte interna do pé irradiando ao longo da linha do tendão, acomete mais pessoas acima de 40 anos, principalmente as mulheres, é causada pelo esforço (overtraining e overuse) e degeneração do tendão por conta de inflamação aguda, quando não tratada no início pode haver avulsão parcial (quando o tendão de

afasta do osso) do anexo ao osso navicular que é um dos ossos do tarso. O músculo tibial posterior passa pela parte de trás da perna e ele é usado para flexão plantar e inverter o pé para dentro, algumas causas são alongamento do pé e tornozelo em eversão (pé para fora), desgaste do tendão, excesso de esforço e pés em pronação excessiva (HOMSI, 2012).

A partir da compreensão de que a prevenção representa a melhor atitude, é importante evitar a lesão alongando os músculos posteriores, panturrilha, usar calçado adequado à pisada e palmilha quando necessário.

Vianna & Vianna (2004) relatam que a opção de tratamento na disfunção do tibial posterior varia de acordo com o estadiamento da lesão e as condições clínicas do paciente. Homsí (2012) complementa que o tratamento conservador inclui crioterapia (gelo), alongar os músculos posteriores como a panturrilha, eletroterapia, ultrassom, técnicas de massagem e exercício tibial posterior para fortalecer o músculo do tendão. Em caso de rompimento de tendão, é necessária a cirurgia, devendo ser ressaltado que a falta de tratamento inicial resulta em insuficiência do músculo, causando a síndrome tibial posterior, cujo resultado são arcos caídos ou pés planos.

Cãibras: Barroso e Thiele (2011) esclarecem que as cãibras são uma súbita contração involuntária da musculatura causando graus variáveis de dor. A contração muscular involuntária acontece por conta da falta de condicionamento ou má alimentação. Homsí (2012) explica que esse espasmo acontece quando os músculos não têm condições adequadas para realizar o esforço diferente do qual está acostumado ou preparado. A cãibra costuma ocorrer em momento de relaxamento, principalmente à noite após atividade física intensa, ou em momentos de esforço muscular intenso.

Dentre as causas, atividades físicas rigorosa, durante ou pós esforço, desidratação como em competições longas, alterações hidroeletrólíticas que são a perda de cálcio e magnésio, falta de sódio, fratura ou stress ósseo, como proteção os músculos se contraem involuntariamente, alterações metabólicas como diabetes, hipotireoidismo, anemia, alcoolismo, hipoglicemia, doenças neurológicas como Parkinson, doenças do neurônio motor ou primário dos músculos como miopatias, insuficiência venosa e varizes, períodos extensos de inatividade, falta de vitaminas

como B1, B5 e B6, e algumas drogas como diuréticos anti-hipertensivos (HOMSI, 2012).

A prevenção do problema, segundo Barroso e Thiele (2011), pode ser realizada com alongamentos, reforço muscular e correção do desequilíbrio muscular. Homsí (2012) sugere ainda que as câibras podem ser evitadas com a prática de esforço físico excessivo após refeições e executando alongamento antes e depois do treino. A alimentação é outro fator de prevenção ao problema: dietas variadas e coloridas, ricas em vitaminas e minerais como sódio, potássio, cálcio e magnésio, além da necessidade de se manter uma boa hidratação. É recomendada a ingestão de alimentos como banana, morango, mamão, água de coco e melancia, couve, espinafre e brócolis, grão de bico, lentilha, feijão e cereais como arroz integral e aveia, castanha do Pará e nozes (HOMSI, 2012). Atletas de corrida perdem muito sódio e líquidos através do suor, por isso, durante a realização de treinos acima de uma hora, ambientes muito quentes ou em temperaturas elevadas, é importante a ingestão de dois a três litros de água diariamente e o uso de bebidas isotônicas para reposição de sódio. Uma boa oxigenação ajuda na prevenção de câibras, se hidratar, massagear o local com contração alongando o músculo quando aparecerem as câibras durante o treino (HOMSI, 2012).

Dor no quadril: O músculo glúteo médio é o principal estabilizador do quadril, além de ser responsável pelo movimento de abertura da perna, impedindo que a bacia caia para baixo quando se tira o pé do chão. É muito sobrecarregado durante uma corrida ou caminhada e é a lesão mais comum do quadril. Entre suas causas, o aumento de carga de exercício, seja em corredores iniciantes ou em corredores frequentes, que decidem aumentar a carga do seu treino (BERNARDO apud PROCHNIK; CLARK, 2015).

Outra causa de problema está no excesso de impacto. Para evitar este tipo de lesão é importante seguir o programa de treino, atividades físicas, alongamentos, fortalecimentos, equilíbrio muscular e postura respeitando a recuperação, evitando overtraining, pois o excesso é prejudicial. Quanto à prevenção, recomenda-se restrição de grandes amplitudes e impactos, em casos mais graves faz-se necessária a orientação de ortopedista especializado. (BERNARDO, apud PROCHNIK; CLARK, 2015).

Na sequência, são apresentados os resultados de alguns estudos acerca das lesões encontradas em atletas. Rangel e Farias (2016) desenvolveram uma pesquisa junto a 88 corredores voluntários (56 do sexo masculino e 32 do sexo feminino), com idade entre 18 a 70 anos, com tempo de prática igual ou maior que três meses, com frequência semanal de no mínimo duas vezes na semana, com ou sem orientação e tempo superior a 20 min por treino.

Os achados destes autores comprovaram que dentre os fatores relacionados à lesão destacam-se a grande quantidade de já lesionados (43,2%) e o joelho como localização mais frequente (52,6%) percebendo haver uma relação direta entre distância percorrida e lesão, bem como o tempo de prática (RANGEL; FARIAS, 2016).

Hino et al. (2009) realizaram pesquisa com o objetivo de verificar a prevalência de LE e analisar os fatores associados, em corredores participantes do circuito de corrida de rua da cidade de Curitiba-PR. As conclusões a que chegaram os autores remetem à percepção de que as lesões podem trazer consequências psicológicas e sociais e possivelmente uma imagem desfavorável à realização de atividades físicas. Assim, Hino et al. (2009) ratificam a ideia de que o treinamento deve ser realizado de maneira segura, e reforçam que tal recomendação assume especial conotação, haja vista a popularidade das corridas de rua e a consequente exposição de um maior número de indivíduos ao risco de lesões.

Ishida et al (2013) realizaram um estudo 94 homens corredores de rua, em quatro provas de corrida de rua na cidade de Bauru, com opções de percursos de 5 km, 6 km, 7 km e 10 km em cada prova. A pesquisa desses autores teve o objetivo de investigar fatores de risco de doenças cardiovasculares e de lesões em praticantes de corrida de rua.

Os autores destacam, como aspecto que contribuiu para o surgimento de lesões durante a prática de corridas, a prática irregular de exercícios físico, uma vez que, na amostra considerada, 60,8% dos avaliados treinavam sem orientação profissional. Outro aspecto considerado relevante remete aos fatores associados ao processo de envelhecimento, uma vez que foi encontrada correlação entre lesão e o avanço na idade dos corredores (ISHIDA et al (2013).

Ferreira et al. (2012) realizaram estudo cujo objetivo foi verificar a prevalência de lesões osteomioarticulares e analisar os fatores associados em corredores de rua amadores de Belo Horizonte, MG. A amostra da pesquisa foi composta por 100 atletas amadores com pelo menos três meses de prática de corrida com frequência mínima de duas vezes por semana. Os resultados obtidos comprovaram que 40% dos entrevistados mencionaram a ocorrência de diferentes tipos de lesão nos seis meses anteriores à realização da pesquisa. Dentre os fatores associados à lesão destacam-se a distância média diária e a variação no volume do treinamento. Sendo assim, os autores advertem que as características do treinamento podem desencadear lesões e devem ser analisadas com cautela para que a corrida seja realizada de forma segura.

Hespanhol Júnior et al. (2012) realizaram estudo do tipo transversal, com participação de 200 corredores que responderam a um formulário online contendo questões sobre hábitos, características do treinamento e histórico de lesões relacionadas à prática da corrida. Participaram da pesquisa corredores com idade igual ou superior a 18 anos e que eram praticantes de corrida há pelo menos seis meses.

Dentre as principais lesões musculoesqueléticas relatadas no histórico dos participantes do estudo se destacam as tendinopatias e as lesões musculares. O joelho foi a região mais acometida, e essa elevada incidência de lesões no joelho normalmente é atribuída à grande magnitude das forças de impacto presentes no membro inferior durante a corrida, que pode variar de um e meio a três vezes o peso corporal. A experiência de corrida entre cinco e 15 anos foi associada com a ausência de lesões musculoesqueléticas prévias relacionadas à corrida (HESPANHOL JÚNIOR et al., 2012).

Outro estudo que merece destaque foi desenvolvido por Pileggi et al. (2010) e tomou como amostra 18 corredores (13 homens e cinco mulheres) amadores, todos engajados em programas de corrida há pelo menos três meses, tinham como meta ao menos 50 km de distância percorrida por semana e treinavam no mínimo, cinco vezes semanalmente acompanhados durante 12 meses.

Os resultados obtidos, embasados em dados de maiores velocidades durante o treinamento (indicativo de intensidade de treino) e menores FC de repouso (indicativo de adaptação cardiovascular ao exercício físico) no grupo com lesão sugerem, coletivamente, que corredores submetidos a intensidades elevadas de treinamento estão de fato, mais propícios às lesões. Os autores complementam que os resultados estão de acordo com a possibilidade de que a incidência de osteoartrite de joelhos é proporcional à exposição e intensidade da prática esportiva (PILEGGI et al.,2010).

Já na revisão sistemática levada a termo por Gonçalves et al. (2016), onde selecionaram estudos que avaliaram 927 corredores de rua, 44% apresentaram algum tipo de lesão. Os membros inferiores foram os mais relatados, com destaque para o joelho. Isto pode ser explicado devido ao fato de o joelho sofrer grande impacto durante a prática dessa modalidade, submetendo a estresse a musculatura e as articulações dos membros inferiores.

Os fatores associados às lesões, avaliados nos estudos de Gonçalves et al. (2016), foram: idade, sexo, índice de massa corporal (IMC), tempo de prática de corrida, quantidade de treinos semanais, distância média diária, duração do treino, características do calçado, se treina com orientação de um profissional, duração da lesão, tipo de prova, tipo de piso, momento no qual ocorreu a lesão, características anatômicas, sintomatologia das lesões, níveis de hemoglobina, ferritina, cortisol e ferro, densidade mineral óssea, potência aeróbia, ingestão total e de macronutrientes (proteína, carboidrato e lipídio).

A biomecânica tem o intuito de melhorar o desempenho da corrida, aprimorando as técnicas da corrida auxiliando no processo de treinamento, com possibilidades de criação e construção de equipamentos para auxiliar na melhoria da mecânica da corrida, mantendo sempre o objetivo de prevenir lesões e também no auxílio de reabilitação das lesões. Hatze (1974) e Hall (2016).

Ao galgar do tempo de prática da atividade física de corrida de rua busca-se uma melhora no desempenho para isso o desenvolvimento da biomecânica da corrida se torna imprescindível, pois ao observar que muitas lesões são causadas por execução inadequada da mecânica do movimento. Visto que esta mecânica é uma

aliada, que ajuda a corrigir a corrida do atleta, trazendo benefícios para a parte técnica e nas prevenções de lesões. (SILVA, FRAGA, GONÇALVES, 2007).

Ao longo dos últimos anos, inúmeros fatores tem contribuído, de forma direta ou indireta no resultado da economia de corrida. Entre esses fatores, a técnica de corrida possui uma importância especial no que se refere a obtenção de melhores resultados em corridas de média e longa distância. Portanto a técnica de corrida prediz melhor a economia, além disso o comprimento de passada apresenta um grande poder explicativo da economia de corrida. (TARTARUGA, et., al 2008).

3. MÉTODOS

Este trabalho traz como proposta a criação de um aplicativo com a finalidade de orientar a prática de corrida para iniciantes e profissionais. A estrutura deste instrumento será assim composta:

- I- Apresentação de técnicas biomecânicas de passada para corrida na subida;
- II- Apresentação de técnica específica para corrida na descida;
- III- Apresentação de técnica específica para corrida no plano;
- IV- Apresentação de técnica para treino de corrida em tangente;

Em todas as etapas haverá a exibição, em vídeo, de pessoas realizando as técnicas que serão apresentadas. Será dada ênfase à realização do movimento correto e adequado a cada tipo de corrida, sempre em consonância com as evidências científicas encontradas neste estudo.

Para melhor compreensão, foi elaborado um diagrama de contexto (Figura 1), apenas para exemplificar o processo de navegabilidade do aplicativo.

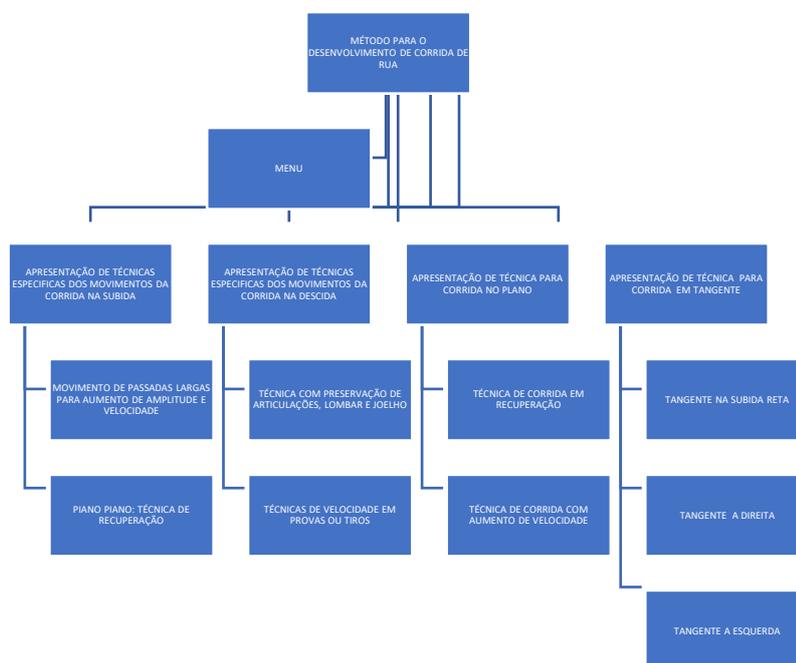


Figura 1. Diagrama de contexto.

O desenvolvimento do ecossistema de funcionamento, aquisição e distribuição das informações foi dividido em 3 aplicações independentes, porém interligadas uma à outra pela mesma base de dados, a saber:

1. Aplicação Administrativa (Painel);
2. Aplicação Móvel (APP);
3. Aplicação de Comunicação (API).

Aplicação Administrativa:

Esta aplicação tem por objetivo:

1. Cadastrar e administrar a categorização dos vídeos das técnicas a serem apresentadas aos usuários;
2. Cadastrar, administrar e distribuir os vídeos e descrições das técnicas a serem apresentadas aos usuários;
3. Cadastrar, administrar e distribuir informações gerais como avisos e novidades sobre o a Aplicação Móvel;
4. Levantamento de informações gerais dos usuários cadastrados. A partir da apresentação das credenciais adequadas, esta aplicação dá ao usuário a capacidade de determinar a organização e a disponibilidade das informações do APP.

Desenvolvido sob a arquitetura de projetos MVC (Model-View-Controller), o Painel utiliza nas camadas de Model e de Controller a versão 7.4 da linguagem de programação PHP, e predominantemente HTML5, CSS3 e JavaScript na camada de View, utilizando o framework Bootstrap, além de utilizar também o PHP antes do envio da View ao usuário final.

Aplicação Móvel (APP)

Esta aplicação tem por objetivo:

1. Disseminar o conhecimento das técnicas de movimento de corrida;
2. Permitir aos usuários que se cadastrem no ecossistema para ter acesso às técnicas de movimento de corrida;
3. Criar um meio de comunicação entre o administrador do sistema e o usuário. Desenvolvido sob a arquitetura Components, o APP utiliza a linguagem de programação JavaScript e é construído sobre o framework React Native.

Foi utilizada ainda a ferramenta Expo para acesso às APIs nativas dos dispositivos, para a geração dos arquivos .apk (Android) e .ipa (iOS) e para a geração dos Bundles com as atualizações do aplicativo.

Para manter-se atualizado, o aplicativo utiliza da tecnologia de atualizações Over-the-air, que consiste em uma vez que o aplicativo esteja instalado no dispositivo móvel do usuário, o mesmo passa a checar por atualizações em um servidor pré-determinado e baixa o Bundle mais recente e substituindo o Bundle atual. Como o Bundle é um arquivo de JavaScript, este não depende das lojas de aplicativos ou de uma interação manual do usuário. A fim de manter um alto desempenho e baixo consumo dos recursos do dispositivo, o APP busca as informações necessárias comunicando-se de forma autenticada com a aplicação API.

Todo o desenvolvimento do APP que é baseado em JavaScript e é construído sobre o Runtime Node.js

Aplicação de Comunicação (API)

Esta aplicação tem por objetivo:

1. Receber os dados de cadastro dos usuários;
2. Autenticar os usuários para liberar o acesso aos dados disponibilizados pela aplicação

Painel;

3. Distribuir as informações disponíveis para as aplicações APP. Desenvolvida sob a arquitetura RESTFULL, a API é construída com a linguagem de programação PHP e utiliza o padrão de comunicação entre aplicações mais difundido e confiável da atualidade.

Utiliza-se do padrão JWT trafegar dados sobre autenticação e entrega respostas em JSON às requisições semânticas do protocolo HTTP

Outras considerações tecnológicas

→ Tanto a aplicação Painel quanto a aplicação API trafegam dados criptografados utilizando HTTPS;

→ O banco de dados utilizado pelo ecossistema é o MariaDB, uma variação do banco de dados MySQL com alto desempenho e disponibilidade;

→ Todas as tecnologias escolhidas foram utilizadas em suas versões LTS (Long Time Support) mais recentes, ou seja, a última versão e que terá suporte por maior período, garantindo o correto funcionamento das mesmas.

4. RESULTADOS

Link para baixar o aplicativo em dispositivo Android

<https://play.google.com/store/apps/details?id=br.app.runtech>

Link para baixar o aplicativo em dispositivo IOS

<https://apps.apple.com/br/app/runtech/id1553127028>

Site para divulgação

<http://runtech.rawcomunicacao.com.br/>

5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento da corrida de rua é resultado de uma interação de fatores, os quais podemos destacar a capacidade aeróbia, a força muscular, a condição nutricional, o estado psicológico, o clima, dentre outros fatores, como a técnica adequada à cada condição.

Dessa forma, o aplicativo se configura numa ferramenta voltada à facilitação no aprendizado de técnicas de corrida de rua. Uma vez instalado em *smartphone*, o aplicativo permite, por meio de imagens, a demonstração de técnicas de movimento, que seriam de difícil demonstração, bem como de entendimento, por meio da descrição escrita do movimento.

Sendo assim, a utilização dessa ferramenta se apresenta como alternativa para corredores avançarem no desenvolvimento da sua prática.

6. REFERÊNCIAS

ACSM. Diretrizes do ACMS para teste de esforço físico e sua prescrição. 9 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

ANDERE, N. F. B. Fatores clínicos e biomecânicos associados com a tendinopatia de calcâneo em corredores fundistas. Dissertação (Mestrado em Ciências) São Paulo: USP, 2016.

AZEVEDO, R. C. Adequabilidade, abrangência e aplicabilidade dos modelos de periodização do treinamento esportivo, apurados pela metanálise. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência da Motricidade Humana). Rio de Janeiro: Universidade Castelo Branco, 2005.

AZEVEDO, P. H. S. M. et al. Atualidades científicas sobre avaliação e prescrição de treinamento físico para atletas de alta performance. Revista Digital- Buenos Aites, ano 12, n. 111, agosto, 2007.

AUGUSTI, Marcelo. Quer correr mais rápido? 2008. Disponível em: <https://www.contrarelogio.com.br/colunas/treinamento/quer-correr-mais-rapido-aumente-a-amplitude-ou-a-frequencia-da-passada/> Acesso em 12, maio, 2020.

AUGUSTI, M.; AGUIAR, C.M. Corrida de rua e sociabilidade. Efdeportes.com, revista digital, Buenos Aires, v. 16, n. 159, 2011. Disponível em: <https://www.efdeportes.com/efd159/corrida-de-rua-e-sociabilidade.htm>. Acesso em: 16 de março de 2020.

BARBANTI, V. J. Dicionário de educação física e esporte. USP Ribeirão, 2011.

BARBOSA, L. O. et al. Fundamentos da elaboração de critérios de classificação dos modelos de periodização do treinamento esportivo. In: Congresso Internacional De Atividade Física, Saúde E Esporte - CONAFISE, 1., Rio de Janeiro. Anais... Fitness & Performance Journal, 2004. v. 3, p. 384-384.

BARROSO, G. C.; THIELE, E.S. Lesão muscular nos atletas. Rev Bras Ortop. 2011; v. 46, n. 4, p. 354-358.

BENNEL, K. J.; CROSSLEY, K. Musculoskeletal injuries in track and field: incidence, distribution and risk factors. Aust J, Sci Med. Sport. V. 28, n. 3, p. 69-75, 1996.

BERTALANFFY, L.V. Teoria geral dos sistemas. 3.ed. Petrópolis: Vozes, 1977.

BORBA, D. A. at al. Análise das capacidades físicas em crianças dos sete aos dez anos de idade. R. bras. Ci. e Mov 2012; v. 20, n. 4, p. 84-91.

BOUCHARD, C. et al. The consensus statement. In. BOUCHARD, C.; SHEPHARD, R.J. (Eds.). Physical activity, fitness, and health: international proceedings and consensus statement. p. 7- 96, Champaign: Human Kinetics, 1994.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: MEC, 1996.

_____. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_sit e.pdf. Acesso em: 25 set.2020

BRAUN, M. A. A. et al. Fratura por estresse do cuboide e do cuneiforme lateral – uma associação rara. Arq. Catarin Med. 2019 out-dez; 48(4):191-197

CARDOSO, A. S. et al. Effects of a deep water training program on women's muscle strength. FIEP Bulletin, Foz do Iguaçu, v. 74, p. 590-593, 2004.

CARTAXO, Camila Augusta. Amizade, Corpo e Consumo entre corredores de rua de assessorias esportivas na Zona Sul do Rio de Janeiro. 2012. Dissertação (Mestrado em Antropologia). Universidade Federal Fluminense: Rio de Janeiro, 2012.

CASTANHARO, Raquel. Saiba os quatro erros de técnica de corrida que os atletas devem evitar. 2015. Disponível em: <http://globoesporte.globo.com/eu-atleta/saude/noticia/2015/12/saiba-os-quatro-erros-de-tecnica-de-corrida-que-os-atletas-devem-evitar.html> Acesso em 21 de fevereiro de 2020.

_____. Doeu? Conheça as principais lesões que os corredores podem ter no joelho. 2018. Disponível em: <https://globoesporte.globo.com/eu-atleta/saude/post/2018/10/06/doeu-conhec-as-principais-lesoes-que-os-corredores-podem-ter-no-joelho.ghtml> Acesso em 12, maio, 2020.

_____. Tendinites no tornozelo: veja as mais comuns, suas causas e os tratamentos. 2017. Disponível em: <http://globoesporte.globo.com/eu-atleta/saude/noticia/2017/03/tendinites-no-tornozelo-veja-mais-comuns-suas-causas-e-os-tratamentos.html> Acesso em 12, maio, 2020.

_____. Qual a importância do movimento dos braços no rendimento da corrida?. 2014. Disponível em: <http://globoesporte.globo.com/eu-atleta/saude/noticia/2014/07/qual-importancia-dos-movimentos-dos-bracos-no-rendimento-da-corrida.html#>. Acesso em 20 de fevereiro de 2018.

_____. À procura da pisada perfeita: entenda como ela pode melhorar a sua corrida. 2016. Disponível em: <http://globoesporte.globo.com/eu-atleta/saude/noticia/2016/04/procura-da-pisada-perfeita-entenda-como-ela-pode-melhorar-sua-corrida.html#>: . Acesso em 21 de fevereiro de 2018.

_____. Saiba os quatro erros de técnica de corrida que os atletas devem evitar. 2015. Disponível em: <http://globoesporte.globo.com/eu-atleta/saude/noticia/2015/12/saiba-os-quatro-erros-de-tecnica-de-corrida-que-os-atletas-devem-evitar.html#>:. Acesso em 21 de fevereiro de 2018.

- CASTRO, A. P. Fascíte Plantar. Revista de Medicina Esportiva In forma, 2010.
- CBAT. CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE ATLETISMO (CBAT). Confederação Brasileira de Atletismo/corrída de rua. Corrida internacional de São Silvestre. Disponível em: cbat.org.br . Acesso em: 09 de março de 2020.
- CONNOLLY, K. The nature of motor skill development. Journal of human movement studies, 3, p. 128-143, 1977.
- COSTILL, D. L. et al. Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. Medicine and Science in Sports Exercise, v.5, p.248-252, 1973.
- DALLARI, M.M. Corrida de rua: um fenômeno sociocultural contemporâneo. São Paulo: USP, 2009. 130p. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de educação, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2009.
- DANTAS, E. H. M. A prática da preparação física. 5. ed. Rio de Janeiro: Shape, 2003.
- _____ et al. Adequabilidade dos principais modelos de periodização do treinamento esportivo. Rev. Bras. Ciênc. Esporte, Florianópolis, v. 33, n. 2, p. 483-494, abr./jun. 2011.
- DAVIDSON, Patrícia. Como respirar corretamente durante a corrida. 2017. Disponível em: <https://gooutside.com.br/respirar-corretamente-corrída-2/> Acesso em 16, março, 2020.
- DENADAI, B.S. (Org.) Avaliação aeróbia: determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo. Rio Claro: Motrix, 2000.
- DIAS, Victor. Técnica de corrida. 2011. Disponível em <https://correrporprazer.com.tag-tecnicadecorrída>. Acesso em março, 2020.:
- FERREIRA, A. C. et al. Prevalência e fatores associados a lesões em Corredores amadores de rua do município de belo horizonte, MG. Rev Bras Med Esporte – Vol. 18, n. 4 – Jul/Ago, 2012, p. 252-255.
- FERREIRA, R. C. Talalgias: fascite plantar. Rev Bras Ortop. 2014;49(3):213–217
- FIDELIS, L. T.; PATRIZZI, L. J.; WALSH, I. A. P. Influência da prática de exercícios físicos sobre a flexibilidade, força muscular manual e mobilidade funcional em idosos. Rev. Bras. Geriatr. Gerontol., Rio de Janeiro, 2013; 16(1):109-116
- FURLANETTO, Renan. 5 exercícios educativos para turbinar sua corrida. 2014. Disponível em: <https://www.ativo.com/corrída-de-rua/treinamento-de-corrída/5-exercícios-educativos-para-turbinar-sua-corrída/>. Acesso em
- GALLAHUE, D.L.; OZMUN, J. C. Compreendendo o desenvolvimento motor: bebês, crianças, adolescentes e adultos. São Paulo: Phorte, 2003.
- GLANER, M. F. Importância da aptidão física relacionada à saúde. Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano, v.5, n.2, p. 75-85, 2003.

GLANER, M. F. Nível de atividade física e aptidão física relacionada à saúde em rapazes rurais e urbanos. Rev. Paul. Educ. Fís. São Paulo, v. 16, n. 1, p. 76-85, jan./jun. 2002.

GONCALVES, G. H. T. Corrida de rua: um estudo sobre os motivos de adesão e permanência de corredores amadores em Porto Alegre. Monografia. (Graduação em Educação Física) Porto Alegre:UFRGS, 2011.

GONÇALVES, D. et al. Prevalência de lesões em corredores de rua e fatores associados: revisão sistemática. Cinergis, 17(3), 2016.

GOZZI, Márcia C.T; RUTE, Helena Maria. Identificando estilos de ensino em aulas de Educação Física em segmentos não escolares. Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte. v., 5, n. 1, p.117-134, 2006.

GUEDES, D. P.; GUEDES, J. E. R. P. Manual prático para avaliação em Educação Física. São Paulo: Manole, 2006.

GUEDES, D.P. Implicações associadas ao acompanhamento do desempenho motor de crianças e adolescentes. Revista Brasileira de Educação Física e Esporte, São Paulo, v.21, p.37-60, 2007. Número especial.

HALL, J.S. Biomecânica Básica 7.ed. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 2016.

HAUSSWIRT, C. et al. Effect of two drafting modalities in cycling on running performance. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 33, p. 485-492, 2001.

HESPAÑHOL JÚNIOR, L.C et al. Perfil das características do treinamento e associação com lesões musculoesqueléticas prévias em corredores recreacionais: um estudo transversal. Rev Bras Fisioter. 2012; v.16, n. 1, p. 46-53.

HOMSI, D . Saiba mais sobre a tendinite do Tendão Tibial Posterior. Disponível em: <http://globoesporte.globo.com/eu-atleta/noticia/2012/06/saiba-mais-sobre-tendinite-do-tendao-tibial-posterior.html> Acesso em 13, março, 2020.

_____. O que é? Cãibra pode se tornar um dos pesadelos para os corredores. Disponível em: <http://globoesporte.globo.com/eu-atleta/saude/noticia/2012/11/o-que-e-caibra-muscular-se-torna-um-pesadelo-para-os-corredores.html> Acesso em 13, março, 2020.

HINO, A.A.F. et al. Prevalência de lesões em corredores de rua e fatores associados. Rev Bras Med Esporte, Curitiba, v. 15, n. 1, p. 36-39, 2009.

HOPKINS, W.G; HAWLEY, J.A; Design and analysis of research on sport performance enhancement. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 31, p. 472-485, 1999.

ISHIDA, J. C. et al. Presença de fatores de risco de doenças cardiovasculares e de lesões em praticantes de corrida de rua. Rev Bras Educ Fís Esporte. São Paulo, v.27, n.1, p.55-65, 2013.

KOESTLER, A. O fantasma da máquina. Rio de Janeiro: Zahar, 1969.

LEONARDI, Adriano. Tendinite patelar afeta 20% dos corredores; incidência é maior nos homens. 2018. Disponível em: <https://globoesporte.globo.com/eu-atleta/saude/noticia/tendinite-patelar-pode-afetar-20-dos-corredores-incidencia-e-maior-nos-homens.ghtml> Acesso em 11, abr., 2020.

MACHADO, A. F. Corrida para corredores: correndo de forma simples, segura e eficiente. São Paulo: Ícone, 2014.

MAGILL, Richard. A. Aprendizagem Motora: conceitos e aplicações. São Paulo: EdgardBlucher, 2005, 5a ed. americana.

MARCHI JUNIOR, W. “Sacando” o voleibol: do amadorismo à espetacularização da modalidade no Brasil (1970-2000). Tese (Doutorado em Educação Física). Campinas: Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2001.

MATVEEV, L. P. O Processo de Treino Desportivo. Ed. Livros Horizonte, 1981.
MILISTETD, M. et al. Concepções dos treinadores acerca do papel da competição na Formação desportiva de jovens jogadores de voleibol. Revista da Educação Física, Maringá, v. 19, n. 2, p. 151-158, abr./jun. 2008.

NAHAS, M.V.; CORBIN, C.B. Aptidão física e saúde nos programas de educação física. Revista Brasileira de Ciência e Movimento, v.8, n.2, p.14- 24, 1992.

NAHAS, Markus Vinicius. Atividade física, saúde e qualidade de vida: conceitos e sugestões para um estilo de vida ativo. 5. ed. rev. atual. Londrina: Midiograf, 2010.

NIEMAN, D.C. Exercício e saúde. São Paulo: Manole, 1999.

NOCE, F. et al. Análise dos Sintomas de Overtraining durante os períodos de treinamento e recuperação: estudo de caso de uma equipe feminina da superliga de voleibol 2003/2004. Rev Bras Med Esporte, v. 17, n. 6, Nov/Dez, 2011.

OLIVEIRA, S. N. Lazer sério e envelhecimento: loucos por corrida. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

PAPOTTI, M. et al. Padronização de um protocolo específico para a determinação da aptidão anaeróbia de nadadores utilizando célula de carga. Revista Portuguesa de Ciências do Desporto, 3, 36-42, 2003.2003

PEREZ, Anselmo José. Efeitos de diferentes modelos de periodização do treinamento aeróbio sobre parâmetros cardiovasculares, metabólicos e composição corporal de bombeiros militares. Rev. bras. educ. fís. esporte [online]. 2013, vol.27, n.3, pp.363-376

PILEGGI, P. et al. Incidência e fatores de risco de lesões osteomioarticulares em corredores: um estudo de coorte prospectivo. Rev. bras. Educ. Fís. Esporte, São Paulo, v.24, n.4, p.453-62, out./dez. 2010.

POWERS, S. K.; HOLEY, E.D. Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e no desempenho. São Paulo: Manole. 2000.

PROCHNIK, L. CLARK, B. Dor no quadril: evite exagerar nos treinos para não sofrer do problema. Disponível em <http://globoesporte.globo.com/eu-atleta/saude/guia/dor-no-quadril-evite-exagerar-nos-treinos-para-nao-sofrer-do-problema.html> Acesso em 14, março, 2020.

RAMALHO, V. P. & MARTINS Jr, J. Influência da periodização do treinamento com pesos na massa corporal magra em jovens adultos do sexo masculino: um estudo de caso. Revista da Educação Física, Maringá, v. 14, n. 2, p. 49-56, jul./dez. 2003.

RANGEL, G.; FARIAS, J. M. de. Incidência de lesões em praticantes de corrida de rua no município de Criciúma, Brasil. Rev Bras Med Esporte, v.. 22, n. 6, Nov/Dez, 2016

RODRIGUES, M. E. S. Análise da técnica de corrida por meio de variáveis biomecânicas em corredores de rua de diferentes faixas etárias. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica). Uberlândia: Universidade estadual de Uberlândia, 2019.

SALGADO, J.V.V.; CHACON-MIKAHIL, M.P.T. Corrida de rua: análise do crescimento do número de provas e de praticantes. Revista Conexões, Campinas, v.4, n.1, p. 100-109, 2006.

SALICIO, V. et al. Prevalência de Lesões Musculoesqueléticas em Corredores de Rua em Cuiabá-MT. Journal of Health Sciences, v. 19, n. 2, p. 78-82, 2017.

SCHMIDT, Richard. A.; WRISBERG, C.G. Aprendizagem e performance motora. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

SILVA, P.R.S. et al. A importância do limiar anaeróbio e do consumo máximo de oxigênio (VO₂ máx.) em jogadores de futebol. Rev Bras Med Esporte, v. 5, n. 6, Nov/Dez, 1999

SILVA, F.M. Planejamento e periodização do treinamento desportivo: mudanças e perspectivas. In: SILVA, F.M. Treinamento desportivo: reflexões e experiências. João Pessoa: Editora Universitária, p. 29-47, 1998.

SIMÕES, A. P. Entenda a diferença entre canelite e as lesões que causam dor na perna. 2020. Disponível em: <https://www.webrun.com.br/diferencas-entre-canelite-lesoes-dor-na-perna/> Acesso em 30, agosto, 2020.

_____. Fascite plantar: o que é e como identificar. 2011. Disponível em: <https://www.bauerfeind.com.br/blogs/news/fascite-plantar-o-que-e-e-como-identificar#:~:text=Fascite%20plantar%20%C3%A9%20um%20processo,at%C3%A9%20os%20dedos%20dos%20> Acesso em 11, maio, 2020.

TANI, G. Processo adaptativo na aprendizagem de uma habilidade perceptivo-motora. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade de Hiroshima, Hiroshima, 1982.

_____. Contribuições da aprendizagem motora à educação física: uma análise crítica. *Revista Paulista de Educação Física*, São Paulo, v.6, p.65-72, 1992.

_____. Criança e movimento: o conceito de prática na aquisição de habilidades motoras. In: KREBS, R.J.; COPETTI, F.; BELTRAME, T.S.; USTRA, M. (Eds.). *Perspectivas para o desenvolvimento infantil*. Santa Maria: Edições SIEC, 1999. p.119-38

TARTARUGA, L. A. P. Efeitos fisiológicos e biomecânicos do treinamento complementar de corrida em piscina funda no desempenho de corredores de rendimento. 2003. 138 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

TARTARUGA, M.P. Relação entre economia de corrida e variáveis biomecânicas em corredores fundistas. Dissertação (Mestrado em Ciências do Movimento Humano) Porto Alegre: UFRGS, 2008.

TORNIOLI, Lucas. 6 dicas para ter a postura certa na corrida. 2016. Disponível em: <https://www.ativo.com/corrida-de-rua/treinamento-de-corrida/mantenha-a-postura/> Acesso em 04, maio, 2020.

VIANNA S, VIANNA V. Disfunção do tibial posterior. *Rev INTO*. 2004, v. 2, n. 1, p. 1-9.

WILMORE, J.H.; COSTILL, D. L. *Fisiologia do esporte e do exercício*. Barueri: Manole, 2010.

ZAGATTO, A. M. et al. Avaliação da capacidade aeróbia determinada por respostas sanguíneas e ventilatórias em quatro diferentes ergômetros. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2013, v. 15, n. 3, p. 350-360.

ZAKHAROV, A.; GOMES, A. C. *Ciência do treinamento desportivo*. Rio de Janeiro: Palestra Sport, 1992.

APÊNDICE A – Artigo Científico

Research article

Acute citrulline-malate oral supplementation does not improve post-aerobic-exercise autonomic response in normotensives and hypertensives subjects: a pilot randomized controlled study.*

* Artigo aceito para publicação no periódico Journal of Health Sciences (ISSN 2447-8938)

ABSTRACT

The present study was designed to investigate whether citrulline malate (CM) supplementation might influence post-aerobic-exercise autonomic response in normotensive and hypertensive subjects. Forty individuals (20 normotensives and 20 hypertensives) were randomly assigned to one of the four experimental groups (normotensive-placebo [NP], normotensive-CM [NC], hypertensive-placebo [HP], and hypertensive-CM [HC]). The participants ingested CM (6 g) or placebo dissolved in water (100 ml) 120 min before the exercise session. The exercise session was conducted on a treadmill and consisted of 40 min of running/walking at 60-70% HRreserve. The heart rate variability (HRV) was recorded continuously for 60 min post-exercise. In normotensives at “post-30”, LF increase and HF decreased after the CM supplementation (16% [$P=0.041$] and -32% [$P=0.037$], respectively). No significant differences were found in “pre”, “post-30” and “post-60” considering the pooled (NP, NC, HP, and HC) z-scores for time and frequency HRV domains. These results suggest that a single dose of CM supplementation does not promote significant effects on post-exercise autonomic modulation in normotensive and hypertensive subjects.

Keywords: Autonomic nervous system, citrulline malate, hypertension, exercise.

RESUMO

O presente estudo foi desenvolvido para investigar se a suplementação de citrulina malato (CM) pode influenciar a resposta autonômica pós-exercício aeróbico em indivíduos normotensos e hipertensos. Quarenta indivíduos (20 normotensos e 20 hipertensos) foram aleatoriamente designados para um dos quatro grupos experimentais (normotenso-placebo [NP], normotenso-CM [NC], hipertenso-placebo [HP] e hipertenso-CM [HC]). Os participantes ingeriram CM (6 g) ou placebo dissolvido em água (100 ml) 120 minutos antes da sessão de exercícios. A sessão de exercícios foi realizada em esteira e consistiu em 40 minutos de corrida/caminhada a 60-70% da FCres. A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) foi registrada continuamente por 60 minutos após o exercício. Nos normotensos "pós-30", houve aumento para LF e redução para HF após a suplementação de CM (16% [P=0,041] e -32% [P=0,037], respectivamente). Não foram encontradas diferenças significativas nos momentos "pré", "pós-30" e "pós-60", considerando os escores-z combinados (NP, NC, HP e HC), tanto para os indicadores de domínio do tempo, quando para os de domínio da frequência. Esses resultados sugerem que uma dose única de suplementação de CM não promove efeitos significativos na modulação autonômica pós-exercício em indivíduos normotensos e hipertensos.

Palavras-chave: Sistema nervoso autônomo, citrulina malato, hipertensão, exercício.

Highlights

- Normotensives are more susceptible to acute sympathovagal modulations after a single dose of citrulline-malate supplementation.
- Hypertensives subjects presented heart rate variability modulations in the frequency domain (baroreflex activity).
- After standardizing the scores, a single dose of citrulline-malate supplementation does not promote significant effects on post-exercise autonomic modulation in normotensives and hypertensives.

Introduction

Unlike heart rate (the number of heartbeats per minute), the heart rate variability (HRV) is the fluctuation in the time intervals between adjacent heartbeats ¹. The HRV is generated by heart-brain interactions and dynamic non-linear autonomic nervous system process, therefore, it reflects regulation of parasympathetic-sympathetic balance, blood pressure, gas exchange, heart and vascular tone ².

HRV monitorization following an “exercise session” might provide useful insight into autonomic stress reactivity. This is consonant with the “reactivity hypothesis” ³, which suggests that cardiovascular responses to a stressor may be predictive of certain diseases ⁴. It is well documented that, both aerobic and resistance exercise elicits post-exercise modulations in HRV ^{5, 6} and that these modulations are related to the vascular blood flow and blood pressure response ⁷. In this sense, vasodilatation physiological response can be related to the HRV modulation.

Some substances, like “L-citrulline” help to trigger vasodilatory responses. The citrulline-malate (CM) is composed by a combination of L-citrulline (a non-essential amino acid that has a key role in the arginine-nitric oxide system, increasing nitric oxide [NO] biodisponibility ⁸) and malate (or acid malic) - a salt predominantly found in apples. Despite low concentrations of CM can be provided by nutritional sources in regular food, citrulline availability is mainly produced endogenously through two different pathways: 1) NO co-product (secondary amount) and 2) ornithine carbamylation (principal amount) by metabolites (glutamine, proline, and arginine) in only two cell types (enterocytes and hepatocytes) ⁹. The citrulline produced in the liver is all channeled to the urea cycle, thus, small or negligible amounts of citrulline are directed to the circulation ¹⁰. On the other hand, the citrulline produced by enterocytes enters the circulation system, bypasses the liver, and enters the kidneys (and other tissues) for arginine synthesis ^{11, 12}. For this reason, it is suggested that CM

supplementation could be an efficient strategy to increase extracellular arginine levels, which is recognized as the NO synthesis precursor¹³. In this line, some studies have indicated that CM supplementation increases plasmatic NO metabolite concentration^{14, 15}, an important peripheral dilate mediator.

Therefore, it is possible that CM supplementation improves post-aerobic-exercise autonomic response in normotensives and hypertensives. To our knowledge, there are no other studies investigating the effects of acute CM supplementation on HRV after aerobic exercise. This comprehension could be of clinical relevance since it is known that especially hypertensives subjects present impairments in autonomic modulation. Furthermore, it is important to establish whether high blood pressure can influence the post-exercise autonomic nervous system response to acute CM supplementation, as understanding aspects of these interrelationships are crucial to perform safe non-pharmacological treatment for hypertension. Thus, the present study was designed to investigate whether CM supplementation might influence post-aerobic-exercise autonomic response in normotensive and hypertensive subjects.

Methods

Participants

After sample size calculation (see statistical analysis session), 40 individuals (20 normotensives and 20 hypertensives), sedentary (less than 150 minutes per week of moderate physical activities) participated in the study. Volunteers were women or men, adults, without osteoarticular disabilities, and with medical authorization to exercise. Participants were recruited from the university community. The study followed the Declaration of Helsinki and was approved by the Institution Ethics Committee (78697617.4.0000.0108). All participants were informed about the methods

before giving written informed consent.

Study design

This was an acute, randomized, parallel-groups clinical trial (Figure 1) to evaluate the effects of a single dose of CM supplementation on the post-aerobic-exercise autonomic response in normotensive and hypertensive individuals. The participants were randomly allocated (using a random number table - <https://www.random.org/>) into four different experimental groups (Normotensive-Placebo [NP]; Normotensive-CM [NC]; Hypertensive-Placebo [HP]; Hypertensive-CM [HC]). Participants were not taking beta-blockers and were asked to refrain from caffeine and alcohol for 24 h before the experimental session and advised not to make changes to their regular lifestyles other than the assigned interventions. Anthropometric measures were taken before the rest period.

The participants ingested a sachet, which contained 6 grams of CM or placebo (corn starch) dissolved in water (100 ml). The selected dose of CM was based on previous studies^{16, 17}. The substances were ingested 120 min before the exercise session. The exercise was conducted on a treadmill and consisted of: a 5 min warm-up (50-65% HRreserve); 40 min of running/walking at 60-70% HRreserve; and a 5 min progressive cooldown. After the exercise session, the HRV was recorded continuously for 60 min. Testing was conducted in the morning at the same time of day 9:00 am (± 1 h) in a quiet, temperature-controlled room ($23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$).

Insert Figure 1

Anthropometry

Weight was measured using a digital anthropometric scale (Urano, OS 180A, Canoas, Brazil), with an accuracy of 0.1kg and height was measured by a stadiometer with an accuracy of 0.1cm, in accordance with the procedures described by Gordon et al ¹⁸. The body mass index (BMI) was defined as the body mass (kg) divided by the square of the body height.

Heart rate variability measures

Heart rate variability was monitored during the rest periods (Figure 1) using a cardiac monitor (Polar RS800CX, Kempele, Finland), previously validated ¹⁹. The participants remained seated in a calm, quiet, and thermoneutral (22°C to 24°C) environment during monitoring. The recorded R-R intervals were transferred to a computer using specific software (Polar Pro-Trainer software, Kempele, Finland). Fast Fourier Transformation was applied to quantify the low (LF) and high (HF) frequencies into normalized units, in accordance with the Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology ²⁰.

The time-domain analysis was obtained by SDNN (standard deviation of the NN interval), RMSSD (the square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent NN intervals), and pNN50 (NN50 count divided by the total number of all NN intervals) indices. The range interval analysis (Figure 1) was 10 min (rest, prior to exercise), and 30 min (post-exercise) using Kubios HRV, version 2.2 (Kuopio, Finland).

Blood pressure

The BP measurements were taken with an oscillometric device (Omron MX3 Plus, Bannockburn, USA) previously validated for clinical measures in adults ²¹. The

participants remained seated (rest period - Figure 1) in a calm, quiet, and thermoneutral (22°C to 24°C) environment for 20 min. BP was measured three times during the rest period (at 10 min, 15 min, and 20 min). The resting BP value was considered as the average of these three measurements. The BP measurements were taken according to the American Heart Association recommendations ²².

Statistical analysis

Assuming a standard deviation of 6 normalized units ²³ for the LF_{nu} , an alpha of 5%, and a desired statistical power of 95%, detecting a minimum difference of 20 normalized units ²³, 6 subjects were required in each group.

Box plots, which provide a spatial representation of the spread of concentration distributions, were used to identify anomalous values among the global population of measurements for each HRV indices. In each plot, the box represented the interquartile range and whiskers delineated the region occupied by ± 1.5 times the interquartile range beyond the box boundaries. For this study, points plotting above or below the whiskers were identified as potential outliers. Histograms were also examined to confirm that these points were located at distribution extremes for each dataset.

The data are reported as mean and standard deviation. An independent samples t-test was used to compare mean characteristics between normotensives and hypertensives participants. One-way analysis of variance (ANOVA) was used to compare the characteristics of participants between groups (NP, NC, HP, and HC). Fisher multiple comparisons were employed to examine differences between pairs of trials.

To compare the absolute values between experimental groups, firstly, the

sphericity Mauchly's test was applied and the Greenhouse-Geisser correction if necessary. Next, these data were compared with a one-factor repeated measures general linear model. Fisher multiple comparisons were employed to examine differences between pairs of trials.

Effect size from the paired two-sample t-test was calculated ($d = \text{mean}/\text{SD}$) between "pre" vs "post-30" and "post-60" for all HRV indices (d -effects: small ≥ 0.2 , medium ≥ 0.50 , large ≥ 0.80).

The pooled Z-score for each period ("pre", "post-30" and "post-60") was calculated. One-way analysis of variance (ANOVA) was used to compare the mean z-score between groups (NP, NC, HP, and HC). Fisher multiple comparisons were employed to examine differences between pairs of trials.

Statistical significance was defined as $P < 0.05$. The statistical analysis was generated using SPSS (New York, USA), version 20, for windows.

Results

Characteristics of the participants are shown in Table 1. The hypertensives presented higher values for age (28.5 ± 6.6 vs 61.4 ± 17.3 [years] - $P < 0.001$), weight (69.0 ± 10.3 vs 76.9 ± 12.9 [kg] - $P = 0.040$), height (1.68 ± 0.07 vs 1.62 ± 0.11 [m] - $P = 0.048$), body mass index (24.3 ± 2.56 vs 29.3 ± 4.5 [kg/m^2] - $P = 0.001$), waist circumference (79.7 ± 7.4 vs 99.8 ± 9.4 [cm] - $P < 0.001$), systolic (115 ± 12 vs 135 ± 17 [mmHg] - $P < 0.001$), and diastolic (73 ± 7 vs 81 ± 7 [mmHg] - $P = 0.003$) resting blood pressure.

Insert Table 1

Table 2 presents the absolute HRV changes in the different experimental groups. Considering NP, a significant increase in SDNN (25% [post-30]) and decrease in RMSSD (-56% [post-30]) and pNN50 (-85% [post-30] and -55% [post-60]) was identified when compared with the “pre”. Additionally, a significant reduction in SDNN (-42% [post-60]) and a significant increase in RMSSD (75% [post-60]) and pNN50 (200% [post-60]) was identified when compared with “post-30”. In the NC, a significant reduction in RMSSD (-59% [post-30]) and pNN50 (-84% [post-30] and -53% [post-60]) was identified (versus “pre”). Also, a significant increase in RMSSD (85% [post-60]) and pNN50 (200% [post-60]) was identified when compared with “post-30”. Considering HP, a significant increase in LF (27% [post-30] and 23% [post-60]) and LF/HF (96% [post-30]) and decrease in RMSSD (-60% [post-30]) and HF (-45% [post-30] and -37% [post-60]) was identified when compared with the “pre”. Additionally, a significant increase in RMSSD (67% [post-60]) and reduction in LF/HF (-29% [post-60]) was identified when compared with “post-30”. In the HC, a significant increase in SDNN (67% [post-30]), LF (22% [post-60]) and LF/HF (67% [post-30] and 77% [post-60]) and reduction in pNN50 (-89% [post-30]) and HF (-45% [post-60]) was identified (versus “pre”). Also, a significant reduction in SDNN (-48% [post-60]) was identified when compared with “post-30”. In normotensives at “post-30”, LF increase and HF decreased after the CM supplementation (16% [$P=0.041$] and -32% [$P=0.037$], respectively).

Insert Table 2

Table 3 presents the effect sizes from the paired t-test (rest vs post-30 and post-60) for each group. NP showed a large increase (post-30) and decrease effect (post-60) for each group. NP showed a large increase (post-30) and decrease effect (post-

60) for SDNN. NP also showed a large decrease effect for RMSSD (post-30), pNN50 (post-30 and post-60) and a moderate decrease effect for HF (post-60). Considering NC, a large decrease effect was identified for RMSSD (post-30) and pNN50 (post-30 and post-60). HP showed a large decrease effect for RMSSD (post-30) and HF (post-30 and post-60). HP also showed a large increase effect for LF (post-30 and post-60) and LF/HF (post-30). Considering HC, a large decrease effect was identified for pNN50 (post-30) and HF (post-60). Additionally, a large increase effect was identified for SDNN (post-30), LF (post-60), and LF/HF (post-60).

Insert Table 3

The pooled (NP, NC, HP, and HC) z-scores for time (panel A) and frequency (panel B) HRV domains are presented in Figure 2 (pre), Figure 3 (post-30) and Figure 4 (post-60). No significant differences were found in “pre”, “post-30” and “post-60” for all time and frequency components.

Insert Figure 2

Insert Figure 3

Insert Figure 4

Discussion

The purpose of this study was to analyze the CM acute supplementation responses between normotensive and hypertensive subjects. Our results showed that there were not a considerable CM supplementation acute effects on autonomic activity for both, normotensives and hypertensives. The main finding of this study was that a single dose of CM does not appear to be sufficient to induce improvements in sympathovagal balance in normotensive and hypertensive subjects. To the best of our knowledge, this is the first report on acute CM autonomic responses between normotensives and hypertensives considering standardized scores.

In view of the absolute changes, our findings indicate that normotensives are more susceptible to acute sympathovagal modulations after a single dose of CM supplementation since only normotensives individuals presented LF increase and HF decrease during the first 30 minutes after half-life period. It is noteworthy that this modulation does not persist in the second period (post-60), revealing a transitory acute sympathovagal modulation. A recent preliminary report ²⁴ demonstrated that eight weeks of L-citrulline supplementation (6 g/day) improved cardiac autonomic function in sedentary postmenopausal women. In this scenario it is possible to hypothesize that the most striking autonomic modulations can only be revealed with chronic CM supplementation.

There is now near-universal agreement in the literature that reports of statistical procedures such as null hypothesis significance tests should be accompanied by an appropriate measure of the magnitude of the effect. Thus, our standardized results (by effect size) showed a similarity with our unstandardized results. Curiously, hypertensives subjects presented HRV modulations in the frequency domain. Perhaps this is related to age since HRV time-domain measurements declined with age ²⁵.

Important to highlighted that hypertensive subjects (independently of CM supplementation) showed a large increase effect for LF. The LF band (0.04-0.15 Hz) was previously called the baroreceptor range because it mainly reflects baroreceptor activity during resting conditions ¹. LF power may be produced by the parasympathetic and sympathetic nervous system, and blood pressure regulation *via* baroreceptors ²⁰, primarily by the parasympathetic nervous system ²⁶, or by baroreflex activity alone ²⁷. In resting conditions, the LF band reflects baroreflex activity and not cardiac sympathetic innervation ²⁸. It is well documented that the cessation of exercise causes a transient reduction in arterial pressure that is referred to as post-exercise hypotension (PEH) ²⁹. This reduction effect has been observed following aerobic ³⁰ and resistance ³¹ exercises. Hypertensive subjects present more pronounced PEH than normotensives ³¹, this fact can explain our results, once baroreflex activity is critically involved in the modulation of the blood pressure response to exercise ³².

As the heart rate variability indicators are related to several factors such as age ³³ and blood pressure status ³⁴, in this study we have standardized measures (z-scores) to enable the identification of relative changes in the analyzed HRV components. No significant differences were found for all time and frequency components. It is important to emphasize that mechanisms by which CM could increase the sympathovagal balance are hypothetical. Baroreflex sensitivity is a potential mediator. Chowdary et al. ³⁵ demonstrated an improvement in baroreflex sensitivity after a single dose of L-citrulline supplementation. Considering that the adrenergic stress on the cardiovascular system is influenced by baroreceptor function to sustain appropriate blood pressure ³⁶, it is possible that L-citrulline supplementation can improve baroreflex sensibility and that this effect may be time-dependent.

Despite all methodological care, some aspects should be considered. This was

an acute experiment conducted to compare the possible effects of a single dose of CM supplementation on post-aerobic exercise autonomic responses in normotensive and hypertensive subjects. However, it should not be assumed that underlying mechanisms for chronic changes in HRV are identical to those of acute responses³⁷. Furthermore, interpretation of HRV as reflecting certain aspects of cardiac autonomic activity is complicated by the fact that rather than being a direct measure of autonomic nerve activity, HRV quantifies the modulation of the end-organ response, i.e., the heart³⁸.

Conclusion

These results suggest that a single dose of CM supplementation does not promote significant effects on post-exercise autonomic modulation in normotensive and hypertensive subjects.

Acknowledgment: Fundação Nacional de Desenvolvimento do Ensino Superior Particular - FUNADESP

Conflict of interest: All authors declare that they have no conflict of interest.

Author's contribution: All co-authors have made substantial contributions to conception and design. All authors read and approved the final manuscript.

Sponsor's Role: No sponsorship contributed to the design of this study regarding execution, analyses and interpretation of the data.

Ethical standards: The study followed the Declaration of Helsinki and was approved by the Institution Ethics Committee (78697617.4.0000.0108). All participants were informed about the methods before giving written informed consent.

References

1. McCraty R, Shaffer F. Heart Rate Variability: New Perspectives on Physiological Mechanisms, Assessment of Self-regulatory Capacity, and Health risk. *Global advances in health and medicine*. 2015;4(1):46-61.
2. Shaffer F, Ginsberg JP. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in public health*. 2017;5:258.
3. Heponiemi T, Elovainio M, Pulkki L, Puttonen S, Raitakari O, Keltikangas-Jarvinen L. Cardiac autonomic reactivity and recovery in predicting carotid atherosclerosis: the cardiovascular risk in young Finns study. *Health psychology : official journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association*. 2007;26(1):13-21.
4. Treiber FA, Kamarck T, Schneiderman N, Sheffield D, Kapuku G, Taylor T. Cardiovascular reactivity and development of preclinical and clinical disease states. *Psychosomatic medicine*. 2003;65(1):46-62.
5. Ruiz RJ, Simao R, Saccomani MG, Casonatto J, Alexander JL, Rhea M, et al. Isolated and combined effects of aerobic and strength exercise on post-exercise blood pressure and cardiac vagal reactivation in normotensive men. *J Strength Cond Res*. 2011;25(3):640-5.
6. de Paula T, Neves MF, da Silva Itaborahy A, Monteiro W, Farinatti P, Cunha FA. Acute Effect of Aerobic and Strength Exercise on Heart Rate Variability and Baroreflex Sensitivity in Men With Autonomic Dysfunction. *J Strength Cond Res*. 2019;33(10):2743-52.
7. Masroor S, Bhati P, Verma S, Khan M, Hussain ME. Heart Rate Variability following Combined Aerobic and Resistance Training in Sedentary Hypertensive Women: A Randomised Control Trial. *Indian heart journal*. 2018;70 Suppl 3:S28-S35.
8. Breuillard C, Cynober L, Moinard C. Citrulline and nitrogen homeostasis: an overview. *Amino acids*. 2015;47(4):685-91.
9. Marini JC, Didelija IC, Castillo L, Lee B. Glutamine: precursor or nitrogen donor for citrulline synthesis? *American journal of physiology Endocrinology and metabolism*. 2010;299(1):E69-79.
10. Marini JC. Interrelationships between glutamine and citrulline metabolism. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*. 2016;19(1):62-6.

11. Marini JC, Didelija IC, Fiorotto ML. Extrarenal citrulline disposal in mice with impaired renal function. *American journal of physiology Renal physiology*. 2014;307(6):F660-5.
12. Marini JC, Didelija IC. Arginine depletion by arginine deiminase does not affect whole protein metabolism or muscle fractional protein synthesis rate in mice. *PloS one*. 2015;10(3):e0119801.
13. Cleroux J, Kouame N, Nadeau A, Coulombe D, Lacourciere Y. Aftereffects of exercise on regional and systemic hemodynamics in hypertension. *Hypertension*. 1992;19(2):183-91.
14. Sureda A, Cordova A, Ferrer MD, Perez G, Tur JA, Pons A. L-citrulline-malate influence over branched chain amino acid utilization during exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2010;110(2):341-51.
15. Sureda A, Cordova A, Ferrer MD, Tauler P, Perez G, Tur JA, et al. Effects of L-citrulline oral supplementation on polymorphonuclear neutrophils oxidative burst and nitric oxide production after exercise. *Free Radic Res*. 2009;43(9):828-35.
16. Ochiai M, Hayashi T, Morita M, Ina K, Maeda M, Watanabe F, et al. Short-term effects of L-citrulline supplementation on arterial stiffness in middle-aged men. *International journal of cardiology*. 2012;155(2):257-61.
17. Figueroa A, Wong A, Hooshmand S, Sanchez-Gonzalez MA. Effects of watermelon supplementation on arterial stiffness and wave reflection amplitude in postmenopausal women. *Menopause*. 2013;20(5):573-7.
18. Gordon CC, Chumlea WC, Roche AF. Stature, recumbent length, and weight. Lohman TG, Roche AF, Martorell R, editors. Champaign: Human Kinetics Books; 1988. 3-8 p.
19. Quintana DS, Heathers JA, Kemp AH. On the validity of using the Polar RS800 heart rate monitor for heart rate variability research. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112(12):4179-80.
20. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation*. 1996;93(5):1043-65.
21. Coleman A, Freeman P, Steel S, Shennan A. Validation of the Omron MX3 Plus oscillometric blood pressure monitoring device according to the European Society of Hypertension international protocol. *Blood Press Monit*. 2005;10(3):165-8.

22. Pickering TG, Hall JE, Appel LJ, Falkner BE, Graves J, Hill MN, et al. Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals: Part 1: blood pressure measurement in humans: a statement for professionals from the Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. *Hypertension*. 2005;45(1):142-61.
23. Queiroz AC, Sousa JC, Cavalli AA, Silva ND, Jr., Costa LA, Tobaldini E, et al. Post-resistance exercise hemodynamic and autonomic responses: Comparison between normotensive and hypertensive men. *Scand J Med Sci Sports*. 2015;25(4):486-94.
24. Wong A, Chernykh O, Figueroa A. Chronic l-citrulline supplementation improves cardiac sympathovagal balance in obese postmenopausal women: A preliminary report. *Autonomic neuroscience : basic & clinical*. 2016;198:50-3.
25. Almeida-Santos MA, Barreto-Filho JA, Oliveira JL, Reis FP, da Cunha Oliveira CC, Sousa AC. Aging, heart rate variability and patterns of autonomic regulation of the heart. *Archives of gerontology and geriatrics*. 2016;63:1-8.
26. Reyes del Paso GA, Langewitz W, Mulder LJ, van Roon A, Duschek S. The utility of low frequency heart rate variability as an index of sympathetic cardiac tone: a review with emphasis on a reanalysis of previous studies. *Psychophysiology*. 2013;50(5):477-87.
27. Goldstein DS, Benth O, Park MY, Sharabi Y. Low-frequency power of heart rate variability is not a measure of cardiac sympathetic tone but may be a measure of modulation of cardiac autonomic outflows by baroreflexes. *Exp Physiol*. 2011;96(12):1255-61.
28. Shaffer F, McCraty R, Zerr CL. A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Frontiers in psychology*. 2014;5:1040.
29. Romero SA, Minson CT, Halliwill JR. The cardiovascular system after exercise. *J Appl Physiol (1985)*. 2017;122(4):925-32.
30. Imazu AA, Goessler KF, Casonatto J, Polito MD. The influence of physical training status on postexercise hypotension in patients with hypertension: a cross-sectional study. *Blood Press Monit*. 2017;22(4):196-201.
31. Casonatto J, Goessler KF, Cornelissen VA, Cardoso JR, Polito MD. The blood pressure-lowering effect of a single bout of resistance exercise: A systematic review

and meta-analysis of randomised controlled trials. *European journal of preventive cardiology*. 2016;23(16):1700-14.

32. Miki K, Yoshimoto M. Exercise-Induced Modulation of Baroreflex Control of Sympathetic Nerve Activity. *Frontiers in neuroscience*. 2018;12:493.

33. Tegegne BS, Man T, van Roon AM, Riese H, Snieder H. Determinants of heart rate variability in the general population: The Lifelines Cohort Study. *Heart rhythm*. 2018;15(10):1552-8.

34. Schroeder EB, Liao D, Chambless LE, Prineas RJ, Evans GW, Heiss G. Hypertension, blood pressure, and heart rate variability: the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) study. *Hypertension*. 2003;42(6):1106-11.

35. Chowdhary S, Nuttall SL, Coote JH, Townend JN. L-arginine augments cardiac vagal control in healthy human subjects. *Hypertension*. 2002;39(1):51-6.

36. Tonkin AL, Wing LM, Morris MJ, Kapoor V. Afferent baroreflex dysfunction and age-related orthostatic hypotension. *Clinical science*. 1991;81(4):531-8.

37. Mourot L, Bouhaddi M, Tordi N, Rouillon JD, Regnard J. Short- and long-term effects of a single bout of exercise on heart rate variability: comparison between constant and interval training exercises. *Eur J Appl Physiol*. 2004;92(4-5):508-17.

38. Michael S, Graham KS, Davis GMO. Cardiac Autonomic Responses during Exercise and Post-exercise Recovery Using Heart Rate Variability and Systolic Time Intervals-A Review. *Frontiers in physiology*. 2017;8:301.

Table 1. Characteristics of participants.

	NP (n=10)		NC (n=10)		HP (n=10)		HC (n=10)		F	P
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD		
Age (years)	27.7	7.4	29.9	7.8	52.0	15.3 [†]	58.6	8.7 [†]	22.836	<0.001
Weight (kg)	70.9	19.5	76.4	14.4	79.7	17.2	72.5	13.1	0.595	0.622
Height (m)	1.69	0.10	1.71	0.09	1.61	0.09 [†]	1.58	0.09 [†]	4.560	0.008
BMI (kg/m ²)	24.4	4.6	25.9	3.3	30.8	6.5 [†]	29.2	5.8	3.124	0.038
WC (cm)	79.3	13.6	84.4	11.2	98.5	14.9 [†]	99.1	11.2 [†]	6.081	0.002
SBP (mmHg)	116	17	120	12	137	12 [†]	142	20 [†]	6.362	0.001
DBP (mmHg)	72	9	74	8	86	11 [†]	86	10 [†]	6.057	0.002

NP= normotensive-placebo; NC= normotensive-citrulline malate; HP= hypertensive-placebo; HC= hypertensive-citrulline malate; SD= standard deviation; BMI= body mass index; WC= waist circumference; SBP= systolic blood pressure; DBP= diastolic blood pressure.

[†]P<0.05 vs NP; †P<0.05 vs NC.

Table 2: Heart rate variability component variations.

	Placebo						Citrulline Malate					
	Pre		Post-30		Post-60		Pre		Post-30		Post-60	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Normotensives												
SDNN (ms)	72	40	90	42*	52	29*†	82	44	97	35	63	20
RMSSD (ms)	45	29	20	12*	35	23†	49	27	20	10*	37	11†
pNN50 (%)	20	16	3	4*	9	10*†	19	9	3	3*	9	8*†
LFnu	70	15	70	27	72	26	70	23	81	7#	76	8
HFnu	37	22	28	24	27	23	30	23	19	7#	24	8
LF/HF	4.5	5.3	5.5	3.4	5.3	3.2	3.4	1.8	4.8	2.1	3.8	1.9
Hypertensives												
SDNN (ms)	69	22	117	65	83	62	61	34	102	42*	53	19†
RMSSD (ms)	45	28	18	7*	30	7†	42	35	17	12	21	12
pNN50 (%)	17	16	4	5	14	15	9	8	1	1*	7	12
LFnu	62	19	79	12*	76	9*	67	17	77	17	82	15*
HFnu	38	19	21	12*	24	9*	33	17	23	17	18	15*
LF/HF	2.8	2.9	5.5	3.8*	3.9	2.5†	3.0	2.4	5.0	4.1*	5.3	3.5*

*Significantly different from the pre-intervention ($P<0.05$)†Significantly different from the post-30 ($P<0.05$)#Significantly different from the placebo ($P<0.05$)

Table 3: Effect size for Paired t-test (versus pre [d=mean/SD])

	Placebo				Citrulline Malate			
	Post-30		Post-60		Post-30		Post-60	
	ES	P	ES	P	ES	P	ES	P
Normotensives								
SDNN (ms)	0.8	0.039	-0.9	0.015	0.3	0.457	-0.5	0.146
RMSSD (ms)	-0.8	0.031	-0.3	0.311	-1.1	0.012	-0.5	0.145
pNN50 (%)	-1.3	0.005	-1.1	0.010	-2.0	0.001	-1.1	0.020
LFnu	0	0.956	0.1	0.804	0.5	0.178	0.3	0.395
HFnu	-0.5	0.164	-0.7	0.047	-0.5	0.178	-0.3	0.405
LF/HF	0.3	0.414	0.3	0.433	0.6	0.118	0.2	0.552
Hypertensives								
SDNN (ms)	0.8	0.052	0.2	0.592	1.1	0.032	-0.8	0.089
RMSSD (ms)	-1.3	0.028	-0.6	0.185	-0.7	0.074	-0.5	0.223
pNN50 (%)	-0.7	0.106	-0.2	0.519	-1.0	0.030	-0.1	0.799
LFnu	1.0	0.014	1.0	0.013	0.6	0.099	1.2	0.004
HFnu	-1.0	0.014	-1.0	0.013	-0.6	0.099	-1.2	0.004
LF/HF	0.8	0.028	0.6	0.072	0.6	0.087	1.0	0.030

ES= Effect size.

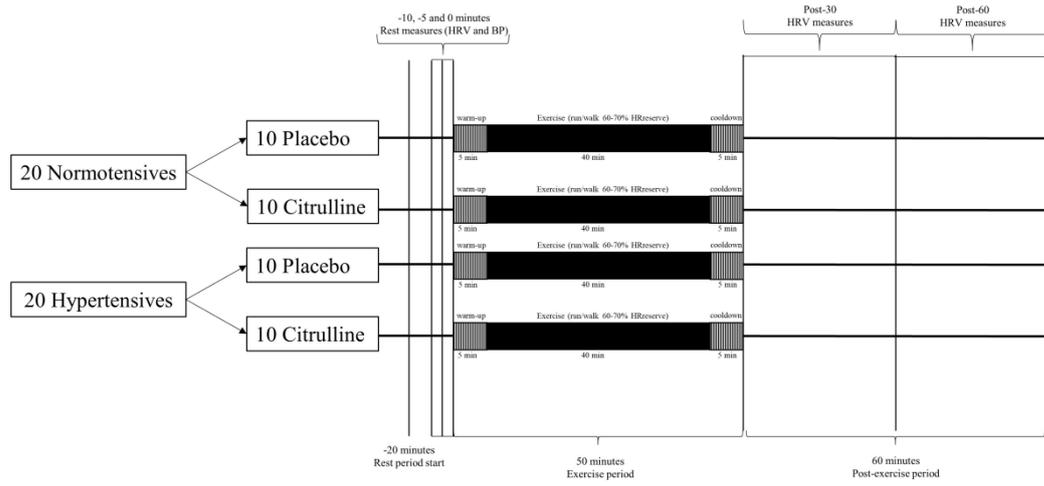


Figure 1: Study design.

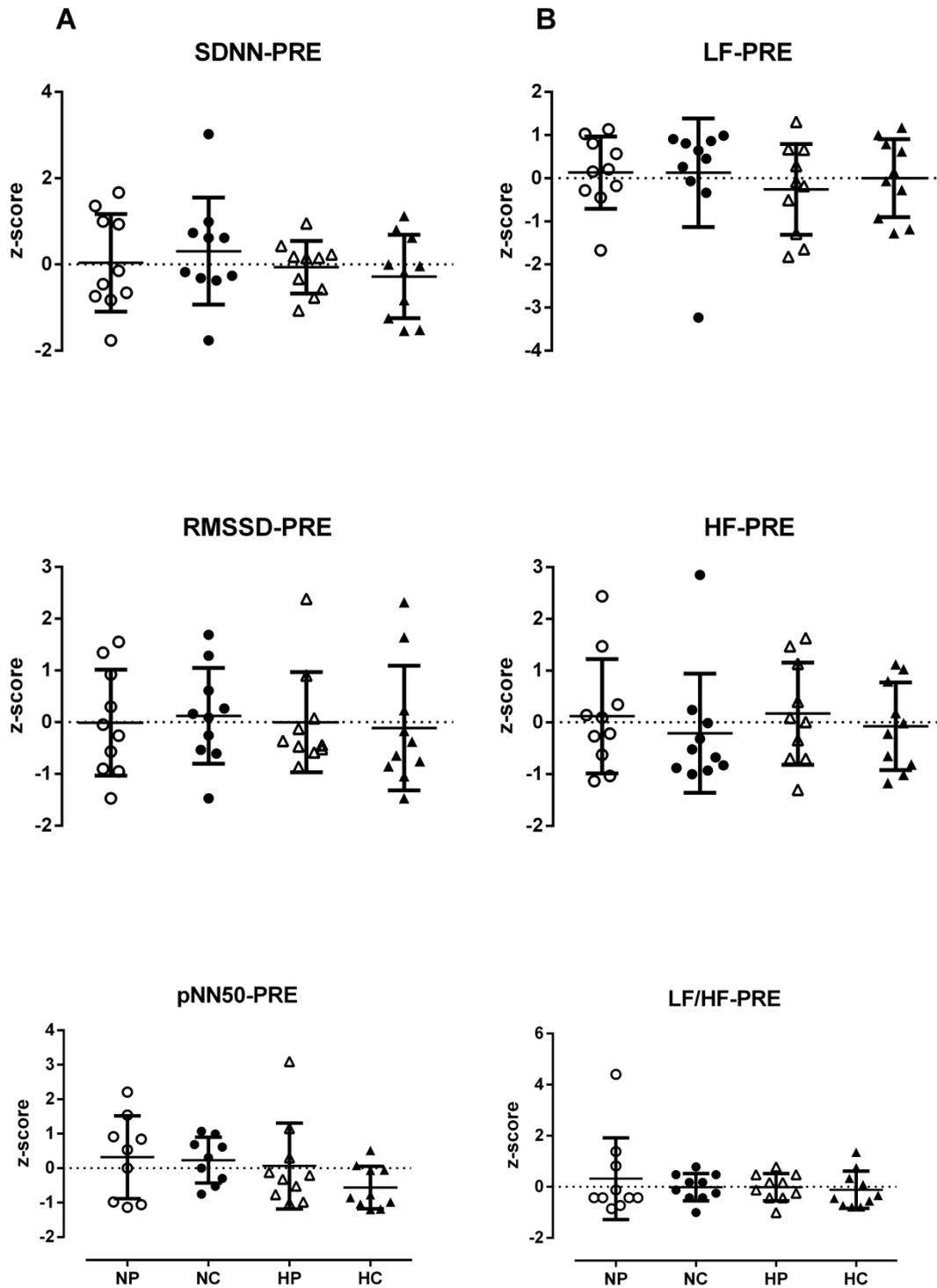


Figure 2: Pooled z-score comparisons at Pre.

NP= normotensive-placebo (open circles); NC= normotensive-citrulline malate (closed circles); HP= hypertensive-placebo (open triangles); HC= hypertensive-citrulline malate (closed triangles).

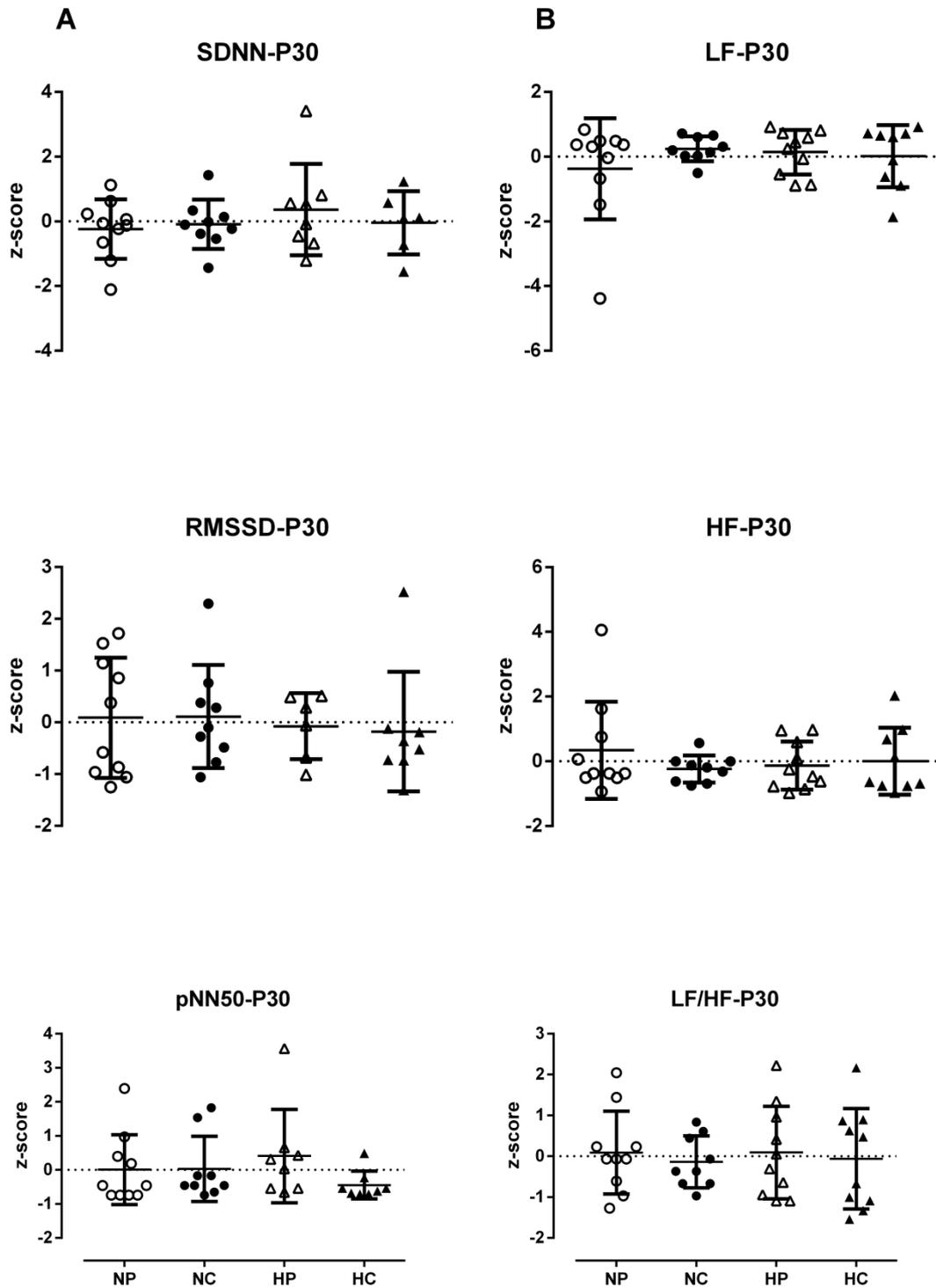


Figure 3: Pooled z-score comparisons at P30.

NP= normotensive-placebo (open circles); NC= normotensive-citrulline malate (closed circles); HP= hypertensive-placebo (open triangles); HC= hypertensive-citrulline malate (closed triangles).

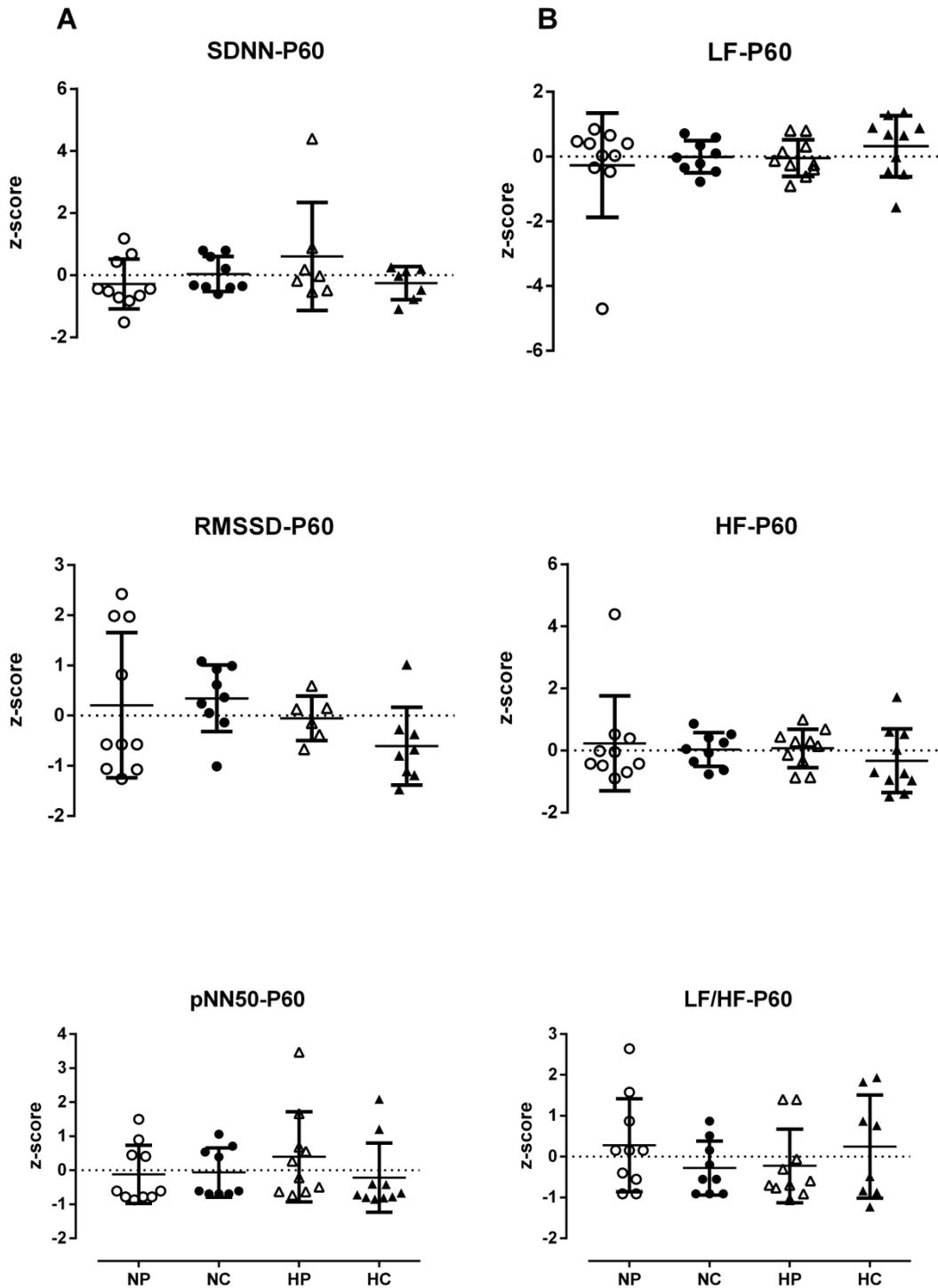


Figure 4: Pooled z-score comparisons at P60.

NP= normotensive-placebo (open circles); NC= normotensive-citrulline malate (closed circles); HP= hypertensive-placebo (open triangles); HC= hypertensive-citrulline malate (closed triangles).

APÊNDICE B – Trabalho Apresentado em Evento Científico

Título: A SUPLEMENTAÇÃO ORAL DE CITRULINA-MALATO AGUDO NÃO MELHORA A RESPOSTA AUTONÔMICA PÓS-EXERCÍCIO AERÓBIO EM SUJEITOS NORMOTENSOS E HIPERTENSOS

Palavras-Chave: Sistema nervoso autônomo, Malato de citrulina, Hipertensão, Exercício

Introdução: A monitoração de VFC após uma sessão de exercícios pode fornecer visão útil em reatividade autonômica ao estresse. Isso está em consonância com hipótese de reatividade o que sugere que as respostas cardiovasculares a um estressor podem ser preditivas de certas doenças. Algumas substâncias como L-citrulina, ajudam a desencadear respostas vasodilatadoras. O citrulina-malato (CM) é composto por uma combinação de L-citrulina que tem um papel fundamental no sistema arginina-óxido nítrico, aumentando o NO . É possível que a suplementação de CM melhore o pós-exercício- aeróbio em normotensos e hipertensos. Não há outros estudos que investigam os efeitos da suplementação aguda de CM na VFC aeróbio pós exercício. Essa compreensão pode ser de relevância clínica, uma vez que especialmente os hipertensos apresentam prejuízos na modulação autonômica. É importante estabelecer se a pressão arterial elevada pode influenciar a resposta do SNA pós-exercício à suplementação de CM.

Objetivo: Investigar se a suplementação de CM pode influenciar o pós-exercício aeróbio resposta autonômica em indivíduos normotensos e hipertensos.

Material e Métodos: 40 indivíduos sendo 20 normotensos e 20 hipertensos. Mulheres e homens. Ensaio clínico agudo randomizado de grupos paralelos, para avaliar os efeitos de uma única dose de suplementação de CM no pós-exercício aeróbio resposta autonômica em indivíduos normotensos e hipertensos. Alocados aleatoriamente em quatro grupos diferentes experimentais (Normotenso-Placebo NP); Normotenso-CM (NC); Hipertens- Placebo (HP); Hipertenso-CM (HC). Medidas antropométricas foram tomadas antes do período. Os participantes ingeriram um sachê que continha 6 gramas de CM ou placebo (amido de milho) dissolvido em água (100ml). A dose selecionada de CM foi baseada em estudos. As substâncias foram ingeridas 120 minutos antes da sessão de exercícios, o exercício foi realizado em uma esteira e consistiu em um aquecimento de 5 min (50-65%); 40 minutos de corrida /caminhada a 60/70%; e 5 min progressivo recuperação. Após exercício a VFC foi registrada continuamente por 60 min. Manhã, mesmo horário, 23 graus C.

Resultados e Discussão: Nossos resultados mostraram que não havia um considerável efeito agudo da suplementação de CM na atividade autonômica para ambos normotensos e hipertensos. O principal achado deste estudo foi que uma única dose de CM não parece ser suficiente para induzir melhorias no equilíbrio simpático vagal em indivíduos normotensos e hipertensos. Apesar de todos s cuidados metodológicos, alguns aspectos devem ser considerados. Este foi um experimento agudo conduzido para comparar os possíveis efeitos de uma única dose de CM suplementação nas respostas autonômicas pós-exercício aeróbio em normotensos e hipertensos. No entanto não deve ser assumido que os mecanismos subjacentes para

as mudanças crônicas na VFC são idênticas às das respostas agudas. Além disso interpretação da VFC como reflexo de certos aspectos da atividade autonômica cardíaca

é complicado pelo fato de que ao invés de ser uma medida direta do nervo autônomo atividade, VFC quantifica a modulação da resposta do órgão alvo o coração.

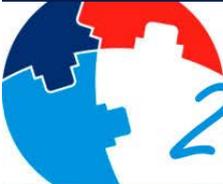
Conclusão: Dado estudos da pesquisa, verificou-se que estes resultados sugerem que uma única dose de suplementação de CM não promove efeitos significativos na modulação autonômica pós-exercício em normotensos e hipertensos.

Referências: 1- Mc Craty R, Shaffer F. Variabilidade da frequência cardíaca: novas perspectivas fisiológicas. Mecanismos, avaliação da capacidade de autorregulação e risco para saúde. *Global avanços na saúde e na medicina*. 2015;4(1):46-61. 2- Shaffer F, Ginsberg JP. Uma visão Geral das métricas de Variabilidade da frequência Cardíaca e Normas. *Fronteiras e saúde pública*. 2017; 5: 258. 3- Heponiemi T, Elovainio M, Pulkki L, Puttonen S, Raitakari O, Keltikangas-Jarvinen L. Reatividade autonômica cardíaca e recuperação na previsão da carótidaaterosclerose: o risco cardiovascular no estudo de jovens finlandeses, *Psicologia da saúde: jornal oficial da Divisão de Psicologia da Saúde, American Psychological association*. 2007; 26 (1): 13-21. 4- Treiber FA, Kamarck T, Schneiderman N, Sheffield D, Kapuku G, Taylor T. Reatividade cardiovascular e desenvolvimento de doenças pré-clínica e clínica em estados. *Medicina psicossomática*. 2003; 65 (1): 46-62. 5- Ruiz RJ, Simão R, Saccomani MG, et al.

Apoio: FUNADESP (Fundação Nacional de Desenvolvimento do Ensino Superior Particular).

ANEXO A

Certificado de Apresentação de Trabalho em Evento Científico



04 a 06
Novembro
de 2020

23^o Encontro de Atividades Científicas
Evento Online

kroton

REALIZAÇÃO

UNOPAR UNIC UNIDERP AKADEMIAS
PISAPORAS FAMA URUME

C E R T I F I C A D O

Certificamos que o trabalho **A SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE CITRULINA-MALATO NÃO MELHORA A RESPOSTA AUTONÔMICA PÓS-EXERCÍCIO AERÓBIO EM SUJEITOS NORMOTENSOS E HIPERTENSOS.**, de autoria de **ADELUCI MORAES e JULIANO CASONATTO**, foi apresentado no 23^o ENCONTRO DE ATIVIDADES CIENTÍFICAS, realizado de 04 a 06 de Novembro de 2020.

Londrina, 25 de Novembro de 2020.



Prof. Dr. Hélio Hiroshi Sugimoto
Comissão Organizadora