



ISPA
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
CIÊNCIAS PSICOLÓGICAS, SOCIAIS E DA VIDA

SAÚDE DIGITAL PARA A GESTÃO DE PESO: INVESTIGAÇÃO DOS MECANISMOS
PSICOLÓGICOS BASEADOS NA TEORIA ENVOLVIDOS NO IMPACTO DE UMA
INTERVENÇÃO DIGITAL NA ATIVIDADE FÍSICA

Jorge Encantado

Tese submetida como requisito parcial para obtenção de Doutorado em Psicologia | Área
de Especialidade de Psicologia da Saúde

2021



ISPA
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
CIÊNCIAS PSICOLÓGICAS, SOCIAIS E DA VIDA

SAÚDE DIGITAL PARA A GESTÃO DE PESO: INVESTIGAÇÃO DOS MECANISMOS
PSICOLÓGICOS BASEADOS NA TEORIA ENVOLVIDOS NO IMPACTO DE UMA
INTERVENÇÃO DIGITAL NA ATIVIDADE FÍSICA

Jorge Encantado

Tese orientada por

Prof^ª. Doutora Maria João Gouveia (ISPA – Instituto Universitário)

Prof^ª. Doutora Marta Moreira Marques (Trinity College Dublin, Ireland)

Prof. Doutor António Labisa Palmeira (CIDEFES, Universidade Lusófona, Lisboa, Portugal)

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutoramento em Psicologia | Área de Especialidade de Psicologia da Saúde

2021

2021

Tese apresentada para cumprimento dos requisitos
necessários à obtenção do grau de Doutor em Psicologia,
Área de Especialidade de Psicologia da Saúde
apresentada no ISPA - Instituto Universitário no ano de 2021
Apoio Bolsa de Estudo: ISPA – Instituto Universitário

*Hoje sei que tu és o meu Porto de Abrigo.
O que ainda não sei é se sou eu uma Caravela
pronta a içar velas rumo a um horizonte de
aventuras e desafios desconhecidos; ou se sou
uma gaivota que alto voa com os ventos, mas
apraz-se grato e humildemente nos deleites dos
sentidos e do convívio dos seus conspécíficos.*

Agradecimentos

O meu enorme obrigado a todos que me acompanharam neste longo e desafiante processo. Não é traduzível em palavras toda a gratidão que sinto na conclusão deste trabalho, que apesar de árduo e, em muitos momentos, frustrante, nunca estive sozinho em nenhum momento.

A tantos tenho de agradecer. Um especial obrigado aos meus orientadores. A Professora Maria João por ser um exemplo e uma inspiração logo no início da minha jornada. Ao Professor António por ser um modelo de profissionalismo e excelência nesta fase mais recente da minha carreira. À Professora Marta que esteve sempre comigo desde o início e acompanhou todo o meu crescimento e que sem a sua orientação e apoio eu não estaria a concluir esta etapa tão determinante na minha vida. Obrigado por terem acreditado nas minhas capacidades e pelo suporte fundamental em todo o processo

Aos meus colegas PANOs que sempre me apoiaram também. Muitas conversas e discussões e peripécias que ficam para sempre. Um obrigado especial ao Bruno e à Inês que mais de perto acompanharam este meu processo e que muita paciência tiveram para atender às minhas dúvidas e frustrações típicas deste processo.

À minha família por me ter dado oportunidade de seguir por este caminho. Aos meus sogros pelo exemplo, pelo apoio, e pela estrutura que me permitiram crescer e superar cada desafio com confiança. Um obrigado aos meus pais pela sua orientação intuitiva, que mesmo na sua experiência de vida difícil conseguiram passar-me um ideal de bondade que sempre levarei comigo.

Ao meu amor. Para nós esta é só mais uma etapa. O nosso caminho é mais longo e permanente e diverso. Tudo o resto é frágil.

Palavras-chave:

Atividade Física; Intervenção Digital; Autorregulação; Motivação

Key words:

Physical Activity; Digital Intervention; Self-Regulation; Motivation

Categorias de Classificação da tese:

2300 Human Experimental Psychology

2340 Cognitive Processes

2360 Motivation & Emotion

3300 Health & Mental Health Treatment & Prevention

3310 Psychotherapy & Psychotherapeutic Counseling

3312 Behavior Therapy & Behavior Modification

3360 Health Psychology & Medicine

3365 Promotion & Maintenance of Health & Wellness

Resumo

A maioria dos adultos tende a recuperar o peso perdido ao fim de um ano, anulando os efeitos positivos da perda inicial (Avenell et al., 2004). A manutenção da perda de peso requer alterações comportamentais sustentadas como a prática regular de atividade física (Butryn et al., 2021; Reiner et al., 2013). As tecnologias digitais, como aplicações para telemóvel, constituem uma alternativa de intervenção para a promoção da gestão de peso com elevada escalabilidade e custo-benefício (Arigo et al., 2019; Wadden et al., 2020). As intervenções digitais são intervenções que utilizam estas novas tecnologias como meio facilitador da promoção da mudança de comportamentos com impacto na saúde (Michie & West, 2016).

Para desenvolvermos intervenções mais eficazes, é necessário investigar minuciosamente quais os mecanismos de ação psicológicos que promovem a mudança e como o fazem (Arigo et al., 2019). No entanto, até ao momento, poucas intervenções de manutenção do peso perdido que promovem a atividade física reportam uma base teórica clara (i.e., um modelo lógico) baseado em teorias de mudança de comportamento. Neste contexto, o presente doutoramento elaborou três estudos que interligam: i) identificação dos componentes de intervenção usados em intervenções digitais e mapeamento das suas ligações (técnicas de mudança comportamental, dose, modo de entrega, personalização); ii) desenvolvimento de um questionário sobre o Conteúdo dos Objetivos para a gestão de peso, constructo conceptualizado na Teoria da Auto-determinação (Ryan & Deci, 2017); e iii) testagem de um modelo lógico elaborado no âmbito do estudo europeu NoHoW (M. M. Marques et al., 2020; Scott et al., 2019) que hipotetiza o impacto de uma intervenção digital nos mecanismos de ação psicológicos motivacionais e autorregulatórios, explorando assim como essas influências preveem os níveis de atividade física em adultos que tentam manter a perda de peso.

Quanto à revisão da literatura realizada no primeiro estudo, encontrámos uma falha na sistematização do reporte de informações nos artigos que descrevem intervenções digitais, especialmente nas informações sobre as ligações entre as técnicas usadas e os outros componentes centrais da intervenção. Este facto pode dificultar a comparabilidade entre intervenções digitais e limita a interpretação dos seus resultados pois desta forma não sabemos com clareza que fatores contribuíram para o (in)sucesso da intervenção.

Quanto ao terceiro estudo, o modelo lógico explicou uma pequena parte da variação nas mudanças pós-intervenção na atividade física. Encontrámos diferentes vias de influência nos mecanismos baseados na teoria, mas evidências limitadas de que estas relações entre os construtos impactam na mudança real de comportamento. Ao longo desse processo, um novo instrumento foi desenvolvido (estudo dois) para avaliar o conteúdo dos objetivos para a gestão de peso (i.e., intrínsecos ou extrínsecos) sendo que as propriedades psicométricas foram testadas e confirmadas, suportando a fiabilidade e a invariância multi-grupo da estrutura proposta de quatro fatores.

Com este projeto foram identificadas lacunas na literatura sobre intervenções digitais de manutenção da perda de peso com promoção de atividade física. As conclusões apresentadas neste projeto são um passo importante para o desenvolvimento do processo de entendimento do que funciona ou não, como funciona e porquê. São necessárias novas abordagens para a padronização do reporte de informações sobre os componentes das intervenções digitais utilizando as recentes ontologias desenvolvidas, e também para a testagem das relações entre os mecanismos de ação e a atividade física. Várias alternativas são sugeridas e discutidas.

Abstract

Most adults tend to regain the weight loss after one year, canceling out the positive effects of the initial loss (Avenell et al., 2004). Maintaining weight loss requires sustained behavioral changes such as regular physical activity (Butryn et al., 2021; Reiner et al., 2013). To promote weight management, digital technologies, such as applications, are an alternative with high scalability and cost-benefit (Arigo et al., 2019; Wadden et al., 2020). Digital interventions are interventions that use these digital technologies as a means of facilitating the promotion of behavior change with an impact on health (West & Michie, 2016).

In order to develop more effective interventions, it is necessary to thoroughly investigate which psychological mechanisms of action promote change and how (Arigo et al., 2019). However, to date, few weight loss maintenance interventions that promote physical activity report a clear intervention design based on behavior change theories. In this context, the present doctorate has prepared three interrelated studies: i) the identification of the intervention components that are used in digital interventions and the mapping of their links (behavioral change techniques, dose, mode of delivery); ii) the development of a questionnaire to assess the goal contents for weight management based on the Self-determination Theory (Ryan & Deci, 2017); and iii) testing a logic model conceptualized in the context of the European study NoHoW (M. M. Marques et al., 2020; Scott et al., 2019) that hypothesizes the impact of a digital intervention on the motivational and self-regulatory mechanisms of action and explore how these influences predict the levels of physical activity in adults who try to maintain weight loss.

As for the literature review conducted in the first study, we found flaws in the systematization of reporting information in articles that describe digital interventions, especially in information about the links between the techniques used and the other core components of the intervention. This fact can make comparability between digital interventions difficult and limits the interpretation of its results, as we do not know what factors contributed to the (in)success of the intervention.

As for the third study, the logical model explained a small part of the variation in post-intervention changes in physical activity. We found different paths of influence on theory-driven mechanisms but limited evidence that these constructs impact on actual behavior change. Throughout this process, a new instrument was developed (study two) to assess the goal contents for weight management (i.e., intrinsic or extrinsic) and the psychometric properties were tested and confirmed, supporting the reliability and the multi-group invariance of the proposed four-factor structure.

With this project, gaps were identified in the literature on digital interventions to maintain weight loss with the promotion of physical activity. The conclusions presented in this project are an important step forward in the development of the process of understanding what works and what does not, how it works and why. New approaches are needed to standardize the reporting of information on the components of digital interventions using the recent developed ontologies, and also to test the relationships between the mechanisms of action and physical activity. Several alternatives are suggested and discussed.

Índice

Introdução	1
O problema do Excesso de Peso e da Obesidade	1
O desafio da Manutenção do Peso Perdido	3
O papel da Atividade Física na Gestão de Peso	3
A Abordagem Comportamental para a Manutenção do Peso Perdido	5
A importância da Teoria para a Mudança do Comportamento	6
Definindo o Conteúdo das Intervenções	8
A importância do reporte da informação	10
Teorias de mudança comportamental e gestão do peso a longo prazo	14
A Teoria da Autodeterminação	15
A Autorregulação Comportamental	19
As Intervenções Digitais	23
O estudo <i>NoHoW - Navigating to a Healthy Weight</i>	26
Objetivos da Tese: O que propomos investigar	29
Estrutura da Tese	31
Secção Empírica	32
Estudo #1	33
Estudo #2	60
Estudo #3	91
Discussão	120
Considerações Finais	130
Referências	134

Lista de Tabelas

Artigo #1

Tabela 1 Study characteristics	43
--------------------------------------	----

Artigo #2

Tabela 1 Goodness-of-fit indices of the CFA model	71
---	----

Tabela 2 Confirmatory factor analysis factor loadings.....	73
--	----

Tabela 3 Cronbach's Alpha, Spearman's Correlations, and Factorial Validity.....	74
---	----

Tabela 4 Correlations between motivational variables	75
--	----

Tabela 5 Scale invariance analysis	77
--	----

Artigo #3

Tabela 1 Participants' characteristics for the included subsample	100
---	-----

Tabela 2 Model fit indices	101
----------------------------------	-----

Tabela 3 Results of serial mediation model.....	103
---	-----

Lista de Figuras

Introdução

Figura 1 Ilustração de um modelo de um mecanismo de ação 13

Figura 2 Desenho fatorial do estudo NoHoW.....28

Artigo #1

Figura 1 Prisma flowchart42

Figura 2 Intervention components linkage.....47

Artigo #2

Figura 1 Goal content for weight maintenance scale factor structure.....72

Artigo #3

Figura 1 NoHoW Trial (Arm 2) Logic Model99

Lista de Anexos

Anexo 1: Dispositivo de monitorização da atividade Fitbit Charge 2

Anexo 2: Escala Validada: Goal Content for Weight Maintenance Scale

Introdução

O problema do Excesso de Peso e da Obesidade

O controlo do excesso de peso e a obesidade são um dos maiores desafios para a saúde pública (World Health Organization, 2020b), dado o seu carácter sistémico e multidimensional que abarca toda a complexidade bio-psico-social da condição humana (Castelnuovo et al., 2017; Heitmann et al., 2012). Salientando a pertinência atual da temática na sua dimensão psicológica, foi mesmo recentemente dedicada uma edição especial na revista *American Psychologist* intitulada: “*Obesity: Psychosocial and behavioral aspects of a modern epidemic*” (Sarwer & Grilo, 2020). Nesta edição encontramos variadas abordagens ao estudo da dimensão psicológica da obesidade, desde o impacto do estigma (Puhl et al., 2020) ao potencial das abordagens de intervenção comportamental para promoção a mudança de estilos de vida (Wadden et al., 2020).

Na Europa a prevalência de excesso de peso e de obesidade na população adulta é considerada elevada, tendo sido recentemente estimada em 53.1% num inquérito que envolveu quase 35 mil cidadãos de 20 países europeus (A. Marques et al., 2018). Em Portugal, a prevalência nacional de excesso de peso foi estimada em 38.9% (IC 95%: 36.9 a 41.1) e a prevalência de obesidade foi de 28.7% (IC 95%: 26.8 a 30.6) segundo medições diretas aquando do 1º Inquérito Nacional de Saúde com Exame Físico realizado em 2015 (Gaio et al., 2018).

A evidência é robusta na verificação de uma tendência de associação entre o excesso de peso e o desenvolvimento de doenças crónicas. Abdelaal e colegas (2017) indicam, no seu estudo de revisão, 13 domínios de saúde específicos cujo desenvolvimento está associado com a obesidade e que explicam uma maior probabilidade de morbilidade e mortalidade. Como principais exemplos surgem a diabetes, a síndrome de hipoventilação-obesidade, as complicações severas em órgãos cruciais (fígado, rins, estômago), as doenças cardiovasculares e o cancro (Sung et al., 2019). De facto, se observarmos as 10 maiores causas de morte a nível mundial verificamos a presença de doenças relacionadas precisamente com estas condições clínicas agravadas pela obesidade: doenças cardiovasculares (cardiopatia isquémica e acidente vascular cerebral), doença pulmonar obstrutiva crónica, cancro, e a diabetes (World Health Organization, 2019). Mais recentemente, neste último ano em que assistimos a uma pandemia sem precedentes, a literatura já publicada até ao momento sugere que a presença de obesidade triplica o risco de desenvolvimento de doença severa (Gao et al., 2020), aumentando por consequência o risco de mortalidade por infeção da recente doença COVID-19 nos pacientes com obesidade (Hussain et al., 2020).

Por outro lado, a elevada incidência de doenças provocadas ou agravadas pela obesidade e o seu tratamento, muitas vezes prolongado, acabam por comportar elevados custos para os sistemas nacionais de saúde (James & McPherson, 2017; Tremmel et al., 2017). A ilustrar esta realidade, num estudo publicado na revista *The Lancet* em 2012, ao se considerarem todos os fatores de risco relacionados com a obesidade, os autores indicam que um índice de massa corporal acima do nível 23 está estimado como sendo o 11º fator entre os mais onerosos da sociedade global (Lim et al., 2012). Além disso, há ainda que contabilizar as ramificações do problema da obesidade, incluindo consequências indiretas relacionadas como a reforma antecipada, decréscimo da eficiência no trabalho e das perspectivas de promoção profissional (Dee et al., 2014). Um importante relatório do *Global McKinsey Institute* (Dobbs et al., 2014) que mobilizou dezenas de especialistas mundialmente estimou em 2014 que só no Reino Unido um extenso programa de intervenção anti-obesidade poderia poupar ao Sistema Nacional de Saúde daquele país cerca de 1.2 mil milhões de dólares anuais. Ademais, nesse relatório, utilizando dados da Organização Mundial de Saúde, os autores estimaram um custo global da obesidade de 2 triliões de dólares anuais, ou seja, 2.8 por cento do PIB mundial à data.

Num relatório à escala mundial produzido recentemente pela comissão da revista *The Lancet* (Swinburn et al., 2019), os autores contextualizam que a obesidade é uma das três epidemias do século XXI, a par da desnutrição e das alterações climáticas, que na sua conjugação produzem um efeito de “sindemia”, isto é, uma sinergia de epidemias, que afetará toda a população mundial em todos os países, alertando mesmo os autores que: “*This Commission recommends comprehensive actions to address obesity within the context of The Global Syndemic, which represents the paramount health challenge for humans, the environment, and our planet in the 21st century*” (Swinburn et al., 2019, p. 1). A este panorama “sindémico” juntou-se mais recentemente o flagelo da uma quarta epidemia, a doença infecciosa COVID-19, agravada na presença de excesso de peso ou obesidade (Hussain et al., 2020).

Assistimos assim a uma mobilização por parte dos maiores especialistas mundiais, no sentido do envolvimento de toda a comunidade, científica, política, social, num esforço global e urgente de políticas preventivas de modo a inverter a tendência global de aumento da incidência e prevalência de casos de excesso de peso e obesidade (James & McPherson, 2017; Shekar & Popkin, 2020). Alguns autores defendem mesmo uma agenda da Psicologia da Saúde para a área da manutenção do peso perdido (Sniehotta et al., 2014).

Com efeito, Sniehotta e colegas publicaram em 2014 um editorial na revista científica “*British Journal of Social Psychology*” proclamando uma necessidade urgente de intervenções custo-efetivas de promoção da manutenção do peso perdido. Referem mesmo ser esta uma oportunidade importante para as disciplinas da Psicologia da Saúde e da Medicina Comportamental, contribuindo tanto com o conhecimento teórico como com técnicas de mudança comportamental sistematizadas, mas também com a *expertise* no desenvolvimento de intervenções complexas (Sniehotta et al., 2014). Por outro lado, os autores referem também que os esforços de investigação nesta área poderão levar a avanços significativos na teoria e nos métodos de desenvolvimento e de avaliação de intervenções não só de manutenção do peso perdido, mas para a mudança comportamental em geral.

O desafio da Manutenção do Peso Perdido

De facto, este é um problema identificado por uma parte importante da população já que cerca de 42% dos adultos reportam estar a tentar perder peso e 23% reporta estar a tentar manter o peso (Santos, Sniehotta, et al., 2017). No entanto, podemos rever na literatura dedicada que a gestão do peso é difícil, sendo que a maioria dos adultos que são bem sucedidos na perda de peso tendem a reganhá-lo em apenas um ano (Butryn et al., 2011; Evans et al., 2019; Johns et al., 2015; L. G. Ogden et al., 2012).

Por sua vez em Portugal, no âmbito do Registo Nacional de Controlo de Peso, Santos e colegas (2017), investigaram as características dos portugueses que conseguiram perder, em média, 19% do seu peso inicial e que, em média, mantiveram essa perda durante 28 meses. Neste estudo, Santos e colegas identificaram que estes indivíduos mantinham estratégias comportamentais ao nível da alimentação cumprindo as recomendações internacionais de distribuição de macronutrientes (Donnelly et al., 2009; Institute of Medicine, 2005), e sobretudo mantinham uma prática de atividade física moderada/vigorosa combinada de 284 minutos por semana, cumprindo as recomendações internacionais (Donnelly et al., 2009).

O papel da Atividade Física na Gestão de Peso

A atividade física é definida como qualquer movimento do corpo produzido pelos músculos esqueléticos e que resulta num dispêndio energético acima do dispêndio energético em repouso, caracterizado pela sua modalidade, frequência, intensidade, duração, e contexto de prática (Caspersen et al., 1985). As mais recentes diretrizes mundiais definidas pela

Organização Mundial de Saúde para adultos (dos 18 ao 64 anos) são 150 a 300 minutos semanais de atividades físicas de intensidade moderada ou 75 a 150 minutos de atividades físicas de intensidade vigorosa, ou qualquer combinação equivalente das duas intensidades (Bull et al., 2020). Desta forma podemos definir que inatividade física é o não cumprimento por parte do individuo destas orientações (Thivel et al., 2018).

Há muito que está identificado que a inatividade física é um importante problema de saúde pública dos tempos modernos, na medida em que é um dos fatores fundamentais para o desenvolvimento de doenças crónicas (Bull & Bauman, 2011; Kohl et al., 2012). De acordo com Ding e colaboradores (2016) as mortes relacionadas com a inatividade física contribuíram para 13.7 mil milhões de dólares em perdas de produtividade, e foi responsável por 13.4 milhões de “*disability-adjusted life-years*”, uma medida que estima o impacto negativo que estas doenças provocam ao longo dos anos de vida. Mais especificamente para Portugal, o custo direto da inatividade física estimado neste estudo só no ano de 2013 ronda os 256 milhões de dólares, tendo sido os custos indiretos estimados em cerca de 70 milhões de dólares.

Por seu turno, a Organização Mundial de Saúde estima que 1 em cada 4 adultos não é suficientemente ativo e 39% têm excesso de peso ou obesidade (World Health Organization, 2018b, 2020c). E no que diz respeito à gestão de peso, na literatura especializada há evidência robusta de que uma abordagem comportamental eficaz para a mitigação do problema do excesso de peso incide na promoção da atividade física (L. G. Ogden et al., 2012; Paixão et al., 2020; Santos, Sniehotta, et al., 2017; Varkevisser et al., 2019). Efetivamente, ao longo das últimas décadas vários estudos de revisão concluíram que a promoção da atividade física pode contribuir significativamente para a resolução do problema global do excesso de peso e obesidade em particular, e de uma alargada coleção de doença crónicas no geral (Reiner et al., 2013; Saint-Maurice et al., 2019). Precisamente neste sentido a iniciativa *Exercise Is Medicine* tem-se revelado um dos movimentos à escala mundial mais importantes para a sensibilização e mobilização das várias comunidades de especialistas, políticos, e profissionais de saúde para a importância da promoção atividade física devido ao seu impacto benéfico na saúde à escala populacional (Pedersen & Saltin, 2015; Reiner et al., 2013). Neste sentido, Garry Egger e colegas (2009) defendiam já na primeira década deste século a emergência de uma medicina do estilo de vida como uma abordagem estruturada para a gestão das doenças crónicas referindo muito claramente que: “*exercise and nutrition are the penicillin of lifestyle medicine; psychology the “syringe” through which these are delivered, currently in conjunction with*

specialists in each area” (p. 144). Esta abordagem comportamental (mais adiante descrita em detalhe) permite assim num contexto multidisciplinar preencher as lacunas das atuais práticas clínicas convencionais, já que a complementa com competências efetivas para a promoção de estilos de vida mais saudáveis.

Um bom exemplo em Portugal desta abordagem, é a iniciativa da Direção Geral de Saúde, mais especificamente da equipa atualmente responsável pelo Programa Nacional para a Promoção da Atividade Física, de testar uma intervenção piloto de aconselhamento breve para a atividade física no sistema nacional de saúde. Nesta iniciativa, o profissional de saúde promove a atividade física dos utentes em consulta nos cuidados de saúde primários, dotado de técnicas e recursos baseados na evidência que incidem precisamente na motivação do utente e nas suas capacidades autorregulatórias (para mais informações: <https://www.dgs.pt/programa-nacional-para-a-promocao-da-atividade-fisica.aspx>; um acesso direto ao manual de aconselhamento breve: <shorturl.at/kstZ7>). Estas são iniciativas muito pertinentes e estruturais que incidem nos próprios sistemas de saúde e capacitam os seus profissionais para dar resposta a esta crise de saúde pública, sendo o seu contributo bem reconhecido pela Organização Mundial de Saúde (World Health Organization, 2018a).

A Abordagem Comportamental para a Manutenção do Peso Perdido

Para reduzir a elevada prevalência da obesidade e do excesso de peso e promover a gestão de peso sustentada, a abordagem comportamental surge como uma das respostas mais promissoras. De facto, Dombrowski e colegas (2014) num trabalho de revisão sistemática com procedimento meta-analítico reviram 15 intervenções comportamentais (alimentação e exercício) de suporte à manutenção de peso perdido (compreendendo no total 25 comparações e 2949 indivíduos) e verificaram uma diferença média de -1.56 quilogramas (IC 95% -2.27 a -.086 kgs) no reganho de peso quando comparado com o grupo de controlo num período de 12 meses (Dombrowski et al., 2014). Os autores analisaram também sete estudos com resultados a 18 meses (13 comparações) e descobriram uma diferença média global de mudança de peso de menos 1.96 quilogramas (IC 95% -2.73 a -1.20) em relação ao grupo de controlo. Destes estudos, só dois reportaram resultados a 24 e 30 meses, verificando-se uma manutenção da significância da mudança de peso aos 24 (diferença de -1.48 kgs; IC 95% -2.27 a -.69) mas não aos 30 meses (diferença de -.85 kgs; IC 95% -1.81 a 0.11). Num estudo mais recente, Butryn et al. (2021) testaram uma intervenção comportamental de manutenção do peso perdido em que

os participantes com > 250 minutos/semana de atividade física moderada-a-vigorosa (perda de 14% a 12 meses e de 16% a 18 meses) conseguiram perdas de peso maiores a longo prazo do que os participantes com < 150 minutos/semana de atividade física moderada-a-vigorosa (perdas de 10.9% a 12 meses e de 9.3% a 18 meses).

A importância da Teoria para a Mudança do Comportamento

Há hoje acordo entre os especialistas na Psicologia da Saúde e Ciência Comportamental que as intervenções comportamentais são otimizadas quando baseadas e informadas pela teoria (Bartholomew et al., 2016; Michie, van Stralen, et al., 2011; Skivington et al., 2018). Analisando uma revisão de revisões sistemáticas dedicadas a intervenções de mudança de comportamento de saúde, verificamos que existe alguma tendência para maior eficácia das intervenções para promoção de atividade física e/ou comportamento alimentar quando baseadas na *Control Theory* ou na *Self-determination Theory* (Dalgetty et al., 2019), isto é, quando há um entendimento conceptual do comportamento e do processo de mudança suportado num modelo lógico (Byrne, 2020; Teixeira & Marques, 2017). No mesmo sentido Gourlan e colegas (2016) reviram 77 estudos de controlo aleatório de promoção da atividade física e os seus resultados indicam que as intervenções que se basearam no *Transtheoretical Model*, na *Social Cognitive Theory*, *Theory of Planned Behaviour*, *Self-Determination Theory*, e *Protection Motivation Theory* demonstraram-se eficazes, atingindo uma magnitude de efeito pequena a média no comportamento de atividade física (Cohen's $d = .31$).

No entanto, alguns investigadores têm alertado para alguns resultados ambíguos (Dalgetty et al., 2019; Prestwich et al., 2014). Este facto pode dever-se a diversos fenómenos: um significativo número de intervenções não são efetivamente baseados na teoria ou aquelas que o são têm tendência para a não aplicar extensivamente; os grupos de intervenção e grupos de comparação podem estar mal descritos; ou as intervenções podem ser baseadas em múltiplas teorias (Prestwich et al., 2015). Por exemplo, Prestwich e colegas (2014), na sua revisão de estudos com foco na atividade física e comportamento alimentar, identificaram que 90% dos destes estudos supostamente baseados na teoria não identificaram os construtos teóricos que foram o alvo das técnicas de mudança comportamental, não sendo claro o porquê da inclusão de determinadas técnicas. Os autores identificaram ainda o uso de técnicas que não são congruentes com a teoria que sustentou a intervenção, ou que alguns estudos fracionaram uma

teoria, deixando de fora da intervenção alguns construtos importantes para o funcionamento dessa teoria como um todo.

Outro aspeto fundamental é o elevado número de teorias comportamentais e construtos relacionados, que muitas vezes sofrem de sobreposição na sua conceptualização. Para uma noção mais factual, um painel de especialistas liderado pela investigadora Susan Michie (2014) identificou e sistematizou num livro-compêndio (*ABC of Behaviour Change Theories*) um total de 83 teorias formais incluindo mais de 1700 construtos teóricos relevantes. Apesar de enriquecedora (J. Ogden, 2016), esta diversidade de teorias, conceitos e inerentes relações torna complexo e difícil o trabalho dos investigadores aquando o desenho de intervenções, que têm de tomar decisões sobre que conteúdos incluir (Hekler et al., 2016; O’Cathain et al., 2019; Skivington et al., 2018). Torna-se ainda mais complexo quando as intervenções implicam o impacto em diversos comportamentos (Geller et al., 2017), como a atividade física e a alimentação no caso concreto da gestão de peso (Teixeira & Marques, 2017). Numa perspetiva de dar estrutura e orientação aos investigadores para o desenho de intervenções nesta complexidade teórica, várias iniciativas importantes surgiram nos últimos anos como a *Intervention Mapping Protocol* (Bartholomew et al., 2016; Kok et al., 2016), ou o *Theoretical Domains Framework* (Cane et al., 2012). Outros instrumentos importantes surgiram também para a avaliação do uso das teorias e comparação de intervenções como o *Theory Coding Scheme* (Michie & Prestwich, 2010).

Por outro lado, a subjetividade inerente aos construtos psicológicos leva a uma necessidade de sistematizar as teorias numa linguagem formal, os determinantes e técnicas de promoção desses mecanismos psicológicos (West et al., 2019). Mais recentemente, os investigadores têm avançado com a identificação e catalogação de informação sobre os componentes e mecanismos de mudança comportamental desenvolvendo complexas e extensas taxonomias e ontologias validadas por painéis de especialistas. No entanto, para atingir este objetivo será necessário uniformizar a linguagem e interpretação entre investigadores, não só quanto às teorias, mas também relativamente a todos os conteúdos que são mobilizados no desenho e implementação de intervenções comportamentais (Marshall et al., 2020). Assim, alicerçada nesta ideia a equipa de Michie, sediada no conceituado *University College of London*, está focada no desenvolvimento de ontologias para as intervenções de mudança comportamental e os seus vários componentes.

Algumas publicações recentes denotam já estes esforços. Por exemplo, Rachel Carey e colegas (2019) codificaram no seu artigo de síntese as ligações entre técnicas de mudança

comportamental e os mecanismos de ação identificadas em 277 artigos de intervenção. Neste estudo os autores identificaram 2636 ligações técnica-mecanismo entre 70 técnicas e 25 mecanismos, mas só 87 ligações cumpriram o critério de significância estatística. Como exemplo, as técnicas de mudança comportamental de definição de objetivos de comportamento) e de planeamento da ação mostraram uma ligação significativa com o mecanismo de ação de regulação comportamental ($p = .003$ e $p = .01$, respetivamente).

Definindo o Conteúdo das Intervenções

Estas iniciativas de mapeamento de construtos e suas relações e de uniformização da linguagem surgem também numa tentativa de minimizar o problema da fraca qualidade do reporte por parte dos investigadores do conteúdo ativo das suas intervenções. Além disso, havia sido já identificado na literatura da mudança comportamental em geral mas também especificamente para a gestão de peso, uma heterogeneidade quanto aos resultados reportados ou até nos instrumentos de avaliação utilizados, que não permite uma correta comparação entre estudos (Byrne, 2020; Samdal et al., 2017; Willmott et al., 2019a). De facto, a acumulação de evidência que permite depois o desenvolvimento de intervenções mais eficazes depende muito da capacidade de se especificar com rigor e fidedignidade os detalhes do conteúdo das intervenções que constroem esta evidência (Michie, Ashford, et al., 2011).

Assim, neste contexto, Michie e colegas (Michie, Ashford, et al., 2011) desenvolveram uma primeira tentativa de se chegar a um consenso mundial para a definição de uma unidade mínima de aplicação ao nível da intervenção - a técnica de mudança comportamental - que fosse utilizada entre investigadores de todo o mundo de forma inequívoca, padronizada, e não redundante, criando uma taxonomia para promoção da atividade física e alimentação saudável, a *CALO-RE Taxonomy*. É proposto assim que a técnica de mudança comportamental (exemplo: “definição de objetivo de comportamento”) passe a ser, nas ciências comportamentais, a unidade básica de intervenção, o “princípio ativo” que vai impactar no mecanismo psicológico que desencadeará o comportamento (exemplo: a autoeficácia). Com este extenso trabalho, e o seu desenvolvimento ao longo dos anos, Susan Michie elaborou com os seus colaboradores uma ampla taxonomia de técnicas de mudança comportamental onde classificou 93 técnicas organizadas em 16 categorias independentes (Michie et al., 2013).

O impacto desta iniciativa na investigação comportamental torna-se evidente quando contabilizamos que em cerca de 6 anos, desde a sua data de publicação até novembro de 2019, a taxonomia foi citada por 2394 artigos (Byrne, 2020). E torna-se ainda mais relevante quando complementado com outros sistemas estruturantes disponíveis (e.g. *Intervention Mapping*) (Kok et al., 2016), já que podemos seleccionar estas técnicas tendo em consideração a sua relação com as teorias de mudança comportamental.

Numa das primeiras revisões sistemáticas sobre o tema, Dombrowski e colegas (2012) utilizaram a versão precursora da atual taxonomia das técnicas de mudança comportamental de Susan Michie (Abraham & Michie, 2008) para identificar o conteúdo de 44 intervenções comportamentais complexas. Os autores sugeriram com as suas análises de meta-regressão, que um aumento do número de técnicas de mudança comportamental relacionadas com a *Control Theory* (Carver & Scheier, 1982, 2012) está associado com um incremento significativo na diferença média de perda de peso ($\beta = -1.1$; IC 95% = -2.26, - .01; $p = .047$). Também, por sua vez, Samdal e colegas (2017) reportaram que implementar um estilo comunicacional de suporte à autonomia (por exemplo com base na entrevista motivacional ou na Teoria da Autodeterminação), implementar a definição de objetivos de comportamento e providenciar *feedback* sobre os resultados do comportamento estavam associado a efeitos da intervenção com uma percentagem de explicação da variação entre estudos de 100%.

Outros exemplos recentes de taxonomias de técnicas de mudança comportamental têm surgido no sentido de sistematizar este conhecimento a outras áreas e/ou teorias. Por exemplo Pedro Teixeira (2020), investigador da Faculdade de Motricidade Humana, liderou um painel de especialistas que desenvolveram uma lista de técnicas de mudança comportamental que impactarão mais especificamente nos constructos nucleares da Teoria da Autodeterminação. Também Keegan Knittle e colegas (2020) desenvolveram um *compendium* de 123 técnicas de mudança comportamental de auto-gestão (*self-enactable*), isto é, ações que os indivíduos têm de realizar para autogerirem a sua mudança comportamental, combinando tanto técnicas de regulação motivacional como comportamental.

Os benefícios destas iniciativas para o avanço da ciência comportamental são inequívocos e de enorme extensão. A identificação, síntese e classificação ontológica das várias componentes integrantes do processo de mudança comportamental, que são suportadas pelo rigor dos exigentes processos de consenso entre especialistas (Connell et al., 2019), surge como fundamental para o desenvolvimento da ciência comportamental em particular, mas sobretudo

da Psicologia da Saúde num sentido mais lato (Byrne, 2020; Hagger et al., 2020) e abrem caminho a um período de importante desenvolvimento científico na Psicologia da Saúde.

As ontologias suportadas pela taxonomia das técnicas de mudança comportamental permitem assim um eficiente acumular de conhecimento dando oportunidade de se melhorar a classificação e a comparabilidade de definições operacionais, facilitando ao mesmo tempo o desenvolvimento de futuros procedimentos meta-analíticos automatizados, já possíveis hoje com os novos e poderosos sistemas computacionais (Larsen et al., 2017), permitindo testar com maior precisão a dimensão do efeito de cada técnica no construto relevante para a mudança de comportamento e, conseqüentemente, de todo o ciclo de impacto final na eficácia da intervenção.

A importância do reporte da informação

Vemos então que a mudança comportamental é um problema científico de extrema complexidade já que o comportamento humano é dinâmico e multifacetado sendo simultaneamente impactado pelas interações entre o indivíduo e o seu contexto (Kelder et al., 2015). Assim, perceber porque é que funcionou (ou não funcionou) uma intervenção de mudança comportamental é fundamental para informar os investigadores sobre os ajustes necessários em futuras intervenções. De outra forma, um largo volume da investigação realizada perderá a possibilidade de produzir uma dinâmica de progresso, limitando assim as oportunidades de captar e sintetizar as descobertas conseguidas que possibilitaria um melhoramento sistemático das intervenções de mudança comportamental (Davidson & Scholz, 2020). No entanto, como temos vindo a observar, a ciência subjacente às intervenções de mudança comportamental é frequentemente reportada de forma fragmentada e inconsistente, bem como os seus resultados, e mesmo no caso das que são bem sucedidas, ainda é pouco claro como ou porquê funcionaram (Michie et al., 2017; Nielsen et al., 2018; Sumner et al., 2018).

De forma muito clara e sistemática, Abraham e colegas (2014) apresentam 4 problemas essenciais quanto ao reporte das intervenções de mudança comportamental e as suas potenciais soluções:

1. Problema: Descrição inadequada do conteúdo da intervenção;
 - a. Solução: e.g., usar instrumentos padronizados de reporte de informação.
2. Problema: Falha na consideração do conteúdo do grupo de controlo;

- a. Solução: e.g., melhorar a descrição do conteúdo ativo dos grupos de controlo;
3. Problema: Falta de avaliação de processos detalhada focando nos mecanismos de mudança;
 - a. Solução: e.g., uso de modelos lógicos que sustentem a intervenção comportamental;
4. Problema: Falta de replicações entre contextos;
 - a. Solução: Recompensas para esforços de replicação.

De facto, segundo de Bruin e colegas (2020) numa revisão de estudos de controlo aleatório no contexto de cessação tabágica intitulada “*Underreporting of the active content of behavioural interventions*”, os autores denotam que apesar de uma boa qualidade e informação quanto a outras características das intervenções, a ausência de uma descrição compreensiva do conteúdo ativo dificulta a interpretação, comparação e generalização dos resultados de um terço dos estudos incluídos. Mais ainda, este fenómeno é uma significativa barreira à replicação e implementação (de Bruin et al., 2020). Na mesma linha, de Bruin e colaboradores (2015) põem a claro o problema do risco de vieses nos estudos de controlo aleatório de mudança comportamental em saúde, salientando que a literatura revista sugere que especialmente em intervenções com medidas de resultados subjetivas a validade interna dos estudos fica em risco, nomeadamente quando os investigadores associados à recolha de dados e/ou os participantes da intervenção não são cegos à alocação, ou o conteúdo ativo tem a possibilidade de ser transferível entre os grupos designados. Os autores questionam assim se este problema se deve a práticas subótimas no desenho de estudos ou à fraca qualidade no reporte das informações chave dos estudos.

É um facto que há já alguns anos que é discutido na comunidade científica o problema da falta de informação reportada (e qualidade da mesma) nos artigos de intervenção sobre o conteúdo das intervenções e seus mecanismos que despoletam mudança (Michie & Prestwich, 2010) e ao longo dos últimos anos outros investigadores reforçaram este mesmo problema (eg., (de Bruin et al., 2020; Knittle, 2015).

Efetivamente, um aspeto crucial no desenho de uma intervenção de mudança comportamental é o estabelecimento claro das relações entre o conteúdo da intervenção (i.e., uma ou várias técnicas de mudança comportamental) e os construtos teóricos a serem impactados por esse conteúdo (e.g., autoeficácia, autorregulação, motivação autónoma), que uma vez alterados, facilitarão a mudança intencionada no comportamento alvo (Davis et al.,

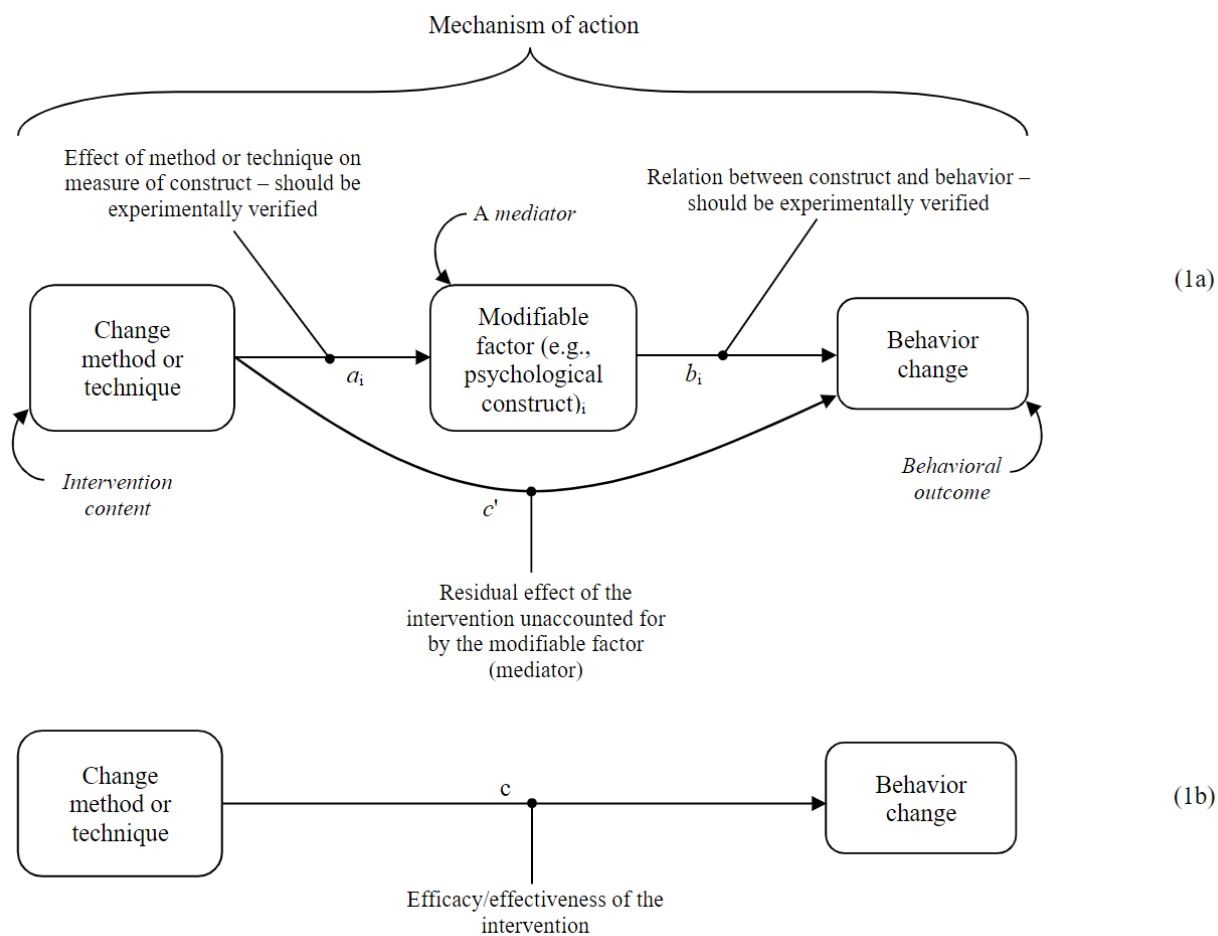
2015; Kok et al., 2016; Michie et al., 2016, 2010; Teixeira et al., 2012). O conhecimento destas relações surge assim como essencial para o desenho de intervenções, para que se possam mobilizar as componentes e as medidas requeridas para a testagem desses mecanismos (Hagger et al., 2020). Também o conhecimento dos mecanismos responsáveis pelos efeitos surge como fundamental para o potenciar da eficácia das intervenções porque informa os tipos de técnicas de mudança comportamental que devem ser mobilizadas e que constructos devem ser impactados de acordo com o tipo de comportamento, contexto, e população (Aklin et al., 2020; Davidson & Scholz, 2020).

Reverendo a literatura recente sobre esta temática, notamos que os mecanismos das intervenções de mudança comportamental não são testados de forma rotineira nos estudos principais (Hagger et al., 2020). O investigador Martin Hagger (2020) argumenta que: i) os estudos e as revisões não consideram devidamente a qualidade dos estudos; ii) existe uma considerável variabilidade nas descrições do conteúdo das intervenções e nos mediadores implicados nos mecanismos de ação; iii) disponibilidade limitada de informação sobre a eficácia de muitas técnicas de mudança comportamental; e iv) os moderadores do efeito da intervenção e seus mecanismos raramente são tidos em conta.

O autor aponta no entanto possíveis soluções para os problemas relevados, como: i) testar isoladamente as técnicas de mudança comportamental, bem como os mecanismos de ação; ii) avaliação rotineira da qualidade dos estudos na investigação com intervenções comportamentais; iii) desenvolvimento de relações baseadas na evidência das técnicas com os constructos teóricos que contemplam os mecanismos de ação; iv) adoção de métodos ajustados à sintetização dos mecanismos de ação das intervenções comportamentais; v) por fim, testar rotineiramente os moderadores no estudos de intervenção (Hagger et al., 2020). Numa simplificação, um modelo lógico que ilustra os componentes fundamentais de um mecanismo de ação numa intervenção de mudança comportamental pode ser encontrado na Figura 1 (Hagger, 2019).

Figura 1

Ilustração de um modelo de um mecanismo de ação de mudança comportamental



Nota. Ilustração de um modelo básico de um mecanismo de ação para mudança de comportamento (Hagger, 2019): (1a) representa a mediação de um método ou técnica de mudança de comportamento na mudança de comportamento através da mudança num fator passível de ser modificado baseado na teoria, juntamente com o efeito residual da técnica na mudança de comportamento; (1b) representa o efeito direto da técnica na mudança de comportamento, ilustrando a eficácia da intervenção na ausência de mediadores putativos.

Assim, ao serem hipotetizados aquando do desenho da intervenção, informados pelas teorias psicológicas, e guiando assim o conteúdo da intervenção, estes modelos lógicos de mecanismos de ação permitem a identificação clara do tipo de dados e de análises necessárias para se testar o mecanismo teórico proposto. O modelo ilustra assim a noção dos efeitos do

conteúdo da intervenção (uma técnica ou conjunto de técnicas) na mudança no comportamento alvo mediado por um fator modificável (por exemplo, um construto psicológico).

Tipicamente os estudos com intervenções não contemplam a análise destes níveis de relação das componentes do mecanismo de ação e seguem na análise do efeito total do conteúdo de intervenção no comportamento, ou seja, analisam a eficácia da intervenção (representado por “*c*” na figura 1b) (Hagger et al., 2020; Hayes, 2017). Por exemplo, Suls e colegas (Suls et al., 2020) concluem na sua revisão sobre mudança comportamental na gestão e prevenção da doença cardiovascular que os investigadores parecem não estar a avaliar como é que uma intervenção eficaz muda efetivamente o comportamento, isto é, ficam-se pela eficácia sem saber o porquê dessa eficácia, ou seja, sem identificar o(s) mecanismo(s) de ação através do(s) qual(uais) esse efeito ocorre.

No entanto, como atrás referido, esta é uma simplificação do processo para fins de exemplificação. Na realidade os modelos de mecanismos de ação são mais complexos, mobilizando várias técnicas de mudança comportamental e vários construtos psicológicos e por vezes em dinâmicas intrincadas. Por exemplo, muitas técnicas têm um impacto hipotetizado em vários mediadores concomitantemente (Carey et al., 2019), fazendo com que existam múltiplos efeitos indiretos (ilustrado na figura 1a como influência “*a*”). Desta forma, a especificação e a análise dos mecanismos de ação de forma isolada só é possível quando a intervenção é testada num desenho fatorial que permita isolar cada mecanismo de ação em cada grupo fatorial (Hagger et al., 2020). Seguindo nesta linha de pensamento, as futuras investigações poderão mudar o seu foco de análise e ao invés de testar se as intervenções baseadas na teoria são mais eficazes quando comparadas com intervenções atóricas, poderão incidir a sua análise para responder às questões sobre quais as técnicas de mudança comportamental que são mais eficazes a promover a mudança comportamental, para quem, em que circunstâncias, e através de que mecanismos de ação (Dalgetty et al., 2019).

Teorias de mudança comportamental e gestão do peso a longo prazo

Se por um lado temos vindo a assistir a um avolumar de evidência da eficácia das intervenções comportamentais para promoção da atividade física (Hobbs et al., 2013) e da gestão de peso (Cavero-Redondo et al., 2020), por outro, há evidência limitada quanto à manutenção desta mudança e do seus efeitos positivos considerando uma perspetiva temporal

de longo-prazo (Dombrowski et al., 2014; Wadden et al., 2020). Diversas teorias tentam dar resposta a este desafio da manutenção do comportamento de saúde e prevenção de recaídas.

No presente trabalho de investigação, incidiremos sobretudo em duas perspetivas conceptuais que têm testemunhado um substancial desenvolvimento e amplo espectro de intervenção comportamental a longo prazo, mais especificamente, a teoria da Autodeterminação e da Autorregulação Comportamental. Estes princípios teóricos serviram de base ao modelo lógico da intervenção digital NoHoW (mais à frente descrita), numa dinâmica integradora dos domínios motivacional e autorregulatório com vista ao suporte da manutenção do peso perdido através da promoção da atividade física a longo prazo (12 meses).

A Teoria da Autodeterminação

A Teoria da Autodeterminação (Ryan & Deci, 2017) co-criada por Edward Deci e Richard Ryan tem tido uma crescente influência na área da Psicologia da Saúde. A sua abordagem dinâmica e organísmica do comportamento humano permite a elaboração de diretrizes muito claras na forma como podemos desenhar intervenções e como a nossa atitude relacional poderá ter um impacto importante na sustentação do novo comportamento de saúde numa perspetiva de longo prazo. De facto, o interesse dos psicólogos da saúde e dos especialistas do comportamento por esta teoria no contexto da promoção de estilos de vida mais saudáveis é precisamente a sua perspetiva de potencial de manutenção da mudança comportamental quando esta mudança está alinhada com os valores e interesses do indivíduo. Sendo complexa, podemos alicerçar esta teoria em 6 subteorias (Ryan & Deci, 2017):

1. Teoria de Avaliação Cognitiva (*Cognitive Evaluation Theory*): esta mini-teoria assume que a motivação intrínseca está fundamentalmente ligada à satisfação inerente à execução de uma atividade que nos dá prazer em realizar. Um bom exemplo de motivação intrínseca é a satisfação inerente à ação de tocar um instrumento musical, não pelo seu resultado, a música, que estaria acessível simplesmente através um dispositivo eletrónico qualquer, mas por se fazer parte do processo musical e desenvolvê-lo, dominá-lo (*mastery*). Esta perspetiva aborda ainda os efeitos que os contextos sociais têm na motivação intrínseca, bem como outros fatores como as recompensas, imposições externas, e orientações motivacionais para o ego.
2. Teoria de Integração Organísmica (*Organismic Integration Theory*) conceptualiza as diferentes formas de motivação extrínseca. Podemos definir motivação extrínseca como

uma dinâmica comportamental de realização instrumental que está alinhada com a obtenção de resultados que vão além do próprio comportamento em si. Contudo existem diferentes formas de motivação extrínseca, ou mais precisamente, diferentes graus de internalização da autodeterminação. O contínuo de internalização conceptualiza esta noção em duas dimensões: a regulação motivacional controlada (mais externalizada) e a regulação motivacional autónoma (mais internalizada). Quanto mais internalizada a motivação extrínseca maior a qualidade da motivação por função de um maior nível de autodeterminação na realização de determinado comportamento. Estas formas de motivação extrínseca podem ainda subdividir-se com nuances importantes aquando da mobilização de técnicas de mudança comportamental em contexto prático:

- a. A motivação controlada, isto é, a motivação extrínseca de menor qualidade, congrega a noção de motivação externa (por pressões externas, como por exemplo, por castigo ou recompensa) e de motivação introjetada (por pressões internas, por exemplo, por culpa ou conflito interior);
- b. A motivação autónoma, de maior qualidade, subdivide-se em motivação identificada (por valorização de um resultado positivo, por exemplo, para ter mais energia ou mais saúde) e motivação integrada (por coerência do *self* e alinhamento com valores pessoais, por exemplo, ter uma dieta vegetariana porque valoriza o bem-estar animal ou questões de natureza climática).

A pertinência da diferenciação destes tipos de motivação tem que ver com as suas implicações práticas na intervenção comportamental e no conseqüente bem-estar psicológico. A evidência suporta os benefícios da motivação autónoma, de maior qualidade, não só ao nível de desempenho como também na flexibilidade de planeamento do comportamento, na persistência face a obstáculos, e na emergência de sentimentos de bem-estar psicológico, coerência interna, e satisfação pela atividade, tornando, portanto, mais provável que o comportamento se mantenha estável no tempo. É precisamente aqui que reside a relevância da Teoria da Autodeterminação nos mais variados comportamentos de saúde. Por sua vez, a motivação controlada, de menor qualidade, está associada a sentimentos de pressão, de ansiedade, e de desvinculação com os objetivos pessoais, aumentando assim a probabilidade de insatisfação pessoal, desistência e evitamento.

3. Teoria das Orientações Causais (*Causality Orientations Theory*): descreve as diferenças individuais na tendência natural que as pessoas têm para uma de três orientações causais: orientação para a autonomia em que o indivíduo se predispõe à ação por interesse genuíno e valorização do comportamento; orientação para o controle, que explica uma mobilização para a ação energizada por recompensas, promessas de ganhos ou de aprovação social; e por fim, a orientação impessoal ou amotivada que se caracteriza pela ansiedade de falhar nas competências necessárias para o desafio enfrentado.
4. Necessidades Psicológicas Básicas (*Basic Psychological Needs Theory*): surge como uma das subteorias centrais e refere-se à inovadora conceptualização de necessidade psicológicas básicas e a sua relação com o bem-estar psicológico e a saúde. As necessidades psicológicas de Autonomia, Competência e Relacionamento Positivo são fulcrais para o desenvolvimento humano pleno, o seu funcionamento ótimo com sentido de realização pessoal, gerando motivações mais autónomas. Por sua vez, a não satisfação ou a frustração destas necessidades gera motivações mais controladas e terá um impacto negativo no bem-estar, seja a um nível funcional, cognitivo e/ou emocional. Será ainda relevante salientar a natureza universal destas necessidades, tendo sido esta dinâmica evidenciada em estudos ao longo de todo o espectro do desenvolvimento humano e nas mais variadas culturas. Estas necessidades psicológicas podem ser suportadas pelo contexto envolvente, dependendo das condições que o indivíduo encontra, sociais ou físicas:
 - a. Competência: a competência é a necessidade de nos sentirmos capazes no desempenho de uma atividade, é um sentimento de eficácia, em que nos sentimos competentes numa determinada área de realização humana. Quando nos sentimos competentes há uma sensação de concretização, de sermos efetivos, e de confiança em que estamos a desenvolver as nossas capacidades. Esta necessidade psicológica pode ser mais ou menos suportada em função das circunstâncias em que o indivíduo se encontra. Técnicas psicológicas associadas ao desenvolvimento desta necessidade é a definição objetivos de comportamento, *feedback* contingente e positivo, estrutura do plano a seguir, e o planeamento da ação com antecipação dos obstáculos e formas de os ultrapassar.
 - b. Relacionamento Positivo: Quanto ao relacionamento positivo, é uma conceptualização da necessidade de nos sentirmos ligados socialmente, de

estabelecermos relações positivas, isto é, de criarmos relações percebidas como incondicionais, emocionalmente satisfatórias, e significativas. Formas de nutrir esta necessidade passam por criarmos condições em que o participante desenvolve um sentimento de pertença a um grupo, uma comunicação eficaz, empática e positiva, em que há uma noção de interesse mútuo e respeito recíproco.

- c. **Autonomia:** Por fim a autonomia estabelece a noção de necessidade de nos sentirmos os autores da nossa ação, somos nós a origem do nosso comportamento, com uma percepção de envolvimento nas decisões, que implica uma percepção de liberdade nas nossas escolhas sem pressões exteriores ou coercivas. Estratégias de promoção da autonomia passam por proporcionarmos opções de escolha no contexto da mudança comportamental, incentivar a exploração de novas oportunidades de prática, e criamos condições de divertimento e ausente de competição acentuada.
5. **Teoria dos Conteúdos dos Objetivos (*Goal Content Theory*)** estabelece uma diferenciação entre objetivos intrínsecos e objetivos extrínsecos e conceptualiza o seu impacto na motivação e no bem-estar psicológico. Está descrito na literatura que a procura por objetivos intrínsecos, como a saúde ou o desenvolvimento pessoal, correlaciona-se negativamente com objetivos de natureza extrínseca, como o sucesso financeiro ou a fama. Assim, os primeiros estão associados a sentimentos de bem-estar, de realização e desenvolvimento pessoal, enquanto os últimos estão mais associados a reduzidos níveis de bem-estar e a concretização pessoal, e também a maior propensão para a doença.
 6. **Motivação para o relacionamento (*Relationships Motivation Theory*):** reconhece a necessidade humana de se manter relacionamentos pessoais próximos e significativos, sentidos como incondicionais e cariz de reciprocidade. Estas relações são mesmo essenciais para o bem-estar ao satisfazerem a necessidade psicológica básica de relacionamento positivo. Em máximo expoente, um relacionamento de elevada qualidade nutrirá não só esta necessidade como também a de autonomia e a de competência dos elementos em relação.

A Teoria da Autodeterminação tem sido alvo de interesse crescente pelos investigadores e implementadores de intervenções comportamentais em variados contextos de saúde (Gillison

et al., 2019; Ntoumanis et al., 2020; Sheeran et al., 2020). Este interesse advém sobretudo do seu *insight* na distinção de diferentes tipos de motivação, dando um importante contributo para a explicação da manutenção de comportamento a longo prazo e ao mesmo tempo do desenvolvimento do bem-estar psicológico. Há hoje forte evidência a suportar os benefícios da motivação autónoma tanto ao nível de desempenho como na persistência face a obstáculos, sobretudo na atividade física e gestão de peso (Silva et al., 2011, 2010). Esta motivação de maior qualidade está também associada ao um maior envolvimento na tarefa e ao desenvolvimento de sentimentos de coerência interna e satisfação decorrentes da ação. Assim, há uma maior probabilidade de manutenção do novo padrão comportamental. Por sua vez, contextos e pressões (internas ou externas) que desenvolvem uma motivação controlada dão origem a sentimentos de ansiedade, de distanciamento pelos interesses e valores pessoais, aumentando a probabilidade de desistência e insatisfação pessoal (Ryan & Deci, 2017).

Com o objetivo de sistematizar e padronizar o uso de técnicas de mudança comportamental alicerçadas na Teoria da Autodeterminação, o investigador Pedro Teixeira (Teixeira et al., 2020) liderou um consórcio de especialistas com o objetivo de identificar, descrever e classificar todas as técnicas implementadas em intervenções em saúde com base nesta teoria. Com esta iniciativa, o investigador pretende diminuir os problemas da indevida utilização destes princípios motivacionais, não sendo, muitas vezes, feita uma contextualização e requerida ligação das estratégias de mudança e os mediadores previstos na teoria. Reforçando uma ideia anteriormente referida, para que as intervenções possam ser implementadas de forma fidedigna é necessário sistematizar o conteúdo das intervenções, havendo necessidade de uma linguagem comum e padronizada, contribuindo para uma melhor compreensão dos resultados dos estudos e para a replicação das intervenções. Ainda mais, devido às nuances inerentes aos construtos e estratégias, este facto ainda se afigura mais importante na Teoria da Autodeterminação. Por outro lado, desta forma contribuimos também para uma maior aproximação entre a investigação e a prática profissional, facilitando o entendimento entre princípios teóricas e sua implementação prática.

A Autorregulação Comportamental

Sendo a motivação um construto fundamental para o entendimento do comportamento humano, há uma clara noção dos especialistas que a fase motivacional tem de ser suportada com capacidades de autorregulação na fase volitiva, isto é, o indivíduo motivado tem de estar

capacitado de um manancial de estratégias de regulação do seu comportamento para finalmente o efetivar e sustentar. Este fenómeno surge conceptualizado na literatura como o *intention-behaviour gap* ou o fosso ou a lacuna entre a intenção de realizar o comportamento e o ato de o colocar efetivamente em prática (Hagger & Chatzisarantis, 2014; Schüz et al., 2009; Schwarzer, 2008; Sniehotta, 2009; Sniehotta, Scholz, & Schwarzer, 2005; Wiedemann et al., 2009). Várias teorias tentam dar resposta a este problema mobilizando construtos teóricos, ou mecanismos de ação, específicos para esta fase da energização do comportamento como é o exemplo do modelo *Health Action Process Approach* (Schwarzer, 2008) ou os princípios autorregulatórios da *Control Theory* (Carver & Scheier, 1982, 1985).

Por sua vez, Martin Hagger (2010) denota a importância do construto de autorregulação para a Psicologia da Saúde, e na verdade é considerado como fundamental quando procuramos identificar os fatores determinantes dos comportamentos volitivos, estando incorporado em vários modelos e teorias de comportamentos de saúde (Aarts, 2007; Bagozzi et al., 2004; Hagger, 2010; Hall & Fong, 2007). Com efeito, são necessárias capacidades de autorregulação do comportamento para que este seja posto em prática e sobretudo para que seja mantido ao longo do tempo. Uma boa parte das técnicas de mudança comportamental categorizadas na taxonomia de Susan Michie (2013) vão precisamente ao encontro desta noção de regulação proximal do comportamento, como por exemplo a automonitorização, a definição de objetivos, ou o delineamento de planos de ação e/ou de *coping*.

Apesar das inúmeras perspetivas na definição de autorregulação, todas partilham uma noção de capacidade do indivíduo para a mudança, alteração, modificação do seu comportamento (Hagger, 2010), tendo sido definida por Sniehotta e colegas (2005) simplesmente como “*any efforts undertaken to alter one’s behaviour*” (p. 245). Outra premissa do construto passa pela noção de que o comportamento autorregulado é consciente e intencional, o que implica que na mudança de comportamento seja requerido um esforço e um planeamento para o envolvimento na ação autorregulatória (Hagger, 2010; Sniehotta, Schwarzer, Scholz, et al., 2005). Assim, podemos considerar que os comportamentos autorregulados são deliberados, refletidos, e não automáticos, inconscientes ou espontâneos (Hofmann et al., 2008). Ademais, o comportamento autorregulado é descrito na literatura como sendo orientado a um objetivo, ou seja, é executado para se atingir um resultado reforçado, desejado ou valorizado (Gollwitzer, 1993; Latham & Locke, 1991).

Apesar de muitas vezes associada a construtos próximos na sua definição como a autoeficácia ou o controlo percebido, a autorregulação é um construto conceptualizado na literatura como uma variável distinta das anteriormente mencionadas (Hagger, 2010). Se por um lado a Autoeficácia é definida por Bandura (1998) como “*beliefs in one’s capabilities to organize and execute courses of action required to produce given levels of attainments*” (p. 624), por outro lado, o conceito de controlo percebido foi introduzido na Teoria do Comportamento Planeado (Ajzen, 1991, 2005) com o intuito de “*accommodate the nonvolitional elements inherent, at least potentially, in all behaviours*” sendo ainda referido pelo autor que “*all else equal, a high level of perceived control should strengthen a person’s intention to perform the behavior, and increase effort and perseverance*” (Ajzen, 2002, p. 667).

Deste modo, estes conceitos distinguem-se do constructo de autorregulação na medida que poderão influenciar o processo autorregulatório, mas não estão ao mesmo nível volitivo. Por exemplo, um indivíduo pode avaliar que tem elevada capacidade para desempenhar um determinado comportamento, mas pode não ter um objetivo pessoal ou não valorizar esse envolvimento na suficiente medida para o executar. Do mesmo modo, um indivíduo poderá perceber que tem barreiras difíceis ao comportamento e sentir que não tem controlo sobre a sua realização apesar de o valorizar. Concluindo, o conceito de autorregulação pode estar próximo de construtos mobilizados por teorias sociocognitivas mas pelo seu carácter volitivo de esforço deliberado envolvendo um planeamento para a ação, não deve ser considerado como equivalente, até porque como revimos, podemos testemunhar incapacidade autorregulatória mesmo na presença de altos níveis dos outros construtos atrás identificados (Hagger, 2010).

Segundo o próprio Albert Bandura (2005) os modelos de autorregulação baseiam-se no pressuposto que os fatores cognitivos contribuem significativamente para os comportamentos de saúde. Assim, o desafio passa pois por providenciar uma organização teórica ao vastíssimo número de determinantes do comportamento revistos previamente (Hennessy et al., 2020). A dificuldade prende-se por encontrarmos algumas incompatibilidades teóricas (e.g., motivação autónoma e recompensas financeiras), alguma sobreposição em determinantes com nomes diferentes (e.g., perceção de competência e necessidade psicológica básica de competência), o fracionamento das dimensões de um construto em potenciais diferentes determinantes, ou a avaliação da contribuição única de vários fatores testados em conjunto em vez de separadamente.

Por sua vez, a abordagem da *Control Theory* (Carver & Scheier, 1982, 2012) à autorregulação distingue três etapas no controlo do comportamento intencional: 1) o indivíduo

com intenção de mudança tem de estar consciente dos seus padrões comportamentais atuais e anteriores em relação a esse comportamento; 2) tem de mobilizar uma automonitorização do comportamento no sentido de perceber diferenças entre o comportamento atual e os seus objetivos; 3) tem de ser capaz de regular o seu comportamento aquando do surgimento de uma discrepância entre os comportamentos e os objetivos. De acordo com este modelo, qualquer intervenção que impacte positivamente estes processos fortalecerá a capacidade autorregulatória. Para este efeito, os mecanismos mais frequentemente testados são a definição de objetivos, monitorização de objetivos, planeamento, avaliação do progresso, resolução de problemas, e modulação da ação e da emoção (Karoly, 1993; Maes & Gebhardt, 2000).

Congruente com esta abordagem autorregulatória de controlo da ação, o desenvolvimento de planos de ação e planos de *coping* congruentes com este modelo têm-se demonstrado altamente eficazes (Sniehotta et al., 2006; Sniehotta, Scholz, & Schwarzer, 2005; Sniehotta, Scholz, Schwarzer, et al., 2005), bem como a literatura sobre a aplicação da implementação de intenções (Gollwitzer & Sheeran, 2006). As revisões sistemáticas mais recentes sobre esta temática são consistentes nos seus resultados. Revisões de intervenções para a manutenção do peso perdido sugerem que a autorregulação e a resolução de problemas (*coping*) são competências chave para a manutenção dos novos estilos de vidas associados à perda de peso (Dombrowski et al., 2014; Greaves et al., 2017). Também Teixeira e colegas (2015), na sua revisão dos mediadores da perda e manutenção de peso, sugeriu que a motivação intrínseca, a imagem corporal positiva e as capacidades autorregulatórias (como a automonitorização) medeiam o sucesso na gestão de peso a longo prazo (> 12 meses).

Já numa perspectiva de intervenção, será mais pertinente uma abordagem ao construto da autorregulação com uma noção de processo do que tendo uma visão de um recurso ou um traço pessoal (Maes & Karoly, 2005). Assim, podemos avançar uma definição de autorregulação mais completa descrita da seguinte forma por Stan Maes e Paul Karoly: “(...) *a goal-guidance process, occurring in iterative phases, that requires the self-reflective implementation of various change and maintenance mechanisms that are aimed at task- and time-specific outcomes*” (Maes & Karoly, 2005, p. 269).

Nesta perspectiva seria profícuo podermos fazer medições mais frequentes e/ou em momentos críticos, que porventura poderão assim ajudar a perceber a dinâmica evolutiva destes (e outros) mecanismos psicológicos. Dada a evolução tecnológica, hoje já conseguimos desenvolver métodos de avaliação psicométrica mais dinâmicos pela constante possibilidade de

contacto com os participantes através de uma plataforma de intervenção digital. Efetivamente, até ao surgimento das tecnologias digitais de recolha de respostas *online*, não havia alternativa ao método tradicional de medições psicométricas, em que o participante é avaliado aquando da visita ao centro de investigação ou através de questionário respondido via correio. Estes métodos acarretam maiores custos, consomem mais tempo, e colocam constrangimentos logísticos e de gestão de material.

As Intervenções Digitais

As intervenções digitais de mudança comportamental mobilizam os conhecimentos das teorias psicológicas de mudança comportamental e respetivas técnicas para promover uma mudança efetiva e sustentável facilitados por dispositivos tecnológicos e são uma alternativa importante para a mudança comportamental em saúde, estando em rápida expansão e desenvolvimento (Arigo et al., 2019; Liao et al., 2019; Schwalbe & Wahl, 2020; Wadden et al., 2020; Yardley et al., 2018, 2016). Sabemos que o impacto das intervenções digitais para a gestão de peso está ainda longe de uma eficácia significativa (Ballin et al., 2020; Cotie et al., 2018; Sherrington et al., 2016), mas os resultados dos últimos 5 anos são promissores (Wadden et al., 2020). Se por um lado temos o problema da ausência de relação terapêutica como potencial de mudança, por outro temos a possibilidade de escala nunca equacionada nas ciências psicológicas aplicadas. De facto, com recurso a uma intervenção digital podemos chegar a milhões de pessoas através de uma intervenção, com menores custos de implementação, adaptação e manutenção. Mesmo que numa fase inicial a eficácia destas intervenções seja menor que uma intervenção presencial, o seu potencial de escala aumenta exponencialmente o número de indivíduos que poderão vir a beneficiar da mesma (Iribarren et al., 2017) e com um positivo nível de retorno do investimento para os serviços de saúde (Su et al., 2016). De facto, segundo a Organização Mundial de Saúde, a maioria das iniciativas de saúde digital, para os mais diversos comportamentos, estão localizados em áreas em desenvolvimento, como em África e na Ásia (World Health Organization, 2020a).

Assim, a relação custo-eficácia de uma intervenção digital poderá ser bastante encorajadora não só para governos e entidades públicas como também para o sector comercial e industrial. E a Psicologia da Saúde, com os seus modelos comportamentais podem por sua vez impulsionar o desenvolvimento das intervenções digitais e/ou de produtos comerciais similares (Pagoto & Bennett, 2013). Tanto assim é que testemunhamos à proliferação de

empresas cujos produtos digitais de suporte à mudança comportamental são pensados e desenhados com o apoio de cientistas comportamentais especialistas em modelos psicológicos de mudança comportamental, a liderar como exemplo, a investigadora Jennifer La Guardia na *OMADA Health*, a investigadora Heather Patrick na *Apple Health*, ou o investigador Dustin DiTommaso na *MAD*POW*. Mesmo a própria Organização Mundial de Saúde organizou um comité de especialistas para definirem orientações específicas para esta área da saúde digital (World Health Organization, 2016). A iniciativa *Be He@lthy Be mobile* (BHBM), uma parceria entre a Organização Mundial de Saúde e a União Internacional de Telecomunicações, tem como objetivo fundamental apoiar e trabalhar com os governos mundiais no sentido de facilitar o escalar de serviços de saúde móvel (*mHealth*), chegando a milhões de pessoas. A abordagem deste grupo de trabalho é atingir potencial de escala, providenciando conteúdos informativos e de intervenção comportamental em contexto de saúde que possam ser implementados nas já diversas tecnologias móveis, como aplicações ou mensagens de texto nos telemóveis.

O objetivo desta iniciativa em particular é chegar a cada vez mais países e providenciar suporte no desenvolvimento de intervenções para um número crescente de doenças. Neste momento, este programa já tem publicados vários relatórios que dão conta do seu impacto positivo em vários países, tendo também já manuais de suporte para o desenvolvimento de intervenções *mHealth* para várias condições e/ou comportamentos: hipertensão; cessação tabágica; envelhecimento; asma e doença pulmonar obstrutiva crónica; cancro do colo do útero; tuberculose; diabetes; e muito brevemente para a atividade física.

Indo ainda mais longe, a Organização Mundial de Saúde desenvolveu uma plataforma online de acesso livre, o Digital Health Atlas (World Health Organization, 2020a), no intuito de apoiar os governos, os técnicos, implementadores a coordenarem as suas atividades com este tipo de intervenções. Neste sentido, esta plataforma divulga informação que pode ajudar a melhorar o planeamento, a coordenação e o uso das intervenções digitais nos sistemas de saúde. O Digital Health Atlas suporta assim o acesso a recursos globais sobre as melhores práticas atuais com intuito de incrementar o valor e o impacto dos investimentos por via do aumento da possibilidade de cooperação, de implementação e de escala.

Estando ainda numa fase inicial do desenvolvimento de investigações sobre as tecnologias digitais no contexto de mudança comportamental, são mais as perguntas do que as certezas. O conceituado grupo Lancet, no sentido de acompanhar o impulso de investigação nesta área, lançou em 2019 a revista dedicada ao tema: “*The Lancet Digital Health*”. No

editorial de lançamento podemos ler “*there is no doubt that digital technology is driving the evolution of health care*” (Health & The Lancet Digital Health, 2019, p. 1). Contudo, é feito o alerta de que atualmente é o sector da indústria privada que lidera a revolução da saúde digital com poucas garantias de uma validação rigorosa, deixando a responsabilidade de como avaliar o nível de segurança e de eficácia para a comunidade académica e entidades governamentais (Health & The Lancet Digital Health, 2019).

Esta é assim uma nova fronteira da Psicologia da Saúde Aplicada. E apesar de ser uma abordagem promissora, apenas nos últimos anos houve uma redução de custos de programação informática que permitisse a integração da complexidade de uma intervenção psicológica comportamental no seio de uma aplicação digital. Assim, a investigação ainda é muito recente e sofre de grande heterogeneidade nos estudos, mas permite já um vislumbre do potencial de eficácia. Por exemplo, considerando intervenções digitais em populações com excesso de peso ou obesidade, uma anterior revisão reportou efeitos positivos mas pequenos na gestão de peso e com variabilidade considerável entre os estudos (Hutchesson et al., 2015). Já mais recentemente, Carraça e colegas (2021) descobriram que em intervenções digitais para o incremento dos níveis de atividade física nesta população, cinco técnicas de mudança comportamental tiveram efeitos moderadores na atividade física: *goal setting behaviour* ($\beta = 0.89$, $p = 0.001$, R^2 ajustado = 0.20), *goal setting outcome* ($\beta = 0.76$, $p=0.011$, adjusted $R^2 = 0.15$), *graded tasks* ($\beta = 0.87$, $p = 0.008$, R^2 ajustado = 0.17), *social incentive* ($\beta = 2.37$, $p < 0.001$, R^2 ajustado = 0.51) e *self-monitoring of behaviour* ($\beta = -1.04$, $p = 0.001$, R^2 ajustado = 0.23).

Por outro lado, desenvolver intervenções de mudança comportamental numa perspetiva tradicional de consulta individual ou de grupo, acarreta custos elevados para o promotor tal como para o recetor, que dificultam o escalar deste tipo de iniciativas (Arigo et al., 2019). Contrastando, as intervenções digitais para a mudança de comportamentos de saúde permitem assim uma nova abordagem. Por um lado, por permitirem o desenvolvimento das teorias ao testarem aspetos mais finos das dinâmicas dos mecanismos de ação e a sua relação mediadora com as técnicas e o comportamento. Por outro lado, permitem, por exemplo, o personalizar a própria intervenção, ao definir a melhor oportunidade e/ou modalidade para enviar uma notificação com conteúdo de intervenção.

O estudo *NoHoW* - *Navigating to a Healthy Weight*

Como referido anteriormente, apesar dos vários modelos psicológicos de mudança comportamental as intervenções ainda têm uma limitada eficácia na manutenção do comportamento a longo prazo (Dombrowski et al., 2014). Os problemas podem ser de várias ordens: desajustamento dos modelos teóricos à problemática comportamental, fraca operacionalização das técnicas de mudança comportamental, grande heterogeneidade das características individuais dos participantes, ou outros fatores ainda desconhecidos.

O estudo *NoHoW*, no qual se baseiam os estudos da presente tese de doutoramento, é um estudo de envergadura europeia com vários países envolvidos num investimento significativo da comissão europeia. Financiado pelos fundos para a ciência previstos no orçamento europeu do Horizonte 2020, a investigação *NoHoW* teve o intuito de ser uma das primeiras provas de conceito (“*proof of concept*”) no âmbito da investigação comportamental com recurso exclusivo a tecnologia digital. A ideia subjacente a este projeto de investigação foi testar o impacto de uma intervenção digital na capacidade de manutenção do peso perdido dos seus participantes, seguindo as diretrizes de desenho de intervenções informadas pelas teorias de mudança comportamental (Scott et al., 2019).

Desta forma, foi mobilizado um extenso protocolo de colaboração de várias Universidades europeias com diversas valências, entre elas destacam-se: a) a Universidade de Leeds, com especialidade em gestão do apetite e do peso, a Universidade de Newcastle Upon Tyne, com especialidade em mudança comportamental no contexto de saúde, a Universidade de Edimburgo, com especialidade em bio-matemática e estatística, a Universidade de Aarhus e o Instituto Parker, sediado no Hospital Universitário de Copenhaga, especialidade em gestão do peso e medidas biomédicas. Por sua vez, Portugal colaborou com o desenvolvimento dos conteúdos de intervenção comportamental com base nas teorias motivacionais e de autorregulação (Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa).

A recolha de dados para o estudo envolveu 3 centros de investigação das universidades envolvidas (Lisboa, Copenhaga e Leeds) e recolheu informação detalhada de 1627 participantes ao nível de variáveis psicossociais, biomédicas e antropométricas ao longo de 18 meses. Sendo um estudo de manutenção do peso perdido, o principal critério de inclusão foi a perda comprovada de peso nos 12 meses anteriores à data de entrada no estudo (pelo menos 5% do peso quando o Índice de Massa Corporal estava acima de 25). A investigação *NoHoW* consistiu

assim num desenho fatorial com aleatorização dos participantes em 4 grupos distintos (Figura 2) (Scott et al., 2019):

1. O grupo de controlo é considerado um grupo de controlo ativo visto que teve acesso às tecnologias de automonitorização. Estas tecnologias foram: um relógio de pulso de monitorização da atividade física (*Fitbit Charge 2*); uma balança de sincronização de informação automática via *Wi-Fi* (*Fitbit Aria*); uma aplicação de integração dos dispositivos (aplicação comercial da *Fitbit* com acesso apenas aos conteúdos de monitorização); e por fim, acesso a uma versão básica do *Toolkit NoHoW* só com dados de automonitorização do peso, dos passos, e do sono sincronizados permanentemente com a aplicação da *Fitbit*. Este grupo teve ainda acesso a informação genérica sobre alimentação e exercício através de e-mails semanais.
2. O grupo dedicado à testagem dos modelos motivacionais e autorregulatórios teve acesso às mesmas tecnologias do Grupo 1 com a diferença de ter acesso na sua conta pessoal do *Toolkit NoHoW* a conteúdo dedicado à intervenção. Este conteúdo consistiu em 8 módulos de intervenção temática, subdivididos em 17 sessões semanais, tendo em consideração que o tempo dedicado a cada sessão de intervenção digital não excedesse os 10 minutos. Este grupo teve acesso ao mesmo conteúdo genérico do grupo de controlo nos seus e-mails de alerta semanais que orientavam para a sessão específica da semana. As sessões deste braço de intervenção estão publicadas em Marques e colaboradores (2020).
3. O grupo dedicado à testagem dos modelos de regulação emocional teve acesso também às tecnologias dos grupos 1 e 2, mas com diferentes conteúdos disponibilizados na sua conta pessoal do *Toolkit NoHoW*. Neste grupo, os conteúdos disponibilizados foram informados pelas teorias de regulação emocional, sendo as suas 17 sessões semanais organizadas em 8 módulos temáticos principais. Este grupo teve acesso ao mesmo conteúdo genérico do grupo de controlo nos seus e-mails de alerta semanais que orientavam para a sessão específica da semana. As sessões deste braço estão descritas em Marques e colaboradores (2020).

4. O grupo 4 é o formato combinado da intervenção. Além do acesso às mesmas tecnologias de automonitorização dos grupos anteriores, teve dose dupla nos conteúdos de intervenção, isto é, em cada semana os participantes do grupo 4 tiveram acesso a uma sessão do grupo 2 e uma sessão do grupo 3. No total este grupo duplica assim a sua exposição aos conteúdos, tendo acesso a 34 sessões diferentes (17 do braço de intervenção motivacional mais 17 do braço de intervenção emocional). Também teve acesso ao mesmo conteúdo genérico do grupo de controlo nos seus e-mails de alerta semanais que orientavam para as sessões específicas da semana.

Figura 2

Desenho fatorial do estudo NoHoW

2 x 2 RCT		CBS-Emotion regulation	
		Yes	No
Self-regulation & Motivation	Yes	Self weighing, Self-regulation, Motivation + CBS-Emotion	Self weighing, Self-regulation + motivation
	No	Self weighing + CBS-emotion	Self weighing only

Nota. Desenho fatorial retirado de (Scott et al., 2019).

Os estudos da presente tese de doutoramento incidiram nas variáveis psicossociais previstas no modelo lógico hipotetizado para informar o conteúdo de intervenção do grupo 2: a teoria da autodeterminação e os princípios da autorregulação comportamental. O processo de construção de conteúdo foi extenso e complexo, com vários desafios relacionados com as recentes tecnologias, como por exemplo, a operacionalização das atividades de intervenção para um formato digital sobre temáticas mais abstratas (e.g., motivação autónoma para o exercício).

Para orientar o processo de desenho do conteúdo de intervenção foi primeiramente criado um modelo lógico informado pelas teorias da Autodeterminação e da Autorregulação, e também por investigações anteriores (Evans et al., 2015; Sniehotta et al., 2019). O modelo lógico permite não só aos investigadores manterem um elevado nível de consistência nas suas decisões, como também permite contextualizar essas mesmas decisões ao longo do processo, permitindo aos investigadores externos maior inteligibilidade, uniformidade na mobilização de conceitos e técnicas, e assim permitir replicabilidade (Davidson & Scholz, 2020; Hagger et al., 2020). Ademais, todas as sessões de intervenção foram previamente catalogadas e descritas consoante o seu objetivo principal, os mecanismos de ação a serem impactados, as técnicas de mudança comportamental mobilizadas, e uma breve descrição da implementação de intervenção. Desta forma, foi criado um mapeamento de todas as sessões criadas. O artigo científico que descreve este processo encontra-se neste momento aceite para publicação e pode ser acedido em formato *pre-print* (M. M. Marques et al., 2020).

Objetivos da Tese: O que propomos investigar

As intervenções comportamentais de carácter digital que se focam na atividade física não têm demonstrado uma consistência e uma congruência no uso de estratégias baseadas nas teorias da mudança comportamental (Pagoto et al., 2013; Willmott et al., 2019a), o que pode comprometer tanto a sua eficácia a longo prazo como a possibilidade de refinamento dos modelos teóricos (Michie & Abraham, 2004; Prestwich et al., 2014). Para resolver este problema, é necessário investigar minuciosamente quais os mecanismos de ação psicológicos que promovem as mudanças e como o fazem (Hagger et al., 2020). Este esclarecimento teórico de como e porquê as intervenções alcançam os seus efeitos, providencia claros benefícios para o desenvolvimento e para a avaliação das intervenções comportamentais digitais.

Objetivo 1: Investigar as características das intervenções digitais para a manutenção do peso perdido com ênfase na promoção da atividade física.

Para este objetivo desenvolvemos uma revisão sistemática dos componentes implementados em intervenções comportamentais digitais para a manutenção do peso perdido que incidam na promoção da atividade física. Mais concretamente, categorizámos para cada estudo, e informados por ontologias e taxonomias já estabelecidas, cinco componentes fundamentais: as técnicas de mudança comportamental, os princípios teóricos que suportam a intervenção, os *Modos de Entrega*, a *Dose* da intervenção, e os aspetos de personalização.

Posteriormente, verificámos as relações entre as técnicas e todos estes componentes que são efetivamente descritas nos estudos identificados na nossa pesquisa. Desta forma pretendemos i) mapear as características das intervenções digitais, e ii) identificar potenciais falhas no desenho e /ou no reporte de componentes cruciais para o entendimento dos resultados das intervenções e também para a sua replicação.

Objetivo 2: Construção e validação transcultural de instrumento psicométrico relevante no enquadramento teórico da investigação NoHoW.

Identificámos a necessidade de desenvolver a escala *Goal Content for Weight Maintenance Scale* para avaliar o Conteúdo dos Objetivos para a gestão de peso (*Goal Content Theory*). Este construto psicológico remete para uma faceta crucial na motivação humana prevista pela Teoria da autodeterminação e que não dispunha de instrumento validado no contexto da gestão do peso. Como revisto anteriormente, segundo esta subteoria podemos discernir dois tipos de objetivos, intrínsecos ou extrínsecos, que terão impacto diferente no desenvolvimento de uma motivação de melhor qualidade. Por exemplo, objetivos intrínsecos para a manutenção do peso desenvolvem-se internamente e têm uma relação positiva com a satisfação pessoal, como por exemplo o desenvolvimento de novas capacidades ou melhorar a saúde e bem-estar físico e psicológico. Por contraste, objetivos extrínsecos para a manutenção do peso, como a aparência física em contextos sociais ou a satisfação de uma expectativa externa ao indivíduo (e.g., do médico) podem prejudicar a satisfação das necessidades psicológicas básicas. Sendo este constructo conceptualmente diferente à regulação motivacional (que pergunta sobre “o porquê” do comportamento) a avaliação psicométrica dos conteúdos dos objetivos (pergunta sobre “o quê” do comportamento) é de extrema relevância em intervenções comportamentais com foco na gestão do peso a longo prazo. De facto, só medindo este construto podemos perceber se uma intervenção teve impacto no desenvolvimento de objetivos intrínsecos ao longo de uma intervenção.

Objetivo 3: Analisar as dinâmicas dos mecanismos de ação hipotetizados no modelo lógico da investigação NoHoW e a forma como essas alterações predizem as oscilações nos parâmetros de atividade física de intensidade moderada-a-vigorosa a longo prazo (12 meses) em adultos que tentam manter a sua perda de peso.

A inovação trazida por este estudo passa pela mobilização de um modelo lógico definido à-priori que hipotetiza as ligações entre os mecanismos de ação e os seus efeitos mediadores

em parâmetros de atividade física medidos objetivamente durante 12 meses através de um dispositivo comercial (Fitbit Charge 2 – Anexo 1) que utiliza um acelerómetro para medir passos e a atividade física moderada-a-vigorosa. Para realizar este objetivo iremos testar o modelo lógico recorrendo a análises estatísticas através de mediação serial em várias fases: i) o clima de tratamento da intervenção digital percebido (de suporte à autonomia) irá ter impacto nos objetivos intrínsecos para a manutenção de peso e também na satisfação das necessidades básicas; ii) o desenvolvimento de objetivos mais intrínsecos e a satisfação das necessidades psicológicas básicas irão promover o desenvolvimento da motivação autónoma; iii) o desenvolvimento de uma motivação de maior qualidade (i.e., autónoma) irá reforçar as capacidades autorregulatórias, como a automonitorização, os planos de ação e os planos de *coping*; iv) que por sua vez promoverão um aumento dos níveis de atividade física de intensidade moderada-a-vigorosa. Esta é uma iniciativa de investigação não incluída nas análises principais previstas pelo consórcio NoHoW.

Estrutura da Tese

A presente Tese de Doutoramento pretende investigar e aprofundar o conhecimento atual sobre intervenções digitais para a mudança comportamental, mais especificamente, intervenções baseadas nas teorias comportamentais que promovam um aumento dos níveis de atividade física de intensidade moderada-a-vigorosa em contexto de manutenção do peso perdido. Para este efeito, foram desenvolvidos esforços para ir ao encontro dos nossos objetivos através da elaboração de três estudos:

- Estudo 1: Revisão sistemática da literatura para a identificação dos componentes de intervenção integrados nas intervenções digitais de suporte à manutenção de peso através da promoção da atividade física e identificar as lacunas existentes na literatura;

- Estudo 2: Construção e validação de um questionário de avaliação dos conteúdos dos objetivos de manutenção de peso, enquadrado na Teoria da Autodeterminação;

- Estudo 3: Investigar no âmbito de uma intervenção digital de apoio à manutenção do peso perdido, quais são os mecanismos psicológicos motivacionais e autorregulatórios (e suas relações e influências) envolvidos no processo de promoção da atividade física a longo prazo (passos e atividade física moderada-a-vigorosa de 6 a 12 meses).

Secção Empírica

Estudo #1: What goes on in digital behaviour change interventions for weight loss maintenance targeting physical activity: A Scoping Review

Estudo #2: Development and Cross-Cultural Validation of the Goal Content for Weight Maintenance Scale (GCWMS)

Estudo #3: Testing motivational and self-regulatory mechanisms of action on objectively measured physical activity in the context of a weight loss maintenance digital intervention: a secondary analysis of the NoHoW Trial

Estudo #1

What goes on in digital behaviour change interventions for weight loss maintenance targeting physical activity: A Scoping Review

Original Paper

Authors: Jorge Encantado^{1,2}, António L. Palmeira³, Carolina C. Silva⁴, Falko F. Sniehotta^{5,6}, R. James Stubbs⁷, Maria João Gouveia², Pedro J. Teixeira¹, Berit L. Heitmann^{8,9,10}, Marta M. Marques^{1,4,11}

Affiliations:

¹Centro Interdisciplinar para o Estudo da Performance Humana (CIPER), Faculdade de Motricidade Humana, Universidade de Lisboa, Cruz Quebrada, Portugal

²APPsyCI – Applied Psychology Research Center Capabilities & Inclusion, ISPA – Instituto Universitário, Lisboa, Portugal

³Centro de Investigação em Desporto, Educação Física, Exercício e Saúde (CIDEFES), Universidade Lusófona, Lisboa, Portugal

⁴Trinity College Dublin, ADAPT SFI Research Centre & Trinity Centre for Practice and Healthcare Innovation, College Green, Dublin 2, Ireland

⁵ Institute of Health & Society, Faculty of Medical Sciences, Newcastle University, Newcastle, United Kingdom and NIHR Policy Research Unit Behavioural Science

⁶University of Twente, Faculty of Behavioural, Management and Social Sciences, The Netherlands

⁷School of Psychology, Faculty of Medicine and Health, University of Leeds, Leeds, United Kingdom

⁸Research Unit for Dietary Studies at The Parker Institute Bispebjerg and Frederiksberg Hospital, Frederiksberg, Denmark

⁹The Department of Public Health, Section for General Medicine, University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark

¹⁰The Boden Institute of Obesity, Nutrition, Exercise & Eating Disorders at the University of Sydney, Sydney, Australia

¹¹Comprehensive Health Research Centre, NOVA Medical School, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal

Abstract

Background: Behavioural interventions for weight loss maintenance have shown beneficial effects for weight loss maintenance. While the digital upgrade of behavioural interventions brings an enormous potential to tackle public health challenges, there is limited knowledge about the components of these interventions, i.e., its content, delivery and the theoretical approaches.

Objective: To identify the core components of digital behaviour change interventions for weight loss maintenance targeting physical activity, in terms of: i) Behaviour Change Techniques; ii) Mechanisms of Action; iii) Modes of Delivery; iv) Dose; and v) Tailoring. In addition, the links between these components were investigated.

Methods: A literature search was performed in 5 electronic databases: PubMed; Embase; CINHAL; PsycINFO, and Web of Science. Two reviewers independently screened the identified articles and extracted data related with the study characteristics and behaviour change techniques, mechanism of action, mode of delivery, dose, and tailoring, using standardized classifications whenever available (e.g., behaviour change techniques taxonomy).

Results: Seventeen articles reporting eleven original studies were selected. Two studies were protocols, nine studies presented results for weight change and all but one showed no significant differences between the intervention and control groups. Eight studies (73%) provided adequate information on Behaviour Change Techniques. Five studies (45%) provided partial information about how the Behaviour Change Techniques were linked to mechanisms of action, and only one study (0.9%) described these links for all the techniques. Around half of the studies reported the modes through which behaviour change techniques were delivered. Descriptions of dose were present in most studies, but with minimal information. The use of tailoring approaches was mentioned in eight studies (73%), but descriptions of what was tailored and how were minimal.

Conclusions: The compilation of information regarding intervention components was difficult due to the lack of information and systematisation in reporting across papers. This is particularly true for the reporting of the links between behaviour change techniques and the other core intervention components. This information is crucial to help us understand in the context of behaviour change interventions what works or does not work, how it works and why.

Keywords: Digital behaviour change intervention; Weight loss maintenance; Physical activity; Behaviour Change Techniques.

Introduction

Obesity is related to an increased risk of development of major non-communicable diseases, namely cardiovascular diseases, type 2 diabetes, and some types of cancers [1,2]. A meta-analysis of worldwide weight control attempts (72 studies; n = 1,189,942) showed that 42% of adults from the general population and 44% from ethnic minority populations are trying to lose weight, and 23% reported trying to maintain their weight annually [3].

While behavioural interventions have shown beneficial effects in the short term in reducing weight, most people experience longer-term weight regain, hindering the health benefits associated with weight loss [4,5]. It is therefore crucial to implement behavioural interventions that successfully promote weight loss maintenance (WLM), i.e., intentional loss of weight of at least 10% of one's body weight that is successfully kept off for at least one year [6]. Besides healthy dietary behaviours, a core behaviour to be targeted in WLM interventions is physical activity (PA) [7,8]. It is documented that for every additional 10 mins of total PA there is a decrease in the risk of weight management lapses by 1% [9]. Further, physically active individuals (> 60 min of daily PA) with overweight seeking weight loss have a lower risk of lapse (5%) when compared with inactive individuals (12% risk) [9]. Recent reviews focusing on the strategies used by successful weight loss maintainers highlighted the beneficial role of PA [3,10].

Digital Behaviour Change Interventions (DBCIs), defined as coordinated sets of activities or products designed to change specified behavioural patterns (e.g., PA) of an individual, group or population through digital technology such as mobile apps, wearable technology (e.g., activity trackers) or websites [11], are a viable option for WLM as they have great potential to improve efficiency of behavioural interventions in the long term, with high reach, precision and scalability [12].

The literature of weight loss is extensive and findings on DBCIs are promising (e.g., [13-17]). However, in the context of WLM, there are fewer reviews and most report small effects of DBCIs with considerable between-study variability. In a recent review of systematic reviews [18], web-based interventions for weight loss and WLM were more effective than minimal or control conditions, but results were inconsistent across reviews that compared with

non-web-based interventions. Contrastingly, in the Hutchesson's and colleagues [19] systematic review including seven DBCIs for WLM, six studies (86%) did not find significant differences on pre- and post-intervention weight change between DBCIs and control (self-directed, no intervention, written materials or general health related messages). In another review by Beleigoli and colleagues [14] including 11 studies, sensitivity analysis showed that there was greater weight loss in the web-based intervention groups in comparison with non-technology intervention group in studies with less than 6 months follow-up (MD -2.13 ; 95% CI: -2.71 to -1.55), but no differences were found when follow-up exceeded 6 months (MD -1.7 ; 95% CI: -2.1 to 1.76).

To be able to develop and implement effective DBCIs for WLM, we need to identify what are the components included in these interventions and what is the evidence and the theoretical underpinnings of the choices made in the selection of these components. By components of behaviour change interventions, we are referring to: i) the intervention content i.e., the behaviour change techniques (BCT) that are implemented (e.g., goal setting) [20], ii) the theoretical principles that contextualize selected BCTs (e.g., self-efficacy) i.e. that are hypothesised to be the means by which given BCT influences behaviour [21], iii) their mode of delivery i.e. the way(s) through which the interventions are delivered (e.g., using an app) [22], iv) if the DBCI content is selected or modified based on characteristics of the population or context i.e. their tailoring or personalisation features [23], v) and the intensity with which the DBCI is being delivered [24]. A key element for replication and accumulation of evidence, is to have access to research studies that map these different components both conceptually and empirically so that one can understand the rationale for choosing a given mode of delivery for a given BCT and make informed choices in future trials.

The development of standardised classifications and descriptions of intervention components, through taxonomies and ontologies, facilitate the identification, description and reporting of the components of behaviour change interventions, facilitating comparison and accumulation of evidence. The Behaviour Change Techniques Taxonomy v1 is probably the best-known example [20] of a classification system describing the content of behaviour change interventions. Building on this work, the Human Behaviour-Change Project [11,23], proposed to develop a Behaviour Change Intervention Ontology to classify and organise other components of behaviour change interventions (such as the setting, delivery and behaviours), with the aim of creating automated evidence searching, synthesis and interpretation to answer

questions that are variants of “What works, compared with what, how well, with what exposure, with what behaviours (for how long), for whom, in what settings and why?”

To the best of our knowledge, systematic reviews of DBCIs targeting PA in WLM contexts [13-19,25-27] mainly report the efficacy of the included trials in changing the target behaviour and outcome. These reviews were not aimed at describing the components of behaviour change interventions systematically and in detail, except for BCTs. Further, they do not provide an overarching mapping of the links between the core components of the interventions. This approach can inform us about the current state of evidence and knowledge gaps in DBCIs targeting PA in WLM contexts.

Purpose of the scoping review

The aim of this scoping review was to identify and describe the core components of DBCIs for WLM targeting PA. Specifically, the objectives of the present review were to:

1. Identify the content of these interventions (i.e., which BCTs have been reported to be delivered), and how this content was reported to be delivered (mode of delivery, dose, and tailoring).
2. Identify the hypothesised theoretical principles (mechanisms of action) that support the choices for the content and delivery of the DBCIs.
3. Examine the links between these components that are reported in the literature and how these are described, i.e., if based on conceptual approaches and/or evidence.

Methods

This review is reported in accordance with the PRISMA extension for Scoping Reviews guidelines (PRISMA-ScR) [28]. The checklist and the protocol are both publicly available in the Open Science Framework repository ([OSF Repository Files](#)). The current scoping review is consistent with Arksey and O’Malley [29] guidelines by i) identifying the research question, ii) identifying relevant studies, iii) selecting studies in a systematic manner based on the inclusion criteria, iv) charting the data integrating numerical summary and qualitative thematic synthesis based on existing taxonomies and ontologies for DBCIs, and v) collating and reporting a narrative account of findings in two way: first for each component, and next, for the links between each component and the BCT.

Search strategy

A comprehensive literature search was conducted in 5 electronic databases: PubMed; Embase; CINHAL; PsycINFO, and Web of Science. Two reviewers (JE, CCS) independently screened the identified articles according to the predefined inclusion and exclusion criteria. In addition, we performed a manual cross-referencing of bibliographies cited in previous reviews [14,25,26,30]. The search strategy included terms related with i) the *concept* (DBCI designed to support weight loss maintenance, defined as interventions containing at least one component delivered via the internet) and ii) the *context* (DBCI for WLM targeting PA). The initial search was conducted in October 2019 and was updated in January 2021 (search terms and information on excluded studies are available at [Supplementary File 1](#)).

Eligibility criteria

Protocols and reports of intervention studies published in English and using any type of experimental designs were selected for this review. There were no restrictions with respect to the length of the intervention and assessment time point(s). Interventions had to explicitly report: i) using a digital or web-based component to deliver the intervention; ii) being aimed at WLM; iii) targeting PA as a main behavioural target; iv) include samples of adults (≥ 18 years old) who had lost weight prior to entering the study, i.e., adults in WLM process. Studies that included pregnant or post-partum women, individuals with eating disorders, major depressive or anxiety disorders, as well as individuals participating in interventions including surgical or pharmacological components were excluded.

Data charting process

Data was extracted and chartered independently by 2 researchers for all information for all articles included (JE, CCS). For most components, we used forms based on the guidelines for coding from the respective published taxonomies (BCTTv1), ontologies (MoD) and descriptions (MoAs, Dose). For tailoring and study characteristics we developed new forms. All of these were tested with 3 papers reporting 2 trials and calibrated before being applied to the remaining trials. Data was then verified by both researchers and when it was found incomplete for one entity in one researcher's charting table, both researchers verified this

incompleteness on the respective article and updated the table to ensure that no information was missing. Disagreements were decided through discussion and with the help of a third author (MM) when needed. Finally, all verified extracted information was organized and coded in a final charting table.

The information extracted was inserted in an excel format table with the indication of the exact part of the paper where the information could be found. All articles were assembled by study using the trial name and/or trial reference. The study characteristics extracted for each study were: i) bibliographic information (authors, year of publication, and reference), ii) country where the study took place, iii) sample characteristics (sample size, gender, age, body mass index), iv) study design, v) intervention characteristics (name, aim, length of intervention and follow-up), and vi) results for the outcomes of interest (weight, PA).

Further, the following characteristics were coded for its presence/absence:

- a. Behaviour Change Techniques (BCT): Labels and descriptions of BCTs were identified and extracted from the included studies and then coded using the Behaviour Change Techniques Taxonomy (v1) coding guidance [20]. This taxonomy provides an extensive list of 93 clearly labelled, well-defined BCTs, clustered into 16 exclusive groupings.
- b. Mechanisms of Action (MoA): Information on the theoretical principles were extracted using the list of mechanisms of action from Carey and colleagues [21]. This list includes 26 mechanisms of action taken from the 14 theoretical domains as described in the Theoretical Domains Framework [31] and the 12 most frequently occurring mechanisms derived from a set of 83 behaviour change theories [32].
- c. Mode of Delivery (MoD): Information about MoDs were extracted using the MoD Ontology v1 developed by Marques et al. [22]. This ontology presents a four-level hierarchical structure comprising 65 modes of delivery, organised by 15 upper-level classes: Informational, Environmental change, Somatic, Somatic alteration, Individual-based vs Pair-based vs Group-based, Uni-directional vs Interactional, Synchronous vs Asynchronous, Push vs Pull, Gamification, Arts feature.
- d. Dose: Information about dose was extracted based on the elements of intensity (what is the intensity with which the intervention is being delivered) described by

Dombrowski et al. [24]: duration of intervention, number of contacts, length of contacts, frequency, spacing (e.g., constant, variable), and sequencing of BCTs.

- e. Tailoring: In this scoping review we adopted a broad definition of tailoring from the Behaviour Change Intervention Ontology [23] that can capture other tailoring-related features such as personalisation and individualization - *the process by which a behaviour intervention is selected or modified based on characteristics of the population or context* [23]. For each study we coded, i) if the intervention used any features of tailoring, and ii) the description of the tailoring process.

First, information about overall use of BCTs, MoAs, MoD, Dose, and Tailoring components were extracted regarding the intervention conditions. Second, each BCT description was specifically screened and classified as including or not including information about the links with each component: MoAs, MoD, Dose, and Tailoring.

Information on extracted intervention characteristics was summarized and is presented in supplementary tables: Summary ([Supplementary File 2](#)), MoD ([Supplementary File 3](#)), and Dose ([Supplementary File 4](#)). Due to the methodological nature of the present review of mapping key constructs and their relationships and identify gaps in existing research, a qualitative approach was used to categorize the information in each category originated from the selected taxonomies and ontologies [20,22-24]. When suitable, a quantitative summary is presented using descriptive statistics. A “mapping” overview table was developed to summarize conclusions from the extracted information and to highlight the relationships between concepts of analysis (BCTs, MoAs, MoDs, Dose, and Tailoring). This approach was used to adequately summarize the intervention design decisions. The following criteria were used: the description of each BCT was extracted ([Supplementary File 5](#)) and analysed ([Supplementary File 6](#)) in terms of its implementation (reported or not); the link with MoA (reported or not); the link with MoD (reported or not); the link with Dose (reported or not); Tailoring components (if it was used or not). For each study we calculated the overall prevalence for each category based on BCTs descriptions.

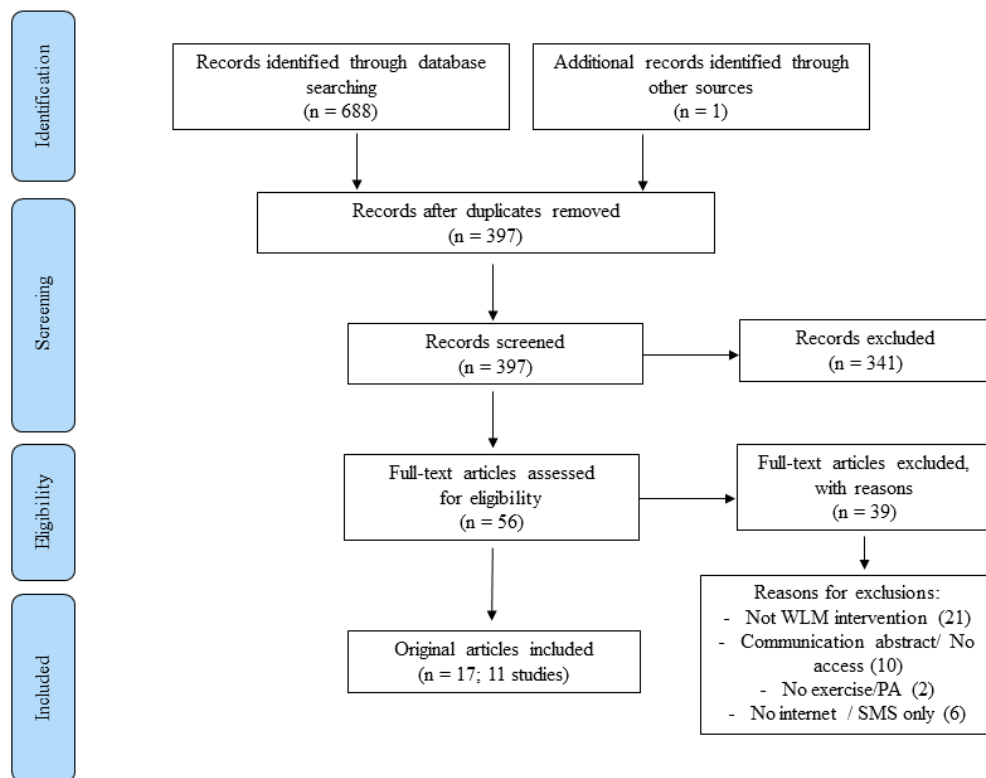
Results

Study characteristics

The literature search yielded a total of 688 articles (Pubmed $n = 64$; Web of Science $n = 242$; PsycInfo $n = 76$; Embase $n = 247$; CINHAL $n = 59$). Manual search returned 1 additional

article. Duplicates were removed, and abstracts were screened based on the predefined criteria of inclusion. Fifty-six articles were kept for full-text screening and 17 articles reporting on 11 studies were selected for this review (fig. 1).

Figure 1. Prisma flowchart



<http://prisma-statement.org/PRISMAStatement/FlowDiagram.aspx>

Study characteristics are summarized in table 1. From the selected articles, 7 were study protocols and 10 were intervention reports (i.e., reporting main effect or secondary analysis). One study was reported in 4 articles [33-36]. Two trials had only the protocol paper published at the moment of the submission of the current review [37,38]. All studies were RCTs of various types (i.e., parallel RCTs, factorial, etc.). About one third of the studies ($n = 4$, 36%) were part of larger trials containing an initial weight loss program. Most studies were conducted in English-speaking countries ($n = 9$, 82%). Sample size ranged from 49 [39] to 880 [35]

participants (median = 95). Duration of the studies ranged from 3 months [40] to 30 months [35] (median = 12). Results concerning weight change were reported in 9 of the 11 studies, the majority of which showed no significant differences between the intervention and control groups. The exception was the trial by Thomas and colleagues [39], in which the intervention group maintained an average weight loss of 10%, significantly greater than the comparative group. PA outcomes were reported in 6 interventions, of these three reported no significant differences between groups [41-43], 2 observed a decrease in PA in the group receiving DBCI in comparison to those receiving personal contact [35,44], and 1 study found a small significant difference in which the intervention group was significantly more physically active than the control group [45,46]. All studies focused on PA and dietary behaviour except Nakata et al. [43] that intervened on PA only.

Table 1. Study characteristics

Authors, year	Country	Name/Reference of the program	Design (type, arms)	Sample (N, Age M[SD], BMI, % Female)	Length of intervention (Follow-up)
Brindal et al., 2016; Brindal et al., 2019	Australia	Motimate	Parallel RCT (1 IG, 1 CG)	N = 88 Age = 45.1 (13.9) BMI = 20.9 to 60.8 75% female	3 months (3 months)
Collins et al., 2010; Collins et al., 2017	Australia	CTRN12610000197033	RCT (1 IG, 1 CG)	N = 227 Age = 42.3 (10.1) BMI = 30.4 (4.1) 56% female	12 months
Coughlin et al., 2013; Brantley et al., 2008; Funk et al., 2010; Stevens et al., 2008	United States of America	WLM Website BFS	RCT (2 IG, 1 CG)	N = 880 Age = 55.9 (8.7) BMI = 30.9 (4.7) 35.7% Female	30 months
Espel-Huynh et al., 2019	United States of America	Refresher Weight Loss	Pragmatic type 2 effectiveness - implementation hybrid design (2 IG, 1 CG)	NA	12 months
Evans et al., 2015; Sniehotta et al., 2019	United Kingdom	NuLevel	Randomized superiority trial (1 IG,	N = 288 Age = 41.8 (11.5) BMI = 30.9	12 months

			1 CG)	% female 77.5%	
Gerber et al., 2013	United States of America	Exercise Ur Faith	RCT (1 IG, 1 CG)	N = 88 Age = 50(8) BMI = 32.4 Female 100%	9 months
Leahey et al., 2016	United States of America	Providence	RCT (2 IG, 1 CG)	N = 75 Age = 48.5 (10.7) BMI = 31.5 (5.8) Female 85.3%	10 months
Nakata et al., 2019	Japan	UMIN	RCT (1 IG, 1 CG)	N = 95 Age = 55.9 (6.1) BMI = 28.3 (2.8) 62.1% Female	24 months
Scott et al., 2019	Denmark, Portugal, United Kingdom	NoHoW	2x2 RCT (3 IG, 1 CG)	NA	6 months (12 months)
Thomas et al., 2011	United Kingdom	Weight Loss Clinics	RCT (1 IG, 1 CG)	N = 49 Age = 44.7 (13.6) BMI = 32.9 (10) NR % female	6 months
Wing et al., 2008	United States of America	Stop Regain	RCT (2 IG, 1 CG)	N = 261 51.2 (10.1) 28.5 (4.8) 82% female	18 months

Note: Age M = Age mean; BMI = Body Mass Index; CG = Control group; IG = Intervention groups; NA = Not applicable; RCT = Randomized Controlled Trial

Behaviour Change Techniques

All studies reported the use of behavioural techniques (full details available in [Supplementary File 5](#)), although only 3 [38,40,46] reported using the BCTTv1 [20] to classify them. BCTs were described adequately in 8 studies ($n = 8$; 73%) whereas 3 studies did it for some BCTs but not for all. Overall, 36 BCTs were used across the studies. Some interventions implemented the same BCT multiple times, using more than 1 MoD (e.g., participants instructed to self-monitor outcomes of behaviour during a *face-to-face* contact or via *email*) or for different behaviours and/or health outcomes (e.g., implementing goal setting for *weight* or for *expended calories*). The study that reported using more BCTs was NuLevel (Sniehotta et al., 2019)(Sniehotta et al., 2019) [46], 10 times more ($n = 30$) than the study with the least

number of BCTs reported ($n = 3$) [38]. On average 12 BCTs were reported per study. The most frequently reported BCTs were *self-monitoring of outcome(s) of behaviour* ($n = 9$) and *prompts/cues* ($n = 8$). The BCTs *goal setting of behaviour* (PA), *self-monitoring of behaviour* (PA), *feedback on outcome of behaviour* (weight), and *social support (unspecified)* were reported in 7 studies. *Problem solving* and *feedback on behaviour* (PA) were reported in 6 studies. The remaining BCTs were dispersed across studies.

Mechanisms of Action

Overall, 20 hypothesised MoAs were reported across 7 studies ($n = 7$; 73%). The most frequently reported was *Behavioural Regulation* ($n = 7$; 64%) defined as the behavioural, cognitive and/or emotional skills for managing or changing behaviour [21], followed by *Social Influences* (i.e., interpersonal processes that can cause oneself to change one's thoughts, feelings or behaviours) ($n = 5$; 45%), and then by *Skills*, and *Environmental Context and Resources* each one reported in 4 studies ($n = 4$; 36%). The study with more theoretical principles reported was NuLevel [45] with 15, followed by Motimate [40] with 12. Next, with smaller numbers, the study by Scott and colleagues [38] reported 3 MoAs and Wing and colleagues [44] reported only 1. MoAs were not reported in 4 studies ($n = 4$; 36%) [37,39,42,43].

Modes of Delivery

Only 1 study was entirely digital and automated [38]. The other 10 studies also included non-automatic *distant human interaction* and four of these reported additional *face-to-face interaction* for delivering intervention content [35,39,46,47]. Most studies used mobile devices or desktop computers as a mean to deliver the intervention content ($n = 9$ desktop enabled; $n = 1$ mobile first [39]). The exception was the study by Gerber and colleagues [42], which used Home TV videos (DVR) to deliver the intervention content. The most frequently used form of communication was email ($n = 9$; 81%), followed by audio calls or messages ($n = 7$, 64%). Video call/messages were used in 3 studies (e.g., 1-minute videos with intervention content) (27%) [37,38,42] and text/instant messages were used in 3 others (27%) [40,45,48,49]. Only 3 studies provided wearable technology to monitor PA, i.e., activity monitors (27%; [38,43-45]), and 4 studies provided wireless weighing scales (36%; 38,43-45]). All but 1 study also provided a weighing scale to the control group [43]. Printed materials were included in 2 studies [44,45].

All interventions were delivered individually. In addition, 1 intervention included dyadic communication (i.e., peer support; [47]) and 2 others in person group sessions [35,47]. All studies used one-way interactions and mostly using asynchronous communication (e.g., email). Additionally, more than two thirds used synchronous and reciprocal interactions (e.g., phone calls) ($n = 8$; 73%). Most of the reviewed studies used push message ($n = 9$; 82%) or pull message ($n = 9$; 82%), either to communicate with the participants or to deliver reminders or behavioural prompts to report data, or to adhere to behavioural monitoring. Regarding the format of the content delivered, all studies used written content, 6 studies reported also using audio content (55%), and 3 studies included video content (27%). Images or visual elements were used by 55% of the included studies ($n = 6$), usually in the form of self-monitoring graphs. None of the interventions used gamification features. For full details please refer to [Supplementary File 3](#).

Dose

Information about the duration of the contacts and interactions was detailed in 5 studies (45%) [35,42,43,45,47]. The order of presentation of intervention content was reported in 2 studies [37,45] (full details in [Supplementary File 4](#)). The duration of delivery of each BCT was only reported in the NuLevel trial (10 minutes for each module of intervention) [45]. The frequency of delivery ranged from daily ($n = 4$; 36%), weekly ($n = 5$; 45%), and monthly contacts ($n = 5$; 45%).

Overall, the number of contacts was poorly reported, or insufficient details were provided. The “WLM Website BFS” intervention [35] reported 1 face-to-face orientation session and one reorientation group session at the 12th month; the “Motimate” intervention [40] reported to have 5 clinic visits over the period of 24 weeks; the NoHoW trial [38] was reported to have 26 automatically delivered emails; the study by Nakata and colleagues [43] reported 24 monthly personalized text messages; and Thomas and colleagues [39] reported that the Weight Loss Clinics study had twenty 6 email contacts with each participant plus 6 emails asking weight.

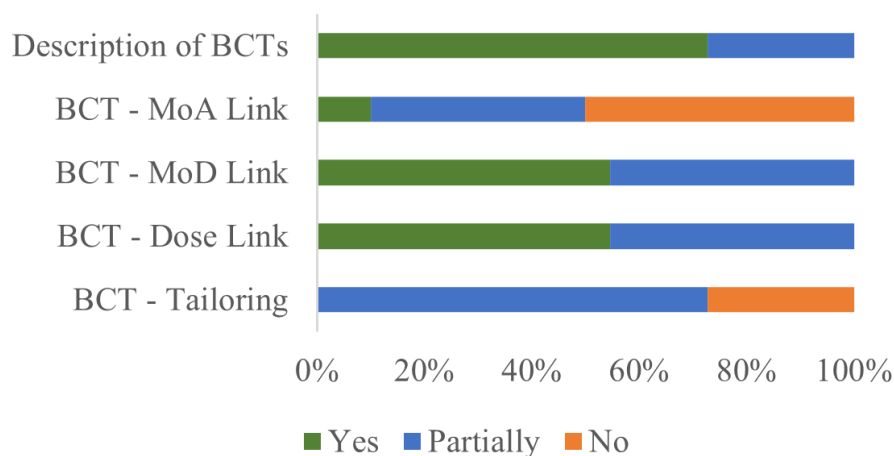
Tailoring

The use of tailoring was mentioned in 8 studies (73%), but descriptions of what was tailored and how it was tailored were minimal. Some studies used automated tailored feedback from reports or data retrieved from sensors, others provided tailored content based on weight related changes (e.g., traffic light system that triggers personalised content based on weight variation).

Links between Behaviour Change Techniques and other intervention components

Most of the studies reported to some extent the information on how BCTs were implemented (i.e., how they were translated into functionalities and content presented to users), what were the hypothesised theoretical principles, how they were delivered (MoD), and with what dose (Fig. 2; for full details see [Supplementary File 6](#)). However, a single study described the links between all BCTs and theoretical principles [45], 4 studies described it partially, but from these, 2 studies reported links for only a third of the used BCTs. This means that less than half of the studies reported some information about the link between BCTs and theoretical principles ($n = 5$, 45%).

Figure 2. Intervention components linkage



Even though the language used was not standardized across papers, we identified that 55% ($n = 6$) of the studies described the MoD for each BCT. However, the other 5 remaining studies did not describe it for all reported BCTs (Fig 2; for full information for each BCT please refer to [Supplementary File 6](#)). Frequency of delivery for all BCTs was reported in 6 studies (55%) (e.g., weekly, daily). Lastly, for tailoring, no study fully described the tailoring

procedures for all BCTs and the study with the best description considering all used BCTs was the NuLevel [45] (83%).

Discussion

This scoping review identified the various components used in digital behaviour change interventions for weight loss maintenance targeting physical activity. By systematically extracting and classify the intervention components from identified studies we aimed to provide an overview on the current state of DBCIs reporting, identify gaps in the literature, and provide new insights on the need to use formal ways of reporting intervention components to facilitate accumulation of evidence and inform future intervention development.

Half of the reported BCTs were reported on 2 studies. On the other hand, a small number of the 36 BCTs were considered essential to be implemented in DBCIs for WLM, for example, the *self-monitoring of outcomes of behaviour* BCT was used in 82% of the studies reviewed and the *prompts/cues* in 73%. Overall, there is a trend to favour the use of BCTs that are related to the Self-Regulation Theory, such as *goal setting of behaviour*, *self-monitoring of behaviour* and *feedback on outcome of behaviour* (included in 64% of the studies). This is consistent with the literature as self-monitoring is frequently associated with better weight management [50,51]. However, most studies did not provide monitoring technology and relied on self-reported data to monitor behaviours, define goals, and to provide feedback to participants. It is important to note that some BCTs in the context of weight management and PA would benefit greatly from the use of monitoring technology in terms of its automaticity and easiness, for example to self-monitor the behaviour (e.g., PA) or provide feedback on outcome of behaviour (e.g., weight).

Seven studies fully reported theoretical principles on intervention design but 2 just identified the underlying theory and did not provide further information on the hypothesised MoAs targeted by the intervention. Indeed, only 5 studies provided specific information about the links between the hypothesised MoAs and BCTs, that is, provided some extent of information on which MoAs were hypothesised to be impacted by the selected BCTs. Even though these relationships BCTs-MoAs are identified as fundamental to inform the intervention design and to understand why an intervention is effective in achieving the behavioural change targets, only a single study [45] provided proper detail on this.

It seems that the technological capabilities of DBCIs are not being used to its full potential as the studies relied heavily on static written content. Only 6 studies took advantage of audio features and only 3 used videos to deliver intervention content. This might be a result of the limits of the existing technology at the time of intervention development (about half the studies were published before 2015). There is great potential of the technological features available through digital platforms that allow enhanced user engagement and increased effectiveness in delivering complex and dynamic intervention techniques (e.g., individual, and contextual adaptation and tailoring). Optimization designs such as micro-randomized trials may contribute to harness all the potential of DBCIs by providing the means to test more granular aspects of each component of the intervention and further help to refine behaviour change theories and assigned intervention content [52].

Furthermore, papers reviewed did not systematise the information on the dose of the intervention. Few studies reported systematically the information about the number of modules or materials, and there were limited descriptions of the dose of the BCTs, i.e., when it was delivered, the frequency, and its intensity. Similarly, few studies reported unequivocally the number of contacts and/or the duration/length of each type of contact (email, text-message, phone call, etc). The only paper that described the intervention components with some detail and in a structured form (including almost all categories of the ontologies used in this review) was the NuLevel protocol [45].

Few studies reported on tailoring features, and from the studies using this feature, only a few explained the decision process of personalized feedback and prompts (e.g., [35]), going beyond the indication of the use of “personalized” or “tailored” or “individualized reports/feedback”. Only “NuLevel”, “NoHoW” and “Motimate” interventions broadly addressed the mechanics underlying the decisions of personalised feedback, there is a need for future studies to distinguish between automated feedback and human feedback (even if it is not face-to-face) and provide information about tailoring variables and the methods used for tailoring or personalisation (e.g., data-driven).

Finally, most studies compared digitally delivered interventions (either as a stand-alone MoD or as a complementary platform) against other types of traditional MoDs (group, phone call, consultation plus digital). The testing of the differential effects of various digital MoDs and the other components was not addressed by any study. On the other hand, while most studies clearly reported BCTs and in some cases used standardised guidelines, there were serious limitations in the reporting of other interventions components, namely the ways through

which the intervention content was delivered (i.e., MoDs) and its dose. In fact, very few studies systematically described the links between BCTs and the other intervention components. Intervention content underreporting undermines comparability across interventions and replication. Indeed, several researchers identified this gap before [53-55]. This was the first review with the specific intent to provide an overarching mapping of how these components are brought together in DBCIs for WLM targeting PA, to inform us about the current state of evidence beyond the effectiveness (Does it work?).

Strengths and Limitations

This scoping review main strength is the classification of DBCIs components in a systematic manner using recommended taxonomies and ontologies, therefore contributing to the identification of knowledge gaps, and improvement of intervention reporting and design. This work allowed us to pinpoint two main gaps in the DBCI literature. First, the difficulty in extracting information from published literature in a systematic and objective manner, given the heterogeneity with which intervention components are described. Second, even when the components of the DBCI were reported, the links between these components were not fully described. Whether the intervention is effective or not, with no information on these links between the components we cannot know with a sufficient degree of certainty why the intervention outputs are as they are. If the ultimate goal of DBCIs/Digital behavioural research is to understand *what works, for whom, when, and why*, we need, as researchers, to standardize methods of reporting interventions' components.

Because ontologies for Dose and for Tailoring are not yet available, we used existing frameworks to guide our analysis [24]. Tailoring and related approaches (e.g., personalisation) have been conceptualized and described in a vast body of literature in the health domain (e.g., in health communication [56,57]). Nonetheless, there is no standardized and agreed classification of the features associated with tailoring, personalisation and related approaches. This effort is currently being pursued by Human Behaviour Change Project working group [23,58]. This endeavour will allow for an update of our work in the future.

We conducted a literature search in different bibliographic databases as recommended. This search would have been more comprehensive if Medical Subject Headings (MeSH) terms had been used for the PubMed database. We decided not to use these terms due to the latency

with which articles are indexed to the Medical Subject Headings. Further, we only included published RCTs studies. Expanding this search to computer science databases (e.g., ACM Digital library), app libraries, and grey literature, could provide valuable information on how DBCIs are described in a different scientific field and to more detailed descriptions of interventions that are sometimes provided in unpublished documentation. Another limitation we would like to highlight is that it was out of the scope of this review to examine which components and/or links between components were associated with the effects of interventions. Nonetheless, the extensive data extraction conducted allowed us to verify that the limited number of interventions plus the limitation on the descriptions of its components would not allow us to conduct this analysis. Furthermore, we did not assess the methodological quality of the studies due to the nature of this review, focusing on the quality and congruence of the intervention content and components rather than the quality of the methodological procedures. Finally, in this review we coded information on behaviour change intervention components only from published study protocols and trial results, because we were interested in critically appraising what is reported in published literature. This may be considered a limitation since, as found in recent research [53], detailed information about intervention characteristics is sometimes only provided in unpublished sources e.g., trial manuals. To support replication and evidence accumulation, we appeal to researchers to make their protocols as detailed as possible when it comes to the components of their interventions and provide public access to the content of their interventions (e.g., DBCI modules) through open access platforms such as Open Science Framework [59].

Conclusions

This scoping review identified which core components of DBCIs for WLM focusing on PA are reported, which links between components and BCTs are reported, and the level of detail of these reporting procedures. This is one of the first efforts to systematically describe a vast range of components of these DBCIs and identify in which domains the intervention development and reporting procedures need more attention. By identifying the extent by which components are adequately described, and the heterogeneity of this reporting procedures across studies, this work contributes to expand our knowledge on what is being done regarding DBCIs for WLM and what needs to be improved in future studies.

Acknowledgements

All authors contributed to the review protocol. JEP, CCS and MMM conducted the searches, the screening, and the extraction of information from the selected papers. JEP and MMM drafted the manuscript. All authors reviewed and approved the manuscript.

Funding

Marta Marques is funded by a Marie-Sklodowska-Curie (EDGE) Fellowship programme (grant agreement No. 713567). This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 643309. The material presented and views expressed here are the responsibility of the author(s) only.

Conflicts of Interest

RJS consults for Slimming World through Consulting Leeds, which is a wholly-owned subsidiary of the university of Leeds. Slimming World was a former partner in NoHoW. MMM and GH has previously consulted for Slimming World, who was a former partner in NoHoW project. All other co-authors have no conflicts of interest to declare.

Abbreviations

BCT: Behaviour Change Techniques

DBCI: Digital Behaviour Change Intervention

MoA: Mechanisms of Action

MoD: Mode of Delivery

PA: Physical Activity

PRISMA-ScR: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Extension for Scoping Reviews

RCT: Randomized controlled trial

WLM: Weight loss maintenance

References

1. Abdelaal M, le Roux CW, Docherty NG. Morbidity and mortality associated with obesity. *Ann Transl Med.* 2017;5(7):161. doi:10.21037/atm.2017.03.107
2. Swinburn BA, Kraak VI, Allender S, et al. The Global Syndemic of Obesity, Undernutrition, and Climate Change: The Lancet Commission report. *Lancet.* Published online January 27, 2019. doi:10.1016/S0140-6736(18)32822-8
3. Santos I, Sniehotta FF, Marques MM, Carraça EV, Teixeira PJ. Prevalence of personal weight control attempts in adults: a systematic review and meta-analysis. *Obes Rev.* 2017;18(1):32-50. doi:10.1111/obr.12466
4. Butryn ML, Webb V, Wadden TA. Behavioral treatment of obesity. *Psychiatr Clin North Am.* 2011;34(4):841-859. doi:10.1016/j.psc.2011.08.006
5. Wadden TA, Tronieri JS, Butryn ML. Lifestyle modification approaches for the treatment of obesity in adults. *Am Psychol.* 2020;75(2):235-251. doi:10.1037/amp0000517
6. Wing RR, Tate DF, Gorin AA, Raynor HA, Fava JL. A self-regulation program for maintenance of weight loss. *N Engl J Med.* 2006;355(15):1563-1571. doi:10.1056/NEJMoa061883
7. Dombrowski SU, Knittle K, Avenell A, Araújo-Soares V, Sniehotta FF. Long term maintenance of weight loss with non-surgical interventions in obese adults: Systematic review and meta-analyses of randomised controlled trials. *BMJ: British Medical Journal.* 2014;348. doi:10.1136/bmj.g2646
8. Ulen CG, Huizinga MM, Beech B, Elasy TA. Weight Regain Prevention. *Clin Diabetes.* 2008;26(3):100-113. doi:10.2337/diaclin.26.3.100

9. Crochiere RJ, Kerrigan SG, Lampe EW, et al. Is physical activity a risk or protective factor for subsequent dietary lapses among behavioral weight loss participants? *Health Psychol.* 2020;39(3):240-244. doi:10.1037/hea0000839
10. Paixão C, Dias CM, Jorge R, et al. Successful weight loss maintenance: A systematic review of weight control registries. *Obes Rev.* Published online February 12, 2020. doi:10.1111/obr.13003
11. Michie S, Thomas J, Johnston M, et al. The Human Behaviour-Change Project: harnessing the power of artificial intelligence and machine learning for evidence synthesis and interpretation. *Implement Sci.* 2017;12(1):121. doi:10.1186/s13012-017-0641-5
12. Arigo D, Jake-Schoffman DE, Wolin K, Beckjord E, Hekler EB, Pagoto SL. The history and future of digital health in the field of behavioral medicine. *J Behav Med.* 2019;42(1):67-83. doi:10.1007/s10865-018-9966-z
13. Ballin M, Hult A, Björk S, Dinsmore J, Nordström P, Nordström A. Digital exercise interventions for improving measures of central obesity: a systematic review. *Int J Public Health.* Published online May 14, 2020. doi:10.1007/s00038-020-01385-4
14. Beileigoli AM, Andrade AQ, Cançado AG, Paulo MN, Diniz MDFH, Ribeiro AL. Web-Based Digital Health Interventions for Weight Loss and Lifestyle Habit Changes in Overweight and Obese Adults: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Med Internet Res.* 2019;21(1):e298. doi:10.2196/jmir.9609
15. Cotie LM, Prince SA, Elliott CG, et al. The effectiveness of eHealth interventions on physical activity and measures of obesity among working-age women: a systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews.* 2018;19(10):1340-1358. doi:10.1111/obr.12700
16. Lau Y, Chee DGH, Chow XP, Cheng LJ, Wong SN. Personalised eHealth interventions in adults with overweight and obesity: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Prev Med.* 2020;132:106001. doi:10.1016/j.ypmed.2020.106001
17. Sherrington A, Newham JJ, Bell R, Adamson A, McColl E, Araujo-Soares V. Systematic review and meta-analysis of internet-delivered interventions providing personalized feedback for weight loss in overweight and obese adults. *Obesity Reviews.* 2016;17(6):541-551. doi:10.1111/obr.12396

18. Sorgente A, Pietrabissa G, Manzoni GM, et al. Web-Based Interventions for Weight Loss or Weight Loss Maintenance in Overweight and Obese People: A Systematic Review of Systematic Reviews. *J Med Internet Res*. 2017;19(6):e229. doi:10.2196/jmir.6972
19. Hutchesson MJ, Rollo ME, Krukowski R, et al. eHealth interventions for the prevention and treatment of overweight and obesity in adults: a systematic review with meta-analysis. *Obes Rev*. 2015;16(5):376-392. doi:10.1111/obr.12268
20. Michie, Richardson M, Johnston M, et al. The behavior change technique taxonomy (v1) of 93 hierarchically clustered techniques: building an international consensus for the reporting of behavior change interventions. *Ann Behav Med*. 2013;46(1):81-95. doi:10.1007/s12160-013-9486-6
21. Carey RN, Connell LE, Johnston M, et al. Behavior Change Techniques and Their Mechanisms of Action: A Synthesis of Links Described in Published Intervention Literature. *Ann Behav Med*. 2019;53(8):693-707. doi:10.1093/abm/kay078
22. Marques MM, Carey RN, Norris E, et al. Delivering Behaviour Change Interventions: Development of a Mode of Delivery Ontology. *Wellcome Open Res*. 2020;5:125. doi:10.12688/wellcomeopenres.15906.1
23. Michie S, West R, Finnerty AN, et al. Representation of behaviour change interventions and their evaluation: Development of the Upper Level of the Behaviour Change Intervention Ontology. *Wellcome Open Res*. 2020;5:123. doi:10.12688/wellcomeopenres.15902.1
24. Dombrowski SU, O'Carroll RE, Williams B. Form of delivery as a key 'active ingredient' in behaviour change interventions. *British Journal of Health Psychology*. 2016;21(4):733-740. doi:10.1111/bjhp.12203
25. Asbjørnsen RA, Wentzel J, Smedsrød ML, et al. Identifying Persuasive Design Principles and Behavior Change Techniques Supporting End User Values and Needs in eHealth Interventions for Long-Term Weight Loss Maintenance: Qualitative Study. *J Med Internet Res*. 2020;22(11):e22598. doi:10.2196/22598
26. Dounavi K, Tsoumani O. Mobile Health Applications in Weight Management: A Systematic Literature Review. *Am J Prev Med*. Published online April 16, 2019. doi:10.1016/j.amepre.2018.12.005

27. Lustria MLA, Noar SM, Cortese J, Van Stee SK, Glueckauf RL, Lee J. A meta-analysis of web-delivered tailored health behavior change interventions. *J Health Commun.* 2013;18(9):1039-1069. doi:10.1080/10810730.2013.768727
28. Tricco AC, Lillie E, Zarin W, et al. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Ann Intern Med.* 2018;169(7):467-473. doi:10.7326/M18-0850
29. Arksey H, O'Malley L. Scoping studies: towards a methodological framework. *Int J Soc Res Methodol.* 2005;8(1):19-32. doi:10.1080/1364557032000119616
30. Ryan K, Dockray S, Linehan C. A systematic review of tailored eHealth interventions for weight loss. *DIGITAL HEALTH.* 2019;5:2055207619826685. doi:10.1177/2055207619826685
31. Cane J, O'Connor D, Michie S. Validation of the theoretical domains framework for use in behaviour change and implementation research. *Implement Sci.* 2012;7:37. doi:10.1186/1748-5908-7-37
32. Michie S, West R, Campbell R, Brown J, Gainforth H. *ABC of Behaviour Change Theories (ABC of Behavior Change): An Essential Resource for Researchers, Policy Makers and Practitioners.* Silverback Publishing; 2014. <https://play.google.com/store/books/details?id=EIRyBgAAQBAJ>
33. Brantley P, Appel L, Hollis L, et al. Design considerations and rationale of a multi-center trial to sustain weight loss: the weight loss maintenance trial. *Clin Trials.* 2008;5(5):546-556. doi:10.1177/1740774508096315
34. Funk KL, Stevens VJ, Appel LJ, et al. Associations of Internet website use with weight change in a long-term weight loss maintenance program. *J Med Internet Res.* 2010/07//Jul-Sep, 2010;12(3):70-80. doi:10.2196/jmir.1504
35. Coughlin JW, Gullion CM, Brantley PJ, et al. Behavioral Mediators of Treatment Effects in the Weight Loss Maintenance Trial. *Ann Behav Med.* 2013;46(3):369-381. doi:10.1007/s12160-013-9517-3
36. Stevens VJ, Funk KL, Brantley PJ, et al. Design and implementation of an interactive website to support long-term maintenance of weight loss. *J Med Internet Res.* 2008;10(1):e1. doi:10.2196/jmir.931

37. Espel-Huynh HM, Wing RR, Goldstein CM, Thomas JG. Rationale and design for a pragmatic effectiveness-implementation trial of online behavioral obesity treatment in primary care. *Contemp Clin Trials*. 2019;82:9-16. doi:10.1016/j.cct.2019.05.003
38. Scott SE, Duarte C, Encantado J, et al. The NoHoW protocol: a multicentre 2x2 factorial randomised controlled trial investigating an evidence-based digital toolkit for weight loss maintenance in European adults. *BMJ Open*. 2019;9(9):e029425. doi:10.1136/bmjopen-2019-029425
39. Thomas D, Vydelingum V, Lawrence J. E-mail contact as an effective strategy in the maintenance of weight loss in adults. *J Hum Nutr Diet*. 2011;24(1):32-38. doi:10.1111/j.1365-277X.2010.01123.x
40. Brindal E, Hendrie GA, Freyne J. Combining Persuasive Technology With Behavioral Theory to Support Weight Maintenance Through a Mobile Phone App: Protocol for the MotiMate App. *JMIR Res Protoc*. 2016;5(1):e5. doi:10.2196/resprot.4664
41. Brindal E, Hendrie GA, Freyne J, Noakes M. A Mobile Phone App Designed to Support Weight Loss Maintenance and Well-Being (MotiMate): Randomized Controlled Trial. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2019;7(9):e12882. doi:10.2196/12882
42. Gerber BS, Schiffer L, Brown AA, et al. Video telehealth for weight maintenance of African-American women. *J Telemed Telecare*. 2013;19(5):266-272. doi:10.1177/1357633X13490901
43. Nakata Y, Sasai H, Tsujimoto T, Hashimoto K, Kobayashi H. Web-based intervention to promote weight-loss maintenance using an activity monitor: A randomized controlled trial. *Prev Med Rep*. 2019;14:100839. doi:10.1016/j.pmedr.2019.100839
44. Wing RR, Papandonatos G, Fava JL, et al. Maintaining large weight losses: The role of behavioral and psychological factors. *J Consult Clin Psychol*. 2008;76(6):1015-1021. doi:10.1037/a0014159
45. Evans EH, Araujo-Soares V, Adamson A, et al. The NULevel trial of a scalable, technology-assisted weight loss maintenance intervention for obese adults after clinically significant weight loss: study protocol for a randomised controlled trial. *Trials*. 2015;16:421. doi:10.1186/s13063-015-0931-7
46. Sniehotta FF, Evans EH, Sainsbury K, et al. Behavioural intervention for weight loss maintenance versus standard weight advice in adults with obesity: A randomised controlled

- trial in the UK (NULevel Trial). *PLoS Med.* 2019;16(5):e1002793. doi:10.1371/journal.pmed.1002793
47. Leahey TM, Fava JL, Seiden A, et al. A randomized controlled trial testing an Internet delivered cost-benefit approach to weight loss maintenance. *Prev Med.* 2016;92(SI):51-57. doi:10.1016/j.ypmed.2016.04.013
48. Collins CE, Morgan PJ, Jones P, et al. Evaluation of a commercial web-based weight loss and weight loss maintenance program in overweight and obese adults: a randomized controlled trial. *BMC Public Health.* 2010;10:669. doi:10.1186/1471-2458-10-669
49. Collins CE, Morgan PJ, Hutchesson MJ, Oldmeadow C, Barker D, Callister R. Efficacy of Web-Based Weight Loss Maintenance Programs: A Randomized Controlled Trial Comparing Standard Features Versus the Addition of Enhanced Personalized Feedback over 12 Months. *Behav Sci.* 2017;7(4):76. doi:10.3390/bs7040076
50. Frie K, Hartmann-Boyce J, Jebb S, Oke J, Aveyard P. Patterns in Weight and Physical Activity Tracking Data Preceding a Stop in Weight Monitoring: Observational Analysis. *J Med Internet Res.* 2020;22(3):e15790. doi:10.2196/15790
51. Noah B, Keller MS, Mosadeghi S, et al. Impact of remote patient monitoring on clinical outcomes: an updated meta-analysis of randomized controlled trials. *NPJ Digit Med.* 2018;1:20172. doi:10.1038/s41746-017-0002-4
52. Collins LM. Optimization of Behavioral, Biobehavioral, and Biomedical Interventions: The Multiphase Optimization Strategy (MOST). Springer; 2018. <https://play.google.com/store/books/details?id=kUtLDwAAQBAJ>
53. de Bruin M, Black N, Javornik N, et al. Underreporting of the active content of behavioural interventions: a systematic review and meta-analysis of randomised trials of smoking cessation interventions. *Health Psychol Rev.* Published online 2020:1-19. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17437199.2019.1709098>
54. Michie S, Prestwich A. Are interventions theory-based? Development of a theory coding scheme. *Health Psychol.* 2010;29(1):1-8. doi:10.1037/a0016939
55. Knittle K. We cannot keep firing blanks - yet another appeal for improved RCT reporting: commentary on Peters, de Bruin and Crutzen. *Health Psychol Rev.* 2015;9(1):34-37. doi:10.1080/17437199.2014.900721

56. Kreuter MW, Farrell DW, Olevitch LR, Brennan LK. Tailoring Health Messages: Customizing Communication with Computer Technology. Routledge; 2013.
57. Hawkins RP, Kreuter M, Resnicow K, Fishbein M, Dijkstra A. Understanding tailoring in communicating about health. *Health Educ Res.* 2008;23(3):454-466. doi:10.1093/her/cyn004
58. Marques MM. Development of an Ontology of Tailoring of Behaviour Change Interventions. Presented at the: Centre for Behaviour Change Online Conference; September 2020; University College of London. <https://osf.io/8tx43/>
59. OSF. Accessed April 5, 2021. <https://osf.io/>

Estudo #2

Development and Cross-Cultural Validation of the Goal Content for Weight Maintenance Scale (GCWMS)

Authors: Encantado, Jorge^{1,2}, Marques, Marta Moreira³, Palmeira, António, Labisa^{1,4}, Sebire, Simon J.⁵, Teixeira, Pedro Jorge¹, Stubbs, Richard James⁶, Heitmann, Berit Lilienthal⁷⁻⁸, Gouveia, Maria João²

Affiliations:

¹ Interdisciplinary Centre for the Study of Human Performance (CIPER), Faculty of Human Kinetics, University of Lisbon, Lisbon, Portugal

² APPsyCI – Applied Psychology Research Center Capabilities & Inclusion; ISPA - University Institute

³ Trinity College Dublin, ADAPT Centre & Trinity Centre for Practice and Healthcare Innovation, College Green, Dublin 2, Ireland

⁴ Faculty of Physical Education and Sport (ULHT), Lisbon, Portugal

⁵ Centre for Exercise, Nutrition & Health Sciences, School for Policy Studies, University of Bristol, Bristol, United Kingdom

⁶ School of Psychology, Faculty of Medicine and Health, University of Leeds, Leeds, United Kingdom

⁷ Research Unit for Dietary Studies at The Parker Institute Bispebjerg and Frederiksberg Hospital, part of the Copenhagen University Hospital – The Capital Region, Denmark

⁸ The Department of Public Health, Section for General Medicine, University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark

Abstract

Purpose Long-term weight management requires sustained engagement with energy balance related behaviours. According to Self-Determination Theory, behaviour goals can support or undermine motivation depending on the quality of their content (i.e., extrinsic and intrinsic motivation). This study aimed to develop and validate the Goal Content for Weight loss Maintenance Scale (GCWMS). **Method** The GCWMS was administered to 1511 participants who had achieved clinically significant weight losses and were taking part in a large weight loss maintenance study: the NoHoW Trial (ISRCTN88405328). The scale derived from two well-established questionnaires regarding exercise goals. Construct validity was examined for 4 theory-driven domains: *Health Management*, *Challenge*, *Image*, and *Social Recognition*. Split-sample Confirmatory Factor Analysis was conducted to test the factorial validity and multi-group measurement invariance (configural, metric, scalar, and residual invariance). The reliability estimates were also assessed, and discriminant validity was evaluated using 2 conceptually related questionnaires. **Results** The first analysis showed a poor fit of the original factorial structure. Subsequent investigation with a new specified model indicated close fit to the data after removal of 3 items $\chi^2(58) = 599.982; p < .001; \chi^2/df = 10.345; CFI = .940; GFI = .941; SRMR = .063; RMSEA = .079 (LL = .073; UL = .084)$. Good internal consistency was achieved in all subscales ($\alpha > .775$), convergent and divergent validity were verified through associations with other theoretical related constructs. Findings from multi-group invariance test demonstrated that the specified model of GCWMS achieved full measurement invariance for gender but did not support residual invariance across countries. **Conclusions** Findings support the hypothesised four-dimension structure of the GCWMS, confirming reliability and multi-group invariance in factor structure. Analysis also support valid group means comparisons on latent factors at gender and at cross-cultural level. Ways to improve the quality of the scale are discussed.

Level of Evidence: Level V. Cross-sectional descriptive

Authorship: The order of authorship is as follows: Encantado, Jorge; Marques, Marta M.; Palmeira, António L.; Sebire, Simon J.; Teixeira, Pedro J.; Stubbs, R. James.; Heitmann, Berit L.; Gouveia, Maria J.

Acknowledgements: The authors would like to thank the partners in the NoHoW consortium for input and translation of the scale into Portuguese and Danish, and Ipsos MORI for building the online survey and recruitment of the sample.

Conflict of Interest: Competing interests: R. James Stubbs consults for Slimming World through the University of Leeds. Marta Marques also conducted consultancy work with Slimming World. Slimming World were a partner of the project to aid recruitment within the UK but will not be involved in the analysis and interpretation of the trial.

Funding: The presented work had financial support from European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 643309. The NoHoW project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under Grant agreement no. 643309. The material presented and views expressed here are the responsibility of the author(s) only. The EU Commission takes no responsibility for any use made of the information set out. Marta M. Marques is funded by a Marie-Sklodowska-Curie Fellowship (EDGE program; grant agreement No. 713567).

Ethical approval: All procedures performed in studies involving human participants were in accordance with the ethical standards of the institutional and/or national research committee and with the 1964 Helsinki declaration and its later amendments or comparable ethical standards.

Informed consent: Informed consent was obtained from all individual participants included in the study.

Keywords

Factorial validity; Weight Loss Maintenance; Motivation; Self-determination theory; Questionnaire.

Introduction

Overweight and obesity increase the risk of developing type 2 diabetes [1], cardiovascular disease [2], cancer [3], among other conditions. Despite efforts to lose and maintain weight loss, weight regain after considerable weight loss is often reported [4-6]. Modifiable energy-balance behaviours, such as a healthy diet and physical activity are crucial for weight loss and weight maintenance [7, 8].

Behavioural interventions focusing on diet and physical activity show beneficial effects for at-risk populations [9,10] and there is now a reasonably robust evidence-base for the effectiveness of theory-based behavioural change interventions, focusing on individual and social factors [11-13] (for a review: [14]). Recent systematic reviews have reported evidence that increasing levels of autonomous motivation, self-regulation skills and self-efficacy mediated long-term weight management in lifestyle interventions (e.g. [15,16]) and interventions based on Self-determination theory (SDT) are designed to include these components. SDT literature seems to give promising guidance to the explanation of long-lasting health-related behaviours [17-19], including those relevant for weight management [20] and long-term exercise among women [21].

Goal content from the perspective of self-determination theory

Self-determination theory [22] posits that humans have three innate psychological needs that are required for psychological growth: the need for Autonomy, or the experience of authorship, volition and integrity of one's actions; the need for Competence or the feeling of being effective in responding to challenges, and the need for Relatedness, or the sense of belonging and being cared for. To nourish psychological needs, need-supportive social environments are crucial when striving for behaviour change. However, different health goals provide different motivational energy towards health behaviours such as physical activity or healthy eating.

In goal content theory (a sub-theory in SDT) these behavioural goals are therefore defined as intrinsic or extrinsic based on the nature of their content (e.g., to improve health *vs* to improve image [23, 24]) and each kind of goal may relate differently to the satisfaction of the basic psychological needs (e.g., [25]). For instance, intrinsic goals are developed from within the individual and are more likely to satisfy psychological needs, for example “to seek out novelty and challenges, to extend and exercise one’s capacity to explore and to learn” [22

(pp 70)]. In contrast, extrinsic goals have an outward instrumental orientation typically focussed on attaining external indicators of worth and are not related to or might undermine psychological need satisfaction (e.g., wealth, possessions, appearance) [26]. The definition of intrinsic and extrinsic goals (the “what” of the behaviour) is conceptually different to the behavioural regulation that motivates people towards that goal which can vary from being highly autonomous to highly controlled (the “why” of the behaviour; for a review see [22, 27]).

The measurement of goal content [intrinsic vs. extrinsic] is critical to understand the relationships between goals, behavioural regulations, health behaviours and long-term psychological well-being [28]. The content of people’s goals when pursuing weight loss maintenance is an important but understudied area related to the maintenance of energy balance behaviours over time (i.e. physical activity and healthy eating). Some advancements have been made in the development of self-reported measures to assess goal content. For example, the Goal Content for Exercise Questionnaire [29] evaluates three intrinsic (i.e., Skill Development, Social Affiliation and Health Management) and two extrinsic (i.e., Social Recognition and Image) exercise goals and previous work reported positive association between intrinsic goals and exercise engagement and psychological well-being (e.g., [27]).

Furthermore, we aimed at confirming measurement invariance and cross-cultural generalizability. According to Sue [30], cross-cultural comparisons that allow to test the equivalence of the results of a psychometric instrument is a fundamental approach to test the cross-cultural applicability of theories and models. To test measurement invariance is key when using psychological measures in group comparison such as countries with different languages and cultural background, as it exposes the degree to which items response patterns are preserved and maintain their meaning across all the tested groups [31,32]. Simply put, using a non-invariant measure to compare different groups is worthless because the instrument will perform differently across groups. This way, one may misinterpret mean differences [33] that will have a detrimental impact when testing the efficacy of interventional trials with large multi-country samples. When measurement invariance is not met it may reflect differential functioning of the measure across the different groups rather than the intended differences on the construct that is being measured [31]. Following this argument, because women are generally more concerned with weight loss maintenance related outcomes than men (e.g., body dissatisfaction) [34] we also investigated model measurement invariance across gender.

Within the context of a large European Trial (the NoHoW H2020 Trial), based on SDT theoretical framework, we assessed the conceptual structure of the motives for weight loss maintenance in order to understand if the intervention was effective in helping participants in this transition from extrinsic motives to intrinsic ones. The understanding of the motivational role of peoples' goals for weight loss maintenance may help the development of more effective interventions. From an SDT perspective, the present study developed an adapted instrument to assess the content of people's goals for maintaining weight loss.

Aims

The objectives of this study were to first develop the Goal Content for Weight Maintenance Scale (GCWMS), and second examine its psychometric properties by testing: 1) the factorial validity; 2) the measurement invariance across groups by comparing the stability of the factorial model in a large and diverse population of adults who have lost weight from three European countries – Denmark, Portugal, United Kingdom; 3) the internal consistency and capacity to discriminate the intrinsic and extrinsic goals as defined in SDT; and 4) the convergent and external validity by comparing with validated measures of behavioural regulation for exercise and eating.

Method

Participants

The data used for this validation procedure were collected in the context of the baseline data from a European Commission funded intervention project: the NoHoW Trial (trial registration number ISRCTN88405328). The NoHoW project [30] is testing a digital toolkit to support weight maintenance in 2 x 2 factorial randomised controlled trial in 1627 European adults (M Age = 44.01 ± 11.86; 68.7% women) from Denmark, Portugal and the United Kingdom, who achieved 5% weight loss, in the 12 months prior trial enrolment (more information about this project see [35]).

Following Hair and colleague's guidance [36] we chose to include only individuals with complete data in order to use the largest sample size possible without imputing values (73 individuals from 1627 were excluded). Multivariate outliers were detected through Mahalanobis distance and 43 observations reporting a relatively high D^2_M with a p value below

.001 were removed [37]. After data cleaning, the sample available for this study was 1511 individuals (M age = 44; SD = 11.9; 68.3% women; for complete information on descriptive statistics of the final sample after missing data and outlier removal please refer to supplementary file 1 [<https://osf.io/vfmgq/>]). Approximately 33.7% were from Portugal (N = 509; M Age = 40, SD = 9.7; 44.8 % women), 34.1% from the United Kingdom (N = 516; M Age = 44.7, SD = 13; 79.3% women), and 32.2% from Denmark (N = 486; M age = 47.4, SD = 11.4; 81.3% women). Full details on demographics per country available on supplementary file 1 (<https://osf.io/vfmgq/>).

Scale Development and Procedure

The GCWMS' items (see full original scale in supplementary file 2: <https://osf.io/5n9h2/>) were adapted from two well-validated and commonly used scales to assess goal content (Goal Content for Exercise Questionnaire [29]) and motives (Exercise Motives Inventory-2 [38]) for exercise. The original GCEQ was adapted to the weight loss maintenance framework by changing the stem (i.e., "I exercise to..." to "I manage my weight to....") and wording of the behaviour expressed in each item (i.e., "exerciser" to "healthy person"). However, the original 4 items tapping Skill Development are exercise specific and could not be adapted to weight loss maintenance. As such, 4 items focusing on challenge and skill development (i.e., "To give me goals to work towards") were used from the Exercise Motives Inventory-2 [38]. The initial item pool comprised 16 items addressing four types of goals that people may have to maintain their weight loss in a non-orthogonal model: *Challenge* and *Health Management* for intrinsic goals, and *Image* and *Social Recognition* for extrinsic goals.

These changes were conducted by a panel of specialists in the fields of psychology, psychometrics, obesity, and behaviour change. All items and instructions were then translated to Portuguese and Danish, and back-translated to English by an external company (Ipsos Mori) and then revised by the panel of specialists to ensure that content and meaning were preserved. The original GCEQ response format (1 to 7-point response scale, from *strongly disagree* to *strongly agree*), was used to allow participants to indicate the extent to which each item was important to them.

Data collection

Responses were taken via the Qualtrics™ online platform as part of the *NoHoW* trial; all participants provided signed, informed consent. Ethical approval was given by institutions involved in the study (Universities of Leeds [17–0082; 27 February 2017], Lisbon [17/2016; 20 February 2017] and Capital Region of Denmark [H-16030495, 8 March 2017]). All data were anonymised, and subjects were given a unique identification code. Information concerning data handling is available elsewhere [35].

Data analysis

We conducted confirmatory factor analysis procedures using the Maximum Likelihood estimation method to test validity and invariance of factorial structure within and across country and gender. More specifically, we intended with this study to 1) test for the factorial validity of the GCWMS for an European sample, 2) to cross-validate findings across a second independent European sample, and 3) to test for invariant factorial measurement and structure across gender (women/men) and country (Portugal/Denmark/United Kingdom) with a larger sample. To achieve this purpose, we analysed factorial adjustment indices, internal reliability, construct validity, and construct reliability. To test the factorial structure of GCWMS we cross-validated the modified model with split-sample data in a three-stage process. Firstly, a preliminary CFA was done using a randomly selected sub-sample of approximately half of the subjects of the Portuguese data set to test the factorial validity of the four-factor model regarding weight loss maintenance, because the original factorial structure was conceived in a different behavioural domain - exercise [29]. The Portuguese sample was used as it presented the most balanced number of men and women (44.8% women). Secondly, the second half of the Portuguese sample comprising the remaining participants was used to test independently the hypothesised changes to the model. Thirdly, the fit of the final model was examined in the full sample. Because large samples are susceptible to multivariate outliers, we first inspected the data for distribution of normality (kurtosis; skewness) and checked potential multivariate outliers and Mardia's coefficient for multivariate kurtosis (see supplementary file 3 for AMOS outputs: <https://osf.io/hs5aj/>). Because the value was superior to the multivariate normality recommended cut off (> 5.0) [39], we proceeded with Bollen-Stine bootstrap with 2000 samples for all analysis [40] and Spearman's rho as the correlation coefficient to test the strength of association between scale factors.

Confirmatory factor analysis was conducted using AMOS Version 25 [41]. Kline's references [37] were used to analyse univariate normality (skew index ≤ 3.0 ; kurtosis index ≤ 10.0). Good model fit cut-off values adopted are those proposed by Hair and colleagues [42] and Schumacker and Lomax [43] (samples with $N > 250$ and number of observed variables between 12 and 30): Chi-square test of model fit (χ^2/df) values less than 5 reflects a good model fit; Comparative Fit Index (CFI) values close to .90 or .95 reflects a good model fit; Goodness of Fit Index (GFI) values close to .90 or .95 indicates a good model fit; Standardized Root Mean Square Residual (SRMR) and Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) values below .05 indicate good fit and values between .05 to .08 with a CFI of .92 or higher indicate close model fit. Convergent validity was established by the Average Variance Extracted ($AVE \geq .50$; [42]) and internal consistency was assessed through Cronbach's Alpha ($\alpha \geq .70$) and Composite Reliability ($CR \geq .70$) [44]. We also evaluated the modification indices to identify potential model specifications ($MI < 10$) [39].

To test the degree of measurement invariance of the scale by gender and country we conducted the commonly used Likelihood Ratio Test (differences in Chi-square between two nested models), however it is sensitive to sample size [37] and change in CFI was the primary measure of invariance (models are equivalent when $\Delta CFI \leq .01$) [29,39,45]. Further, we checked for changes in $\Delta SRMR$ ($\leq .030$ for metric invariance; $\leq .010$ for scalar or residual invariance) and $\Delta RMSEA$ ($\leq .015$ for metric invariance, scalar and residual invariance) following Chen's guidelines [46]. We employed a sequential model testing approach where increasingly constrained models were specified and compared (i.e., model estimated freely across all groups simultaneously) to evaluate 1) configural invariance (Model 1; i.e., whether items were associated with the same constructs between groups); 2) metric invariance (Model 2; i.e., to test equivalence of the item loadings on the factors); and 3) scalar invariance (Model 3; i.e., to test equivalence of item intercepts, for metric invariant items); and 4) residual invariance (Model 4; i.e., to test equivalence of item residuals of metric and scalar invariant items) [47].

To examine external convergent validity, two other questionnaires were used to compare the potential correlations of goal content scores with measures of behavioural regulation: Behaviour Regulations for Exercise Questionnaire 3 (BREQ3 [48,49]) and Regulations for Eating Behaviour Scale (REBS [50]). The BREQ3 was originally developed to assess six different behavioural regulations for the exercise domain, as conceptualized in SDT.

The questionnaire contains 24 items using a seven-point Likert scale (*strongly disagree* to *strongly agree*) which measures amotivation, external regulation, introjected regulation, identified regulation, integrated regulation, and intrinsic motivation. The same six behavioural regulations for eating behaviour were assessed using the 18-item REBS with the same seven-point Likert scale. The BREQ3 and REBS subscale scores were aggregated to form scores for the second order latent factors of autonomous and controlled motivation for exercise and for eating behaviours, as proposed in SDT, that were subsequently used in the correlational analysis with the GCWMS factors. All BREQ3 and REBS latent factors displayed good internal consistency (BREQ3: Controlled Motivation $\alpha = .761$; Autonomous Motivation $\alpha = .948$; REBS: Controlled Motivation $\alpha = .742$; Autonomous Motivation $\alpha = .893$). Based on SDT literature we anticipated that intrinsic goals (*Challenge* and *Health Management*) would be more positively correlated with autonomous motivation for healthy eating and exercise than with controlled motivation, and extrinsic goals (*Image* and *Social Recognition*) would be more positively correlated with controlled motivation for healthy eating and exercise than with autonomous motivation.

Results

Confirmatory factor analysis

Following the recommended procedures for factorial validation [51] the first factorial analysis was conducted with a small subsample randomly extracted from the NoHoW Trial database. To reduce measurement errors, we extracted only participants from one country. The Portuguese was chosen because it had the most balanced number of participants from both genders (N = 509; M Age = 40 years, SD = 9.7 years; 44.8% women). Two samples were extracted (full details on demographics available on supplementary file 1: <https://osf.io/vfmgq/>): random sample 1 (N = 260; M Age = 39.9 years, SD years = 9.4; 44.2% women) and random sample 2 (N = 249; M Age = 40.1 years, SD 10.0 years; 45.4% women).

The original model (see model in supplementary file 3: <https://osf.io/hs5aj/>) was first tested in the random sample 1 and presented poor fit to the data: $\chi^2(98) = 455.310$; $p < .001$; $\chi^2/df = 4.646$; CFI = .857; GFI = .822; SRMR = .117; RMSEA = .119 (LL = .108; UL = .130). Modification indices for the regression weights revealed that Item 10 (“To be slim so to look attractive to others”) cross-loaded on *Social Recognition* (Item10←Social R.; MI = 58.439), suggesting that the respecification of the model by associating Item 10 also to the *Social*

Recognition factor would improve model fit. Modification indices also showed evidence of misspecification associated with errors variances of Item 9 (“To improve my overall health”) and Item 1 (“To increase my resistance to illness and disease”) that could reflect some degree of overlap in item content [39], as both belong to *Health Management* factor (err1↔err9; MI = 27.203).

To proceed with a second analysis, we included two additional parameters: i) the error covariance parameter between Item 9 and Item 1, and ii) specification of a cross-loading path that allowed Item 10 to load also on *Social Recognition* factor. When accounting for these changes in the model a review of the goodness-of-fit indices revealed better model fit ($\chi^2[96] = 318.359$; $p < .001$; $\chi^2/df = 3.316$; CFI = .911; GFI = .871; SRMR = .098; RMSEA = .095 [LL = .083; UL = .106]), still with room for improvement based on modification indices. There was evidence of item content overlap as suggested by the covariation of the error variance from Item 16 (“To measure myself against personal standards”), originally belonging to the *Challenge* intrinsic factor, with the error variance of the extrinsic items 14 (err16↔err14; MI = 22.733) and 15 (err16↔err15; MI = 30.431). There was also cross-loading of Item 16 on two theoretically incongruent extrinsic factors (Item16←Social R.; MI = 22.446; Item16←Image; MI = 39.853). Furtherly, this item revealed a low factor loading ($\lambda = .47$). Finally, Item 3 (“I manage my weight to be well thought of by others”) cross loaded on *Image* factor (Item3←Image MI = 14.146).

A second iteration was specified removing Item 16 and by specifying an additional parameter to allow the Item 3 to load also on *Image* factor. With the suggested changes (see each updated model iteration in supplementary file 3: <https://osf.io/hs5aj/>) we achieved an acceptable model fit with no further justification for additional specifications: $\chi^2(81) = 194.619$; $p < .001$; $\chi^2/df = 2.403$; CFI = .952; GFI = .917; SRMR = .070; RMSEA = .074 (LL = .060; UL = .087).

To confirm model adjustments, a second and independent analysis was conducted with the remaining half of the sample of the selected country (N = 260; M Age = 39.90; SD = 9.37; 44% women). The analysis in the new subsample revealed a marginal fit of the new hypothesized model ($\chi^2(81) = 216.811$; $p < .001$; $\chi^2/df = 2.677$; CFI = .937; GFI = .897; SRMR = .065; RMSEA = .082 [LL = .069; UL = .096]). Inspection of the modification indices indicated misspecification associated with error variances related to Items 3 and 10. Despite these items are both extrinsic, they were originally hypothesized as belonging to different

factors. Therefore, we decided to delete Item 3 and 10 due to recurrent cross-loading issues. The final model (see updated model iteration in supplementary file 3: <https://osf.io/hs5aj/>) presented reasonable fit to the data: ($\chi^2(58) = 145.031$; $p < .001$; $\chi^2/df = 2.501$; CFI = .949; GFI = .921; SRMR = .069; RMSEA = .078 [LL = .062; UL = .094]). Given the nonthreatening modification indices we saw no rational need for further model specification considering this the most parsimonious model to represent the data.

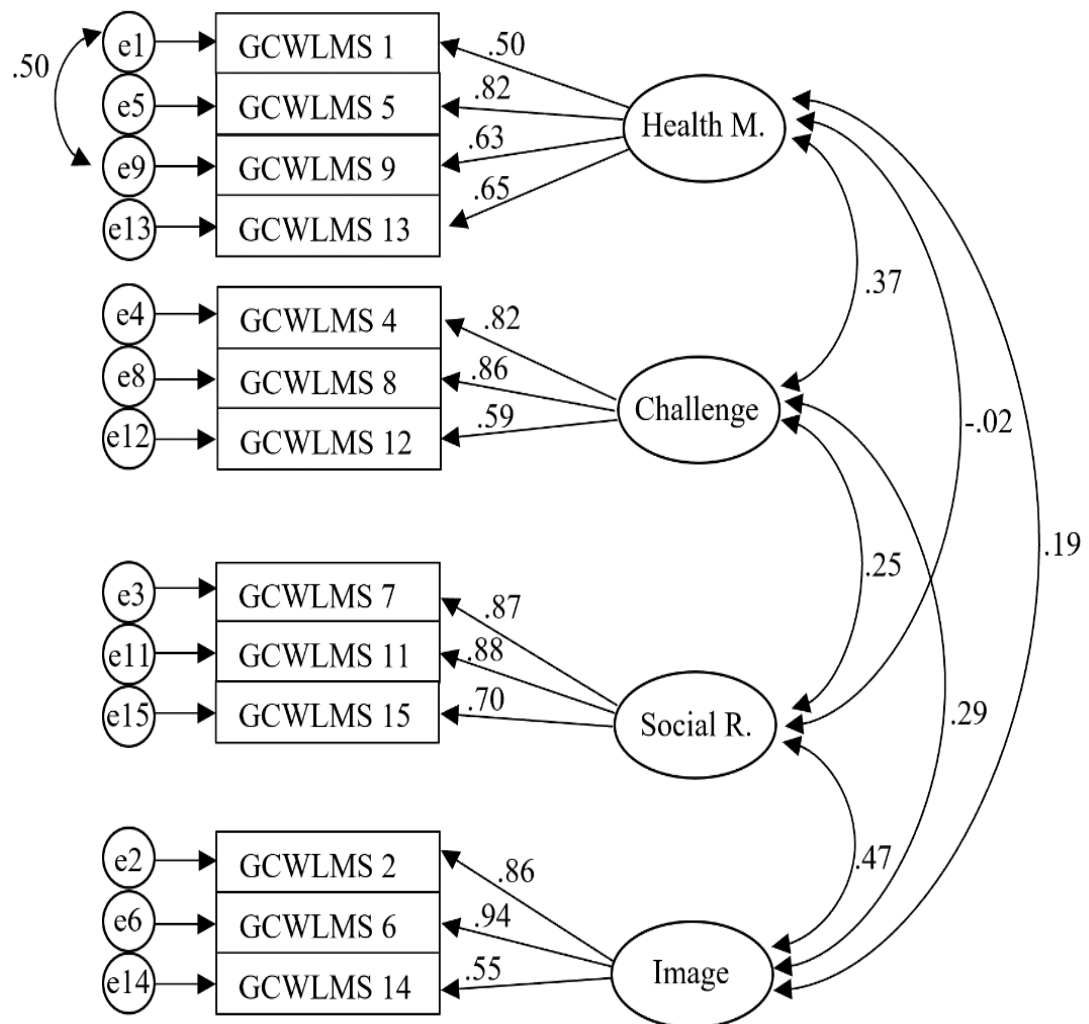
For the final step of factorial validity inspection (Table 1), we conducted a CFA on the final model (Figure 1) with the full sample of 1511 participants.

Table 1. Goodness-of-fit indices of the CFA model iteration process across samples.

Sample	Model	Modifications	χ^2/df	CFI	GFI	SRMR	RMSEA [LL; UL]
Random 1	Original	-	4.646	.857	.822	.117	.119 [.108; .130]
Random 1	1° Iteration	i10 cross loading	3.316	.911	.871	.098	.095 [.083; .106]
Random 1	2° Iteration	i16 removed; i3 cross loading	2.403	.952	.917	.070	.074 [.060; .087]
Random 2	2° Iteration	-	2.677	.937	.897	.065	.082 [.069; .096]
Random 2	3° Iteration	i3 and i10 removed	2.501	.949	.921	.069	.078 [.062; .094]
Full Sample	3° Iteration	-	10.345	.940	.941	.063	.079 [.073; .084]

Note. χ^2/df = Chi-square/degrees of freedom; CFI = Comparative Fit Index; GFI = Goodness of Fit Index; SRMR = Standardized Root Mean Square Residual; RMSEA = Root Mean Square Error Approximation; LL = Lower Limit; UL = Upper Limit.

Figure 1. Goal content for weight maintenance scale factor structure



The new factorial structure presented acceptable model fit to the data: $\chi^2(58) = 599.982$; $p < .001$; $\chi^2/df = 10.345$; CFI = .940; GFI = .941; SRMR = .063; RMSEA = .079 (LL = .073; UL = .084). All items present meaningful factor loadings (Table 2; $\lambda \geq .5$).

Table 2 Confirmatory factor analysis factor loadings.

	Health	Challenge	Social	Image
1. To increase my resistance to illness and disease	.50			
5. To increase my energy level	.82			
9. To improve my overall health	.63			
13. To improve my endurance, stamina	.65			
4. To give me goals to work towards		.82		
8. To give me personal challenges to face		.86		
12. To develop personal skills		.59		
7. To be socially respected by others			.87	
11. To gain favourable approval from others			.88	
15. So that others recognize me as a healthy person			.70	
2. To improve the look of my overall body shape				.86
6. To improve my appearance				.94
14. To change my appearance by altering a specific area of my body				.55

Reliability and Validity

Composite reliability and convergent validity indices are described in Table 3. The *Health Management* factor demonstrated convergent factorial validity with values slightly below the recommended level (Average Variance Extracted < .50) [36]. The intrinsic goals (*Health Management* and *Challenge*) showed significant moderate positive inter-correlation ($\rho = .37$; $p < .001$) as did the two extrinsic goals, (*Image* and *Social Recognition*; $\rho = .47$, $p < .001$). All other correlations are weak or null in accordance with theoretical predictions.

Table 3 Cronbach's Alpha [Diagonal], Spearman's Correlations [Below Diagonal], and Factorial Validity outcomes.

Factor		Health Management	Challenge	Social Recognition	Image	CR	AVE
Health Management	Spearman's Rho	[.775]	-	-	-	.75	.44
Challenge	Spearman's Rho	.374*	[.790]	-	-	.81	.59
Social Recognition	Spearman's Rho	-.024	.249*	[.854]	-	.86	.67
Image	Spearman's Rho	.186*	.288*	.470*	[.783]	.84	.64

Note. CR = Composite Reliability; AVE = Average Variance Extracted.

* $p < .001$, two-tailed.

Discriminant validity was examined through the associations between each goal and the conceptually related constructs from other motivational based scales (Table 4). In line with theoretical assumptions, the *Health Management* factor presented weak to moderate positive correlations with the autonomous motivation (BREQ rho = .29; $p < .001$; REBS rho = .37; $p < .001$) and the two extrinsic goal factors were weakly to moderately positively associated with controlled motivation assessed by BREQ (*Image* rho = .22; $p < .001$; *Social Recognition* rho = .41; $p < .001$) and REBS (*Image* rho = .27; $p < .001$; *Social Recognition* rho = .41; $p < .001$). The *Challenge* factor presented weak correlations both with autonomous and controlled motivation, albeit the latter presented higher values than expected (for full information please refer to supplementary file 4: <https://osf.io/t5pkb/>).

Table 4 Correlations between weight maintenance goal content and Autonomous and Controlled Motivation.

GCWLMS Factors		Autonomous Motivation		Controlled Motivation	
		Exercise	Eating behaviour	Exercise	Eating behaviour
Health M.	Spearman's Rho	.287*	.367*	.031	.011
Challenge	Spearman's Rho	.267*	.240*	.196*	.172*
Social R.	Spearman's Rho	-.034	.041	.413*	.407*
Image	Spearman's Rho	.074*	.102*	.217*	.269*

* $p < .001$, two-tailed.

Multi-group invariance - Gender

The measurement model invariance analysis results are presented in Table 5. The overall good fit of multigroup model of GCWLM ($\chi^2/df = 5.363$; CFI = .944; GFI = .940; SRMR = .063; RMSEA = .054 [LL = .050; UL = .058]) confirm goodness-of-fit for the configural model across participant gender (i.e., the same number of factors are present in each group and are explained by the same set of items). For metric invariance, goodness-of-fit results also showed evidence of well-fitting model with factor loadings specified to be invariant ($\chi^2/df = 5.184$; CFI = .942; SRMR = .062; RMSEA = .053). The difference in the Chi-square was significant but changes in fit indices were all below the suggested cut-off values ($\Delta CFI = -.002$; $\Delta SRMR = -.001$; $\Delta RMSEA = .001$), supporting the conclusion that factor loadings were operating similarly across men and women.

Next, we tested scalar invariance with variable intercepts and factorial loadings constrained to be equivalent across groups (Model 3). This model presented good fit to the data ($\chi^2/df = 4.914$; CFI = .942; SRMR = .062; RMSEA = .051). The test of Chi-square-difference between models was significant but the fit indices differences met the cut-off criteria for suggested fit indices ($\Delta CFI = .000$; $\Delta SRMR = .000$; $\Delta RMSEA = -.002$). Using the delta fit indices model comparison criteria, we are confident in asserting that GCWLM achieved scalar invariance for gender comparison, confirming that there is no differential scoring on each factor's items between men and women.

Final step was to test for residual invariance by restraining the item residuals to be equivalent between groups. The overall fit indices suggested acceptable fit to the data ($\chi^2/df = 4.985$; CFI = .935; SRMR = .062; RMSEA = .051) and differences when comparing to the scalar invariance model (Model 3) fit indices were all below the proposed cut off for residual invariance ($\Delta CFI = -.007$; $\Delta SRMR = .000$; $\Delta RMSEA = .000$). In line with proposed procedures and guidelines [32, 45, 47, 52] we have statistical evidence to assume that the GCWLM final model achieved full factorial invariance regarding gender.

Table 5 Scale invariance analysis showing fit statistics for the unconstrained model versus the constrained models [country and gender].

Model	χ^2 (df)	χ^2 /df	CFI	Δ CFI	SRMR	Δ SRMR	RMSEA	Δ RMSEA
Women	186.999 (58)	3.224	.955	-	.064	-	.068	-
Male	435.063 (58)	7.501	.939	-	.063	-	.079	-
M1: Configural invariance	622.051 (116)	5.363	.944	-	.063	-	.054	-
M2: Metric invariance	648.038 (125)	5.184	.942	-.002	.062	-.001	.053	.001
M3: Scalar invariance	663.392 (135)	4.914	.942	.000	.062	.000	.051	-.002
M4: Residual invariance	742.751 (149)	4.985	.935	-.007	.062	.000	.051	.000
United Kingdom	293.295 (58)	5.057	.922	-	.080	-	.089	-
Portugal	238.376 (58)	4.110	.950	-	.067	-	.078	-
Denmark	257.160 (58)	4.434	.930	-	.075	-	.084	-
Portugal – United Kingdom								
M1: Configural invariance	531.671 (116)	4.583	.937	-	.067	-	.059	-
M2: Metric invariance	569.916 (125)	4.559	.933	-.004	.071	.004	.059	.000
M3: Scalar invariance	591.282 (135)	4.380	.931	-.002	.076	.005	.057	-.002
M4: Residual invariance	787.660 (149)	5.286	.903	-.028	.081	.005	.065	.008
Portugal - Denmark								

M1: Configural invariance	495.538 (116)	4.272	.941	-	.075	-	.057	-
M2: Metric invariance	535.256 (125)	4.282	.936	-.005	.078	.003	.057	.000
M3: Scalar invariance	561.222 (135)	4.157	.934	-.002	.083	.005	.056	-.001
M4: Residual invariance	861.428 (149)	5.781	.889	-.045	.079	-.004	.069	.013
United Kingdom - Denmark								
M1: Configural invariance	550.454 (116)	4.745	.926	-	.075	-	.061	-
M2: Metric invariance	576.705 (125)	4.614	.923	-.003	.078	.003	.060	-.001
M3: Scalar invariance	610.533 (135)	4.522	.919	-.004	.087	.009	.059	-.001
M4: Residual invariance	660.382 (149)	4.432	.913	-.006	.088	.001	.059	.000

Note. χ^2 = chi-square; df = degrees of freedom; CFI = Comparative Fit Index; SRMR = Standardized Root Mean Square Residual; RMSEA = Root Mean Square Error Approximation

Multi-group invariance - Country

The individual country model fit indices and cross-cultural measurement invariance models' results are also compared in Table 5. Despite model fit for Denmark and for United Kingdom presented marginal fit, configural invariance (Model 1) presented good fit to the data for all country's comparisons (Portugal – United Kingdom: $\chi^2/df = 4.583$; CFI = .937; SRMR = .067; RMSEA = .059; Portugal - Denmark: $\chi^2/df = 4.272$; CFI = .941; SRMR = .075; RMSEA = .057; United Kingdom - Denmark: $\chi^2/df = 4.745$; CFI = .926; SRMR = .075; RMSEA = .061) supporting evidence for the same organization of the constructs for all three countries. Metric invariance indices presented acceptable model fit according to goodness-of-fit criteria (Portugal – United Kingdom: $\chi^2/df = 4.559$; CFI = .933; SRMR = .071; RMSEA = .059; Portugal - Denmark: $\chi^2/df = 4.282$; CFI = .936; SRMR = .078; RMSEA = .057; United Kingdom - Denmark: $\chi^2/df = 4.614$; CFI = .923; SRMR = .078; RMSEA = .060). Albeit, the differences in all Chi-square tests were significant, changes in CFI, SRMR, and RMSEA are below the assumed cut-off values (Portugal – United Kingdom: $\Delta CFI = -.004$; $\Delta SRMR = .004$; $\Delta RMSEA = .000$; Portugal - Denmark: $\Delta CFI = -.005$; $\Delta SRMR = .003$; $\Delta RMSEA = .000$; United Kingdom - Denmark: $\Delta CFI = -.003$; $\Delta SRMR = .003$; $\Delta RMSEA = -.001$) and following Cheung's and Rensvold's [45, 52] guidelines, there was statistical support for the assumption that GCWLM factors have the same meaning across the evaluated countries.

After restricting variable intercepts and factorial loadings concurrently to test scalar invariance, the multigroup models presented marginal acceptable fit to the data for all country's comparisons (Portugal – United Kingdom: $\chi^2/df = 4.380$; CFI = .931; SRMR = .076; RMSEA = .057; Portugal - Denmark: $\chi^2/df = 4.157$; CFI = .934; SRMR = .083; RMSEA = .056; United Kingdom - Denmark: $\chi^2/df = 4.522$; CFI = .919; SRMR = .087; RMSEA = .059). The test of Chi-square-difference between models were all significant but the fit indices differences between Model 3 (scalar invariance) and Model 2 (metric invariance) were all below the suggested cut-off values values (Portugal – United Kingdom: $\Delta CFI = -.002$; $\Delta SRMR = .005$; $\Delta RMSEA = -.002$; Portugal - Denmark: $\Delta CFI = -.002$; $\Delta SRMR = .005$; $\Delta RMSEA = -.001$; United Kingdom - Denmark: $\Delta CFI = -.006$; $\Delta SRMR = .001$; $\Delta RMSEA = .000$). Following recommended procedures and guidelines [32, 45, 47, 52] we assume that constraining the item intercepts among groups did not significantly affect the model fit and thus supporting evidence for scalar invariance (i.e., mean differences in the hypothesized constructs encapsulate all mean differences in shared variance of the items).

Lastly, residual invariance was tested (Model 4) and presented a poorer fit to the data for all country's comparisons (Portugal – United Kingdom: $\chi^2/df = 5.286$; CFI = .903; SRMR = .081; RMSEA = .065; Portugal - Denmark: $\chi^2/df = 5.781$; CFI = .889; SRMR = .079; RMSEA = .069; United Kingdom - Denmark: $\chi^2/df = 4.432$; CFI = .913; SRMR = .088; RMSEA = .059). Also, chi-square test differences were significant and CFI difference to the previous model (Model 3) surpassed the cut-off value proposed (Portugal – United Kingdom: $\Delta CFI = -.028$; Portugal – Denmark: $\Delta CFI = -.045$). We have no robust statistical argument to defend residual invariance of the GCWMS.

Discussion

This study reported the development and factorial validation of the Goal Content for Weight Maintenance Scale. After model respecifications following the rationale supporting the development of this scale and following Byrne's [39] and Brown's [51] recommendations we decided to go further in our endeavour to test the validity of the measurement model. Therefore, using a systematic theory-informed methodology we observed a good fit of the factorial structure to the model and good internal consistency of all subscales. According to Self-Determination Theory, the essence of goal content is a core feature for sustained health behaviour and weight loss maintenance motivation [26]. Examining the extrinsic or intrinsic nature of goals to engage in the targeted behaviour for sustained weight-loss maintenance may help practitioners and researchers understand the quality, sustainability, and likely effectiveness of people's motivation. However, advancement in this field of knowledge has been hampered by the lack of a validated psychometric instruments to measure the content of people's weight loss maintenance goals.

Sixteen items derived from measures of goal content for exercise were specified and reviewed by an expert panel to assess four goals: *Health Management*; *Challenge*; *Image*; and *Social Recognition*. Initial CFA analysis suggested theoretically consistent and pragmatic scale modifications. Based on modification indices, *Image* factor's item 10 ("To be slim so to look attractive to others") cross-loaded on *Social Recognition*, which is plausible given the item's reference to other people's perceptions. Item's 1 ("To increase my resistance to illness and disease") and item's 9 ("To improve my overall health") error variances presented a possible covariance between each other indicating content overlap.

Furthering the analysis, modification indices associated with item 16 (“To measure myself against personal standards”) provided evidence of cross-loading issues with extrinsic factors (*Image* and *Social Recognition*) that were incongruent with the SDT framework. Indeed, the underlying competitive nature of this item’s content may be misleading and therefore induce social comparison of one’s abilities (extrinsic). Due to this incongruency we deleted item 16. Additionally, item 3 (“To be well thought of by others”) cross-loaded on *Image* factor and presented a misspecification with item 10 error variance. Item content may be misrepresented as a notion of social image instead of the social identification of one’s identity. Subjecting items 1, 3, 9, 10 and 16 to further refinement by a panel of specialists with face validity analysis among people trying to maintain their weight loss is recommended. Furthermore, we suggest investigation of the potential validity and reliability of shorter version of GCWMS with 12 or even 8 items, which would be suitable for increasingly used digital platforms that allow faster and simpler assessments (e.g., in apps or web-based platforms instead of paper and pencil).

In line with previous research using the GCEQ (the scale on which the GCWMS was based) our analysis confirmed that goal content subscales associations were aligned with the proposed motivational model, that is, extrinsic goals were intercorrelated as were intrinsic goals. Also as expected, extrinsic goals (*Image* and *Social Recognition*) were positively correlated with controlled motivation for exercise. The *Health Management* goal, a hypothesised intrinsic goal, correlated positively with autonomous motivation. In contrast, the challenge-oriented goals correlated positively with both autonomous and controlled motivation. One reason for this might be different interpretations of some items in this subscale (e.g., “To give me goals to work towards”; “To give me personal challenges to face”) as either personal skill development or as an outcome-oriented pursuit. It would be of interest to verify this correlation pattern in future studies. Future research could also refine this factor’s items to capture a sense of self-development by focusing on the process rather than a goal-oriented mindset, e.g.: “To feel competent and in control; “To overcome my current difficulties”.

Measurement invariance tests confirmed full factorial invariance of the GCWMS across gender. Residual invariance was not achieved across countries. Although important for full factorial invariance, residual invariance is not a prerequisite for testing mean differences [53]. Therefore, based on these results the scale scores can be compared across gender and the three analysed countries (Portugal, United Kingdom, and Denmark) as the underlying latent variables were interpreted in the same way by all individuals. We further demonstrated that the factor structure of the GCWMS is consistent across the studied groups and we may assume an

unbiased scoring of the scale's items. We are confident that further refinements may improve scale performance to achieve full factorial validity also across countries.

Initial poor model fit indices of the GCWMS may be explained in terms of its derivation from two other scales that were originally designed to assess goal contents for exercise. Future item respecification to address weight loss maintenance related goals might improve the scale (possibly based in qualitative research considering people's experiences). However, identifying latent constructs that focus on more distal outcomes (weight) rather than tangible behaviours (such as exercising) could be challenging.

Strengths and limitations

The findings are supported by advanced multivariate analysis allowing the model to be tested in a large sample of individuals engaged in a weight loss maintenance intervention. The scale was also thoroughly developed based on previous original work [29, 38]. The use of a large data set derived from three European countries allowed testing of gender and cultural measurement invariance. The data were collected as part of baseline measures of a large controlled trial, providing confidence in the quality of the recruitment and data collection procedures.

Despite the advantages of this study being nested within a controlled trial, this also may limit the generalisability of the developed scale to the overall population as participants in the NoHoW trial had successfully lost $\geq 5\%$ weight in the last 12 months and may be more motivated in their weight management efforts than the general population. Additionally, the absence of residual invariance across countries may be a result of measurement errors related to the complex process of translation to different languages and cultural backgrounds [32].

Future studies should refine GCWMS items that were removed due to cross-loading and items with error variances that were found to covary suggesting content overlap. Indeed, new more specific weight management items may be formulated to improve scale's performance. A qualitative method approach with interviews may be of substantial usefulness for item refinement.

What is already known on this subject

The literature that aims to provide a motivational viewpoint on regulation of eating behaviour is limited and does not pertain adequate attention to the motivational dynamics involved in the weight maintenance behavioural processes. To the best of our knowledge there are no scales available to assess the nature of people's goals for weight loss maintenance.

What your study adds?

This study provides initial evidence for the validity and reliability of scores derived from Goal Content for Weight Maintenance Scale and confirms measurement invariance across gender and three European countries. Findings support that GCWMS can be used to measure accurately the content of weight loss maintenance goals, establishing its usefulness in the endeavour of advancing measurement of theory-based aspects of motivation for weight loss maintenance that will enable a better understanding of what contributes, in motivational terms, to weight loss maintenance and why.

Compliance with Ethical Standards

On behalf of all authors, the corresponding author states that there is no conflict of interest.

Authorship: The order of authorship is as follows: Encantado, Jorge; Marques, Marta M., Palmeira, António L., Sebire, Simon J., Teixeira, Pedro J., Stubbs, R. James., Heitmann, Berit L., Gouveia, Maria J.

Acknowledgements: The authors would like to thank the partners in the NoHoW consortium for input and translation of the scale into Portuguese and Danish, and Ipsos MORI for building the online survey and recruitment of the sample.

Conflicts of interest: R. James Stubbs consults for Slimming World through the University of Leeds. Marta Marques also conducted consultancy work with Slimming World. Slimming World were a partner of the project to aid recruitment within the UK but will not be involved in the analysis and interpretation of the trial.

Funding: The presented work had financial support from European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 643309. The NoHoW project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under Grant agreement no. 643309. The material presented and views expressed here are the responsibility of the author(s) only. The EU Commission takes no responsibility for any use made of the information set out. Marta M. Marques is funded by a Marie-Sklodowska-Curie Fellowship (EDGE program; grant agreement No. 713567).

Ethical approval: All procedures performed in studies involving human participants were in accordance with the ethical standards of the Institutional Ethics Committees at the Universities of Leeds (17-0082; 27 February 2017), Lisbon (17/2016; 20 February 2017) and Capital Region of Denmark (H-16030495, 8 March 2017) and with the 1964 Helsinki declaration and its later amendments or comparable ethical standards.

Informed consent: Informed consent was obtained from all individual participants included in the trial (trial registration number ISRCTN88405328.)

References

1. Stein CJ, Colditz GA (2004). The epidemic of obesity. *J Clin Endocrinol Metab* 89(6):2522–5. <https://doi.org/10.1210/jc.2004-0288>
2. Field AE, Coakley EH, Must A, Spadano JL, Laird N, Dietz WH, et al. (2001). Impact of overweight on the risk of developing common chronic diseases during a 10-year period. *Arch Intern Med* 161(13):1581–6. <https://doi.org/10.1001/archinte.161.13.1581>
3. Calle EE, Rodriguez C (2003). Overweight, obesity, and mortality from cancer in a prospectively studied cohort of US adults. *N Engl J Med* 348:1625-1638. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa021423>
4. Ulen CG, Huizinga MM, Beech B, Elasy TA (2008). Weight Regain Prevention. *Clin Diabetes*. 26(3):100–113. <https://doi.org/10.2337/diaclin.26.3.100>
5. Wing RR, Phelan S. (2005). Long-term weight loss maintenance. *Am J Clin Nutr* 82(1):222S – 225S <https://doi.org/10.1093/ajcn/82.1.222S>
6. Curioni CC, Lourenço PM (2005). Long-term weight loss after diet and exercise: a systematic review. *Int J Obes* 29(10):1168–74. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803015>
7. Santos I, Vieira PN, Silva MN, Sardinha LB, Teixeira PJ (2017). Weight control behaviors of highly successful weight loss maintainers: the Portuguese Weight Control Registry. *J Behav Med* 40(2):366–71. <https://doi.org/10.1007/s10865-016-9786-y>
8. Stubbs RJ, Lavin JH (2013). The challenges of implementing behaviour changes that lead to sustained weight management. *Nutr Bull* 38(1):5–22. <https://doi.org/10.1111/nbu.12002>
9. Samdal GB, Eide GE, Barth T, Williams G, Meland E (2017). Effective behaviour change techniques for physical activity and healthy eating in overweight and obese adults; systematic review and meta-regression analyses. *Int J Behav Nutr Phys Act* 28;14(1):42. <https://doi.org/10.1186/s12966-017-0494-y>
10. Dombrowski SU, Knittle K, Avenell A, Araújo-Soares V, Snihotta FF (2014). Long term maintenance of weight loss with non-surgical interventions in obese adults: systematic review and meta-analyses of randomised controlled trials. *BMJ* 348:g2646. <https://doi.org/10.1136/bmj.g2646>
11. Olander EK, Fletcher H, Williams S, Atkinson L, Turner A, French DP (2013). What are the most effective techniques in changing obese individuals' physical activity self-efficacy

and behaviour: a systematic review and meta-analysis. *Int J Behav Nutr Phys Act* 10:29. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-10-29>

12. Prestwich A, Sniehotta FF, Whittington C, Dombrowski SU, Rogers L, Michie S (2014). Does theory influence the effectiveness of health behavior interventions? Meta-analysis. *Health Psychol* 33 (5):465–74. <https://doi.org/10.1037/a0032853>

13. Gourlan M, Bernard P, Bortolon C, Romain AJ, Lareyre O, Carayol M, et al. (2016). Efficacy of theory-based interventions to promote physical activity. A meta-analysis of randomised controlled trials. *Health Psychol Rev* 10(1):50–66. <https://doi.org/10.1080/17437199.2014.981777>

14. Teixeira PJ, Marques MM (2017). Health Behavior Change for Obesity Management. *Obes Facts* 10(6):666–73. <https://doi.org/10.1159/000484933>

15. Varkevisser RDM, van Stralen MM, Kroeze W, Ket JCF, Steenhuis IHM (2019) Determinants of weight loss maintenance: a systematic review. *Obes Rev* 20(2):171–211. <https://doi.org/10.1111/obr.12772>

16. Teixeira PJ, Carraça EV, Marques MM, Rutter H, Oppert J-M, De Bourdeaudhuij I, et al. (2015). Successful behavior change in obesity interventions in adults: a systematic review of self-regulation mediators. *BMC Med* 13:84. <https://doi.org/10.1186/s12916-015-0323-6>

17. Teixeira PJ, Silva MN, Mata J, Palmeira AL, Markland D (2012). Motivation, self-determination, and long-term weight control. *Int J Behav Nutr Phys Act* 9(1):22. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-9-22>

18. Teixeira PJ, Carraça EV, Markland D, Silva MN, Ryan RM (2012). Exercise, physical activity, and self-determination theory: a systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act* 9:78. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-9-78>

19. Teixeira PJ, Palmeira AL, Vansteenkiste M (2012). The role of self-determination theory and motivational interviewing in behavioral nutrition, physical activity, and health: an introduction to the IJBNPA special series. *Int J Behav Nutr Phys Act* 9(1):17. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-9-17>

20. Silva MN, Vieira PN, Coutinho SR, Minderico CS, Matos MG, Sardinha LB, et al. (2010). Using self-determination theory to promote physical activity and weight control: a

randomized controlled trial in women. *J Behav Med* 33(2):110–22. <https://doi.org/10.1007/s10865-009-9239-y>

21. Silva MN, Markland D, Carraça EV, Vieira PN, Coutinho SR, Minderico CS, et al. (2011). Exercise autonomous motivation predicts 3-yr weight loss in women. *Med Sci Sports Exerc* 43(4):728–37. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181f3818f>

22. Deci EL, Ryan RM (2000). The “what” and “why” of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychol Inq* 11(4):227–68. https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01

23. Sheldon KM, Krieger LS (2004). Does legal education have undermining effects on law students? Evaluating changes in motivation, values, and well-being. *Behav Sci Law* 22(2):261–86. <https://doi.org/10.1002/bsl.582>

24. Vansteenkiste M, Lens W, Deci EL (2006). Intrinsic Versus Extrinsic Goal Contents in Self-Determination Theory: Another Look at the Quality of Academic Motivation. *Educ Psychol* 41(1):19–31. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4101_4

25. Vansteenkiste M, Neyrinck B, Niemiec CP, Soenens B, De Witte H, Van den Broeck A (2007). On the relations among work value orientations, psychological need satisfaction and job outcomes: A self-determination theory approach. *J Occup Organ Psychol* 80(2):251–77. <https://doi.org/10.1348/096317906X111024>

26. Ryan R, Deci E (2017). *Self-Determination Theory: Basic Psychological Needs in Motivation, Development, and Wellness*. Guilford Publications. ISBN: 9781462528783

27. Lindwall M, Weman-Josefsson K, Sebire SJ, Standage M (2016). Viewing exercise goal content through a person-oriented lens: A self-determination perspective. *Psychol Sport Exerc* 27:85–92. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2016.06.011>

28. Sheldon KM, Kasser T (1995). Coherence and congruence: two aspects of personality integration. *J Pers Soc Psychol* 68(3):531–43. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.68.3.531>

29. Sebire SJ, Standage M, Vansteenkiste M (2008). Development and Validation of the Goal Content for Exercise Questionnaire. *J Sport Exerc Psychol* 30:353–77. <https://doi.org/10.1123/jsep.30.4.353>

30. Sue S (1999). Science, ethnicity, and bias: where have we gone wrong? *Am Psychol* 54(12):1070–1077. <https://doi.org/10.1037/0003-066x.54.12.1070>

31. Millsap RE, Kwok O-M (2004). Evaluating the impact of partial factorial invariance on selection in two populations. *Psychol Methods* 9(1):93–115. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.9.1.93>
32. Fischer R, Karl JA (2019). A Primer to (Cross-Cultural) Multi-Group Invariance Testing Possibilities in R. *Front Psychol* 10:1507. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01507>
33. Hoyle RH, Smith GT (1994) Formulating clinical research hypotheses as structural equation models: a conceptual overview. *J Consult Clin Psychol* 62(3):429–440. <https://doi.org/10.1037//0022-006x.62.3.429>
34. Weinberger N-A, Kersting A, Riedel-Heller SG, Luck-Sikorski C (2016) Body Dissatisfaction in Individuals with Obesity Compared to Normal-Weight Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Obes Facts* 9(6):424–441. <https://doi.org/10.1159/000454837>
35. Scott SE, Duarte C, Encantado J, Evans EH, Harjumaa M, Heitmann BL, et al. (2019). The NoHoW protocol: a multicentre 2×2 factorial randomised controlled trial investigating an evidence-based digital toolkit for weight loss maintenance in European adults. *BMJ Open* 9(9):e029425. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-029425>
36. Hair JF, Anderson RE, Babin BJ, Black WC (2010). *Multivariate data analysis: A global perspective: Seventh edition*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. ISBN: 9780138132637
37. Kline RB (2015) *Principles and Practice of Structural Equation Modeling*, Fourth edition. Guilford Publications. ISBN: 9781462523344
38. Markland D, Ingledew DK (1997). The measurement of exercise motives: Factorial validity and invariance across gender of a revised Exercise Motivations Inventory. *Br J Health Psychol* 2(4):361-376. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8287.1997.tb00549.x>
39. Byrne BM (2016). *Structural equation modeling with AMOS: Basic concepts, applications, and programming: Third edition*. Routledge. ISBN: 9781138797031
40. Nevitt J, Hancock GR (2001). Performance of bootstrapping approaches to model test statistics and parameter standard error estimation in structural equation modeling. *Struct Equ Modeling* 8(3):353–377. http://dx.doi.org/10.1207/S15328007SEM0803_2
41. Arbuckle J (2010). *IBM SPSS Amos 19 user's guide*. Crawfordville, FL: Amos Development Corporation.

42. Hair J, Anderson R, Black B, Babin B (2016). *Multivariate Data Analysis*. Pearson Education. ISBN: 9780133792683
43. Schumacker RE, Lomax RG (2015). *A Beginner's Guide to Structural Equation Modeling: Fourth edition*. Routledge. ISBN: 9781317608097
44. Hair JF, Hult GTM, Ringle CM, Sarstedt M (2014). *A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling*. Sage. ISBN: 9781452217444
45. Cheung GW, Rensvold RB (2002). Evaluating Goodness-of-Fit Indexes for Testing Measurement Invariance. *Struct Equ Modeling* 9(2):233–55. https://doi.org/10.1207/S15328007SEM0902_5
46. Chen FF (2007). Sensitivity of Goodness of Fit Indexes to Lack of Measurement Invariance. *Struct Equ Modeling* 14(3):464–504. <https://doi.org/10.1080/10705510701301834>
47. Putnick DL, Bornstein MH (2016). Measurement Invariance Conventions and Reporting: The State of the Art and Future Directions for Psychological Research. *Dev Rev* 41:71–90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dr.2016.06.004>
48. Markland D, Tobin V (2004). A Modification to the Behavioural Regulation in Exercise Questionnaire to Include an Assessment of Amotivation. *J Appl Sport Psychol* 26(2):191–196. <http://dx.doi.org/10.1123/jsep.26.2.191>
49. Wilson PM, Rodgers WM, Loitz CC, Scime G (2007). "It's Who I Am ... Really!" The Importance of Integrated Regulation in Exercise Contexts¹. *J Appl Biobehav Res* 11:79–104. <https://doi.org/10.1111/j.1751-9861.2006.tb00021.x>
50. Pelletier LG, Dion SC, Slovinec-D'Angelo M, Reid R (2004). Why Do You Regulate What You Eat? Relationships Between Forms of Regulation, Eating Behaviors, Sustained Dietary Behavior Change, and Psychological Adjustment. *Motiv Emot* 28(3):245. <https://doi.org/10.1023/B:MOEM.0000040154.40922.14>
51. Brown TA (2015). *Confirmatory Factor Analysis for Applied Research: Second edition*. Guilford Publications. ISBN: 9781462515363.
52. Cheung GW, Rensvold RB (2000). Assessing Extreme and Acquiescence Response Sets in Cross-Cultural Research Using Structural Equations Modeling. *J Cross Cult Psychol* 31(2):187–212. <https://doi.org/10.1177/0022022100031002003>

53. Vandenberg RJ, Lance CE (2000). A Review and Synthesis of the Measurement Invariance Literature: Suggestions, Practices, and Recommendations for Organizational Research. *Organ Res Methods* 3:4–70. <https://doi.org/10.1177/109442810031002>

Estudo #3

Testing motivational and self-regulatory mechanisms of action on objectively measured physical activity in the context of a weight loss maintenance digital intervention: a secondary analysis of the NoHoW Trial

Authors:

Encantado, Jorge^{1,2*}, Marques, Marta Moreira^{1,3,4}, Gouveia, Maria João², Santos, Inês^{5,6}, Sanchez-Oliva, David⁷, O'Driscoll, Ruairi⁸, Turicchi, Jake⁸, Larsen, Sofus, Christian Larsen,⁹, Horgan, Graham¹⁰, Teixeira, Pedro Jorge¹, Stubbs, James⁸, Heitmann, Berit Lilienthal^{9,11,12}, Palmeira, António Labisa⁵

Affiliations:

¹Centro Interdisciplinar para o Estudo da Performance Humana (CIPER), Faculdade de Motricidade Humana, Universidade de Lisboa, Cruz Quebrada, Portugal

²Applied Psychology Research Center Capabilities & Inclusion (APPsyCI), ISPA – Instituto Universitário, Lisboa, Portugal

³Trinity Centre for Practice and Healthcare Innovation & ADAPT Centre, Trinity College Dublin, Dublin, Ireland

⁴Comprehensive Health Research Centre, NOVA Medical School, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal

⁵Centro de Investigação em Desporto, Educação Física, Exercício e Saúde (CIDEFES), Universidade Lusófona, Lisboa, Portugal

⁶Laboratório de Nutrição, Faculdade de Medicina, Universidade de Lisboa, Lisbon, Portugal

⁷Faculty of Sport Sciences, University of Extremadura, Cáceres, Spain

⁸School of Psychology, Faculty of Medicine and Health, University of Leeds, Leeds, United Kingdom.

⁹Research Unit for Dietary Studies, The Parker Institute, Bispebjerg and Frederiksberg Hospital, The Capital Region, Denmark.

¹⁰Biomathematics & Statistics Scotland (James Hutton Institute), Aberdeen, United Kingdom.

¹¹The Boden Institute of Obesity, Nutrition, Exercise & Eating Disorders, The University of Sydney, Sydney, Australia

¹²Section for General Practice, Department of Public Health, University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark

Abstract

Background: To date, few digital behavior change interventions for weight loss maintenance focusing on long-term physical activity promotion have used a sound intervention design grounded on a logic model underpinned by behavior change theories. The current study is a secondary analysis of the weight loss maintenance NoHoW trial and investigated whether changes in the theory-driven motivational and self-regulatory mechanisms of action operated by the intervention content from baseline until 6 months accounted for subsequent long-term changes in objectively measured physical activity outcomes between months 6 and 12.

Methods: A subsample of 766 participants (Age = 45.2 ± 11.4 years; 69.1% female; original NoHoW sample: 1627 participants) completed all questionnaires on motivational and self-regulatory variables and had all objectively measured physical activity data available for 0, 6 and 12 months. We examined the direct and the indirect effects of Virtual Care Climate on post intervention changes in moderate-to-vigorous physical activity and number of steps (6 to 12 months) through changes in the theory-driven motivational and self-regulatory mechanisms of action during the intervention period (0 to 6 months), as conceptualized in the logic model.

Results: *Model 1* tested the mediation processes on Steps and presented a poor fit to the data. *Model 2* tested mediation processes on moderate-to-vigorous physical activity and presented poor fit to the data. Percentage of explained variance was low and non-significant for both models (*Model 1* $R^2 = .010$ ($p = .18$); *Model 2* $R^2 = .008$ ($p = .13$)). No direct or indirect effects were found from Virtual Care Climate to long term change in outcomes. Indirect effects occurred only between the sequential paths of the theory-driven mediators.

Conclusion: This is one of the first attempts to test a serial mediation model considering psychological mechanisms of change and objectively measured physical activity in a 12-month longitudinal trial. The model explained a small proportion of variance in post intervention changes in physical activity. We found different pathways of influence on theory-driven motivational and self-regulatory mechanisms but limited evidence that these constructs impact on actual behavior change. New approaches to test these relationships are needed and several alternatives are discussed.

Trial Registration: Trial registration: ISRCTN Registry, ISRCTN88405328. Registered 16 December 2016, <https://www.isrctn.com/ISRCTN88405328>

Key words: Physical activity, motivation, self-regulation, digital intervention, weight loss maintenance, weight regain prevention

Background

Sustained health behaviors over time such as increased levels of physical activity (PA) contribute to weight loss maintenance [1–4] and are key to halting the increasing rates of obesity-related diseases [5, 6]. PA has protective effects as it decreases the risk of weight relapse by 1% for every additional 10 minutes of total regular PA [7].

Problems associated with traditional behavioral interventions relate to high delivery costs of individualized face-to-face interventions due to logistical difficulties (e.g., time and personnel resources). This represents a crucial barrier to large-scale and long-term health interventions [8]. Digital technologies can help tackle physical (in)activity and promote long term weight management, with high scalability and cost-effectiveness [8, 9].

However, the literature presents mixed results. Some digital behavior change interventions report better weight outcomes [10, 11] when comparing control and intervention groups, but others report marginal or no significant results for weight outcomes [1, 12–16]. This is also true for PA outcomes as some studies report no significant results when comparing the digital condition versus control [12–14, 16], others report worse PA outcomes [1, 17], and others report better PA outcomes [15]. This may result from the fact that there are few digital behavior change interventions for weight loss maintenance interventions focusing on PA promotion that used a sound intervention design underpinned by behavior change theories and predefined logic models [18], hindering the possibility of understanding why interventions work and don't work.

Theories of behavior change hypothesize underlying mechanisms of action [19, 20] and interrelated behavior change techniques that should be used in the design of effective digital behavior change interventions [21, 22]. This theoretical clarification of why, how, and when interventions achieve their effects, provide benefits for intervention development and evaluation- because they can be empirically tested [19, 23]. Therefore, there is a need to design and implement behavioral interventions that are grounded on a theory-based logic models that test the mechanisms of action involved in long-term behavioral change [20, 24]. However, studies have only recently begun to implement these approaches, and few studies have tested the indirect effect of the intervention on behavior through psychological mechanisms using mediation techniques [20]. Those who did, often focused on single mediator analysis in an exploratory fashion, and often did not report the proportion of PA outcome variance explained

by the model. For instance, a recent series of meta-reviews suggested little evidence for behavioral intervention mechanisms of action, that is, only few reviews found studies that directly or indirectly tested the mediation processes that represent the mechanism of action [23, 25, 26].

The NoHoW project was one of the first attempts to provide a proof of concept theory-based digital behavior change intervention with a 2x2 factorial design 18-month randomized controlled trial to promote weight loss maintenance through the regulation of PA and eating behavior [27]. The current study investigated the theory-based mechanisms of action that promote long-term PA outcomes in data from the NoHoW trial. We used a mediation analysis to test the logic model at 12-month follow-up based on Self-Determination Theory (SDT) and Self-Regulation Theories (SRT) to inform the NoHoW Trial Arm 2. The logic model theorizes as follows (for a detailed description see [28, 29]: i) the perceived autonomy supportive environment of the Toolkit would have a beneficial impact on participants' basic psychological needs satisfaction and would also foster intrinsic goal contents [30, 31]; ii) nurtured basic psychological needs would promote increases in autonomous motivation and decreases in controlled motivation [32, 33]; iii) increased autonomous motivation would reinforce the self-regulatory skills that will support and maintain volition to be physically active [34–36].

The aim of the present study was to conduct a mediation analysis investigating i) whether changes in the theory-driven mediators included in the intervention content during the first 6-months (active intervention period) accounted for changes in objectively measured PA outcomes in the subsequent 6-month period (6-12 months); and ii) the inter-relationships between the theory-driven hypothesized mediators.

Methods

Sample

A total of 1627 participants were eligible to participate in the study (Mean Age = 44.0 ± 11.9 years; 68.7% female) across three countries: Denmark (n = 536); Portugal (n = 536); United Kingdom (n = 555). A subsample of 766 participants (Denmark n = 265; Portugal n = 274; United Kingdom n = 227; Mean Age = 45.2±11.4 years) completed all questionnaires via the electronic platform Qualtrics™ and had all objectively measured daily PA data available at baseline as well as for the 6th and the 12th month. To the present analysis our aim was to test

the logic model despite group allocation, therefore the data from the four arms of the intervention were pooled into one group.

The NoHoW Trial was funded by the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme (grant agreement number 643309). A detailed description of the NoHoW trial procedures can be found elsewhere [27]. The trial was registered with the ISRCTN registry (ISRCTN88405328). Ethical approval was granted by all local institutional ethics committees at the Universities of Lisbon (17/2016; 20-Feb-2017), Leeds (17-0082; 27-Feb-2017), and the Capital Region of Denmark (H-16030495; 8-Mar-2017). The motivation + self-regulation intervention arm content was based on Self-Determination Theory [32, 33] and Self-Regulation Theories [36–38], two core theoretical approaches to understanding weight long term management and sustained PA [39, 40]. These approaches are sometimes referred as complementary for the behavior change process assuming that motivation energizes and directs the new behavior and adequate self-regulatory skills provide the behavioral tools to act upon the goal and/or motive [34, 35, 41].

The intervention content was delivered in seventeen psycho-educational sessions distributed in eight themes, using various modes of delivery such as interactive quizzes, educational videos, successful testimonies, and interactive graphics. The toolkit development procedures are described elsewhere [28, 29].

Outcome variables

Physical activity was assessed objectively using a validated commercial fitness tracker: The Fitbit Charge 2™ (San Francisco, CA, USA) (FC2) [42, 43], which estimated daily steps and minutes of light, moderate and vigorous PA for 12 months. A composite of moderate-to-vigorous PA (MVPA) was computed. Full description of data handling algorithm is described elsewhere [44]. Briefly, procedures were taken to identify non-wear time through the evaluation of the valid heart rate measurements and non-missing data were scaled to daily totals through the application of the 'NoHoW algorithm', described previously [44]. In the present analysis, the average daily steps were calculated for each measurement period (baseline to 6 months; 6 to 12 months) and the same procedures were used for the aggregated variable of moderate-to-vigorous intensity PA time (minutes/day).

Mediators

Motivational variables

Treatment autonomy support was assessed via the Virtual Care Climate Questionnaire [45] which measured perceived autonomy-support in a virtual care setting (i.e., digital intervention; e.g., “NoHoW Toolkit answers my questions fully and carefully”). The scale included twenty items and a score range of seven points (1-strongly disagree; 7-strongly agree). Higher mean scores represented higher levels of perceived support for autonomy from the NoHoW Toolkit. Virtual Care Climate Questionnaire demonstrated good reliability (McDonald's $\omega = .95$).

Basic Psychological Needs Satisfaction was assessed using the Basic Psychological Needs Satisfaction Scale [46, 47]. It comprised twelve items distributed in three subscales, one for each basic psychological need (Autonomy; Competence; Relatedness; e.g., “I feel I make efforts to maintain weight willingly”). Scoring ranged from one to seven points scale (1-strongly disagree; 7-strongly agree), a global composite was calculated, and higher mean scores represented higher basic psychological needs satisfaction. The Basic Psychological Needs Satisfaction Scale demonstrated good reliability (Individual factors McDonald's $\omega > .77$; global basic psychological needs composite McDonald's $\omega = 0.92$).

Goal Content was assessed by the Goal Content for Weight Management Scale [48], comprising thirteen items grouped in four subscales (Health Management; Challenge; Social Recognition; Image; e.g., “I manage my weight to improve my appearance”), and scale scoring ranged from one to seven points (1-strongly disagree; 7-strongly agree). Two theoretical dimensions were computed based on the SDT framework to discriminate between intrinsic goals (Health Management; Challenge) and extrinsic goals (Social Recognition; Image). Higher mean scores represented a higher expression of each goal content for weight management (extrinsic and intrinsic). The Goal Content for Weight Management Scale demonstrated good reliability (Individual factors McDonald's $\omega > .78$; Intrinsic goal factor: McDonald's $\omega = .81$; Extrinsic goal factor: McDonald's $\omega = .82$).

Behavioral Regulations were assessed by the Behavioral Regulations for Exercise Questionnaire-3 (BREQ) [49, 50]. The scale comprised 24 items distributed into six subscales: Intrinsic, Integrated, Identified, Introjected, External, and Amotivation. Scale scoring ranged from one to seven points (1-not true for me; 7-very true for me) and higher scores represented higher manifestation of a self-determined behavioral regulation. Two theoretical dimensions

were computed based on the SDT framework to discriminate between good quality motivation (Autonomous Motivation that includes intrinsic, integrated, and identified regulations) and low-quality motivation (Controlled Motivation that includes introjected and external regulations). The BREQ-3 demonstrated good reliability on each behavior regulation composite (Individual factors McDonald's $\omega > .80$; Autonomous motivation McDonalds's $\omega = .95$; Controlled Motivation: McDonalds's $\omega = .77$).

Self-Regulation variables

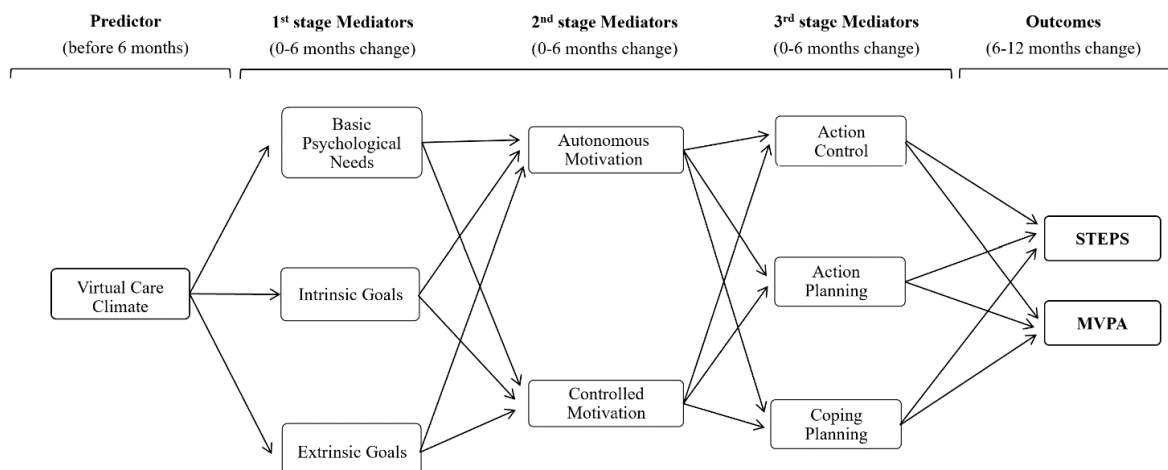
Action Control was assessed by the Action Control Scale [51]. The Action Control Scale comprised eight items grouped that addressed the different action control facets: self-monitoring, awareness of standards, and self-regulatory effort (e.g., “During the last four weeks I have consistently monitored my weight/physical activity”). Scoring ranged from one to five points scale (1-strongly disagree; 5-strongly agree) and higher mean scores represented higher action control. The Action Control Scale demonstrated good reliability (McDonalds's $\omega = .90$).

Action Planning and Coping Planning: Self-regulatory capacities for weight management were assessed by the Action Planning and Coping Planning Scales [52], and comprised four items while the Coping Planning scale comprised 14 items (e.g., “I have a specific plan regarding how much activity to do to maintain my current body weight”). Scoring ranged from one to five points scale (1-strongly disagree; 5-strongly agree) and higher scores represented increased self-regulatory skills for weight management. The Action Planning and the Coping Planning Scales for Weight Management demonstrated good reliability (McDonalds's $\omega = .82$ and $.95$, respectively).

Procedures

Participants completed the battery of psychometric instruments online before each clinical investigation day at baseline, 6, and 12 months. Treatment support was retrospectively assessed via Virtual Care Climate questionnaire following the intervention completion, reporting to the perceived treatment autonomy support from the digital platform during the first 6 months. The NoHoW Logic Model for PA (Arm 2) is depicted in Figure 1.

Figure 1. NoHoW Trial (Arm 2) Logic Model for long-term Physical Activity Outcomes



Statistical Analysis

Changes in mediators during the first six months were captured by residuals (from hereon mentioned as $R\Delta$) computed from the 6-month scores regressed to the baseline scores. The same procedure was used regarding outcome variables but using 12-month scores regressed to 6-month scores to capture the subsequent changes occurred during the 6 months of intervention. This procedure was previously followed by others [53, 54] and is recommended by Cohen and colleagues [55], which computes a score that is orthogonal to the independent variable and is a better measure to capture change than the simple pre-post subtraction.

Structural equation modelling techniques were used to test the hypothesized logic model with MPLUS 7 software [56]. Two models were tested using the robust maximum likelihood (MLR) estimator (53) differentiated by the type of PA outcome: *model 1* tested the fit of the logic model regarding post-intervention change of Steps; *model 2* tested the fit of the logic model regarding post-intervention change in MVPA time. To assess model fit we used the following recommended fit indices [57, 58]: comparative fit index ($CFI > .90$); Tucker Lewis index ($TLI > .95$); the root mean square error of approximation ($RMSEA < .80$); the standardized root mean square residual ($SRMR < .80$); and the chi-square test (chi-square/degrees of freedom < 3.0). We used the R^2 as a measure of the proportion of explained variance in outcome variable accounted by the mediators and the predictor variable [59].

Secondly, to thoroughly inspect the path model and test the indirect effects, bootstrapping technique confidence intervals with a 5000-resampling was employed (significance of $p < .05$ and the 95% confidence interval not including 0) [60, 61]. In this regard,

Hayes [61] suggests that modern mediation no longer imposes the requirement of having an association between X and Y to test indirect effects. Also, bootstrapping technique does not require the assumption of normality and it is considered more robust than the normal theory approach [61].

Results

Sample characteristics are presented in Table 1. The correlation matrix between psychosocial and PA variables is available in [Additional file 1](#). Two different models were tested. *Model 1* tested the mediation model on objectively measured Steps and presented a poor fit to the data: *Model 1* MLR $\chi^2 = 117.293$, $df = 20$ (5.86), $p = .001$; CFI = .881; TLI = .733; RMSEA = .080 (90% CI = .066, .094); SRMR = .071. The second model included objectively assessed MVPA and also presented a poor fit to the data: *Model 2*: $\chi^2 = 124.541$, $df = 20$ (6.23), $p = .001$; CFI = .873; TLI = .715; RMSEA = .083 (90% CI = .069, .097); SRMR = .072. The percentage of the outcome variables variance explained by each model was small and non-significant (Steps $R^2 = .010$, $p = .18$; MVPA $R^2 = .008$, $p = .13$).

Table 1. Participants' characteristics for the included subsample

	All (N = 766)
Characteristics	M (SD)
Age (years)	46.2 (11)
Baseline Body Mass Index (kg/m ²)	29.1 (5)
Baseline Weight (kg)	84.0 (17)
Perceived Virtual Care Climate	4.7 (1)
Physical Activity Data (Baseline)	
Perceived Virtual Care Climate	11087 (3656)
Moderate-to-vigorous physical activity (minutes)	58 (36)
Physical Activity Data (6 months)	
Steps	10850 (3345)
Moderate-to-vigorous physical activity (minutes)	71 (45)

Physical Activity Data (12 months)

Steps	10905 (3450)
Moderate-to-vigorous physical activity (minutes)	77 (51)

To further test the model fit to the data, we performed the same analysis with the upper and the lower tertile of our sample (participants' characteristics available in [Additional file 1](#)), that is, the third of individuals that presented largest increases or decreases in PA outcomes from 6 to 12 months (Table 2). The model presented similar fit indices for MVPA. However, model fit improved slightly for Steps with a reasonable fit to the data of the upper tertile but the percentage of explained variance remained small and non-significant ($\chi^2 = 40.867$, $df = 20$ [2.04], $p = .004$; CFI = .905; TLI = .786; RMSEA = .064 [0.35; 0.92]; SRMR = .066; $R^2 = .013$ [$p = .47$]).

Table 2. Model fit indices

	χ^2/df	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	R^2
Steps						
Model 1 – all participants	5.86*	.881	.733	.080 (.066; .094)	.071	.010
Model 1 – Upper Tertile	2.04*	.905	.786	.064 (.035; .092)	.066	.013
Model 1 – Lower Tertile	3.13*	.876	.721	.091 (.066; .117)	.080	.038
MVPA						
Model 2 – All participants	6.23*	.873	.715	.083 (.069; .097)	.072	.008
Model 2 – Upper Tertile	2.63*	.886	.744	.080 (.054; .106)	.076	.003
Model 2 – Lower Tertile	3.47*	.846	.653	.098 (.074; .124)	.087	.001

Note: * Significant level $p < 0.05$

Analysis to individual paths (Table 3) showed that the antecedent variable (*Virtual Care Climate*) predicted significant increases in *Basic Psychological Needs* ($b = .135$, $p = .001$) and *Intrinsic Goals* ($b = .153$, $p = .001$) from baseline to 6 months but not in *Extrinsic Goals* ($b = -.034$, $p = .355$). The second hypothesized path of associations also emerged as significant: i) increases from baseline to 6 months in *Basic Psychological Needs* satisfaction and *Intrinsic Goals* predicted increases in *Autonomous Motivation* (respectively: $b = .179$, $p = .001$; $b = .170$,

$p = .001$); ii) increases in *Extrinsic Goals* predicted increases in *Controlled Motivation* ($b = .264, p = .001$); iii) increases in *Basic Psychological Needs* satisfaction predicted reductions in *Controlled Motivation* ($b = -.149, p = .001$). Regarding the third stage mediators, increases in *Autonomous Motivation* predicted increases in *Action Control* ($b = .174, p = .001$), *Action Planning* ($b = .210, p = .001$), and *Coping Planning* ($b = .215, p = .001$). Contrastingly, increases in *Controlled Motivation* predicted reductions in all three self-regulation variables: *Action Control* ($b = -.151, p = .001$), *Action Planning* ($b = -.106, p = .005$), and *Coping Planning* ($b = -.146, p = .001$). Finally, the analysis to the final stage of the logic model yielded limited predictive power. Only *Action Control* predicted increases in number of *Steps* ($b = .094, p = .027$). No other significant paths were found between self-regulatory variables and the PA outcomes variables.

Direct and indirect effects of motivational and self-regulatory mediators on PA outcome variables through the mediational paths are presented in Table 3. *Virtual Care Climate* was positively and indirectly associated with *Autonomous Motivation* via *Basic Psychological Needs* satisfaction ($b = .024, p = .007$) and *Intrinsic Goals* ($b = .026, p = .003$), but not via *Extrinsic Goals* ($b = -.002, p = .522$). Second, *Virtual Care Climate* was negatively and indirectly associated with *Controlled Motivation* via *Basic Psychological Needs* ($b = -.020, p = .004$) but not via *Extrinsic* ($b = -.009, p = .366$) or *Intrinsic goals* ($b = .002, p = .780$). Next, *Virtual Care Climate* was positively and indirectly associated with *Action Control*, *Action Planning*, and *Coping Planning* via: i) *Intrinsic Goals* and *Autonomous Motivation* (respectively; $b = .005, p = .019$; $b = .005, p = .008$; $b = .006, p = .011$), and ii) *Basic Psychological Needs* satisfaction and *Autonomous Motivation* (respectively; $b = .004, p = .028$; $b = .005, p = .022$; $b = .005, p = .023$). Overall, there was a consistent trend for *Intrinsic Goals* and *Basic Psychological Needs* satisfaction to be positively and indirectly associated with self-regulatory capacity (*Action Control*, *Coping Planning*, and *Action Planning*) via *Autonomous Motivation*.

Despite these relationships at the mediators' level, no indirect effects accounted for changes in PA outcomes. However, two partial indirect effects were found ([Additional file 2](#)). *Autonomous Motivation* was positively and indirectly associated with increased number of *Steps*, via *Action Control* ($b = .016, p = .040$). *Controlled Motivation* was negatively and indirectly associated with *Steps* via *Action Control* ($b = -.014, p = .049$). Testing the model with the upper and lower tertile of the sample did not improve the results.

Table 3. Results of serial mediation model.

Predictor/ Mediator	Consequent (0-6 months)			Dependent (6-12 months)		Indirect effects (VCC)					
	On 1 st stage Mediators (path A)			On 2 nd stage Mediators (path D)			On 3 rd stage Mediators (path E)		On Outcomes (path B and C')		
	BPN	Intrinsic	Extrinsic	AM	CM	ACS	AP	CP	Steps	MVPA	
VCC	.135*	.153*	-.034	-	-	-	-	-	-.034	.036	-
BPN	-	-	-	.179*	-.149*	-	-	-	-	-	-
Intrinsic	-	-	-	.170*	.011	-	-	-	-	-	-
Extrinsic	-	-	-	.055	.264*	-	-	-	-	-	-
AM	-	-	-	-	-	.174*	.210*	.215*	-	-	.048*
CM	-	-	-	-	-	-.151*	-.106*	-.146*	-	-	-.027*
ACS	-	-	-	-	-	-	-	-	.094*	.073	.013*
AP	-	-	-	-	-	-	-	-	-.068	-.030	.014*
CP	-	-	-	-	-	-	-	-	-.025	-.061	.013*
Steps	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No total indirect effect found from VCC†
MVPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No total indirect effect found from VCC

Notes: * $p < .05$; † Specific indirect via AM \rightarrow ACS \rightarrow Steps ($b = .016$; $p = .040$) and CON \rightarrow ACS \rightarrow Steps ($b = -.014$; $p = .049$); VCC: Virtual Care Climate; BPN: computed residuals 0-6 months for Basic Psychological Needs satisfaction; Intrinsic: computed residuals 0-6 months for Goal Content – Intrinsic; Extrinsic: computed residuals 0-6 months for Goal Content – Extrinsic; AM: computed residuals 0-6 months for Autonomous Motivation; CM: computed residuals 0-6 months for Controlled Motivation; ACS: computed residuals 0-6 months for Action Control; AP: computed residuals 0-6 months for Action Planning; CP: computed residuals 0-6 months for Coping Plan; Steps: computed residuals 6-12 months for number of Steps; MVPA: computed residuals 6-12 months for Moderate-to-Vigorous Physical Activity time.

Discussion

This is one of the first attempts to investigate a pre-defined integrative logic model that includes SDT-related motivational variables (*Basic Psychological Needs, Goal Content, and Behavioral Regulations*) and self-regulation variables (*Action Control, Action Planning and Coping Planning*) and its impacts on long-term objectively measured changes in PA (Steps and MVPA) in the context of a digital behavior change interventions for weight loss maintenance. Despite promising evidence from previous systematic reviews suggesting increases in PA outcomes via these mediators in obesity-related lifestyle change interventions (e.g., [39]), the model presented poor fit to the data with limited and non-significant predictive power either for Steps or MVPA. When examining the mediation model through three hypothesized consecutive timepoints, 0, 6 and 12 months, we found no direct effect or indirect effects on long term increases in number of Steps and in time spent in MVPA (6 to 12 months) via motivational and self-regulatory mediators.

To extensively test the psychologic mechanisms that may support weight loss maintenance through longer term PA, our logic model included both good quality (*Intrinsic Goals, Autonomous Motivation*) and bad quality motivation (*Extrinsic Goals, Controlled Motivation*), and self-regulatory constructs (*Action Planning, Action Control*). Based on our results, it is suggested that the mediators related to good motivation quality (*Autonomous and Intrinsic Goals*) were impacted by the Basic Psychological Needs supportive environment and was simultaneously the most impactful on self-regulatory skills. In turn, *Extrinsic Goals* were not significantly inversely impacted by the perceived supportive environment of the digital intervention as theorized. This finding is aligned with previous evidence of Ntoumanis's and Sheeran's recent reviews [30, 31], suggesting that new approaches may be required in terms of intervention content to diminish extrinsic goals and decrease controlled regulation. However, we found that *Controlled Motivation* was negatively and indirectly associated with *Virtual Care Climate* via *Basic Psychological Needs* satisfaction only. This finding may suggest that when aiming to decrease the incidence of *Controlled Motivation*, intervention content should prioritize the satisfaction of the *Basic Psychological Needs*. However, we did not find a total indirect effect on PA behavior possibly due to inconsistent mediation [62] and suppression [63] that happens when indirect effects have opposing signs, that is, with *Extrinsic Goals* opposing to *Intrinsic Goals* and *Controlled Motivation* opposing to *Autonomous Motivation*, as reported also by Sebire et al. [64].

Therefore, despite the suggested evidence of the dynamic between the motivational and the self-regulatory variables, these hypothesized mechanisms did not produce consistent impacts on behavior, as expected. The inspection of the coefficient paths confirmed the theorized relationships between the tested mediators but not between these and the actual objectively measured PA behavior. We further tested the model with the upper and lower tertiles of our sample, and by specifying direct paths between behavioral regulations and outcomes, but no improvements were found (data not shown). Consequently, our model was not able to explain the variation in our sample, neither increases nor decreases in PA outcomes.

Our results are in line with results from other similar studies. Indeed, findings of a meta-analysis of SDT-based interventions in health behavior change provided significant but small effect of SDT variables on health behaviors [31]. For instance, Murray and colleagues [65] found effectiveness of a behavioral intervention on targeted mediators but these changes were not translated in increases in objectively measured PA behavior (however in this case using a Yamax Digitwalker CW-701 pedometer). Also, Sebire et al. [64] found limited predictive capacity of a simpler SDT based mediation model on objectively measured MVPA minutes ($R^2 = .07$).

These findings may reflect the complexity of human behavior [66]. PA is a complex, dynamic, and multifaceted behavior. The self-regulation construct itself in which these mechanisms of action are based is still evolving [66], and other authors have proposed new and more advanced approaches of conceptualization using conceptual ontologies (e.g., [67]). Also, the mechanisms of action that are in place to *start* the behavior may be different from those that are required to *maintain* the behavior [68, 69]. Nevertheless, evidence of a relationship between these theory-driven mechanisms of action and *change* in PA behaviour was not evident. Therefore, other variables not considered by the logic model (such as self-efficacy or social support, stress, emotion, cost, rewards) may have played an important mediating role [70, 71]. Although this is a major concern when designing complex interventions, with broader theoretical scopes and multiple variables to assess, that involves time-consuming psychometric batteries of tests that increase participants' burden.

Also, advancements in technologies that objectively assess PA behavior that are automatic and could provide different types of information than self-reported measures [72] and may allow the measurement of new behavioral patterns not used yet in behavioral interventions. This may be a topic of concern, as past research analyzed the hypothesized

intention-behavior gap by relying massively on self-reported PA measures, that are suggested to overestimate MVPA and underestimate sitting time [73]. Therefore, appropriate methods of repeated objective assessments of the actual health behavior are required and are pivotal for theory refinement [74], by providing new insight regarding the historically debated limited predictive capacity of behavior change theories [66, 75].

Strengths and Limitations

Following recent guidelines [20], this study attempted to test an a priori hypothesized logic model that informed a complex long-term behavior change intervention to support weight loss maintenance through the promotion of PA and healthy eating. It is also one of the first attempts to assemble, in one single logic model, the multiple phases of behavioral regulation, combining both motivational and volitional constructs to explain long-term change in objectively assessed Steps and MVPA. One could argue against the proposed sequence of the mediators of our logic model, but it is hard (if not impossible) to discern what comes first, autonomous motivation or intrinsic goals? Action control or basic psychological needs? But, as eloquently stated by Hayes [61] it is the researcher that interprets statistical procedures, and our analysis confirmed the associations between these psychological mechanisms based on existing evidence (e.g., [34, 35, 41, 76–78]). Even though, to address this methodological problem, new techniques of psychometric assessment with repeated measures may be developed to account for the fluctuation through time and the dynamic loops that are not captured in discrete 6-month time-points assessments typical of RCTs designs. Examples of such procedures are the ecological momentary assessments [79].

To this end, digitally enabled psycho-social assessments are predicted to be innovative in the field of human behavior change [6, 8], and they may allow the overcome of the limitations of the classical timepoint specific intervention studies. Digital technologies enable collection of information from participants more often and not be strictly fixed to specific time points of assessment (e.g., continuously for 6 months) [65, 80, 81]. Furthermore, digitally enabled assessments may reduce participant burden with briefer and shorter scales that should be adapted specifically for this purpose.

Future interventions may build on the current analysis to understand the relationships between motivational and self-regulatory variables. However, considering that the

hypothesized logic model failed to explain the variance in objectively measured PA change, future intervention designers may choose to elaborate simpler logic models as suggested by Hagger et al. [20]. To isolate behavior change techniques and mediators in more simple logic models to test its effects on behavior could provide more precise insight on what works, for whom and how. It would also be of particular interest to include more frequent assessments of mediators and outcomes and/or tracking predictor-outcome relationships to provide insights on longitudinal fluctuations and causal sequences of impact. By following and monitoring these assessments it would be feasible to personalize the content of the intervention to each individual need to increase engagement with the intervention and provide extra support [74, 82]. Also, it would be beneficial to track the dynamics of energy balance behaviors during the course of behavioral interventions [74], using electronic tracking behavior and ecological momentary assessments to collect intensive longitudinal data that allow for between and within person complex modeling methodologies [83].

These approaches may help to understand why people lapse and relapse or disengage from long-term weight loss maintenance interventions [74]. To target personally relevant, robustly tested and theory-based components of digital behavior change interventions may help prevent disengagement and improve the success of future weight loss maintenance. Additionally, only about half the NoHoW trial participants provided 12-month psychometrics and behavioral data to allow the current statistical analysis. Therefore, generalization of the current results should be done with care.

Conclusion

The current study tested a theory-based logic model in the context of a digital weight loss intervention to explain long-term PA outcomes (steps and MVPA). Motivational and self-regulatory mediators operated as theorized: i) increased perceived intervention *autonomy support* predicted *Basic Psychological Needs* satisfaction and increased *Intrinsic Goals*, that in turn, ii) predicted increases in *Autonomous Motivation* and decreases in *Controlled Motivation*, iii) that predicted increases or decreases in self-regulatory capacities (*Action Planning*, *Coping Planning* and *Action Control*). However, the model did not perform as intended for PA outcomes, yielding poor fit to the data and little explanation of the variance. Also, no direct or indirect effects were observed and only *Action Control* directly predicted increases in number of Steps. These findings suggest that current models and theories of behavior change in the

context of weight loss maintenance may need further refinement to explain changes in energy balance related behaviors, in this context PA. The gap between psychological mechanisms and actual behavior may widen up with the increased precision of new objective methods of behavior assessment. Therefore, as behavioral scientists, we should think about Thomas Kuhn's argument: are [behavioral] scientists trying to solve [behavioral] problems or are they "inadvertently" trying to solve [theoretical] puzzles?

Abbreviations

BPN: Basic psychological needs

BREQ: Behavioral regulations for exercise questionnaire

CFI: Comparative fit index;

PA: Physical activity

MVPA: Moderate-to-vigorous physical activity

RMSEA: Root mean square error of approximation

R Δ BPN: Computed residuals 6-0 months for Basic Psychological Needs Satisfaction;

R Δ GCWM Intrinsic: Computed residuals 6-0 months for Goal Content – Intrinsic;

R Δ GCWM Extrinsic: Computed residuals 6-0 months for Goal Content – Extrinsic;

R Δ AM: Computed residuals 6-0 months for BREQ – Autonomous Motivation;

R Δ CM: Computed residuals 6-0 months for BREQ - Controlled Motivation;

R Δ ACS: Computed residuals 6-0 months for Action Control Scale;

R Δ AP: Computed residuals 6-0 months for Action Planning;

R Δ CP: Computed residuals 6-0 months for Coping Plan;

R Δ Steps: Computed residuals 12-6 months for number of Steps;

R Δ MVPA: Computed residuals 12-6 months for Moderate-to-Vigorous Intensity Physical Activity;

SDT: Self-determination theory;

SRMR: Standardized root mean square residual;

SRT: Self-regulation theory;

TLI: Tucker Lewis index;

VCC: Virtual care climate.

Authors' contributions

RJS, BLH, PJT, FFS, and GH conceived the NoHoW project. MMM, ALP, PJT, and GH designed the toolkit. All authors contributed to the development of the content and functionalities of the toolkit. RO, JT, SL, DS, GH, and IS contributed to the data handling and statistical analysis. MMM, ALP, JE, MJG, and IS drafted the manuscript. All authors reviewed and approved the manuscript.

Competing Interests

RJS consults for Slimming World through Consulting Leeds, which is a wholly-owned subsidiary of the university of Leeds. Slimming World was a former partner in NoHoW. MMM and GH has previously consulted for Slimming World, who was a former partner in NoHoW project. All other co-authors have no conflicts of interest to declare.

Funding

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 643309. The material presented and views expressed here are the responsibility of the author(s) only. The EU Commission takes no responsibility for any use made of the information set out. Marta Marques is funded by a Marie-Sklodowska-Curie (EDGE) Fellowship programme (grant agreement No. 713567).

Ethics approval and consent to participate

Ethical approval was granted by Institutional Ethics Committees at the Universities of Leeds (17-0082; 27 February 2017), Lisbon (17/2016; 20 February 2017) and Capital Region of Denmark (H-16030495, 8 March 2017). Trial registration number ISRCTN88405328. The protocol is harmonized across trial centres using Good Clinical Practice guidance, research-

grade translation/backtranslation of trial materials, two training workshops and weekly trial management meetings. The final protocol (V2.1 20/09/2017) was approved by the Trial Steering Committee (TSC) and adheres to the Standard Protocol Items: Recommendations for Interventional Trials guidelines. Eligible participants were invited to a clinical investigation day where informed consent was obtained by research staff before randomization (<https://bmjopen.bmj.com/content/bmjopen/9/9/e029425/DC1/embed/inline-supplementary-material-1.pdf?download=true>). Participants are reconsented before each subsequent visit and excluded if they become ineligible.

Consent for publication: Not applicable

Availability of data and materials

The datasets during and/or analyzed during the current study available from the corresponding author on reasonable request.

References

1. Wing RR, Papandonatos G, Fava JL, Gorin AA, Phelan S, McCaffery J, et al. Maintaining large weight losses: The role of behavioral and psychological factors. *J Consult Clin Psychol.* 2008;76:1015–21. doi:10.1037/a0014159.
2. Wang X, Lyles MF, You T, Berry MJ, Rejeski WJ, Nicklas BJ. Weight regain is related to decreases in physical activity during weight loss. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40:1781–8. doi:10.1249/MSS.0b013e31817d8176.
3. Lee I-M, Djoussé L, Sesso HD, Wang L, Buring JE. Physical activity and weight gain prevention. *JAMA.* 2010;303:1173–9. doi:10.1001/jama.2010.312.
4. Butryn ML, Godfrey KM, Call CC, Forman EM, Zhang F, Volpe SL. Promotion of physical activity during weight loss maintenance: A randomized controlled trial. *Health Psychol.* 2021;40:178–87. doi:10.1037/hea0001043.
5. Saint-Maurice PF, Coughlan D, Kelly SP, Keadle SK, Cook MB, Carlson SA, et al. Association of Leisure-Time Physical Activity Across the Adult Life Course With All-Cause and Cause-Specific Mortality. *JAMA Netw Open.* 2019;2:e190355. doi:10.1001/jamanetworkopen.2019.0355.
6. Wadden TA, Tronieri JS, Butryn ML. Lifestyle modification approaches for the treatment of obesity in adults. *Am Psychol.* 2020;75:235–51. doi:10.1037/amp0000517.
7. Crochiere RJ, Kerrigan SG, Lampe EW, Manasse SM, Crosby RD, Butryn ML, et al. Is physical activity a risk or protective factor for subsequent dietary lapses among behavioral weight loss participants? *Health Psychol.* 2020;39:240–4. doi:10.1037/hea0000839.
8. Arigo D, Jake-Schoffman DE, Wolin K, Beckjord E, Hekler EB, Pagoto SL. The history and future of digital health in the field of behavioral medicine. *J Behav Med.* 2019;42:67–83. doi:10.1007/s10865-018-9966-z.
9. Yardley L, Choudhury T, Patrick K, Michie S. Current Issues and Future Directions for Research Into Digital Behavior Change Interventions. *Am J Prev Med.* 2016;51:814–5. doi:10.1016/j.amepre.2016.07.019.
10. Leahey TM, Fava JL, Seiden A, Fernandes D, Doyle C, Kent K, et al. A randomized controlled trial testing an Internet delivered cost-benefit approach to weight loss maintenance.

Prev Med. 2016;92 SI:51–7. doi:10.1016/j.ypmed.2016.04.013.

11. Thomas D, Vydelingum V, Lawrence J. E-mail contact as an effective strategy in the maintenance of weight loss in adults. *J Hum Nutr Diet.* 2011;24:32–8. doi:10.1111/j.1365-277X.2010.01123.x.

12. Brindal E, Hendrie GA, Freyne J, Noakes M. A Mobile Phone App Designed to Support Weight Loss Maintenance and Well-Being (MotiMate): Randomized Controlled Trial. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2019;7:e12882. doi:10.2196/12882.

13. Gerber BS, Schiffer L, Brown AA, Berbaum ML, Rimmer JH, Braunschweig CL, et al. Video telehealth for weight maintenance of African-American women. *J Telemed Telecare.* 2013;19:266–72. doi:10.1177/1357633X13490901.

14. Nakata Y, Sasai H, Tsujimoto T, Hashimoto K, Kobayashi H. Web-based intervention to promote weight-loss maintenance using an activity monitor: A randomized controlled trial. *Prev Med Rep.* 2019;14:100839. doi:10.1016/j.pmedr.2019.100839.

15. Sniehotta FF, Evans EH, Sainsbury K, Adamson A, Batterham A, Becker F, et al. Behavioural intervention for weight loss maintenance versus standard weight advice in adults with obesity: A randomised controlled trial in the UK (NULevel Trial). *PLoS Med.* 2019;16:e1002793. doi:10.1371/journal.pmed.1002793.

16. Collins CE, Morgan PJ, Jones P, Fletcher K, Martin J, Aguiar EJ, et al. A 12-Week Commercial Web-Based Weight-Loss Program for Overweight and Obese Adults: Randomized Controlled Trial Comparing Basic Versus Enhanced Features. 2012.

17. Coughlin JW, Gullion CM, Brantley PJ, Stevens VJ, Bauck A, Champagne CM, et al. Behavioral Mediators of Treatment Effects in the Weight Loss Maintenance Trial. *Ann Behav Med.* 2013;46:369–81. doi:10.1007/s12160-013-9517-3.

18. Encantado J, Palmeira AL, Silva C, Sniehotta F, Stubbs J, Gouveia MJ, et al. What goes on in digital behaviour change interventions for weight loss maintenance targeting physical activity: A Scoping Review. 2021. doi:10.31234/osf.io/4rjpa.

19. Hekler EB, Michie S, Pavel M, Rivera DE, Collins LM, Jimison HB, et al. Advancing Models and Theories for Digital Behavior Change Interventions. *Am J Prev Med.* 2016;51:825–32. doi:10.1016/j.amepre.2016.06.013.

20. Hagger MS, Moyers S, McAnally K, McKinley LE. Known knowns and known unknowns

on behavior change interventions and mechanisms of action. *Health Psychol Rev.* 2020;14:199–212. doi:10.1080/17437199.2020.1719184.

21. Teixeira PJ, Marques MM. Health Behavior Change for Obesity Management. *Obes Facts.* 2017;10:666–73. <https://www.karger.com/DOI/10.1159/000484933>.

22. Connell LE, Carey RN, de Bruin M, Rothman AJ, Johnston M, Kelly MP, et al. Links Between Behavior Change Techniques and Mechanisms of Action: An Expert Consensus Study. *Ann Behav Med.* 2019;53:708–20. doi:10.1093/abm/kay082.

23. Suls J, Mogavero JN, Falzon L, Pescatello LS, Hennessy EA, Davidson KW. Health behaviour change in cardiovascular disease prevention and management: meta-review of behaviour change techniques to affect self-regulation. *Health Psychol Rev.* 2020;14:43–65. doi:10.1080/17437199.2019.1691622.

24. Michie S, Carey RN, Johnston M, Rothman AJ, de Bruin M, Kelly MP, et al. From Theory-Inspired to Theory-Based Interventions: A Protocol for Developing and Testing a Methodology for Linking Behaviour Change Techniques to Theoretical Mechanisms of Action. *Ann Behav Med.* 2018;52:501–12. doi:10.1007/s12160-016-9816-6.

25. Hennessy EA, Johnson BT, Acabchuk RL, McCloskey K, Stewart-James J. Self-regulation mechanisms in health behavior change: a systematic meta-review of meta-analyses, 2006-2017. *Health Psychol Rev.* 2020;14:6–42. doi:10.1080/17437199.2019.1679654.

26. Wilson TE, Hennessy EA, Falzon L, Boyd R, Kronish IM, Birk JL. Effectiveness of interventions targeting self-regulation to improve adherence to chronic disease medications: a meta-review of meta-analyses. *Health Psychol Rev.* 2020;14:66–85. doi:10.1080/17437199.2019.1706615.

27. Scott SE, Duarte C, Encantado J, Evans EH, Harjumaa M, Heitmann BL, et al. The NoHoW protocol: a multicentre 2x2 factorial randomised controlled trial investigating an evidence-based digital toolkit for weight loss maintenance in European adults. *BMJ Open.* 2019;9. doi:10.1136/bmjopen-2019-029425.

28. Scott S., Encantado J., Ermes M., Harjumaa M., Heitmann B.L., Horgan G.W., et al. The development of the NoHoW trial for weight loss maintenance: Design, analyses, challenges and solutions. *Obes Facts.* 2017;10 Supplement 1:29. doi:10.1159/000468958.

29. Development of a theory and evidence-based digital intervention tool for weight loss

maintenance: the NoHoW Toolkit. <https://preprints.jmir.org/preprint/25305/accepted>. Accessed 24 Mar 2021.

30. Ntoumanis N, Ng JYY, Prestwich A, Quested E, Hancox JE, Thøgersen-Ntoumani C, et al. A meta-analysis of self-determination theory-informed intervention studies in the health domain: effects on motivation, health behavior, physical, and psychological health. *Health Psychol Rev.* 2020;:1–31. doi:10.1080/17437199.2020.1718529.

31. Sheeran P, Wright CE, Avishai A, Villegas ME, Lindemans JW, Klein WMP, et al. Self-determination theory interventions for health behavior change: Meta-analysis and meta-analytic structural equation modeling of randomized controlled trials. *J Consult Clin Psychol.* 2020;88:726–37. doi:10.1037/ccp0000501.

32. Ryan RM, Deci EL. *Self-Determination Theory: Basic Psychological Needs in Motivation, Development, and Wellness*. Guilford Publications; 2017.

33. Deci EL, Ryan RM. The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychol Inq.* 2000;11:227–68. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15327965pli1104_01.

34. Hagger MS, Chatzisarantis NLD. An integrated behavior change model for physical activity. *Exerc Sport Sci Rev.* 2014;42:62–9. doi:10.1249/JES.0000000000000008.

35. Lakerveld J, Palmeira AL, van Duinkerken E, Whitelock V, Peyrot M, Nouwen A. Motivation: key to a healthy lifestyle in people with diabetes? Current and emerging knowledge and applications. *Diabetic Medicine.* 2020;37:464–72. doi:10.1111/dme.14228.

36. Wing RR, Tate DF, Gorin AA, Raynor HA, Fava JL. A self-regulation program for maintenance of weight loss. *N Engl J Med.* 2006;355:1563–71. doi:10.1056/NEJMoa061883.

37. Carver CS, Scheier MF. Control theory: A useful conceptual framework for personality--social, clinical, and health psychology. *Psychol Bull.* 1982;92:111. <https://psycnet.apa.org/record/1982-26944-001>.

38. Kanfer FH, Gaelick-Buys L. Self-management methods. In: Kanfer FH, Goldstein AP, editors. *Helping people change: A textbook of methods*. New York: Pergamon Press; 1991. p. 305–60.

39. Teixeira PJ, Carraça EV, Marques MM, Rutter H, Oppert J-M, De Bourdeaudhuij I, et al. Successful behavior change in obesity interventions in adults: a systematic review of self-

regulation mediators. *BMC Med.* 2015;13:84. doi:10.1186/s12916-015-0323-6.

40. Teixeira PJ, Marques M, Carraça EV, Rutter H, Oppert J-M, De Bourdeaudhuij I, et al. A systematic review of self-regulation mediators of success in obesity interventions: the SPOTLIGHT project. *The European Health Psychologist.* 2015;17 S. doi:<https://www.ehps.net/ehp/index.php/contents/article/view/1108>.

41. Sniehotta FF. Towards a theory of intentional behaviour change: Plans, planning, and self-regulation. *Br J Health Psychol.* 2009;14:261–73. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1348/135910708X389042?casa_token=781p9eMB-yFIAAAAAA:XJMyHgAptMQkbq2mA7xJhm3FHMaKisTdKBbTtH1pV5KuDSiwpPydQrDyLO45vgI_hAIXMB5sepL-arI.

42. Reddy RK, Pooni R, Zaharieva DP, Senf B, El Youssef J, Dassau E, et al. Accuracy of Wrist-Worn Activity Monitors During Common Daily Physical Activities and Types of Structured Exercise: Evaluation Study. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2018;6:e10338. doi:10.2196/10338.

43. Mikkelsen M-LK, Berg-Beckhoff G, Frederiksen P, Horgan G, O’Driscoll R, Palmeira AL, et al. Estimating physical activity and sedentary behaviour in a free-living environment: A comparative study between Fitbit Charge 2 and Actigraph GT3X. *PLoS One.* 2020;15:e0234426. doi:10.1371/journal.pone.0234426.

44. O’Driscoll R, Turicchi J, Duarte C, Michalowska J, Larsen SC, Palmeira AL, et al. A novel scaling methodology to reduce the biases associated with missing data from commercial activity monitors. *PLoS One.* 2020;15. doi:10.1371/journal.pone.0235144.

45. Smit ES, Dima AL, Immerzeel SAM, van den Putte B, Williams GC. The Virtual Care Climate Questionnaire: Development and Validation of a Questionnaire Measuring Perceived Support for Autonomy in a Virtual Care Setting. *J Med Internet Res.* 2017;19:e155. doi:10.2196/jmir.6714.

46. Ng JYY, Ntoumanis N, Thøgersen-Ntoumani C, Stott K, Hindle L. Predicting psychological needs and well-being of individuals engaging in weight management: the role of important others. *Appl Psychol Health Well Being.* 2013;5:291–310. doi:10.1111/aphw.12011.

47. Richer S, Vallerand R. Construction and validation of the ESAS (The Relatedness Feelings Scale). *Eur Rev Appl Psychol.* 1998;48:138–138.

48. Encantado J, Marques MM, Palmeira AL, Sebire SJ, Teixeira PJ, Stubbs RJ, et al. Development and cross-cultural validation of the Goal Content for Weight Maintenance Scale (GCWMS). *Eat Weight Disord.* 2021. doi:10.1007/s40519-021-01148-x.
49. Markland D, Tobin V. A Modification to the Behavioural Regulation in Exercise Questionnaire to Include an Assessment of Amotivation. *J Appl Sport Psychol.* 2004;26:191–6. doi:10.1123/jsep.26.2.191.
50. Wilson PM, Todd Rogers W, Rodgers WM, Cameron Wild T. The Psychological Need Satisfaction in Exercise Scale. *J Appl Sport Psychol.* 2006;28:231–51. doi:10.1123/jsep.28.3.231.
51. Sniehotta FF, Scholz U, Schwarzer R. Bridging the intention–behaviour gap: Planning, self-efficacy, and action control in the adoption and maintenance of physical exercise. *Psychol Health.* 2005;20:143–60. doi:10.1080/08870440512331317670.
52. Sniehotta FF, Schwarzer R, Scholz U, Schüz B. Action planning and coping planning for long-term lifestyle change: Theory and assessment. *European Journal of Social Psychology.* 2005;35:565–76. doi:10.1002/ejsp.258.
53. Palmeira AL, Markland DA, Silva MN, Branco TL, Martins SC, Minderico CS, et al. Reciprocal effects among changes in weight, body image, and other psychological factors during behavioral obesity treatment: a mediation analysis. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2009;6:9. doi:10.1186/1479-5868-6-9.
54. Palmeira AL, Branco TL, Martins SC, Minderico CS, Silva MN, Vieira PN, et al. Change in body image and psychological well-being during behavioral obesity treatment: Associations with weight loss and maintenance. *Body Image.* 2010;7:187–93. doi:10.1016/j.bodyim.2010.03.002.
55. Cohen J, Cohen P, West SG, Aiken LS. *Applied Multiple Regression/Correlation Analysis for the Behavioral Sciences.* Routledge; 2013. <https://play.google.com/store/books/details?id=gkalyqTMXNEC>.
56. Muthén LK, Muthén B. Mplus. The comprehensive modelling program for applied researchers: user’s guide. 2016;5. http://www.statmodel.com/virg_nov_course.shtml.
57. Kline RB. *Principles and Practice of Structural Equation Modeling, Fourth Edition.* Guilford Publications; 2015. <https://market.android.com/details?id=book-Q61ECgAAQBAJ>.

58. Hu L-T, Bentler PM. Fit indices in covariance structure modeling: Sensitivity to underparameterized model misspecification. *Psychol Methods*. 1998;3:424–53. doi:10.1037/1082-989x.3.4.424.
59. MacKinnon DP, Tofighi D. Statistical Mediation Analysis. *Handbook of Psychology, Second Edition*. 2012. doi:10.1002/9781118133880.hop202025.
60. Preacher KJ, Hayes AF. Asymptotic and resampling strategies for assessing and comparing indirect effects in multiple mediator models. *Behav Res Methods*. 2008;40:879–91. doi:10.3758/brm.40.3.879.
61. Hayes AF. *Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis, Second Edition: A Regression-Based Approach*. Guilford Publications; 2017. <https://play.google.com/store/books/details?id=8ZM6DwAAQBAJ>.
62. MacKinnon DP, Fairchild AJ, Fritz MS. Mediation analysis. *Annu Rev Psychol*. 2007;58:593–614. doi:10.1146/annurev.psych.58.110405.085542.
63. Preacher KJ, Hayes AF. Contemporary approaches to assessing mediation in communication research. In: *The SAGE Sourcebook of Advanced Data Analysis Methods for Communication Research*. 2455 Teller Road, Thousand Oaks California 91320 United States: Sage Publications, Inc.; 2014. p. 13–54. doi:10.4135/9781452272054.n2.
64. Sebire SJ, Standage M, Vansteenkiste M. Predicting objectively assessed physical activity from the content and regulation of exercise goals: evidence for a mediational model. *J Sport Exerc Psychol*. 2011;33:175–97. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21558579>.
65. Murray JM, French DP, Kee F, Gough A, Tang J, Hunter RF. Mechanisms of physical activity behavior change in an incentive-based intervention: Mediation analysis. *Health Psychol*. 2020. doi:10.1037/hea0000849.
66. Sheeran P, Webb TL. The intention--behavior gap. *Soc Personal Psychol Compass*. 2016;10:503–18. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/spc3.12265?casa_token=d6J5LV4AbugAAA:AA:5FUJoZgSe9vQmyumR77cZugiC82VRgK22j8wCDces62Ti9pRZTehkRaCkV3yumtVAdbnWaIf8MU5o9Q.
67. Eisenberg IW, Bissett PG, Zeynep Enkavi A, Li J, MacKinnon DP, Marsch LA, et al. Uncovering the structure of self-regulation through data-driven ontology discovery. *Nat*

Commun. 2019;10:2319. doi:10.1038/s41467-019-10301-1.

68. Rothman AJ. Toward a theory-based analysis of behavioral maintenance. *Health Psychol.* 2000;19:64–9. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10709949>.

69. Rothman AJ, Baldwin AS, Hertel AW, Fuglestad PT. Disentangling behavioral initiation and behavioral maintenance. *Handbook of Self-Regulation Research, Theory, and Applications*; Guilford Press: New York, NY, USA. 2004;:130–48. https://www.researchgate.net/profile/Austin_Baldwin/publication/232574200_Self-regulation_and_behavior_change_Disentangling_behavioral_initiation_and_behavioral_maintenance/links/54ad570b0cf2213c5fe3c21f.pdf.

70. Wang T, Ren M, Shen Y, Zhu X, Zhang X, Gao M, et al. The Association Among Social Support, Self-Efficacy, Use of Mobile Apps, and Physical Activity: Structural Equation Models With Mediating Effects. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2019;7:e12606. doi:10.2196/12606.

71. MacLean PS, Wing RR, Davidson T, Epstein L, Goodpaster B, Hall KD, et al. NIH working group report: Innovative research to improve maintenance of weight loss. *Obesity.* 2015;23:7–15. doi:10.1002/oby.20967.

72. Loney T, Standage M, Thompson D, Sebire SJ, Cumming S. Self-report vs. objectively assessed physical activity: which is right for public health? *J Phys Act Health.* 2011;8:62–70. <http://journals.humankinetics.com/doi/abs/10.1123/jpah.8.1.62>.

73. Cerin E, Cain KL, Oyeyemi AL, Owen N, Conway TL, Cochrane T, et al. Correlates of Agreement between Accelerometry and Self-reported Physical Activity. *Med Sci Sports Exerc.* 2016;48:1075–84. doi:10.1249/MSS.0000000000000870.

74. Stubbs RJ, Duarte C, O'Driscoll R, Turicchi J, Kwasnicka D, Sniehotta FF, et al. The H2020 “NoHoW Project”: A Position Statement on Behavioural Approaches to Longer-Term Weight Management. *Obes Facts.* 2021;:1–13. doi:10.1159/000513042.

75. Kelly MP, Barker M. Why is changing health-related behaviour so difficult? *Public Health.* 2016;136:109–16. doi:10.1016/j.puhe.2016.03.030.

76. Sniehotta FF, Scholz U, Schwarzer R, Fuhrmann B, Kiwus U, Völler H. Long-term effects of two psychological interventions on physical exercise and self-regulation following coronary rehabilitation. *Int J Behav Med.* 2005;12:244–55. doi:10.1207/s15327558ijbm1204_5.

77. Hagger MS, Luszczynska A. Implementation intention and action planning interventions in

health contexts: state of the research and proposals for the way forward. *Appl Psychol Health Well Being*. 2014;6:1–47. doi:10.1111/aphw.12017.

78. Teixeira PJ, Mata J, Williams GC, Gorin AA, Lemieux S. Self-regulation, motivation, and psychosocial factors in weight management. *J Obes*. 2012;2012:582348. doi:10.1155/2012/582348.

79. Short CE, DeSmet A, Woods C, Williams SL, Maher C, Middelweerd A, et al. Measuring Engagement in eHealth and mHealth Behavior Change Interventions: Viewpoint of Methodologies. *J Med Internet Res*. 2018;20:e292. doi:10.2196/jmir.9397.

80. Scholz U. It's Time to Think about Time in Health Psychology. *Appl Psychol Health Well Being*. 2019;11:173–86. doi:10.1111/aphw.12156.

81. Sniehotta FF, Pesseau J, Araújo-Soares V. Time to retire the theory of planned behaviour. *Health Psychol Rev*. 2014;8:1–7. doi:10.1080/17437199.2013.869710.

82. Ryan K, Dockray S, Linehan C. A systematic review of tailored eHealth interventions for weight loss. *DIGITAL HEALTH*. 2019;5:2055207619826685. doi:10.1177/2055207619826685.

83. Dunton GF, Rothman AJ, Leventhal AM, Intille SS. How intensive longitudinal data can stimulate advances in health behavior maintenance theories and interventions. *Transl Behav Med*. 2021;11:281–6. doi:10.1093/tbm/ibz165.

Discussão

Neste projeto realizámos uma revisão sistemática dos componentes implementados no desenvolvimento de intervenções comportamentais de natureza digital para a gestão de peso através da promoção da atividade física; construímos e validámos transculturalmente um instrumento psicométrica no âmbito dos conteúdos dos objetivos para a manutenção do peso perdido; e testámos estatisticamente um modelo lógico que informou a intervenção digital NoHoW com base na Teoria da Autodeterminação e na Teoria da Autorregulação, numa tentativa de indagar sobre as relações dos mecanismos de ação psicológicos e suas influências no incremento dos níveis de atividade física de intensidade moderada-a-vigorosa e número de passos.

Objetivo 1: O que sabemos sobre os componentes que integram as intervenções digitais de suporte à manutenção do peso perdido através da promoção da atividade física?

Na nossa revisão de intervenções de manutenção do peso perdido (Estudo #1) tornou-se evidente um fraco nível de reporte dos conteúdos das intervenções, nomeadamente quanto aos modelos lógicos fundamentados na teoria e do conteúdo escolhido para a intervenção. Percebemos que ainda são publicadas intervenções comportamentais para a manutenção de peso perdido sem referência formal a uma teoria ou a um princípio teórico para sustentar as escolhas dos seus autores quanto ao conteúdo da intervenção, mesmo a maioria tendo sido já publicada depois da divulgação das novas orientações de sistematização e uniformização (para citar alguns exemplos: *Behaviour Change Wheel*, *Intervention Mapping*, *BCT Taxonomy*, *Theoretical Domains Framework*). Este é um problema já levantado na literatura por outros autores, já que a linguagem usada no reporte de intervenções é dúbia e por isso limita a sistemática compilação e categorização de informação para se encetarem procedimentos meta-analíticos (Davidson & Scholz, 2020). De facto, as intervenções digitais por nós revistas não contextualizaram a necessária coerência conceptual entre as várias técnicas utilizadas, sendo que praticamente todas das intervenções revistas, também não identificaram claramente os mecanismos de ação que permitem a análise dos processos inerentes à eficácia (ou não) das intervenções, exceção feita à intervenção NuLevel (Evans et al., 2015).

Também a revisão sistemática realizada por Willmott e colegas (2019b) sobre o reporte do uso de teorias em intervenções digitais para a gestão de peso em jovens adultos (excluindo

assim estudos de perda de peso ou de manutenção da perda) demonstrou que a maioria dos estudos não integraram efetivamente a escolha de uma teoria em todas as fases da intervenção, revelando falta de rigor na contextualização e aplicação dos princípios teóricos no desenho, na implementação, e na avaliação da intervenção. Mais ainda, Willmott e colegas referem que quando uma teoria é explicitamente referida (por exemplo, Teoria Sociocognitiva) os investigadores não a otimizam num modelo lógico, sendo que muitos estudos não explicitam as ligações entre os mecanismos de ação e as técnicas de mudança comportamental. Na nossa revisão também obtivemos resultados semelhantes para intervenções focadas na manutenção do peso perdido através da promoção da atividade física.

Esta é efetivamente uma limitação científica, já descrita por vários investigadores, e que se pretende ultrapassar com a utilização de ontologias e *frameworks* abrangentes que possam guiar o desenho de intervenções. Mesmo a um nível metodológico, a clara distinção entre grupos de intervenção e grupo de controlo por vezes não é conseguida, e até expressões frequentemente mobilizadas para caracterizar o grupo de controlo como “standard care”, “usual care”, ou “wait-list” por vezes têm descrições diferentes de estudo para estudo (Byrne, 2020). Também a operacionalização das técnicas de mudança comportamental é fracamente reportada e raramente o é de forma sistemática. Efetivamente, só um artigo reportou de forma clara e sistemática não só as técnicas de mudança usadas como fez a ligação das técnicas com os mecanismos de ação a impactar pela intervenção (ver NuLevel; Evans et al., 2015; Sniehotta et al., 2019).

Esta ligação entre os processos psicológicos que despoletam mudança e as técnicas mobilizadas na intervenção é de extrema relevância (Carey et al., 2019). Não identificando de forma clara e inequívoca quais os mecanismos de ação pertinentes em determinado contexto específico, em determinada população, para um determinado comportamento, podemos incorrer no equívoco de desenhar uma intervenção com técnicas de mudança comportamental ineficazes ou até incompatíveis que se podem anular na sua eficácia. Além disso, sem se estabelecer de forma clara estas ligações entre as técnicas e os mecanismos de ação dificilmente conseguiremos perceber o porquê de uma intervenção ter tido determinado resultado, positivo ou não, reduzindo a possibilidade de reajuste informado. Surge assim a questão se a intervenção é baseada na teoria ou apenas inspirada por ela (Michie & Abraham, 2004; Michie et al., 2016).

Se considerarmos também as componentes de *Modo de Entrega* e *Dose* observamos um deteriorar da qualidade da informação disponibilizada e por vezes até mesmo uma total ausência

de informação. Alguns autores defendem que estas características das intervenções são fundamentais, como um ingrediente ativo (Dombrowski et al., 2016). De facto, a forma como a intervenção é entregue ao participante pode influenciar o sucesso da utilização da técnica, já que uma interação presencial em consulta individual será potencialmente percebida de forma diferente pelo indivíduo que uma intervenção em grupo, ou via telefone, ou via uma qualquer tecnologia digital (Carraça et al., 2021). Surge assim como necessidade vital para o entendimento, comparabilidade, replicabilidade, e compilação dos resultados de intervenções, que estas formas de intervenção sejam claramente e inequivocamente reportadas nas publicações.

Ainda mais complexo, dando como exemplo uma intervenção baseada na Teoria da Autodeterminação, podemos perceber que a forma de utilização da linguagem (escrita ou oral) para veicular uma ideia ou uma instrução poderá ter um impacto importante no sucesso da intervenção. Por exemplo, utilizando uma linguagem mais diretiva ou paternalista poderá ser percebida pelo utilizador como uma abordagem controladora (i.e., desenvolvendo regulações comportamentais controladas) e ter também um impacto negativo na satisfação das necessidades psicológicas básicas conceptualizadas por esta teoria. Só se toda a informação sobre as modalidades de entrega da informação e das técnicas for contextualizada e compilada de forma sistemática e exaustiva, será possível um profícuo avanço das teorias de mudança comportamental e das próprias intervenções porque perceberemos o que é e o que não é comparável.

Além desta dimensão, a questão da *Dose* da intervenção foi também identificada com um nível de reporte muito limitado. Este problema no reporte da *Dose* das intervenções leva a que não se perceba de forma inequívoca o número de contactos estabelecidos que veiculam conteúdo de intervenção, ou mesmo a duração desses contactos. Este aspeto pode, por si só, ser determinante nos níveis de eficácia de uma intervenção. Não sendo reportada, dificulta uma vez mais a comparabilidade e uma fidedigna relação entre os conteúdos da intervenção e os seus resultados. Mais problemático ainda, alguns estudos não reportam a sequência de sessões de intervenção comportamental, não permitindo perceber a lógica sequencial decorrente da teoria subjacente à intervenção, por exemplo, numa lógica de complexidade/dificuldade crescente nos conceitos e técnicas providenciadas. Contudo, considerando intervenções tradicionais sem uso de tecnologia, também é verdade que Dombrowski e colegas (2014) identificaram na sua meta-análise de estudos de suporte à manutenção do peso perdido sem recurso a cirurgia que não há

evidência de que intervenções mais intensas, isto é, que uma maior frequência de contactos ou maior número de componentes de intervenção signifique maior eficácia. No entanto, dado o problema de reporte aqui discutido, estas evidências devem ser consideradas com cautela, visto que podem estar enviesadas precisamente pela falta de informação relevante reportada nestas intervenções. De facto, se não conhecermos com fidedignidade porque é que uma intervenção comportamental foi bem sucedida perdemos a oportunidade de captar e sintetizar as descobertas científicas, e isso leva a uma evidência fragmentada e pouco acessível a iniciativas que promovam o melhoramento das teorias e das intervenções (Davidson & Scholz, 2020).

Estas questões estruturais de desenvolvimento e reporte de intervenções são também desafiantes ao nível metodológico. Por exemplo, como podemos comparar estudos que testam para um mesmo contexto, população e comportamento, combinações diferentes de técnicas de mudança comportamental, ou diferentes relações de mecanismos de ação? Novas abordagens de desenho de intervenções (não só digitais) têm surgido como o *Multiphase Optimization Strategy* (MOST) (Collins, 2018) que permitem até um avanço importante na personalização da intervenção, mas que se afiguram como um desafio ao desenho de estudos de controlo aleatório clássicos.

Num estudo de controlo aleatório tradicional avaliamos a eficácia de um conjunto de componentes como um bloco, ao mesmo tempo, não permitindo isolar os efeitos de cada componente da intervenção, seja por exemplo o conteúdo da intervenção (e.g., técnicas de mudança comportamental), o Modo de Entrega, ou a Dose. Assim, esta abordagem é metodologicamente similar ao convencional estudo de controlo aleatório com múltiplas componentes mas tenta usar menos recursos, já que testa sequencialmente cada componente subdividindo a alocação dos participantes em cada fase por cada diferente componente adicionado de acordo com os resultados que vão tendo ao longo do tempo (Collins, 2018). Este método permite, numa só implementação, otimizar o uso dos componentes identificados como potencialmente mais eficazes, retendo os que o são e eliminando os que o não são.

Objetivos 2: Construção e validação transcultural de instrumento psicométrico relevante no enquadramento teórico da investigação NoHoW

De acordo com a Teoria da Autodeterminação, uma correta avaliação dos conteúdos dos objetivos (i.e., extrínsecos vs intrínsecos) é fundamental para podermos entender as dinâmicas motivacionais dos comportamentos de saúde. De facto, quando desenhámos o modelo lógico

que estruturou a intervenção NoHoW, não existia ainda um questionário que estivesse validado para este efeito. Utilizando uma amostra substancial do estudo NoHoW (1511 participantes), construímos e validámos o *Goal Content for Weight Maintenance Scale* em três contextos culturais europeus, português, dinamarquês e britânico (Estudo #2). Seguimos as orientações mais recentes para o desenvolvimento desta análise e confirmámos um modelo final com um ajustamento robusto aos dados. Na sua versão final o questionário compreende 13 itens agrupados nos quatro fatores teoricamente previstos com uma organização ortogonal: Gestão da Saúde, Desafio, Reconhecimento Social, e Imagem. Este modelo demonstrou invariância multi-grupo tanto para género como para os três países estudados.

A pertinência desta confirmação de invariância de medida prende-se com exigência fundamental de podermos comparar com confiança resultados de amostras com características diferentes, confirmando assim que os itens têm um desempenho de medida sempre equivalente, independentemente dessas características amostrais. Por exemplo, sendo referido na literatura que as mulheres têm uma maior tendência para se preocuparem mais com a gestão de peso do que os homens devido, por exemplo, a questões de insatisfação corporal (Weinberger et al., 2016) será importante testar se este questionário é interpretado e respondido de forma equivalente por mulheres e homens. O mesmo argumento se aplica para os diferentes contextos culturais. Para além da barreira da tradução entre as várias línguas, os diferentes países podem ter perceções e relações diferentes com o conceito de saúde, ou a importância percebida dos benefícios da atividade física, ou de uma alimentação saudável.

Desta forma, a nova versão validada deste instrumento poderá ser usada não só na prática clínica por profissionais de saúde na avaliação da natureza mais intrínseca ou mais extrínseca das motivações dos seus utentes para a manutenção do peso, mas também por investigadores que implementem intervenções comportamentais que incidam nos princípios teóricos da Teoria da Autodeterminação. Estando neste momento já publicada, esta é uma escala que pode agora ser usada com confiança nas suas propriedades psicométricas, tanto com mulheres como com homens, e em três línguas europeias.

Objetivo 3: Testagem estatística de um modelo lógico baseado nas teorias da Autodeterminação e Autorregulação para a promoção da atividade física

A necessidade desta validação psicométrica decorreu também na necessidade de avaliar este construto, de conteúdos dos objetivos, para o nosso modelo lógico que informou a intervenção. Este modelo lógico conceptualizou que o clima de suporte à autonomia da intervenção digital NoHoW levaria a um desenvolvimento de objetivos intrínsecos para a gestão de peso e que promoveria a satisfação das necessidades psicológicas básicas (Estudo #3). Por sua vez, o impacto positivo nestes mecanismos de ação psicológicos levaria a um desenvolvimento de regulações motivacionais mais autónomas que conseqüentemente teriam um impacto positivo (ou negativo no caso da regulação controlada) nas capacidades autorregulatórias. Para testar esta sequência de relações mediadoras nos parâmetros objetivos de atividade física de intensidade moderada-a-vigorosa usámos a mediação serial como procedimento estatístico.

A mediação estatística simples é uma representação de três equações de regressão linear que permite testar os efeitos indiretos de uma variável independente numa variável dependente através do efeito da variável independente numa variável mediadora (Valente & MacKinnon, 2017). No nosso modelo testámos três sequências de mediadores (ou de mecanismos de ação) considerando uma evolução longitudinal de 12 meses, subdividida entre as mudanças nos mediadores durante a intervenção (de *baseline* a seis meses), e as mudanças na atividade física de intensidade moderada-a-vigorosa depois da intervenção (de seis a 12 meses).

Corroborando os princípios da Teoria da Autodeterminação (Ryan & Deci, 2017), os nossos resultados apontam para que a percepção de um clima de suporte à autonomia durante a intervenção prediz aumentos na satisfação das necessidades psicológicas básicas, e no desenvolvimento de objetivos mais intrínsecos. Estes, por sua vez, predizem aumentos nas regulações mais autónomas, e conseqüentemente predizem melhorias na capacidade autorregulatória. Contrastando, os aumentos na regulação controlada seguiram no sentido de uma predição de um decréscimo em todas as capacidades autorregulatórias (controlo da ação, planeamento da ação, e planos de *coping*). Por outro lado, o clima de suporte da intervenção não teve efeito nem positivo nem negativo em relação aos objetivos de cariz extrínseco, o que nos leva a sugerir, e em linha de concordância com resultados do nosso Estudo #2, que os objetivos extrínsecos e intrínsecos são construtos ortogonais. Este dado tem uma implicação direta no desenho de intervenções visto que conteúdos diferentes e/ou abordagens diferentes (i.e., tipo de conteúdo da intervenção) poderão ser necessárias para desenvolver objetivos

intrínsecos ou para desconstruir objetivos extrínsecos, tal como sugerido recentemente (Ntoumanis et al., 2020).

Contudo, as relações entre as capacidades autorregulatórias e os diferentes parâmetros de atividade física de intensidade moderada-a-vigorosa já não foram tão claras. De facto, só o mediador “controlo da ação” (que se refere à automonitorização, à noção dos padrões adequados, e ao esforço autorregulatório) conseguiu capacidade preditiva para um aumento do número de passos. Porque é que as variáveis de planeamento da ação e de *coping* não se demonstraram predictoras dos níveis de atividade física de intensidade moderada-a-vigorosa? Pensando mais especificamente na forma de avaliação dos planos de Ação e *Coping*, os itens reportam à ideia de se ter um plano concreto para a execução de um determinado comportamento ou estratégias de *Coping* para esses mesmos comportamentos (ou atingir um resultado no caso da gestão de peso). A elaboração de um plano dá uma noção de estrutura e permite autoavaliar capacidades autorregulatórias. Diríamos que é um primeiro passo, a curto prazo. Mas numa gestão de comportamento a longo prazo talvez o que seja verdadeiramente determinante é a consistência efetiva da implementação desse plano na rotina do indivíduo. Neste caso em particular, curiosamente, vamos ao encontro de uma noção de consistência percebida na dinamização do esforço autorregulatório para atingir um objetivo de comportamento (ou resultado). Esta perceção de consistência é precisamente o que a escala de “Controlo da Ação” se propõe medir quanto à automonitorização.

Assim, podemos argumentar que falta nas medidas clássicas de avaliação das capacidades regulatórias de planeamento uma avaliação da perceção da consistência de implementação do plano de Ação e de *Coping*, ou até uma ferramenta digital de reporte diário ou semanal da utilização desses planos. Efetivamente, esta ausência de avaliação da perceção de consistência poderá explicar parte dos resultados no nosso estudo de mediação, que sugerem que as variáveis de autorregulação de planeamento (de Ação e de *Coping*) não funcionam como predictoras da atividade física de intensidade moderada-a-vigorosa. Aliás, o planeamento até teve uma tendência de predição do comportamento em sentido inverso, mas não significativa, o que pode sugerir que a gestão consciente de um plano de ação poderá ser contraproducente para um praticante mais avançado. Assim poderíamos sugerir que o planeamento poderá ser mais benéfico para iniciantes. Relembramos que não é o contexto da nossa amostra, que se caracteriza por indivíduos que já tiveram uma experiência bem-sucedida de autorregulação em todo o processo de perda e manutenção de peso perdido anterior ao estudo.

Podemos também conjecturar que o exercício moderado-a-vigoroso é mais avançado na sua estrutura e exigência e que poderá porventura ser mais frequente em praticantes mais experientes que não necessitem tanto deste planeamento prévio da prática. De facto, estando num nível mais avançado de prática de exercício o praticante poderá já ter integrado o seu plano de tal maneira que já não precisa de o mobilizar conscientemente, já fazendo parte da sua rotina, do seu estilo de vida. É precisamente esse o argumento de teorias orgánsmicas, como a Teoria da Autodeterminação, que aponta para uma internalização progressiva da regulação comportamental, e assim, integrando-a, torna-se menos deliberada sendo mobilizada com menor esforço ou atenção consciente.

Por outro lado, a capacidade preditiva do modelo de mediação considerado no seu todo foi limitada, explicando uma pequena parte da variância do comportamento dos participantes testados. Este fenómeno foi já observado anteriormente noutras intervenções comportamentais. Num estudo recente, Butryn et al. (2021) testaram uma intervenção comportamental de manutenção do peso perdido com três braços: i) intervenção comportamental tradicional, ii) intervenção comportamental com ênfase no exercício, e iii) intervenção com abordagem na teoria de compromisso e aceitação com ênfase no exercício. Os resultados apontaram no sentido de não se encontrarem diferenças entre grupos nos níveis de atividade física moderada-a-vigorosa nem na percentagem de peso perdido de longo prazo (a 12 ou a 18 meses). Similarmente, os resultados de uma meta-análise de intervenções baseadas na Teoria da Autodeterminação para a mudança de comportamentos de saúde indicaram um efeito significativo, mas pequeno, das variáveis motivacionais nos comportamentos de saúde (Sheeran et al., 2020). Também Murray et al. (2020) demonstraram haver eficácia de uma intervenção comportamental nos mediadores-alvo, mas essas mudanças não foram traduzidas em aumentos no comportamento de atividade física medido objetivamente (no entanto, neste caso, usando um pedómetro Yamax Digitwalker CW-701). Além disso, Sebire et al. (2011) encontraram também uma capacidade preditiva limitada de um modelo de mediação mais simples baseado na Teoria da Autodeterminação quanto aos minutos de atividade física moderada-a-vigorosa medidos objetivamente ($R^2 = .07$).

Vários fenómenos podem ajudar a explicar estes resultados. Por um lado, uma limitação que emerge no desenho e avaliação de intervenções complexas que mobilizam vários mecanismos de ação e para vários comportamentos. Efetivamente, o estudo NoHoW, sendo uma intervenção de manutenção do peso perdido, utiliza escalas que medem os mecanismos de

ação orientados para a manutenção do peso. No entanto, o peso é o produto de diversas variáveis e depende diretamente daquilo que chamamos comportamentos de balanço energético: a atividade física e o comportamento alimentar. Ora se temos necessariamente de avaliar as regulações motivacionais para a manutenção do peso, fará todo o sentido avaliarmos também as regulações para a atividade física e comportamento alimentar, que podem ser distintas, e darem assim pistas para as dinâmicas da intervenção e como ela afeta a gestão de peso. Todavia, esta abordagem não é procedimentalmente comportável para todos os mecanismos de ação mobilizados num modelo lógico complexo como o nosso, já que aumentaria de forma impraticável o tempo de resposta aos questionários. Para evitar este cenário, alguns mecanismos de ação foram avaliados apenas numa abordagem de gestão de peso. Este é o caso das escalas de autorregulação, controlo da ação, planos de ação, e planos de *coping*, que se focaram praticamente só na gestão de peso. Assim, podemos sugerir que a ausência de capacidade preditiva do modelo lógico, e das variáveis autorregulatórias em particular, poderá passar pelo facto de se usarem escalas que não avaliam diretamente a autorregulação para o comportamento (a atividade física), mas sim para o resultado desse comportamento (o peso). Estudos futuros com intervenções digitais poderão ultrapassar este problema criando escalas psicométricas mais breves e que sejam passíveis de ser respondidas mais frequentemente e alternadamente, em vez de uma aplicação mais longa a cada seis meses, por exemplo.

Um efeito teto pode também ter ocorrido nas variáveis de número de passos e da atividade física de intensidade moderada-a-vigorosa. Efetivamente os participantes do estudo NoHoW apresentavam-se, na avaliação de início de estudo, com uma média ligeiramente acima da recomendação de 10 mil passos diários (Tudor-Locke & Bassett, 2004). Sendo os participantes deste estudo indivíduos em manutenção do peso perdido, conseguiram de forma autónoma, antes da intervenção, uma mudança de comportamentos eficaz. O desafio passa assim pela manutenção desse novo estilo de vida a longo prazo e evitar, por um lado, o provável reganho de peso já descrito anteriormente pela literatura (Johns et al., 2015; Wadden et al., 2020), e por outro, o previsível decréscimo dos níveis de atividade física (Sperandei et al., 2016).

Por outro lado, ao investigarmos os efeitos indiretos percebemos que o modelo funcionou parcialmente como previsto. Por um lado, houve capacidade preditiva nas relações entre os incrementos nos mediadores motivacionais e autorregulatórios durante a intervenção, e por outro, houve evidência de função mediadora dos incrementos na variável autorregulatória

“Controlo da Ação” entre os incrementos da Motivação Autónoma durante a intervenção e o incremento da atividade física moderada-a-vigorosa após intervenção, ainda que com limitações quanto à proporção de variância explicada.

Efetivamente, esta é uma das primeiras tentativas de integração numa análise de mediação longitudinal de variáveis motivacionais e volitivas e do seu impacto em parâmetros de atividade física de intensidade moderada-a-vigorosa medida objetivamente e permanentemente ao longo de um ano. Também surge como ponto importante de discussão o facto de termos incluído na nossa análise apenas os participantes que efetivamente permitiram a recolha de dados para a realização desta análise, o que limita a generalização dos resultados obtidos. Apesar de termos incluído cerca de metade da amostra total num período de 12 meses (766 de 1627 participantes), não podemos deixar de referir que muitos participantes não aderiram de forma tão consistente ao uso destas tecnologias e/ou aos procedimentos de recolha de informação protocolados na intervenção. De ressaltar que, por outro lado, não usar o equipamento de monitorização não significa não interagir com a plataforma de intervenção digital, ou que uma parte das dinâmicas psicológicas previstas pelo nosso modelo não estão presentes. Mas será forçosa a observação que dessa forma uma dimensão importante da intervenção fica comprometida na medida em que tarefas autorregulatórias cruciais como a automonitorização e gestão de objetivos não são passíveis de ser usadas por estes indivíduos por falta de informação sobre o seu comportamento. Este fenómeno leva-nos assim também à reflexão que este tipo de intervenção mais tecnológica, e que no caso do NoHoW era totalmente automatizada sem interação humana síncrona, não servirá para todas as pessoas, e que outras alternativas devem ser consideradas para pessoas com perfis diferentes. Futuros estudos poderão considerar intervenções híbridas em que há possibilidade de ajustar o contacto humano consoante as necessidades.

Com base na análise de mediação que realizámos, podemos sugerir com um robusto nível de confiança que as relações conceptuais dos mecanismos de ação oriundos da Teoria da Autodeterminação se relacionam entre si como previsto pela teoria. Ademais, e de forma inovadora, podemos ainda sugerir com base nas nossas análises que estes mecanismos de ação motivacionais têm impacto nas capacidades autorregulatórias, reforçando-os positivamente (no caso da motivação autónoma) ou negativamente (no caso da motivação controlada).

Considerações Finais

A Psicologia da Saúde enfrenta importantes desafios na próxima década. Se considerarmos que o problema “sindémico” (Swinburn et al., 2019) é de cariz comportamental, tanto no paradoxo da obesidade e subnutrição, à sinergia entre as alterações climáticas e o aparecimento de pandemias virais como neste momento assistimos, o nosso desafio enquanto investigadores e implementadores de ciência comportamental é colossal. E isto tanto a um nível individual, na saúde física e mental do cidadão anónimo, como a um nível sistémico que poderá colocar em questão a própria organização socioeconómica da civilização humana tal como a concebemos hoje (Bologna & Aquino, 2020).

De facto alguns autores têm defendido uma agenda para a Psicologia da Saúde (Bernard, 2019; Sniehotta et al., 2014), e pelo carácter multifacetado do comportamento humano, esta agenda tem de ser bastante abrangente (Geller et al., 2017). E tem de lidar com as consequências negativas daquilo que hoje se chama o Antropoceno, ao ajudar os indivíduos, os sistemas de saúde e as sociedades, a concertarem esforços e prepararem respostas estratégicas e efetivas para este desafio “sindémico” do século XXI (Bernard, 2019).

Dada a pertinência societal destes problemas não podemos dar-nos ao luxo de perder mais tempo e há urgência num esforço coletivo. Assim, em última instância, para evitar uma dispersão de esforços, os mais conceituados peritos científicos atuais na Psicologia da Saúde, que têm uma amplo domínio da literatura e da área de investigação, tendo já estabelecido um conjunto importante de taxonomias e ontologias, deveriam estabelecer agora uma agenda com *guidelines* para investigação, identificando as lacunas fundamentais e o que falta testar, indicando claramente tipo de população, técnicas, condições, mecanismos, contextos, comportamentos, para reduzir aquilo que podemos definir como uma “tragédia dos comuns” (Hardin, 1968) na ciência comportamental, que não podemos mais suportar nos tempos em que vivemos, em que os investigadores avançam por uma iniciativa própria desligada de uma visão sistémica do problema “sindémico”. Um sistema mundial de registo de estudos (como já existem, mas não centralizados) poderia definir quem está a fazer o quê em resposta às lacunas identificadas em cada área prioritária, sendo que estas *guidelines* seriam ajustadas e atualizadas, mas providenciariam assim uma estratégia comum condutora do desenvolvimento da disciplina a longo prazo.

Também é verdade que outros autores defendem uma abordagem menos sistematizada ou mecanicista de uma intervenção psicológica e comportamental. Por exemplo, Jane Ogden critica abertamente aquilo que denomina de excesso de sistematização na psicologia da saúde precisamente por restringir uma salutar variabilidade nas teorias e nas práticas profissionais (J. Ogden, 2016). De facto, a autora considera crucial na prática psicológica um espaço de intersubjetividade entre profissional e utente que fica muito limitada se esquematizarmos esta interação por via de aplicação mecanicista das técnicas de mudança, muitas vezes sendo descritas com uma expressão farmacológica de “principio ativo” que segue instruções rígidas de aplicação sobre como, quando e a quem deve ser administrado. Ora desta forma, Jane Ogden argumenta, deixamos de ser profissionais e passamos a ser técnicos, desprovidos de uma criatividade inerente à tomada de decisão profissional em contextos complexos e impregnados de intersubjetividade, que requerem a abertura à variabilidade, flexibilidade, e sensibilidade de mudança.

Novos métodos têm surgido que poderão dar respostas a estes desafios. Com efeito, a abordagem MOST permite explorar intervenções digitais inovadoras que incluam a dinâmica de personalização ou ajustamento dos conteúdos de intervenção às características do utilizador, e desta forma, aumentar a eficácia da intervenção. De facto, no que diz respeito à mudança comportamental parece ser contraproducente mantermos uma lógica de “*one size fits all*”, mas que, no entanto, por constrangimentos metodológicos, acaba por ser a abordagem mais convencional dos estudos de controlo aleatório. Esta é uma crítica que podemos fazer à intervenção digital NoHoW, e que intervenções futuras poderão melhorar. Ainda mais interessante será perceber diferenças de eficácia consoante outros aspetos da intervenção, como a *Dose*, o *Modo de Entrega*, ou o momento de contacto, que nesta abordagem dinâmica podem ser ajustados automaticamente em tempo real, e que na intervenção NoHoW não foi possível integrar tanto por questões tecnológicas como metodológicas.

Por exemplo, no desenvolvimento desta complexa rede de iterações os autores desta abordagem propõem, na fase de refinamento do processo MOST, um novo desenho experimental, o SMART, ou *Sequential Multiple Assignment Randomized Trial* (SMART), que também pode ser usado sem a abordagem MOST (Collins, 2018; Collins et al., 2007). O desenho experimental SMART foi desenvolvido especialmente para a construção de intervenções adaptativas com variações temporais. Esta foi realmente uma abordagem inovadora numa época em que a saúde digital estava na sua infância (de recordar que 2007 foi

o ano em que foi comercializado o primeiro *iPhone*) e que será provavelmente o futuro da investigação em mudança comportamental digital.

Pela sua pertinência e alcance, esta inovação metodológica tanto na implementação como no uso sistemático de diretrizes de reporte da respetiva informação, é uma reflexão crucial para o futuro da Psicologia da Saúde, até porque o avanço das novas tecnologias e sua integração na intervenção comportamental podem ser muito proveitosos para a ciência psicológica e comportamental. Se no passado recente uma ideia de ajuste dinâmico e análise de dados sincronamente a uma escala populacional era difícil de conceber, com o aparecimento da Ciência dos Dados (i.e., *Data Science*) e a ubiquidade das aplicações de telemóvel, abre-se uma janela de oportunidade que a Psicologia da Saúde poderá aproveitar tanto a nível de investigação como de intervenção. Efetivamente, com o crescente poder computacional, a utilização da informação em processos de *Big Data* pode ajudar na decisão de procedimentos em larga escala ou na procura de perfis psicológicos e comportamentais de mudança através de técnicas de *Machine Learning*. Assim, alicerçado em modelos *bottom up*, numa nova abordagem estatística baseada em probabilidade e não nos testes de inferência estatística, podemos agora analisar os dados comportamentais e psicossociais como nunca foi possível na história da Psicologia. Conjugando todas estas inovações tecnológicas, a área da mudança comportamental poderá testemunhar uma revolução significativa na próxima década, sendo já hoje uma prática comum na indústria a nível internacional a contratação de académicos especialistas em modelos teóricos para a mudança comportamental que possam informar o desenho dos produtos comerciais, numa área relativamente recente denominada de *Digital Health*.

Assim, neste contexto de rápido desenvolvimento tecnológico na área de intervenção comportamental vários desafios se colocam aos investigadores. Por um lado, será então que numa tentativa de sistematizar e padronizar técnicas e procedimentos de intervenção encapsulados em modelos teóricos complexos, estaremos a incorrer no erro identificado por Thomas Khun (2012), focando-nos mais na resolução de problemas teóricos (“*puzzle solving*”)? E assim, estarmos, inadvertidamente, a desviarmo-nos daquilo que realmente queremos efetivamente resolver que são os problemas comportamentais (“*problem solving*”) responsáveis pelo flagelo das doenças crónicas no nosso século? Ou por outro lado, será que o desenvolvimento destes novos procedimentos metodológicos juntamente com o surgimento das novas tecnologias permitirá aos investigadores uma inovadora abordagem ao estudo dos

mecanismos psicológicos e das dinâmicas comportamentais, iniciando uma mudança significativa na Psicologia da Saúde e Medicina Comportamental?

Referências

- Aarts, H. (2007). Health and goal-directed behavior: The nonconscious regulation and motivation of goals and their pursuit. *Health Psychology Review, 1*(1), 53–82. <https://doi.org/10.1080/17437190701485852>
- Abdelaal, M., le Roux, C. W., & Docherty, N. G. (2017). Morbidity and mortality associated with obesity. *Annals of Translational Medicine, 5*(7), 161. <https://doi.org/10.21037/atm.2017.03.107>
- Abraham, C., Johnson, B. T., de Bruin, M., & Luszczynska, A. (2014). Enhancing reporting of behavior change intervention evaluations. *Journal of Acquired Immune Deficiency Syndromes, 66 Suppl 3*, S293-9. <https://doi.org/10.1097/QAI.0000000000000231>
- Abraham, C., & Michie, S. (2008). A taxonomy of behavior change techniques used in interventions. *Health Psychology: Official Journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association, 27*(3), 379–387. <https://doi.org/10.1037/0278-6133.27.3.379>
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes, 50*(2), 179–211.
- Ajzen, I. (2002). Perceived behavioral control, self-efficacy, locus of control, and the theory of planned behavior 1. *Journal of Applied Social Psychology, 32*(4), 665–683. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1559-1816.2002.tb00236>
- Ajzen, I. (2005). *Attitudes, Personality And Behaviour*. McGraw-Hill Education (UK).
- Aklin, W. M., Stoeckel, L. E., Green, P. A., Keller, C., King, J. W., Nielsen, L., & Hunter, C. (2020). Commentary: National Institutes of Health (NIH) Science of Behavior Change (SOBC). *Health Psychology Review, 14*(1), 193–198. <https://doi.org/10.1080/17437199.2020.1716383>
- Arigo, D., Jake-Schoffman, D. E., Wolin, K., Beckjord, E., Hekler, E. B., & Pagoto, S. L. (2019). The history and future of digital health in the field of behavioral medicine. *Journal of Behavioral Medicine, 42*(1), 67–83. <https://doi.org/10.1007/s10865-018-9966-z>
- Avenell, A., Broom, J., Brown, T. J., Poobalan, A., Aucott, L., Stearns, S. C., Smith, W. C. S., Jung, R. T., Campbell, M. K., & Grant, A. M. (2004). Systematic review of the long-

- term effects and economic consequences of treatments for obesity and implications for health improvement. *Health Technology Assessment*, 8(21), iii–iv, 1–182. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15147610>
- Bagozzi, R. P., Moore, D. J., & Leone, L. (2004). Self-Control and the Self-Regulation of Dieting Decisions: The Role of Prefactual Attitudes, Subjective Norms, and Resistance to Temptation. *Basic and Applied Social Psychology*, 26(2–3), 199–213. <https://doi.org/10.1080/01973533.2004.9646405>
- Ballin, M., Hult, A., Björk, S., Dinsmore, J., Nordström, P., & Nordström, A. (2020). Digital exercise interventions for improving measures of central obesity: a systematic review. *International Journal of Public Health*. <https://doi.org/10.1007/s00038-020-01385-4>
- Bandura, A. (1998). Health promotion from the perspective of social cognitive theory. *Psychology & Health*, 13(4), 623–649. <https://doi.org/10.1080/08870449808407422>
- Bandura, A. (2005). The growing centrality of self-regulation in health promotion and disease prevention. *The European Health Psychologist*, 1, 11–12. <http://www.ehps.net/ehp/index.php/contents/article/download/ehp.v7.i3.p11/891>
- Bartholomew, L. K., Markham, C. M., Ruiter, R. A. C., Fernández, M. E., Kok, G., & Parcel, G. S. (2016). *Planning Health Promotion Programs: An Intervention Mapping Approach*. John Wiley & Sons.
- Bernard, P. (2019). Health psychology at the age of Anthropocene. *Health Psychology and Behavioral Medicine*, 7(1), 193–201. <https://doi.org/10.1080/21642850.2019.1617150>
- Bologna, M., & Aquino, G. (2020). Deforestation and world population sustainability: a quantitative analysis. *Scientific Reports*, 10(1), 7631. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63657-6>
- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J.-P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., ... Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, 54(24), 1451–1462. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>
- Bull, F. C., & Bauman, A. E. (2011). Physical Inactivity: The “Cinderella” Risk Factor for

- Noncommunicable Disease Prevention. *Journal of Health Communication*, 16(sup2), 13–26. <https://doi.org/10.1080/10810730.2011.601226>
- Butryn, M. L., Godfrey, K. M., Call, C. C., Forman, E. M., Zhang, F., & Volpe, S. L. (2021). Promotion of physical activity during weight loss maintenance: A randomized controlled trial. *Health Psychology: Official Journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association*, 40(3), 178–187. <https://doi.org/10.1037/hea0001043>
- Butryn, M. L., Webb, V., & Wadden, T. A. (2011). Behavioral treatment of obesity. *The Psychiatric Clinics of North America*, 34(4), 841–859. <https://doi.org/10.1016/j.psc.2011.08.006>
- Byrne, M. (2020). Gaps and priorities in advancing methods for health behaviour change research. *Health Psychology Review*, 14(1), 165–175. <https://doi.org/10.1080/17437199.2019.1707106>
- Cane, J., O'Connor, D., & Michie, S. (2012). Validation of the theoretical domains framework for use in behaviour change and implementation research. *Implementation Science: IS*, 7, 37. <https://doi.org/10.1186/1748-5908-7-37>
- Carey, R. N., Connell, L. E., Johnston, M., Rothman, A. J., de Bruin, M., Kelly, M. P., & Michie, S. (2019). Behavior Change Techniques and Their Mechanisms of Action: A Synthesis of Links Described in Published Intervention Literature. *Annals of Behavioral Medicine: A Publication of the Society of Behavioral Medicine*, 53(8), 693–707. <https://doi.org/10.1093/abm/kay078>
- Carraça, E. V., Encantado, J., Battista, F., Beaulieu, K., Blundell, J. E., Busetto, L., van Baak, M., Dicker, D., Ermolao, A., Farpour-Lambert, N., Pramono, A., Woodward, E., Bellicha, A., & Oppert, J.-M. (2021). Effective Behaviour Change Techniques to Promote Physical Activity in Adults with Overweight or Obesity: A Systematic Review and Meta-Analysis. In *Obesity Reviews*.
- Carver, C. S., & Scheier, M. F. (1982). Control theory: A useful conceptual framework for personality--social, clinical, and health psychology. *Psychological Bulletin*, 92(1), 111. <https://psycnet.apa.org/record/1982-26944-001>
- Carver, C. S., & Scheier, M. F. (1985). A Control-Systems Approach to the Self-Regulation of

- Action. In *Action Control* (pp. 237–265). https://doi.org/10.1007/978-3-642-69746-3_11
- Carver, C. S., & Scheier, M. F. (2012). *Attention and Self-Regulation: A Control-Theory Approach to Human Behavior*. Springer Science & Business Media.
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports, 100*(2), 126–131. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3920711>
- Castelnuovo, G., Pietrabissa, G., Manzoni, G. M., Cattivelli, R., Rossi, A., Novelli, M., Varallo, G., & Molinari, E. (2017). Cognitive behavioral therapy to aid weight loss in obese patients: current perspectives. *Psychology Research and Behavior Management, 10*, 165–173. <https://doi.org/10.2147/PRBM.S113278>
- Cavero-Redondo, I., Martinez-Vizcaino, V., Fernandez-Rodriguez, R., Saz-Lara, A., Pascual-Morena, C., & Álvarez-Bueno, C. (2020). Effect of Behavioral Weight Management Interventions Using Lifestyle mHealth Self-Monitoring on Weight Loss: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients, 12*(7). <https://doi.org/10.3390/nu12071977>
- Collins, L. M. (2018). *Optimization of Behavioral, Biobehavioral, and Biomedical Interventions: The Multiphase Optimization Strategy (MOST)*. Springer.
- Collins, L. M., Murphy, S. A., & Strecher, V. (2007). The multiphase optimization strategy (MOST) and the sequential multiple assignment randomized trial (SMART): new methods for more potent eHealth interventions. *American Journal of Preventive Medicine, 32*(5 Suppl), S112-8. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2007.01.022>
- Connell, L. E., Carey, R. N., de Bruin, M., Rothman, A. J., Johnston, M., Kelly, M. P., & Michie, S. (2019). Links Between Behavior Change Techniques and Mechanisms of Action: An Expert Consensus Study. *Annals of Behavioral Medicine: A Publication of the Society of Behavioral Medicine, 53*(8), 708–720. <https://doi.org/10.1093/abm/kay082>
- Cotie, L. M., Prince, S. A., Elliott, C. G., Ziss, M. C., McDonnell, L. A., Mullen, K. A., Hiremath, S., Pipe, A. L., Reid, R. D., & Reed, J. L. (2018). The effectiveness of eHealth interventions on physical activity and measures of obesity among working-age women: a systematic review and meta-analysis. In *Obesity Reviews* (Vol. 19, Issue 10, pp. 1340–1358). <https://doi.org/10.1111/obr.12700>

- Dalgetty, R., Miller, C. B., & Dombrowski, S. U. (2019). Examining the theory-effectiveness hypothesis: A systematic review of systematic reviews. *British Journal of Health Psychology, 24*(2), 334–356. <https://doi.org/10.1111/bjhp.12356>
- Davidson, K. W., & Scholz, U. (2020). Understanding and predicting health behaviour change: a contemporary view through the lenses of meta-reviews. *Health Psychology Review, 14*(1), 1–5. <https://doi.org/10.1080/17437199.2020.1719368>
- Davis, R., Campbell, R., Hildon, Z., Hobbs, L., & Michie, S. (2015). Theories of behaviour and behaviour change across the social and behavioural sciences: a scoping review. *Health Psychology Review, 9*(3), 323–344. <https://doi.org/10.1080/17437199.2014.941722>
- de Bruin, M., Black, N., Javornik, N., Viechtbauer, W., Eisma, M. C., Hartman-Boyce, J., Williams, A. J., West, R., Michie, S., & Johnston, M. (2020). Underreporting of the active content of behavioural interventions: a systematic review and meta-analysis of randomised trials of smoking cessation interventions. *Health Psychology Review, 1*–19. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17437199.2019.1709098>
- de Bruin, M., McCambridge, J., & Prins, J. M. (2015). Reducing the risk of bias in health behaviour change trials: improving trial design, reporting or bias assessment criteria? A review and case study. *Psychology & Health, 30*(1), 8–34. <https://doi.org/10.1080/08870446.2014.953531>
- Dee, A., Kearns, K., O'Neill, C., Sharp, L., Staines, A., O'Dwyer, V., Fitzgerald, S., & Perry, I. J. (2014). The direct and indirect costs of both overweight and obesity: a systematic review. *BMC Research Notes, 7*, 242. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-7-242>
- Ding, D., Lawson, K. D., Kolbe-Alexander, T. L., Finkelstein, E. A., Katzmarzyk, P. T., van Mechelen, W., Pratt, M., & Lancet Physical Activity Series 2 Executive Committee. (2016). The economic burden of physical inactivity: a global analysis of major non-communicable diseases [Review of *The economic burden of physical inactivity: a global analysis of major non-communicable diseases*]. *The Lancet, 388*(10051), 1311–1324. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30383-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30383-X)
- Dobbs, R., Sawers, C., Thompson, F., Manyika, J., Woetzel, J., Child, P., McKenna, S., & Spatharou, A. (2014). *Overcoming obesity: an initial economic assessment. A discussion paper by the McKinsey Global Institute*. Global McKinsey Institute.

- Dombrowski, S. U., Knittle, K., Avenell, A., Araújo-Soares, V., & Sniehotta, F. F. (2014). Long term maintenance of weight loss with non-surgical interventions in obese adults: systematic review and meta-analyses of randomised controlled trials. *BMJ*, *348*, g2646. <https://doi.org/10.1136/bmj.g2646>
- Dombrowski, S. U., O'Carroll, R. E., & Williams, B. (2016). Form of delivery as a key 'active ingredient' in behaviour change interventions. In *British Journal of Health Psychology* (Vol. 21, Issue 4, pp. 733–740). <https://doi.org/10.1111/bjhp.12203>
- Dombrowski, S. U., Sniehotta, F. F., Avenell, A., Johnston, M., MacLennan, G., & Araújo-Soares, V. (2012). Identifying active ingredients in complex behavioural interventions for obese adults with obesity-related co-morbidities or additional risk factors for co-morbidities: a systematic review. *Health Psychology Review*, *6*(1), 7–32. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17437199.2010.513298>
- Donnelly, J. E., Blair, S. N., Jakicic, J. M., Manore, M. M., Rankin, J. W., Smith, B. K., & American College of Sports Medicine. (2009). American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *41*(2), 459–471. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181949333>
- Egger, G. J., Binns, A. F., & Rossner, S. R. (2009). The emergence of “lifestyle medicine” as a structured approach for management of chronic disease. *The Medical Journal of Australia*, *190*(3), 143–145. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19203313>
- Evans, E. H., Araújo-Soares, V., Adamson, A., Batterham, A. M., Brown, H., Campbell, M., Dombrowski, S. U., Guest, A., Jackson, D., Kwasnicka, D., Ladha, K., McColl, E., Olivier, P., Rothman, A. J., Sainsbury, K., Steel, A. J., Steen, I. N., Vale, L., White, M., ... Sniehotta, F. F. (2015). The NULevel trial of a scalable, technology-assisted weight loss maintenance intervention for obese adults after clinically significant weight loss: study protocol for a randomised controlled trial. *Trials*, *16*, 421. <https://doi.org/10.1186/s13063-015-0931-7>
- Evans, E. H., Sainsbury, K., Marques, M. M., Santos, I., Pedersen, S., Lähteenmäki, L., Teixeira, P. J., Stubbs, R. J., Heitmann, B. L., & Sniehotta, F. F. (2019). Prevalence and predictors of weight loss maintenance: a retrospective population-based survey of European adults with overweight and obesity. *Journal of Human Nutrition and*

- Dietetics: The Official Journal of the British Dietetic Association*, 32(6), 745–753.
<https://doi.org/10.1111/jhn.12666>
- Gaio, V., Antunes, L., Barreto, M., Gil, A., Kyslaya, I., Namorado, S., Rodrigues, A. P., Santos, A., Nunes, B., & Dias, C. M. (2018). Prevalência de excesso de peso e de obesidade em Portugal: resultados do primeiro Inquérito Nacional de Saúde com Exame Físico (INSEF 2015). *Boletim*, 7(22), 29–33. <http://repositorio.insa.pt/handle/10400.18/5588>
- Gao, F., Zheng, K. I., Wang, X.-B., Sun, Q.-F., Pan, K.-H., Wang, T.-Y., Chen, Y.-P., Targher, G., Byrne, C. D., George, J., & Zheng, M.-H. (2020). Obesity Is a Risk Factor for Greater COVID-19 Severity. *Diabetes Care*, 43(7), e72–e74.
<https://doi.org/10.2337/dc20-0682>
- Geller, K., Lippke, S., & Nigg, C. R. (2017). Future directions of multiple behavior change research. *Journal of Behavioral Medicine*, 40(1), 194–202.
<https://doi.org/10.1007/s10865-016-9809-8>
- Gillison, F. B., Rouse, P., Standage, M., Sebire, S. J., & Ryan, R. M. (2019). A meta-analysis of techniques to promote motivation for health behaviour change from a self-determination theory perspective. *Health Psychology Review*, 13(1), 110–130.
<https://doi.org/10.1080/17437199.2018.1534071>
- Gollwitzer, P. M. (1993). Goal Achievement: The Role of Intentions. *European Review of Social Psychology*, 4(1), 141–185. <https://doi.org/10.1080/14792779343000059>
- Gollwitzer, P. M., & Sheeran, P. (2006). Implementation Intentions and Goal Achievement: A Meta-analysis of Effects and Processes. In *Advances in Experimental Social Psychology* (Vol. 38, pp. 69–119). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2601\(06\)38002-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2601(06)38002-1)
- Gourlan, M., Bernard, P., Bortolon, C., Romain, A. J., Lareyre, O., Carayol, M., Ninot, G., & Boiché, J. (2016). Efficacy of theory-based interventions to promote physical activity. A meta-analysis of randomised controlled trials. *Health Psychology Review*, 10(1), 50–66. <https://doi.org/10.1080/17437199.2014.981777>
- Greaves, C., Poltawski, L., Garside, R., & Briscoe, S. (2017). Understanding the challenge of weight loss maintenance: a systematic review and synthesis of qualitative research on weight loss maintenance. *Health Psychology Review*, 11(2), 145–163.

<https://doi.org/10.1080/17437199.2017.1299583>

- Hagger, M. S. (2010). Self-regulation: an important construct in health psychology research and practice. *Health Psychology Review*, 4(2), 57–65. <https://doi.org/10.1080/17437199.2010.503594>
- Hagger, M. S. (2019). *Basic Model of a Behavior Change Mechanism of Action*. <https://doi.org/10.31234/osf.io/9a5k6>
- Hagger, M. S., & Chatzisarantis, N. L. D. (2014). An integrated behavior change model for physical activity. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 42(2), 62–69. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000008>
- Hagger, M. S., Moyers, S., McAnally, K., & McKinley, L. E. (2020). Known knowns and known unknowns on behavior change interventions and mechanisms of action. *Health Psychology Review*, 14(1), 199–212. <https://doi.org/10.1080/17437199.2020.1719184>
- Hall, P. A., & Fong, G. T. (2007). Temporal self-regulation theory: A model for individual health behavior. *Health Psychology Review*, 1(1), 6–52. <https://doi.org/10.1080/17437190701492437>
- Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons. The population problem has no technical solution; it requires a fundamental extension in morality. *Science*, 162(3859), 1243–1248. <https://doi.org/10.1126/science.162.3859.1243>
- Hayes, A. F. (2017). *Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis, Second Edition: A Regression-Based Approach*. Guilford Publications.
- Health, T. L. D., & The Lancet Digital Health. (2019). A digital (r)evolution: introducing The Lancet Digital Health. In *The Lancet Digital Health* (Vol. 1, Issue 1, p. e1). [https://doi.org/10.1016/s2589-7500\(19\)30010-x](https://doi.org/10.1016/s2589-7500(19)30010-x)
- Heitmann, B. L., Westerterp, K. R., Loos, R. J. F., Sørensen, T. I. A., O’Dea, K., McLean, P., Jensen, T. K., Eisenmann, J., Speakman, J. R., Simpson, S. J., Reed, D. R., & Westerterp-Plantenga, M. S. (2012). Obesity: lessons from evolution and the environment. *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 13(10), 910–922. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2012.01007.x>
- Hekler, E. B., Michie, S., Pavel, M., Rivera, D. E., Collins, L. M., Jimison, H. B., Garnett, C.,

- Parral, S., & Spruijt-Metz, D. (2016). Advancing Models and Theories for Digital Behavior Change Interventions. *American Journal of Preventive Medicine*, *51*(5), 825–832. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2016.06.013>
- Hennessy, E. A., Johnson, B. T., Acabchuk, R. L., McCloskey, K., & Stewart-James, J. (2020). Self-regulation mechanisms in health behavior change: a systematic meta-review of meta-analyses, 2006-2017. *Health Psychology Review*, *14*(1), 6–42. <https://doi.org/10.1080/17437199.2019.1679654>
- Hobbs, N., Godfrey, A., Lara, J., Errington, L., Meyer, T. D., Rochester, L., White, M., Mathers, J. C., & Sniehotta, F. F. (2013). Are behavioral interventions effective in increasing physical activity at 12 to 36 months in adults aged 55 to 70 years? A systematic review and meta-analysis. *BMC Medicine*, *11*(1), 75. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-11-75>
- Hofmann, W., Friese, M., & Wiers, R. W. (2008). Impulsive versus reflective influences on health behavior: a theoretical framework and empirical review. *Health Psychology Review*, *2*(2), 111–137. <https://doi.org/10.1080/17437190802617668>
- Hussain, A., Mahawar, K., Xia, Z., Yang, W., & El-Hasani, S. (2020). Obesity and mortality of COVID-19. Meta-analysis. *Obesity Research & Clinical Practice*, *14*(4), 295–300. <https://doi.org/10.1016/j.orcp.2020.07.002>
- Hutchesson, M. J., Rollo, M. E., Krukowski, R., Ells, L., Harvey, J., Morgan, P. J., Callister, R., Plotnikoff, R., & Collins, C. E. (2015). eHealth interventions for the prevention and treatment of overweight and obesity in adults: a systematic review with meta-analysis. *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, *16*(5), 376–392. <https://doi.org/10.1111/obr.12268>
- Institute of Medicine. (2005). *Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids*. National Academies Press.
- Iribarren, S. J., Cato, K., Falzon, L., & Stone, P. W. (2017). What is the economic evidence for mHealth? A systematic review of economic evaluations of mHealth solutions. *PloS One*, *12*(2), e0170581. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170581>
- James, W. P. T., & McPherson, K. (2017). The costs of overweight [Review of *The costs of overweight*]. *The Lancet. Public Health*, *2*(5), e203–e204. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(17\)30068-3](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(17)30068-3)

- Johns, D. J., Hartmann-Boyce, J., Langford, O., Perera, R., Jebb, S., & Aveyard, P. (2015). A systematic review of weight regain after behavioural weight management programme end. *Appetite*, *87*, 387. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2014.12.151>
- Karoly, P. (1993). Mechanisms of Self-Regulation: A Systems View. *Annual Review of Psychology*, *44*(1), 23–52. <https://doi.org/10.1146/annurev.ps.44.020193.000323>
- Kelder, S. H., Hoelscher, D., & Perry, C. L. (2015). How individuals, environments, and health behaviors interact. *Health Behavior: Theory, Research, and Practice*, *159*.
- Knittle, K. (2015). We cannot keep firing blanks - yet another appeal for improved RCT reporting: commentary on Peters, de Bruin and Crutzen [Review of *We cannot keep firing blanks - yet another appeal for improved RCT reporting: commentary on Peters, de Bruin and Crutzen*]. *Health Psychology Review*, *9*(1), 34–37. <https://doi.org/10.1080/17437199.2014.900721>
- Knittle, K., Heino, M., Marques, M. M., Stenius, M., Beattie, M., Ehbrecht, F., Hagger, M. S., Hardeman, W., & Hankonen, N. (2020). The compendium of self-enactable techniques to change and self-manage motivation and behaviour v.1.0. *Nature Human Behaviour*, *4*(2), 215–223. <https://doi.org/10.1038/s41562-019-0798-9>
- Kohl, H. W., Craig, C. L., Lambert, E. V., Inoue, S., Alkandari, J. R., Leetongin, G., & Kahlmeier, S. (2012). The pandemic of physical inactivity: global action for public health. *The Lancet*, *380*(9838), 294–305. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60898-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60898-8)
- Kok, G., Gottlieb, N. H., Peters, G.-J. Y., Mullen, P. D., Parcel, G. S., Ruiter, R. A. C., Fernández, M. E., Markham, C., & Bartholomew, L. K. (2016). A taxonomy of behaviour change methods: an Intervention Mapping approach. *Health Psychology Review*, *10*(3), 297–312. <https://doi.org/10.1080/17437199.2015.1077155>
- Kuhn, T. S. (2012). *The Structure of Scientific Revolutions: 50th Anniversary Edition*. University of Chicago Press.
- Larsen, K. R., Michie, S., Hekler, E. B., Gibson, B., Spruijt-Metz, D., Ahern, D., Cole-Lewis, H., Ellis, R. J. B., Hesse, B., Moser, R. P., & Yi, J. (2017). Behavior change interventions: the potential of ontologies for advancing science and practice. *Journal of Behavioral Medicine*, *40*(1), 6–22. <https://doi.org/10.1007/s10865-016-9768-0>

- Latham, G. P., & Locke, E. A. (1991). Self-regulation through goal setting. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 212–247. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90021-K](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90021-K)
- Liao, Y., Thompson, C., Peterson, S., Mandrola, J., & Beg, M. S. (2019). The Future of Wearable Technologies and Remote Monitoring in Health Care. *American Society of Clinical Oncology Educational Book. American Society of Clinical Oncology. Annual Meeting*, 39, 115–121. https://doi.org/10.1200/EDBK_238919
- Lim, S. S., Vos, T., Flaxman, A. D., Danaei, G., Shibuya, K., Adair-Rohani, H., Amann, M., Anderson, H. R., Andrews, K. G., Aryee, M., Atkinson, C., Bacchus, L. J., Bahalim, A. N., Balakrishnan, K., Balmes, J., Barker-Collo, S., Baxter, A., Bell, M. L., Blore, J. D., ... Memish, Z. A. (2012). A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The Lancet*, 380(9859), 2224–2260. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61766-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61766-8)
- Maes, S., & Gebhardt, W. (2000). Chapter 11 - Self-Regulation and Health Behavior: The Health Behavior Goal Model. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of Self-Regulation* (pp. 343–368). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012109890-2/50040-8>
- Maes, S., & Karoly, P. (2005). Self-regulation assessment and intervention in physical health and illness: A review. *Applied Psychology = Psychologie Appliquee*, 54(2), 267–299. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1464-0597.2005.00210>
- Marques, A., Peralta, M., Naia, A., Loureiro, N., & de Matos, M. G. (2018). Prevalence of adult overweight and obesity in 20 European countries, 2014. *European Journal of Public Health*, 28(2), 295–300. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckx143>
- Marques, M. M., Matos, M., Mattila, E., Encantado, J., Duarte, C., Teixeira, P., Stubbs, J., Sniehotta, F., Ermes, M., Harjumaa, M., Leppänen, J., Valkkynen, P., Silva, M. N., Ferreira, C., Carvalho, S., Palmeira, L., Horgan, G., Heitmann, B. L., Evans, E., & Palmeira, A. L. (2020). NoHoW Toolkit Development. In <https://psyarxiv.com/n5eyf/>. <https://doi.org/10.31234/osf.io/n5eyf>
- Marshall, I. J., Johnson, B. T., Wang, Z., Rajasekaran, S., & Wallace, B. C. (2020). Semi-Automated Evidence Synthesis in Health Psychology: Current Methods and Future

- Prospects. *Health Psychology Review*, 1–35.
<https://doi.org/10.1080/17437199.2020.1716198>
- Michie, S., & Abraham, C. (2004). Interventions to change health behaviours: evidence-based or evidence-inspired? *Psychology & Health*, 19(1), 29–49.
<https://doi.org/10.1080/0887044031000141199>
- Michie, S., Ashford, S., Sniehotta, F. F., Dombrowski, S. U., Bishop, A., & French, D. P. (2011). A refined taxonomy of behaviour change techniques to help people change their physical activity and healthy eating behaviours: the CALO-RE taxonomy. *Psychology & Health*, 26(11), 1479–1498. <https://doi.org/10.1080/08870446.2010.540664>
- Michie, S., Carey, R., Johnston, M., Rothman, A. J., Kelly, M., Davidson, K., & de Bruin, M. (2016). From theory-inspired to theory-based interventions: linking behaviour change techniques to their mechanisms of action. *Eur Health Psychol*, 18, 395.
- Michie, S., & Prestwich, A. (2010). Are interventions theory-based? Development of a theory coding scheme. *Health Psychology: Official Journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association*, 29(1), 1–8.
<https://doi.org/10.1037/a0016939>
- Michie, S., Richardson, M., Johnston, M., Abraham, C., Francis, J., Hardeman, W., Eccles, M. P., Cane, J., & Wood, C. E. (2013). The behavior change technique taxonomy (v1) of 93 hierarchically clustered techniques: building an international consensus for the reporting of behavior change interventions. *Annals of Behavioral Medicine: A Publication of the Society of Behavioral Medicine*, 46(1), 81–95.
<https://doi.org/10.1007/s12160-013-9486-6>
- Michie, S., Thomas, J., Johnston, M., Aonghusa, P. M., Shawe-Taylor, J., Kelly, M. P., Deleris, L. A., Finnerty, A. N., Marques, M. M., Norris, E., O'Mara-Eves, A., & West, R. (2017). The Human Behaviour-Change Project: harnessing the power of artificial intelligence and machine learning for evidence synthesis and interpretation. *Implementation Science: IS*, 12(1), 121. <https://doi.org/10.1186/s13012-017-0641-5>
- Michie, S., van Stralen, M. M., & West, R. (2011). The behaviour change wheel: a new method for characterising and designing behaviour change interventions. *Implementation Science: IS*, 6, 42. <https://doi.org/10.1186/1748-5908-6-42>
- Michie, S., Webb, T. L., & Sniehotta, F. F. (2010). The importance of making explicit links

between theoretical constructs and behaviour change techniques [Review of *The importance of making explicit links between theoretical constructs and behaviour change techniques*]. *Addiction*, *105*(11), 1897–1898. <https://doi.org/10.1111/j.1360-0443.2010.03161.x>

Michie, S., & West, R. (2016). *A guide to development and evaluation of digital behaviour change interventions in healthcare*. Silverback Publishing.

Michie, S., West, R., Campbell, R., Brown, J., & Gainforth, H. (2014). *ABC of Behaviour Change Theories (ABC of Behavior Change): An Essential Resource for Researchers, Policy Makers and Practitioners*. Silverback Publishing.

Murray, J. M., French, D. P., Kee, F., Gough, A., Tang, J., & Hunter, R. F. (2020). Mechanisms of physical activity behavior change in an incentive-based intervention: Mediation analysis. *Health Psychology: Official Journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association*. <https://doi.org/10.1037/hea0000849>

Nielsen, L., Riddle, M., King, J. W., NIH Science of Behavior Change Implementation Team, Aklin, W. M., Chen, W., Clark, D., Collier, E., Czajkowski, S., Esposito, L., Ferrer, R., Green, P., Hunter, C., Kehl, K., King, R., Onken, L., Simmons, J. M., Stoeckel, L., Stoney, C., ... Weber, W. (2018). The NIH Science of Behavior Change Program: Transforming the science through a focus on mechanisms of change. *Behaviour Research and Therapy*, *101*, 3–11. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2017.07.002>

Ntoumanis, N., Ng, J. Y. Y., Prestwich, A., Quested, E., Hancox, J. E., Thøgersen-Ntoumani, C., Deci, E. L., Ryan, R. M., Lonsdale, C., & Williams, G. C. (2020). A meta-analysis of self-determination theory-informed intervention studies in the health domain: effects on motivation, health behavior, physical, and psychological health. *Health Psychology Review*, 1–31. <https://doi.org/10.1080/17437199.2020.1718529>

O’Cathain, A., Croot, L., Sworn, K., Duncan, E., Rousseau, N., Turner, K., Yardley, L., & Hoddinott, P. (2019). Taxonomy of approaches to developing interventions to improve health: a systematic methods overview. *Pilot and Feasibility Studies*, *5*, 41. <https://doi.org/10.1186/s40814-019-0425-6>

Ogden, J. (2016). Celebrating variability and a call to limit systematisation: the example of the Behaviour Change Technique Taxonomy and the Behaviour Change Wheel. *Health Psychology Review*, *10*(3), 245–250. <https://doi.org/10.1080/17437199.2016.1190291>

- Ogden, L. G., Stroebele, N., Wyatt, H. R., Catenacci, V. A., Peters, J. C., Stuht, J., Wing, R. R., & Hill, J. O. (2012). Cluster analysis of the national weight control registry to identify distinct subgroups maintaining successful weight loss. *Obesity*, *20*(10), 2039–2047. <https://doi.org/10.1038/oby.2012.79>
- Pagoto, S., & Bennett, G. G. (2013). How behavioral science can advance digital health. *Translational Behavioral Medicine*, *3*(3), 271–276. <https://doi.org/10.1007/s13142-013-0234-z>
- Pagoto, S., Schneider, K., Jovic, M., DeBiase, M., & Mann, D. (2013). Evidence-based strategies in weight-loss mobile apps. *American Journal of Preventive Medicine*, *45*(5), 576–582. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2013.04.025>
- Paixão, C., Dias, C. M., Jorge, R., Carraça, E. V., Yannakoulia, M., de Zwaan, M., Soini, S., Hill, J. O., Teixeira, P. J., & Santos, I. (2020). Successful weight loss maintenance: A systematic review of weight control registries. *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*. <https://doi.org/10.1111/obr.13003>
- Pedersen, B. K., & Saltin, B. (2015). Exercise as medicine—evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Journal of Medicine & Science in Sports*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/sms.12581>
- Prestwich, A., Sniehotta, F. F., Whittington, C., Dombrowski, S. U., Rogers, L., & Michie, S. (2014). Does theory influence the effectiveness of health behavior interventions? Meta-analysis. *Health Psychology: Official Journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association*, *33*(5), 465–474. <https://doi.org/10.1037/a0032853>
- Prestwich, A., Webb, T. L., & Conner, M. (2015). Using theory to develop and test interventions to promote changes in health behaviour: evidence, issues, and recommendations. *Current Opinion in Psychology*, *5*, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.copsy.2015.02.011>
- Puhl, R. M., Himmelstein, M. S., & Pearl, R. L. (2020). Weight stigma as a psychosocial contributor to obesity. *The American Psychologist*, *75*(2), 274–289. <https://doi.org/10.1037/amp0000538>
- Reiner, M., Niermann, C., Jekauc, D., & Woll, A. (2013). Long-term health benefits of physical activity—a systematic review of longitudinal studies. *BMC Public Health*, *13*, 813.

<https://doi.org/10.1186/1471-2458-13-813>

- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2017). *Self-Determination Theory: Basic Psychological Needs in Motivation, Development, and Wellness*. Guilford Publications.
- Saint-Maurice, P. F., Coughlan, D., Kelly, S. P., Keadle, S. K., Cook, M. B., Carlson, S. A., Fulton, J. E., & Matthews, C. E. (2019). Association of Leisure-Time Physical Activity Across the Adult Life Course With All-Cause and Cause-Specific Mortality. *JAMA Network Open*, 2(3), e190355. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.0355>
- Samdal, G. B., Eide, G. E., Barth, T., Williams, G., & Meland, E. (2017). Effective behaviour change techniques for physical activity and healthy eating in overweight and obese adults; systematic review and meta-regression analyses. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14(1), 42. <https://doi.org/10.1186/s12966-017-0494-y>
- Santos, I., Sniehotta, F. F., Marques, M. M., Carraça, E. V., & Teixeira, P. J. (2017). Prevalence of personal weight control attempts in adults: a systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 18(1), 32–50. <https://doi.org/10.1111/obr.12466>
- Santos, I., Vieira, P. N., Silva, M. N., Sardinha, L. B., & Teixeira, P. J. (2017). Weight control behaviors of highly successful weight loss maintainers: the Portuguese Weight Control Registry. *Journal of Behavioral Medicine*, 40(2), 366–371. <https://doi.org/10.1007/s10865-016-9786-y>
- Sarwer, D. B., & Grilo, C. M. (2020). Obesity: Psychosocial and behavioral aspects of a modern epidemic: Introduction to the special issue. *The American Psychologist*, 75(2), 135–138. <https://doi.org/10.1037/amp0000610>
- Schüz, B., Sniehotta, F. F., Mallach, N., Wiedemann, A. U., & Schwarzer, R. (2009). Predicting transitions from preintentional, intentional and actional stages of change. *Health Education Research*, 24(1), 64–75. <https://doi.org/10.1093/her/cym092>
- Schwalbe, N., & Wahl, B. (2020). Artificial intelligence and the future of global health. *The Lancet*, 395(10236), 1579–1586. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30226-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30226-9)
- Schwarzer, R. (2008). Modeling Health Behavior Change: How to Predict and Modify the Adoption and Maintenance of Health Behaviors. *Applied Psychology = Psychologie*

Appliquee, 57(1), 1–29. <https://doi.org/10.1111/j.1464-0597.2007.00325.x>

- Scott, S. E., Duarte, C., Encantado, J., Evans, E. H., Harjumaa, M., Heitmann, B. L., Horgan, G. W., Larsen, S. C., Marques, M. M., Mattila, E., Matos, M., Mikkelsen, M.-L., Palmeira, A. L., Pearson, B., Ramsey, L., Sainsbury, K., Santos, I., Sniehotta, F., Stalker, C., ... Stubbs, R. J. (2019). The NoHoW protocol: a multicentre 2x2 factorial randomised controlled trial investigating an evidence-based digital toolkit for weight loss maintenance in European adults. *BMJ Open*, 9(9), e029425. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-029425>
- Sebire, S. J., Standage, M., & Vansteenkiste, M. (2011). Predicting objectively assessed physical activity from the content and regulation of exercise goals: evidence for a mediational model. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 33(2), 175–197. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21558579>
- Sheeran, P., Wright, C. E., Avishai, A., Villegas, M. E., Lindemans, J. W., Klein, W. M. P., Rothman, A. J., Miles, E., & Ntoumanis, N. (2020). Self-determination theory interventions for health behavior change: Meta-analysis and meta-analytic structural equation modeling of randomized controlled trials. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 88(8), 726–737. <https://doi.org/10.1037/ccp0000501>
- Shekar, M., & Popkin, B. (2020). *Obesity: Health and Economic Consequences of an Impending Global Challenge*. World Bank Publications.
- Sherrington, A., Newham, J. J., Bell, R., Adamson, A., McColl, E., & Araujo-Soares, V. (2016). Systematic review and meta-analysis of internet-delivered interventions providing personalized feedback for weight loss in overweight and obese adults. In *Obesity Reviews* (Vol. 17, Issue 6, pp. 541–551). <https://doi.org/10.1111/obr.12396>
- Silva, M. N., Markland, D., Carraça, E. V., Vieira, P. N., Coutinho, S. R., Minderico, C. S., Matos, M. G., Sardinha, L. B., & Teixeira, P. J. (2011). Exercise autonomous motivation predicts 3-yr weight loss in women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(4), 728–737.
- Silva, M. N., Vieira, P. N., Coutinho, S. R., Minderico, C. S., Matos, M. G., Sardinha, L. B., & Teixeira, P. J. (2010). Using self-determination theory to promote physical activity and weight control: a randomized controlled trial in women. *Journal of Behavioral Medicine*, 33(2), 110–122. <https://doi.org/10.1007/s10865-009-9239-y>

- Skivington, K., Matthews, L., Craig, P., Simpson, S., & Moore, L. (2018). Developing and evaluating complex interventions: updating Medical Research Council guidance to take account of new methodological and theoretical approaches. In *The Lancet* (Vol. 392, p. S2). [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(18\)32865-4](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(18)32865-4)
- Sniehotta, F. F. (2009). Towards a theory of intentional behaviour change: Plans, planning, and self-regulation. *British Journal of Health Psychology*, *14*(2), 261–273. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1348/135910708X389042>
- Sniehotta, F. F., Evans, E. H., Sainsbury, K., Adamson, A., Batterham, A., Becker, F., Brown, H., Dombrowski, S. U., Jackson, D., Howell, D., Ladha, K., McColl, E., Olivier, P., Rothman, A. J., Steel, A., Vale, L., Vieira, R., White, M., Wright, P., & Araujo-Soares, V. (2019). Behavioural intervention for weight loss maintenance versus standard weight advice in adults with obesity: A randomised controlled trial in the UK (NULevel Trial). *PLoS Medicine*, *16*(5), e1002793. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002793>
- Sniehotta, F. F., Scholz, U., & Schwarzer, R. (2005). Bridging the intention–behaviour gap: Planning, self-efficacy, and action control in the adoption and maintenance of physical exercise. *Psychology & Health*, *20*(2), 143–160. <https://doi.org/10.1080/08870440512331317670>
- Sniehotta, F. F., Scholz, U., & Schwarzer, R. (2006). Action plans and coping plans for physical exercise: A longitudinal intervention study in cardiac rehabilitation. *British Journal of Health Psychology*, *11*(Pt 1), 23–37. <https://doi.org/10.1348/135910705X43804>
- Sniehotta, F. F., Scholz, U., Schwarzer, R., Fuhrmann, B., Kiwus, U., & Völler, H. (2005). Long-term effects of two psychological interventions on physical exercise and self-regulation following coronary rehabilitation. *International Journal of Behavioral Medicine*, *12*(4), 244–255. https://doi.org/10.1207/s15327558ijbm1204_5
- Sniehotta, F. F., Schwarzer, R., Scholz, U., & Schüz, B. (2005). Action planning and coping planning for long-term lifestyle change: Theory and assessment. *European Journal of Social Psychology*, *35*(4), 565–576. <https://doi.org/10.1002/ejsp.258>
- Sniehotta, F. F., Simpson, S. A., & Greaves, C. J. (2014). Weight loss maintenance: an agenda for health psychology. *British Journal of Health Psychology*, *19*(3), 459–464. <https://doi.org/10.1111/bjhp.12107>

- Sperandei, S., Vieira, M. C., & Reis, A. C. (2016). Adherence to physical activity in an unsupervised setting: Explanatory variables for high attrition rates among fitness center members. *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia*, *19*(11), 916–920. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.12.522>
- Su, W., Chen, F., Dall, T. M., Iacobucci, W., & Perreault, L. (2016). Return on Investment for Digital Behavioral Counseling in Patients With Prediabetes and Cardiovascular Disease. *Preventing Chronic Disease*, *13*, E13. <https://doi.org/10.5888/pcd13.150357>
- Suls, J., Mogavero, J. N., Falzon, L., Pescatello, L. S., Hennessy, E. A., & Davidson, K. W. (2020). Health behaviour change in cardiovascular disease prevention and management: meta-review of behaviour change techniques to affect self-regulation. *Health Psychology Review*, *14*(1), 43–65. <https://doi.org/10.1080/17437199.2019.1691622>
- Sumner, J. A., Carey, R. N., Michie, S., Johnston, M., Edmondson, D., & Davidson, K. W. (2018). Using Rigorous Methods to Advance Behaviour Change Science. *Nature Human Behaviour*, *2*(11), 797–799. <https://doi.org/10.1038/s41562-018-0471-8>
- Sung, H., Siegel, R. L., Torre, L. A., Pearson-Stuttard, J., Islami, F., Fedewa, S. A., Goding Sauer, A., Shuval, K., Gapstur, S. M., Jacobs, E. J., Giovannucci, E. L., & Jemal, A. (2019). Global patterns in excess body weight and the associated cancer burden. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, *69*(2), 88–112. <https://doi.org/10.3322/caac.21499>
- Swinburn, B. A., Kraak, V. I., Allender, S., Atkins, V. J., Baker, P. I., Bogard, J. R., Brinsden, H., Calvillo, A., De Schutter, O., Devarajan, R., Ezzati, M., Friel, S., Goenka, S., Hammond, R. A., Hastings, G., Hawkes, C., Herrero, M., Hovmand, P. S., Howden, M., ... Dietz, W. H. (2019). The Global Syndemic of Obesity, Undernutrition, and Climate Change: The Lancet Commission report. *The Lancet*. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32822-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32822-8)
- Teixeira, P. J., Carraça, E. V., Marques, M. M., Rutter, H., Oppert, J.-M., De Bourdeaudhuij, I., Lakerveld, J., & Brug, J. (2015). Successful behavior change in obesity interventions in adults: a systematic review of self-regulation mediators. *BMC Medicine*, *13*, 84. <https://doi.org/10.1186/s12916-015-0323-6>
- Teixeira, P. J., & Marques, M. M. (2017). Health Behavior Change for Obesity Management. *Obesity Facts*, *10*(6), 666–673. <https://doi.org/10.1159/000484933>
- Teixeira, P. J., Marques, M. M., Silva, M. N., Brunet, J., Duda, J. L., Haerens, L., La Guardia,

- J., Lindwall, M., Lonsdale, C., Markland, D., Michie, S., Moller, A. C., Ntoumanis, N., Patrick, H., Reeve, J., Ryan, R. M., Sebire, S. J., Standage, M., Vansteenkiste, M., ... Hagger, M. S. (2020). A classification of motivation and behavior change techniques used in self-determination theory-based interventions in health contexts. *Motivation Science*. <https://doi.org/10.1037/mot0000172>
- Teixeira, P. J., Silva, M. N., Mata, J., Palmeira, A. L., & Markland, D. (2012). Motivation, self-determination, and long-term weight control. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 9(1), 22. <https://ijbnpa.biomedcentral.com/articles/10.1186/1479-5868-9-22>
- Thivel, D., Tremblay, A., Genin, P. M., Panahi, S., Rivière, D., & Duclos, M. (2018). Physical Activity, Inactivity, and Sedentary Behaviors: Definitions and Implications in Occupational Health. *Frontiers in Public Health*, 6, 288. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2018.00288>
- Tremmel, M., Gerdtham, U.-G., Nilsson, P. M., & Saha, S. (2017). Economic Burden of Obesity: A Systematic Literature Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph14040435>
- Tudor-Locke, C., & Bassett, D. R., Jr. (2004). How many steps/day are enough? Preliminary pedometer indices for public health. *Sports Medicine*, 34(1), 1–8. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434010-00001>
- Valente, M. J., & MacKinnon, D. P. (2017). Comparing models of change to estimate the mediated effect in the pretest-posttest control group design. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 24(3), 428–450. <https://doi.org/10.1080/10705511.2016.1274657>
- Varkevisser, R. D. M., van Stralen, M. M., Kroeze, W., Ket, J. C. F., & Steenhuis, I. H. M. (2019). Determinants of weight loss maintenance: a systematic review. *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 20(2), 171–211. <https://doi.org/10.1111/obr.12772>
- Wadden, T. A., Tronieri, J. S., & Butryn, M. L. (2020). Lifestyle modification approaches for the treatment of obesity in adults. *The American Psychologist*, 75(2), 235–251. <https://doi.org/10.1037/amp0000517>

- Weinberger, N.-A., Kersting, A., Riedel-Heller, S. G., & Luck-Sikorski, C. (2016). Body Dissatisfaction in Individuals with Obesity Compared to Normal-Weight Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Obesity Facts*, 9(6), 424–441. <https://doi.org/10.1159/000454837>
- West, R., Godinho, C. A., Bohlen, L. C., Carey, R. N., Hastings, J., Lefevre, C. E., & Michie, S. (2019). Development of a formal system for representing behaviour-change theories. *Nature Human Behaviour*. <https://doi.org/10.1038/s41562-019-0561-2>
- Wiedemann, A. U., Schüz, B., Sniehotta, F., Scholz, U., & Schwarzer, R. (2009). Disentangling the relation between intentions, planning, and behaviour: A moderated mediation analysis. In *Psychology & Health* (Vol. 24, Issue 1, pp. 67–79). <https://doi.org/10.1080/08870440801958214>
- Willmott, T., Pang, B., Rundle-Thiele, S., & Badejo, A. (2019a). Weight Management in Young Adults: Systematic Review of Electronic Health Intervention Components and Outcomes. *Journal of Medical Internet Research*, 21(2), e10265. <https://doi.org/10.2196/10265>
- Willmott, T., Pang, B., Rundle-Thiele, S., & Badejo, A. (2019b). Reported theory use in electronic health weight management interventions targeting young adults: a systematic review. *Health Psychology Review*, 1–23. <https://doi.org/10.1080/17437199.2019.1625280>
- World Health Organization. (2016). *Monitoring and evaluating digital health interventions: a practical guide to conducting research and assessment* (World Health Organization, Ed.). World Health Organization. <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/252183/1/9789241511766-eng.pdf>
- World Health Organization. (2018a). *Global action plan on physical activity 2018–2030: more active people for a healthier world*. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2018b, February 23). *Physical activity - Fact Sheet*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
- World Health Organization. (2019). *Global Health Estimates 2016: Deaths by Cause, Age, Sex, by Country and by Region, 2000-2016*. Geneva: WHO, 2018.
- World Health Organization. (2020a). *Digital Health Atlas*. <https://digitalhealthatlas.org/en/-/>

- World Health Organization. (2020b, April). *Factsheet: Obesity and overweight*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- World Health Organization. (2020c, April 1). *Obesity and overweight - Fact Sheet*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Yardley, L., Bradbury, K., Nadarzynski, T., & Hunter, C. (2018). Digital Health Psychology. In *Handbook of Health Psychology* (pp. 519–525). <https://doi.org/10.4324/9781315167534-40>
- Yardley, L., Choudhury, T., Patrick, K., & Michie, S. (2016). Current Issues and Future Directions for Research Into Digital Behavior Change Interventions. *American Journal of Preventive Medicine*, *51*(5), 814–815. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2016.07.019>

Anexos

Anexo 1 – Dispositivo de medição da atividade física de intensidade moderada-a-vigorosa.



Anexo 2 – Escala Validada: Goal Content for Weight Maintenance Scale

Instructions: Please indicate to what extent these goals are important for you when managing your weight.

Scale: 1 - not at all important 7 - very important

I manage my weight to...

1. To increase my resistance to illness and disease
2. To improve the look of my overall body shape
3. To give me goals to work towards
4. To increase my energy level
5. To improve my appearance
6. To be socially respected by others
7. To give me personal challenges to face
8. To improve my overall health
9. To gain favourable approval from others
10. To develop personal skills
11. To improve my endurance, stamina
12. To change my appearance by altering a specific area of my body
13. So that others recognize me as a healthy person

Encantado J, Marques MM, Palmeira AL, Sebire SJ, Teixeira PJ, Stubbs RJ, Heitmann BL, Gouveia

MJ. Development and cross-cultural validation of the Goal Content for Weight Maintenance Scale (GCWMS). *Eat Weight Disord.* 2021 Mar 1. doi: 10.1007/s40519-021-01148-x. Epub ahead of print. PMID: 33646516.