

# Cognitive-motor interventions

## A novel approach to improve physical functioning in older adults

**Doctoral Thesis**

**Author(s):**

Pichierri, Giuseppe

**Publication date:**

2014

**Permanent link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-010104076>

**Rights / license:**

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

DISS. ETH NO. 21604

# **Cognitive-motor interventions**

–

## **A novel approach to improve physical functioning in older adults**

A thesis submitted to attain the degree of  
DOCTOR OF SCIENCES of ETH ZURICH  
(Dr. sc. ETH Zurich)

Presented by  
GIUSEPPE PICHIERRI  
MSc ETH HMS

born on 06.07.1979

citizen of Niederglatt (Zurich) and Italy

accepted on the recommendation of  
PD Dr. Eling D. de Bruin  
Prof. Dr. Kurt Murer  
Prof. Dr. David P. Wolfer

2014

## Summary

Our body is constantly challenged not only by different internal influences (muscle weakness, illness, fatigue, mood, cognitive impairments, vision problems) but also by external ones (obstacles, crowds, traffic, weather) all of which constitute a potential threat to our postural stability. These demand intact cognitive functions to register potentially threatening situations at an early stage, to plan and execute the correct motor response to the special circumstance in order to avoid a misstep or a fall. Besides the decline of physical functions, a decline of cognitive functions that regulate these abilities has been suggested as a major cause for falls in the older population. It has been extensively observed that older adults show poorer performances in dual task situations compared to younger adults, and this deficiency is thought to be in part attributable to declines in executive functioning.

The thesis aims to answer the question of whether effective fall prevention programs for older adults should implement approaches that address the cognitive decline and the dysfunctions in cognitive processes, especially of the executive functions. The assumption is based on the growing evidence that rather than isolated physical or cognitive activity, the combination of both better supports the healthy functions of executive function, working memory, and the ability to divide and select attention. The results of a systematic review of literature (**Chapter 3**) reveal that the current evidence on the effectiveness of such approaches on physical functioning under single and dual task conditions in older adults is still limited, thus warranting the performance of experiments and interventions using such a cognitive-motor approach for this population.

The thesis proposes the use of interactive computer games as a supplement to traditional physical exercise procedures, that is strength and/or balance exercise. The special value of interactive computer game training paradigms is believed to be due to the concordance of visual and proprioceptive information during training. Further, interactive computer games provide salient feedback about the movement performance and the task difficulty can be easily adapted according to the subject's ability and needs. The computer game used in the experiments is an interactive dance game (a specially designed modification of StepMania, Version 3.9) based on the performance of precise and timed steps on a metal

pad in response to visual and acoustic stimuli. Subjects are expected to observe the virtual environment on a screen indicating moving arrows and concurrently initiate appropriate dance steps (forwards, backwards and to the side, respectively). The dance game challenges body coordination and attention at the same time.

In two intervention studies (**Chapter 4** and **5**) older adults in care home settings in Switzerland performed for twelve weeks either a cognitive-motor program that comprised twice-weekly progressive strength and balance exercises with supplemental interactive computer game dancing (dance group) or twice-weekly strength and balance exercise alone (**Chapter 5**) or usual care offered at their homes (**Chapter 4**), respectively (control groups). At baseline and after the intervention period of twelve weeks the groups were compared in reference to their performance on walking (**Chapter 4** and **5**), their voluntary step execution under single and dual task conditions (**Chapter 4**), and on their foot placement accuracy during walking (**Chapter 5**). In both experiments the results revealed positive effects on the performance of the tasks in favor of the dance group: a significant decrease of step initiation time and step completion time in a voluntary step execution test under dual task conditions (**Chapter 4**), a significant increase of gait velocity under dual task conditions, and a significant positive within-group difference for foot placement accuracy in the dance group (**Chapter 5**).

The findings arising from the interventions substantiate the hypothesis that physical exercise enriched by an interactive and attention-demanding computer game can lead to essential positive benefits in the physical performance of older adults under dual task conditions when compared to traditional physical exercise. An exercise program that aims to improve the physical performance under attention demanding circumstances should consider a cognitively challenging element in addition to strength and balance exercise, preferably in the form of an interactive computer game that is adapted to the participants' abilities and needs. However, it still remains unclear to what extent the additional cognitive input is responsible for the observed positive changes in physical performance in the presented studies, which offers an incentive for further research on this topic.

## Zusammenfassung

Unser Körper ist ständig sowohl mit inneren (Muskelschwäche, Erkrankungen, Müdigkeit, Gemütslage, kognitive Beeinträchtigungen, Sehschwächen) als auch mit äusseren Einflussfaktoren (Hindernisse, Menschenmassen, Strassenverkehr, Wetter) konfrontiert. Diese Faktoren stellen eine potentielle Gefahr für die Erhaltung des Körpergleichgewichts dar. Der Einfluss dieser Faktoren verlangt von unserem Körper intakte kognitive Funktionen um so potentielle Gefahrensituationen frühzeitig erkennen und eine angemessene motorische Antwort auf die speziellen Gegebenheiten planen und auszuführen zu können. Nur so ist es möglich einen Fehltritt oder gar einen Sturz zu verhindern. Nebst dem Rückgang der körperlichen Funktionen wird ein Rückgang der kognitiven Funktionen, welche diese Fähigkeiten steuern, als eines der Hauptgründe für Stürze bei älteren Menschen vermutet. Es wurde bereits nachgewiesen, dass ältere Menschen im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen eine beeinträchtigte Leistungsfähigkeit unter Dual-Task-Situationen aufweisen. Es wird vermutet, dass diese Beeinträchtigung teilweise einem Rückgang der exekutiven Funktionen zuzuschreiben ist.

Ziel dieser Dissertation ist es herauszufinden, ob effektive Programme zur Sturzprävention bei älteren Menschen Methoden einsetzen sollten, welche den kognitiven Rückgang aufhalten und auf die Beeinträchtigungen der kognitiven Prozesse, mit Schwerpunkt auf den exekutiven Funktionen, eingehen. Diese Frage basiert auf die wachsende Anzahl der Studienergebnisse, die darauf hinweisen, dass die Kombination von kognitiver und motorischer Aktivität, gegenüber der rein isolierten Ausübung der beiden Aktivitäten die exekutiven Funktionen, insbesondere das Arbeitsgedächtnis und die Fähigkeit der geteilten und selektiven Aufmerksamkeit, stärker fördern. Die Ergebnisse der Literaturübersicht (**Kapitel 3**) machen deutlich, dass das Wissen über die Wirkung der kognitiv-motorischen Methoden auf die körperliche Leistungsfähigkeit unter Single- und Dual-Task-Bedingungen bei älteren Menschen noch sehr gering ist, was die Durchführung von Experimenten und Interventionen mit einem kognitiv-motorischen Charakter in dieser Population rechtfertigt.

Zur Ergänzung des traditionellen körperlichen Trainings (Kraft- und Gleichgewichtsübungen) wird in dieser Dissertation der Einsatz von interaktiven

Computerspielen vorgeschlagen. Der Einsatz dieser Spiele ist aufgrund des Zusammenspiels zwischen visuellen und propriozeptiven Informationen während des Trainings äusserst wertvoll. Die Spieler erhalten wertvolle Rückmeldungen zur Qualität der Bewegungsausführung und der Schwierigkeitsgrad kann relativ einfach an die Fähigkeiten und Bedürfnisse der Trainierende angepasst werden. Das Computerspiel, welches in den Interventionen dieser Dissertation zu Verwendung kam, ist ein interaktives Computer-Tanzspiel (eine speziell modifizierte Version von StepMania, Version 3.9), welches auf die Ausführung von präzisen und zeitlich getimten Schrittfolgen auf einer metallischen Tanzplatte, aufgrund visueller und akustischer Reize basiert. Der Spieler beobachtet die virtuelle Umgebung auf einem Bildschirm, auf welchem sich Pfeile vom unteren zum oberen Ende bewegen und führt gemäss der angezeigten Pfeilrichtung Tanzschritte aus (vorwärts, rückwärts oder zur Seite). Das Computer-Tanzspiel fördert die Koordination der Körperbewegungen und schult gleichzeitig aber auch die Fähigkeit der geteilten Aufmerksamkeit.

In zwei Interventionsstudien (**Kapitel 4** und **5**) absolvierten Senioren aus Schweizer Altersheimen ein 12-wöchiges kognitiv-motorisches Trainingsprogramm, welches zweimal pro Woche progressives Kraft- und Gleichgewichtsübungen und zusätzlich interaktives Computer-Tanztraining beinhaltete (Tanzgruppe). Die Senioren der Kontrollgruppen hingegen, absolvierten entweder ein rein motorisches Programm mit Kraft- und Gleichgewichtsübungen zweimal pro Woche (**Kapitel 5**) oder besuchten weiterhin die in den Altersheimen angebotenen Aktivitätsprogramme (**Kapitel 4**). Vor Beginn und nach Beendigung der 12-wöchigen Trainingsphase wurden die Gruppen jeweils auf ihre Gehleistung (**Kapitel 4** und **5**), ihre Fähigkeit der willentlichen Ausführung eines Schrittes unter Single- und Dual-Task-Bedingungen (**Kapitel 4**) und die Genauigkeit ihrer Fussplatzierung beim Gehen (**Kapitel 5**) getestet und miteinander verglichen.

Die Resultate beider Interventionsstudien zeigten positive Effekte in der Ausführung der körperlichen Tests zugunsten der Tanzgruppe. Es resultierten eine signifikante Verminderung der Schrittnitierungs- und Schrittausführungszeit bei der willentlichen Ausführung eines Schrittes unter Dual-Task-Bedingungen (**Kapitel 4**), eine signifikante

Zunahme der Gehgeschwindigkeit unter Dual-Task-Bedingungen und eine signifikant positive Veränderung der Genauigkeit der Fussplatzierung innerhalb der Tanzgruppe **(Kapitel 5)**.

Die Beobachtungen aus den beiden Interventionen bekräftigen die Hypothese, dass ein körperliches Trainingsprogramm, welches durch ein interaktives und Aufmerksamkeit förderndes Computerspiel im Vergleich zu traditionellem Training zu einem wichtigen positiven Nutzen für die körperliche Leistungsfähigkeit von älteren Menschen unter Dual-Task-Bedingungen führen kann. Ein Trainingsprogramm, welches zum Ziel hat die körperliche Leistungsfähigkeit unter Aufmerksamkeit fördernden Bedingungen zu verbessern, sollte ein zusätzliches kognitiv anspruchsvolles Element in die Kraft- und Gleichgewichtsübungen integrieren. Dies idealerweise in Form eines interaktiven Computerspiels, welches auf die Fähigkeiten und Bedürfnisse der älteren Menschen zugeschnitten ist. Allerdings bleibt noch unklar in welchem Ausmass der zusätzliche kognitive Input für die beobachteten positiven Veränderungen der körperlichen Leistungsfähigkeit der Teilnehmer in den vorgestellten Studien verantwortlich ist, was eine Legitimation für weitere Forschung in diesem Themengebiet ist.