



Escola Superior de Saúde
Fernando Pessoa

Licenciatura em Fisioterapia

Projeto de Graduação

**Comparação do treino pliométrico aquático
com o treino pliométrico no solo no desempenho do salto
vertical: uma revisão bibliográfica**

Kawtar Ait bella
Estudante de Fisioterapia
Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa
38739@ufp.edu.pt

Prof^a Doutora Luísa Amaral
Professora Adjunta
Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa
lamaral@ufp.edu.pt

Porto, julho 2021

Resumo

Introdução: a pliometria é uma forma de condicionamento físico, utilizada para melhorar a potência, a explosividade e a força, tanto no desporto como na reabilitação. O treino pliométrico pode ser feito num ambiente aquático ou terrestre, incluindo exercícios de salto e de ressalto realizados de forma explosiva, em que o salto vertical é um movimento explosivo importante em muitos desportos. **Objetivo:** comparar o efeito do treino pliométrico aquático com o treino pliométrico no solo no desempenho do salto vertical. **Metodologia:** foi efetuada uma pesquisa nas bases de dados da *PubMed*, *Cochrane*, *ScienceDirect* e *EBSCO*. A qualidade metodológica dos estudos foi analisada através da *Escala de PEDro*, obtendo uma média de 7/10. **Resultados:** foram selecionados 5 artigos, com um total de 138 sujeitos de ambos os géneros, com idades compreendidas entre 19 e 25 anos. Registaram-se tantas melhorias significativas após o treino pliométrico na água como no solo. **Conclusão:** o treino pliométrico nos dois meios diferentes permite o incremento da altura do salto vertical. No entanto, a realização do treino pliométrico em imersão parece reduzir a dor, melhorar força isocinética do quadríceps e isquiotibiais, amplitude da flexão plantar e equilíbrio.

Palavras-chave: pliometria, treino pliométrico terrestre, treino pliométrico aquático, exercícios de salto, salto vertical, potência.

Abstract

Introduction: plyometrics is a form of physical conditioning used to improve power, explosiveness and strength, both in sport and in rehabilitation. Plyometric training can be done in an aquatic or terrestrial environment, including jumping and jumping exercises performed in an explosive manner, where the vertical jump is an important explosive movement in many sports. **Objective:** compare the effect of aquatic plyometric training with ground plyometric training on vertical jump performance. **Methodology:** a search was carried out in the databases of PubMed, Cochrane, ScienceDirect and EBSCO. The methodological quality of the studies was analysed using the *PEDro* Scale, obtaining an average of 7/10. **Results:** 5 articles were selected, with a total of 138 subjects of both genders, aged between 19 and 25 years. There were as many significant improvements after plyometric training in water as on the ground. **Conclusion:** plyometric training in two different environments allows for an increase in the height of the vertical jump. However, performing plyometric training in immersion seems to reduce pain, improve quadriceps and hamstring isokinetic strength, plantar flexion amplitude and balance.

Keywords: plyometric, Land plyometric, Aquatic plyometric training, Jump exercise, vertical jump, power.

Introdução

Nos últimos anos, o fisioterapeuta tem um papel tão importante na reabilitação como no desempenho físico. Há um interesse em melhorar o desempenho físico do atleta, tanto no desporto amador ou profissional como na reabilitação, e também existe uma preocupação constante em criar estratégias preventivas (primárias e secundárias) na ocorrência de lesões, utilizando diferentes instrumentos para alcançar os resultados desejados.

A pliometria é uma forma de condicionamento físico que ganhou popularidade no início da década de 1970, quando atletas de países da Europa de Leste começaram a dominar eventos dependentes do desempenho (Davies e Riemann, 2019). A pliometria é agora utilizada em todos os tipos de desportos e por diferentes níveis de atletas para aumentar a força e a explosividade (Chelly et al., 2010).

Em geral, a força muscular dos membros inferiores e o desempenho do salto vertical são considerados essenciais para um desempenho desportivo bem-sucedido (Canavan, Vescovi, 2004; Potteiger et al., 1999) e para o desempenho de atividades diárias e tarefas profissionais (Kraemer, 2001).

De acordo com Wang e Zhang (2016), um exercício pliométrico é dividido em três fases: uma primeira fase de alongamento muscular rápido, um segundo período de descanso curto chamado fase de amortecimento e finalmente uma fase explosiva de encurtamento muscular. O objetivo é surpreender o corpo com um estímulo de alongamento e depois pedir-lhe que use esse estímulo para saltar e rececionar numa plataforma alta. Esta técnica pliométrica permite que o corpo utilize recursos que não são normalmente utilizados. O corpo tem mecanismos de proteção através do sistema nervoso central que funcionam como uma barreira para protegê-lo contra demasiado esforço muscular que os ossos, tecidos conjuntivos, músculos e tendões não conseguiriam suportar. A técnica pliométrica levanta esta barreira, permitindo recursos não utilizados. É uma técnica que é voluntária e involuntária, ao contrário de uma contração muscular clássica (Dufour, 2009).

A nível neuromuscular, Duchateau et al. (2003) mencionam uma ativação mais rápida dos neurónios motores, o treino pliométrico reduz em 9% o tempo necessário para que as unidades motoras atinjam a sua força máxima, o que é referido como uma redução do "tempo para a força máxima". Esta intervenção permite um aumento da frequência máxima de descarga das unidades motoras, até ao aparecimento de extra duplos ao nível dos impulsos correspondentes a impulsos muito próximos que contribuem para o aumento da força. Após o treino pliométrico, Van Custem et al. (1998) mostram que o aparecimento de extra duplos aumenta de 5,2% para 32,7%.

Wang e Zhang (2016) também destacaram que a pliometria é capaz de aumentar a força muscular nos membros inferiores, especialmente no joelho, e também potencializar a estabilidade articular, bem como o desempenho do salto vertical e da aceleração. Pode desenvolver agilidade (Arazi, 2012), equilíbrio (Asadi, De Villarreal, Arazi, 2015), e economia na corrida (Turner, Owings, Schwane, 2003).

Especificamente, a pliometria inclui exercícios de salto e de ressalto realizados de forma explosiva. Para uma boa aplicação da pliometria e para um programa eficaz e seguro para os pacientes, devem ser tidos em conta determinados fatores intrínsecos, tais como idade e peso dos sujeitos, rácio de força, força atual e velocidade de corrida, experiência, e lesões anteriores ou atuais.

A pliometria é agrupada por uma importante variedade de exercícios, nos quais cinco tipos de sessões foram distinguidos por Cometti e Cometti (2012): saltos horizontais compostos de sequências de deslocamentos de apoios; saltos verticais compostos de saltos que procuram atingir a altura máxima; sessão mista que combina as duas modalidades de saltos; saltos repetidos que visam desenvolver a capacidade de resistir à fadiga nos saltos, compostos de saltos horizontais e verticais, segue uma regra de construção tendo em conta o tempo de competição do sujeito, método "*Choque*" de *Verkhoshansky* que é composto por uma variedade de saltos descendentes, sendo um tipo de pliometria muito intensa.

A fim de medir a altura e as qualidades neuromusculares, pode-se identificar quatro tipos de saltos: o *squat jump*, o *countermovement jump*, o *drop jump*, e o salto de reatividade (Laffaye e Jidovtseff, 2015). O salto de *countermovement jump* (CMJ) e o *squat jump* (SJ) são dois exemplos de saltos verticais derivados do salto *Sargent* (Sargent, 1921, 1924). Tanto os testes CMJ como SJ são considerados fiáveis e válidos (Markovic et al., 2004).

No entanto, o treino pliométrico pode levar a lesões em várias estruturas anatómicas osteoarticulares tanto ao nível dos membros como a nível vertebral (Donoghue, Shimojo, Takagi, 2011), pode também causar dores musculares agudas, ou mesmo lesões músculo-esqueléticas (Almeida et al., 1999).

Além do treino pliométrico no solo, a implementação de um treino pliométrico aquático poderá proporcionar benefícios e/ou vantagens para a condição física do atleta com determinadas especificidades. Por exemplo, um método relativamente simples de reduzir as forças de impacto e a carga excêntrica, fornecendo ao mesmo tempo estímulos suficientes para melhorias fisiológicas e atléticas, seria realizar treino pliométrico numa piscina, ou treino pliométrico aquático (Ruoti, Troup, Berger, 1994; White, Smith, 1999).

No ambiente aquático, o homem encontra-se em novas condições relacionadas com a hidrostática e a dinâmica dos fluidos, que são vantagens mecânicas específicas. As características deste ambiente são fluutuabilidade, resistência, pressão hidrostática, tensão superficial, inércia, calor específico da água, resistência de propulsão, viscosidade e temperatura (Edlich, et al., 1987). Uma pessoa imersa na água até à sínfise púbica ou até ao umbigo pode eliminar efetivamente 40-50% do seu peso corporal (Becker, 2009). O treino pliométrico aquático pode ter o potencial de proporcionar melhorias semelhantes, ou superiores, tanto na função músculo-esquelética como nos atributos atléticos de treino explosivo e reativo, quando comparado como o treino pliométrico terrestre, com menos dor e/ou lesão muscular de início retardado (Martel et al., 2005).

Perante o anteriormente exposto, o objetivo da presente revisão é comparar o efeito do treino pliométrico aquático com o treino pliométrico no solo no desempenho do salto vertical.

Metodologia

Para a realização desta revisão bibliográfica, foi efetuada uma pesquisa com recurso às bases de dados científicas *PubMed*, *EBSCO*, *Cochrane*, e *Science Direct* a fim de reconhecer os estudos os estudos que compararam o treino pliométrico aquático e no solo.

Na base de dados *Science Direct*, a pesquisa foi efetuada com “*Pliométrie au sol*”, e nas restantes bases através das palavras-chave *Plyometric*, *Plyometric training*, *Jump exercise*, *Stretch shortening*, *Land plyometric*, *Ground*, *Land*, *Aquatic plyometric*, *Aquatic plyometric training*, *Water plyometric training*, *Water*, *Aquatic*, *Hydrotherapy*, *Balneotherapy*, *Balneology*, *Vertical jump*, *Jump*, *Jumping*, *Power*. Foram utilizados os operadores de lógica *OR* e *AND*, resultando nas seguintes conjunções: (“*Plyometric*” *OR* “*Plyometric training*” *OR* “*Land plyometric*” *OR* “*Stretch shortening*”) *AND* (“*Aquatic plyometric training*” *OR* “*Water plyometric training*” *OR* “*Water*” *OR* “*Aquatic*” *OR* “*Hydrotherapy*”) *AND* (“*Jump*” *OR* “*Vertical jump*”); (“*Plyometric*” *OR* “*Aquatic plyometric*” *OR* “*Jump exercise*”) *AND* (“*Water*” *OR* “*Aquatic*” *OR* “*Ground*” *OR* “*Land*”) *AND* (“*Vertical jump*” *OR* “*Jumping*” *OR* “*Power*”); (“*Hydrotherapy*” *OR* “*Aquatic*” *OR* “*Water*” *OR* “*Balneotherapy*” *OR* “*Balneology*”) *AND* (“*Plyometric*” *OR* “*Stretch shortening*”).

Critérios de seleção

Critérios de inclusão: foram integrados artigos randomizados que comparavam o treino pliométrico aquático e no solo; os sujeitos não apresentavam qualquer patologia ou lesão nos últimos 6 meses; os participantes deviam ser alocados de forma aleatória e terem idade superior

a 18 anos; não foi exigido nenhum tipo ou nível de atividade física específico; a altura dos saltos pré e pós- intervenção devia ser mensurada e reportada nos resultados; e a língua devia ser o inglês, francês ou o português.

Critérios de exclusão: foram excluídos artigos sem livre acesso e duplicados; artigos que incluíam apenas uma das intervenções; artigos que comparavam com uma outra superfície.

Para cumprir os critérios estabelecidos foi realizada uma leitura do resumo de cada artigo, e em alguns casos, na íntegra.

A pesquisa bibliográfica e o fluxograma seguiram as recomendações *do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses, PRISMA*.

Os estudos foram avaliados metodologicamente com a escala de *Physiotherapy Evidence Database Scoring Scale (PEDro)*.

Resultados

Na pesquisa efetuada foram encontrados 415 estudos, dos quais 252 não eram estudos randomizados e/o a data do artigo não corresponde ao critério de inclusão, 13 duplicados, 5 sem livre acesso, e os restantes 21 sem informação relevante (Fig.1).

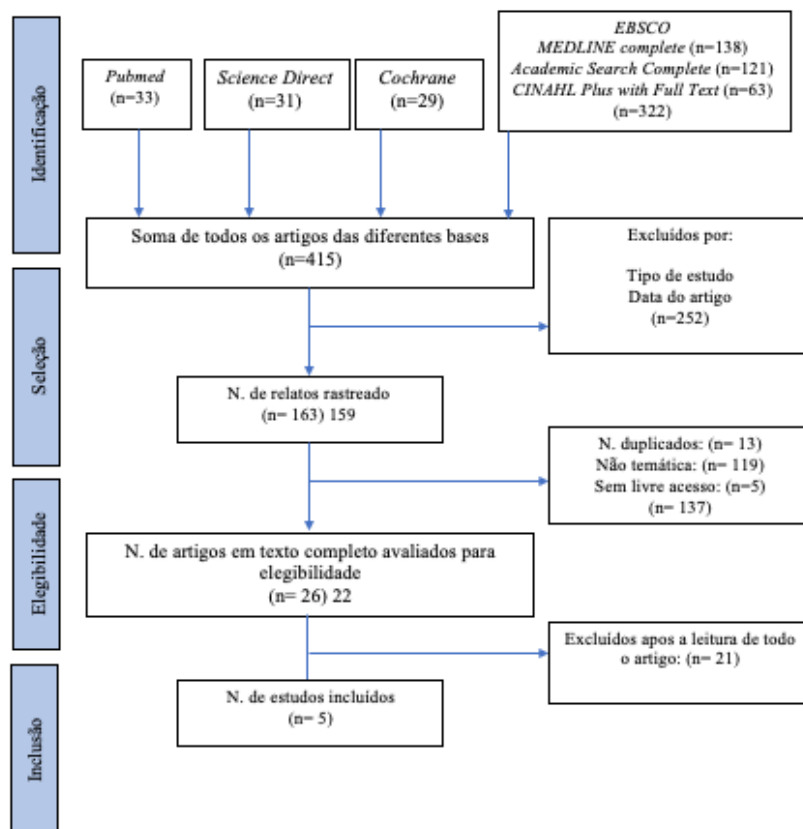


Fig. 1- Fluxograma representativo da pesquisa efetuada

Os estudos foram classificados por dois investigadores, segundo a sua qualidade metodológica, após a seleção dos artigos que cumpriram os critérios de elegibilidade, utilizando à escala de *PEDro* (Tabela 1).

Tabela 1- Resultados da Escala de *PEDro*.

Estudo	Critérios presentes	Pontuação total
Miller, Berry, Bullard e Gilders (2002)	1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11	7/10
Robinson, Devor, Merrick e Buckworth (2004)	1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11	7/10
Stemm e Jacobson (2007)	1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11	7/10
Lavanant, García e Cruz (2013)	1, 2, 4, 7, 8, 9, 10, 11	7/10
Kobak, Rebold, DeSalvo e Otterstetter (2015)	1, 2, 4, 7, 8, 9, 10, 11	7/10

Nota : o critério 1 não entra no cálculo; o valor refere-se ao número de critérios presente entre os 10 critérios da escala que entram no cálculo.

Após a análise metodológica dos estudos selecionados, registou-se uma média de 7/10.

Nenhum dos artigos cumpriu os critérios 5 e 6, que nos permite saber se o estudo é cego ou não.

Os dados de cada estudo referentes aos autores, ano de publicação, características da amostra, objetivo de estudo, protocolo de intervenção, parâmetros analisados com os instrumentos de avaliação, e os resultados, foram apresentados em forma de tabela de síntese (Tabela 2).

Os 5 artigos selecionados foram randomizados controlados. Nesta revisão obteve-se um total de 138 sujeitos de ambos os géneros, com idades compreendidas entre 19 e 25 anos.

Tabela 2- Súmula dos artigos selecionados

Autor (data)	Participantes	Objetivo	Intervenção	Parâmetros avaliados, e instrumentos	Resultados
Miller, Berry, Bullard e Gilders (2002)	<p>N = 40 pessoas → 21 mulheres e 19 homens</p> <p>Grupo de Controle (GC): N = 14, Idade = 23.0 ± 5.5 anos, Peso = 79.8 ± 14.3 kg</p> <p>TPA: N = 13, Idade = 22 ± 2.5 anos, Peso=74.2±20.2kg</p> <p>TPS: N = 13, Idade = 21.5 ± 3.6 anos, Peso=72.2±9.7kg</p>	<p>Comparar os efeitos de 8 semanas de treino pliométrico no solo e na água, na potência, salto vertical e o <i>peak torque</i>.</p> <p>Objetivo secundário: comparar os efeitos dos 2 programas de treino sobre a dor muscular e a amplitude de movimento.</p>	<p>2 vezes por semana, 8 semanas.</p> <p>Durante 8 semanas foram realizados exercícios diferentes nos dois grupos diferentes.</p> <p>O programa de treino foi baseado nas recomendações de intensidade e volume de Piper e Erdmann (Anexo 1) utilizando exercícios, sets, repetições, e volume idênticos para os grupos de TPA e TPS.</p>	<p>Capacidade do salto vertical</p> <ul style="list-style-type: none"> ▸ <i>The vertec jumping system</i>. <p>Uma medida de base de altura de alcance foi determinada medindo a banda mais alta que um sujeito podia tocar enquanto estava de pé plano com um braço esticado. Cada sujeito: 2 saltos de treino, seguidos de 5 saltos verticais estacionários a 2 pés. Os saltos verticais foram registrados: diferença entre a altura do alcance da base e o salto vertical mais alto.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Potencia muscular ▸ <i>Margaria-Kalamen power test</i> ▪ Joelho e tornozelo peak torque ▸ <i>Biodex Multi-Joint System 2</i> ▪ ROM ▸ Baseline® 360° 12-in goniometer 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Salto vertical, potencia muscular: A análise da covariância (ANCOVA) não revelou qualquer diferença significativa entre os 3 grupos no que diz respeito a qualquer dos testes de potência, contudo existe uma melhoração nos grupos com destaque no grupo TPA. ▪ Joelho e tornozelo peak torque: não revelou também qualquer diferença significativa no <i>peak torque</i> entre os 3 grupos, a qualquer velocidade ou articulação. Mas existe um aumento significativo no <i>peak torque</i> dos isquiotibiais no grupo TPA, bem como no grupo TPS. ▪ ROM : aumento significativo entre os grupos na flexão plantar, com ganhos significativamente maiores na flexão plantar no grupo de TPA quando comparado com o grupo de TPS que tem ganhos da amplitude da dorsiflexão.
Robinson, Devor, Merrick e Buckworth (2004)	<p>N = 32 mulheres fisicamente ativas</p> <p>TPA: N = 16,</p>	<p>Determinar os efeitos da pliometria no solo em comparação a pliometria na água, sobre a potência, o torque,</p>	<p>3 vezes por semana, 8 semanas</p> <p>As atividades de treino duraram 50 minutos e consistiram em 3-5 conjuntos de 10-20 repetições de 10 exercícios envolvendo uma série de <i>bounds</i>, <i>hops</i> e saltos especificamente concebidos para o</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peak power ▸ <i>Sargent vertical jump test</i> <p>A diferença (cm) entre a altura em pé e a altura do salto é o valor do salto vertical. 3 <i>squat jumps</i> com um intervalo de 1mto</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Peak torque 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peak power: os testes post-hoc do efeito do tempo revelaram que, independentemente do grupo de intervenção, houve um aumento significativo do salto vertical máximo (peak power, $p \leq 0.001$), peak torque e peak velocidade.

	<p>Idade = 19,8,6 ± 0,3 anos,</p> <p>Peso = 66,8 ± 2,1 kg</p> <p>TPFA:</p> <p>N = 15,</p> <p>Idade = 20,6 ± 0,6anos,</p> <p>Peso = 68,5 ± 2,3 kg</p>	<p>velocidade e dor muscular nas mulheres.</p>	<p>desenvolvimento do poder explosivo e produção de força dos extensores e flexores do joelho, recto femoral e bíceps femoral.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▸ <i>Isokinetic strength testing</i> ▪ Peak velocidade ▸ 40m <i>sprint</i> ▪ Dor muscular e sensibilidade à dor ▸ Escala de auto avaliação subjetiva e objetiva - algómetro ▸ Sensibilidade: após 1 sessão de treino no início (semana de treino 1) e quando a intensidade do treino aumentou (semanas 3 e 6). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dor muscular e sensibilidade à dor: similar para ambos os grupos imediatamente após a sessão (0h), qualquer que seja o músculo ou a semana testada. No entanto, o grupo TPS teve uma percepção significativamente maior da dor muscular do que o grupo TPA às 48h e 96h após a sessão para cada músculo durante as 3 semanas de medição (semana 1, semana 3: 1º aumento de intensidade, semana 3: 2º aumento de intensidade).
<p>Stemm e Jacobson (2007)</p>	<p>N = 21 homens, fisicamente ativos</p> <p>Idade = 24±2,5 anos</p> <p>G. Controlo: N = 9</p> <p>Grupo 1 → TPA: N = 7</p> <p>Grupo 2 → TPS: N = 8</p>	<p>Comparar exercícios pliométrico no solo e na água sobre o desempenho do salto vertical.</p>	<p>2 vezes por semana, 6 semanas</p> <p>Grupo 1: exerc pliométricos em água ao nível do joelho, ajustados a 1 cm a partir do eixo da articulação do joelho.</p> <p>Grupo 2: exerc pliométricos no solo com um tapete de receção, incluindo <i>squat jumps, side hops, knee-tuck jumps</i>. 3 Series de 15 saltos.</p> <p>Eles são precedidos por um aquecimento de 5mts numa bicicleta estacionária e por 1 sessão de alongamento de 5mts.</p>	<p>Capacidade do salto vertical</p> <ul style="list-style-type: none"> ▸ <i>The vertec jumping system</i> <p>Os sujeitos foram submetidos a 3 ensaios, sendo o salto mais alto utilizado como medida de comparação (0,5 polegadas mais próxima) para as classificações pré e pós-teste.</p>	<p>Tanto os grupos aquáticos como os terrestres tiveram um desempenho significativamente superior ($p < 0,05$) ao do grupo de controlo no salto vertical e que não existia diferença significativa no desempenho do salto vertical entre os grupos aquáticos e terrestres.</p>
<p>Lavanant, García e Cruz (2013)</p>	<p>N = 24 estudantes de educação física</p> <p>Treino pliométrico na água (TPA):</p> <p>N = 12,</p> <p>Idade = 21,75 ± 2,95 anos,</p>	<p>Determinar o efeito do treino pliométrico na água (TPA) em comparação com o treino no solo (TPS) para melhorar o</p>	<p>O processo da experiência consistiu em realizar 100 saltos/sessão na primeira semana, adicionando depois mais 50 saltos/sessão cada semana até se atingir um total de 350 saltos por dia de treino na sexta semana.</p> <p>Foi observado um período de repouso de 1 minuto após cada</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacidade do salto ▸ Plataforma <i>Ergo Jump-Plus Bosco System</i> com uma frequência de 1000Hz <p>Dois saltos foram realizados com um intervalo de 30secs para o</p>	<p>Foram obtidos melhores resultados por ambos os grupos, contudo as diferenças que aparecem não são estatisticamente significativas para o grupo aquático, mas existe uma melhoria para o grupo terrestre ($p < 0,05$).</p>

	<p>Peso = 73,90 ± 10,23 kg</p> <p>Treino pliométrico no solo (TPS):</p> <p>N = 12,</p> <p>Idade = 20,67 ± 2,49anos,</p> <p>Peso = 74,49 ± 5,27 kg</p>	<p>desempenho do salto vertical.</p>	<p>série e foram realizadas 10 séries durante cada sessão de treino.</p>	<p><i>Squat Jump (SJ)</i> e <i>Countermovement Jump (CMJ)</i>.</p> <p>Apenas os melhores saltos dos quatro testes foram contabilizados</p>
<p>Kobak, Rebold, DeSalvo e Otterstetter (2015)</p>	<p>N = 34 pessoas → 13 mulheres e 21 homens</p> <p>Idade = 22,5 ± 1,41 anos</p> <p>G. Controlo (GC): N = 11</p> <p>Grupo 1 → TPA: N = 12</p> <p>Grupo 2 → TPS: N = 11</p>	<p>Comparar os efeitos de um programa pliométrico aquático e terrestre no equilíbrio, altura de salto vertical e força isocinética dos quadríceps e dos isquiotibiais.</p>	<p>2 vezes por semana, 8 semanas.</p> <p>Aquecimento de 5mts numa passadeira na água (TPA) e no solo (TPS).</p> <p>Os exercícios foram realizados na seguinte ordem: saltos em profundidade, <i>squat jumps</i>, <i>calf pops</i>, <i>lunge jumps</i>, <i>knee tuck jumps</i>, <i>box jump</i>, <i>squat jumps duma perna única (SL)</i> e <i>ski jumps duma perna única (SL)</i>.</p> <p>Da semana 6 à semana 9, um colete ou um <i>medecine ball (MB)</i> pesando entre 0,700kg e 2,8kg foi usado pelos grupos TPA e TPS respetivamente, para aumentar o estímulo de treino e aumentar a intensidade do programa.</p>	<p>Desempenho do salto vertical:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▸ <i>The vertec jumping system</i> <p>O <i>CMJ</i> foi realizado sem um passo preparatório (flexão dos joelhos + ancas, mover o tronco ligeiramente para a frente e para baixo + balançar os braços para trás simultaneamente). As medidas foram tiradas do remo mais alto movido durante o salto. A melhor das três tentativas foi registada a 0,5 polegada mais próxima. A altura da linha de base foi então subtraída do salto vertical mais alto para obter uma diferença de altura total.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Equilíbrio ▸ <i>Biodex Balance System</i> ▪ Força isocinética dos quadríceps e isquiotibiais ▸ <i>Biodex Multi-Joint System</i> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Salto vertical, força isocinética dos quadríceps e isquiotibiais: este programa de treino produziu resultados significativos no grupo TPA para equilíbrio, altura de salto vertical (p=0,008), força isocinética dos quadríceps a 60°/seg (p = 0.001) e 120°/seg (p≤0,01), e dos isquiotibiais a 120°/seg (p=0,03), em comparação com os grupos TPS e GC. ▪ Equilíbrio: foi observado uma diferença significativa no grupo TPA entre pré e pós-teste.

Discussão

Amostra

Na presente revisão, os participantes, de ambos os géneros, apresentavam uma média de idades entre 19 e 24 anos. Quanto ao nível e tipo de atividade física, estes não são discriminados, uns participantes são estudantes de educação física (Lavanant, García e Cruz, 2013), logo são fisicamente ativos, assim como a amostra do estudo de Stemm e Jacobson (2007). Já os estudos de Miller, Berry, Bullard e Gilders (2002) e Kobak, Rebold, DeSalvo e Otterstetter (2015) não fizeram qualquer referência à atividade física praticada pelos seus participantes. Portanto esta heterogeneidade de género e de prática de atividade física pode influenciar a execução do treino pliométrico e, conseqüentemente, o seu efeito.

Treino pliométrico

Os protocolos aplicados tiveram uma duração ou de 6 semanas (Stemm e Jacobson, 2007; Lavanant, García e Cruz, 2013), ou de 8 semanas (Miller, Berry, Bullard e Gilders, 2002; Robinson, Devor, Merrick e Buckworth, 2004; Kobak, Rebold, DeSalvo e Otterstetter, 2015), executados com uma periodicidade de 2 vezes por semana (Miller, Berry, Bullard e Gilders, 2002; Stemm e Jacobson, 2007; Kobak, Rebold, DeSalvo e Otterstetter, 2015), ou 3 vezes (Robinson, Devor, Merrick e Buckworth, 2004), o que constitui o dobro de sessões comparativamente aos estudos de 6 semanas. O número de séries mencionado foi de 10 séries com um período de repouso de 1 minuto entre elas no estudo de Lavanant, García e Cruz (2013), 3 séries de 15 (Stemm e Jacobson, 2007), e 3-5 séries de 10-20 repetições (Robinson, Devor, Merrick e Buckworth, 2004). Todas estas variações de treino podem, de algum modo, ter influenciado os resultados obtidos nos estudos selecionados na presente revisão.

Todos os autores incluídos nesta revisão, ao pretenderem comparar o efeito do treino pliométrico aquático com o treino pliométrico no solo, realizaram exercícios similares em ambos os meios, aquático e terrestre. Dois estudos referiram terem efetuado, previamente à aplicação do treino pliométrico, um período de aquecimento de 5 minutos, com alongamentos e cicloergómetro estacionário (Stemm e Jacobson, 2007) ou num tapete rolante/ passadeira na água ou no solo, consoante o treino pliométrico que os participantes fossem submetidos (Kobak, Rebold, DeSalvo e Otterstetter, 2015).

Quanto às características dos treinos pliométricos, Lavanant, García e Cruz (2013) implementaram um protocolo de 100 saltos por sessão durante a primeira semana, adicionando depois mais 50 saltos por sessão em cada semana, até se atingir um total de 350 saltos por dia de treino na sexta semana. O programa de treino realizado no estudo de Miller, Berry, Bullard e Gilders (2002) foi baseado nas recomendações de intensidade e volume de *Piper e Erdmann*

(1998). Os participantes do estudo de Stemm e Jacobson (2007) efetuaram exercícios pliométricos no solo sobre um tapete de recepção, incluindo *squat jumps*, *side hops*, *knee-tuck jumps*. No estudo de Kobak, Rebold, DeSalvo e Otterstetter (2015), os exercícios foram realizados com uma determinada ordem, nas primeiras 6 semanas começavam pelos saltos em profundidade, de seguida *squat jumps*, *calf pops*, *lunge jumps*, *knee tuck jumps*, *box jump*, e por fim *squat jumps* e *ski jumps* de forma uni podal. Na sexta, sétima e oitava semana, os participantes incluídos no treino pliométrico aquático treinavam com um colete, assim como os do treino pliométrico terrestre treinavam com uma bola medicinal, pesando entre 0,7kg e 2,8kg. Este acréscimo de carga tinha o propósito de potenciar o estímulo do treino e aumentar a intensidade do programa. As atividades de treino de Robinson, Devor, Merrick e Buckworth (2004) duravam 50 minutos e consistiram numa série de *bounds*, *hops* e saltos especificamente concebidos para o desenvolvimento do poder explosivo e produção de força dos extensores e flexores do joelho, nomeadamente reto e bíceps femoral.

Desempenho do salto vertical

O desempenho do salto vertical foi avaliado maioritariamente utilizando o *Vertec Jumping System* (Miller, Berry, Bullard e Gilders, 2002; Stemm e Jacobson, 2007; Kobak, Rebold, DeSalvo e Otterstetter, 2015), no entanto os participantes do estudo de Robinson et al. (2004) realizaram o *Sergent vertical jump* que é equivalente ao instrumento de avaliação acima referido, e Lavanant, García e Cruz (2013), a plataforma *Ergo Jump-Plus Bosco System*.

Miller, Berry, Bullard e Gilders (2002) não encontraram diferenças significativas entre os 3 grupos, controlo (GC), treino pliométrico aquático (TPA) e no solo (TPS). Contudo, todos os grupos mostraram melhorias, com destaque do grupo TPA. Um estudo semelhante, com o mesmo número de sessões e com a mesma duração de aplicabilidade (Kobak, Rebold, DeSalvo e Otterstetter, 2015), produziu resultados significativos no grupo TPA, em comparação com o grupo TPS e o GC. Estes resultados podem ser explicados pela intensidade baixa a média das primeiras 5 semanas de treino no estudo de Miller, Berry, Bullard e Gilders (2002), ou talvez pela profundidade da água que determinará o nível de resistência, quanto mais o sujeito estiver imerso, melhores serão os resultados.

No estudo de Stemm e Jacobson (2007) houve um aumento significativo no desempenho dos saltos verticais nos grupos de intervenção em comparação com o grupo de controlo, mas não houve diferença significativa entre os grupos TPA e TPS. Os sujeitos do grupo TPA foram imersos até ao nível dos joelhos, pelo que a flutuabilidade foi reduzida. Ao comparar entre grupos, tendo em consideração o efeito do tempo, constatou-se que, independentemente do grupo de intervenção, houve um aumento significativo do salto vertical máximo (pico de

potência) (Robinson et al., 2004). Finalmente, para Lavanant, García e Cruz (2013), foram obtidos melhores resultados para ambos os grupos, no entanto as diferenças que aparecem não são estatisticamente significativas para o grupo aquático, mas há uma melhoria para o grupo terrestre. Os resultados obtidos evidenciam que a capacidade de salto é aumentada pelo treino pliométrico, tanto na imersão em água como no solo, não havendo um padrão específico de incremento. A intensidade do treino pode proporcionar benefícios na melhoria da explosividade, embora possa aumentar a ocorrência de lesões músculo-esqueléticas ou o aparecimento de dor.

Outros parâmetros analisados

Três estudos (Miller, Berry, Bullard e Gilders, 2002; Robinson et al., 2004; Kobak, Rebold, DeSalvo e Otterstetter, 2015) decidiram avaliar parâmetros diferentes, respectivamente *peak torque* do joelho e tornozelo, força isocinética dos quadríceps e isquiotibiais, utilizando o mesmo instrumento, o *Isokinetic strength testing*. No primeiro estudo, uma análise de covariância não revelou qualquer diferença significativa no *peak torque* entre os 3 grupos, a qualquer velocidade ou articulação (tornozelo ou joelho). Por outro lado, verificou-se um aumento significativo no *peak torque* dos isquiotibiais no grupo de treino aquático, bem como no grupo de treino terrestre, de um momento observacional para outro. Depois, o segundo programa de Kobak, Rebold, DeSalvo e Otterstetter, (2015) produziu resultados significativos para o grupo TPA para a força isocinética de quadríceps a 60°/seg e 120°/seg, assim como para os isquiotibiais a 120°/seg, em comparação com os grupos TPS e GC. De igual forma, os testes considerando o efeito do tempo, revelaram que, independentemente do grupo de intervenção, houve um aumento significativo do *peak torque* do quadríceps e isquiotibiais a 60°/seg.

Miller, Berry, Bullard e Gilders (2002) concentraram-se num último parâmetro, que foi o ganho de amplitude articular, ou *Range of motion* (ROM), e verificaram um aumento significativo entre os grupos na flexão plantar, com ganhos significativamente maiores na flexão plantar no grupo de TPA quando comparado com o grupo de TPS, contrariamente ao que ocorreu com a amplitude de movimento na dorsiflexão, a qual obteve maiores ganhos no grupo de TPS. Pode-se assumir que a fase de amortecimento no ambiente aquático é reduzida e a de impulsão aumentada, e, portanto, a flexão plantar é mais solicitada, ao contrário do que acontece no ambiente terrestre, o que pode explicar estes resultados.

O equilíbrio foi avaliado por Kobak, Rebold, DeSalvo e Otterstetter (2015), utilizando o *Biodex Balance System*, com o qual foi observado uma diferença significativa no grupo TPA entre pré e pós-teste.

Após atividade física, pode ocorrer dor. Por exemplo, no estudo de Robinson, Devor, Merrick e Buckworth (2004), os sujeitos dos grupos TPA e TPS sofreram dores musculares imediatamente após a sessão, independentemente do músculo ou da semana que foram testados. No entanto, os participantes do grupo TPS tiveram uma percepção significativamente maior da dor muscular do que o outro grupo às 48 horas e 96 horas após a sessão durante as 3 semanas de medições. Assim, pode-se sugerir que o TPA, ao ser beneficiado pela presença da fluabilidade, reduzirá o impacto, minimizando o risco de lesões e restrições articulares. Esta propriedade também diminui a quantidade de carga excêntrica experimentada, o que facilitará a fase concêntrica de um salto pliométrico.

O nível de resistência durante a execução do TPA será determinado pela profundidade da água, com peito ou ombros em imersão, ter-se-á uma maior resistência durante as fases de recepção, acompanhada de uma atividade muscular excêntrica menos intensa, força de impacto mais baixa e uma maior segurança (Siff, 2003). Quanto ao TPS, este irá gerar cargas mais pesadas, a velocidades mais baixas, com uma fase de amortecimento mais longa, melhorando a força mas não a potência (Behm & Sage, 1993; Colado et al., 2010).

Apesar das características ambientais onde se realiza um treino pliométrico (terrestres ou aquáticas) serem distintas, com valores favoráveis num meio ou em outro, os resultados dos estudos incluídos na presente revisão não destacam um deles. Deste modo, poder-se-á incrementar durante uma época desportiva os dois tipos de treino, tendo em atenção a fase/ciclo que se encontram. No início da época, provavelmente realizar um treino pliométrico aquático, pois constatou-se que minora o aparecimento da dor muscular retardada, típica da fase desportiva inicial, ou numa fase final da época desportiva, onde os índices de fadiga são muito mais elevados, podendo, assim, contribuir para um reforço sem potenciar o aparecimento de lesões musculares.

Para a reabilitação, o TPA pode ser uma forma terapêutica interessante para os fisioterapeutas, uma vez que os resultados obtidos demonstram vantagem em termos de equilíbrio, pelo facto de haver uma solicitação mais importante da proprioção, e em termos de dor e lesões musculares. Contudo, para atletas integrados em desportos no meio terrestre, será útil manter o treino pliométrico no solo, para promover a adaptação às cargas inerentes aos seus gestos desportivos, mas alternando com um treino aquático, tirando benefícios de ambos os tipos de treino pliométrico.

Limitações do estudo

Ao analisar a qualidade metodológica através da escala de *PEDro* foram observadas falhas metodológicas. Os critérios 5 e 6 não foram respeitados em nenhum dos artigos. De facto,

parece óbvio que os sujeitos e os fisioterapeutas sabem se o programa é feito na água ou no solo. Existe portanto um elevado risco de enviesamento na avaliação em todos os estudos selecionados, apesar disso, os diferentes artigos apresentam uma qualidade homogénea entre eles.

Os programas pliométricos nem sempre foram descritos com precisão, assim como as características das piscinas (tamanho/temperatura/nível de imersão) em que os programas foram implementados. As amostras dos estudos foram reduzidas e inespecíficas para que seja possível extrapolar os resultados para uma determinada população, com níveis de atividade física e/ou desportiva bem definidos.

Conclusão

Na presente revisão foram observadas melhorias na altura de salto vertical, tanto através de treino pliométrico na água como no solo, sem grandes diferenças entre os dois meios de intervenção.

Diferentes protocolos de treino pliométrico, terrestre e aquático, foram implementados durante 6 a 8 semanas. A sua efetividade foi avaliada através do desempenho do salto vertical, não tendo sido consensual.

Apesar de haver melhorias após a realização do treino pliométrico, não foram observadas diferenças entre o meio aquático e o terrestre, havendo por vezes uma tendência de destaque para cada um dos meios.

Os resultados do incremento do *peak torque*, também foram similares entre o grupo que realizou treino pliométrico na água e no solo. Já o aumento de força isocinética do quadríceps e dos isquiotibiais, o aumento de amplitude articular do tornozelo na flexão plantar, assim como a melhoria do equilíbrio e da dor, foram superiores nos participantes que efetuaram treino pliométrico aquático. O treino pliométrico terrestre obteve ganhos com valores significativos na amplitude de dorsiflexão.

Sugestões para futuros estudos

Com a elaboração desta revisão bibliográfica pretendeu-se saber se existia uma diferença entre o treino pliométrico aquático e no solo no desempenho do salto vertical, contribuindo para o aumento de conhecimento do efeito da aplicabilidade deste tipo de treino.

Recomenda-se a realização de mais estudos randomizados com amostras mais homogéneas, ou com sujeitos treinados ou sedentários, porque a adaptação ao treino é distinta. O momento de aplicação do treino deveria ser o mesmo, tal como o tempo (duração e frequência) da sua aplicação. Assim, com resultados mais robustos será permitido a criação de futuras estratégias

de intervenção com treinos pliométricos terrestres ou aquáticos para potenciar o condicionamento físico, tanto no desporto como na reabilitação.

Bibliografia

Almeida, S., Williams, K., Shaffer, R. e Brodine, S. (1999). Epidemiological patterns of musculoskeletal injuries and physical training. *Medicine and Science in sports and Exercise*, 31(8), 1176-1182.

Arazi, H. (2012). Effects of high-intensity plyometric training on dynamic balance, agility, vertical jump and sprint performance in young male basketball players. *Journal of Sport and Health Research*, 4(1), 35-44.

Asadi, A., de Villarreal, E. e Arazi, H. (2015). The effects of plyometric type neuromuscular training on postural control performance of male team basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(7), 1870-1875.

Becker, B. (2009). Aquatic therapy: scientific foundations and clinical rehabilitation applications. *Pm&r*, 1(9), 859-872.

Canavan, P. e Vescovi, J. (2004). Evaluation of power prediction equations: peak vertical jumping power in women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(9), 1589-1593.

Chelly, M., Ghenem, M., Abid, K., Hermassi, S., Tabka, Z. e Shephard, R. (2010). Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump-and sprint performance of soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2670-2676.

Cometti, D. e Cometti, G. L. (2012). Pliométrie, méthode de restitution d'énergie au service de la performance sportive. *Ed Chiron, Paris*, 55-58.

Davies, G. J., & Riemann, B. L. (2019). Current Concepts of Plyometric Exercises for the Lower Extremity. *In Return to Sport after ACL reconstruction and Other Knee Operations*. Springer, Cham, 277-304.

Donoghue, O. A., Shimojo, H., & Takagi, H. (2011). Impact forces of plyometric exercises performed on land and in water. *Sports health*, 3(3), 303-309.

Dufour, M. (2009). Les diamants neuromusculaires: l'explosivité et la puissance musculaire. *Ed Volodalen*, 69-141.

Edlich, R., Towler, M., Goitz, R., Wilder, R., Buschbacher, L., Morgan, R. e Thacker, J. (1987). Bioengineering principles of hydrotherapy. *The Journal of burn care & rehabilitation*, 8(6), 580-584.

Grantham, N. (2006). Plyometrics and sports injuries-spinal shrinkage, patellar tendinitis, lower limbs injuries, heel-pad bruising, shin splints and stress fractures. *Sports Injury Bulletin*.

Kobak, M., Rebold, M., DeSalvo, R. e Otterstetter, R. (2015). A comparison of aquatic-vs. land-based plyometrics on various performance variables. *International Journal of Exercise Science*, 8(2), 134-144.

Kraemer, W., Mazzeti, S., Nindl, B., Gotshalk, L., Volek, J., Bush, J., Marx, J., Dohi, K., Gomez, A., Miles, M., Fleck, S., Newton, R. e Hakkinen, K. (2001). Effect of resistance training on women's strength/power and occupational performances. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(6), 1011-1025.

- Laffaye, G. e Jidovtseff, B. (2015). Analyse des sauts et de la course à pied par accélérométrie. *Métrie en biomécanique*, 229-249.
- Lavanant, A. J., García, J. F., & Cruz, J. A. (2013). Entraînement pliométrique aquatique. *Science & sports*, 28(2), 88-93.
- Markovic, G. e Mikulic, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports medicine*, 40(10), 859-895.
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I. e Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 551-555.
- Miller, M. G., Berry, D. C., Bullard, S., & Gilders, R. (2002). Comparisons of land-based and aquatic-based plyometric programs during an 8-week training period. *Journal of Sport Rehabilitation*, 11(4), 268-283.
- Piper, T. e Erdmann, L. (1998). A 4-step plyometric program. *Strength & Conditioning Journal*, 20(6),72-73.
- Potteiger, J., Lockwood, R., Haub, M., Dolezal, B., Almuzaini, K., Schroeder, J. e Zebas, C. (1999). Muscle power and fiber characteristics following 8 weeks of plyometric training. *Journal of strength and conditioning research*, 13, 275-279.
- Robinson, L., Devor, S., Merrick, M. e Buckworth, J. (2004). The effects of land vs. aquatic plyometrics on power, torque, velocity, and muscle soreness in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(1), 84-91.
- Ruoti, R., Troup, J. e Berger, R. (1994). The effects of nonswimming water exercises on older adults. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 19(3), 140-145.
- Sargent, L. (1924). Some observations on the Sargent test of neuromuscular efficiency. *American Physical Education Review*, 29(2), 47-56.
- Sargent, D. (1921). The physical test of a man. *American physical education review*, 26(4), 188-194.
- Stemm, J. e Jacobson, B. (2007). Comparison of land-and aquatic-based plyometric training on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 568–571.
- Siff, M. C. (2003). Supertraining, 6th edition. *Supertraining Institute*, 290.
- Turner, A., Owings, M. e Schwane, J. (2003). Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(1), 60-67.
- Van Custsem M. Duchateau, J. e Hainaut, K. (1998). Changes in Single Motor Unit Behaviour Contribute to the Increase in Contraction Speed After Dynamic Training in Humans. *Journal of Physiology*, 15(513), 295– 305.
- Wang, Y. C. e Zhang, N. (2016). Effects of plyometric training on soccer players. *Experimental and therapeutic medicine*, 12(2), 550-554.
- White, T. e Smith, B. (1999). The efficacy of aquatic exercise in increasing strength. *Research in Sports Medicine: An International Journal*, 9(1), 51-59.

Table 1 Training Intensity and Plyometric Drills During the 8-Week Session

Training week	Plyometric drill	Training intensity
1	Side-to-side ankle hops	low
	Standing jump and reach	low
	Front cone hops	low
2	Side-to-side ankle hops	low
	Standing jump and reach	low
	Front cone hops	low
	Double-leg hops	medium
3	Side-to-side ankle hops	low
	Standing jump and reach	low
	Front cone hops	low
	Double-leg hops	medium
	Lateral cone hops	medium
4	Side-to-side ankle hops	low
	Standing jump and reach	low
	Front cone hops	low
	Lateral cone hops	medium
	Tuck jump with knees up	medium
5	Side-to-side ankle hops	low
	Standing jump and reach	low
	Double-leg hops	medium
	Lateral cone hops	medium
	Tuck jump with knees up	high
	Lateral jump over barrier	high
6	Standing jump and reach	low
	Front cone hops	low
	Double-leg hops	medium
	Lateral cone hops	medium
	Tuck jump with knees up	high
7	Lateral jump, single leg	high
	Standing jump and reach	low
	Double-leg hops	medium
	Lateral cone hops	medium
	Lateral jump over barrier	high
8	Lateral jump, single leg	high
	Standing jump and reach	low
	Lateral cone hops	medium
	Tuck jump with knees up	medium
	Lateral jump, single leg	high
	Single-leg hops	high