

**EFEITO DE UMA SESSÃO DE BEACH TENNIS SOBRE A VARIABILIDADE DE
PRESSÃO ARTERIAL DE CURTO PRAZO EM INDIVÍDUOS COM
HIPERTENSÃO: UM ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO CRUZADO**

Dissertação de Mestrado

Lucas Betti Domingues

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

FACULDADE DE MEDICINA

Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde: Cardiologia e Ciências

Cardiovasculares

**EFEITO DE UMA SESSÃO DE BEACH TENNIS SOBRE A VARIABILIDADE DE
PRESSÃO ARTERIAL DE CURTO PRAZO EM INDIVÍDUOS COM
HIPERTENSÃO: UM ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO CRUZADO**

Autor: Lucas Betti Domingues

Orientador: Dr. Rodrigo Ferrari da Silva

*Dissertação submetida como requisito para
obtenção do grau de Mestre ao Programa de Pós-
Graduação em Ciências da Saúde, Área de
Concentração: Cardiologia e Ciências
Cardiovasculares, da Universidade Federal do Rio
Grande do Sul.*

Porto Alegre

2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, louvo e bendigo Deus, pelo dom da minha vida e por conduzir os meus caminhos até aqui. Agradeço a Deus por tudo que tem surgido na minha vida, até mesmo aos obstáculos, porque nos ensinam as maiores lições e nos fortalecem para os novos desafios.

Gostaria de agradecer aos meus pais, Lourdes Betti Domingues e Jorge de Oliveira Domingues (em memória), pelo apoio incondicional, sempre acreditaram em mim e me deram todo o amor e condições para realizar os meus sonhos. À toda a minha família e amigos que, mesmo à distância, nesse momento de pandemia de COVID-19, seguem torcendo pelo meu sucesso e felicidade.

Agradeço especialmente ao meu orientador, Prof. Dr. Rodrigo Ferrari, pela confiança depositada em mim, pelos longos anos de ensinamento científico, pelos conselhos e incentivo na minha jornada acadêmica, sempre esteve disponível para passar o seu conhecimento. O senhor está permitindo que eu realize um sonho de vida, meu mais sincero muito obrigado!

À Profa. Dra. Sandra Costa Fuchs, além de aceitar participar da banca, por compartilhar toda a estrutura do laboratório PREVER e pelo incentivo na busca do conhecimento científico. E, por permitir que frequentasse as dependências do laboratório e das reuniões do seu grupo de estudo.

Aos demais membros da banca, Profa. Dra. Aline Mendes Gerage e Prof. Dr. Giovani dos Santos Cunha, que gentilmente aceitaram participar e colaborar com esta dissertação.

Agradeço ao Dr. Otávio Azevedo Bertoletti e Ozi Barcellos pela disponibilização do *software* que facilitou os cálculos de variabilidade dos parâmetros extraídos das MAPAs.

À todos professores e colaboradores do Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde: Cardiologia e Ciências Cardiovasculares, pelo excelente ensino de qualidade que o programa oferece.

Por fim, agradeço aos integrantes do Grupo de Estudos em Treinamento Físico e Esportes (GET-HCPA), Leandro Carpes, Natália Jung, Vinicius Schneider, Paula Frank, e alunos de iniciação científica, pela amizade, convivência e disposição. Agradeço especialmente ao Leandro de Oliveira Carpes e Guilherme Sesin pelo convívio diário no laboratório e companhia nos congressos de cardiologia.

MENSAGEM

“Existem muitas hipóteses em ciência que estão erradas. Isso é perfeitamente aceitável, elas são a abertura para achar as que estão certas”.

Carl Sagan

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Hipertensão Arterial Sistêmica.....	13
2.2 Variabilidade de Pressão Arterial	14
2.3 Exercício Físico e Pressão Arterial.....	18
2.4 Exercício Físico e Variabilidade de Pressão Arterial	20
3. JUSTIFICATIVA	26
4. OBJETIVOS.....	27
4.1 Objetivo Geral	27
4.2 Objetivos Específicos	27
5. REFERÊNCIAS	28
6. ARTIGO ORIGINAL.....	34
7. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PA - Pressão Arterial

HAS - Hipertensão Arterial Sistêmica

BT - Beach Tennis

Con - Controle

VRM - Variabilidade Real Média

DP - Desvio-padrão

CV - Coeficiente de variação

MAPA - Monitorização Ambulatorial de Pressão Arterial

RESUMO

Introdução: A variabilidade da pressão arterial (PA) é um importante fator de risco cardiovascular, independentemente dos valores médios de PA. Diferentes modalidades de exercício físico, em especial os esportes recreativos, tem ganhado importância no cenário clínico como estratégia não-farmacológica para prevenção redução dos níveis médios de PA em indivíduos com hipertensão. No entanto, o benefício dos esportes recreativos sobre a variabilidade da PA permanece desconhecido.

Objetivo: Avaliar o efeito de uma sessão de *beach tennis* sobre a variabilidade de PA de curto prazo em indivíduos com hipertensão.

Métodos: Trata-se de um ensaio clínico randomizado cruzado, no qual 24 indivíduos hipertensos (12 homens e 12 mulheres, média de idade de 48 anos) foram randomizados em ordem aleatória (1:1) a duas sessões experimentais: sessão *beach tennis* (BT) e sessão controle, sem exercício (Con). BT iniciou com aquecimento padronizado de 5-min, composto por exercícios técnicos da modalidade, seguido de 3 minijogos com duração de 12-min e intervalos de 2-min entre eles. Durante Con, os participantes permaneceram em repouso sentado. Ambas as intervenções tiveram duração de 45-min. Medidas de PA e frequência cardíaca no consultório foram realizadas após 20-min em repouso, imediatamente após cada um dos sets em BT e nos intervalos de tempo equivalentes em C (intervalos de 15-min), e no período de recuperação, em intervalos de 15-min por 45-min, após finalizar as intervenções. A variabilidade de curto prazo da PA sistólica e diastólica foi calculada através da variabilidade real média (VRM) nos períodos diurno, noturno e 24 horas. Para estimar a demanda cardiovascular de BT, o duplo produto foi calculado através das medidas de PA e frequência cardíaca registradas durante as sessões experimentais e durante o monitoramento ambulatorial.

Resultados: Reduções significativas foram observadas após a sessão BT na variabilidade de PA, expressa pela VRM diastólica no período de 24 horas ($\Delta -0.9 \pm 0.4$; $p = 0.049$) e no período diurno (-1.4 ± 0.5 ; $p = 0.004$), quando comparado a sessão Con. Não foram observadas reduções significativas na VRM sistólica durante a monitorização ambulatorial e diastólica durante o período noturno ($p > 0,05$). Durante a sessão BT, o duplo-produto permaneceu significativamente elevado (10331 ± 750 ; $p < 0.001$), quando comparado a sessão Con. Durante o monitoramento ambulatorial, o duplo produto permaneceu em níveis semelhantes após a sessão BT, quando comparado com a sessão Con (8491 ± 297 vs. 8603 ± 270 ; $p = 0,493$).

Conclusão: Uma sessão de BT reduz a variabilidade de curto prazo da PA diastólica pelo período de 24 horas e no período diurno em indivíduos com hipertensão.

Palavras-chave: Atividade física; Pressão arterial; Hipotensão pós-exercício; Fator de risco cardiovascular

1. INTRODUÇÃO

A elevação sustentada da pressão arterial (PA) sistólica e diastólica, condição clínica multifatorial denominada hipertensão arterial sistêmica (HAS), é considerada o principal fator de risco cardiovascular e mortalidade cardiovascular (1,2). Estima-se que a prevalência de hipertensão na população adulta seja de 30% chegando a 68% em indivíduos idosos. Devido a sua alta prevalência e baixas taxas de controle, a HAS constitui-se um importante problema de saúde pública no Brasil e no mundo (3,4).

Embora a HAS seja considerada o principal fator de risco cardiovascular, flutuações exacerbadas da PA, denominada alta variabilidade de PA, são consideradas preditor de risco cardiovascular e mortalidade, independentemente dos níveis médios de PA (5–7). Diversos estudos observacionais mostram que alta variabilidade de PA está associada à elevada mortalidade cardiovascular (6,8) e danos em órgãos alvo (9–11). A partir dessas evidências, pode-se considerar a variabilidade de PA uma variável prognóstica do risco cardiovascular e um alvo terapêutico complementar para indivíduos com hipertensão (12).

Além do tratamento usual da HAS através do uso de medicamentos, mudanças no estilo de vida, entre as quais destaca-se a prática regular de exercício físico, podem auxiliar na prevenção e tratamento dessa condição (13–16). A redução crônica da PA associada ao exercício físico parece estar associada ao somatório das diminuições agudas decorrentes de uma sessão de exercício, fenômeno descrito como hipotensão pós-exercício (17,18). Grande parte dos estudos disponíveis avaliaram os benefícios de uma sessão de exercício físico sobre os valores médios de PA (i.e., hipotensão pós-exercício) (19–22). No entanto, poucos estudos avaliaram os efeitos decorrentes de uma sessão de exercício sobre a variabilidade de PA e os resultados apresentados são controversos (23,24).

Embora os modelos tradicionais de exercício tenham maior volume de evidências e sejam alvo das principais recomendações de atividade física na HAS, algumas limitações são apontadas para participação continuada em programas de exercício físico, como a baixa motivação para se exercitar individualmente ou adesão insuficiente às modalidades tradicionais de exercícios (25,26). Nesse sentido, os esportes recreativos surgem como uma alternativa às modalidades tradicionais de exercícios, apresentando aspecto competitivo e componente social que podem melhorar a motivação e adesão dos participantes (27).

O *beach tennis* é um esporte de raquete praticado em uma quadra de areia, que pode ser jogado individualmente (i.e., 1 vs. 1) ou em duplas (i.e., 2 vs. 2), e pode ser realizado por diferentes faixas etária, níveis de condicionamento físico e habilidade. Embora essa modalidade seja recente, no Brasil, a prática recreacional de *beach tennis* vem ganhando muitos adeptos em função da facilidade de sua prática e não necessitar de muitos participantes (28). Mais recentemente, nós descrevemos resultados mostrando o efeito hipotensor decorrente de uma sessão de *beach tennis* (29). Entretanto, os efeitos agudos sobre a variabilidade de PA após uma sessão de *beach tennis* permanecem desconhecidos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Hipertensão Arterial Sistêmica

A elevação sustentada da pressão arterial (PA), chamada de hipertensão arterial sistêmica (HAS), assume condição marcante a partir da quarta década de vida, sendo mais prevalente com o avanço da idade (3,4). A HAS é caracterizada pela elevação sustentada da PA sistólica ou diastólica acima de 140 ou 90 mmHg (14), e está associada ao aumento do risco cardiovascular e mortalidade (1,2). Por outro lado, reduções de 20 mmHg na PA sistólica e 10 mmHg na PA diastólica, reduzem em 50% a chance de eventos cardiovasculares em indivíduos com HAS (30), sendo considerada um dos principal alvo terapêutico no manejo das doenças cardiovasculares (31).

Estima-se que, mundialmente, 7,6 milhões de mortes prematuras são atribuídas às consequências dos altos valores de PA, sendo que 54% dos acidentes vasculares cerebrais e 47% das doenças isquêmicas do coração são atribuídas a níveis pressóricos elevados (32). No Brasil e na Europa (14,33), diferentemente dos EUA (13), o critério para diagnóstico e avaliação da HAS é 140/90 mmHg de PA sistólica/diastólica, ou uso contínuo de medicamentos anti-hipertensivos. No Brasil, tendo em visto o critério 140/90 mmHg, estima-se que a prevalência de HAS é de 32,5 % na população adulta e em torno de 60% em indivíduos idosos (3,4).

De acordo com a recente diretriz americana de prevenção, detecção, avaliação e manejo da HAS, foi estabelecido um critério diferenciado para diagnóstico da HAS (i.e., 130/80 mmHg de PA sistólica/diastólica), para aqueles indivíduos com maior risco cardiovascular (13). Além da mudança do critério diagnóstico da HAS, essa diretriz salienta a importância das recomendações não-farmacológicas como estratégia terapêutica primária para aqueles indivíduos com PA sistólica entre 120 e 139 mmHg e PA diastólica entre 80 e 89

mmHg. Da mesma forma, para indivíduos com doença cardiovascular prévia ou risco aumentado de doenças cardiovasculares, recomenda-se a prática regular de exercício físico como primeira linha de tratamento da HAS (13).

A prevalência elevada e baixas taxas de controle fazem da HAS um dos principais fatores de risco modificáveis e um dos mais importantes problemas de saúde pública ao redor do mundo (34–36). Embora o tratamento padrão da HAS seja feito através do uso de medicamentos, mudanças no estilo de vida são capazes de auxiliar na prevenção e tratamento dessa condição. Dentre essas mudanças, a prática regular de exercícios físicos vem recebendo grande atenção por parte da comunidade científica, tanto por proporcionar efeitos crônicos na redução de PA, decorrentes do engajamento em um programa de treinamento físico (37,38), quanto pelos efeitos agudos, identificados após uma única sessão de exercício físico (i.e., hipotensão pós-exercício) (19–22).

2.2 Variabilidade de Pressão Arterial

Durante as últimas décadas, evidências apontam que, em adição aos valores absolutos de PA, alta variabilidade de PA está associada a desfechos cardiovasculares, independentemente dos valores médios de PA (5–7). A flutuação exacerbada da PA sobre o tempo (i.e., alta variabilidade de PA) está associada ao aumento na mortalidade por qualquer causa de 15% (IC95%: 1,09 – 1,22) e mortalidade cardiovascular de 18% (IC95%: 1,09 – 1,2) (5). Além disso, diversos estudos clínicos e epidemiológicos sugerem que alta variabilidade da PA também está associada ao desenvolvimento, progressão e severidade de dano cardíaco, renal e vascular em indivíduos com HAS (10,11,39–42), e declínio cognitivo em pacientes idosos hipertensos (43). Ainda, indivíduos com alto risco cardiovascular quando comparado àqueles de menor risco, o aumento na variabilidade de PA parece ter um grande poder prognóstico e pode auxiliar no refinamento do risco cardiovascular na HAS (44).

Flutuação na PA é um fenômeno complexo, com variações de curto e longo prazo, resultante da interação de componentes ambientais, humorais, comportamentais e neurais (45). Dada a complexidade desse fenômeno, a variabilidade de PA pode ser mensurada usando diferentes protocolos e métodos através do registro de PA em diferentes intervalos de tempo entre as medidas: batimento-a-batimento (i.e., muito curto prazo), medida-a-medida (i.e., curto prazo), visita-a-visita ou ainda durante as mudanças sazonais (i.e., longo prazo) (8,46). O monitoramento da PA residencial e no consultório reflete a variabilidade de longo prazo e reflete as variações da PA em repouso. Por sua vez, PA ambulatorial mensura a variabilidade de curto prazo e reflete as flutuações da PA que ocorrem no período diurno e noturno durante as atividades de vida diária (6).

Os mecanismos que associam a variabilidade de PA com eventos cardiovasculares não estão completamente entendidos. Um estudo prévio mostrou que a concordância é baixa entre os diferentes métodos de registro da variabilidade de PA, sugerindo que a variabilidade de curto prazo e longo prazo refletem fenômenos fisiológicos e patológicos diferentes (46). Portanto, a relevância clínica de cada um dos tipos de medidas dependem do método escolhido e do intervalo de tempo entre cada medida, uma vez que diferentes mecanismos e fatores extrínsecos podem determinar a flutuação da PA (44,47).

Mais especificamente, a variabilidade de PA de curto prazo, objeto de interesse da presente dissertação, é modulada por fatores ambientais, comportamentais, emocionais, e postural sobre fisiologia do sistema cardiovascular e ritmo cardíaco (45,48). Prejuízos na estrutura e função vascular também contribuem para no aumento da variabilidade de PA tanto de curto prazo quanto de longo prazo em pacientes com HAS (49,50). Além disso, a variabilidade de PA tem sido considerada como um importante marcador fisiológico de controle do sistema nervoso autônomo, uma vez que maiores flutuações na PA podem estar associadas a prejuízos no sistema autônomo o que resulta em altos valores de PA (40,41).

Além dos diferentes métodos e intervalos de tempo, a quantificação da variabilidade de PA pode ser realizada por diferentes modelos matemáticos, sendo que grande parte dos estudos observacionais e ensaios clínicos reportaram a variabilidade de PA usando dois principais índices de variação: o desvio padrão e o coeficiente de variação (5,8,51).

O desvio padrão é amplamente utilizado na literatura científica como medida de dispersão de um conjunto de dados. Ele estima o quanto, em média, cada valor se distancia da própria média aritmética, e tem como principal característica preservar a unidade de medida original das observações (52).

Outro modelo matemático de dispersão utilizado para expressar a variabilidade de PA é o coeficiente de variação. Ele refere-se à divisão entre o desvio padrão e a média de uma distribuição. Ao contrário do desvio padrão, o coeficiente de variação não preserva a unidade de grandeza da variável, permitindo comparar a variabilidade existente da distribuição de uma variável aferida por diferentes escalas de medida (52).

Embora esses coeficientes sejam os mais utilizados na literatura científica para expressar a variabilidade de PA, alguns estudos que utilizaram esses índices não mostraram resultados significativos ou a significância estatística se perdeu na presença de outros fatores de risco conhecidos (53). Portanto, foi proposto um novo índice de variabilidade denominado variabilidade real média (VRM). Esse índice representa a diferença absoluta entre duas medidas consecutivas de maneira a evidenciar a verdadeira variabilidade medida-a-medida (51). A figura 1 apresenta o modelo matemático da VRM que quantifica de forma sequencial a variabilidade de PA.

$$ARV = \frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^{N-1} |BP_{k+1} - BP_k|$$

Figura 1. Modelo matemático da variabilidade real média da pressão arterial. **N** representa o número de leituras de pressão arterial válidas no monitoramento ambulatorial, **BP** representa o valor de absoluto da pressão arterial.

Fonte: adaptado de (Mena *et al.* 2005)

A variabilidade de PA quantificada pelo desvio padrão e pelo coeficiente de variação refletem a mesma limitação: a dispersão da PA em torno de um único valor (a média), não levando em consideração a ordem em que as variações mais significativas ocorrem. Por exemplo, na Figura 2a o comportamento da variabilidade de PA é menor se comparado com aquele mostrado na Figura 2b. No entanto, a variabilidade detectada pelo desvio padrão é a mesma em ambas as figuras. Sugerindo que, o desvio padrão, pode não refletir de forma apropriada a variabilidade dos dados.

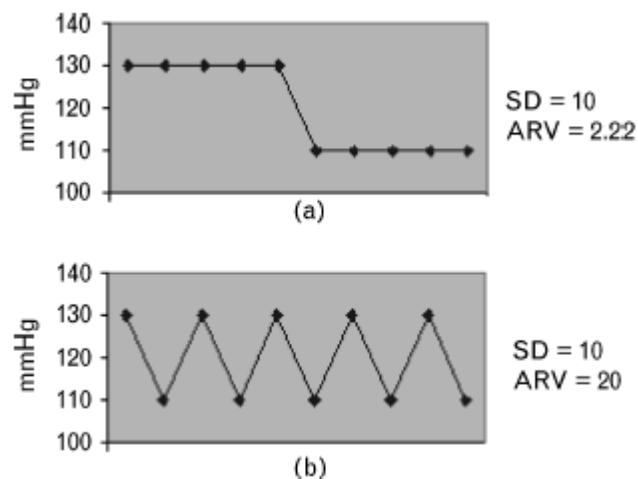


Figura 2. Variabilidade de pressão arterial em dois comportamentos distintos da pressão arterial sistólica. SD: *standard deviation*; ARV: *average real variability*.

Fonte: adaptado de Mena *et al.* 2005.

A partir das limitações acima apontadas e tendo em vista o seu maior valor prognóstico, a VRM é um índice que melhor estima a variabilidade da PA comparado com outros índices de variação (53), e sua utilização é indicada especialmente no monitoramento ambulatorial de PA (54). Recomenda-se um mínimo de 48 leituras válidas durante o período de monitoramento de 24 horas para calcular a VRM das medidas consecutivas sem perda significativa de informações prognósticas.

O monitoramento ambulatorial de PA é reconhecido como o padrão ouro para aferição da PA devido ao seu maior valor prognóstico, quando comparado a outras formas de aferição da PA (55,56). De acordo com as recomendações europeias, os exames ambulatoriais de PA são considerados válidos quando pelo menos 70% das leituras esperadas são registradas com sucesso (57). O elevado número de medidas e o monitoramento noturno obtidos apenas na monitorização ambulatorial de PA garantem maior precisão e acurácia para análise da variabilidade da PA de curto prazo (54).

2.3 Exercício Físico e Pressão Arterial

O exercício físico é considerado uma estratégia não-farmacológica capaz de auxiliar na prevenção e redução dos níveis elevados de PA (58) e é recomendado nas principais diretrizes de HAS (13,14,33). Resultados de diferentes metanálises destacam o efeito hipotensor decorrente da realização de treinamento aeróbico (38), resistido (59) e combinado (i.e., exercício aeróbico + resistido) (37) em indivíduos com HAS.

Ao avaliar o impacto do treinamento aeróbico sobre a PA em indivíduos normotensos e hipertensos, uma metanálise prévia (60), reunindo 37 estudos e 847 participantes, demonstrou redução significativa da PA sistólica -4,06 mmHg (IC95%: -5.19 a -2.93) e diastólica -2,77 mmHg (IC95%: -3.58 a -1.97) no período de 24 horas, aferida pelo método ambulatorial. No período diurno, foram demonstradas reduções importantes na PA sistólica -

3,78 mmHg (IC95%: -5,09 à -2,47) e diastólica -2,73 mmHg (IC95%: -3.57 à -1.89), aferidas pelo método ambulatorial ou residencial. No período noturno, foi demonstrado redução significativa da PA sistólica -2,35 mmHg (IC95%: -3.26 à -1.44) e diastólica -1,7 mmHg (IC95%: -2.45 à -0.95), aferida pelo método ambulatorial.

O efeito anti-hipertensivo do treinamento aeróbico parece ser ainda mais relevante naqueles indivíduos com PA sistólica ou diastólica acima de 130/85 mmHg. Outra metanálise que avaliou o efeito hipotensor desta modalidade em hipertensos, mostrou redução na PA sistólica de -8,3 mmHg (IC95%:-10,7 a -6,0) e PA diastólica de -5,2 mmHg (IC95%: -6,8 a -3,4) (37). Atualmente, o exercício aeróbico é considerado o principal tipo de exercício para prevenção e tratamento da HAS e possui grau de recomendação I e nível de evidência A (61).

O treinamento resistido dinâmico parece promover reduções na PA similares aquelas reportadas com o treinamento aeróbico (59). Em metanálise prévia foram agrupados 64 estudos controlados (71 intervenções) e reuniu 2344 participantes com média de idade de 47,2 anos com pré-hipertensão. Neste estudo, maiores reduções na PA sistólica/diastólica \approx 6/5 mmHg foram demonstradas em indivíduos com hipertensão, se comparado com as amostras pré-hipertensas \approx 3/3 mmHg ou normotensas \approx 0/1.

O treinamento combinado adiciona exercícios resistidos dinâmicos e exercício aeróbico em uma mesma sessão de exercício. Em estudo prévio realizado com indivíduos idosos hipertensos, o efeito hipotensor de uma sessão de treinamento combinado (- 6 mmHg) foi similar ao de uma sessão de exercício aeróbico (-5 mmHg) na PA diastólica avaliada na primeira hora pós-exercício. No entanto, essa redução não foi sustentada por períodos mais prolongados de tempo, em que apenas a sessão de exercício aeróbico reduziu a PA diastólica no período diurno (22). Em metanálise prévia que agrupou estudos com indivíduos pré-hipertensos e hipertensos, não foi detectado reduções significativas na PA para o treinamento

combinado. Entretanto, na metanálise mais recente sobre o tema foi demonstrado reduções importantes na PA sistólica – 6 mmHg (IC95% -8,17 a -4,82) daqueles que realizaram treinamento combinado, sendo esses resultados similares ao encontrado no treinamento aeróbico (62).

A maior parte dos benefícios do exercício sobre a PA são acessados através dos modelos tradicionais de exercício físico (16). No entanto algumas limitações são apontadas para participação continuada em programas de exercício físico, como a baixa motivação para se exercitar individualmente ou adesão insuficiente às modalidades tradicionais de exercícios (25,26). Nesse sentido, o esporte recreacional pode ser uma interessante alternativa às modalidades tradicionais de exercícios, capaz de reduzir a monotonia e promovendo altos níveis de divertimento durante a sua prática (27,29).

Em metanálise prévia que agrupou 23 estudos (21 com intervenção de Futebol e dois com intervenção de Rugby) e reuniu 902 participantes adultos, foi demonstrado redução de -5,71 mmHg (IC 95%: -7,98 a -3,44) na PA sistólica e de -3,36 mmHg (IC 95%: -4,93 a -1,78) na PA diastólica de indivíduos adultos após um período de treinamento crônico (63). Recentemente, nós descrevemos reduções na PA sistólica -6,4 mmHg (IC95%: -11.2 a -1.7) e diastólica -3,4 (IC95%: -6,2 a -0,5) ao longo de 24 horas após uma sessão de *beach tennis* (29).

2.4 Exercício Físico e Variabilidade de Pressão Arterial

Nos últimos anos, inúmeros estudos clínicos e revisões sistemáticas demonstraram os benefícios de diferentes modalidades de exercício físico sobre a redução dos valores médios da PA (58). No entanto, os potenciais benefícios agudos e crônicos do exercício físico sobre a variabilidade da PA permanecem pouco explorados.

Tanto quanto foi possível detectar, apenas três estudos avaliaram os efeitos agudos decorrentes de diferentes sessões de exercício físico sobre a variabilidade de PA de curto prazo (23,24,64). Independentemente da redução dos valores médios de PA, uma sessão de exercício combinado (i.e., exercício aeróbico e resistido) reduziu a variabilidade de curto prazo, expressa pela VRM, da PA sistólica nos períodos de 24 horas (Δ -1,4 mmHg) e diurno (Δ -1,4 mmHg), e da PA diastólica (Δ -1,4 mmHg), quando comparado as sessões tempo-equivalentes de exercício aeróbico realizado de forma contínua ou intervalada, em indivíduos com hipertensão (24). Por outro lado, em outro estudo sobre o tema, foi investigado o impacto de uma sessão de exercício combinado sobre a VRM da PA sistólica diastólica e média em mulheres pós-menopausa com hipertensão. Foi demonstrado reduções na VRM da PA sistólica (-1,9 mmHg) e média (-1,2 mmHg), quando comparado aos respectivos valores pré-intervenção (23).

Em outros dois estudos sobre o tema, quando comparado à uma sessão controle (sem exercício), uma sessão de exercício de potência não reduziu a VRM da PA sistólica e diastólica de indivíduos com hipertensão (Dados não publicados; Registro: ClinicalTrial.gov n° NCT03615625) e uma sessão de Mat Pilates não reduziu a variabilidade de curto prazo de PA, expressa pela VRM e desvio padrão, em mulheres normotensas pós-menopausa (64). Esses resultados sugerem que, de forma aguda, diferentes tipos de exercício exercem efeitos díspares na resposta da variabilidade de curto prazo da PA.

Outros estudos avaliaram os efeitos crônicos de programas de treinamento aeróbico (65–67), resistido (68,69) e combinado (23,70) sobre a variabilidade de PA de curto prazo e de muito curto prazo (i.e., variabilidade de PA analisada batimento-a-batimento), em indivíduos com hipertensão.

Um ensaio clínico demonstrou reduções na variabilidade de curto prazo, aferida pela VRM, da PA sistólica após 12 semanas de exercício aeróbico isolado ou combinado com exercício resistido em adultos de meia-idade com hipertensão (70). Por outro lado, após 12 semanas de um programa de treinamento aeróbico, não foi demonstrado a redução na variabilidade de PA de curto prazo em indivíduos hipertensos (65).

Em um grande ensaio clínico sobre o tema, com seguimento de 5 anos, não foi observadas reduções significativas na variabilidade de PA de muito curto prazo após um programa de exercício aeróbico de baixa intensidade, em homens idosos com hipertensão (66).

Outro estudo que avaliou indivíduos adultos saudáveis mostrou que, independentemente da realização de um programa de exercícios aeróbico ou resistido por 12 semanas, não foi demonstrado benefício sobre a redução da variabilidade de PA de muito curto prazo (68).

Em outro ensaio clínico sobre o tema, usando desenho cruzado, quatro semanas de treinamento resistido isométrico (i.e., agachamento apoiado na parede) reduziu a variabilidade de PA, detectada pela variabilidade real média da PA sistólica nos períodos de 24 horas (Δ -2,3 mmHg) e diurno (Δ -2,5 mmHg), e da variabilidade de PA diastólica no período noturno (Δ -2,2 mmHg).

Para uma melhor compreensão do estado da arte, a tabela 1 apresenta um detalhamento dos principais estudos que avaliaram agudamente e cronicamente os efeitos do exercício aeróbico, resistido e combinado sobre a variabilidade de PA em indivíduos hipertensos e normotensos.

Tabela 1. Característica dos estudos sobre diferentes tipos de exercício físico em indivíduos normotensos e hipertensos, com ênfase nos resultados de variabilidade de PA

	Autor / Ano / Revista	N	Idade (anos)	Sexo	Condição clínica	Índice de variabilidade	Tipo de variabilidade
Estudos Agudos	Matias et al. 2020 Clin J Physiol	14	68,5 ± 8,2	Feminino	Pós-menopausa/ Hipertensão	Variabilidade real média Desvio padrão	Curto prazo
	Caminiti et al. 2019 Eur J Prev Cardiol	21	63 ± 7,2	Masculino	Hipertensão	Variabilidade real média	Curto prazo
	Batista et al. 2020 Rev Bras Fisiol Exerc	15	52,8 ± 3,9	Feminino	Pós-menopausa/ Normotensão	Variabilidade real média Desvio padrão	Curto prazo
	Carpes et al. 2021* Front Physiol	24	67 ± 5	Masculino/ feminino	Hipertensão	Variabilidade real média	Curto prazo
Estudos Crônico	Matias et al. 2020 Clin J Physiol	14	68,5 ± 8,2	Feminino	Hipertensão/ pós- menopausa	Desvio padrão Variabilidade real média	Curto prazo
	Caminiti et al. 2021 J Appl Physiol	55	AE: 67,6 ± 6,6 EC: 69 ± 10,4	Masculino	Hipertensão	Variabilidade real média Desvio padrão	Curto prazo
	Taylor et al. 2018 J Hypertens	24	43,8 ± 7,3	Masculino/ feminino	Hipertensão	Variabilidade real média	Curto prazo
	Mariano et al. 2020 Blood Press Monit	26	HT: 52,7 ± 5,3 NT: 58,9 ± 3,9	Feminino	Hipertensão / Normotensão	Variabilidade real média Desvio padrão	Curto prazo
	Pagonas et al. 2014 J Human Hypertens	72	EA: 65,3 (42-79) C: 67,7 (43-77)	Masculino/ feminino	Hipertensão	Coefficiente de variação (%)	Curto prazo
Lindgren et al. 2013 Psychosom Med	149	EA: 30,3 ± 0,8 ER: 31,3 ± 0,9	Masculino/ feminino	Adultos saudáveis	Variabilidade de PA de baixa frequência (ln mmHg ²)	Variabilidade de muito curto prazo	
Izdebska et al. 2004 J Physiol Pharmacol	48 (HT: 30; NT: 18)	HT: 23 ± 1,1 NT: 22,9 ± 0,4	Masculino	Hipertensão/ Normotensão	Variabilidade de PA de baixa frequência (ln mmHg ²)	Variabilidade de muito curto prazo	
Uusitalo et al. 2003	89	EA: 57,4 ± 2,9 C: 57,5 ± 2,9	Masculino	Hipertensão/ Normotensão	Variabilidade de PA de baixa frequência (ln mmHg ²)	Variabilidade de muito curto prazo	

EA: exercício aeróbico; ER: exercício resistido; EC: exercício combinado; EP: exercício de potência; DP: desvio padrão;

VRM: variabilidade real média; HT: hipertenso; NT: normotenso; C: intervenção controle

* Artigo ainda não publicado

Tabela 1. (Continuação)

Intervenção C	Intervenção E1	Intervenção E2	Intervenção E3	Δ VPA sistólica (mmHg)	Δ VPA diastólica (mmHg)
-	EA: 20-min; Zona de FC do segundo liminar ventilatório ER: 7 exercícios; 2x15 repetições; 60 - 70% 1RM	-	-	E1 (DP ₂₄): 2 E1 (DP _{dn}): 1,7 E1 (VRM ₂₄): 1,9	E1 (DP ₂₄): -0,9 E1 (DP _{dn}): -0,8 E1 (VRM): NS
-	EA contínuo: 60-min; 55 - 70% do VO _{2max}	EA intervalado: 3x5-min / 80 - 95% do VO _{2max} ; 3x15-min / baixa intensidade	EA: 30 min; 55 - 70% do VO _{2max} ER: 30 min; 10 repetições; 30% da força muscular máxima	E1: NS E2: NS E3: 1,4	E1: NS E2: NS E3: 1,4
Sem exercício 50-min em repouso	MP: 50-min; 1x10 repetições; 45-seg repouso; Exercícios com peso corporal e materiais	-	-	NS	NS
Sem exercício 40-min em repouso	EP: 5 exercícios; 3x10 repetições; 50% 1RM	-	-	NS	NS
-	EC: 3 x sem (10 sem) EA: 20-min; Zona de FC do segundo liminar ventilatório; ER: 7 exercícios; 2 x 15 repetições; 60 - 70% 1RM	-	-	NS	NS
-	EA: 60-min; velocidade correspondente PSE 13-14	EA: 40-min; PSE 13 - 14 ER: 2x10 repetições; 60% 1RM; 2-min de intervalo	-	DP: NS; E1 (VRM ₂₄): -0,8 E1 (VRM _{dn}): -0,9 E2 (VRM ₂₄): -1,7 E2 (VRM _{dn}): -1,5 E2 (VRM _{in}): -1,4	NS
4 semanas de período controle	ER isométrico: 4 semanas de seguimento; 3x por semana; 4 séries x 2 minutos; agachamento apoiado na parede	-	-	E1 (VRM ₂₄): -2,3 E1 (VRM _{dn}): -2,5	E1 (VRM _{in}): -2,2
-	EC: 10 semanas; 2-3 x por semana; EA: 25-min; 5,5 km/h; intensidade: primeiro e segundo limiar ventilatório; ER: 7 exercícios; 2x15 repetições; 60% 1RM	-	-	NT: NS HT: NS	NT: NS HT: NS
10 - 12 semanas de período controle	EA: 10 - 12 semanas; 3xsemana; 30 - 36 minutos/sessão; Intensidade correspondente a concentração de lactato $2 \pm 0,5$ mmol/l ¹	-	-	NS	NS
-	EA: 12 semanas de seguimento; 3-4 x semana; 45-60 min; 70% FC _{max}	ER: 12 semanas de seguimento; 3-4 x semana; 7 exercícios; 3x10 RM; incrementos de 5l/sem ²	-	NS	NS
-	EA: 12 semanas de seguimento; 3x semana; 60 min; 50% VO _{2max}	-	-	NT: NS HT: - 7,9	-
Período controle	EA: seguimento de 5 anos; 3-5x semana; 30-60 min; 40-60% VO _{2max}	-	-	NS	NS

De acordo com os achados apresentados na Tabela 1, pode-se sugerir que o exercício combinado apresenta os melhores benefícios na redução da variabilidade de PA de curto prazo tanto em estudos com delineamento agudo (23,24) quanto crônico (70). A grande maioria dos estudos investigaram o impacto do treinamento aeróbico realizado de forma isolada e treinamento combinado sobre a variabilidade de PA. Apenas um estudo avaliou os impactos do exercício resistido sobre a variabilidade de PA de curto prazo de indivíduos com hipertensão não controlada (69). Há um leque de evidências que pode ser explorado em estudos futuros para comparar o impacto dos diferentes tipos, volume e intensidade de exercício sobre a variabilidade PA e seus possíveis mecanismos envolvidos na sua modulação.

Os diferentes achados entre os estudos citados na Tabela 1 podem ser explicados pela utilização de diferentes modalidades de exercício, e diferentes índices para estimar a variabilidade de PA (coeficiente de variação e desvio padrão), e intervalos de tempo (66–68). A variabilidade real média comparado com outros índices de variabilidade, demonstra forte associação com risco cardiovascular na população hipertensa (71). Ainda, os estudos que calcularam a variabilidade de PA de curto prazo usando o desvio padrão ou coeficiente de variação, não mostraram efeitos significativos de diferentes programas de treinamento físico na variabilidade de PA (23,65).

3. JUSTIFICATIVA

A partir das lacunas previamente citadas, referentes a escassez de estudos que avaliaram o impacto agudo de diferentes sessões de exercício físico sobre a variabilidade de PA e os seus resultados inconclusivos. Além disso, tendo em vista a importância da variabilidade de PA no cenário das doenças cardiovasculares e a necessidade de se conhecer os efeitos de modalidades alternativas, como o *beach tennis*, sobre a variabilidade de PA em indivíduos com HAS, constituem a base da justificativa para a busca de treinamentos que aumentem a adesão dos participantes e ao mesmo tempo sejam eficientes para reduzir os níveis médios de PA e sua variabilidade.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito agudo de uma sessão de *beach tennis* sobre a variabilidade da PA, em período de curto prazo, em indivíduos com hipertensão arterial.

4.2 Objetivos Específicos

Avaliar a variabilidade da PA sistólica e diastólica através do índice de variabilidade real média nos períodos diurno, noturno e de 24 horas, aferida através do monitoramento ambulatorial da PA.

5. REFERÊNCIAS

1. Chobanian AV, Bakris GL, Black HR, Cushman WC, Green LA, Izzo JL, et al. The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure: the JNC 7 report. *JAMA*. 2003;289(19):2560–72.
2. Yang Q, Cogswell ME, Flanders WD, Hong Y, Zhang Z, Loustalot F, et al. Trends in cardiovascular health metrics and associations with all-cause and CVD mortality among US adults. *JAMA*. 2012;307(12):1273–83.
3. Picon RV, Fuchs FD, Moreira LB, Fuchs SC. Prevalence of hypertension among elderly persons in urban Brazil: a systematic review with meta-analysis. *Am J Hypertens*. 2013;26(4):541–8.
4. Picon RV, Fuchs FD, Moreira LB, Riegel G, Fuchs SC. Trends in prevalence of hypertension in Brazil: a systematic review with meta-analysis. *PLoS ONE*. 2012;7(10):e48255.
5. Stevens SL, Wood S, Koshiaris C, Law K, Glasziou P, Stevens RJ, et al. Blood pressure variability and cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis. *BMJ*. 2016;354:i4098.
6. Hansen TW, Thijs L, Li Y, Boggia J, Kikuya M, Björklund-Bodegård K, et al. Prognostic value of reading-to-reading blood pressure variability over 24 hours in 8938 subjects from 11 populations. *Hypertension*. 2010;55(4):1049–57.
7. Muntner P, Shimbo D, Tonelli M, Reynolds K, Arnett DK, Oparil S. The relationship between visit-to-visit variability in systolic blood pressure and all-cause mortality in the general population: findings from NHANES III, 1988 to 1994. *Hypertension*. 2011;57(2):160–6.
8. Irigoyen M-C, De Angelis K, Dos Santos F, Dartora DR, Rodrigues B, Consolim-Colombo FM. Hypertension, Blood Pressure Variability, and Target Organ Lesion. *Curr Hypertens Rep*. 2016;18(4):31.
9. Wittke EI, Fuchs SC, Moreira LB, Foppa M, Fuchs FD, Gus M. Blood pressure variability in controlled and uncontrolled blood pressure and its association with left ventricular hypertrophy and diastolic function. *J Hum Hypertens*. 2016;30(8):483–7.
10. Wittke E, Fuchs SC, Fuchs FD, Moreira LB, Ferlin E, Cichelero FT, et al. Association between different measurements of blood pressure variability by ABP monitoring and ankle-brachial index. *BMC Cardiovasc Disord*. 2010;10:55.
11. Massierer D, Leiria LF, Severo MD, Ledur PDS, Becker AD, Aguiar FM, et al. Blood pressure variability and its association with echocardiographic parameters in hypertensive diabetic patients. *BMC Cardiovasc Disord*. 2016;16:4.
12. Coccina F, Pierdomenico AM, Cuccurullo C, Pierdomenico SD. Prognostic value of average real variability of systolic blood pressure in elderly treated hypertensive patients. *Blood Press Monit*. 2019;24(4):179–84.

13. Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, Casey DE, Collins KJ, Dennison Himmelfarb C, et al. 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation, and Management of High Blood Pressure in Adults: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2018;138(17):e426–83.
14. Barroso WKS, Rodrigues CIS, Bortolotto LA, Mota-Gomes MA, Brandão AA, Feitosa AD de M, et al. Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial – 2020. *Arq Bras Cardiol*. 2021;116(3):516–658.
15. Pescatello LS, Franklin BA, Fagard R, Farquhar WB, Kelley GA, Ray CA, et al. Exercise and Hypertension. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2004;36(3):533–53.
16. Pescatello LS, MacDonald HV, Lamberti L, Johnson BT. Exercise for Hypertension: A Prescription Update Integrating Existing Recommendations with Emerging Research. *Curr Hypertens Rep*. 2015;17(11):87.
17. Kenney MJ, Seals DR. Postexercise hypotension. Key features, mechanisms, and clinical significance. *Hypertension*. 1993;22(5):653–64.
18. Wegmann M, Hecksteden A, Poppendieck W, Steffen A, Kraushaar J, Morsch A, et al. Postexercise Hypotension as a Predictor for Long-Term Training-Induced Blood Pressure Reduction: A Large-Scale Randomized Controlled Trial. *Clin J Sport Med*. 2018 ;28(6):509–15.
19. Schimitt RP, O Carpes L, Domingues LB, Tanaka H, Fuchs SC, Ferrari R. Effects of a single bout of power exercise training on ambulatory blood pressure in older adults with hypertension: A randomized controlled crossover study. *Complementary Therapies in Medicine*. 2020;54:102554.
20. Domingues LB, Cadore EL, Ferrari R. Hemodynamic responses of resistance exercise performed with repetitions to failure and not to failure in adults with hypertension. *Blood Press Monit*. 2020 30;
21. Ferrari R, Cadore EL, Périco B, Kothe GB. Acute effects of body-weight resistance exercises on blood pressure and glycemia in middle-aged adults with hypertension. *Clin Exp Hypertens*. 2021 ;43(1):63–8.
22. Ferrari R, Umpierre D, Vogel G, Vieira PJC, Santos LP, de Mello RB, et al. Effects of concurrent and aerobic exercises on postexercise hypotension in elderly hypertensive men. *Exp Gerontol*. 2017;98:1–7.
23. Matias LAS, Mariano IM, Batista JP, de Souza TCF, Amaral AL, Dechichi JGC, et al. Acute and chronic effects of combined exercise on ambulatory blood pressure and its variability in hypertensive postmenopausal women. *Chin J Physiol*. 2020;63(5):227–34.
24. Caminiti G, Mancuso A, Raposo AF, Fossati C, Selli S, Volterrani M. Different exercise modalities exert opposite acute effects on short-term blood pressure variability in male patients with hypertension. *Eur J Prev Cardiol*. 2019;26(10):1028–31.

25. Capili B, Anastasi JK, Chang M, Ogedegbe O. Barriers and facilitators to engagement in lifestyle interventions among individuals with HIV. *J Assoc Nurses AIDS Care*. 2014;25(5):450–7.
26. McGuire AM, Anderson DJ, Fulbrook P. Perceived barriers to healthy lifestyle activities in midlife and older Australian women with type 2 diabetes. *Collegian*. 2014;21(4):301–10.
27. Pringle A, Zwolinsky S, McKenna J, Daly-Smith A, Robertson S, White A. Reducing CVD Risk Factors for Men/Hard-to-Reach Men Using English Premier League Soccer Clubs: 2250 Board #5 May 30, 9. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2014;46:595.
28. Santini J, Mingozzi A. BEACH TENNIS: um esporte em ascensão. Porto Alegre: Gênese; 2017.
29. Carpes L, Jacobsen A, Domingues L, Jung N, Ferrari R. Recreational beach tennis reduces 24-h blood pressure in adults with hypertension: a randomized crossover trial. *Eur J Appl Physiol*. 2021;121(5):1327-1336. .
30. Lewington S, Clarke R, Qizilbash N, Peto R, Collins R, Prospective Studies Collaboration. Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies. *Lancet*. 2002;360(9349):1903–13.
31. Fuchs FD, Whelton PK. High Blood Pressure and Cardiovascular Disease. *Hypertension*. 2020 Feb 1;75(2):285–92.
32. Lawes CMM, Vander Hoorn S, Rodgers A, International Society of Hypertension. Global burden of blood-pressure-related disease, 2001. *Lancet*. 2008;371(9623):1513–8.
33. Williams B, Mancia G, Spiering W, Rosei EA, Azizi M, Burnier M, et al. [2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Society of Hypertension (ESH)]. *G Ital Cardiol (Rome)*. 2018;19(11 Suppl 1):3S-73S.
34. Fuchs FD, Gus M, Moreira WD, Moreira LB, Moraes RS, Rosito GA, et al. Blood pressure effects of antihypertensive drugs and changes in lifestyle in a Brazilian hypertensive cohort. *J Hypertens*. 1997;15(7):783–92.
35. Gus I, Harzheim E, Zaslavsky C, Medina C, Gus M. Prevalence, awareness, and control of systemic arterial hypertension in the state of Rio Grande do Sul. *Arq Bras Cardiol*. 2004;83(5):429–33; 424–8.
36. Chow CK, Teo KK, Rangarajan S, Islam S, Gupta R, Avezum A, et al. Prevalence, awareness, treatment, and control of hypertension in rural and urban communities in high-, middle-, and low-income countries. *JAMA*. 2013;310(9):959–68.
37. Cornelissen VA, Smart NA. Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *J Am Heart Assoc*. 2013;2(1):e004473.

38. Cornelissen VA, Buys R, Smart NA. Endurance exercise beneficially affects ambulatory blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *J Hypertens*. 2013;31(4):639–48.
39. Parati G, Pomidossi G, Albini F, Malaspina D, Mancia G. Relationship of 24-hour blood pressure mean and variability to severity of target-organ damage in hypertension. *J Hypertens*. 1987;5(1):93–8.
40. Veerman DP, de Blok K, van Montfrans A. Relationship of steady state and ambulatory blood pressure variability to left ventricular mass and urinary albumin excretion in essential hypertension. *Am J Hypertens*. 1996;9(5):455–60.
41. Colivicchi F, Guerrera C, Melina G, Bevilacqua E, Melina D. Ambulatory blood pressure and cardiac rhythm disturbances in elderly hypertensives: relation to left ventricular mass and filling pattern. *Age Ageing*. 1996;25(2):155–8.
42. Wittke EI, Fuchs SC, Moreira LB, Foppa M, Fuchs FD, Gus M. Blood pressure variability in controlled and uncontrolled blood pressure and its association with left ventricular hypertrophy and diastolic function. *J Hum Hypertens*. 2016;30(8):483–7.
43. Ogliari G, Smit RAJ, Westendorp RGJ, Jukema JW, de Craen AJM, Sabayan B. Visit-to-visit blood pressure variability and future functional decline in old age. *J Hypertens*. 2016;34(8):1544–50.
44. Dolan E, Stanton AV, Thom S, Caulfield M, Atkins N, McInnes G, et al. Ambulatory blood pressure monitoring predicts cardiovascular events in treated hypertensive patients—An Anglo-Scandinavian cardiac outcomes trial substudy. *J Hypertens*. 2009;27(4):876–85.
45. Parati G, Ochoa JE, Lombardi C, Bilo G. Assessment and management of blood-pressure variability. *Nat Rev Cardiol*. 2013;10(3):143–55.
46. Juhanoja EP, Niiranen TJ, Johansson JK, Puukka PJ, Jula AM. Agreement between ambulatory, home, and office blood pressure variability. *J Hypertens*. 2016;34(1):61–7.
47. Diaz KM, Tanner RM, Falzon L, Levitan EB, Reynolds K, Shimbo D, et al. Visit-to-visit variability of blood pressure and cardiovascular disease and all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis. *Hypertension*. 2014;64(5):965–82.
48. Mancia G. Short- and long-term blood pressure variability: present and future. *Hypertension*. 2012;60(2):512–7.
49. García-García Á, García-Ortiz L, Recio-Rodríguez JI, Patino-Alonso MC, Agudo-Conde C, Rodríguez-Sánchez E, et al. Relationship of 24-h blood pressure variability with vascular structure and function in hypertensive patients. *Blood Press Monit*. 2013;18(2):101–6.
50. Schillaci G, Bilo G, Pucci G, Laurent S, Macquin-Mavier I, Boutouyrie P, et al. Relationship between short-term blood pressure variability and large-artery stiffness in human hypertension: findings from 2 large databases. *Hypertension*. 2012;60(2):369–77.

51. Mena L, Pintos S, Queipo NV, Aizpúrua JA, Maestre G, Sulbarán T. A reliable index for the prognostic significance of blood pressure variability. *J Hypertens*. 2005;23(3):505–11.
52. Bastos JLD, Duquia RP. Measures of dispersion: are all values close to each other or do they vary a lot? *Sci Med*. 2007;17(1):40–4.
53. Mena LJ, Felix VG, Melgarejo JD, Maestre GE. 24-Hour Blood Pressure Variability Assessed by Average Real Variability: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Heart Assoc*. 2017;6(10).
54. Mena LJ, Maestre GE, Hansen TW, Thijs L, Liu Y, Boggia J, et al. How Many Measurements Are Needed to Estimate Blood Pressure Variability Without Loss of Prognostic Information? *Am J Hypertens*. 2014;27(1):46–55.
55. Sega R, Facchetti R, Bombelli M, Cesana G, Corrao G, Grassi G, et al. Prognostic value of ambulatory and home blood pressures compared with office blood pressure in the general population: follow-up results from the Pressioni Arteriose Monitorate e Loro Associazioni (PAMELA) study. *Circulation*. 2005;111(14):1777–83.
56. Niiranen TJ, Mäki J, Puukka P, Karanko H, Jula AM. Office, Home, and Ambulatory Blood Pressures as Predictors of Cardiovascular Risk. *Hypertension*. 2014;64(2):281–6.
57. O'Brien E, Parati G, Stergiou G, Asmar R, Beilin L, Bilo G, et al. European Society of Hypertension position paper on ambulatory blood pressure monitoring. *J Hypertens*. 2013;31(9):1731–68.
58. Hanssen H, Boardman H, Deiseroth A, Moholdt T, Simonenko M, Kränkel N, et al. Personalized exercise prescription in the prevention and treatment of arterial hypertension: a Consensus Document from the European Association of Preventive Cardiology (EAPC) and the ESC Council on Hypertension. *Eur J Prev Cardiol*. 2021 Mar.
59. MacDonald HV, Johnson BT, Huedo-Medina TB, Livingston J, Forsyth KC, Kraemer WJ, et al. Dynamic Resistance Training as Stand-Alone Antihypertensive Lifestyle Therapy: A Meta-Analysis. *J Am Heart Assoc*. 2016;28;5(10).
60. Sosner P, Guiraud T, Gremeaux V, Arvisais D, Herpin D, Bosquet L. The ambulatory hypotensive effect of aerobic training: a reappraisal through a meta-analysis of selected moderators. *Scand J Med Sci Sports*. 2017;27(3):327–41.
61. Whelton SP, Chin A, Xin X, He J. Effect of aerobic exercise on blood pressure: a meta-analysis of randomized, controlled trials. *Ann Intern Med*. 2002;136(7):493–503.
62. Naci H, Salcher-Konrad M, Dias S, Blum MR, Sahoo SA, Nunan D, et al. How does exercise treatment compare with antihypertensive medications? A network meta-analysis of 391 randomised controlled trials assessing exercise and medication effects on systolic blood pressure. *Br J Sports Med*. 2019;53(14):859–69.
63. Bellissimo MP, Galaviz KI, Paskert MC, Lobelo F. Cardiometabolic Risk Reduction Through Recreational Group Sport Interventions in Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *Mayo Clin Proc*. 2018;93(10):1375–96.

64. Batista JP, Mariano IM, Amaral AL, Matias LAS, Souza TCF de, Resende APM, et al. Acute effects of Mat Pilates on ambulatory blood pressure variability in post menopause women. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício*. 2020;19(5):409–20.
65. Pagonas N, Dimeo F, Bauer F, Seibert F, Kiziler F, Zidek W, et al. The impact of aerobic exercise on blood pressure variability. *J Hum Hypertens*. 2014;28(6):367–71.
66. Uusitalo ALT, Laitinen T, Väisänen SB, Länsimies E, Rauramaa R. Physical training and heart rate and blood pressure variability: a 5-yr randomized trial. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2004;286(5):H1821-1826.
67. Izdebska E, Cybulska I, Izdebski J, Makowiecka-Ciesla M, Trzebski A. Effects of moderate physical training on blood pressure variability and hemodynamic pattern in mildly hypertensive subjects. *J Physiol Pharmacol*. 2004;55(4):713–24.
68. Alex C, Lindgren M, Shapiro PA, McKinley PS, Brondolo EN, Myers MM, et al. Aerobic exercise and strength training effects on cardiovascular sympathetic function in healthy adults: a randomized controlled trial. *Psychosom Med*. 2013;75(4):375–81.
69. Taylor KA, Wiles JD, Coleman DA, Leeson P, Sharma R, O’Driscoll JM. Neurohumoral and ambulatory haemodynamic adaptations following isometric exercise training in unmedicated hypertensive patients. *J Hypertens*. 2019;37(4):827–36.
70. Caminiti G, Iellamo F, Mancuso A, Cerrito A, Montano M, Manzi V, et al. Effects of 12 weeks of aerobic versus combined aerobic plus resistance exercise training on short-term blood pressure variability in patients with hypertension. *Journal of Applied Physiology*. 2021;130(4):1085–92.
71. Chadachan VM, Ye MT, Tay JC, Subramaniam K, Setia S. Understanding short-term blood-pressure-variability phenotypes: from concept to clinical practice. *Int J Gen Med*. 2018;11:241–54.

6. ARTIGO ORIGINAL

Periódico sugerido: Clinical Journal of Sport Medicine (Qualis A1/ IF 2019: 3.165)

Effects of a single session of beach tennis on short-term blood pressure variability in individuals with hypertension: a randomized crossover trial

Lucas Betti Domingues^{1,2}, Leandro de Oliveira Carpes^{1,2}, Alexandre Jacobsen², Nathalia Jung^{1,2}, Sandra Costa Fuchs^{1,2}, Rodrigo Ferrari^{1,2,3}

¹Postgraduate Program in Cardiology, School of Medicine, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil

²Sports and Exercise Training Study Group, INCT PREVER, Clinical Research Center, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, RS, Brazil

³Postgraduate Program in Human Movement Sciences, School of Physical Education, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil

Funding

This study was partially funded by the Research and Education Fund of the Hospital de Clínicas de Porto Alegre (FIPE/HCPA, Grant number 18-0642). LBD, LOC and NJ received a scholarship from Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - finance code 001. R.F received a post-doctoral fellowship from the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq).

Correspondence:

Rodrigo Ferrari, Ph.D.

Hospital de Clínicas de Porto Alegre

Rua Ramiro Barcelos 2350, 90035-903.

Porto Alegre, RS, Brazil.

E-mail: rod.ferrari84@gmail.com

Phone/Fax: +55 51 33596332

ABSTRACT

Introduction: High blood pressure (BP) variability is considered an important cardiovascular risk factor, regardless of mean BP levels. The benefit of recreational sports on short-term BP variability remains unknown.

Purpose: To evaluate the effects of a single session of recreational beach tennis on short-term BP variability in individuals with hypertension.

Methods: Twenty-four participants took part of this randomized clinical trial with crossover design and were randomly allocated to a beach tennis session (BT) and a non-exercise control session (Con). BT started with a standardized 5-min warm-up consisting of basic techniques, followed by three 12-min beach tennis games with 2-min intervals among them. Con was performed at seated rest without exercising. BT and Con sessions lasted 45-min each. Office BP and heart rate were assessed throughout the experimental sessions to calculate rate-pressure product and estimate the cardiovascular demand of BT. To evaluate short-term BP variability after BT and Con sessions, average real variability (ARV) of systolic and diastolic BP were assessed throughout 24-h using ambulatory BP monitoring.

Results: Compared with Con, a reduced 24-h ($\Delta -0.9 \pm 0.4$ mmHg; $p = 0.049$) and daytime (-1.4 ± 0.5 mmHg; $p = 0.004$) ARV of diastolic BP were observed after BT. No significant differences on ARV of systolic BP between Con and BT were observed. During the beach tennis practice, an increased rate-pressure product (10331 ± 750 mmHg.bpm⁻¹; $p < 0.001$) were observed.

Conclusion: A single session of BT acutely reduces 24-h short-term BP variability in individuals with hypertension.

Key-words: Racquet Sports; Ambulatory Blood Pressure Monitoring; Post-exercise Hypotension; Cardiovascular Risk Factor

Introduction

Hypertension is a major cardiovascular risk factor that affects more than one-third of adults worldwide [1,2]. Blood pressure (BP) variability is an independent predictor of cardiovascular risk; however, the reduction in BP variability, regardless of mean blood pressure levels, does not yet represent a therapeutic target for antihypertensive treatment [3,4]. BP variability can be determined through different protocols and methods, in addition to measurements in the office, at home or using 24-h ambulatory BP monitoring (ABPM) [5]. The use of ABPM to assess BP variations over 24-h (short-term), is particularly interesting, as it captures BP circadian modulations during activities of daily living and while sleeping [6]. The most frequent methods to quantify BP variability are the standard deviation and the coefficient of variation indexes, but these methods do not assess specific time-intervals in which marked variations occur [7]. The average real variability of BP is an alternative method that allows consecutive reading-to-reading measurements and could be a better option to assess short-term BP [8].

Physical exercise is a non-pharmacological strategy to prevent and treat hypertension [9]. Several studies assessing the benefits of exercise on BP have focused on the mean BP reduction after a single bout of exercise [9]. Acutely, BP increases during exercise performance therefore increasing BP variability [10]. Additionally, a high demand of cardiovascular system is required during the exercise to supply metabolic and energetic demands that results in increase sympathetic activity, heart rate and stroke volume, enhancing cardiac output and peripheral vascular resistance [11,12]. Few minutes after the completion of exercise, a reduction on BP levels is usually observed, a phenomenon called post-exercise hypotension [13]. These fluctuations in BP can be understood as adaptations of humoral and neural systems stimuli on the mechanisms of BP regulation [14]. In addition to reducing BP

levels, a reduction on BP variability may contribute to cardiovascular protection [15,16], and it is important to assess if a single session of exercise can modulate short-term BP variability.

Recently, we described significant reductions on systolic (≈ 6 mmHg) and diastolic (≈ 3 mmHg) BP mean values assessed during 24-h, daytime and nighttime periods after a recreational beach tennis session in individuals with hypertension [17]. However, the acute effects of exercise on BP variability have been poorly explored. Previous clinical studies showed significant reductions on short-term BP variability following a single bout of combined exercise [18,19], but these benefits were not confirmed after Mat Pilates session [20]. The mechanisms associated with modulation of short-term BP variability are not completely known. However, acute reductions on short-term BP variability seems to be mediated by a reduction on sympathetic activity and systemic vascular resistance [21,22].

Despite the importance of BP variability to estimate cardiovascular risk in patients with hypertension, the acute effects of exercise on short-term BP remains unclear. Thus, the present study aimed to evaluate the acute effects of a single session of beach tennis on short-term BP variability in individuals with hypertension. Additionally, to better understand the cardiovascular demand of beach tennis, we assessed the rate-pressure product during and after the beach tennis session.

Methods

Study Design and Participants

This is a secondary analysis of a randomized crossover trial, aimed to describe the effects of a single session of recreational beach tennis on short-term BP variability, and rate-pressure product following a recreational single beach tennis session and a non-exercise control session. The results related to post-exercise hypotension, assessed through ambulatory BP monitoring have been reported elsewhere [17]. The study was conducted from April 2019

to Mach 2020 in Porto Alegre, southern Brazil. The study protocol was approved by Ethics Committee of Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Brazil (registry number 20180642), and registered on clinicaltrials.gov (identifier number NCT03909308). The protocol followed the Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT) for crossover design trials [23]. All participants read and signed an informed consent form before the study starts. Participation was voluntary, and all ethical principles of data confidentiality and protection were followed. The study protocol was conducted according to the principles of the Declaration of Helsinki and in compliance with the Brazilian legal and regulatory framework for research involving human beings (resolution number 466/12).

Men and women aged 35 to 60 years with previous physician diagnosis of hypertension by a physician and taking up to two antihypertensive drugs, were recruited in this study through telephone calls, flyers and social media. They had not been engaged in structured exercise programs in the three months prior to start of the trial. Exclusion criteria included previous diagnosis of ischemic heart disease, heart failure, current smokers, or former smokers for less than 6 months, body mass index (BMI) over 39.9 kg/m², musculoskeletal problems preventing from exercising, and diabetes with retinopathy.

Preliminary Evaluations

All participants underwent a clinical screening composed by anamneses, resting electrocardiogram, and office BP and anthropometric measurements in the laboratory. Body weight and height were assessed using a stadiometer and an analog scale (FILIZOLA, Brazil) and then used to calculate body mass index.

On the second visit, the participants performed a familiarization session on the sand court with support of an experienced beach tennis researcher. Instructions of beach tennis rules and basic techniques of the modality were provided in this session. Besides, participants

were familiarized using the Borg scale (CR-10) [24]. If necessary, one extra familiarization session was allowed to those who needed more practice to be able to play the game. After the familiarization sessions, the research team classified each participant into three categories: beginner, intermediate, or advanced, to organize the exercise session by matching players of the same performance level.

On the run-in period, our research team performed office standardized BP assessments using an automated BP device (Omron Hem 705 CP, Illinois, USA) pre- and post- session and BP stability was confirmed on this session. Office BP assessed under laboratory conditions according to the VII Brazilian National Guidelines in Cardiology [25]. Participants were instructed to remain seated in silence and use no electronic devices (i.e., smartphones, notebooks). A properly sized cuff was placed on the arm about 2 cm above the antecubital fossa. BP was measured on both arms with a 1-min interval between measures. The mean of these two BP values was used to represent office BP in the study, and the arm with the higher BP values was used in post-intervention assessment as well.

Experimental Sessions

Participants were randomly allocated to perform two experimental sessions: a beach tennis session and a time-matched non-exercise control session. Participants were instructed to avoid any physical exercise 24-hour before the experimental sessions, keep their usual dietary intake, and avoid alcohol, coffee, and other stimulant substances during the experimental sessions. Participants maintained their current antihypertensive medications throughout the trial. To avoid the potential influence of different environmental conditions during the sessions, temperature and relative humidity were controlled to ensure that both sessions were performed under the same environmental conditions.

Both experimental sessions were carried out between 8:00 and 10:00 AM, all at the same time, to control for cyclical variation in diurnal BP, lasting approximately 2 hours. Each participant was advised not to drink water during the experimental sessions. The interval between the experimental sessions was 5 to 10 days. Both sessions consisted of 20-min of rest before, 45-min of beach tennis or control protocol, and 45-min of recovery period after intervention. In the control session, participants remained seated without performing any activity or using electronic devices (i.e., smartphones, notebooks). Standardized rate-pressure product assessments were performed pre- and post- session, at 15-min intervals for 45-min, using an automated oscillometric device (Omron Hem 705 CP, Illinois, USA). Additionally, rate-pressure product measurements were taken during beach tennis session, at the end of each set, and during control session, at the equivalent time point of each set in beach tennis session (\approx 15-min intervals). Subsequently, participants underwent 24-hour ambulatory BP monitoring (ABP 2400, Mortara, Milwaukee, USA).

The beach tennis session started with a standardized 5-min warm-up consisting of basic techniques (i.e., serve, volley, forehand, and backhand) followed by three 12-min beach tennis matches with 2-minute intervals between them. We used regular beach tennis rules in the game, which was played on a regular beach tennis court (i.e., 16 m long by 8 m wide and net 1.70 m high). All matches were played by four individuals (i.e., two vs two), one study participant and three staff team members, usually invited by the participant or by research team member, with a similar performance level, and the study participant always started on the serve. As an objective measure of exercise intensity, heart rate was monitored with heart rate monitor (Polar FT7, Finland) and rate of perceived exertion was monitored using CR10 scale, as described elsewhere [17].

Outcome Measurements

Ambulatory BP monitoring was performed every 15-min at daytime and 20-min at nighttime. The daytime period started immediately after the experimental sessions, the nighttime period lasted from 11 PM to 7 AM and the second daytime finished at 11 AM on the day after the experimental session. All participants completed a diary about activities, symptoms, sleep, and wake-up time. According to European guidelines each exam was considered valid when at least 14 readings through daytime and 7 through nighttime were recorded [26]. All valid records of systolic and diastolic BP obtained using ABPM were exported to an excel worksheet and opened in variability software (Microsoft Excel, 2013), programmed to calculate the average real variability (ARV). ARV weighted for the time interval between consecutive readings was calculated for both systolic and diastolic BP within daytime, nighttime, and 24-hour period [27]. The ARV index represents the absolute difference between two consecutive measures in order to show the real reading-to-reading variability [28].

Office BP was assessed using an automatic oscillometric device (Omron Hem 705 CP, Illinois, USA) according to the Brazilian Guidelines [25]. All measures were taken with participants seated in silence without using any electronic device (i.e., smartphones, notebooks) and a properly-sized cuff was placed on the arm about 2 cm above the antecubital fossa. The mean values of BP and rate-pressure product assessed immediately after each set in BT and at 15-min intervals in Con were used to determinate the hemodynamic values during experimental session. Moreover, ambulatory and office rate-pressure product were calculated using the product of systolic BP and heart rate.

Randomization and Allocation Concealment

The randomization list was obtained using random blocks of four participants (allocation ratio 1:1) and was generated by an epidemiologist outside of study using the

website (Randomization.com). The epidemiologist did not participate in the recruitment of participants or their assignment to intervention groups. Participants and the research team were blinded to the randomization list until the time of assignment.

Sample Size and Statistical Analysis

The sample size was estimated based on the original hypothesis, considering an initial sample size of 24 participants, able to detect a difference of 5 mmHg in mean systolic ambulatory BP among interventions [17]. WinPepi software calculator was used to estimate the sample size, considering statistical power of 80% and a type I error rate of 5%, allowing a dropout rate of up to 10%.

Data were entered in duplicate by two independent researchers. The assumption of normality was tested using the Shapiro–Wilk test and visual inspection of histogram and Q-Q plots as well. Results were expressed as mean and standard deviation for variables with normal distribution or median and interquartile range for those with non-normal distribution. Generalized estimating equation model was used to compare main effects between experimental sessions, assessing the condition (2 session: BT and Con) by time (4 measurement: office, daytime, nighttime and 24-h). No covariables were added to the GEE models. Post-hoc comparisons were analyzed using Bonferroni test. The significance level adopted in this study was $P < 0.05$. All statistical analyses were performed using SPSS Statistics for Windows, version 22.0 (IBM Corp., Armonk, New York, USA).

Results

Of 68 potential participants screened, 35 did not meet eligibility criteria and 9 declined to participate (Figure 1). Of the 24 participants randomized, one dropped out after the randomization and another one was excluded since the 24-h ABPM was not valid [26]. The mean (\pm SD) age of participants was 48.4 ± 8.5 years, 12 of 24 were female (50%) and two

participants (8.3%) had black skin color (Table 1). Of 24 participants, 10 (41,6%) were taking three BP lowering medications and 11 (45.8%) were on a regimen of diuretics for the treatment of hypertension.

*** Insert Figure 1 and Table 1 ***

Participants had similar BP values at the baseline of experimental sessions for systolic BP (131 vs 127 mmHg; $P = 0.120$), and Diastolic BP (81 vs. 79 mmHg; $P = 0.138$). Participants exercised at moderate to high intensity. More detailed description of heart rate and rate of perceived exertion data during the beach tennis session was described elsewhere [17]. There were no reported adverse events during the experimental sessions, and no difference between beach tennis and control sessions were observed for the ambient temperature (19.3 ± 1.1 vs. 20.0 ± 1.1 °C; $P = 0.496$) or relative humidity (84.8 ± 2.9 vs. $78.2 \pm 3.6\%$; $P = 0.083$).

Table 2 describes the absolute and delta values of short-term BP variability, expressed as ARV, during daytime, nighttime and 24-h periods after each experimental session. Time*intervention interaction was not detected for short-term variability of systolic BP ($P = 0.155$). A borderline time*intervention interaction was found for short-term variability of diastolic BP ($P = 0.077$). Compared with Con, significant reductions on ARV of 24-h diastolic BP ($\Delta -0.8 \pm 0.4$; $P = 0.049$) and ARV of daytime diastolic BP (-1.3 ± 0.5 ; $P = 0.004$) were observed after BT. No significant differences on ARV of systolic BP and ARV of nighttime diastolic BP between BT and Con were observed.

*** Insert Table 2 ***

Table 3 shows absolute and delta values of rate-pressure product assessed during intervention, recovery period and ambulatory monitoring. Compared with Con, significant increases on rate-pressure product (10330 ± 750 ; $P < 0.001$) were observed until 30 minutes

after exercise completion. During ambulatory monitoring, rate-pressure product remained at similar levels after BT compared to Con.

*** Insert Table 3 ***

Discussion

This study was able to detect the reduction on ARV after a single session of beach tennis measured on 24-hours and daytime diastolic BP monitoring, in middle-aged individuals with hypertension. To the best of our knowledge, no previous studies have evaluated the impact of recreational sports on BP variability. These results have clinical implications for exercise prescription for hypertensive individuals, since a single bout of exercise was able to reduce BP variability, a cardiovascular risk factor regardless of high BP levels [4].

Short-term BP variability has an important association with autonomic cardiovascular system [30], and higher BP fluctuations can be associated to impairments on autonomic nervous system that results in high BP levels [31]. Previous studies have demonstrated reductions on ARV of systolic and diastolic BP following a single bout of combined training in older men and postmenopausal women with hypertension [18,19]. However, a Mat Pilates exercise session did not reduce short-term BP variability in normotensive and hypertensive individuals. In addition, a power training session did not show significant reduction on short-term BP variability on men and women with hypertension (Unpublished data; Trial registration: ClinicalTrial.gov n° NCT03615625). The present study showed significant reduction on ARV of 24 hours and daytime diastolic BP. The different finds between the present and previous studies could be explained by different training modalities, and the use of normotensive individuals [20]. In addition, two studies adopted standard deviation index to express BP variability [18,20]. In the present study, we have assessed BP variability

throughout ARV. This index compared with standard deviation, showed a stronger relation with cardiovascular risk in hypertensive population [32].

Our trial shows significant reductions on ARV of diastolic BP over 24-hours (-0.9 mmHg) and daytime (-1.4 mmHg), but not systolic BP variability. On the other hand, a previous study showed reduction on ARV of 24 hours systolic BP (-1.9 mmHg), but not on ARV of diastolic BP [18]. A great magnitude of reduction on ambulatory systolic and diastolic BP has been observed in our original trial [17]. However, other study showed a reduction on ARV of 24 hours systolic BP, but not in mean ambulatory BP values [18]. It is suggested that improvements on BP variability appear to be independent of mean BP reductions, and the possible mechanisms associated with reduction on short-term BP variability and mean ambulatory BP seems to be different [33-35]. Further studies using different kinds of exercise and the ARV index to evaluate short-term BP variability are warranted to ratify our finds and investigate the possible mechanisms associated with acute and chronic interventions.

Acutely, the exercise promotes an hyperactivation of autonomic nervous system increasing, in turn, rate-pressure product, accompanied by a reduction in vagal tone [12]. This transient physiological response can increase the risk of an acute cardiovascular event, especially in those individuals with hypertension and at higher cardiovascular risk [12]. During exercise performance a significant increase were observed in rate-pressure product (\approx 10000 mmHg.bpm) within normal parameters [25]. The increase in cardiac demand that occurred during the beach tennis session were expected and no adverse events were reported [36]. During recovery period and ambulatory monitoring, rate-pressure product was similar to baseline values and control session (Table 3), demonstrating there was no additional cardiovascular stress following our protocol.

Some limitations of the present study should be taken into account to properly interpret the results. The limited number of participants enrolled in this post hoc analysis was conditioned by the test of original trial [17], but was even greater than previous studies assessing acute reduction on short-term BP variability [18-20]. Therefore, they should be considered an exploratory result. In addition, the enrollment of untrained participants aged 35 to 60 years may limit the generalization of our finds to older adults or trained middle-aged adults. The use of researchers blinded to interventions for outcome assessment and data analysis, the BP assessment using 24-h ABPM, and ARV index to access short-term variability, are the main strengths of this study. Thus, our study provides implications for exercise prescription in adults with hypertension due to evidence of recreational beach tennis on management of absolute BP levels and its short-term variability, being able to reduce monotony and to promote high levels of enjoyment during the exercise [29].

In conclusion, a single beach tennis session reduces daytime and 24-hour diastolic BP variability in adults with hypertension. The results indicate that a single beach tennis session can modulate BP variability in the short term, whose reduction may even contribute to cardiovascular protection in individuals with hypertension.

Acknowledgements

We would like to thank Mr. Tiago Antunes, Prof. Joarez Santini, It's Esportes e eventos multisports club and Compass company for their support related to the structure to conduct the experimental sessions (beach tennis courts, rackets, and balls, among others). We also thank Guilherme Sestin and Dr. Otávio Azevedo Bertoletti for their support related to data analysis, and ambulatory blood pressure assessment equipment.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

References

1. Mills KT, Bundy JD, Kelly TN, Reed JE, Kearney PM, Reynolds K, Chen J, He J. Global Disparities of Hypertension Prevalence and Control: A Systematic Analysis of Population-Based Studies From 90 Countries. *Circulation*. 2016; 134: 441–50.
2. GBD 2017 Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national age-sex-specific mortality for 282 causes of death in 195 countries and territories, 1980-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet*. 2018; 392: 1736–88.
3. Stevens SL, Wood S, Koshiaris C, Law K, Glasziou P, Stevens RJ, McManus RJ. Blood pressure variability and cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis. *BMJ*. 2016; 354: i4098.
4. Hansen TW, Thijs L, Li Y, Boggia J, Kikuya M, Björklund-Bodegård K, Richart T, Ohkubo T, Jeppesen J, Torp-Pedersen C, Dolan E, Kuznetsova T, Stolarz-Skrzypek K, et al. Prognostic value of reading-to-reading blood pressure variability over 24 hours in 8938 subjects from 11 populations. *Hypertension*. 2010; 55: 1049–57.
5. Juhanoja EP, Niiranen TJ, Johansson JK, Puukka PJ, Jula AM. Agreement between ambulatory, home, and office blood pressure variability. *J Hypertens*. 2016; 34: 61–7.
6. Hansen TW, Jeppesen J, Rasmussen S, Ibsen H, Torp-Pedersen C. Ambulatory blood pressure and mortality: a population-based study. *Hypertension*. 2005; 45: 499–504.
7. Irigoyen M-C, De Angelis K, Dos Santos F, Dartora DR, Rodrigues B, Consolim-Colombo FM. Hypertension, Blood Pressure Variability, and Target Organ Lesion. *Curr Hypertens Rep*. 2016; 18: 31.
8. Mena LJ, Felix VG, Melgarejo JD, Maestre GE. 24-Hour Blood Pressure Variability Assessed by Average Real Variability: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Heart Assoc*. 2017; 6.
9. Cornelissen VA, Smart NA. Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *J Am Heart Assoc*. 2013; 2: e004473.
10. Pagonas N, Dimeo F, Bauer F, Seibert F, Kiziler F, Zidek W, Westhoff TH. The impact of aerobic exercise on blood pressure variability. *J Hum Hypertens*. 2014; 28: 367–71.

11. Beevers G, Lip GYH, O'Brien E. The pathophysiology of hypertension. *BMJ*. 2001; 322: 912–6.
12. Thompson PD, Franklin BA, Balady GJ, Blair SN, Corrado D, Estes NAM, Fulton JE, Gordon NF, Haskell WL, Link MS, Maron BJ, Mittleman MA, Pelliccia A, et al. Exercise and acute cardiovascular events placing the risks into perspective: a scientific statement from the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism and the Council on Clinical Cardiology. *Circulation*. 2007; 115: 2358–68.
13. Kenney MJ, Seals DR. Postexercise hypotension. Key features, mechanisms, and clinical significance. *Hypertension*. 1993; 22: 653–64.
14. Parati G, Ochoa JE, Lombardi C, Bilo G. Blood pressure variability: assessment, predictive value, and potential as a therapeutic target. *Curr Hypertens Rep*. 2015; 17: 537.
15. Parati G, Ochoa JE, Lombardi C, Bilo G. Assessment and management of blood-pressure variability. *Nat Rev Cardiol*. 2013; 10: 143–55.
16. Parati G, Ochoa JE, Salvi P, Lombardi C, Bilo G. Prognostic value of blood pressure variability and average blood pressure levels in patients with hypertension and diabetes. *Diabetes Care*. 2013; 36 Suppl 2: S312-324.
17. Carpes L, Jacobsen A, Domingues L, Jung N, Ferrari R. Recreational beach tennis reduces 24-h blood pressure in adults with hypertension: a randomized crossover trial. *Eur J Appl Physiol*. 2021; 121(5):1327-1336.
18. Matias LAS, Mariano IM, Batista JP, de Souza TCF, Amaral AL, Dechichi JGC, de Lima Rodrigues M, Carrijo VHV, Cunha TM, Puga GM. Acute and chronic effects of combined exercise on ambulatory blood pressure and its variability in hypertensive postmenopausal women. *Chin J Physiol*. 2020; 63: 227–34.
19. Caminiti G, Mancuso A, Raposo AF, Fossati C, Selli S, Volterrani M. Different exercise modalities exert opposite acute effects on short-term blood pressure variability in male patients with hypertension. *Eur J Prev Cardiol*. 2019; 26: 1028–31.
20. Batista JP, Mariano IM, Amaral AL, Matias LAS, Souza TCF de, Resende APM, Puga GM. Acute effects of Mat Pilates on ambulatory blood pressure variability in post menopause women. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício*. 2020; 19: 409–20.

21. Izdebska E, Cybulska I, Izdebski J, Makowiecka-Ciesla M, Trzebski A. Effects of moderate physical training on blood pressure variability and hemodynamic pattern in mildly hypertensive subjects. *J Physiol Pharmacol*. 2004; 55: 713–24.
22. Kingsley JD, Figueroa A. Acute and training effects of resistance exercise on heart rate variability. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2016; 36: 179–87.
23. Dwan K, Li T, Altman DG, Elbourne D. CONSORT 2010 statement: extension to randomised crossover trials. *BMJ*. 2019; 366: 14378.
24. Borg G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scand J Work Environ Health*. 1990; 16 Suppl 1: 55–8.
25. Malachias MVB, Póvoa RMS, Nogueira AR, Souza D, Costa LS, Magalhães ME, Malachias MVB, Póvoa RMS, Nogueira AR, Souza D, Costa LS, Magalhães ME. 7th Brazilian Guideline of Arterial Hypertension: Chapter 3 - Clinical and Complementary Assessment. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*; 2016; 107: 14–7.
26. O'Brien E, Parati G, Stergiou G, Asmar R, Beilin L, Bilo G, Clement D, de la Sierra A, de Leeuw P, Dolan E, Fagard R, Graves J, Head GA, et al. European Society of Hypertension position paper on ambulatory blood pressure monitoring. *J Hypertens*. 2013; 31: 1731–68.
27. Farrag HMA, Amin AS, Abdel-Rheim A-ER. Relation of short-term blood pressure variability to early renal effects in hypertensive patients with controlled blood pressure. *Blood Press Monit*. 2019; 24: 221–4.
28. Mena L, Pintos S, Queipo NV, Aizpúrua JA, Maestre G, Sulbarán T. A reliable index for the prognostic significance of blood pressure variability. *J Hypertens*. 2005; 23: 505–11.
29. Pringle A, Zwolinsky S, McKenna J, Daly-Smith A, Robertson S, White A. Reducing CVD Risk Factors for Men/Hard-to-Reach Men Using English Premier League Soccer Clubs: 2250 Board #5 May 30, 9. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2014; 46: 595.
30. Alex C, Lindgren M, Shapiro PA, McKinley PS, Brondolo EN, Myers MM, Zhao Y, Sloan RP. Aerobic exercise and strength training effects on cardiovascular sympathetic function in healthy adults: a randomized controlled trial. *Psychosom Med*. 2013; 75: 375–81.

31. Nardin C, Rattazzi M, Pauletto P. Blood Pressure Variability and Therapeutic Implications in Hypertension and Cardiovascular Diseases. *High Blood Press Cardiovasc Prev.* 2019; 26: 353–9.
32. Chadachan VM, Ye MT, Tay JC, Subramaniam K, Setia S. Understanding short-term blood-pressure-variability phenotypes: from concept to clinical practice. *Int J Gen Med.* 2018; 11: 241–54.
33. Imai Y, Aihara A, Ohkubo T, Nagai K, Tsuji I, Minami N, Satoh H, Hisamichi S. Factors that affect blood pressure variability. A community-based study in Ohasama, Japan. *Am J Hypertens.* 1997; 10: 1281–9.
34. Marcus Y, Segev E, Shefer G, Sack J, Tal B, Yaron M, Carmeli E, Shefer L, Margalioth M, Limor R, Gilad S, Sofer Y, Stern N. Multidisciplinary Treatment of the Metabolic Syndrome Lowers Blood Pressure Variability Independent of Blood Pressure Control. *J Clin Hypertens (Greenwich).* 2016; 18: 19–24.
35. Eguchi K. Effects of Antihypertensive Therapy on Blood Pressure Variability. *Curr Hypertens Rep.* 2016; 18: 75.
36. Palatini P. Blood pressure behaviour during physical activity. *Sports Med.* 1988; 5: 353–74.

Figure legend

Fig. 1 Flow diagram of study participants

Table 1. Sociodemographic and clinical characteristics of the participants

Age, mean (SD), y	48.4 (8.5)
Sex, n (%)	
Male	12 (50)
Female	12 (50)
Ethnicity, n (%)	
White	22 (91.7)
Black	2 (8.3)
Anthropometry, mean (SD)	
Body weight (kg)	86.1 (18)
Height (m)	1.70 (0.1)
Body mass index (kg/m ²)	29.6 (5.2)
Waist circumference (cm)	92.9 (15.6)
Anti-hypertensive drugs, median (range)	1 (1–3)
Combined therapy, n (%)	10 (41.6)
Diuretics, n (%)	11 (45.8)
β blockers, n (%)	5 (20.8)
Angiotensin converting enzyme inhibitors, n (%)	6 (25)
Angiotensin receptors blockers, n (%)	9 (37.5)
Calcium channel blockers, n (%)	3 (12.5)
Hemodynamic measurements, mean (SD)	
Systolic BP, mmHg	127.5 (13.6)
Diastolic BP, mmHg	77.2 (11.1)
Mean BP, mmHg	93.9 (11.3)
Heart rate, bpm	73 (9.9)
Rate-pressure product, mmHg.bpm	9407 (1916)

Values are means \pm standard derivation (SD) for parametric data, and medians \pm interquartile interval (range) for non-parametric data. BP, blood pressure

Table 2. Short-term blood pressure variability assessed by average real variability after experimental sessions

	Beach tennis (<i>n</i> = 24)	Control (<i>n</i> = 24)	Δ (95% CI)	<i>P</i> .value
24-h ARV				
Systolic BP (mmHg)	13.7 ± 0.9	13.6 ± 0.7	0.1 (-1 to 1.1)	0.905
Diastolic BP (mmHg)	7.8 ± 0.5	8.7 ± 0.5	-0.9 (-1.6 to -0.1)	0.049
Daytime ARV				
Systolic BP (mmHg)	14.6 ± 1.1	15.2 ± 1	-0.6 (-2.2 to 1.1)	0.503
Diastolic BP (mmHg)	8.2 ± 0.6	9.6 ± 0.6	-1.4 (-2.2 to -0.4)	0.004
Nighttime ARV				
Systolic BP (mmHg)	10.6 ± 0.6	11.3 ± 0.5	-0.7 (-1.9 to 0.6)	0.296
Diastolic BP (mmHg)	6.6 ± 0.5	7.1 ± 0.4	-0.5 (-1.4 to 0.5)	0.35

Number in bold indicates statistical significance (*P* < 0.05)

Data are means ± standard error for absolute values and means (95% confidence interval) for delta values.

ARV, average real variability; BP, blood pressure

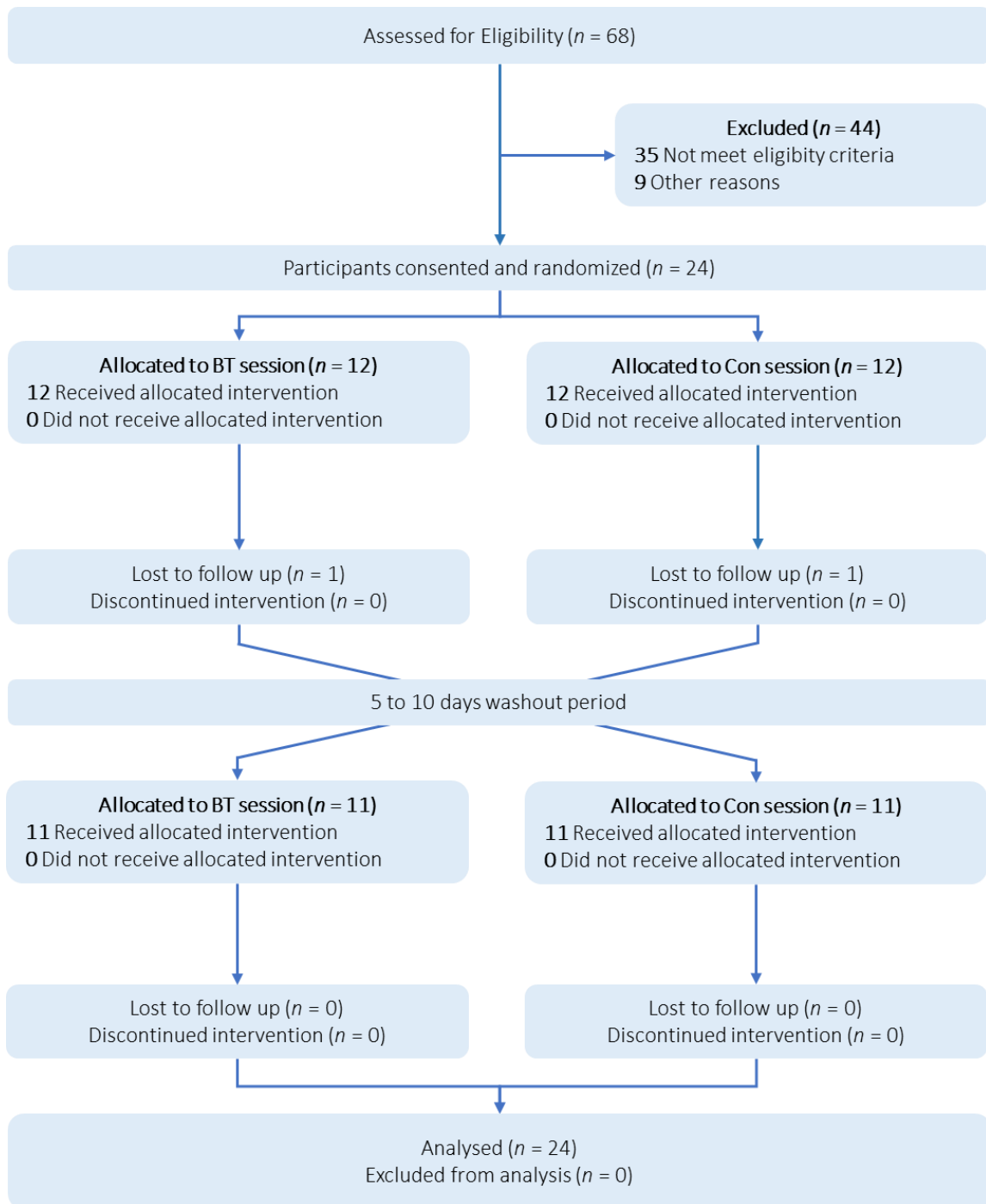
Table 3. Office and ambulatory rate-pressure product response during the experimental sessions and ambulatory monitoring

	Beach tennis (<i>n</i> = 24)	Control (<i>n</i> = 24)	Δ (95% CI)	Session <i>p</i> .value
Office RPP (mmHg.bpm)				
Pre	9572 ± 313	9443 ± 359	129 (-408 to 668)	0.637
Intrasession	19593 ± 827	9262 ± 328	10331 (8861 to 11800)	< 0.001
Post 0'	18886 ± 774	9375 ± 326	9510 (8029 to 10992)	< 0.001
Post 15'	10358 ± 398	8583 ± 552	1775 (1016 to 2532)	< 0.001
Post 30'	9661 ± 329	9094 ± 298	567 (212 to 922)	0.002
Post 45'	9875 ± 345	9413 ± 366	461 (-143 to 1067)	0.135
24-h Ambulatory RPP (mmHg.bpm)				
Daytime	8960 ± 340	9108 ± 274	-147 (-540.9 to 246.4)	0.463
Nighttime	7524 ± 404	7526 ± 271	-1.3 (-601.9 to 599.3)	0.997
24 hours	8491 ± 297	8603 ± 270	-112.2 (-432.8 to 208.5)	0.493

Numbers in bold indicates statistical significance ($P < 0.05$)

Data are means ± standard error for absolute values and means (95% confidence interval) for delta values.

RPP, rate-pressure product



7. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma sessão de treinamento esportivo com BT reduz a variabilidade de curto prazo da PA diastólica pelo período de 24 horas e no período diurno em indivíduos com hipertensão. Durante a sessão de BT, a demanda cardiovascular aumenta, mas retorna à níveis similares aos de um dia sem exercício já nos primeiros minutos de recuperação. Tais achados sugerem que a prática recreacional de *beach tennis* parece segura e bem tolerada por indivíduos com hipertensão.

Por fim, a prática de *beach tennis* pode ser uma alternativa aos modelos tradicionais de exercício físico, capaz de modular a variabilidade de PA de curto prazo. No entanto, estudos futuros devem ser conduzidos para confirmar os efeitos crônicos de diferentes modelos de exercício físico sobre a variabilidade de PA de curto prazo e os potenciais mecanismos associados à sua modulação.