

Technisch unterstütztes Fitnessstraining für Senioren

Technic Supported Fitness Training for Older Adults

A. Steinert¹, I. Buchem², J. Kreutel², A. Merceron², M. Haesner¹

¹ Forschungsgruppe Geriatrie, Charité – Universitätsmedizin Berlin, Reinickendorfer Str. 61, 13347 Berlin, email: anika.steinert@charite.de

² Beuth Hochschule für Technik Berlin, Luxemburger Straße 10, 13353 Berlin

Kurzfassung

Neben gesunder Ernährung ist körperliche Aktivität eine der wichtigsten Voraussetzungen für ein gesundes Altern und um der Entstehung von Krankheiten entgegenzuwirken. Innerhalb des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projektes fMOOC (Fitness MOOC - Interaktion von Senioren mit tragbaren Fitnessstrackern in integrierter MOOC Plattform) werden ältere Menschen mit Hilfe einer seniorengerecht entwickelten Smartphone-App in Kombination mit einem Fitnessstracker zu mehr körperlicher Aktivität motiviert werden. In einer Pilotstudie wurde das System (App + Tracker) in einem Feldtest evaluiert. 20 Senioren, die keiner regelmäßigen körperlichen Aktivität nachgehen nutzten die Smartphone-App und den Fitnessstracker für vier Wochen. Neben der Benutzerfreundlichkeit des Systems, wurde die Effektivität des Trainings hinsichtlich Veränderungen in der Hand- und Beinkraft, der Dauer der körperlichen Aktivität, der Ausdauer und der Balancefähigkeit untersucht. Fast alle Probanden führten das Training regelmäßig durch. Dabei wurde der Fitnessstracker von den Senioren am häufigsten genutzt. Trotz der kurzen Trainingsdauer und der kleinen Fallzahl konnten Verbesserungen hinsichtlich der Dauer der körperlichen Aktivität und der Balancefähigkeit gezeigt werden. Demnach konnte gezeigt werden, dass ein technisch unterstütztes Fitnessstraining bestehend aus einer seniorengerecht entwickelten Smartphone-App und einem Fitnessstracker Senioren zu körperlicher Aktivität motivieren kann. Um eine hohe Akzeptanz bei der Zielgruppe zu erhalten, müssen jedoch einige Voraussetzung hinsichtlich der Bedienbarkeit der Systeme erfüllt werden.

Abstract

As well as nutrition, physical activity is one of the most important prerequisites for healthy aging and to counter risk factors for the development of diseases. In the public funded project fMOOC (Fitness MOOC - interaction of older adults with wearable fitness trackers in a Massive Open Online Course) older adults should be encouraged to take part in more physical activity with the help of a senior-friendly developed smartphone training-app enhanced by an activity tracking device. In a pilot study, we evaluated the training system in the home environment of older adults. 20 older adults, who were not engaged in regular physical exercises, used the smartphone app and the activity tracking device for four weeks. On the one hand, we investigated the usability of the system and asked the participants about their usage and acceptance and on the other hand, we examined the effectiveness of the training by measuring changes in hand and leg strength, physical activity, balance ability and endurance. Most of the participants conducted the training on a regularly basis. The fitness tracking device was used most frequently. Even in a short training period and in this small sample significant improvements regarding duration of physical activity and balance ability could be shown. A technical supported fitness training combining evidence-based exercises in a senior-friendly smartphone app enhanced by an activity tracking device can motivate to be more physical active. However some requirements like a high usability must be fulfilled to get a high user acceptance.

1 Hintergrund

Körperliche Aktivität ist nach Angaben der Weltgesundheitsorganisation (WHO) definiert als „jede Bewegung des Körpers, die mit einer Kontraktion der Muskulatur einhergeht und den Energieverbrauch über den normalen Ruheenergiebedarf hinaus steigert“ [1]. Regelmäßige körperliche Aktivität verringert das Risiko für verschiedene Erkrankungen, die das Herz-Kreislauf-System betreffen wie Diabetes oder Bluthochdruck [2]. Körperliche Inaktivität gehört zu den vier häufigsten Todesursachen auf der Welt. Daher gibt es zahlreiche Interventionsmaßnahmen, die auf eine Erhöhung der

Fitness in der Bevölkerung abzielen. Fitness besteht dabei aus verschiedenen Komponenten: Beweglichkeit, Kraft, Koordination und Balance. Insbesondere mit zunehmendem Alter wächst die Bedeutung dieser einzelnen Komponenten, um die Mobilität im Alter bewahren zu können und das Sturzrisiko sowie Folgen von Stürzen zu vermeiden [3]. In den letzten Jahrzehnten haben verschiedenen Institutionen wie Krankenkassen, Fitnessstudios und Wissenschaftler Trainingsprogramme für ältere Menschen entwickelt, in denen zu einer optimalen Steigerung der Fitness verschiedene Trainingsmaxime berücksichtigt wurden. Studien haben gezeigt, dass bei der Entwicklung von Konzepten zur

Verbesserung und Erhaltung der körperlichen Aktivität individuelle psychologische Prozesse wie Zielerreichung, Motivation und Selbstwirksamkeit berücksichtigt werden müssen [4], [5]. Zudem konnte bereits gezeigt werden, dass Männer schwerer zu motivieren sind, als Frauen [6]. Dennoch scheint weder das Alter noch das Geschlecht der größte Einflussfaktor für körperliche Aktivität zu sein. Dagegen zeigten eine hohe Selbstwirksamkeit, ein stabiles soziales Umfeld und eine positive Einstellung gegenüber körperlicher Aktivität großen Einfluss auf die Ausübung sportlicher Aktivitäten [7], [8]. Insbesondere für ältere Menschen wurden Faktoren, die sich negativ auf das Ausüben körperlicher Aktivität auswirken, hinreichend erforscht. Barrieren können bei Senioren der eigene, sich verändernde Gesundheitszustand, fehlende Zeit, fehlendes Wissen, sowie eine geringe Selbstdisziplin sein [9], [10]. Ein bisher noch wenig beachteter motivationaler Aspekt ist der „Spaß“. Wenn die körperliche Aktivität den Senioren Spaß bereitet, fällt es leichter die Langzeit-Motivation aufrecht zu erhalten. Wie eine Studie von Costello et al. gezeigt hat, sind psychosoziale Aspekte wie Gruppenzugehörigkeit oder Treffen von Freunden besonders motivationsfördernd und können leicht in Interventionsmaßnahmen integriert werden [11]. Zur Steigerung der Adhärenz bei Senioren setzen daher zahlreiche Technologien auf Gamification-Elemente [12].

Derzeit existieren zahlreiche mHealth Produkte auf dem Markt um das Selbstmonitoring von chronischen Erkrankungen zu unterstützen [13]. Dabei werden Selbstmonitoring – Anwendungen bspw. zur Gewichtskontrolle oder im Glukosemonitoring genutzt. Studien konnten zeigen, dass mobile Anwendungen Senioren durch individuelle Trainingspläne und Ziele, spezifisches Feedback und Einbettung in ein soziales Netzwerk bei der körperliche Aktivität unterstützen können [14]. Qualitative Studien konnten zeigen, dass spezifisches Feedback z.B. über einen Schrittzähler die Motivation von Senioren fördern kann [15]. Die Popularität von Schrittzählern und Fitnesstrackern hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Jedoch fehlt den Systemen häufig ein hoher Grad an Benutzerfreundlichkeit. Eine Untersuchung von Ledger et al. konnte zeigen, dass sechs Monate nachdem ein Aktivitätstracker gekauft wurde, bereits ein Drittel der Befragten diesen nicht mehr nutzen [16]. Studien zeigen, dass Einzellösungen nicht geeignet sind, um Teilnehmer langfristig zu motivieren. Demnach kann ein kombinierter Ansatz aus einer benutzerfreundlichen Smartphone-App bestehend aus einem evidenzbasierten Fitnessprogramm und Gamification-Elementen zusammen mit einem Fitnesstracker eine Möglichkeit sein, Senioren zu körperlicher Aktivität zu motivieren.

2 Fragestellung

Innerhalb einer Pilotstudie mit 20 Senioren wurde untersucht, wie ein kombiniertes technisch gestütztes Fitnessstraining, bestehend aus einer Smartphone-App mit evidenzbasierten Trainingsplänen und Gamification-Elementen sowie einem Fitnessstracker genutzt wird. Zudem wurde die Usability des Systems sowie die Akzeptanz der Senioren gegenüber dem fMOOC-System untersucht. Zusätzlich soll die Effektivität des Fitnessstrainings anhand der Veränderungen von Kraft, Ausdauer, Balance und Körperzusammensetzung analysiert werden.

3 Methodik

3.1 Untersuchungsgegenstand

Innerhalb des Projektes fMOOC wurde eine Smartphone-App entwickelt, die evidenzbasierte Trainingspläne sowie Gamification-Elemente und Kommunikationsmöglichkeiten enthält. Ergänzt wurde das Training durch einen Aktivitätstracker von Garmin, der es ermöglichte die täglich zurückgelegte Anzahl von Schritten anzuzeigen. Die mit dem Tracker erfassten Daten konnten



Abbildung 1 Ansicher der fMOOC Smartphone App (Anmeldung, Trainingsplan, Männer-Frauen-Wettbewerb)

zudem an die Smartphone-App übertragen und dort abgebildet werden.

Zur Verbesserung der körperlichen Fitness von Senioren wurden motivational gestaltete und auf wissenschaftliche Evidenzen basierende Trainingspläne entwickelt. Für die Trainingseinheiten gab es ausführliche und verständliche Anleitungen, die mit Videos oder Bildern unterstützt wurden. Diese wurden mit Senioren auf Video aufgenommen und in die App integriert. Das vierwöchige Fitnessstraining bestand aus drei Trainingstagen pro Woche sowie vier Erholungstagen. In zwei der vier Trainingswochen wurde zusätzlich ein Gruppentraining für die Teilnehmer angeboten. Die Einheiten bestanden aus Ausdauer-, Kraft- und Balanceübungen. Um eine Überbelastung der Senioren zu vermeiden, wurde vor Studienbeginn drei Schwierigkeitsstufen definiert, zwischen denen die Senioren in Absprache mit dem Studienpersonal wählen konnten.

Für das Einhalten des Trainingsprogramm und regelmäßiger Aktivität in der App erhielten die

Studienteilnehmer digitale Auszeichnungen. Weiterhin fand ein Wettbewerb zwischen den männlichen und weiblichen Teilnehmern der Studie hinsichtlich der zurückgelegten Schrittzahl statt. Dabei wurde den Senioren in der App in einem Kreisdiagramm angezeigt, ob Frauen oder Männer in einer Woche mehr Schritte zurückgelegt haben. Die Elemente wurden verwendet, um fitness- und lernbezogene Aktivitäten anzuregen und Leistungen anzuerkennen und zu belohnen.

3.2 Ablauf der Studie

Die Studie umfasste für die Probanden zwei Visits mit einer Dauer von jeweils 1 ½ Stunden. Vor dem ersten Visit fand ein telefonisches Screening statt, indem die Probanden über den Verlauf der Studie informiert und auf Ein- und Ausschlusskriterien gescreent wurden.

Im ersten Visit wurden die 20 Probanden in die Forschungsgruppe Geriatrie eingeladen und jeder Senior erhielt ein Smartphone (Samsung Galaxy S5 oder LG Nexus 5) sowie ein Fitnessstracker von Garmin. Die wesentlichen Funktionen des Smartphones, des Fitnesstrackers und der Smartphone-App wurden innerhalb einer Schulung erläutert. Danach folgte die Erstbefragung zu Geschlecht, Alter, höchster Bildungsabschluss, Technikbereitschaft (nach Neyer, [17]), Fitnesszustand, körperliche Aktivität (PAQ 50+), Selbsteinschätzung der motorischen Fähigkeiten (FFB-Mot), Wissen zu körperlicher Aktivität und Resilienz (RS-11). Anschließend wurden Tests zur Kondition (6-minute walk test), Hand- und Beinkraft (Dynamometer-Messung), Balancefähigkeit (Fullerton Advanced Balance Scale) und zur Körperzusammensetzung (Bioimpedanzanalyse)



durchgeführt. Für die folgenden vier Wochen wurden die Probanden aufgefordert den Fitnessstracker (Abb. 2) täglich zu tragen und ihr Training mit der Smartphone-App regelmäßig durchzuführen.

In Visit 2 fand die Abschlussuntersuchung statt. Tests

Abbildung 2
Aktivitätstracker Garmin
vivovit, Quelle:
www.gps25.de

Die Fragbögen und des ersten Studienvisits wurden wiederholt und

zusätzlich Fragen zur Nutzung des fMOOC Systems, Bewertung des Trackers und des Gesamtsystems, zu den Badges und zu subjektiv empfundenen Veränderungen gestellt. Abschließend folgte die Rückgabe der Smartphones und der Fitnessstracker. In einer Gruppendiskussion konnte jeder Studienteilnehmer sowohl positive als auch negative Erfahrungen mit dem System äußern und Verbesserungsvorschläge nennen.

4 Ergebnisse

4.1 Stichprobe

Die Stichprobe setzte sich aus 20 Personen zusammen, die im Schnitt 69 Jahre (62-75 Jahre) alt waren. Die Rekrutierung erfolgte über den Kontaktdaten-Pool der Forschungsgruppe Geriatrie und es wurde auf eine ausgewogene Geschlechterverteilung geachtet (50% männlich). Es handelte sich um eine urbane, gut gebildete und technikinteressierte Stichprobe. 60% der Probanden waren verheiratet und über die Hälfte der Teilnehmer hatte einen Universitätsabschluss. Alle Probanden gaben an, ein Smartphone zu nutzen, wovon 70% es häufig nutzte. Ein Computer wurde ebenfalls von allen Probanden genutzt, 85 % der Senioren gaben an, diesen häufig zu nutzen. Das Internet nutzten ebenfalls 85 % der Probanden, dabei vor allem zur Informationssuche. Auf der von 12 – 60 Punkten reichenden Technikbereitschaftsskala von Neyer erreichten die Senioren im Schnitt 46 Punkte.

4.2 Trainingsdurchführung

Jeweils drei Viertel der Probanden gaben an, alle Kraft- und Beweglichkeitsübungen, sowie jedes Warm up und Cool down durchgeführt zu haben. Die Übungen zum Ausdauertraining wurden von einem Probanden nicht durchgeführt. Am Gruppentraining nahm die Hälfte der Senioren teil. 40 % der Probanden gaben an, dass Training nicht regelmäßig durchgeführt zu haben. Gründe dafür waren fehlende Zeit (n=2), gesundheitliche Probleme (n=2), fehlende Motivation (n=1) und Probleme mit der Technik (n=4). Vier Probanden haben das Training zusammen mit ihrem Ehepartner durchgeführt. Die Mehrheit der Probanden empfand die Übungen als weniger anstrengend, jedoch empfanden 80 % der Teilnehmer den eingestellten Schwierigkeitsgrad genau richtig.

Die Auswertung der computergenerierten Loggingdaten zeigte, dass 11 der 20 Probanden alle Trainingseinheiten durchgeführt haben. Weitere 4 waren in 10 von 12 Einheiten aktiv. Nur 10 % der Probanden absolvierten ein Viertel oder weniger Einheiten. Die drei am wenigsten aktiven Probanden waren weiblich. Im Durchschnitt wurden die Übungen mit 2,9 Punkten als „gut“ bewertet (1,6 bis 4,0).

4.3 Nutzung des fMOOC Systems

Jeweils 45 % der Probanden gaben an, die Plattform täglich bzw. mehr als zweimal pro Woche genutzt zu haben. Zwei Probanden nutzten diese weniger als einmal pro Woche. Diese beiden Probanden waren weiblich. Am häufigsten wurde von den Senioren der Fitnessstracker genutzt (90 % täglich). Am wenigsten nutzten die Senioren das Handbuch mit Anleitungen zur Plattform und zum Tracker. Dies nutzten 30 % gar nicht. Auf die Frage, ob sie die Trainingsplattform und/ oder den

Tracker auch weaternutzen würden, antworteten 55 % der Senioren mit „ja, das Gesamtsystem“. 10 % der Probanden würden nur die Trainingsplattform weaternutzen und jeweils 15 % nur den Tracker oder keines von beiden. Als Grund dafür, das System nicht weiterzunutzen, gaben die Senioren an: „Bin kein Freund von Gymnastik“ (♂, 67 Jahre) und „weil ich gar kein Sport machen will“ (♂, 70 Jahre). Drei Viertel der Senioren gaben an, dass ihnen die Nutzung des Gesamtsystems Spaß gemacht hat.

Die Loggingdaten zeigten eine sehr unterschiedlich Nutzung der Plattform zwischen den Probanden. Im Durchschnitt besuchten die Probanden während der vierwöchigen Studienzeit 44mal die Plattform (14-90mal). Hierbei lag der Fokus deutlich auf den abzuschließenden Trainingstagen und weniger auf der Statistik der Schritte und Auszeichnungen. Für die Synchronisierung wurden viele Anläufe benötigt. Es wurde im Durchschnitt 128mal pro Proband synchronisiert und damit ca. dreimal pro Visit auf der Plattform. Dies zeigt die Wichtigkeit für die Probanden, dass die App sich immer auf dem aktuellen Stand befindet, aber auch die technischen Probleme, die die Synchronisierung mit sich brachte. Dies veränderte sich über den Studienzeitraum, so dass in der vierten Woche nur halb so viele Synchronisierungen vorgenommen, wie in der Einstiegswoche.

Hinsichtlich der motivatorischen Elemente wurde besonders häufig der Männer-Frauen-Wettbewerb angeschaut, gefolgt von der Statistik über die gelaufenen Schritte. Die Auszeichnungen wurden weniger beachtet.

4.4 Körperliche Veränderungen

4.1.1 Physische Aktivität

Zu Beginn der Studie lag die im Durchschnitt erreichte Punktzahl im PAQ 50+ bei 140 Punkten, nach vier Wochen bei 193. Demnach erhöhte sich die physische Aktivität der Teilnehmer signifikant um 53 Punkte (T(19)= - 2.274; p < .05). Insbesondere im Bereich Sport erhöhte sich das Aktivitätsniveau der Teilnehmer von 38,6 auf 73,2 Punkte (T(19)= - 2.498; p > .05). Zwischen den Geschlechtern zeigten sich keine Unterschiede.

4.1.2 Motorische Fähigkeiten

Im ersten Visit haben die Teilnehmer innerhalb des 6-minute walk Test im Durchschnitt 563 Meter zurückgelegt, im Visit 2 wurde die durchschnittliche Gehdistanz auf 571 erhöht (T(19)= -.755; p = .460). In den Ergebnissen, der mit einem Dynamometer gemessenen Hand- und Beinkraft zeigt sich, dass sich die Leistung in den gemessenen Extremitäten um jeweils mindestens 1kg verbessert hat.

	<i>vorher</i>	<i>nachher</i>	<i>p</i>
<i>Handkraft rechts (kg)</i>	28	29	n.s
<i>Handkraftlinks (kg)</i>	26	28	n.s
<i>Beinkraft rechts (kg)</i>	44	46	n.s

<i>Beinkraft links (kg)</i>	41	45	n.s
<i>Ausdauer (Meter in 6min)</i>	563	571	n.s
<i>Balance (Punkte)</i>	33,2	34,9	< 0.01

Auf der Fullerton Advanced Balance Scale, erreichten die Teilnehmer zu Beginn der Studie 33,2 Punkte auf der von 0-40 reichenden Skala. Nach der vierwöchigen Intervention zeigte sich eine signifikante Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit auf durchschnittlich 34,9 Punkte (T(19) = - 3,048; p < .01). Auch hier zeigten sich keine geschlechtsspezifischen Unterschiede.

Hinsichtlich der Körperzusammensetzung waren nach der vier-wöchigen Intervention keine Veränderungen im BMI, in der Fettmasse und in der fettfreien Masse erkennbar.

4.1.3 Gesundheits- und Fitnesszustand

Hinsichtlich der Bewertung ihres Gesundheitszustandes zeigten sich vor und nach der Intervention keine Veränderungen (z = -.378, p = .273). Der gegenwärtige Fitnesszustand wurde dagegen nach der Intervention signifikant besser von den Probanden eingeschätzt als vorher (z = -2.828; p < 0.01). Insbesondere ihre Ausdauer bewerteten die Senioren im Nachhinein besser (z = 2.081; p < .05). In der Selbsteinschätzung der motorischen Fähigkeiten von Ausdauer, Kraft, Beweglichkeit und Koordination zeigten sich keine signifikanten Unterschiede vor und nach der Intervention (T(19)= -.552; p = .588). Der Mittelwert lag zu Beginn und am Ende der Studie bei 90 bzw. 91 Punkten. Jedoch zeigte sich eine signifikante Verbesserung in der Unterkategorie von 20,3 auf 21,7 Punkte (T(19)= -2.316; p < .05). Die Anzahl der Teilnehmer, die ihren Fitnesszustand und ihre Ausdauer gut einschätzen, erhöhte sich. Die Anzahl der Senioren, die ihre Kraft und Koordination gut einschätzen hat dagegen abgenommen. Bei der Einschätzung der Beweglichkeit zeigte sich vor und nach der Intervention keine Veränderung.

Die Bewertung des Wissens der Studienteilnehmer zu den Möglichkeiten ihre Fitness zu steigern, zu Kraft-, Balance- und Ausdauertraining und zum Aufbau eines ausgewogenen Trainingsplans änderte sich durch die Intervention nicht. Allerdings bewerteten die Senioren am Ende der Studie ihr Wissen zu Fitnesstrackern (z = - 3,741; p < .001) und zur korrekten Durchführung von Trainingsplänen (z = -2.179; p < .05) signifikant besser.

5 Diskussion

Innerhalb der Studie konnte gezeigt werden, dass ein kombiniertes Fitnesstraining, bestehend aus einem evidenzbasierten Fitnessprogramm, Gamification-Elementen und einem Fitnesstracker von Senioren genutzt wird. Insbesondere der Fitnesstracker wurde von den Senioren am häufigsten verwendet, auch wenn die Senioren angaben, dass die Trainingspläne sie am meisten zur körperlichen Aktivität motivierten. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Brigham et al. scheinen Badges in

der vorliegenden Studie keinen positiven Einfluss auf die Nutzung des Systems zu haben [12]. Die Ergebnisse von Simmonds et al., dass individuelles Feedback bspw. durch Anzeige der zurückgelegten Schrittzahl die Motivation fördern [15], konnten auch für Senioren in der vorliegenden Studie gezeigt werden. Die geschlechtsspezifische Betrachtung zeigte, dass Frauen das Training eher abrechnen bzw. das Training in geringerem Umfang durchführten. Demgegenüber stehen die Ergebnisse von Klompstra et al. nach denen Männer schwieriger zu motivieren sind als Frauen. Technisch unterstützte Systeme scheinen jedoch auch Männer zur körperlichen Aktivität zu motivieren. Insgesamt konnte gezeigt werden, dass durch ein kombiniertes, technisch-unterstütztes Fitnesstraining das Gesundheitsverhalten und das psychische Wohlbefinden von Senioren, die bisher kein Sport treiben, verbessert werden kann. Trotz der geringen Studiendauer und der kleinen Fallzahl konnte zudem eine signifikante Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit gezeigt werden. Demnach kann dies ein guter Ansatz sein, den Ärzte und Physiotherapeuten Senioren anbieten können, um die körperliche Aktivität zu steigern oder um die Fortsetzung einer therapeutischen Leistung zu unterstützen.

Voraussetzung zur Nutzung durch Senioren muss dabei ein evidenzbasierter Trainingsplan unter Berücksichtigung von Trainingsdauer, -intensität und -häufigkeit sowie ein hohes Maß an Sicherheit bei der Durchführung des Trainings sein. Hinsichtlich der technischen Systeme müssen Aktivitätstracker oder Smartphone-App einen hohen Grad an Benutzerfreundlichkeit und Zuverlässigkeit in der Datenerfassung aufweisen.

Für nachfolgende Studien und Entwicklungen ist es sinnvoll, die Motivation älterer Menschen in Bezug auf körperlicher Aktivität zu untersuchen, um bedarfsgerechte Systeme entwickeln zu können. Weiterführende Studien mit einer größeren Fallzahl und einem längeren Untersuchungszeitraum können helfen, Faktoren, die körperliche Aktivität im Alter fördern und hindern zu eruieren.

4 Literatur

- [1] World Health Organization, *Global Recommendations on Physical Activity for Health*. Geneva, Switzerland, 2010.
- [2] G. W. Heath, D. C. Parra, O. L. Sarmiento, L. B. Andersen, N. Owen, S. Goenka, F. Montes, and R. C. Brownson, "Evidence-based intervention in physical activity: lessons from around the world," *The Lancet*, vol. 380, no. 9838, pp. 272–281, Jul. 2012.
- [3] L. D. Gillespie, W. J. Gillespie, M. C. Robertson, S. E. Lamb, R. G. Cumming, and B. H. Rowe, "Interventions for preventing falls in elderly people," *Cochrane Database Syst. Rev.*, no. 4, p. CD000340, 2003.
- [4] M. M. van Stralen, L. Lechner, A. N. Mudde, H. de Vries, and C. Bolman, "Determinants of awareness, initiation and maintenance of physical activity among the over-fifties: a Delphi study," *Health Educ. Res.*, vol. 25, no. 2, pp. 233–247, Apr. 2010.
- [5] P. J. Teixeira, E. V. Carraça, D. Markland, M. N. Silva, and R. M. Ryan, "Exercise, physical activity, and self-determination theory: A systematic review," *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.*, vol. 9, p. 78, Jun. 2012.
- [6] L. Klompstra, T. Jaarsma, and A. Strömberg, "Physical activity in patients with heart failure: barriers and motivations with special focus on sex differences," *Patient Prefer. Adherence*, vol. 9, pp. 1603–1610, 2015.
- [7] I. K. Crombie, L. Irvine, B. Williams, A. R. McGinnis, P. W. Slane, E. M. Alder, and M. E. T. McMurdo, "Why older people do not participate in leisure time physical activity: a survey of activity levels, beliefs and deterrents," *Age Ageing*, vol. 33, no. 3, pp. 287–292, Jan. 2004.
- [8] M. L. Dontje, M. H. L. van der Wal, R. P. Stolk, J. Brügemann, T. Jaarsma, P. E. P. J. Wijtliet, C. P. van der Schans, and M. H. G. de Greef, "Daily physical activity in stable heart failure patients," *J. Cardiovasc. Nurs.*, vol. 29, no. 3, pp. 218–226, Jun. 2014.
- [9] A. Moschny, P. Platen, R. Klaaßen-Mielke, U. Trampisch, and T. Hinrichs, "Barriers to physical activity in older adults in Germany: a cross-sectional study," *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.*, vol. 8, p. 121, Nov. 2011.
- [10] E. C. P. M. Tak, J. G. Z. van Uffelen, M. J. M. C. A. Paw, W. van Mechelen, and M. Hopman-Rock, "Adherence to exercise programs and determinants of maintenance in older adults with mild cognitive impairment," *J. Aging Phys. Act.*, vol. 20, no. 1, pp. 32–46, Jan. 2012.
- [11] E. Costello, M. Kafchinski, J. Vrazel, and P. Sullivan, "Motivators, barriers, and beliefs regarding physical activity in an older adult population," *J. Geriatr. Phys. Ther.* 2001, vol. 34, no. 3, pp. 138–147, Sep. 2011.
- [12] T. J. Brigham, "An Introduction to Gamification: Adding Game Elements for Engagement," *Med. Ref. Serv. Q.*, vol. 34, no. 4, pp. 471–480, Dec. 2015.
- [13] B. E. Dicianno, B. Parmanto, A. D. Fairman, T. M. Crytzer, D. X. Yu, G. Pramana, D. Coughenour, and A. A. Petrazzi, "Perspectives on the evolution of mobile (mHealth) technologies and application to rehabilitation," *Phys. Ther.*, vol. 95, no. 3, pp. 397–405, Mar. 2015.
- [14] J. Bort-Roig, N. D. Gilson, A. Puig-Ribera, R. S. Contreras, and S. G. Trost, "Measuring and influencing physical activity with smartphone technology: a systematic review," *Sports Med. Auckl. NZ*, vol. 44, no. 5, pp. 671–686, May 2014.

- [15] B. a. J. Simmonds, K. J. Hannam, K. R. Fox, and J. H. Tobias, “An exploration of barriers and facilitators to older adults’ participation in higher impact physical activity and bone health: a qualitative study,” *Osteoporos. Int. J. Establ. Result Coop. Eur. Found. Osteoporos. Natl. Osteoporos. Found. USA*, Nov. 2015.
- [16] D. Ledger and D. McCaffrey, “Inside Wearables,” 2014. [Online]. Available: <http://endeavourpartners.net/assets/Endeavour-Partners-Wearables-and-the-Science-of-Human-Behavior-Change-Part-1-January-20141.pdf>. [Accessed: 29-May-2015].
- [17] F. J. Neyer, J. Felber, and C. Gebhardt, “Entwicklung und Validierung einer Kurzskala zur Erfassung von Technikbereitschaft,” *Diagnostica*, vol. 58, no. 2, pp. 87–99, Jan. 2012.