

U. PORTO



FACULDADE DE DESPORTO
UNIVERSIDADE DO PORTO

**Suplementação com Creatina ou Vitamina D em Pessoas
com Lesão Vertebro-Medular Sujeitas a Treino de Força**

Samuel Fagundes Amorim

Porto, 2015

U. PORTO



FACULDADE DE DESPORTO
UNIVERSIDADE DO PORTO

**Suplementação com Creatina ou Vitamina D em Pessoas
com Lesão Vertebro-Medular Sujeitas a Treino de Força**

Dissertação apresentada com vista à
obtenção do grau de Mestre em Ciências
do Desporto, área de Especialização em
Atividade Física Adaptada, nos termos do
Decreto-Lei nº 74/2006, de 24 de Março.

Orientador: Professor Doutor Vitor Hugo da Costa Gomes Teixeira

Co-orientador: Professor Doutor Rui Manuel Nunes Corredeira

Samuel Fagundes Amorim

Porto, 2015

Ficha de Catalogação

Amorim, S. (2015). *Suplementação com Creatina ou Vitamina D em Pessoas com Lesão Vertebro-Medular Sujeitas a Treino de força*. Porto: S. Amorim. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Atividade Física Adaptada, apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Palavras-chave: LESÃO VERTEBRO-MEDULAR; TREINO DE FORÇA; CREATINA; VITAMINA D; FORÇA MUSCULAR.

Agradecimentos

Um agradecimento especial ao Professor Vitor Hugo Teixeira pela sua disponibilidade e pelos seus conselhos preciosos no planeamento e desenvolvimento do estudo. É um privilégio poder trabalhar e aprender com os melhores.

Ao Professor Rui Corredeira pelo apoio ao longo deste longo processo e pelos conhecimentos transmitidos.

À Dra. Maria Cunha, ao Bruno Maia e ao Vítor Lopes pela colaboração na recolha de dados no Centro de Reabilitação do Norte – Dr. Ferreira Alves.

Ao Dr. Paulo Margalho, à Joana Pires e ao Pedro Gordo pela colaboração na recolha de dados no Centro de Medicina de Reabilitação da Região Centro – Rovisco Pais.

A todos os que participaram neste estudo, sem eles não teria sido possível a concretização deste trabalho de investigação.

Ao Professor André Seabra pela colaboração no tratamento estatístico dos resultados.

Ao Grupo Azevedos, ao Laboratório SMB S.A. e ao Laboratório AlzChem pelo apoio nos custos associados ao doseamento da vitamina D e pelo fornecimento dos suplementos nutricionais e *placebo*.

Índice geral

Agradecimentos	V
Índice de tabelas	IX
Resumo	XI
Abstract	XIII
Lista de abreviaturas	XV
1. Introdução	1
1.1 A lesão vertebro-medular	1
1.2 Treino de força adaptado	3
1.3 Intervenção nutricional para ganho de força muscular	4
1.3.1 Creatina e força muscular	6
1.3.2 Vitamina D e força muscular	8
2. Objetivos	12
3. Material e métodos	12
4. Resultados	18
5. Discussão	23
5.1 Creatina	23
5.2 Vitamina D	25
5.3 Antropometria	29
5.3.1 Massa Gorda	30
5.3.2 Massa Muscular	32

5.4 Testes físicos	32
5.4.1 Teste de <i>slalom</i> em cadeira de rodas	33
5.4.2 Lançamento de bola medicinal	34
5.4.3 Força de preensão manual	36
5.5 Avaliação 1-RM	37
6. Limitações do estudo	38
7. Conclusões	39
8. Bibliografia	40

Índice de tabelas

Tabela 1. Características da amostra	15
Tabela 2. Doseamento de 25(OH)D antes e após intervenção	18
Tabela 3. Características da amostra relativamente à idade, tempo de lesão e classificação obtida através da escala ASIA	19
Tabela 4. Resultados obtidos na primeira semana do programa de treino quanto ao peso corporal e ingestão energética, proteica e de vitamina D	20
Tabela 5. Valores de antropometria, testes físicos e avaliações de 1-RM obtidos em cada um dos grupos nos dois momentos de avaliação	21
Tabela 6. Associação entre valores de 25(OH)D e 1-RM <i>Lat pull</i>	22

Resumo

Uma pessoa com lesão vertebro-medular enfrenta dificuldades no desempenho de importantes atividades da vida diária e poderia beneficiar de um treino de força para ganhar força muscular de forma a melhorar a sua independência funcional. Além disso, a suplementação com creatina ou vitamina D pode ser interessante para potenciar os ganhos musculares. A suplementação com creatina melhora a força muscular na população geral e idosa. Nas pessoas com lesão vertebro-medular o resultado é ainda inconclusivo. A vitamina D tem sido associada à força muscular porém a deficiência em vitamina D é frequente nesta população. O objetivo deste estudo foi determinar se a suplementação com creatina ou vitamina D melhora a força muscular de pessoas com lesão vertebro-medular sujeitas a treino de força. Pessoas com lesão vertebro-medular, internadas em dois centros de reabilitação, foram distribuídas de forma aleatória pelos grupos de creatina (3g por dia), vitamina D (25000 UI a cada duas semanas) ou controlo num formato duplo cego. Todos participaram num treino de força (trissemanal) durante um período de suplementação de oito semanas. Avaliaram-se, antes e após o programa, a soma de quatro pregas cutâneas, a área muscular do braço corrigida, o lançamento da bola medicinal sentado, a força de preensão manual com dinamómetro, o teste de slalom em cadeira de rodas e uma repetição máxima de *Chest press*, *Triceps*, *Pec deck* e *Lat pull*. Os níveis de vitamina D foram obtidos em dezasseis participantes mas apenas catorze concluíram o estudo (idade média: 47 anos). Dos que iniciaram o estudo, 75% tinham défice (<20ng/ml) de vitamina D. A área muscular do braço corrigida e lançamento da bola medicinal melhoraram no grupo creatina relativamente aos grupo controlo de forma significativa ($p < 0,05$). Existiu uma relação significativa ($p < 0,05$) entre a repetição máxima de *Lat pull* e os níveis de vitamina D. Conclui-se que a suplementação com creatina ou vitamina D apenas melhora alguns parâmetros de força muscular nesta população. Os níveis de vitamina D devem ser analisados e corrigidos em caso de deficiência.

Palavras-chave: LESÃO VERTEBRO-MEDULAR; TREINO DE FORÇA; CREATINA; VITAMINA D; FORÇA MUSCULAR.

Abstract

A Person with spinal cord injury face considerable challenges in the performance of important activities of daily living and could benefit from a resistance training to gain muscle strength to improve their functional independence. Moreover, supplementation with creatine or vitamin D may be of interest to enhance muscle gains. Creatine supplementation improves muscle strength in general and older population but in persons with spinal cord injury the results are unclear. Vitamin D has been associated with muscle strength however vitamin D deficiency is often present in this population. The purpose of this study was to determine whether creatine or vitamin D supplementation improves muscle strength in persons with spinal cord injury undergoing resistance training. Inpatients, with spinal cord injury from two rehabilitation centers, were randomized to creatine group (3g daily), vitamin D group (25000 IU each two weeks) or placebo group in a double-blind design. All participants performed resistance training (3 times per week) during the supplementation period, eight weeks. The outcome measures, obtained at baseline and after intervention, included the sum of four skinfolds, the corrected arm muscle area, the seated medicine ball throw, the handgrip strength with dynamometer, the manual wheelchair slalom test and one repetition maximum for Chest press, Triceps, Pec deck and Lat pull. Vitamin D levels were obtained in all participants before and after intervention. The vitamin D levels were obtained from sixteen participants but only fourteen completed the study (mean age: 47 years). Of those who started the study, 75% had deficit (<20 ng / ml) of vitamin D. The corrected arm muscle area and the medicine ball throw improved significantly ($p<0.05$) in creatine group relatively to the control group. There was a significant correlation ($p<0.05$) between the maximum repetition Lat pull and levels of vitamin D. It is concluded that supplementation with creatine or vitamin D only improves some muscle strength parameters in this population. Vitamin D levels should be analyzed and corrected the deficiency situations.

Keywords: SPINAL CORD INJURY; RESISTANCE TRAINING; CREATINE; VITAMIN D; MUSCLE STRENGTH.

Lista de abreviaturas

LVM – lesão vertebro-medular

1-RM – Uma repetição máxima individual

25(OH)D - 25-hidroxivitamina D

1,25(OH)2D - 1,25-dihidroxivitamina D

RVD - recetor da vitamina D

PTH – paratormona

CMRRC-RP - Centro de Medicina de Reabilitação da Região Centro – Rovisco Pais

CRN-FA - Centro de Reabilitação do Norte – Dr. Francisco Alves

ASIA - American Spinal Injury Association

IGF-1 - fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1

1. Introdução

1.1 A lesão vertebro-medular

A lesão vertebro-medular (LVM) pode resultar em disfunção motora, sensorial e do sistema nervoso autónomo sendo um acontecimento dramático, especialmente quando a causa é de origem traumática, para o indivíduo e sua família, tanto a nível social como económico (Singh et al., 2014). A ocorrência desta lesão é maioritariamente de origem traumática sendo as principais causas deste evento os acidentes de viação, as quedas, os acidentes de trabalho ou com armas de fogo e da prática de desportos radicais (van den Berg et al., 2010). A nível mundial, a incidência de casos de LVM de origem traumática é de 3,6 a 195,4 casos por milhão de habitantes (Jazayeri et al., 2015). No único estudo efetuado em Portugal, mais concretamente na região Centro, a incidência de casos de LVM é de 57,8 por milhão de habitantes. Verificou-se um aumento de 55% dos casos de LVM entre 1989 e 1992 sendo que no mesmo período de tempo o número de acidentes rodoviários aumentou em 30% (Martins et al., 1998). Relativamente às causas, de origem não traumática, destacam-se a estenose espinal, a compressão tumoral da medula, a isquemia vascular, as doenças congénitas e condições inflamatórias da espinal medula (van den Berg et al., 2010).

Quando a lesão é de origem traumática, os pensamentos da própria pessoa e seus familiares e amigos centram-se essencialmente no prognóstico de recuperação. Na LVM, o determinante mais importante no prognóstico a longo prazo é o tipo de lesão, se é completa ou incompleta. Uma LVM completa é caracterizada pela ausência total de função motora e sensorial nos segmentos sacrais mais baixos (S4-S5). No caso de uma lesão incompleta ainda há preservação parcial das funções motoras e/ou sensoriais nos segmentos S4-S5. A recuperação, tanto em lesões completas como incompletas, ocorre maioritariamente nos primeiros seis a nove meses, depois a taxa de recuperação baixa rapidamente atingindo-se uma fase plateau nos doze a dezoito meses após ocorrência da lesão. O local da lesão também irá ter impacto na funcionalidade muscular e sensorial do indivíduo. Por exemplo,

peças com lesão ao nível da vértebra cervical C5 serão capazes de fletir o cotovelo e provavelmente conseguir alimentar-se de forma adaptada enquanto que peças com lesão ao nível da vértebra torácica T1 já conseguirão deslocar-se com recurso a cadeira de rodas (Burns et al., 2012). O local da lesão, mais superior ou mais inferior, e o tipo de lesão, completa ou incompleta, irão resultar numa grande variação de funcionalidade muscular. A força muscular máxima irá depender ainda do número de motoneurónios que sobrevivem à lesão tal como à fração de unidades motoras que ainda se mantêm sob controlo voluntário (Thomas et al., 2014).

Uma das principais consequências da LVM é a diminuição da força muscular, resultado da atrofia muscular pronunciada e da diminuição da condução neural (Hicks et al., 2011b). A força muscular é um fator de elevada relevância nas peças com LVM pois défices de força muscular resultam num impacto significativo na capacidade de realizar as atividades de vida diária. A capacidade de executar as atividades de vida diária, tais como a transferência do peso corporal e a propulsão da cadeira de rodas em inclinação, requerem esforços repetidos de elevada intensidade dos membros superiores (Jacobs, 2009). O aumento da força muscular em indivíduos com LVM apresenta vantagens pois reduz o esforço físico aplicado diariamente. Uma maior força muscular permite ao indivíduo ser mais independente e ter uma vida mais ativa com uma consequente melhoria da sua saúde em geral (Hicks et al., 2011b).

A conjugação de baixos níveis de atividade física com uma menor massa muscular aumenta o esforço físico necessário para realizar determinada atividade provocando fadiga, desconforto físico e a possibilidade de ocorrência de lesões nos membros superiores. Este paradigma pode levar a um ciclo vicioso de diminuição da atividade física o que por sua vez diminui ainda mais a capacidade de trabalho físico originando maior grau de dificuldade na execução das atividades de vida diária (Fernhall et al., 2008) e uma menor qualidade de vida relativamente às dimensões físicas, psicológicas e sociais (Anneken et al., 2010).

A pessoa com LVM enfrenta então um conjunto de alterações físicas, psicológicas e sociais nas diversas atividades da sua vida diária. É objetivo dos programas de reabilitação física proporcionar uma recuperação máxima da funcionalidade e independência do indivíduo tendo a terapêutica nutricional uma função coadjuvante no sucesso deste processo. Infelizmente, são escassos os trabalhos de investigação sobre o efeito da suplementação nutricional nos ganhos de força muscular em pessoas com LVM.

1.2 Treino de força adaptado

A força muscular produzida pelos membros superiores, em pessoas com LVM, é um parâmetro importante no desempenho da habilidade de cadeira de rodas. Isto foi evidenciado num estudo efetuado em oito centros de reabilitação na Holanda onde se concluiu que para a otimização do desempenho em cadeira de rodas é necessário dar especial atenção ao treino físico, particularmente o treino de força dos grupos musculares dos membros superiores (Kilkens et al., 2005). Um programa de treino de força é um meio eficaz para aumentar a produção de força máxima através de exercícios de elevada intensidade ocorrendo adaptações tanto no sistema nervoso central, através da melhoria da ativação e sincronização das unidades motoras, como no sistema muscular periférico, através do aumento da atividade das enzimas anaeróbias e aumento da área da secção transversal da fibra muscular (Jacobs, 2009). O treino de força induz alterações da expressão genética que propiciam o anabolismo muscular como foi demonstrado num programa de reabilitação de seis semanas onde participaram nove jovens saudáveis do sexo masculino, não treinados, a quem lhes foi imobilizada a perna esquerda durante duas semanas para induzir a atrofia muscular (Jones et al., 2004). Os participantes efetuaram um treino de cinco séries de trinta extensões máximas isocinéticas do joelho. Verificou-se no final do programa uma profunda alteração da expressão genética ligada à supressão do catabolismo muscular e instigação da remodelação e hipertrofia muscular.

O efeito do treino de força em pessoas com LVM é significativo nos parâmetros de força e potência muscular sendo estes efeitos comparáveis a pessoas sem

LVM (Turbanski & Schmidtbleicher, 2010). Neste mesmo estudo é sugerido um programa de treino de força para pessoas com LVM executado duas vezes por semanas no qual incorpore cinco séries de dez a doze repetições de exercícios que representem aproximadamente 80% de uma repetição máxima individual (1-RM), com duração de oito semanas. Também em pessoas com LVM, nove indivíduos do sexo masculino, foi demonstrado que um programa de treino de força de doze semanas, duas vezes por semana, provocou hipertrofia do músculo esquelético e melhoria da composição corporal (Gorgey et al., 2012). Sobre esta temática, uma meta-análise baseada em estudos realizados em pessoas com LVM evidencia que o treino de força é efetivo numa frequência de duas a três vezes por semana e com uma intensidade de 50 a 80% de 1-RM (Hicks et al., 2011b).

Como referido anteriormente, as queixas de dores no ombro são frequentes devido a uma maior solicitação dos membros superiores para se deslocarem. Tal não invalida a implementação deste tipo de treino em pessoas com LVM, conseguindo-se mesmo obter ganhos de força muscular e diminuição das queixas de dores no ombro (Serra-Ano et al., 2012). Deste modo, o treino de força permitirá adquirir mais confiança na execução das tarefas físicas mais exigentes resultando em maior independência física. Por fim, o treino de força é um fator determinante no ganho de força e massa muscular sendo este efeito potenciado de forma sinérgica pela intervenção nutricional (Atherton & Smith, 2012; Hawley et al., 2011; Koopman et al., 2007; Phillips, 2009).

1.3 Intervenção nutricional para ganho de força muscular

Para otimizar o ganho em força e em massa muscular derivado de um treino de força a consideração mais importante a ter em conta relativamente à intervenção nutricional é que esta assegure um aporte energético, de proteína e de micronutrientes suficiente. (Tipton, 2010). Esta questão tem uma relevância ainda maior quando nos referimos a pessoas com LVM pois cerca de 40-66% destas encontram-se em risco de malnutrição quando vivem em regime de internamento em instituições (Dionyssiotis, 2012). Assegurado o balanço energético positivo, alguns nutrientes poderão ter um efeito anabólico

adicional em conjunto com o treino de força. No caso de populações idosas, onde se verifica uma perda de massa muscular associada à idade, o treino de força irá reverter esta situação e melhorar os níveis de força muscular. A intervenção nutricional conjugada com este tipo de treino tem demonstrado resultados promissores na mitigação da perda de força e massa muscular, principalmente os aminoácidos essenciais e proteínas lácteas, os ácidos gordos essenciais como os ómega-3, a creatina e a vitamina D (Candow et al., 2012).

A suplementação proteica, associada ao treino de força, é vulgarmente utilizada com o objetivo de melhorar a hipertrofia muscular através do aumento da síntese proteica muscular e diminuição da degradação da mesma (Tipton & Phillips, 2013). Os momentos de ingestão proteica, o tipo de proteína e a ingestão em conjunto com hidratos de carbono irão também influenciar estes efeitos anabólicos (Pasiakos et al., 2015). Em pessoas com LVM, a suplementação proteica associada a treino de força melhora a capacidade aeróbia e anaeróbia sem porém aumentar os ganhos de força muscular (Kressler et al., 2014). Relativamente à suplementação em ácidos gordos ómega-3, esta poderá ser útil na melhoria da função e qualidade da massa magra corporal (McDonald et al., 2013). No caso de pessoas com LVM, sabe-se que a suplementação em ácidos gordos ómega-3 diminui os marcadores de inflamação e de lesão muscular induzidos pelo exercício físico (Marques et al., 2015). Foi ainda demonstrado que a suplementação com estes ácidos gordos proporciona ganhos de força muscular e de funcionalidade em pessoas com LVM (Javierre et al., 2006). Porém, num estudo mais recente e com uma amostra maior, não se registaram melhorias da medida de independência funcional com recursos à suplementação destes ácidos gordos em pessoas com LVM (Norouzi Javidan et al., 2014).

Os estudos sobre os efeitos da suplementação nutricional em conjunto com treino de força nos ganhos de força muscular nesta população ainda são escassos, nomeadamente no que diz respeito ao interesse da suplementação com creatina e vitamina D.

1.3.1 Creatina e força muscular

A creatina é um composto formado por três aminoácidos (arginina, glicina e metionina) que tanto pode ser obtido por via exógena, através de fontes alimentares como a carne ou peixe, como pode ser sintetizado de forma endógena (Bemben & Lamont, 2005). A creatina é sintetizada por via endógena predominantemente pelo fígado e rins, numa quantidade de cerca de 1g por dia (Persky & Brazeau, 2001). A restante quantidade de creatina disponível no organismo é obtida através da alimentação, sendo que uma dieta omnívora fornecerá cerca de 1g de creatina por dia. Aproximadamente 95% da creatina está retida na massa muscular enquanto que os restantes 5% encontram-se distribuídos pelo cérebro, fígado, rins e testículos (Persky & Brazeau, 2001). Cerca de 40% da creatina encontra-se na forma livre e o restante, cerca de 60%, encontra-se na forma fosforilada (Bemben & Lamont, 2005).

Na célula muscular, a creatina na forma fosforilada torna-se como uma fonte disponível de ATP. Um dos principais benefícios da suplementação em creatina é a contribuição de uma fração substancial da síntese de ATP durante as transições entre repouso e exercícios de elevada intensidade e curta duração através da rápida refosforilação de ADP via reação da creatina quinase (Terjung et al., 2000). A suplementação em creatina em combinação com o treino de força amplifica o aumento, induzido pelo treino, no número de células satélite e concentração de mionúcleos nas fibras musculares esqueléticas humanas permitindo assim um maior crescimento da fibra muscular em resposta ao treino de força (Olsen et al., 2006). Em atletas e pessoas sedentárias, a suplementação em creatina melhora a força e a potência muscular produzidas em exercícios de elevada intensidade e de curta duração, sendo este efeito provavelmente superior em pessoas sedentárias (Branch, 2003). A suplementação com creatina terá interesse em exercícios que envolvam a potência muscular (1 a 2 segundos), especialmente se o exercício físico é efetuado de forma repetida com curtos períodos de repouso, 30 segundos a 1 minuto (Bemben & Lamont, 2005).

Aparentemente, a suplementação com creatina terá um efeito mais pronunciado nos membros superiores relativamente aos membros inferiores não havendo razões claras para esta observação (Branch, 2003). Os autores desta meta-análise referem que este incremento preferencial nos membros superiores poderá estar associado ao tipo de fibras desses grupos musculares, com maior quantidade de fibras rápidas (tipo II), sabendo-se que a creatina é encontrada em maiores quantidades nas fibras tipo II do que nas fibras tipo I (Casey et al., 1996). Também é preciso ter em conta que após a ocorrência de uma LVM, além da significativa atrofia muscular, verifica-se também uma transição do tipo de fibras musculares onde a percentagem de tecido muscular representado por fibras rápidas (tipo II) aumenta, diminuindo a percentagem de fibras lentas (tipo I) (Pelletier & Hicks, 2009). Deste modo, uma suplementação com creatina nestas populações poderá ter um interesse acrescentado.

Relativamente às recomendações de protocolo de suplementação com creatina podemos encontrar um protocolo típico que consiste numa fase de carga de 20g ou 0,3g/kg diários divididos em quatro tomas seguido de uma fase de manutenção de 3 a 5g diários ou 0,03g/kg diários. Existem também outros protocolos de suplementação, como o de uma toma única diária de cerca de 3 a 6g ou 0,03 a 0,1g/kg diários, porém este método demora mais tempo (entre 21 a 28 dias) para produzir efeitos ergogénicos (Cooper et al., 2012). Relativamente à suplementação com creatina não houve incidentes reais de caibras musculares, desconforto gastrointestinal ou insuficiência hepática após suplementação oral com creatina. Além disso, não existe qualquer disfunção renal aparente em indivíduos saudáveis após toma de creatina monohidratada por via oral nas quantidades diárias recomendadas (20g durante cinco dias e 3 a 5g nos restantes dias). No entanto, a quantidade a ingerir não deve ultrapassar as doses recomendadas. Aconselha-se que a suplementação em creatina não deva ser utilizada por indivíduos com doença renal preexistente ou aqueles com risco potencial para a disfunção renal. Um aspeto importante a garantir é a pureza dos suplementos de creatina comercializados (Francaux & Poortmans, 2006).

Em populações idosas a suplementação em creatina associada ao treino de força também tem evidenciando bons resultados (Candow, Chilibeck, et al., 2014; Devries & Phillips, 2014). Existem evidências, com base em ensaios clínicos, de que a suplementação em creatina pode melhorar significativamente a força muscular em pessoas com distrofia muscular e o desempenho funcional em pessoas com miopatia inflamatória idiopática (Kley et al., 2013). Ao analisar o efeito da suplementação da creatina em pessoas com doença pulmonar obstrutiva crónica alvo de reabilitação pulmonar podemos verificar numa meta-análise de quatro estudos que esta não melhora a capacidade de exercício físico, força muscular ou qualidade de vida (Al-Ghimlas & Todd, 2010).

No caso de atletas com LVM, verificou-se que a suplementação com creatina demonstrou ser insuficiente para a obtenção de melhorias com significado estatístico numa prova de 800 metros em cadeira de rodas (Perret et al., 2006b). Do nosso conhecimento, existem apenas dois estudos que avaliaram o efeito da suplementação com creatina em indivíduos com LVM sedentários. Os protocolos de suplementação e os testes de avaliação dos efeitos da suplementação foram distintos. As conclusões de cada estudo também foram diferentes havendo resultados que apontam para o interesse da suplementação com creatina nestas populações (Jacobs et al., 2002) enquanto que noutro estudo os resultados obtidos apontam para conclusões diferentes (Kendall et al., 2005).

1.3.2 Vitamina D e força muscular

A deficiência em vitamina D é hoje reconhecida como uma pandemia. A principal causa de deficiência em vitamina D poderá advir do facto da exposição solar estar conotada negativamente com a saúde (Holick & Chen, 2008). Porém, a exposição solar moderada é o principal meio de obtenção de vitamina D nos seres humanos pois dificilmente se conseguirá obter valores adequados através da alimentação (Macdonald, 2013).

Conseguimos sintetizar a vitamina D na pele, na sua forma inativa, através da exposição solar, com radiação ultravioleta na faixa de 290 a 315nm. A vitamina

D obtida através da síntese cutânea ou através da dieta alimentar é biologicamente inerte sendo necessário ocorrer uma primeira hidroxilação no fígado formando a 25-hidroxivitamina D (25(OH)D). Depois desta primeira hidroxilação será necessária outra a nível renal para formar a forma biologicamente ativa da vitamina D, a 1,25-dihidroxivitamina D (1,25(OH)2D). A forma ativa da vitamina D interage com o recetor da vitamina D (RVD) presente na maioria das células e tecidos do organismo. No intestino delgado, a 1,25(OH)2D estimula a absorção intestinal de cálcio. Sem vitamina D, apenas 10-15% do cálcio da dieta e cerca de 60% do fósforo seriam absorvidos. A suficiência em vitamina D aumenta a absorção de cálcio e fósforo em 30-40% e em 80% respetivamente.

A síntese de vitamina D na pele depende de várias condições como sejam: a pigmentação da pele, latitude, a estação do ano, a idade, o tipo de vestuário utilizado, o uso de protetor solar e condições meteorológicas locais. Os fatores genéticos, hormonais e nutricionais também irão influenciar os níveis plasmáticos de vitamina D (Alves et al., 2013). Quanto aos fatores de risco associados à deficiência em vitamina D temos: idade avançada, exposição solar inadequada, fraca ingestão alimentar, obesidade e medicação que impeça a ativação da vitamina D (Shinchuk & Holick, 2007).

Para sabermos se a pessoa está com níveis suficientes de vitamina D não se deve utilizar os valores da forma ativa da vitamina D, a 1,25(OH)2D, dado que, na presença de défice desta vitamina, há elevação da paratormona (PTH), promovendo a conversão da 25(OH)D em 1,25(OH)2D. Como a primeira existe em maior concentração que a segunda, com o aumento da conversão, a 1,25(OH)2D pode ser normal mesmo em situação de défice de vitamina D. O nível sérico de 25(OH)D é o melhor indicador do conteúdo corporal de vitamina D ao refletir a vitamina obtida a partir da ingestão alimentar e da exposição à luz solar, bem como a conversão de vitamina D a partir dos depósitos adiposos no fígado (Alves et al., 2013).

Os efeitos da vitamina D não se limitam apenas ao metabolismo ósseo. Numa meta-análise recente verificou-se uma associação inversa moderada a forte

entre a concentração de 25(OH)D e a doença cardiovascular, os lípidos séricos, a inflamação, alterações do metabolismo glicídico, esclerose múltipla, distúrbios de humor, doenças infecciosas e mortalidade (Autier et al., 2014). Porém, não se sabe se o déficit em 25(OH)D é a causa ou o resultado dos problemas de saúde. A vitamina D interfere também no músculo esquelético através de mecanismos indiretos, por via da alteração do equilíbrio do cálcio e fosfato e por mecanismos diretos através da ativação do RVD nas células musculares desencadeando a transcrição de genes envolvidos na diferenciação e proliferação de células musculares (Ceglia & Harris, 2013). Exemplo da importância da vitamina D na saúde é o facto da fraqueza muscular proximal ser uma característica proeminente da síndrome clínica de deficiência de vitamina D. O RVD é expresso no tecido muscular humano e a ativação do RVD pode promover a síntese proteica muscular. Em ratos, a remoção de RVD origina um fenótipo de músculo esquelético com fibras musculares menores (Bischoff-Ferrari, 2012; Girgis et al., 2013).

Mais recentemente, foi demonstrado que a suplementação em vitamina D durante doze semanas aumenta a razão entre os níveis de fosfocreatina e fosfato inorgânico muscular de forma significativa (Rana et al., 2014). Este trabalho foi realizado em pessoas saudáveis com valores deficitários de 25(OH)D (<5ng/ml).

Em pessoas idosas já se tinha verificado que a suplementação em vitamina D parece reduzir o risco de quedas (Bischoff-Ferrari et al., 2004) e que terá um efeito benéfico na força muscular e equilíbrio (Muir & Montero-Odasso, 2011). No caso de pessoas com LVM, estudos efetuados em pessoas admitidas em centros de reabilitação física demonstram uma prevalência de valores séricos de 25(OH)D inadequados ou em déficit severo entre 67 e 93% (Nemunaitis et al., 2010; Pellicane et al., 2010; Smith et al., 2009; S. S. H. Wong et al., 2013). Noutro estudo, com uma amostra de sessenta e cinco pessoas com LVM em que 86% já tomavam suplementos de vitamina D verificou-se que 39% da amostra apresentava níveis de 25(OH)D inadequados (Hummel et al., 2012). Neste último trabalho é sugerido que o patamar de suficiência em vitamina D

para reverter os níveis de PTH poderá ser superior em pessoas com LVM devido à desregulação do eixo cálcio-PTH-vitamina D.

Relativamente às dosagens de suplementação, temos um estudo no qual sete pessoas com LVM foram suplementadas diariamente com 2000 UI de vitamina D3 e 1,3g de cálcio durante nove meses. Os valores séricos de 25(OH)D no início do estudo em média 14ng/ml, após um mês de suplementação o valor médio foi de 26ng/ml e 3 meses depois o valor médio foi de 48ng/ml. Apesar de ainda não haver um valor estabelecido, os autores deste trabalho consideraram que um valor sérico de 25(OH)D superior a 30ng/ml não apresentará um risco de deficiência em vitamina D (Bauman et al., 2011).

É recomendado que os valores séricos de 25(OH)D sejam obtidos no início do processo de reabilitação física e de forma periódica durante o primeiro ano após a lesão. Nas pessoas com lesão crónica este indicador deveria ser obtido anualmente (Oleson et al., 2010). Segundo os mesmos autores, a falta de tratamento do défice da vitamina D em pessoas com LVM pode levar ao surgimento de problemas de saúde como hiperparatiroidismo secundário, aumento do risco de quedas, fraqueza muscular e síndromes dolorosas secundárias.

No caso de pessoas com LVM em regime ambulatorio foram analisados que suplementos nutricionais eram mais utilizados. Os suplementos de vitamina D foram o terceiro suplemento mais referido nesta amostra todavia o uso de suplementação em vitamina D nesta população é baixo (16%). Os indivíduos da mesma amostra referiram que utilizavam este suplemento para compensar a baixa exposição à luz solar, para a saúde óssea e para melhorar a absorção do cálcio (Opperman et al., 2010). Ainda noutra amostra de pessoas com LVM verificou-se que os suplementos de vitamina D também eram o terceiro suplemento mais utilizado sendo este referido por 13,6% dos participantes no estudo (S. Wong et al., 2013).

Infelizmente, não se conhece até ao momento, nenhum estudo sobre o efeito da vitamina D no ganho de força muscular em pessoas com LVM.

2. Objetivos

Objetivo geral

O presente estudo teve como principal objetivo avaliar o efeito da suplementação com creatina ou vitamina D nos ganhos de força muscular em pessoas com lesão medular sujeitas a treino de força.

Objetivos específicos

- Determinar a prevalência de déficit em vitamina D, através dos valores séricos de 25(OH)D
- Avaliar o impacto da suplementação em vitamina D durante oito semanas nos níveis séricos de 25(OH)D
- Avaliação do efeito da suplementação com creatina e vitamina D em conjunto com treino de força no valor do somatório de quatro pregas cutâneas e da área muscular do braço corrigida.
- Avaliação do efeito da suplementação com creatina e vitamina D em conjunto com treino de força no tempo necessário para efetuar um teste de slalom em cadeira de rodas, no valor da força de preensão manual e na distância do lançamento de bola medicinal.
- Avaliação do efeito da suplementação com creatina e vitamina D em conjunto com treino de força nos resultados de 1-RM obtidos através dos equipamentos *Chest press*, *Triceps*, *Pec Deck* e *Lat pull*.

3. Material e métodos

Critérios de inclusão e de exclusão

Apenas poderiam participar neste estudo adultos com LVM, sem nenhuma patologia renal e aptos a realizar os exercícios do treino de força específico durante oito semanas seguidas. Foram definidos como critérios de exclusão a suplementação com creatina ou vitamina D ou a prática de treino de força nos seis meses anteriores. Também foram excluídos do estudo as pessoas com LVM há menos de três meses.

Protocolo de suplementação

Grupo Controlo: toma diária de 3g de dextrose dissolvida em 250ml de água + 1 ampola *placebo* (5mg de vitamina E) de duas em duas semanas. Grupo Creatina: toma diária de 3g de creatina monohidratada dissolvida em 250ml de água + 1 ampola *placebo* (5mg de vitamina E) de duas em duas semanas. Grupos Vitamina D: toma diária de 3g de dextrose dissolvida em 250ml de água + 1 ampola de vitamina D3 (25000 UI) de duas em duas semanas.

A dextrose e a creatina fornecida eram da mesma cor e com sabor neutro. As ampolas *placebo* e vitamina D eram da mesma cor e sabor indistinguível.

Protocolo de treino de força

Os participantes no estudo foram submetidos a um programa de treino de força três vezes por semana durante oito semanas. Os participantes tiveram um profissional de educação física com experiência a orientar o treino. O profissional que orientou o treino dos participantes internados no Centro de Medicina de Reabilitação da Região Centro – Rovisco Pais (CMRRC-RP) foi diferente do dos participantes internados no Centro de Reabilitação do Norte – Dr. Francisco Alves (CRN-FA), porém ambos seguiram o mesmo protocolo de treino. Os equipamentos também diferiram entre as duas instituições. No CRT os equipamentos foram da marca “HUR” e estavam adaptados à utilização com cadeira de rodas. No CRN os equipamentos foram da marca “BH Fitness” e não estavam adaptados à utilização com cadeira de rodas sendo necessário fazer o transfere da pessoa para o equipamento. As sessões de treino incluíram uma fase de aquecimento e de alongamentos no início e final de treino respetivamente. O treino específico de força foi orientado para aumentar a força muscular dos grandes grupos musculares do tronco superior e apenas foram considerados para avaliação de resultados os equipamentos disponíveis em ambas as instituições: *Chest press*, *Triceps*, *Pec deck* e *Lat pull*.

O protocolo de treino feito elaborado seguindo as recomendações gerais (Garber et al., 2011) e específicas para esta população (Hicks et al., 2011a) além da opinião obtida pelos profissionais responsáveis pela implementação do

protocolo de treino. As primeiras duas semanas de treino tiveram como objetivo a familiarização com as máquinas, a consciencialização da correta realização dos exercícios e respiração, bem como, a determinação da 1-RM nos vários equipamentos. Nesta fase, o trabalho foi desenvolvido a 45% de 1-RM com três séries de quinze repetições com pause de dois minutos entres séries. Nas duas semanas seguintes a intensidade de treino passou para os 60% de 1-RM com três séries de doze repetições. Nas duas semanas seguintes a intensidade de treino passou para os 65% de 1-RM com três séries de dez repetições. Por fim, nas duas últimas semanas de treino, a intensidade do treino passou para os 70% de 1-RM com três séries de oito repetições.

Caracterização da amostra

De modo a conseguir-se um tamanho amostral razoável e sujeito a condições ambientais similares (alimentação e exercício físico), este trabalho de investigação desenvolveu-se em dois centros de reabilitação física de referência em Portugal continental. Os participantes neste estudo foram indicados pelo médico assistente quando reuniam as condições necessárias para participação neste trabalho.

Inicialmente, tivemos vinte e dois potenciais candidatos que reuniram as condições para participação no trabalho de investigação. Destes, seis recusaram-se a participar e dois tiveram que abandonar o estudo antes da conclusão do mesmo. Assim, a amostra final foi de catorze participantes (treze homens e uma mulher) com LVM em regime de internamento. Nove participantes estavam internados no CMRRC-RP e cinco participantes estavam internados no CRN-FA. A recolha de dados ocorreu entre Setembro de 2014 e Junho de 2015 no CMRRC-RP e entre Maio de 2015 e Julho de 2015 no CRN-FA. O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto bem como pelas Comissões de Ética do CMRRC-RP e do CRN-FA. Todos os participantes foram esclarecidos dos objetivos do trabalho de investigação tendo os mesmos assinado um consentimento informado.

Na tabela 1 encontra-se informação dos participantes no estudo relativamente à idade, sexo, tempo de LVM, o local da lesão e a classificação obtida através da escala da *American Spinal Injury Association (ASIA)*.

Tabela 1 – Características da amostra

Participante	Idade (anos)	Sexo	Tempo de LVM (meses)	Local da lesão	Escala ASIA
1	38	Masculino	122	L-1	C
2	39	Masculino	4	L-3	A
3	56	Masculino	4	T-6	C
4	57	Masculino	11	T-11	D
5	49	Masculino	11	L-3	C
6	53	Masculino	5	T-9	A
7	40	Masculino	5	T-4	D
8	44	Masculino	4	T-9	D
9	32	Masculino	4	T-9	A
10	49	Masculino	60	C-7	C
11	50	Masculino	36	C-3	D
12	72	Feminino	48	L-2	D
13	45	Masculino	3	C-5	C
14	34	Masculino	48	L-1	A

Procedimentos antropométricos

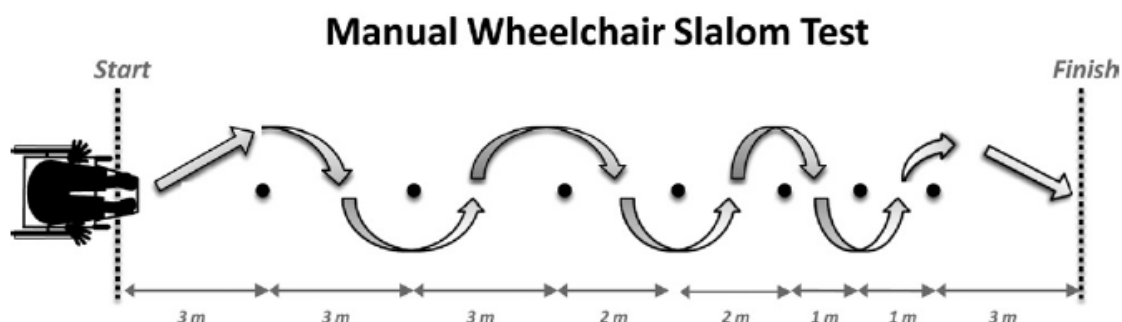
Para as avaliações antropométricas foram obtidos os valores de peso corporal (com precisão de 0,1 kg), expresso em kg numa balança adaptada para cadeira de rodas de marca Seca®. Recolheram-se os valores de quatro pregas cutâneas adiposas (tricipital, bicipital, subescapular e supra-ílfaca) com adipómetro *Harpender*® seguindo as recomendações aceites internacionalmente (Stewart et al., 2011). Foi também obtido o valor do perímetro braquial no ponto médio do braço dominante. Assim, obteve-se o somatório das quatro pregas cutâneas adiposas e a área muscular do braço

corrigida de todos os participantes, antes e após o programa de treino, nunca superior a três dias. Estas avaliações foram obtidas sempre antes do treino e pela mesma pessoa, certificada com curso nível II pela *International Society for the Advancement of Kinanthropometry*.

Procedimentos funcionais

Foram efetuadas avaliações físicas e de força muscular que consistiram na avaliação da força de preensão manual através de dinamómetro de preensão manual *Lafayette*® tendo-se obtido o melhor resultado de três ensaios e seguindo recomendações específicas para a população estudada (Sisto & Dyson-Hudson, 2007). Foi avaliada a distância do lançamento de bola medicinal de 3kg, valendo o melhor de três registos, seguindo recomendações específicas para populações idosas (Harris et al., 2011). No lançamento de bola medicinal, os participantes estavam sentados numa cadeira de rodas, a mesma nas duas avaliações, encostada à parede e com material almofadado na traseira da cabeça de forma a evitar o batimento da cabeça na parede. A bola tinha de estar junto ao peito no momento do lançamento. Foi ainda avaliado o tempo necessário para efetuar um teste de *slalom* em cadeira de rodas com um comprimento linear de 18 metros onde os participantes tinham que contornar sete cones, como demonstrado na figura 1 (Gagnon et al., 2011b). No teste de *slalom* em cadeira de rodas, o participante também teve três tentativas sendo considerado o melhor tempo dos três. Todas estas avaliações foram obtidas pela mesma pessoa.

Figura 1. Ilustração do teste de *slalom* em cadeira de rodas.



Foi ainda avaliada 1-RM obtida nos equipamentos *Chest press*, *Triceps*, *Pec deck* e *Lat pull*. As avaliações de 1-RM foram obtidas pela pessoa responsável pela orientação do programa de treino de força.

Avaliação da ingestão nutricional

Foi solicitado aos participantes o preenchimento de um registo alimentar de três dias consecutivos durante a primeira semana do programa de treino de força para verificar se existiam diferenças entre os participantes quanto à sua ingestão nutricional. Pediu-se a todos os participantes uma descrição detalhada e rigorosa dos alimentos e bebidas ingeridos. A quantificação dos alimentos foi feita através da utilização de medidas caseiras, da descrição da proporção que os alimentos ocupavam no prato e, quando possível, do registo da quantidade líquida descrita na embalagem comercial dos alimentos consumidos. Paralelamente foi fornecido um texto com indicações respeitantes ao correto modo de quantificação dos alimentos com base em medidas caseiras. Após a recolha dos diários alimentares, utilizou-se o programa informático *Food Processor Plus* versão 8.0 para converter os dados de ingestão alimentar em ingestão nutricional, sendo utilizado um manual com códigos de alimentos e receitas portuguesas. A conversão dos dados de ingestão alimentar em ingestão nutricional foi realizada pela mesma pessoa.

Doseamento de 25(OH)D

Os níveis de vitamina D de todos os participantes foram avaliados através do doseamento de 25(OH)D. Além dos catorze participantes que concluíram com sucesso o programa de treino foi também feito o doseamento de 25(OH)D a dois participantes que não terminaram o programa mas que serão tidos em conta para avaliação da prevalência de défice de vitamina D nesta população. No CMRCC-RC o doseamento da vitamina D foi feito através do método de fixação por electroquimioluminescência enquanto que no CRN-FA a técnica utilizada para dosear 25(OH)D foi a quimioluminescência. Foram utilizadas as recomendações da *The Endocrine Society* (Holick et al., 2011) relativamente aos níveis de défice (20ng/ml) e de insuficiência (21-29ng/ml) de vitamina D.

Procedimentos estatísticos

Foi utilizada a estatística descritiva, nomeadamente medidas de tendência central e de dispersão, para conhecer aspetos gerais das diferentes distribuições de valores das variáveis em estudo. Para comparar os valores médios das variáveis entre os três grupos de suplementos recorreu-se à ANOVA de medidas repetidas usando como post-hoc o teste *Bonferroni*. Para verificar a associação entre variáveis recorreu-se ao coeficiente de correlação de *Pearson*. O nível de significância foi mantido em 5%. Todas as análises dos dados foram efetuadas no *software* estatístico SPSS 21.0.

4. Resultados

Dezasseis pessoas aceitaram participar neste trabalho de investigação porém apenas catorze participantes concluíram com êxito o programa de intervenção. Na tabela 2 encontram-se os valores de 25(OH)D antes e após a intervenção, de cada grupo, verificando-se apenas no grupo vitamina D diferenças com significado estatístico ($p < 0,01$) após o programa de intervenção.

O valor médio de 25(OH)D obtido antes do início do programa de intervenção nos dezasseis participantes, incluindo os dois que não completaram estudo, foi de 12,7ng/ml, com um valor mínimo de 3,0ng/ml e um valor máximo de 22,9ng/ml. Nenhuma pessoa tinha níveis de vitamina D suficientes, 75% da amostra tinha défice de vitamina D (< 20 ng/ml) enquanto que 25% da amostra apresentava níveis de vitamina D insuficientes (< 30 ng/ml).

Tabela 2. Doseamento de 25(OH)D antes e após intervenção.

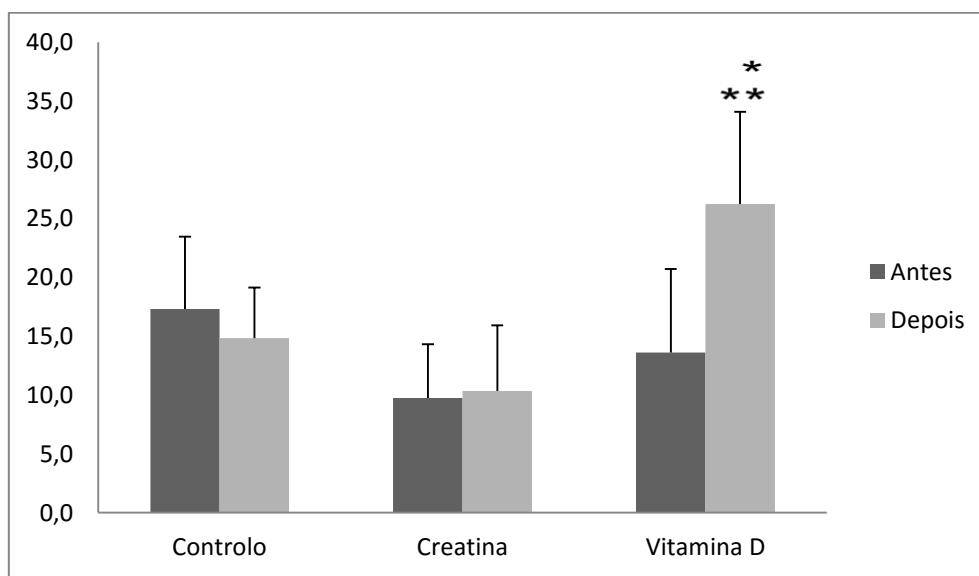
	Controlo		Creatina		Vitamina D	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
25(OH)D (ng/ml)	17,3 ± 6,1	14,8 ± 4,3	9,8 ± 4,6	10,4 ± 5,6	13,6 ± 9,1	26,2 ± 7,8 *

Valores apresentados como média ± desvio padrão.

* Estatisticamente diferente após programa de treino e suplementação ($P < 0,01$).

Foi também analisada a diferença do valor de 25(OH)D entre o final e o início do programa de intervenção nos diferentes grupos. Na figura 2 verifica-se que existem diferenças com significado estatístico entre o grupo vitamina D e o grupo controlo ($p < 0,01$) e entre o grupo vitamina D e o grupo creatina ($p < 0,05$).

Figura 2. Valores de 25(OH)D em ng/ml antes e após suplementação



* Estatisticamente diferente do grupo creatina após suplementação ($P < 0,05$).

** Estatisticamente diferente do grupo controlo após suplementação ($P < 0,01$).

Os participantes neste estudo tinham idades compreendidas entre os 32 e os 72 anos, com uma média de $47,0 \pm 10,6$ anos. Na tabela 3, encontram-se as características dos participantes no estudo. A única participante do sexo feminino ficou alocada no grupo de creatina.

Tabela 3. Características da amostra relativamente à idade, tempo de lesão e classificação obtida através da escala ASIA.

Grupo	Amostra (n)	Idade média (anos)	Tempo lesão (meses)	Escala ASIA		
				A	C	D
Controlo	4	$42,3 \pm 8,7$	$43,3 \pm 54,3$	1	2	1
Creatina	5	$50,2 \pm 13,9$	$13,0 \pm 19,6$	1	1	3
Vitamina D	5	$47,6 \pm 8,8$	$25,4 \pm 26,6$	2	2	1

Valores apresentados como média \pm desvio-padrão.

Foi solicitado a todos os participantes o registo alimentar durante três dias na primeira semana do programa de treino e suplementação.

Como se pode verificar na tabela 4, não houve diferenças com significado estatístico entre os grupos relativamente à ingestão nutricional em termos energéticos e de ingestão proteica nem relativamente ao peso corporal inicial. A ingestão de vitamina D também não foi diferente entre os grupos de forma estatisticamente significativa.

Tabela 4. Resultados obtidos na primeira semana do programa de treino quanto ao peso corporal e ingestão energética, proteica e de vitamina D.

Grupo	Peso corporal (kg)	Energia (kcal)	Proteína (g)	Vitamina D (UI)
Controlo	69,7 ± 14,0	2161,3 ± 367,8	105,4 ± 16,1	140,3 ± 136,6
Creatina	75,1 ± 11,7	1901,6 ± 238,6	97,2 ± 17,6	114,5 ± 66,9
Vitamina D	77,0 ± 11,0	2111,4 ± 270,2	112,8 ± 11,6	123,8 ± 61,6

Valores apresentados como média ± desvio-padrão.

Os resultados obtidos nas avaliações antropométricas, testes físicos e avaliações de 1-RM, antes e após o programa de intervenção, encontram-se descritos na tabela 5.

Nem todos os participantes conseguiram realizar todos os testes físicos e de força devido a limitações específicas. Três participantes não efetuaram o teste de *slalom* em cadeira de rodas, todos eles de diferentes grupos. Dois participantes do grupo de vitamina D não puderam realizar a avaliação da força de prensão manual. Um participante do grupo de vitamina D não conseguiu efetuar a avaliação de 1-RM dos equipamentos *Triceps*, *Pec deck* e *Lat pull*. Um participante do grupo controlo não conseguiu efetuar com sucesso a avaliação de 1-RM do equipamento *Lat pull*.

Tabela 5. Valores de antropometria, testes físicos e avaliações de 1-RM obtidos em cada um dos grupos nos dois momentos de avaliação.

	Controlo		Creatina		Vitamina D	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Somatório 4 pregas (mm)	41,5 ± 27,4	39,4 ± 24,5	61,3 ± 16,3	55,0 ± 12,0*	61,3 ± 16,0	56,3 ± 12,6
Área muscular braço (cm ²)	55,3 ± 19,3	58,3 ± 17,8	47,0 ± 9,6	57,4 ± 10,2*#	50,5 ± 4,7	54,8 ± 5,1*
Teste de slalom (s)	17,8 ± 5,2	15,5 ± 5,0*	21,7 ± 4,5	17,9 ± 3,1*	19,3 ± 4,6	16,7 ± 4,0*
Lançamento bola medic. (m)	3,92 ± 1,5	4,26 ± 1,5*	3,40 ± 0,5	4,28 ± 0,6*#	2,63 ± 1,2	3,09 ± 1,2*
Força Preensão Manual (kg)	36,5 ± 6,5	38,4 ± 6,8	21,0 ± 10,2	23,0 ± 10,9	25,0 ± 0,5	27,7 ± 0,3
<i>Chest press</i> (kg)	22,1 ± 3,4	35,3 ± 4,4*	22,9 ± 11,4	33,3 ± 12,9*	32,3 ± 34,2	47,8 ± 44,3*
<i>Triceps</i> (kg)	6,9 ± 3,8	10,9 ± 5,1*	9,0 ± 6,2	14,6 ± 8,6*	12,1 ± 7,1	18,2 ± 11,3*
<i>Pec deck</i> (kg)	21,7 ± 6,7	28,6 ± 11,5*	22,2 ± 3,8	29,0 ± 5,7*	31,2 ± 16,0	40,1 ± 16,6*
<i>Lat pull</i> (kg)	20,5 ± 3,4	27,2 ± 6,7	22,3 ± 14,7	29,1 ± 13,0	25,5 ± 15,7	39,1 ± 32,9*

Valores apresentados como média ± desvio-padrão.

* Estatisticamente diferente após programa de treino ($p < 0,05$).

Estatisticamente diferente do grupo controlo após programa de treino ($p < 0,05$).

Pela análise da tabela 5 é possível perceber uma diminuição do somatório de quatro pregas cutâneas após o programa de treino no grupo controlo, de creatina e de vitamina D. No grupo de creatina esta diminuição teve significado estatístico ($p < 0,05$). Em ambos os grupos, foram evidentes os incrementos da área muscular do braço com a intervenção realizada. No entanto, apenas se verificaram diferenças estatisticamente significativas no grupo creatina e vitamina D ($p < 0,05$).

Após o programa de treino, o tempo necessário para efetuar o teste de *slalom* em cadeira de rodas diminuiu em todos os grupos com significado estatístico

($p < 0,05$). No teste do lançamento da bola medicinal, registaram-se melhorias com significado estatístico em todos os grupos ($p < 0,05$). O programa de treino também provocou um aumento da força de preensão manual nos três grupos avaliados mas em nenhum destes com significado estatístico.

Relativamente à avaliação de 1-RM, verificaram-se diferenças com significado estatístico nos equipamentos *Chest press*, *Triceps* e *Pec Deck* em todos os grupos ($p < 0,05$). Na avaliação de 1-RM do equipamento *Lat pull* apenas se verificaram ganhos com significado estatístico no grupo vitamina D ($p < 0,05$).

Quando se comparam as diferenças entre os grupos após programa de treino e de suplementação, verificam-se diferenças com significado estatístico na área muscular do braço corrigida e no teste de lançamento da bola medicinal entre o grupo creatina e o grupo controlo ($p < 0,05$). Não se registaram mais nenhuma diferença, entre os grupos, com significado estatístico após o programa de intervenção.

Foi ainda analisado se a diferença entre os valores obtidos de 25(OH)D, após o programa de intervenção, tinham associação com as variáveis avaliadas. Na tabela 6 está descrita a única associação que se encontrou com significado estatístico.

Tabela 6. Associação entre valores de 25(OH)D e 1-RM *Lat pull*.

y	x	r_{y,x}	P
Vitamina D	<i>Lat pull</i>	0,690	0,013

Pela análise à Tabela 6 é possível identificar uma associação, positiva moderada e estatisticamente significativa, entre o valor de vitamina D e o valor de 1-RM do equipamento *Lat pull*. Não se verificou mais nenhuma associação com significado estatístico entre a vitamina D e qualquer outra variável.

5. Discussão

Até ao momento foram desenvolvidos poucos trabalhos envolvendo pessoas com LVM sobre os efeitos do treino de força nas capacidades físicas individuais. Ainda menos estudos existem sobre o efeito da suplementação nutricional associada ao treino de força nestas populações. A escassez deste tipo de trabalhos de investigação é condicionada pelo reduzido número de participantes disponível bem como pelo fato de ser uma população bastante heterogénea, principalmente devido ao tipo e nível de lesão, sendo que o potencial de ganho de força muscular pode diferir bastante entre pessoas com LVM.

5.1 Creatina

Neste trabalho de investigação, a suplementação com creatina apenas demonstrou melhorias com significado estatístico no aumento da área muscular do braço corrigida e na distância do lançamento da bola medicinal. A suplementação com creatina tem sido recomendada para melhorar a força e a potência muscular produzidas em exercícios de elevada intensidade e de curta duração (Branch, 2003). A suplementação com creatina (0,1g por kg de peso corporal por dia) em trinta e um jovens do sexo masculino sujeitos a treino de força durante dez semanas demonstrou ser mais eficaz que a toma de apenas proteína ou de proteína com hidratos de carbono em ganhos de hipertrofia, a três níveis: massa magra, da área transversal das fibras e teor das proteínas contrácteis (Cribb et al., 2007). Num estudo duplo cego, nove jovens saudáveis do sexo masculino, não treinados, foram divididos em dois grupos, ambos sujeitos a treino de força. Nos cinco dias antes do treino e durante os três dias do estudo foi administrado 21g de creatina diária a um dos grupos e placebo a outro. Antes do início dos treinos obteve-se uma biopsia muscular numa das pernas escolhida de forma aleatória. Foi efetuado um treino de força no primeiro dia do estudo com dez séries de dez repetições de 80% de uma repetição máxima (1-RM) na outra perna e obtida biopsia muscular desta perna imediatamente após o treino, 24h e 72h após o treino. Verificou-se que uma curta suplementação em creatina associada a um treino de força induziu

alterações na expressão de determinados genes o que poderá proporcionar um ambiente favorável à síntese proteica muscular após algumas semanas de treino e de suplementação (Deldicque et al., 2008). O efeito da suplementação com creatina tem ainda impacto nos valores do fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IGF-1). A suplementação com creatina (primeira semana: 0,25g/kg e restantes dias 0,06g/kg) associada a um programa de treino de força durante oito semanas aumentou o conteúdo intramuscular de IGF-1 em 78%, quando comparados com placebo (55%), tanto em homens como em mulheres (Burke et al., 2008). Os autores deste estudo referem que este aumento pode estar associado a uma maior necessidade metabólica derivado de sessões de treino executadas de forma mais intensa no grupo com suplementação em creatina.

No nosso estudo, a toma dos suplementos ocorreu durante o almoço, após o treino. Relativamente ao período da toma de creatina, já foi demonstrado em populações idosas que não existem diferenças nos ganhos de força muscular associados a treino de força no caso da toma desta ser antes ou após o treino (Candow, Zello, et al., 2014). A toma da creatina ao almoço tem ainda o interesse de ser em combinação com a ingestão de hidratos de carbono o que irá proporcionar uma resposta insulínica superior potenciando o armazenamento de um maior conteúdo de creatina muscular (Green et al., 1996).

Em populações idosas, uma meta-análise conclui que a suplementação com creatina associada ao treino de força será interessante no envelhecimento saudável, aumentando o ganho de massa muscular, a força e o desempenho funcional em comparação com o efeito isolado do treino de força (Devries & Phillips, 2014). Há evidências ainda de que a suplementação em creatina possa melhorar de forma significativa os níveis de força muscular em pessoas com distrofia muscular (Kley et al., 2013). De forma a simular um processo de reabilitação física e avaliar os ganhos de força muscular, foi imobilizado de forma voluntária o membro inferior direito de vinte e dois jovens saudáveis durante duas semanas. Após a imobilização os participantes foram sujeitos a

um programa de reabilitação física durante dez semanas, com uma frequência de três vezes por semana. Durante o programa de reabilitação foram divididos em dois grupos, um grupo com suplementação em creatina (dosagem inicial de 20g até 5g no final do programa) e um grupo controlo com ingestão *placebo*. Verificou-se que a recuperação da força muscular e da área da secção transversal da fibra muscular foi mais rápida no grupo com suplementação com creatina (Hespel et al., 2001).

Os trabalhos efetuados em populações com LVM são escassos. Não se verificaram ganhos de força muscular com significado estatístico numa amostra de pessoas com LVM, neste caso sujeita a uma dosagem de 10g de creatina diária durante seis dias e 5g nos restantes dias (Kendall et al., 2005). Porém, é preciso ter em conta que os ganhos de força muscular provenientes da suplementação em creatina não terão a mesma amplitude caso não esteja associado um programa de treino de força (Terjung et al., 2000). Apenas um estudo (Jacobs et al., 2002) demonstrou benefícios da suplementação com creatina (20g durante sete dias) em pessoas com LVM, mesmo sem treino de força associado. No caso de atletas com LVM, não se verificou um efeito significativo da suplementação com creatina no tempo necessário para percorrer uma distância de 800 metros em cadeira de rodas. Porém coloca-se a questão do interesse da suplementação em creatina para atividades que requerem tempos mais prolongados bem como a dosagem e duração da suplementação, 20g durante seis dias (Perret et al., 2006a).

Mais estudos, com pessoas com LVM sujeitas a treino de força, poderão esclarecer melhor o potencial da suplementação com creatina nos níveis de força muscular.

5.2 Vitamina D

Neste estudo verificou-se uma elevada prevalência de défice de vitamina D (75% da amostra inicial) sendo que os participantes inseridos no grupo vitamina D aumentaram de forma significativa os valores de 25(OH)D após o programa de suplementação. Utilizou-se a vitamina D3 por ser mais eficaz do

que a vitamina D2 em aumentar os níveis de 25(OH)D (Logan et al., 2013). A suplementação com vitamina D foi repartida, os participantes inseridos no grupo da vitamina D tomaram 25000 UI de duas em duas semanas, valor diário aproximado de 1800 UI, durante oito semanas. Os valores séricos de 25(OH)D aumentaram de forma significativa neste período de suplementação passando do valor médio, de cinco participantes, de $13,6 \pm 9,1$ ng/ml para $26,2 \pm 7,8$ ng/ml. Dos cinco participantes avaliados antes da suplementação, três tinham défice de vitamina D, dois tinham valores insatisfatórios e nenhum tinha valores satisfatórios. Após as oito semanas de suplementação, não havia nenhum participante com valores deficitários de vitamina D, três ainda tinham valores insatisfatórios e dois já tinham valores satisfatórios. Noutro estudo, verificou-se que a suplementação diária com vitamina D, 2000 UI, conseguiu reverter a situação de défice em vitamina D presente em sete pessoas com LVM (Bauman et al., 2011). O valor médio inicial passou de 14 ± 2 ng/ml para um valor de 48 ± 17 ng/ml, três meses depois. De sete pessoas com défice em vitamina D (<20 ng/ml), seis passaram a ter valores satisfatórios (>30 ng/ml) e uma com valor insatisfatório (28 ng/ml). Comparando os resultados dos dois estudos talvez se justificasse manter a suplementação em vitamina D por mais um mês nesta amostra pois assim provavelmente todos os participantes conseguiriam obter valores de vitamina D satisfatórios. Do nosso conhecimento, não existem dados sobre a prevalência de défice em vitamina D em pessoas com LVM em Portugal.

No caso de pessoas com LVM avaliadas no Irão, onde previsivelmente, o número de horas com exposição solar seria superior, numa amostra de cento e sessenta pessoas com LVM, 53,1% tinham valores deficitários de vitamina D (Javidan et al., 2014). Porém esta problemática não é específica das pessoas com LVM pois os baixos níveis de vitamina D também se encontram na população em geral do mesmo país (Hashemipour et al., 2004) tendo-se apontado como razões principais o tipo de vestuário utilizado, a pigmentação da pele e sendo um país com temperaturas médias mais elevadas é normal que a população procure locais mais abrigados da exposição solar, evitando a mesma.

A ingestão média de vitamina D, analisada através dos três diários alimentares, nos participantes neste trabalho de investigação é insuficiente ($125,2 \pm 94,9$ UI) comparando com o valor diário recomendado de 600 UI pelo *Institute of Medicine* (Ross et al., 2011). São resultados semelhantes aos que já foram obtidos em pessoas com LVM (Javidan et al., 2014; Walters et al., 2009). Este facto ganha maior relevância se tivermos em conta que a grande maioria desta amostra tinha valores deficitários de 25(OH)D sendo que o valor diário recomendado deverá ser superior ao anteriormente referido. As recomendações de ingestão de vitamina D para pessoas com défice deverão necessariamente ser diferentes e possivelmente num futuro próximo surjam novas recomendações. A título de exemplo, a *European Food Safety Authority* duplicou o valor do *upper limit* de ingestão de vitamina D num espaço de dez anos (2002 para 2012) passando de um valor de 2000 UI diárias para 4000 UI (Carlo Agostoni, 2012).

Numa meta-análise publicada recentemente, sobre o efeito da suplementação em vitamina D nos níveis de força muscular em pessoas saudáveis, verificaram-se ganhos de força muscular dos membros superiores (Tomlinson et al., 2014). Outra meta-análise publicada também há pouco tempo, pretendeu analisar o efeito da suplementação em vitamina D nos ganhos de força muscular, massa muscular e potência muscular. Verificou-se que a suplementação teve um pequeno, mas significativo, impacto positivo nos ganhos de força muscular. Porém, não se obtiveram resultados com significado estatístico nos ganhos de massa muscular e de potência muscular. Verificou-se também que os resultados de força muscular foram significativamente maiores nas pessoas com valores de 25(OH)D inferiores a 12ng/ml. Os autores deste trabalho referem que a suplementação aparenta ser mais efetiva em pessoas com idade igual ou superior a sessenta e cinco anos do que em jovens (Beudart et al., 2014). Por outro lado, uma meta-análise de dezassete estudos efetuada em 2011 indicava que a suplementação em vitamina D não tem um efeito significativo no ganho de força muscular em pessoas com níveis de 25(OH)D superior a 10ng/ml (Stockton et al., 2011).

A suplementação com vitamina D no nosso trabalho demonstrou uma relação positiva, com significado estatístico, com os valores de 1-RM *Lat pull* após programa de treino e suplementação. Não se verificou mais nenhuma melhoria com significado estatístico nos ganhos de força muscular comparativamente aos outros grupos. No caso de atletas, podemos verificar que a deficiência severa em 25(OH)D está associada a um peso corporal inferior tal como a uma massa magra inferior comparativamente a futebolistas com concentração de 25(OH)D superior a 20ng/ml (Hamilton et al., 2014). Num estudo com vinte e quatro atletas de ballet foi investigado o efeito de uma suplementação diária de 2000 UI de vitamina D3 durante quatro meses, meses de Inverno, tendo-se verificado melhorias com significado estatístico nos seguintes parâmetros: força muscular isométrica (+18,7%) e salto vertical (+7,1%) no grupo de intervenção (n=17). Foram feitas análises aos valores de vitamina D no ano anterior ao estudo e todas as atletas do grupo de intervenção apresentavam valores de 25(OH)D insuficientes ou de défice (Wyon et al., 2014). A deficiência em vitamina D já está associada há muito tempo com a fraqueza muscular, particularmente a fraqueza muscular proximal, e tal situação é resolvida com a correção do défice de vitamina D (Girgis et al., 2013).

Outro aspeto importante a considerar relativamente à função muscular em pessoas com LVM são os níveis de testosterona pois baixos níveis destes poderão comprometer a função muscular. Em homens com LVM regista-se uma forte relação linear independente entre os níveis de vitamina D e os valores de testosterona sendo que nos indivíduos com défice de vitamina D de um estudo Italiano, 73,5% da amostra, verificou-se uma deficiência dos níveis androgénicos seis vezes maior que nos indivíduos sem défice de vitamina D (Barbonetti et al., 2015). Segundo os autores deste estudo é difícil afirmar se o baixo nível de vitamina D é um reflexo da disfunção testicular ou se influencia a deficiência androgénica.

É então recomendado um rastreio inicial dos níveis de vitamina D aquando do início do processo de reabilitação física. Este parâmetro deverá ser monitorizado de forma a conseguir-se manter valores satisfatórios (Oleson et

al., 2010). Serão necessários mais estudos com estas populações e com amostras superiores de forma a esclarecer melhor o possível efeito que níveis satisfatórios de vitamina D possam ter nos ganhos de força muscular.

5.3 Antropometria

O balanço energético é crucial na gestão do peso corporal. No caso das pessoas com LVM, o balanço energético é profundamente afetado pois o gasto energético diário é inferior ao das pessoas sem LVM, existindo uma relação linear direta entre o gasto energético e o teor de massa magra (Bauman et al., 2004). Entre os principais fatores para um menor gasto energético em pessoas com LVM está uma diminuição da massa isenta de gordura que se verifica devido à paralisia dos músculos afetados originando uma grave proteólise (Bauman et al., 2004; Gorgey & Dudley, 2007; Spungen et al., 2003) bem como pelo derivado dos baixos níveis de atividade física devido à uma menor capacidade de realizar exercícios e às barreiras arquitetónicas que encontram no seu meio ambiente (Buchholz et al., 2003). Como consequência de uma diminuição do gasto energético diário, a obesidade é uma situação comum em pessoas com LVM (Gater, 2007).

5.3.1 Massa Gorda

O índice de massa corporal, utilizado para classificar quem está em risco de sobrecarga ponderal, subestima o teor de massa gorda corporal em pessoas com LVM, não sendo um parâmetro indicado para estimar níveis de obesidade nesta população (Beck et al., 2014; Gorgey et al., 2014). Já foi inclusivamente sugerido uma diminuição para o valor de 22 kg/m^2 como critério de obesidade para pessoas com LVM (Laughton et al., 2009). Neste trabalho de investigação avaliou-se o somatório de quatro pregas cutâneas adiposas do troco superior dos participantes (tricipital, bicipital, subescapular e supra-ílica) dada a relação que existe entre o valor das pregas cutâneas adiposas e o valor de adiposidade corporal total (Clarys et al., 2005) e ainda por ser recomendado a utilização do somatório das pregas cutâneas para avaliação do impacto de determinada intervenção em detrimento de equações preditivas de massa

gorda (Ackland et al., 2012). Aliás, o somatório das quatro pregas cutâneas para avaliar ou estimar alterações no teor de massa gorda é praticado em atletas com LVM de ténis em cadeira de rodas (Diaper & Goosey-Tolfrey, 2009) e de basquetebol em cadeira de rodas (S. M. Gil et al., 2015). Apesar de neste trabalho o valor do somatório de quatro pregas ter diminuído após a intervenção, não se verificaram diferenças com significado estatístico, exceto no grupo creatina ($p < 0,05$). Provavelmente a duração do programa de treino deveria prolongar-se além das oito semanas para produzir uma redução dos valores de massa gorda de forma a obter significado estatístico. Não tendo sido objetivo deste estudo avaliar os efeitos do programa de treino de força nos valores de massa gorda, a componente alimentar poderá ser um fator a explicar a menor diminuição deste parâmetro. A principal recomendação alimentar dada aos participantes foi o do reforço em termos energéticos e proteicos em detrimento da restrição alimentar de forma a não prejudicar os possíveis ganhos de força muscular derivados do treino.

Num estudo com um protocolo de treino de força semelhante (Serra-Ano et al., 2012), com duração de oito semanas e uma frequência de treinos trissemanal, também se verificou uma diminuição dos valores de massa gorda no braço, mas neste caso com significado estatístico ($p < 0,05$). De referir que nesse trabalho foi utilizado um método muito mais preciso para estimar a massa gorda, através de absorciometria radiológica de dupla energia (Spungen et al., 1995). Apesar do número da amostra ser similar, quinze participantes, estes não foram divididos em três grupos, a análise estatístico foi efetuado a todos

5.3.2 Massa Muscular

Pouco após a ocorrência de uma LVM, verifica-se uma rápida e significativa atrofia do músculo esquelético, principalmente abaixo do nível da lesão (Castro et al., 1999; Gorgey & Dudley, 2007; Shah et al., 2006). Esta atrofia muscular verifica-se logo nas primeiras semanas mas pode perdurar até ao final do primeiro ano, independentemente da lesão ser completa ou incompleta (Castro et al., 1999; Shah et al., 2006) sendo que a maior magnitude de perda ocorre nos primeiros três meses (Castro et al., 1999). Esta atrofia muscular será mais

significativa no caso da lesão ser completa e ocorrer num nível mais inferior (Spungen et al., 2000). A diminuição nos níveis de hormonas anabólicas como seja da testosterona, da hormona de crescimento e IGF-1 verificados nas pessoas com LVM pode resultar numa menor capacidade de reparação celular o que por sua vez irá afetar a capacidade de manutenção dos níveis de massa e força muscular (Gorgey et al., 2014).

Já foi demonstrado que um treino de força produz resultados superiores, de forma segura, nos níveis de força muscular comparativamente a um treino de resistência em pessoas com LVM (Jacobs, 2009). Num estudo mais recente (Dost et al., 2014) efetuado em dezanove pessoas com LVM registou-se um ganho de força muscular na extensão do tornozelo superior no grupo com treino de força progressivo comparativamente ao grupo com treino de resistência. Porém, as melhorias obtidas na medida de independência funcional não foram estatisticamente diferentes entre os dois tipos de treino. Do nosso conhecimento, apenas um estudo avaliou a evolução do valor de massa muscular após um programa de treino de força (Serra-Ano et al., 2012). Os resultados demonstram ganhos de massa muscular nos braços dos participantes ($p < 0,05$), estatisticamente significativos, e ganhos no tronco superior mas sem significado estatístico.

O programa de treino de força do nosso estudo foi similar ao anterior porém, em vez de obter a massa muscular dos braços e tronco superior por absorciometria radiológica de dupla energia, apenas se obteve o valor da área muscular do braço (dominante) corrigida. No nosso estudo, verificou-se um aumento da área muscular do braço nos três grupos com significado estatístico ($p < 0,05$). Quando comparados os três grupos, relativamente às diferenças obtidas após o programa de treino, verificou-se que no grupo creatina o aumento da área muscular dos participantes foi estatisticamente superior ao grupo controlo ($p < 0,05$). Porém, é preciso ter em conta que associado à toma de creatina está um aumento do peso corporal. Uma das razões apontadas é pelo facto da suplementação em creatina poder aumentar o conteúdo de água intramuscular devido à ação osmótica. Esta poderá ser uma das explicações

para a diferença obtida entre o grupo creatina e o grupo controlo relativamente à área muscular do braço corrigida. Outra das razões apontadas é o aumento da síntese proteica muscular, como se pode verificar num estudo onde a suplementação com creatina, 6g por dia durante dozes semanas, associada a treino de força resultou num aumento de 57,9% do conteúdo em proteína miofibrilares comparativamente a um grupo controlo, 2,8%, e a um grupo *placebo*, 11,6% (Willoughby & Rosene, 2001). Porém, a evidência de que a suplementação em creatina aumente a síntese proteica muscular não está ainda bem esclarecida (Hall & Trojian, 2013).

5.4 Testes físicos

As pessoas com LVM poderão beneficiar de um programa de treino de força pois irão aumentar as suas capacidades musculares o que lhes permitirá realizar as atividades de vida diária com maior autonomia. De forma a avaliar as diversas capacidades físicas destas populações vários testes de avaliação foram elaborados. Apesar de não haver um teste de referência que permita a comparação entre os vários estudos (Fliess-Douer et al., 2010), destaca-se o *The wheelchair skills test* que avalia trinta e três tarefas similares a situações que possam surgir no dia-a-dia de uma pessoa que tenha de deslocar-se em cadeira de rodas (Kirby et al., 2002), o *Adapted manual wheelchair circuit* no qual são testadas catorze tarefas (Cowan et al., 2011) e o *Test of Wheeled Mobility* que avalia oito exercícios relacionados com a mobilidade em cadeira de rodas (Fliess-Douer et al., 2013).

Infelizmente, não foi possível utilizar neste trabalho de investigação nenhum dos testes mencionados por razões relacionadas com o espaço e material necessário para a execução destes testes. Foram considerados outros testes, de implementação mais simples, tendo-se optado por um teste específico para esta população, o teste de *slalom* em cadeira de rodas, e por duas avaliações que são utilizadas na população geral, o lançamento de bola medicinal sentado e a força de preensão manual através de dinamómetro.

5.4.1 Teste de *slalom* em cadeira de rodas

O teste de *slalom* em cadeira de rodas utilizado foi o *The timed manual wheelchair slalom test* (Gagnon et al., 2011a). É um teste seguro, bem tolerado e que não exige equipamento sofisticado nem capacidade de treino do avaliador. Na amostra utilizada para a validação deste teste a ocorrência da LVM nos participantes teria de ser com um mínimo de três meses, tal como exigido na nossa amostra. Neste teste é avaliado o tempo, em segundos, necessário para contornar sete cones num comprimento linear de 18 metros. Nos primeiros cones as distâncias entre eles são maiores tendo maior preponderância a capacidade de propulsão da cadeira de rodas por parte do participante, nos metros finais do teste os cones estão mais juntos e aí destaca-se a capacidade de agilidade do participante.

Infelizmente, não temos conhecimento de outros estudos que tenham utilizado este teste como forma de avaliar um programa de treino de força nestas populações. Analisando os resultados deste trabalho, verifica-se que o programa de treino implementado aos participantes teve um efeito positivo na diminuição do tempo necessário para executar o teste. Esta diminuição de tempo teve significado estatístico nos três grupos ($p < 0,05$). Os ganhos de força obtidos pelos participantes no programa de treino poderão explicar em parte a redução do tempo, principalmente no percurso onde a capacidade de propulsão da cadeira de rodas era mais exigente. Na fase do percurso onde era solicitada a capacidade de agilidade do participante o programa de treino não terá tido tanto impacto a não ser pelo facto de ser o percurso final em que o participante estaria menos capacitado em termos físicos antes do início do programa de intervenção.

Um aspeto importante a ter em conta neste teste é a técnica de propulsão e de agilidade pois uma pessoa com LVM que utilize a cadeira de rodas há vários anos poderá não ter a mesma margem de progressão entre duas avaliações intervaladas por um espaço de tempo do que uma pessoa com LVM com uso de cadeira de rodas mais recente. Neste último caso, a melhoria da técnica poderá proporcionar melhores tempo, não estando relacionado com ganhos a

nível de força muscular (Goosey-Tolfrey et al., 2011). Quando comparados entre os grupos as diferenças após o programa de treino são bastante similares, não tendo havido diferenças com significado estatístico, por isso tanto a suplementação em creatina como em vitamina D não demonstraram beneficiar o programa de treino neste tipo de teste.

5.4.2 Lançamento de bola medicinal

A força muscular dos membros superiores é fulcral nas atividades de vida diária de uma pessoa com LVM. Corrigir a postura corporal, levantar o corpo da cadeira de rodas ou até mesmo conseguir abrir uma porta são tarefas que necessitam de uma boa função muscular. O lançamento de bola medicinal é um teste interessante para avaliar a potência dos membros superiores, incorporando tanto a força muscular como a velocidade de contração. Este tipo de movimento de lançamento depende da força e potência muscular dos músculos flexores do ombro e extensores do cotovelo, sendo que estes grupos musculares são bastante solicitados na execução das atividades de vida diária (Harris et al., 2011).

Em populações idosas, o lançamento de bola medicinal sentado demonstrou ser um teste válido para avaliação da força muscular do tronco e membros superiores (Harris et al., 2011). Aparentemente, em populações idosas, a suplementação em creatina melhora os níveis de potência muscular, mesmo sem programa de treino de força associado (Moon et al., 2013). Apesar deste teste ainda não ter sido validado em pessoas com LVM optou-se pela sua inclusão neste trabalho de investigação devido aos objetivos serem similares nesta amostra ao das populações idosas, avaliação da potência muscular em pessoas que necessitam aumentar estes valores. É um método simples, sem necessidade de equipamento extraordinário e no qual os participantes gostam de executar.

Do nosso conhecimento não existe nenhuma investigação quanto aos efeitos de um treino de força nos valores de lançamento de bola medicinal em pessoas com LVM. Em quinze jovens atletas de basquetebol submetidos a um

programa de treino de força, duas vezes por semana durante dez semanas, verificaram-se melhorias no lançamento de bola medicinal sentado estatisticamente significativas ($p < 0,05$) quando comparado com grupo controlo de dez atletas basquetebolistas (Santos & Janeira, 2012). Em atletas com LVM, os níveis de força avaliados através do lançamento de bola medicinal sentado tiveram uma relação com o nível de lesão estatisticamente significativa (S. Gil et al., 2015). A força do tronco e estabilidade pélvica são elementos essenciais no movimento de lançamento da bola, particularmente numa posição sentada. Nos lançamentos, um menor nível de lesão possibilita um maior grupo muscular funcional o que irá proporcionar uma maior capacidade de aceleração e produção de força originando uma maior velocidade de libertação logo uma maior distância de lançamento (Higgs, 1990). Porém também é preciso ter em conta que além do impacto positivo da força muscular existirá também uma componente associada à técnica que poderá influenciar a biomecânica do lançamento da bola e produzir resultados mais satisfatórios (Goosey-Tolfrey et al., 2002).

Ao analisar os resultados deste trabalho de investigação observa-se que o programa de treino teve um efeito positivo na distância do lançamento de bola medicinal nos três grupos ($p < 0,05$). Porém, ao analisar as diferenças obtidas entre os grupos no final da intervenção verifica-se que os participantes do grupo creatina tiveram melhorias com significado estatístico ($p < 0,05$) quando comparados com os do grupo controlo. Isto indica que a suplementação em creatina teve um efeito adicional ao programa de treino de força na potência produzida pelos membros superiores, o que é corente com os pressupostos teóricos. Infelizmente, não é possível comprar com outros estudos efetuados com estas populações pois não existem estudos. Temos conhecimento de um estudo efetuado em mulheres sem LVM no qual se verificou que a suplementação com creatina (0,05g/kg de peso corporal) associada a um programa de treino de força durante oito semanas provocou melhorias no lançamento de bola medicinal mas sem diferenças estatisticamente significativas quando comparadas com o grupo controlo (Stastny et al., 2015).

5.4.3 Força de preensão manual

A força muscular do antebraço tem sido relacionada com vários componentes de avaliação da escala de medida de independência funcional (Beninato et al., 2004) daí o interesse em avaliar-se a força de preensão manual nesta população. A força de preensão manual é também um componente de avaliação nutricional, baixos níveis de força de preensão manual na admissão hospitalar estão associados a períodos de internamento mais prolongados (Mendes et al., 2014). A força de preensão manual estará ainda associada com a força máxima do tronco superior (Filingeri et al., 2013).

Neste trabalho de investigação, o programa de treino de força não produziu efeitos com significado estatístico apesar das melhorias de força de preensão manual verificadas nos três grupos. Do nosso conhecimento, nenhum estudou avaliou o efeito de um programa de treino de força nos ganhos de força de preensão manual em pessoas com LVM. Por outro lado, em pessoas idosas, verificaram-se ganhos com significado estatístico ($p < 0,01$) na força de preensão manual após dozes semanas de treino de força com frequência de três vezes por semana (Ramirez-Campillo et al., 2014).

Relativamente à suplementação em creatina e em vitamina D, não se registaram diferenças com significado estatístico quando comparados os resultados com o grupo controlo.

No caso de crianças com distrofia muscular de *Duchenne*, registaram-se melhorias com significado estatístico ($p < 0,05$) na força de preensão manual durante o período de suplementação em creatina. Nesse estudo duplo cego, as crianças tinham idade média de 10 ± 3 anos e foram sujeitas a suplementação em creatina durante quatro meses com dosagem diária de 2 a 5g, dependendo do seu peso corporal (Tarnopolsky et al., 2004). Num estudo em seis jovens saudáveis com uma suplementação em creatina de 30g durante catorze dias comparados com um grupo controlo de outros seis jovens, sem programa de treino de força associado, não se verificaram diferenças com significado estatístico na potência média obtida entre os dois grupos num exercício

máximo de 10 segundos de força de preensão manual dinâmica (Kurosawa et al., 2003). Quanto à vitamina D, vários estudos têm verificado uma associação entre os níveis de vitamina D e os valores de força de preensão manual na população geral (Dhanwal et al., 2013; Lee et al., 2013; von Hurst et al., 2013) enquanto que outros trabalhos não encontram tal associação (Ceglia et al., 2011). Neste trabalho não se registou tal relação.

5.5 Avaliação 1-RM

Os níveis de força muscular, importantes nas atividades de vida diárias das pessoas com LVM como referido anteriormente, podem ser avaliados através da avaliação de 1-RM de equipamentos específicos. Esta informação indica-nos se a intervenção está a resultar em ganhos de força nos grupos musculares avaliados. Já foi demonstrado que o treino de força em pessoas com LVM resulta em melhorias de 1-RM nos equipamentos *Chest press*, *Horizontal row*, *Shoulder press*, *High pull*, *Dips* e *Curls*, com significado estatístico, comparando com um treino de resistência (Jacobs, 2009). Neste trabalho de investigação foram utilizados os equipamentos *Chest press*, *Triceps*, *Pec deck* e *Lat pull* por uma questão de conveniência, de forma a que os equipamentos utilizados fossem os mesmos nos participantes dos dois centro de reabilitação física. Verificaram-se melhorias com significado estatístico na 1-RM do equipamento *Chest press*, *Triceps* e *Pec deck* nos três grupos ($p < 0,05$). Já no equipamento *Lat pull* apenas houve melhorias estatisticamente significativas no grupo vitamina D ($p < 0,05$). Estes resultados vão de encontro ao que seria de esperar apesar de nalguns equipamentos a melhoria não ter tido significado estatístico com o programa de treino, isto pode dever-se ao número da amostra reduzido.

Não temos conhecimento de algum trabalho realizado sobre os efeitos da suplementação com creatina e vitamina D, associada a um programa de treino de força, em pessoas com LVM na melhoria dos valores de 1-RM. Existe um trabalho realizado em pessoas com doença de *Parkinson* no qual a suplementação com creatina, 20g nos primeiros cinco dias e 5g nos dias seguintes, melhorou os ganhos obtidos na 1-RM para os equipamentos *Chest*

press e *Biceps curl* associado a um programa de treino de força de doze semanas (Hass et al., 2007).

No nosso estudo, não se registaram diferenças na 1-RM, estatisticamente significativas, entre os diferentes grupos após o programa de treino. Assim, a suplementação em creatina e em vitamina D não resultou em melhorias suficientes para justificar a sua toma nesta população com este tipo de treino. Porém, uma amostra com outro tamanho poderia clarificar esta questão. Quando se analisou a relação entre os níveis de 25(OH)D iniciais e finais com os valores obtidos antes e após a intervenção das diferentes variáveis encontrou-se uma relação com significado estatístico entre os valores de vitamina D e os valores de 1-RM do equipamento *Lat pull*. Neste equipamento são solicitados os principais músculos dorsais e do ombro.

6. Limitações do estudo

O presente estudo conseguiu cumprir os procedimentos metodológicos previstos de forma a tentar atingir os objetivos propostos. As variáveis da alimentação e do exercício físico foram controladas pois todos os participantes estavam em regime de internamento. Porém, várias limitações se colocam a este trabalho de investigação.

O tamanho da amostra foi muito reduzido para conseguir-se obter resultados com diferenças estatisticamente significativas entre os três grupos. Ao concluir-se a fase de recolha de dados deste estudo verificou-se que teria sido preferível optar-se pela análise de apenas um suplemento do que dois suplementos, dado o reduzido tamanho da amostra. Apesar de antes de se iniciar o trabalho de investigação a amostra potencial permitir o estudo de dois suplementos nutricionais a verdade é que parte dos potenciais participantes não reunia todas as condições para a participação no estudo. A razão mais frequente estava relacionada com o facto de não poderem cumprir o tempo mínimo de internamento no centro de reabilitação, oito semanas.

De forma a evitar-se uma participação muito baixa neste estudo os critérios de inclusão tiveram de ser mais abrangentes, optando-se por incluir participantes com classificações da escala ASIA distintas bem como um tempo mínimo de LVM de três meses sabendo-se que entre os três e os seis meses os ganhos potenciais de funcionalidade são superiores do que após seis meses de LVM (Steeves et al., 2012). Neste estudo, metade dos participantes tinha uma LVM com menos de seis meses.

7. Conclusões

Conclui-se que os níveis de prevalência de défice em vitamina D nesta amostra são elevados sendo recomendado efetuar-se o doseamento de 25(OH)D em pessoas com LVM a iniciar um programa de reabilitação física de forma a corrigir os casos com valores deficitários. A suplementação com 25000 UI de vitamina D, de duas em duas semanas, durante oito semanas, revelou ser insuficiente para repor os níveis de vitamina D em valores satisfatórios em todos os participantes no estudo. Provavelmente será necessário um período de suplementação mais prolongado.

Este estudo permite também concluir que a suplementação com creatina e vitamina D melhora alguns parâmetros de força muscular em pessoas com LVM sujeitas a treino de força. Porém, não se registaram melhorias com significado estatístico na maior parte dos parâmetros de força muscular. Assim, torna-se necessário o desenvolvimento de novos trabalhos, com tamanho amostral superior, de forma a esclarecer melhor o interesse da suplementação com creatina e vitamina D nos ganhos de força muscular nesta população.

Bibliografia

- Ackland, T. R., Lohman, T. G., Sundgot-Borgen, J., Maughan, R. J., Meyer, N. L., Stewart, A. D., & Muller, W. (2012). Current status of body composition assessment in sport: review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. Medical Commission. *Sports Med*, 42(3), 227-249.
- Al-Ghimlas, F., & Todd, D. C. (2010). Creatine supplementation for patients with COPD receiving pulmonary rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. In *Respirology* (Vol. 15, pp. 785-795). Australia.
- Alves, M., Bastos, M., Leitão, F., Marques, G., Ribeiro, G., & Carrilho, F. (2013). Vitamina D—importância da avaliação laboratorial. *Revista Portuguesa de Endocrinologia, Diabetes e Metabolismo*, 8(1), 32-39.
- Anneken, V., Hanssen-Doose, A., Hirschfeld, S., Scheuer, T., & Thietje, R. (2010). Influence of physical exercise on quality of life in individuals with spinal cord injury. In *Spinal Cord* (Vol. 48, pp. 393-399). England.
- Atherton, P. J., & Smith, K. (2012). Muscle protein synthesis in response to nutrition and exercise. In *J Physiol* (Vol. 590, pp. 1049-1057). England.
- Autier, P., Boniol, M., Pizot, C., & Mullie, P. (2014). Vitamin D status and ill health: a systematic review. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2(1), 76-89.
- Barbonetti, A., Vassallo, M. R., Felzani, G., Francavilla, S., & Francavilla, F. (2015). Association between 25(OH)-vitamin D and testosterone levels: evidence from men with chronic spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*.
- Bauman, W. A., Emmons, R. R., Cirnigliaro, C. M., Kirshblum, S. C., & Spungen, A. M. (2011). An effective oral vitamin D replacement therapy in persons with spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*, 34(5), 455-460.
- Bauman, W. A., Spungen, A. M., Wang, J., & Pierson, R. N., Jr. (2004). The relationship between energy expenditure and lean tissue in monozygotic twins discordant for spinal cord injury. *J Rehabil Res Dev*, 41(1), 1-8.
- Beaudart, C., Buckinx, F., Rabenda, V., Gillain, S., Cavalier, E., Slomian, J., Petermans, J., Reginster, J. Y., & Bruyere, O. (2014). The effects of vitamin D on skeletal muscle strength, muscle mass, and muscle power: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Clin Endocrinol Metab*, 99(11), 4336-4345.
- Beck, L. A., Lamb, J. L., Atkinson, E. J., Wuermsler, L. A., & Amin, S. (2014). Body composition of women and men with complete motor paraplegia. In *J Spinal Cord Med* (Vol. 37, pp. 359-365). England.
- Bemben, M. G., & Lamont, H. S. (2005). Creatine supplementation and exercise performance: recent findings. In *Sports Med* (Vol. 35, pp. 107-125). New Zealand.
- Beninato, M., O'Kane, K. S., & Sullivan, P. E. (2004). Relationship between motor FIM and muscle strength in lower cervical-level spinal cord injuries. *Spinal Cord*, 42(9), 533-540.
- Bischoff-Ferrari, H. A. (2012). Relevance of vitamin D in muscle health. *Rev Endocr Metab Disord*, 13(1), 71-77.
- Bischoff-Ferrari, H. A., Dawson-Hughes, B., Willett, W. C., & et al. (2004). Effect of vitamin d on falls: A meta-analysis. *JAMA*, 291(16), 1999-2006.
- Branch, J. D. (2003). Effect of creatine supplementation on body composition and performance: a meta-analysis. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 13(2), 198-226.
- Buchholz, A. C., McGillivray, C. F., & Pencharz, P. B. (2003). Physical activity levels are low in free-living adults with chronic paraplegia. *Obes Res*, 11(4), 563-570.

- Burke, D. G., Candow, D. G., Chilibeck, P. D., MacNeil, L. G., Roy, B. D., Tarnopolsky, M. A., & Ziegenfuss, T. (2008). Effect of creatine supplementation and resistance-exercise training on muscle insulin-like growth factor in young adults. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 18(4), 389-398.
- Burns, A. S., Marino, R. J., Flanders, A. E., & Flett, H. (2012). Clinical diagnosis and prognosis following spinal cord injury. *Handb Clin Neurol*, 109, 47-62.
- Candow, D. G., Chilibeck, P. D., & Forbes, S. C. (2014). Creatine supplementation and aging musculoskeletal health. *Endocrine*, 45(3), 354-361.
- Candow, D. G., Forbes, S. C., Little, J. P., Cornish, S. M., Pinkoski, C., & Chilibeck, P. D. (2012). Effect of nutritional interventions and resistance exercise on aging muscle mass and strength. *Biogerontology*, 13(4), 345-358.
- Candow, D. G., Zello, G. A., Ling, B., Farthing, J. P., Chilibeck, P. D., McLeod, K., Harris, J., & Johnson, S. (2014). Comparison of creatine supplementation before versus after supervised resistance training in healthy older adults. *Res Sports Med*, 22(1), 61-74.
- Carlo Agostoni, J.-L. (2012). Scientific Opinion on the Tolerable Upper Intake Level of vitamin D. *EFSA Journal*, 10(7), 2813.
- Casey, A., Constantin-Teodosiu, D., Howell, S., Hultman, E., & Greenhaff, P. L. (1996). Creatine ingestion favorably affects performance and muscle metabolism during maximal exercise in humans. *Am J Physiol*, 271(1 Pt 1), E31-37.
- Castro, M. J., Apple, D. F., Jr., Hillegass, E. A., & Dudley, G. A. (1999). Influence of complete spinal cord injury on skeletal muscle cross-sectional area within the first 6 months of injury. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 80(4), 373-378.
- Ceglia, L., Chiu, G. R., Harris, S. S., & Araujo, A. B. (2011). Serum 25-hydroxyvitamin D concentration and physical function in adult men. *Clin Endocrinol (Oxf)*, 74(3), 370-376.
- Ceglia, L., & Harris, S. S. (2013). Vitamin D and its role in skeletal muscle. *Calcif Tissue Int*, 92(2), 151-162.
- Clarys, J. P., Provyn, S., & Marfell-Jones, M. J. (2005). Cadaver studies and their impact on the understanding of human adiposity. *Ergonomics*, 48(11-14), 1445-1461.
- Cooper, R., Naclerio, F., Allgrove, J., & Jimenez, A. (2012). Creatine supplementation with specific view to exercise/sports performance: an update. In *J Int Soc Sports Nutr* (Vol. 9, pp. 33). United States.
- Cowan, R. E., Nash, M. S., de Groot, S., & van der Woude, L. H. (2011). Adapted manual wheelchair circuit: test-retest reliability and discriminative validity in persons with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*, 92(8), 1270-1280.
- Cribb, P. J., Williams, A. D., & Hayes, A. (2007). A creatine-protein-carbohydrate supplement enhances responses to resistance training. In *Med Sci Sports Exerc* (Vol. 39, pp. 1960-1968). United States.
- Deldicque, L., Atherton, P., Patel, R., Theisen, D., Nielens, H., Rennie, M. J., & Francaux, M. (2008). Effects of resistance exercise with and without creatine supplementation on gene expression and cell signaling in human skeletal muscle. In *J Appl Physiol (1985)* (Vol. 104, pp. 371-378). United States.
- Devries, M. C., & Phillips, S. M. (2014). Creatine supplementation during resistance training in older adults—a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*, 46(6), 1194-1203.
- Dhanwal, D. K., Dharmshaktu, P., Gautam, V. K., Gupta, N., & Saxena, A. (2013). Hand grip strength and its correlation with vitamin D in Indian patients with hip fracture. *Arch Osteoporos*, 8, 158.
- Diaper, N. J., & Goosey-Tolfrey, V. L. (2009). A physiological case study of a paralympic wheelchair tennis player: reflective practise. *J Sports Sci Med*, 8(2), 300-307.
- Dionyssiatis, Y. (2012). Malnutrition in spinal cord injury: more than nutritional deficiency. *J Clin Med Res*, 4(4), 227-236.

- Dost, G., Dulgeroglu, D., Yildirim, A., & Ozgirgin, N. (2014). The effects of upper extremity progressive resistance and endurance exercises in patients with spinal cord injury. In *J Back Musculoskelet Rehabil* (Vol. 27, pp. 419-426). Netherlands.
- Fernhall, B., Heffernan, K., Jae, S. Y., & Hedrick, B. (2008). Health implications of physical activity in individuals with spinal cord injury: a literature review. *J Health Hum Serv Adm*, 30(4), 468-502.
- Filingeri, D., Bianco, A., & Palma, A. (2013). Handgrip strength: a predictive indicator of upper body maximal strength? In *J Sports Med Phys Fitness* (Vol. 53, pp. 453-454). Italy.
- Fliess-Douer, O., Van Der Woude, L. H., & Vanlandewijck, Y. C. (2013). Test of Wheeled Mobility (TOWM) and a short wheelie test: a feasibility and validity study. *Clin Rehabil*, 27(6), 527-537.
- Fliess-Douer, O., Vanlandewijck, Y. C., Lubel Manor, G., & Van Der Woude, L. H. (2010). A systematic review of wheelchair skills tests for manual wheelchair users with a spinal cord injury: towards a standardized outcome measure. In *Clin Rehabil* (Vol. 24, pp. 867-886). England.
- Francaux, M., & Poortmans, J. R. (2006). Side effects of creatine supplementation in athletes. *Int J Sports Physiol Perform*, 1(4), 311-323.
- Gagnon, D., Decary, S., & Charbonneau, M. F. (2011a). The timed manual wheelchair slalom test: a reliable and accurate performance-based outcome measure for individuals with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*, 92(8), 1339-1343.
- Gagnon, D., Decary, S., & Charbonneau, M. F. (2011b). The timed manual wheelchair slalom test: a reliable and accurate performance-based outcome measure for individuals with spinal cord injury. In *Arch Phys Med Rehabil* (Vol. 92, pp. 1339-1343). United States.
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., Nieman, D. C., & Swain, D. P. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 43(7), 1334-1359.
- Gater, D. R., Jr. (2007). Obesity after spinal cord injury. In *Phys Med Rehabil Clin N Am* (Vol. 18, pp. 333-351, vii). United States.
- Gil, S., Yanci, J., Otero, M., Olasagasti, J., Badiola, A., Bidaurrezaga-Letona, I., Iturricastillo, A., & Granados, C. (2015). The Functional Classification and Field Test Performance in Wheelchair Basketball Players. In *J Hum Kinet* (Vol. 46, pp. 219-230).
- Gil, S. M., Yanci, J., Otero, M., Olasagasti, J., Badiola, A., Bidaurrezaga-Letona, I., Iturricastillo, A., & Granados, C. (2015). The Functional Classification and Field Test Performance in Wheelchair Basketball Players. *J Hum Kinet*, 46, 219-230.
- Girgis, C. M., Clifton-Bligh, R. J., Hamrick, M. W., Holick, M. F., & Gunton, J. E. (2013). The roles of vitamin D in skeletal muscle: form, function, and metabolism. In *Endocr Rev* (Vol. 34, pp. 33-83). United States.
- Goosey-Tolfrey, V., Butterworth, D., & Morriss, C. (2002). Free Throw Shooting Technique of Male Wheelchair Basketball Players. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 19(2), 238.
- Goosey-Tolfrey, V. L., West, M., Lenton, J. P., & Tolfrey, K. (2011). Influence of varied tempo music on wheelchair mechanical efficiency following 3-week practice. *Int J Sports Med*, 32(2), 126-131.
- Gorgey, A. S., Dolbow, D. R., Dolbow, J. D., Khalil, R. K., Castillo, C., & Gater, D. R. (2014). Effects of spinal cord injury on body composition and metabolic profile - part I. *J Spinal Cord Med*, 37(6), 693-702.
- Gorgey, A. S., & Dudley, G. A. (2007). Skeletal muscle atrophy and increased intramuscular fat after incomplete spinal cord injury. In *Spinal Cord* (Vol. 45, pp. 304-309). England.

- Gorgey, A. S., Mather, K. J., Cupp, H. R., & Gater, D. R. (2012). Effects of resistance training on adiposity and metabolism after spinal cord injury. *Med Sci Sports Exerc*, *44*(1), 165-174.
- Green, A. L., Hultman, E., Macdonald, I. A., Sewell, D. A., & Greenhaff, P. L. (1996). Carbohydrate ingestion augments skeletal muscle creatine accumulation during creatine supplementation in humans. *Am J Physiol*, *271*(5 Pt 1), E821-826.
- Hall, M., & Trojian, T. H. (2013). Creatine supplementation. In *Curr Sports Med Rep* (Vol. 12, pp. 240-244). United States.
- Hamilton, B., Whiteley, R., Farooq, A., & Chalabi, H. (2014). Vitamin D concentration in 342 professional football players and association with lower limb isokinetic function. *J Sci Med Sport*, *17*(1), 139-143.
- Harris, C., Wattles, A. P., DeBeliso, M., Sevene-Adams, P. G., Berning, J. M., & Adams, K. J. (2011). The seated medicine ball throw as a test of upper body power in older adults. *J Strength Cond Res*, *25*(8), 2344-2348.
- Hashemipour, S., Larijani, B., Adibi, H., Javadi, E., Sedaghat, M., Pajouhi, M., Soltani, A., Shafaei, A. R., Hamidi, Z., Fard, A. R., Hossein-Nezhad, A., & Booya, F. (2004). Vitamin D deficiency and causative factors in the population of Tehran. In *BMC Public Health* (Vol. 4, pp. 38). England.
- Hass, C. J., Collins, M. A., & Juncos, J. L. (2007). Resistance training with creatine monohydrate improves upper-body strength in patients with Parkinson disease: a randomized trial. In *Neurorehabil Neural Repair* (Vol. 21, pp. 107-115). United States.
- Hawley, J. A., Burke, L. M., Phillips, S. M., & Spriet, L. L. (2011). Nutritional modulation of training-induced skeletal muscle adaptations. In *J Appl Physiol* (Vol. 110, pp. 834-845). United States.
- Hespel, P., Op't Eijnde, B., Van Leemputte, M., Urso, B., Greenhaff, P. L., Labarque, V., Dymarkowski, S., Van Hecke, P., & Richter, E. A. (2001). Oral creatine supplementation facilitates the rehabilitation of disuse atrophy and alters the expression of muscle myogenic factors in humans. In *J Physiol* (Vol. 536, pp. 625-633). England.
- Hicks, A. L., Martin Ginis, K. A., Pelletier, C. A., Ditor, D. S., Foulon, B., & Wolfe, D. L. (2011a). The effects of exercise training on physical capacity, strength, body composition and functional performance among adults with spinal cord injury: a systematic review. *Spinal Cord*, *49*(11), 1103-1127.
- Hicks, A. L., Martin Ginis, K. A., Pelletier, C. A., Ditor, D. S., Foulon, B., & Wolfe, D. L. (2011b). The effects of exercise training on physical capacity, strength, body composition and functional performance among adults with spinal cord injury: a systematic review. In *Spinal Cord* (Vol. 49, pp. 1103-1127). England.
- Higgs, C. B., Pamela; Buck, Joan; Parsons, Christine; Brewer, Jill. (1990). Wheelchair Classification for Track and Field Events: A Performance Approach. *Adapted Physical Activity Quarterly*, *7*(1), 22.
- Holick, M. F., Binkley, N. C., Bischoff-Ferrari, H. A., Gordon, C. M., Hanley, D. A., Heaney, R. P., Murad, M. H., & Weaver, C. M. (2011). Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an Endocrine Society clinical practice guideline. *J Clin Endocrinol Metab*, *96*(7), 1911-1930.
- Holick, M. F., & Chen, T. C. (2008). Vitamin D deficiency: a worldwide problem with health consequences. In *Am J Clin Nutr* (Vol. 87, pp. 1080S-1086S). United States.
- Hummel, K., Craven, B. C., & Giangregorio, L. (2012). Serum 25(OH)D, PTH and correlates of suboptimal 25(OH)D levels in persons with chronic spinal cord injury. In *Spinal Cord* (Vol. 50, pp. 812-816). England.
- Jacobs, P. L. (2009). Effects of resistance and endurance training in persons with paraplegia. In *Med Sci Sports Exerc* (Vol. 41, pp. 992-997). United States.

- Jacobs, P. L., Mahoney, E. T., Cohn, K. A., Sheradsky, L. F., & Green, B. A. (2002). Oral creatine supplementation enhances upper extremity work capacity in persons with cervical-level spinal cord injury. In *Arch Phys Med Rehabil* (Vol. 83, pp. 19-23). United States.
- Javidan, A. N., Sabour, H., Latifi, S., Vafa, M., Shidfar, F., Khazaeipour, Z., Shahbazi, F., Rahimi, A., & Razavi, S. H. (2014). Calcium and vitamin D plasma concentration and nutritional intake status in patients with chronic spinal cord injury: A referral center report. *J Res Med Sci*, *19*(9), 881-884.
- Javierre, C., Vidal, J., Segura, R., Lizarraga, M. A., Medina, J., & Ventura, J. L. (2006). The effect of supplementation with n-3 fatty acids on the physical performance in subjects with spinal cord injury. *J Physiol Biochem*, *62*(4), 271-279.
- Jazayeri, S. B., Beygi, S., Shokraneh, F., Hagen, E. M., & Rahimi-Movaghar, V. (2015). Incidence of traumatic spinal cord injury worldwide: a systematic review. *Eur Spine J*, *24*(5), 905-918.
- Jones, S. W., Hill, R. J., Krasney, P. A., O'Conner, B., Peirce, N., & Greenhaff, P. L. (2004). Disuse atrophy and exercise rehabilitation in humans profoundly affects the expression of genes associated with the regulation of skeletal muscle mass. In *FASEB J* (Vol. 18, pp. 1025-1027). United States.
- Kendall, R. W., Jacquemin, G., Frost, R., & Burns, S. P. (2005). Creatine supplementation for weak muscles in persons with chronic tetraplegia: a randomized double-blind placebo-controlled crossover trial. *J Spinal Cord Med*, *28*(3), 208-213.
- Kilkens, O. J., Dallmeijer, A. J., Nene, A. V., Post, M. W., & van der Woude, L. H. (2005). The longitudinal relation between physical capacity and wheelchair skill performance during inpatient rehabilitation of people with spinal cord injury. In *Arch Phys Med Rehabil* (Vol. 86, pp. 1575-1581). United States.
- Kirby, R. L., Swuste, J., Dupuis, D. J., MacLeod, D. A., & Monroe, R. (2002). The Wheelchair Skills Test: a pilot study of a new outcome measure. *Arch Phys Med Rehabil*, *83*(1), 10-18.
- Kley, R. A., Tarnopolsky, M. A., & Vorgerd, M. (2013). Creatine for treating muscle disorders. *Cochrane Database Syst Rev*, *6*, CD004760.
- Koopman, R., Saris, W. H., Wagenmakers, A. J., & van Loon, L. J. (2007). Nutritional interventions to promote post-exercise muscle protein synthesis. In *Sports Med* (Vol. 37, pp. 895-906). New Zealand.
- Kressler, J., Burns, P. A., Betancourt, L., & Nash, M. S. (2014). Circuit training and protein supplementation in persons with chronic tetraplegia. *Med Sci Sports Exerc*, *46*(7), 1277-1284.
- Kurosawa, Y., Hamaoka, T., Katsumura, T., Kuwamori, M., Kimura, N., Sako, T., & Chance, B. (2003). Creatine supplementation enhances anaerobic ATP synthesis during a single 10 sec maximal handgrip exercise. *Mol Cell Biochem*, *244*(1-2), 105-112.
- Laughton, G. E., Buchholz, A. C., Martin Ginis, K. A., & Goy, R. E. (2009). Lowering body mass index cutoffs better identifies obese persons with spinal cord injury. In *Spinal Cord* (Vol. 47, pp. 757-762). England.
- Lee, H. J., Gong, H. S., Song, C. H., Lee, J. E., Lee, Y. H., & Baek, G. H. (2013). Evaluation of vitamin D level and grip strength recovery in women with a distal radius fracture. *J Hand Surg Am*, *38*(3), 519-525.
- Logan, V. F., Gray, A. R., Peddie, M. C., Harper, M. J., & Houghton, L. A. (2013). Long-term vitamin D3 supplementation is more effective than vitamin D2 in maintaining serum 25-hydroxyvitamin D status over the winter months. *Br J Nutr*, *109*(6), 1082-1088.
- Macdonald, H. M. (2013). Contributions of sunlight and diet to vitamin D status. *Calcif Tissue Int*, *92*(2), 163-176.
- Marques, C. G., Santos, V. C., Levada-Pires, A. C., Jacintho, T. M., Gorjao, R., Pithon-Curi, T. C., & Cury-Boaventura, M. F. (2015). Effects of DHA-rich fish oil supplementation on the

- lipid profile, markers of muscle damage, and neutrophil function in wheelchair basketball athletes before and after acute exercise. *Appl Physiol Nutr Metab*, 40(6), 596-604.
- Martins, F., Freitas, F., Martins, L., Dartigues, J. F., & Barat, M. (1998). Spinal cord injuries--epidemiology in Portugal's central region. *Spinal Cord*, 36(8), 574-578.
- McDonald, C., Bauer, J., & Capra, S. (2013). Omega-3 fatty acids and changes in LBM: alone or in synergy for better muscle health? *Can J Physiol Pharmacol*, 91(6), 459-468.
- Mendes, J., Azevedo, A., & Amaral, T. F. (2014). Handgrip strength at admission and time to discharge in medical and surgical inpatients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*, 38(4), 481-488.
- Moon, A., Heywood, L., Rutherford, S., & Cobbold, C. (2013). Creatine supplementation: can it improve quality of life in the elderly without associated resistance training? *Curr Aging Sci*, 6(3), 251-257.
- Muir, S. W., & Montero-Odasso, M. (2011). Effect of vitamin D supplementation on muscle strength, gait and balance in older adults: a systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc*, 59(12), 2291-2300.
- Nemunaitis, G. A., Mejia, M., Nagy, J. A., Johnson, T., Chae, J., & Roach, M. J. (2010). A descriptive study on vitamin D levels in individuals with spinal cord injury in an acute inpatient rehabilitation setting. In *PM R* (Vol. 2, pp. 202-208; quiz 228). United States.
- Norouzi Javidan, A., Sabour, H., Latifi, S., Abrishamkar, M., Soltani, Z., Shidfar, F., & Emami Razavi, H. (2014). Does consumption of polyunsaturated fatty acids influence on neurorehabilitation in traumatic spinal cord-injured individuals? A double-blinded clinical trial. *Spinal Cord*, 52(5), 378-382.
- Oleson, C. V., Patel, P. H., & Wuermser, L. A. (2010). Influence of season, ethnicity, and chronicity on vitamin D deficiency in traumatic spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*, 33(3), 202-213.
- Olsen, S., Aagaard, P., Kadi, F., Tufekovic, G., Verney, J., Olesen, J. L., Suetta, C., & Kjaer, M. (2006). Creatine supplementation augments the increase in satellite cell and myonuclei number in human skeletal muscle induced by strength training. In *J Physiol* (Vol. 573, pp. 525-534). England.
- Opperman, E. A., Buchholz, A. C., Darlington, G. A., & Martin Ginis, K. A. (2010). Dietary supplement use in the spinal cord injury population. In *Spinal Cord* (Vol. 48, pp. 60-64). England.
- Pasiakos, S. M., McLellan, T. M., & Lieberman, H. R. (2015). The effects of protein supplements on muscle mass, strength, and aerobic and anaerobic power in healthy adults: a systematic review. *Sports Med*, 45(1), 111-131.
- Pelletier, C. A., & Hicks, A. L. (2009). Muscle characteristics and fatigue properties after spinal cord injury. In *Crit Rev Biomed Eng* (Vol. 37, pp. 139-164). United States.
- Pellicane, A. J., Wysocki, N. M., & Schnitzer, T. J. (2010). Prevalence of 25-hydroxyvitamin D deficiency in the outpatient rehabilitation population. In *Am J Phys Med Rehabil* (Vol. 89, pp. 899-904). United States.
- Perret, C., Mueller, G., & Knecht, H. (2006a). Influence of creatine supplementation on 800 m wheelchair performance: a pilot study. *Spinal Cord*, 44(5), 275-279.
- Perret, C., Mueller, G., & Knecht, H. (2006b). Influence of creatine supplementation on 800 m wheelchair performance: a pilot study. In *Spinal Cord* (Vol. 44, pp. 275-279). England.
- Persky, A. M., & Brazeau, G. A. (2001). Clinical pharmacology of the dietary supplement creatine monohydrate. *Pharmacol Rev*, 53(2), 161-176.
- Phillips, S. M. (2009). Physiologic and molecular bases of muscle hypertrophy and atrophy: impact of resistance exercise on human skeletal muscle (protein and exercise dose effects). In *Appl Physiol Nutr Metab* (Vol. 34, pp. 403-410). Canada.

- Ramirez-Campillo, R., Castillo, A., de la Fuente, C. I., Campos-Jara, C., Andrade, D. C., Alvarez, C., Martinez, C., Castro-Sepulveda, M., Pereira, A., Marques, M. C., & Izquierdo, M. (2014). High-speed resistance training is more effective than low-speed resistance training to increase functional capacity and muscle performance in older women. *Exp Gerontol*, *58*, 51-57.
- Rana, P., Marwaha, R. K., Kumar, P., Narang, A., Devi, M. M., Tripathi, R. P., & Khushu, S. (2014). Effect of vitamin D supplementation on muscle energy phospho-metabolites: a ³¹P magnetic resonance spectroscopy-based pilot study. *Endocr Res*, *39*(4), 152-156.
- Ross, A. C., Manson, J. E., Abrams, S. A., Aloia, J. F., Brannon, P. M., Clinton, S. K., Durazo-Arvizu, R. A., Gallagher, J. C., Gallo, R. L., Jones, G., Kovacs, C. S., Mayne, S. T., Rosen, C. J., & Shapses, S. A. (2011). The 2011 report on dietary reference intakes for calcium and vitamin D from the Institute of Medicine: what clinicians need to know. In *J Clin Endocrinol Metab* (Vol. 96, pp. 53-58). United States.
- Santos, E. J., & Janeira, M. A. (2012). The effects of resistance training on explosive strength indicators in adolescent basketball players. *J Strength Cond Res*, *26*(10), 2641-2647.
- Serra-Ano, P., Pellicer-Chenoll, M., Garcia-Masso, X., Morales, J., Giner-Pascual, M., & Gonzalez, L. M. (2012). Effects of resistance training on strength, pain and shoulder functionality in paraplegics. In *Spinal Cord* (Vol. 50, pp. 827-831). England.
- Shah, P. K., Stevens, J. E., Gregory, C. M., Pathare, N. C., Jayaraman, A., Bickel, S. C., Bowden, M., Behrman, A. L., Walter, G. A., Dudley, G. A., & Vandenborne, K. (2006). Lower-extremity muscle cross-sectional area after incomplete spinal cord injury. In *Arch Phys Med Rehabil* (Vol. 87, pp. 772-778). United States.
- Shinchuk, L. M., & Holick, M. F. (2007). Vitamin d and rehabilitation: improving functional outcomes. In *Nutr Clin Pract* (Vol. 22, pp. 297-304). United States.
- Singh, A., Tetreault, L., Kalsi-Ryan, S., Nouri, A., & Fehlings, M. G. (2014). Global prevalence and incidence of traumatic spinal cord injury. In *Clin Epidemiol* (Vol. 6, pp. 309-331). New Zealand.
- Sisto, S. A., & Dyson-Hudson, T. (2007). Dynamometry testing in spinal cord injury. *J Rehabil Res Dev*, *44*(1), 123-136.
- Smith, E. M., Comiskey, C. M., & Carroll, A. M. (2009). A study of bone mineral density in adults with disability. In *Arch Phys Med Rehabil* (Vol. 90, pp. 1127-1135). United States.
- Spungen, A. M., Adkins, R. H., Stewart, C. A., Wang, J., Pierson, R. N., Jr., Waters, R. L., & Bauman, W. A. (2003). Factors influencing body composition in persons with spinal cord injury: a cross-sectional study. In *J Appl Physiol* (1985) (Vol. 95, pp. 2398-2407). United States.
- Spungen, A. M., Bauman, W. A., Wang, J., & Pierson, R. N., Jr. (1995). Measurement of body fat in individuals with tetraplegia: a comparison of eight clinical methods. *Paraplegia*, *33*(7), 402-408.
- Spungen, A. M., Wang, J., Pierson, R. N., Jr., & Bauman, W. A. (2000). Soft tissue body composition differences in monozygotic twins discordant for spinal cord injury. *J Appl Physiol* (1985), *88*(4), 1310-1315.
- Stastny, S. N., Christensen, B. K., Hilgers Greterman, S., Okamatsu, H., Manikowske, T. L., Youd, L., Champa, J., & Original, L. (2015). The effect of creatine supplementation with milk combined with resistance training on strength and power in women. *Gazzetta medica italiana, archivio per le scienze mediche.*, *174*(5), 209-224.
- Steeves, J. D., Lammertse, D. P., Kramer, J. L., Kleitman, N., Kalsi-Ryan, S., Jones, L., Curt, A., Blight, A. R., & Anderson, K. D. (2012). Outcome Measures for Acute/Subacute Cervical Sensorimotor Complete (AIS-A) Spinal Cord Injury During a Phase 2 Clinical Trial. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*, *18*(1), 1-14.

- Stewart, A., Marfell-Jones, M., & International Society for Advancement of, K. (2011). *International standards for anthropometric assessment*. Lower Hutt, New Zealand: International Society for the Advancement of Kinanthropometry.
- Stockton, K. A., Mengersen, K., Paratz, J. D., Kandiah, D., & Bennell, K. L. (2011). Effect of vitamin D supplementation on muscle strength: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporos Int*, 22(3), 859-871.
- Tarnopolsky, M. A., Mahoney, D. J., Vajsar, J., Rodriguez, C., Doherty, T. J., Roy, B. D., & Biggar, D. (2004). Creatine monohydrate enhances strength and body composition in Duchenne muscular dystrophy. *Neurology*, 62(10), 1771-1777.
- Terjung, R. L., Clarkson, P., Eichner, E. R., Greenhaff, P. L., Hespel, P. J., Israel, R. G., Kraemer, W. J., Meyer, R. A., Spriet, L. L., Tarnopolsky, M. A., Wagenmakers, A. J., & Williams, M. H. (2000). American College of Sports Medicine roundtable. The physiological and health effects of oral creatine supplementation. *Med Sci Sports Exerc*, 32(3), 706-717.
- Thomas, C. K., Bakels, R., Klein, C. S., & Zijdwind, I. (2014). Human spinal cord injury: motor unit properties and behaviour. *Acta Physiol (Oxf)*, 210(1), 5-19.
- Tipton, K. D. (2010). Nutrition for acute exercise-induced injuries. In *Ann Nutr Metab* (Vol. 57 Suppl 2, pp. 43-53). Switzerland.
- Tipton, K. D., & Phillips, S. M. (2013). Dietary protein for muscle hypertrophy. *Nestle Nutr Inst Workshop Ser*, 76, 73-84.
- Tomlinson, P. B., Joseph, C., & Angioi, M. (2014). Effects of vitamin D supplementation on upper and lower body muscle strength levels in healthy individuals. A systematic review with meta-analysis. *J Sci Med Sport*.
- Turbanski, S., & Schmidtbleicher, D. (2010). Effects of heavy resistance training on strength and power in upper extremities in wheelchair athletes. *J Strength Cond Res*, 24(1), 8-16.
- van den Berg, M. E., Castellote, J. M., Mahillo-Fernandez, I., & de Pedro-Cuesta, J. (2010). Incidence of spinal cord injury worldwide: a systematic review. In *Neuroepidemiology* (Vol. 34, pp. 184-192; discussion 192). Switzerland.
- von Hurst, P. R., Conlon, C., & Foskett, A. (2013). Vitamin D status predicts hand-grip strength in young adult women living in Auckland, New Zealand. *J Steroid Biochem Mol Biol*, 136, 330-332.
- Walters, J. L., Buchholz, A. C., & Martin Ginis, K. A. (2009). Evidence of dietary inadequacy in adults with chronic spinal cord injury. In *Spinal Cord* (Vol. 47, pp. 318-322). England.
- Willoughby, D. S., & Rosene, J. (2001). Effects of oral creatine and resistance training on myosin heavy chain expression. *Med Sci Sports Exerc*, 33(10), 1674-1681.
- Wong, S., Graham, A., Green, D., Hirani, S. P., & Forbes, A. (2013). Nutritional supplement usage in patients admitted to a spinal cord injury center. In *J Spinal Cord Med* (Vol. 36, pp. 645-651). England.
- Wong, S. S. H., Gainullina, I., Moore, V., Graham, A., & Forbes, A. (2013). PP169-SUN THE PREVALENCE OF VITAMIN D DEFICIENCY IN SPINAL CORD INJURIES PATIENTS. *Clinical Nutrition*, 32, S86.
- Wyon, M. A., Koutedakis, Y., Wolman, R., Nevill, A. M., & Allen, N. (2014). The influence of winter vitamin D supplementation on muscle function and injury occurrence in elite ballet dancers: a controlled study. *J Sci Med Sport*, 17(1), 8-12.