

**App-basierte digitale Sekundärprävention der
koronaren Herzkrankheit
eine Pilotstudie**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn

Clara Lucia Buschhaus

aus Siegen

2024

Angefertigt mit der Genehmigung
der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: PD Dr. Felix Jansen
2. Gutachter: Prof. Dr. Hanno E. G. Matthaei

Tag der Mündlichen Prüfung: 02.11.2023

Aus der Medizinischen Klinik und Poliklinik II
für Kardiologie, Angiologie, Pneumologie und internistische Intensivmedizin
Direktor: Prof. Dr. Georg Nickenig

Meiner Familie

In liebevollem Gedenken an meine Großmutter

Inhaltsverzeichnis

	Abkürzungsverzeichnis	6
1.	Deutsche Zusammenfassung	7
1.1	Einleitung	7
1.2	Material und Methoden	10
1.3	Ergebnisse	14
1.4	Diskussion	16
1.5	Zusammenfassung	23
1.6	Literaturverzeichnis der deutschen Zusammenfassung	26
2.	Veröffentlichung	30
	Abstract	30
	Introduction	30
	Materials and Methods	31
	Results	34
	Discussion	35
	References	37
3.	Danksagung	39
4.	Lebenslauf	40

Abkürzungsverzeichnis

COPD	Chronisch obstruktive Lungenerkrankung (chronic obstructive pulmonary disease)
KHK	Koronare Herzkrankheit
WHO	Weltgesundheitsorganisation (World Health Organization)

1. Deutsche Zusammenfassung

1.1 Einleitung

In der modernen medizinischen Versorgung spielt die Telemedizin eine zunehmend bedeutende Rolle. Durch wachsende Angebote an Telekonsilplattformen, Videotechnologien und medizinischen Applikationen (Allaert et al., 2020; Bashshur et al., 2011) können Patient*innen vermehrt auch über räumliche Distanzen betreut werden. Dieser Ansatz könnte sich in Zukunft auch zur Verbesserung der Betreuung von Patient*innen mit koronarer Herzkrankheit nutzen lassen. Die lebenslange Begleitung dieser chronisch Erkrankten, deren Sekundärprävention entscheidend für ihren weiteren Krankheitsverlauf ist, könnte durch telemedizinische Angebote revolutioniert und entscheidend verbessert werden.

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) listet die koronare Herzerkrankung (KHK) als die führende Todesursache weltweit (WHO, 2021). In mehreren Studien konnte belegt werden, dass neben medikamentösen sowie revaskularisierenden Therapien insbesondere Änderungen des Lebensstils, die zu einer Reduktion kardiovaskulärer Risikofaktoren führen, entscheidend für eine erfolgreiche Sekundärprävention sind (Chow et al., 2010; Yusuf et al., 2004). Dies gilt weltweit unabhängig von Ethnie, Alter und Geschlecht (Yusuf et al., 2004). Die Reduktion dieser für die KHK relevanten Risikofaktoren führt dazu, dass kardiovaskuläre Ereignisse signifikant seltener auftreten (Chow et al., 2010; Doughty et al., 2017; Yusuf et al., 2004). Ein individuell beeinflussbarer Faktor von fundamentaler Relevanz ist die Ernährung, die in der Pathogenese der KHK nachweislich eine große Rolle spielt. Bei bestehender Atherosklerose der Koronararterien beeinflusst sie das Fortschreiten der Ablagerung von Plaque und hat Einfluss auf die endothelabhängige Vasoreaktivität (Doughty et al., 2017). Micha et al. (2017) konnten zeigen, dass Ernährungsfaktoren mit einem beträchtlichen Anteil der Todesfälle durch KHK in Verbindung stehen, wohingegen eine Anpassung der Ernährungsgewohnheiten an eine herzgesunde mediterrane Diät mit einer deutlichen kardialen Risikoreduktion assoziiert wird (Ros et al., 2014). Neben der Ernährung ist auch die Etablierung einer regelmäßigen sportlichen Betätigung eine wesentliche Verhaltensänderung für eine erfolgreiche Sekundärprävention der KHK. Es konnte nachgewiesen werden, dass sogar schon eine

moderate sportliche Aktivität von 10-15 Minuten täglich zu einem verringerten kardiovaskulären Risiko sowie geringerer Mortalität jeglicher Ursache führt (Glazer et al., 2013; Lee et al., 2014, 2000). Dabei führt regelmäßige körperliche Bewegung zu einem nachweislich verbesserten Risikoprofil bezogen auf Insulinresistenz, Hypertonie und Blutfettwerte (Doughty et al., 2017). Eine bewegungsbasierte kardiale Rehabilitation senkt laut Anderson et al. (2016) sowohl die Hospitalisierungsrate als auch die kardiovaskuläre Mortalität von KHK-Patient*innen. Neben Ernährung und Sport spielen auch Stress (Stephoe und Kivimäki, 2012) und Tabakkonsum (Ambrose und Barua, 2004) eine wichtige Rolle in der Entstehung der KHK und sollten daher in Konzepte zur Sekundärprävention mit einbezogen werden.

Trotz dieser Erkenntnisse ist die Compliance der Betroffenen, die genannten Änderungen ihres Lebensstils vorzunehmen, gering (Chow et al., 2010; Kotseva et al., 2016; Urbinati et al., 2015). Während einerseits zwar über 90 % der Betroffenen angeben, ihre Thrombozytenaggregationshemmer einzunehmen (Kotseva et al., 2016; Urbinati et al., 2015), halten sich andererseits nur circa 30 % der KHK-Patient*innen an die Empfehlungen der Leitlinie hinsichtlich Diät und Bewegung (Chow et al., 2010). In der Euroaspire IV Studie wurde ermittelt, dass sich über 59 % der Betroffenen nur wenig oder gar nicht körperlich bewegen; 37 % der Patient*innen haben einen BMI über 30 kg/m² und 58 % zeigen eine zentrale Fettleibigkeit (Kotseva et al., 2016). Trotz steigender Überweisungsraten zu kardialen Rehabilitationsprogrammen nimmt nur etwa ein Drittel der Patient*innen daran teil (Peters und Keeley, 2017). Eine Umstellung der Ernährungsgewohnheiten auf einen vermehrten Obst- und Gemüsekonsum wird von 35 % der Patient*innen befolgt, auf eine Reduktion gesättigter Fettsäuren achten 40 % (Wood et al., 2008). Betroffene Raucher*innen beenden ihren Konsum nur in etwas mehr als der Hälfte der Fälle (Kotseva et al., 2016). Eine Studie von Chow et al. (2010) ergab, dass es etwa 70% der Patient*innen im Zeitraum nach einem akuten Koronarsyndrom nicht schaffen, die relevanten präventiven Änderungen ihrer Lebensweise durchzuführen.

Die unzureichende Compliance der Patient*innen ist multifaktoriellen Ursprungs. Ein ausreichendes Grundverständnis zur KHK kann nur vorausgesetzt werden, wenn eine umfangreiche Aufklärung der betroffenen Patient*innen stattfindet. Durch Zeitmangel im klinischen Alltag kommt es aber häufig zu einer unzulänglichen Informationsvermittlung

über das Krankheitsbild, sodass wichtiges Basiswissen nicht ausreichend erläutert wird. Dieses ist jedoch als Grundlage für das Verständnis der Wichtigkeit von Änderungen der Lebensgestaltung entscheidend. Zudem finden viele Patient*innen es möglicherweise schwierig, ihren Alltag umzustellen und die Motivation und Zeit zu finden, Änderungen ihrer Gewohnheiten langfristig und hinreichend in ihre tägliche Routine einzubauen. Ein Grund für die mangelnde Teilnahme an kardialen Rehabilitationsprogrammen ist unter anderem auch eine große räumliche Distanz zu solchen Zentren (Bjarnason-Wehrens et al., 2010; Bruhal et al., 2010; Peters und Keeley, 2017).

Um die Compliance dieser Patient*innen im Hinblick auf ihre kardiale Sekundärprävention zu verbessern und obenstehenden Faktoren entgegenzuwirken, wurde die Vantis App im Rahmen einer Vorstudie von einem externen Start-Up Unternehmen (Vantis GmbH, München) entwickelt. Grundlage für die Entwicklung war ein Fragebogen, mit dessen Hilfe 20 betroffene KHK-Patient*innen der kardiologischen Abteilung des Universitätsklinikums Bonn um ihr Urteil zu fünf möglichen App-Funktionen gebeten wurden. Dabei sollten sie diejenigen auswählen, die sie für eine solche Anwendung zur Unterstützung ihrer Sekundärprävention als besonders relevant erachteten. Das größte Interesse bestand an den videobasierten Informationsclips zur KHK und ihren Risikofaktoren sowie an Videoanleitungen zu Sportübungen als Bestandteile der App (Eckardt et al., 2021). Neben weiteren Faktoren, wie der täglichen Kontrolle und Dokumentation der Vitalparameter, einer Statusfunktion sowie der Möglichkeit, einen Gesundheitscoach per Chat zu kontaktieren, wurden diese beiden Elemente als wesentliche Funktionen in die App integriert (Eckardt et al., 2021). Vantis soll Betroffenen eine moderne Form der Unterstützung bieten und ihnen alltagsbegleitend helfen, wichtige Verhaltensänderungen insbesondere in den Bereichen Sport und Ernährung umzusetzen. Wie zuvor erwähnt, reichen schon 15 Minuten leichter körperlicher Betätigung am Tag, um das kardiovaskuläre Risiko zu reduzieren (Glazer et al., 2013; Lee et al., 2014, 2000). Mit Hilfe der App sollen regelmäßige Aktivitäten als Routine in den Alltag integriert und dadurch ein vermeintlich schwer erreichbares Aktivitätsniveau erzielt werden. Zusätzlich werden die Nutzer*innen durch die App über relevante Aspekte und Grundlagen ihrer Erkrankung informiert. So sollen sie langfristig besser in ihrem Krankheitsverlauf betreut und sekundäre kardiovaskuläre Ereignisse durch verbesserte Lebensstiländerungen verhindert werden.

Diese Arbeit untersucht, wie groß die App-Adhärenz der Teilnehmer*innen innerhalb des 28-tägigen Programms ist, also wie regelmäßig ein solches Präventionsprogramm von Patient*innen genutzt wird. Außerdem wird beurteilt, welchen Einfluss die regelmäßige Nutzung der App auf Änderungen des Lebensstils im Hinblick auf Diäterfolge, gesteigerte sportliche Aktivität sowie Wissenszuwachs hat, um zu ermitteln, ob eine erfolgreiche Sekundärprävention durch Nutzung einer Smartphone-App unterstützt werden kann. Zudem wird eine mögliche Auswirkung auf die Lebensqualität der Patient*innen erörtert.

1.2 Material und Methoden

Aufbau und Funktionen der App

Die Nutzung der App war auf einen Zeitraum von circa 10 bis 15 Minuten pro Tag angelegt (Eckardt et al., 2021). Im Wesentlichen sollten die Betroffenen zwei Funktionen der App in diesem Zeitraum nutzen, die nicht personalisiert und für alle Teilnehmenden identisch waren.

Zum einen wurde den Nutzer*innen täglich ein Video angezeigt, welches Informationen zu ihrer Erkrankung in einem drei- bis vierminütigen Informationsclip zusammenfasste. Teilweise gab es nach einem solchen Video zu einem bestimmten Thema die Möglichkeit, sich ein weiteres inhaltlich vertiefendes Video anzuschauen. Die Themen variierten täglich. Es wurde sowohl Basiswissen zum Grundverständnis der KHK vermittelt als auch über Ätiologie, Risikofaktoren, Wirkung und Relevanz der Medikation sowie den Verlauf der Erkrankung aufgeklärt. Zusätzlich sollte den Nutzer*innen Informationen an die Hand gegeben werden, wie sie ihren Krankheitsverlauf durch leitliniengerechte Sekundärprävention aktiv selbst beeinflussen konnten. Dabei wurden verschiedene konkrete Änderungsvorschläge der Lebensführung, zum Beispiel im Hinblick auf die Ernährungsumstellung, gemacht. Neben den regelmäßigen erläuternden Videos durch einen Kardiologen kamen auch Gastbeiträge von Expert*innen anderer Bereiche, wie der Ernährungsmedizin, hinzu.

Zum anderen enthielt das Programm täglich ein zehnminütiges Sportprogramm, das die Teilnehmenden absolvieren sollten. Zur Anleitung sinnvoller Sportübungen zeigte ein professioneller Sportcoach in einem Videoclip einfache Übungen, die die Nutzer*innen

Zuhause imitieren sollten. Die Übungen waren so angelegt, dass sie ohne weiteren Aufwand Zuhause durchgeführt werden konnten und kein zusätzliches Material benötigt wurde. Auf mögliche Schwierigkeiten, die im Rahmen der Übungen auftreten konnten, wurde durch den Trainer im Video hingewiesen.

Im weiteren Aufbau der App war zur Erfolgskontrolle eine monatliche Übersicht für die Teilnehmenden abrufbar, über die, separat für die Bereiche Wissen und Sport, die täglichen Nutzungsdaten eingesehen werden konnten. Dort erschien für jeden Tag, an dem die Videos genutzt wurden, ein grüner Haken. Zusätzlich sollten die Patient*innen einmal täglich ihre selbst gemessenen Blutdruck- und Pulswerte in die App eintragen. Anhand dieser Daten konnte die App einen individuellen Graphen anzeigen, der den zeitlichen Verlauf und die täglichen Schwankungen dieser Messungen übersichtlich darstellte. Darüber hinaus wurde den Nutzer*innen durch die Integration einer Chat-Funktion in die App ein direkter Kontakt zu einem Gesundheitscoach ermöglicht. Dieser sollte bei möglichen technischen Problemen Hilfestellung leisten. Die Entwicklung der App erfolgte im Rahmen einer Kollaboration des Herzzentrums Bonn und der Vantis GmbH (Eckardt et al., 2021).

Studienkriterien und Studienpopulation

In die Studie eingeschlossen wurden ambulant und stationär behandelte Patient*innen des Herzzentrums Bonn im Zeitraum zwischen dem 1. November und 13. Dezember 2019. Patient*innen, die in die Studie aufgenommen wurden, mussten folgende Kriterien erfüllen. Sie sollten (1) zwischen 18 und 75 Jahre alt sein und (2) entweder an einem akuten oder chronischen Koronarsyndrom leiden oder mindestens drei kardiovaskuläre Risikofaktoren aufweisen. Eine weitere Voraussetzung war der (3) Zugang zu einem Smartphone, welches Teilnehmer*innen selbstständig benutzen können sollten. Zudem war ein (4) Mindestmaß an körperlicher Aktivität erforderlich, in unserer Studie definiert als ein Frailty Score ≤ 3 . Zur Nutzung der App waren (5) ausreichende Sprachkenntnisse nötig (Eckardt et al., 2021). Patient*innen, die unter Dyspnoe (NYHA > III) oder einer malignen Grunderkrankung litten, wurden nicht für die Aufnahme in die Studie in Betracht gezogen (Eckardt et al., 2021).

Nach dem Eingrenzen möglicher Kandidat*innen für die Studie anhand von Patientendaten und Krankengeschichte wurden die betroffenen Patient*innen in der Ambulanz oder ihrem Krankenbett aufgesucht und für die Teilnahme an der Studie aufgeklärt. Dabei wurde die App mit ihren verschiedenen Funktionen zur kardiovaskulären Sekundärprävention erläutert. Alle Teilnehmenden begannen mit der Nutzung der App in häuslicher Umgebung. Die in die Studie eingeschlossenen Patient*innen sollten die App an mindestens fünf Tagen in der Woche nutzen. Eine Unabhängigkeit des Betriebssystems des Smartphones war durch die Verfügbarkeit der App im Google Play Store (Android) und im Apple Store (iOS) gegeben.

Im festgelegten Zeitraum gab es insgesamt 66 Patient*innen, die den oben genannten Kriterien zur Studienteilnahme entsprachen. Davon wurden 43 (65 %) in die Studie aufgenommen. Die Nichtteilnahme der übrigen 23 Personen hatte zwei Gründe. Erstens, hatten 11 Patient*innen kein Smartphone zur Verfügung. Zweitens, waren 12 weitere Personen nicht an einer Teilnahme interessiert, meist da sie das Gefühl hatten, bereits genügend über die Thematik informiert zu sein und Lebensstiländerungen ausreichend in ihren Alltag integriert zu haben. Unter den 43 Aufgenommenen befanden sich 27 (63 %) in stationärer Behandlung, 16 (37 %) Patient*innen wurden zum Zeitpunkt der Aufnahme ambulant betreut.

Bei Aufnahme in die Studie wurden die Patient*innen im Hinblick auf ihren Wissensstand zur KHK, bereits erfolgten Lebensstiländerungen sowie ihrer persönlichen Lebensführung um eine Einschätzung gebeten. Zunächst wurde eine grundsätzliche Bereitschaft, 15 Minuten am Tag in ihre Gesundheit zu investieren, erfragt. Um ihren Wissensstand zu kardiovaskulären Risikofaktoren bzw. Einflüssen auf die kardiale Gesundheit zu erfassen, nutzten wir eine Skala. Hierauf konnten die Patient*innen ihre Kenntnisse zwischen 1 (sehr gut) bis 5 (keine Kenntnisse) einordnen. Befragt wurden sie dabei zu den Faktoren Bewegung, Ernährung, Rauchen und Stress. Patient*innen, die ihren Wissensstand beim Thema Ernährung zwischen 1-3 einschätzten, sollten anschließend ebenfalls auf einer Skala zwischen 1 (fast immer) bis 5 (fast nie) einordnen, in welchem Maße sie sich an Ernährungsempfehlungen hielten. Überdies wurden die Patient*innen gebeten, Angaben zu ihrem wöchentlichen Sportverhalten zu machen, ge-

nauer zu Häufigkeit, Länge sowie Sportart. Falls nötig, wurde ihnen Hilfe bei der Installation der Smartphone-App angeboten.

Primärer Endpunkt der Studie war die 28-Tage Adhärenz, definiert als Teilnahme am Vantis-App-Programm an mindestens 20 von 28 Tagen (Eckardt et al., 2021). In den sekundären Endpunkt wurden mehrere Faktoren mit einbezogen. Dazu zählte der Wissenszuwachs bezogen auf die zu Beginn der Studie abgefragten kardiovaskulären Risikofaktoren (s.o.) sowie eine aktive Änderung der Lebensgewohnheiten mit einer Steigerung der körperlichen Aktivität und Einhaltung einer herzgesunden Ernährung. Zusätzlich nutzten wir die 12-Item Short-Form Health-Survey, um den Einfluss der App auf die Lebensqualität der Patient*innen zu ermitteln. Wir nutzten die beiden folgenden Fragen der Health-Survey für unsere Studie: Hatten Sie mehr Energie während Sie die App genutzt haben? Hatten Sie weniger Einschränkungen bei körperlichen Aktivitäten während Sie die App genutzt haben? Zusätzlich erachteten wir im Rahmen unserer Studie die nachstehende Frage als sinnvoll: Hatten Sie das Gefühl, durch die Nutzung der App besser in der Lage zu sein, ihre Erkrankung positiv zu beeinflussen? (Eckardt et al., 2021). Die Fragen zur Lebensqualität konnten die Patient*innen mit ja oder nein beantworten.

Verlaufsbeobachtung der Studienteilnehmer*innen

Das Vantis-Programm dauerte 28 Tage. Über diesen Zeitraum wurden die Teilnehmenden bei der Nutzung der App begleitet. Am zweiten Tag der Nutzung erfolgte ein Anruf, um zu erfragen, ob die Installation der App funktioniert hatte und um die Nutzer*innen zu bitten, ihren ersten Eindruck zu schildern. 14 Tagen nach Beginn des Vantis-Programms erfolgte eine telefonische Verlaufskontrolle, bei der die Teilnehmer*innen zu den verschiedenen Sektionen der App, dem Sport- und dem Wissensbereich sowie den Statusmeldungen, ihr Feedback geben sollten. Sie wurden zu möglichen Kritikpunkten befragt und ob sie die App weiterempfehlen würden. Nach Beendigung des Programms, also nach 28 Tagen, erfolgte ein abschließendes Telefoninterview. Hier wurde der vor Beginn der Studie durchgeführte Fragebogen reevaluiert und im Hinblick auf mögliche Verbesserungen in den verschiedenen Bereichen über den Zeitraum der App-Nutzung geprüft. Nur Patient*innen, die eine Nutzung des App-Programms an insgesamt 20 oder mehr Tagen bestätigten (primärer Endpunkt), wurden als vollwertig Teilnehmende ge-

wertet und zu den Aspekten des sekundären Endpunkts befragt. Nutzer*innen, auf die dies zutraf, sollten ihren Kenntnisstand bezogen auf die oben genannten kardiovaskulären Risikofaktoren erneut auf der Skala zwischen 1 (sehr gut) und 5 (keine Kenntnisse) einordnen und die Intensität ihres Sportverhaltens angeben (Minuten pro Woche). Die Einhaltung einer herzgesunden Diät wurde auf einer Skala zwischen 1 (immer) und 5 (nie) angegeben. Ein Zuwachs an Wissen, ein Anstieg der körperlichen Aktivität sowie eine verbesserte Einhaltung einer gesunden Ernährung wurde demnach als eine Steigerung um einen oder mehr Punkte im Vergleich zum Interview vor Beginn der Studie gewertet.

Vor Beginn der Studie wurden die Patient*innen gebeten, eine schriftliche Einverständniserklärung abzugeben. Das Ethik-Komitee der medizinischen Fakultät der Universität Bonn hat ihre Zustimmung zu dieser Studie erteilt (Nr.: 234/19) (Eckardt et al., 2021).

Statistische Analyse

In der statistischen Analyse unserer Studie (Eckardt et al., 2021) werden die Daten als Median und Interquartilsbereich oder Mittelwert \pm SD angegeben. Kategorische Variablen werden als Prozentsätze angegeben und es wurde der exakte Test von Fisher eingesetzt. Bei kontinuierlichen Variablen kam der Student t-Test für den Vergleich zweier Gruppen zur Anwendung. Alle Tests waren zweiseitig. Ein p-Wert von $<0,05$ wurde als statistisch signifikant angesehen. Statistische Analysen wurden mit GraphPad Prism Version 8.0.0 für Windows, GraphPad Software, San Diego, Kalifornien, USA, www.graphpad.com durchgeführt (Eckardt et al., 2021).

1.3 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Vantis-Studie vorgestellt (Eckardt et al., 2021). Von 66 Patient*innen, die die Studienkriterien erfüllten, nahmen 43 Personen an der Vantis-Studie teil. Die metrischen Daten der 43 Teilnehmer*innen verteilten sich wie folgt. Es partizipierten 33 Männer und 10 Frauen. Im Durchschnitt lag das Alter der Teilnehmer*innen bei 60,5 Jahren, ihr BMI bei 30 kg/m^2 . Es wurden folgende Risikofaktoren einer KHK bei den Nutzer*innen identifiziert. 32 (74 %) litten unter einer Hypertonie, 26 (61 %) wiesen eine Hyperlipidämie auf und 18 (42 %) konnten von einer positiven Fami-

lienanamnese berichten. 12 (28 %) Personen waren an einem ein Diabetes mellitus erkrankt. Insgesamt hatten 27 (63 %) eine Vorgeschichte mit Tabakkonsum, davon hatten 19 (44 %) zu Studienbeginn bereits mit dem Rauchen aufgehört, 8 (19 %) waren aktive Raucher*innen. An relevanten Begleiterkrankungen muss allen voran die KHK genannt werden, die bei 41 (95 %) der Teilnehmer*innen vorlag. Von allen Partizipant*innen hatten insgesamt 33 (77 %) bereits einen Myokardinfarkt erlitten. Bei 14 (33 %) Personen lag dieser Vorfall bei Beginn der Studie schon über sechs Monate zurück, bei 19 (44 %) war dieses Ereignis innerhalb der letzten sechs Monate aufgetreten. In der Anamnese einer Person war ein Schlaganfall vorbekannt. Zwischen denjenigen, die eine ausreichende 28-Tage Adhärenz zeigten und jenen, die nicht ausreichend oft die App nutzten, lag kein signifikanter demographischer Unterschied vor.

Der primäre Endpunkt (App-Nutzung an mind. 20 von 28 Tagen) wurde von 17 (40 %) der anfänglich 43 in die Studie eingeschlossenen Teilnehmer*innen erreicht. Zwischen Patient*innen, die ambulant oder stationär rekrutiert wurden, konnte hinsichtlich der App-Adhärenz kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (50 % vs. 33 %, 95 % CI, $p=0,343$) (Eckardt et al., 2021). Teilnehmer*innen der Studie, die die geforderte Anzahl an Nutzungstagen der App nicht erreichten, wurden in einer offenen Fragestellung zu den Gründen befragt. Der häufigste Grund für einen vorzeitigen Abbruch des Programms war mit 15 Personen der Verlust des Interesses an einer Nutzung der App. Drei Patient*innen berichteten, dass Gesundheitsprobleme einer Teilnahme am Programm im Wege standen, drei weitere wurden im Zeitraum der 28 Tage hospitalisiert oder waren durch die Teilnahme an einem Reha-Programm an einer ausreichenden Nutzung gehindert. Drei Personen gaben an, technische Probleme gehabt zu haben. Zwei waren verweist.

In den sekundären Endpunkt flossen mehrere Faktoren ein. Zum einen wurde der Erfolg der Patient*innen hinsichtlich einer Änderung ihres Lebensstils durch Nutzung der App in den Bereichen Ernährung und Sportverhalten beurteilt. Außerdem wurde untersucht, ob die Nutzer*innen durch das Vantis-Programm ihr Wissen zur KHK und ihren Risikofaktoren im Vergleich zu vor der Studie ausbauen konnten. Zusätzlich stellte sich die Frage, ob sie durch die Teilnahme an dieser Studie eine Steigerung ihrer Lebensqualität erlebt haben. Folgende Verhaltensänderungen wurden von den 17 Teilnehmer*innen,

die eine ausreichende App-Adhärenz zeigten, umgesetzt. Das in den Videos vermittelte Wissen zum Thema Essen verhalf 10 (59 %) der regelmäßigen Nutzer*innen zu einer Umstellung ihres Speiseplans hin zu einer herzgesünderen Ernährung. Für 14 (82%) Personen bedeutete die regelmäßige Nutzung der App nach eigenen Angaben eine Steigerung ihrer sportlichen Aktivität im Vergleich zu vor der Studie. Gemessen an ihrem Wissen zur KHK vor der Studie, berichteten die Teilnehmer*innen von folgenden Steigerungen ihrer Kenntnisse. Für die Mehrheit der Nutzer*innen (71 %) haben die Informationen, die in den Wissensvideos vermittelt wurden, zu einem fundierteren Verständnis der Wichtigkeit von Sport für eine erfolgreiche Sekundärprävention geführt. Selbiges berichteten 10 (59 %) Personen bezogen auf ihr Wissen zum Thema einer herzgesunden Ernährung. Im Bereich des Einflusses der App auf ihre Lebensqualität, gaben 15 (88 %) der Patient*innen an, dass sie das Gefühl hatten, durch die Nutzung der App besser in der Lage zu sein, ihre Erkrankung positiv zu beeinflussen. Die Fragen nach einer verminderten Einschränkung bei körperlichen Aktivitäten im Alltag durch Nutzung der App sowie die Frage nach einer Steigerung ihres Energielevels im Nutzungszeitraum beantworteten jeweils 9 Personen (53 %) mit ja. Um herauszufinden, wie groß die Nachfrage der Patient*innen nach einer Nutzung der App über einen größeren Zeitraum wäre, fragten wir nach Abschluss des Programms, ob ein Interesse an einer längeren Anwendung der App bestünde, was 15 Personen (88 %) bejahten. Dabei gab es keinen Unterschied zwischen ambulanten oder stationären Patient*innen.

1.4 Diskussion

Als weltweit führende Todesursache (WHO, 2021), hat die KHK in der medizinischen Versorgung einen besonderen Stellenwert. Neben relevanten Aspekten der Diagnostik und Therapie, steht vor allem auch die (Sekundär-) Prävention der Erkrankung im Fokus. Während die Compliance der betroffenen Patient*innen hinsichtlich der Einnahme ihrer Medikation, insbesondere der Thrombozytenaggregationshemmer, nachgewiesenermaßen hoch ist (Chow et al., 2010; Kotseva et al., 2019; Urbinati et al., 2015), bleiben die nötigen Anpassungen des Lebensstils in den Bereichen Ernährung sowie körperlicher Aktivität bei über 70 % der Betroffenen hinter den Empfehlungen der Leitlinie

zurück (Chow et al., 2010). Und das, obwohl viele der Faktoren für eine erfolgreiche Sekundärprävention der Erkrankung sowohl bekannt als auch aktiv beeinflussbar sind und eine Reduktion derselben die Auftretenswahrscheinlichkeit kardiovaskulärer Ereignisse signifikant senkt (Chow et al., 2010; Doughty et al., 2017; Yusuf et al., 2004). Woran kann diese mangelnde Compliance zur Einhaltung wichtiger Aspekte der Sekundärprävention also liegen? Zum einen ist für eine erfolgreiche Lebensstiländerung ein ausreichendes Basiswissen der wichtigsten Faktoren einer kardialen Gesundheit nötig. Diese Grundkenntnisse sind aber insbesondere bezogen auf die Aspekte einer herzgesunden Ernährung und ausreichenden Bewegung in der Bevölkerung nur begrenzt vorhanden (Wartak et al., 2011). Eine unzureichende Aufklärung betroffener Patient*innen im zeitlich limitierten klinischen Alltag könnte also zur Folge haben, dass sich Betroffene der enormen Relevanz von Verhaltensänderungen nicht bewusst sind. Zum anderen konnten Studien belegen, dass die Teilnahme an kardiovaskulären Rehabilitationsprogrammen die Einhaltung von Lebensstiländerungen fördert, die Lebensqualität verbessert und die kardiovaskuläre Mortalität senkt (Anderson et al., 2016; Urbinati et al., 2015). Doch nur etwa ein Drittel der Betroffenen nehmen an einer solchen Rehabilitation teil (Peters und Keeley, 2017). Ein wesentlicher Faktor für die Teilnahme ist nachgewiesenermaßen die Infrastruktur und Erreichbarkeit eines solchen Zentrums (Bjarnason-Wehrens et al., 2010; Bruhal et al., 2010; Peters und Keeley, 2017). Zusätzlich spielt die Problematik der Integration wichtiger Maßnahmen ins alltägliche Leben möglicherweise eine Rolle für die unzureichende Compliance.

Diese Erkenntnisse machen deutlich, dass der Ansatz, der betroffenen Patient*innen zu einer Änderung ihrer Lebensgewohnheiten und somit zu einer erfolgreichen Sekundärprävention verhelfen soll, einer Überarbeitung und Innovation bedarf. Die oben genannten möglichen Faktoren einer unzureichenden Compliance aufgreifend, sollte ein solches Konzept Patient*innen die Integration wichtiger Maßnahmen in den Alltag so einfach und unkompliziert wie möglich machen und dabei dennoch die wesentlichen Faktoren, die eine kardiale Rehabilitation so erfolgreich machen, aufgreifen. Durch die große Verbreitung von Smartphones zunehmend auch in der älteren Bevölkerung (Anderson und Perrin, 2017), die in den folgenden Jahren erwartbar noch weiter steigen wird, eröffnen sich neue Möglichkeiten für eine Unterstützung von Betroffenen in Form

von Gesundheits-Apps. Diese Entwicklung spiegelt sich auch in den Zahlen unserer Studie wider. Von den 66 als geeignet eingestuften Kandidat*innen besaßen 55 (83 %) ein Smartphone. Somit war der größte Teil der Patient*innen ausreichend gut für diese Form der Sekundärprävention ausgestattet. Vieles spricht für die Nutzung telemedizinischer Applikationen. Sie ermöglichen es, die Patientenbetreuung in die jeweilige häusliche Umgebung zu verlegen. Nicht nur wird durch die zeitlich unbegrenzte und räumlich variable Verfügbarkeit eine unvergleichliche Flexibilität geboten, sondern es gibt zusätzlich auch bereits aktuelle Studien, die den möglichen Nutzen einer solchen App-basierten Anwendung auf dem Smartphone zur Unterstützung der Patient*innen hinsichtlich ihres Selbstmanagements ihrer Erkrankung belegen. Ein Beispiel für ein solches Programm ist die Kaia-App, die für Personen mit unspezifischem Kreuzschmerz entwickelt wurde. Teilnehmende nutzten die App für 12 Wochen und erhielten darüber Zugang zu Sportübungen, Informationen zum Krankheitsbild und Achtsamkeitstechniken (Toelle et al., 2019). Im Vergleich zur Kontrollgruppe, die im selben Zeitraum Physiotherapie und spezifische Online-Weiterbildung erhielt, wurde bei Nutzer*innen der Kaia-App nach Abschluss des Programms ein signifikant geringeres Schmerzniveau festgestellt (Toelle et al., 2019). Eine ähnliche App untersuchte die Effekte eines Smartphone-basierten Programms bezogen auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität von COPD-Patient*innen (Rassouli et al., 2018). Diese Kaia-COPD App konnten bei Nutzer*innen der 20-tägigen Anwendung kurzfristig eine Verbesserung ihrer gesundheitsbezogenen Lebensqualität zeigen (Rassouli et al., 2018). Auch eine Betreuung von Patient*innen mit einem Diabetes Mellitus konnte positive Ergebnisse in der webbasierten Fernbetreuung der Betroffenen belegen (Hallberg et al., 2018). Alle genannten Beispiele, die die Effekte von Smartphone-basierten Apps zur Betreuung von Patient*innen mit jeweils unterschiedlichen Erkrankungen untersuchten, konnten positive Ergebnisse dieser Behandlungsmethode nachweisen. Es liegt nahe, dass dieser Effekt auch bei anderen Erkrankungen reproduzierbar sein könnte und unter anderem auch an KHK erkrankte Patient*innen möglicherweise von einem solchen Ansatz profitieren würden. Doch bislang gibt es keine Studie, die eine solche mögliche Wirkung von Smartphone Apps zur Sekundärprävention bei KHK-Patient*innen untersucht. Mit Vantis sollte also ein erster Vorstoß in diese Richtung gewagt werden. Erfolgversprechend war dabei, dass der Aufbau der Vantis-App vergleichbar zum Aufbau der bereits erfolgreich getesteten Kaia-App

war. Beide enthielten tägliche videobasierte Sportübungen, Informationen zur Patientenaufklärung über ihre Erkrankung und entsprechende Bewältigungsstrategien. Im Rahmen dieser Studie wollten wir untersuchen, wie groß die Adhärenz von Betroffenen bei einem solchen Programm wäre und ob durch eine Teilnahme Änderungen des Lebensstils von Patient*innen unterstützt sowie ihre gesundheitsbezogene Lebensqualität verbessert werden könnte.

In unserer Studie war der primäre Endpunkt die App-Adhärenz innerhalb von 28 Tagen. Die Nutzer*innen mussten die App an 20 von 28 Tagen verwendet haben, um den primären Endpunkt zu erreichen (Eckardt et al., 2021). Von insgesamt 66 möglichen (Einschlusskriterien erfüllenden) Patient*innen, entschieden sich 43 (65 %) für eine Nutzung der App und eine Teilnahme an der Studie. Davon absolvierten 17 (40 %) das Vantis Programm mit ausreichender Regelmäßigkeit und erreichten somit den primären Endpunkt.

Der sekundäre Endpunkt war festgelegt als Wissenszuwachs zur KHK und ihren Risikofaktoren, als aktive Änderung der Lebensgestaltung in den Bereichen Ernährung und Sport sowie als Einfluss der App-Nutzung auf die Lebensqualität. Nach Nutzung des 28-tägigen Vantis-Programms zeigten sich bei der Mehrheit der regelmäßigen Teilnehmer*innen eine Verbesserung in allen genannten Bereichen. Die Patient*innen veränderten ihre Lebensgewohnheiten hin zu einer herzgesünderen Ernährung und einem verbesserten Fitnesslevel. Das Wissen zur KHK, ihren Risikofaktoren und den persönlichen Möglichkeiten, diese zu beeinflussen, verbesserte sich im Vergleich zu vor Nutzung der App. Eine Ausnahme gab es dabei im Hinblick auf den Risikofaktor Tabakkonsum. Hier konnte nur ein sehr geringer Wissenszuwachs von 6 % verzeichnet werden. Eine Erklärung hierfür könnte die Wirkung der gesellschaftlich weit verbreiteten Kampagnen zur Aufklärung über die Risiken von Tabakkonsum sein. Sicherlich spielt aber auch die mit zwei Personen sehr geringe Anzahl an Raucher*innen in unserer Studie eine Rolle. Im Hinblick auf die anderen kardiovaskulären Risikofaktoren konnte jedoch ein deutlicher Wissenszuwachs vermerkt werden (Eckardt et al., 2021). Zusätzlich berichtete die Mehrheit sogar von einer Verbesserung ihrer Lebensqualität. Die Geschlechterverteilung unserer Studienpopulation entspricht derjenigen der gesellschaftlichen (demographischen) Verteilung von KHK-Patient*innen (WHO, 2021). Teilnehmer*innen

unserer Studie wurden sowohl im ambulanten als auch im stationären Bereich aufgenommen. Da sich weder im primären noch im sekundären Endpunkt signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen zeigten, hat sich die App folglich sowohl für Nutzer*innen mit stabiler KHK als auch für akut behandelte postinterventionelle Patient*innen als sinnvoll erwiesen (Eckardt et al., 2021).

In Anbetracht aller genannten Ergebnisse konnte also gezeigt werden, dass ein prinzipielles Interesse an Smartphone-basierten Angeboten zur Unterstützung der Sekundärprävention besteht und dass Patient*innen, die an dem Programm teilnahmen, davon profitierten und in einer Änderung ihres Lebensstils unterstützt wurden. Eine solche App könnte also ein wichtiges Werkzeug für eine Neugestaltung der Patientenbetreuung darstellen.

Dennoch haben auch 26 der ursprünglich 43 Teilnehmenden keine ausreichende Nutzung der App gezeigt. Der Verlust des Interesses, der bei der weitaus größten Gruppe (15 Personen) vorlag, könnte an einer unzureichenden Personalisierung der App gelegen haben. Während die Sportübungen von einigen Teilnehmer*innen als sehr leicht empfunden wurden, gab es andere Patient*innen, die von großen Schwierigkeiten bei der Nachahmung jener Videos berichteten. Ähnliches zeigt sich auch im Bereich der Wissensvermittlung. Hier wiesen einige Patient*innen bereits vor Nutzung der App einen soliden Wissensstand bezogen auf die KHK auf, während andere bislang kaum Aufklärung über ihre Erkrankung erhalten hatten. Eine Testung und Einstufung einerseits des individuellen Fitnessniveaus und andererseits des jeweiligen Wissensstands zu Beginn der Studie und eine daraufhin ausreichend personalisierte App mit verschiedenen Schwierigkeitsstufen könnte dabei helfen, mehr Betroffene längerfristig für ein solches Programm zu interessieren und die Adhärenz zu steigern. Zudem könnte ein Sportarmband, das bei der gezielteren Erfassung von Vitalparametern und Bewegungsdaten hilft, ein genaueres Tracking und persönliches Tagesprofil ermöglichen. Durch die Möglichkeit der detaillierten Nachverfolgung eigener Fortschritte könnte so die Motivation von Patient*innen gesteigert werden. Auch eine Verbesserung des technischen Aufbaus der App könnte die Rate regelmäßiger Nutzer*innen steigern, da auch drei Personen angaben, wegen technischer Probleme aus der Studie ausgeschieden zu sein. Eine weitere Maßnahme, die dabei helfen könnte Patient*innen zu einer größeren App-Adhärenz zu

verhelfen und ihren Ehrgeiz für das Erreichen von persönlichen Gesundheitszielen zu wecken, ist das Einbauen von Spielelementen in die App. Im Bereich kommerzieller Videospiele gibt es verschiedene Strategien zur Steigerung ihrer Nutzungshäufigkeit durch die Spieler*innen, die nun auch vermehrt für gesundheitsrelevante telemedizinische Programme getestet werden (Primack et al., 2012; Read und Shortell, 2011). Ein Überbegriff für den Gebrauch von Spieldesigns in einem nicht-spielbezogenen Kontext ist Gamification (Dithmer et al., 2016). Es konnte gezeigt werden, dass Nutzer*innen durch solche Strategien motiviert werden können, Verhaltensänderungen durchzuführen (Dithmer et al., 2016). Beispiele dieser Spielelemente sind unter anderem Feedbacksysteme, das Sammeln von Punkten bzw. Erreichen verschiedener Levels, Zusammenarbeit in einem Team oder die Teilnahme an einem internen Wettbewerb (Read und Shortell, 2011). In einer Zusammenschau mehrerer Studien zu Spieldesigns von Videospielelementen, die zur Vermittlung medizinischer Aspekte genutzt wurden, konnten positive Effekte bezogen auf deren Einfluss auf körperliche Aktivität, gesundheitsbezogene Bildung sowie Selbstmanagement der jeweiligen Erkrankung ermittelt werden (Primack et al., 2012). Eine Pilotstudie von Dithmer et al. (2016), die die Anwendung solcher Spielstrategien bei Herzpatient*innen untersuchte, befand diese als sinnvolle und hilfreiche Maßnahme zur Motivation, ebenso wie die Einbeziehung von Angehörigen in solche Konzepte. In einem kleineren Umfang sind erste Spielelemente bereits in Form der mit den grünen Haken versehenen kalendarischen Monatsübersicht zur persönlichen Erfolgskontrolle für jeden absolvierten Tag in der jetzigen Version der Vantis App vorhanden. Diese Funktion kann aber noch deutlich ausgebaut werden, beispielsweise durch die Möglichkeit, sich eigene Ziele zu setzen, Herausforderungen zu meistern und Erfolge sowie persönliche Fortschritte durch genaueres Verfolgen und größere Transparenz eigener Gesundheits- und Bewegungsdaten einsehbar zu machen. In der zukünftigen Version der App sollen einige dieser Aspekte berücksichtigt und integriert werden. So soll der eigene Fortschritt, ein individueller Risikoscore, das persönliche kardiale Alter und dessen Verbesserung als neue Funktionen der App eingebaut werden. Außerdem sollen Nutzer*innen täglich an eine Anwendung des Programms erinnert werden (Eckardt et al., 2021).

Ein wesentlicher Vorteil des Vantis Programms und dieser Studie war die enorme Flexibilität, die es den Nutzer*innen bieten konnte. Um eine realistische Möglichkeit zu bieten, das Programm regelmäßig in den Alltag integrieren zu können, waren die App-Funktionen insgesamt auf einen Zeitraum von circa 10 bis 15 Minuten pro Tag begrenzt. Während herkömmliche Rehabilitationsangebote durch die zeitlich und räumlich sehr festgelegten Rahmenbedingungen oft schwer ins Alltagsleben zu integrieren sind, insbesondere bei großer Distanz und begrenztem Angebot solcher Zentren, konnten die Patient*innen die App ort- und zeitunabhängig nutzen. So wurde es ihnen so leicht wie möglich gemacht, Lebensstiländerungen und Wissenszugewinn in ihre täglichen Strukturen zu integrieren.

In unserer Studie konnten wir nicht herausfinden, wie groß der Zeitraum für eine Anwendung der App sinnvollerweise sein müsste, um erreichte Änderungen des Lebensstils der Patient*innen aufrechtzuerhalten und darüber eine Reduktion ihres kardiovaskulären Risikos langfristig zu realisieren. Es ist außerdem unklar, ob sich bereits erreichte Ziele der Sekundärprävention nach Ende des Programms wieder zurückbilden. Patient*innen, die im Anschluss an einen erlittenen Myokardinfarkt an einem kardialen Rehabilitationsprogramm partizipieren, zeigen schon in einer verhältnismäßig kurzen Zeitspanne eine Reduktion ihrer Morbidität und Mortalität sowie geringere Rehospitalisierungsraten (Anderson et al., 2016). Eine Studie belegt, dass die Einhaltung wichtiger Verhaltensleitlinien der Sekundärprävention nach einem Myokardinfarkt, genauer eine herzgesunde Ernährung und eine regelmäßige körperliche Aktivität, verglichen mit einer Kontrollgruppe schon in einem Zeitraum von sechs Monaten zu einer Reduktion des Risikos für ein Sekundärereignis führt (Chow et al., 2010). Diese Ergebnisse legen nahe, dass ein sinnvoller Zeitraum für die Nutzung eines solchen Smartphone-basierten Programms zwischen sechs und zwölf Monaten liegen könnte. Die genannten Studien stützen die Hypothese, dass sich kardiovaskuläre Risikofaktoren und das kardiale Outcome schon in dieser Zeitspanne verbessern und Hospitalisierungsraten reduziert werden können. Ob dieser Zeitraum tatsächlich ausreicht, Änderungen des Lebensstils langfristig in den Alltag der Patient*innen zu integrieren und ihr kardiales Risiko dauerhaft zu reduzieren, sollte in einer Folgestudie verifiziert werden. Dabei sollte zudem die Studienpopulation vergrößert und der Nachbeobachtungszeitraum verlängert werden.

Außerdem sollte die App verstärkt an die individuellen Fähigkeiten der Patient*innen angepasst werden und vermehrt Spielelemente enthalten (Eckardt et al., 2021).

An methodischen Limitationen dieser Studie sind die kleine Versuchsgruppe und der kurze Zeitraum, in dem diese Gruppe begleitet wurde, zu nennen. Um nachhaltigere Aussagen über langfristige Ergebnisse treffen zu können, sollte die Teilnehmerzahl in einer nachfolgenden Studie deutlich vergrößert und die Nutzung der App über einen längeren Zeitraum nachbeobachtet werden. Zusätzlich ist die in dieser Studie fehlende Kontrollgruppe zu nennen, die zukünftig etabliert werden sollte. Eine weitere methodische Limitation der Studie lag darin, dass die Ergebnisse auf den eigenen Aussagen der Patient*innen beruhten. Um validere Aussagen treffen zu können, sollten zusätzlich objektiv messbare Daten erhoben werden. Technische Einschränkungen bestehen vor allem darin, dass die App, die mit geringen finanziellen Mitteln entwickelt wurde, zunächst einfach und funktionell strukturiert war und keine Personalisierung aufwies (Eckardt et al., 2021).

1.5 Zusammenfassung

Mit unserer Studie haben wir den Einfluss eines Smartphone-basierten App-Programms auf die Sekundärprävention von KHK-Patient*innen untersucht. Als weltweit häufigste Todesursache stellt die KHK eine große individuelle wie auch gesellschaftliche Belastung dar, der es zu begegnen gilt. Bei bereits bestehender Erkrankung ist das Befolgen von Maßnahmen zur Sekundärprävention entscheidend für den weiteren Verlauf. Ein wesentlicher Bestandteil dieser Maßnahmen sind Änderungen des Lebensstils. Dennoch hält sich weniger als die Hälfte der Betroffenen an die entsprechenden Empfehlungen der Leitlinie. Um dieser mangelnden Compliance entgegenzuwirken und Patient*innen bei der notwendigen Anpassung ihrer Lebensweise zu helfen, haben wir in dieser Studie ein innovativeres Konzept zur Unterstützung der Sekundärprävention in Form einer Smartphone-App getestet. Die Vantis App wurde auf Basis eines Fragebogens im Rahmen einer Vorstudie nach den Wünschen und Bedürfnissen Betroffener entwickelt. Dieses Smartphone-basierte App-Programm, das täglich 10 bis 15 Minuten

genutzt werden sollte, bot die Möglichkeit, sich auf täglicher Basis genauer über die Erkrankung zu informieren. Dabei wurde neben grundsätzlichen Erkenntnissen zum Krankheitsbild auch auf wichtige Anpassungen der Ernährung für einen herzgesünderen Lebenswandel hingewiesen. Zusätzlich sollten die Nutzer*innen täglich ein Sportprogramm absolvieren, um ein Mindestmaß an Aktivität in ihr alltägliches Leben zu integrieren. Ergänzend konnten ebenfalls täglich Blutdruck- und Pulswerte eingetragen werden, deren zeitlicher Verlauf in einer Übersicht dargestellt wurde.

Wir rekrutierten Patient*innen für unsere 28-tägige Studie, um herauszufinden, wie viele der Teilnehmer*innen im Zeitraum dieses Programms eine ausreichende App-Adhärenz zeigten (primärer Endpunkt). Der sekundäre Endpunkt setzte sich zusammen aus selbstberichteten Änderungen des Wissensstands zur KHK und ihren Risikofaktoren, der Steigerung der körperlichen Aktivität und Umstellung auf eine herzgesunde Ernährung durch Nutzung der App sowie den Einfluss der App auf die Lebensqualität der Patient*innen. Insgesamt nahmen 43 Patient*innen an der Studie teil. 17 (40 %) der Teilnehmer*innen erreichten den primären Endpunkt durch regelmäßigen Gebrauch der App. Diese kontinuierlichen Nutzer*innen konnten über eine Steigerung ihres krankheitsbezogenen Wissens berichten, insbesondere die Relevanz von körperlicher Aktivität wurde für 70 % deutlich, 59 % steigerten ihr Wissen zur herzgesunden Ernährung. 10 Personen (59 %) stellten ihre Ernährung im Laufe der App-Nutzung um. 14 Personen (82 %) gaben an, sportlich aktiver zu sein als vor Nutzung der App. Sogar eine Steigerung der Lebensqualität konnte in der Mehrzahl der Fälle erreicht werden.

Die regelmäßige Nutzung der Vantis-App scheint die Patient*innen also in der Anpassung ihres Lebensstils an die leitliniengerechten Empfehlungen zur Sekundärprävention der KHK unterstützt zu haben. Um mehr Personen zu einer solchen Nutzung zu verhelfen und ihre tägliche Motivation zu potenzieren, könnte ein Ausbau der App mit einer stärkeren Personalisierung und vermehrtem Einbau von Gaming Strategien hilfreich sein. Außerdem sollten die von uns erhobenen Ergebnisse in einer weiteren Studie validiert werden, die eine größere Zahl an Patient*innen über einen längeren Zeitraum beobachtet und zusätzlich zu den subjektiven Angaben der Teilnehmenden weitere besser objektivierbare Daten erhebt. Zusammenfassend legt diese Studie nahe, dass Smartphone-basierte Programme ein wichtiges Werkzeug sein könnten, um die Sekundärprä-

vention der KHK zu verbessern und so die langfristigen Folgen der Erkrankung zu reduzieren.

1.6 Literaturverzeichnis der deutschen Zusammenfassung

Allaert FA, Legrand L, Abdoul Carime N, Quantin C. Will applications on smartphones allow a generalization of telemedicine? *BMC Med Inform Decis Mak* 2020; 20

Ambrose JA, Barua RS. The pathophysiology of cigarette smoking and cardiovascular disease: An update. *J Am Coll Cardiol* 2004; 43: 1731–1737

Anderson L, Oldridge N, Thompson DR, Zwisler AD, Rees K, Martin N, Taylor RS. Exercise-Based Cardiac Rehabilitation for Coronary Heart Disease: Cochrane Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Coll Cardiol* 2016; 67: 1–12

Anderson M, Perrin A. Tech Adoption Climbs Among Older Americans | Pew Research Center. *Internet and Technology* 2017: 2–17. <https://www.pewresearch.org/internet/2017/05/17/tech-adoption-climbs-among-older-adults/> (accessed August 28, 2022).

Bashshur R, Shannon G, Krupinski E, Grigsby J. The taxonomy of telemedicine. *Telemed J E Health* 2011; 17: 484–494

Bjarnason-Wehrens B, McGee H, Zwisler AD, Piepoli MF, Benzer W, Schmid JP, Dendale P, Pogossova NGV, Zdrenghea, D, Niebauer J, Mendes M. Cardiac rehabilitation in Europe: results from the European Cardiac Rehabilitation Inventory Survey. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2010; 17: 410–418

Brual J, Gravely-Witte S, Suskin N, Stewart DE, Macpherson A, Grace SL. Drive time to cardiac rehabilitation: at what point does it affect utilization? *Int J Health Geogr* 2010; 9

Chow CK, Jolly S, Rao-Melacini P, Fox KAA, Anand SS, Yusuf S. Association of Diet, Exercise, and Smoking Modification With Risk of Early Cardiovascular Events After Acute Coronary Syndromes. *Circulation* 2010; 121: 750–758

Dithmer M, Rasmussen JO, Grönvall E, Spindler H, Hansen J, Nielsen G, Sørensen SB, Dinesen B. “The Heart Game”: Using Gamification as Part of a Telerehabilitation Program for Heart Patients. *Games Health J* 2016; 5: 27–33

Doughty KN, del Pilar NX, Audette A, Katz DL. Lifestyle Medicine and the Management of Cardiovascular Disease. *Curr Cardiol Rep* 2017; 19

Eckardt I, Buschhaus C, Nickenig G, Jansen F. Smartphone-guided secondary prevention for patients with coronary artery disease. *J Rehabil Assist Technol Eng* 2021; 8: 205566832199657

Glazer NL, Lyass A, Esliger DW, Blease SJ, Freedson PS, Massaro JM, Murabito JM, Vasan RS. Sustained and shorter bouts of physical activity are related to cardiovascular health. *Med Sci Sports Exerc* 2013; 45: 109–115

Hallberg SJ, McKenzie AL, Williams PT, Bhanpuri NH, Peters AL, Campbell WW, Hazbun TL, Volk BM, McCarter JP, Phinney SD, Volek JS. Effectiveness and Safety of a Novel Care Model for the Management of Type 2 Diabetes at 1 Year: An Open-Label, Non-Randomized, Controlled Study. *Diabetes Ther* 2018; 9: 583–612

Kotseva K, De Backer G, De Bacquer D, Rydén L, Hoes A, Grobbee D, Maggioni A, Marques-Vidal P, Jennings C, Abreu A, Aguiar C, Badariene J, Bruthans J, Castro Conde A, Cifkova R, Crowley J, Davletov K, Deckers J, De Smedt D, De Sutter J, Dilic M, Dolzhenko M, Dzerve V, Erglis A, Fras Z, Gaita D, Gotcheva N, Heuschmann P, Hasan-Ali H, Jankowski P, Lalic N, Lehto S, Lovic D, Mancas S, Mellbin L, Milicic D, Mirrakhimov E, Oganov R, Pogossova N, Reiner Z, Stöerk S, Tokgözoğlu L, Tsioufis C, Vulic D, Wood D. Lifestyle and impact on cardiovascular risk factor control in coronary patients across 27 countries: Results from the European Society of Cardiology ESC-EORP EUROASPIRE V registry. *Eur J Prev Cardiol* 2019; 26: 824–835

Kotseva K, Wood D, De Bacquer D, De Backer G, Rydén L, Jennings C, Gyberg V, Amouyel P, Bruthans J, Castro Conde A, Cífková R, Deckers JW, De Sutter J, Dilic M, Dolzhenko M, Erglis A, Fras Z, Gaita D, Gotcheva N, Goudevenos J, Heuschmann P, Laucevicius A, Letho S, Lovic D, Miličić D, Moore D, Nicolaidis E, Oganov R, Pajak A, Pogossova N, Reiner Z, Stagno M, Störk S, Tokgözoğlu L, Vulic D. EUROASPIRE IV: A European Society of Cardiology survey on the lifestyle, risk factor and therapeutic management of coronary patients from 24 European countries. *Eur J Prev Cardiol* 2016; 23: 636–648

Lee DC, Pate RR, Lavie CJ, Sui X, Church TS, Blair SN. Leisure-time running reduces all-cause and cardiovascular mortality risk. *J Am Coll Cardiol* 2014; 64: 472–481

Lee IM, Sesso HD, Paffenbarger RS. Physical activity and coronary heart disease risk in men: does the duration of exercise episodes predict risk? *Circulation* 2000; 102: 981–986

Micha R, Peñalvo JL, Cudhea F, Imamura F, Rehm CD, Mozaffarian D. Association Between Dietary Factors and Mortality From Heart Disease, Stroke, and Type 2 Diabetes in the United States. *JAMA* 2017; 317: 912–924

Peters AE, Keeley EC. Trends and Predictors of Participation in Cardiac Rehabilitation Following Acute Myocardial Infarction: Data From the Behavioral Risk Factor Surveillance System. *J Am Heart Assoc* 2017; 7

Primack BA, Carroll M v., McNamara M, Klem M lou, King B, Rich M, Chan CW, Nayak S. Role of video games in improving health-related outcomes: a systematic review. *Am J Prev Med* 2012; 42: 630–638

Rassouli F, Boutellier D, Duss J, Huber S, Brutsche MH. Digitalizing multidisciplinary pulmonary rehabilitation in COPD with a smartphone application: an international observational pilot study. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2018;13: 3831–3836

Read JL, Shortell SM. Interactive games to promote behavior change in prevention and treatment. *JAMA* 2011; 305: 1704–1705

Ros E, Martínez-González MA, Estruch R, Salas-Salvadó J, Fitó M, Martínez JA, Corella D. Mediterranean diet and cardiovascular health: Teachings of the PREDIMED Study. *Adv Nutr* 2014; 5: 330S-336S

Steptoe A, Kivimäki M. Stress and cardiovascular disease. *Nat Rev Cardiol* 2012; 9: 360–370

Toelle TR, Utpadel-Fischler DA, Haas KK, Priebe JA. App-based multidisciplinary back pain treatment versus combined physiotherapy plus online education: a randomized controlled trial. *NPJ Digit Med* 2019; 2

Urbinati S, Olivari Z, Gonzini L, Savonitto S, Farina R, Del Pinto M, Valbusa A, Fantini G, Mazzoni A, Maggioni AP. Secondary prevention after acute myocardial infarction: drug adherence, treatment goals, and predictors of health lifestyle habits. The BLITZ-4 Registry. *Eur J Prev Cardiol* 2015; 22: 1548–1556

Wartak SA, Friderici J, Lotfi A, Verma A, Kleppel R, Naglieri-Prescod D, Rothberg MB. Patients' knowledge of risk and protective factors for cardiovascular disease. *Am J Cardiol* 2011; 107: 1480–1488

WHO, 11.06.21: Cardiovascular diseases (CVDs). [https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)) (Zugriffsdatum: 19.08.2022)

Wood DA, Kotseva K, Connolly S, Jennings C, Mead A, Jones J, Holden A, De Bacquer D, Collier T, De Backer G, Faergeman O. Nurse-coordinated multidisciplinary, family-based cardiovascular disease prevention programme (EUROACTION) for patients with coronary heart disease and asymptomatic individuals at high risk of cardiovascular disease: a paired, cluster-randomised controlled trial. *Lancet* 2008; 371: 1999–2012

Yusuf S, Hawken S, Ôunpuu S, Dans T, Avezum A, Lanas F, McQueen M, Budaj A, Pais P, Varigos J, Lisheng L. Effect of potentially modifiable risk factors associated with myocardial infarction in 52 countries (the INTERHEART study): case-control study. *The Lancet* 2004; 364: 937–952

2. Veröffentlichung



Original Article



Journal of Rehabilitation and Assistive
Technologies Engineering
Volume 8: 1–9
© The Author(s) 2021
Article reuse guidelines:
sagepub.com/journals-permissions
DOI: 10.1177/2055668321996572
journals.sagepub.com/home/jrt



Smartphone-guided secondary prevention for patients with coronary artery disease

Irina Eckardt* , Clara Buschhaus*, Georg Nickenig and Felix Jansen

Abstract

Introduction: Coronary artery disease (CAD) is the leading cause of death worldwide. Lifestyle change is a crucial part of secondary prevention. Only 30% of CAD patients follow the corresponding guideline recommendations. The widespread adoption of smartphones offers the opportunity to integrate secondary prevention into the daily routine of CAD patients.

Methods: We developed an app to integrate secondary prevention into CAD patients' everyday life (smartphone-guided secondary prevention, SGSP). The app provided a daily 15-minute program that included video-guided exercises, video sessions with background information about CAD, and a tool to record blood pressure and heart rate once a day. The SGSP app was tested with the primary outcome of 28-day adherence. The secondary outcome was a composite of (1) self-reported behavioral changes, (2) gain of knowledge about cardiovascular risk factors, and (3) an increase in quality of life.

Results: Of the 66 patients screened, 43 (65%) were included into the study and, of those, 17 (40%) used the app continuously for 28 days. From this group, 14 (82%) were physically more active and ten (59%) improved their dietary habits. Usage of the SGSP app was also associated with a gain of knowledge about cardiovascular risk factors (70% physical activity, 59% healthy diet).

Conclusion: The regular use of a SGSP app appears to support lifestyle changes in patients with CAD.

Keywords

Smartphone app, coronary artery disease, secondary prevention, telehealth, age-related rehabilitation

Date received: 4 December 2020; accepted: 4 January 2021

Introduction

Across the globe, coronary artery disease (CAD) is the number one cause of death.¹ A reduction of cardiovascular risk factors (CVRF) has been shown to significantly lower the occurrence of cardiovascular events in CAD patients.^{2,3}

In addition to the administration of several effective drugs and coronary revascularization, a healthy lifestyle that includes regular physical activity, following a healthy diet, and avoiding tobacco consumption can have a major impact on preventing secondary cardiovascular events.^{2,3}

Previous studies have shown that just 15 minutes of moderate physical activity per day are sufficient to significantly reduce the risk of cardiovascular-related death.^{4–6}

However, the compliance among the patients to change their lifestyle in accordance with these recommendations is low.^{2,7–9} Recent data indicate that only 30% of CAD patients follow the recommendations of the current guidelines.² This means that 70% of acute coronary syndrome patients fail to make the minimal

Heart Center, Department of Internal Medicine II, University Hospital Bonn, Bonn, Germany

*Both authors contributed equally.

Corresponding author:

Felix Jansen, Heart Center, Department of Internal Medicine II, University Hospital Bonn, Venusberg-Campus I, Bonn 53127, Germany.
Email: Felix.jansen@ukbonn.de



Creative Commons Non Commercial CC BY-NC: This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits non-commercial use, reproduction and distribution of the work without further permission provided the original work is attributed as specified on the SAGE and Open Access pages (<https://us.sagepub.com/en-us/nam/open-access-at-sage>).

behavioral adjustments needed to significantly reduce their risk of a heart attack.² Only 59% of CAD patients exercise in a sufficient manner and only 22% take part in cardiac rehabilitation programs.⁷⁻⁹ When CAD patients were asked make lifestyle changes after a cardiovascular event, only 49% stopped smoking, 40% reduced their consumption of saturated fats, and 35% increased their consumption of fruit and vegetables.^{2,8,9}

There are many different causes that may lead to this lack of compliance. First of all, medical doctors often do not have enough time to explain the importance of these lifestyle changes in the hectic environment of their day-to-day clinical practice. Second, patients might find it difficult to implement the required changes into their everyday life. Finding time to fit regular physical activity into a normal day can be a problem for patients. This problem is further aggravated by uncertainty over the safety and correct performance of certain exercises. Furthermore, it has been shown that long distances to cardiac rehabilitation centers discourage patients from going there.⁷

To explore a possible solution for this problem, we tested an app-based approach allowing participants to integrate secondary prevention into their everyday life in patients with CAD. In this study, we show that a smartphone app, which was specifically designed based on the patients' needs, appears to support lifestyle changes for patients with CAD.

Methods

App development

To develop a mobile app-based tutorial, especially for patients with CAD or patients at high cardiovascular risk, we created a questionnaire about the app features that patients find important to implement secondary prevention into their everyday life. Both out-patients and in-patients with CAD were asked to express their interest (yes or no) regarding the following opportunities: (1) educational sessions, covering basic facts about cardiovascular risk factors, (2) video-guided physical exercises, (3) monitoring function for blood pressure and heart rate, (4) a chat-based health coach, and (5) medication tracking. Prior to the development of our app, some of our patients tested the video-guided physical exercises and gave their feedback.

App functions

The digital program (app) was created based on the responses from the patient's questionnaire and is intended to be used daily for 10–15 minutes.

For our study, participants were required to use the app at least five out of seven days per week. Every day, participants were recommended to watch a three- to four-minute-long educational video about cardiovascular risk factors and how participants can actively influence them. These videos included basic facts about cardiovascular disease, information about the importance of medication and fundamental facts about heart-healthy nutrition. The app also presented a daily ten-minute video-based physical exercise program. Here, a professional fitness trainer demonstrated the exercises for participants and further explained what problems to watch out for. After the participants had completed the knowledge-based section and the exercise section, green check marks appeared to indicate that both units had been finished successfully for this day (Figure 1). The program content was not personalized. Furthermore, the participants were required to measure their blood pressure and heart rate with their own devices and to document them once a day in the app (Figure 1).

To give the participants an overview of what they had achieved so far, the app contained a status section. In a monthly calendar view, participants could monitor how many green check marks they had collected for the physical activity and knowledge units. Based on the daily values entered for blood pressure, a blood pressure curve was shown as an overview in the status section (Figure 1). Another important feature of the app was the option to contact a health coach to solve technical issues for the participants if needed. The smartphone app was jointly developed by the Heart Center Bonn and Vantis GmbH.

Trial population

Patients with known CAD or at least three cardiovascular risk factors were enrolled between November 1 and December 13, 2019. The inclusion criteria were as follows: (1) age between 18 and 75 years, (2) presence of acute or chronic coronary syndrome or at least three cardiovascular risk factors, (3) access to a smartphone and the ability to use it, (4) being physically active (Frailty Score ≤ 3), and (6) sufficient language proficiency. Participants with dyspnea (New York Heart Association classification, NYHA >III) or a malignant primary disease were excluded. The mobile operating system of their smartphone was not relevant. The app software was available on the Apple App Store (iOS) and the Google Play Store (Android).

Out of the 66 participants who were assessed for eligibility, a total of 43 (65%) were enrolled in the study (Figure 2). From those participants, 27 (63%) had been hospitalized and 16 (37%) were enrolled from the out-patient clinic. From the 23 participants

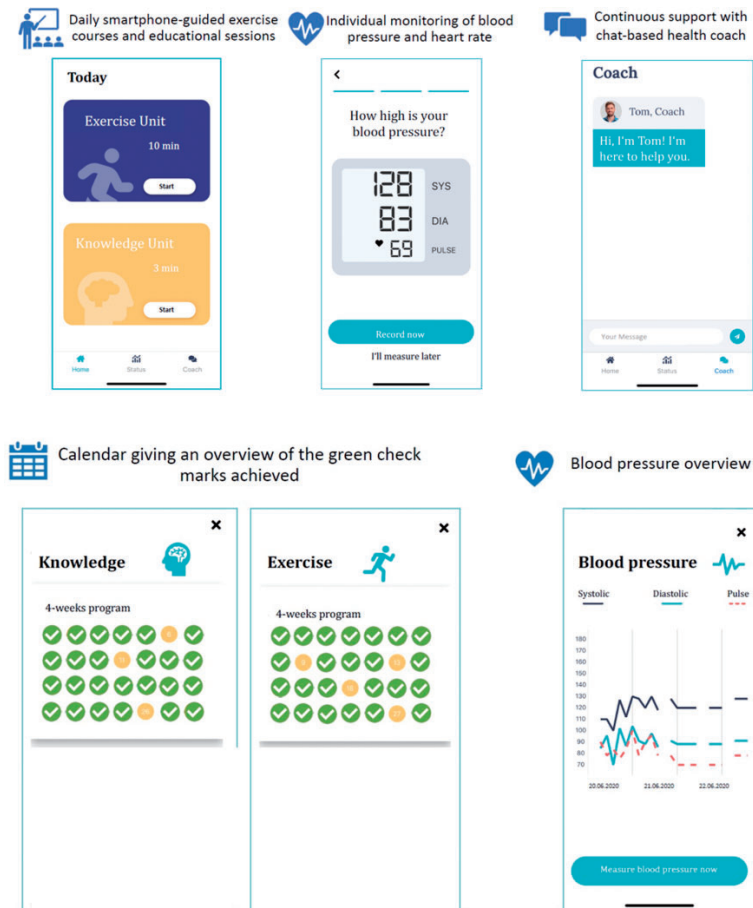


Figure 1. Overview of the different app functions.

that were not enrolled in the study, 11 were excluded because they did not own a smartphone and 12 declined to participate, mainly because they were aware of or following the guidelines already (Figure 2).

Follow-up and outcomes

Included participants were followed up with 28 days after the start of the app usage. The primary outcome was 28-day app adherence (i.e. usage of the app for at least 20 days within the 28-day study). The secondary outcome was a composite of (i) behavioral changes (increased physical activity and implementation of a healthier diet), (ii) a gain of knowledge about cardiovascular risk factors, such as lack of physical activity,

unhealthy diet, stress, and smoking, and (iii) a change in the patient's quality of life.

Prior to the start of the trial, candidates were asked to assess their knowledge of the above-mentioned cardiovascular risk factors on a scale from 1 (very good knowledge) to 5 (no knowledge at all). Additionally, they estimated their level of physical activity in minutes per week and rated their implementation of a healthy diet on a scale from 1 (always) to 5 (never).

At the end of the study, the adherence and the secondary outcomes were assessed through a telephone interview. The participants were asked whether they had used the app regularly (five out of seven days per week). Only participants that reported regular usage were asked for a second time to rate their knowledge of cardiovascular risk factors, their level of physical

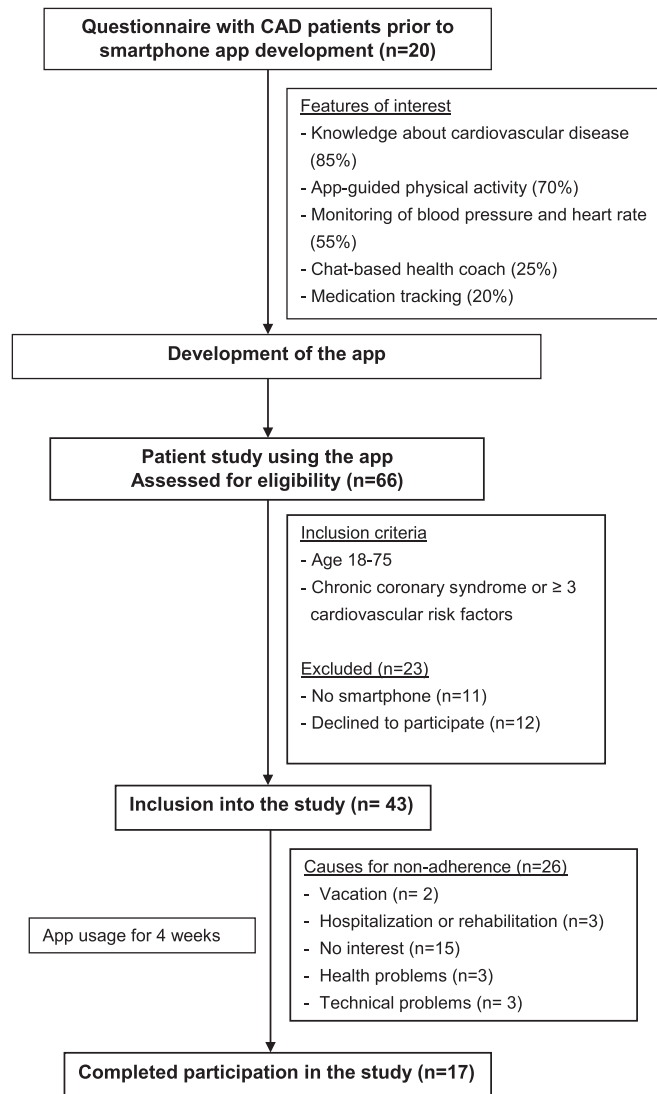


Figure 2. Flow chart of the study, from the patients' questionnaire prior to development of the app to the screening, inclusion, and follow-up of the participants.

activity, and their implementation of a healthy diet. Then, the pre-study to the post-study results of the adherent patients were compared. An increase of one point or more was defined as an "increase in physical activity", "implementation of a healthy diet", or "relevant gain of knowledge". To measure the quality

of life, we have chosen two questions from the 12-Item Short-Form Health Survey (Did you have more energy while using the app? Did you experience less limitation in physical activity while using the app?) and added another question that we found important (Did you experience an improved feeling of being able to

positively influence the disease by using the app?). These questions were yes/no questions. Moreover, the reasons for non-adherence were obtained by open questions (Figure 2). Written informed consent was obtained from all participants.

Ethics approval for the study was granted by the ethics committee of the Medical Faculty of the University of Bonn (Nr: 234/19).

Statistical analyses

Data are presented as the mean \pm SD or as the median and the interquartile range. Categorical variables are given as percentages. For continuous variables, a Student t-test was used for comparison between two groups. For categorical variables, Fisher's exact test was used. All tests were two-sided and a p value <0.05 was considered statistically significant. Statistical analyses were conducted by using GraphPad Prism version 8.0.0 for Windows, GraphPad Software, San Diego, California USA, www.graphpad.com.

Results

App development for secondary prevention based on a patient questionnaire

We questioned 20 outpatients and hospitalized patients at the Heart Center Bonn about the features that they were interested in for an app to help prevent heart disease. Each of the included patients suffered from CAD.

Among them, 13 (65%) were male and seven (35%) were female. The mean age of the group was 62 years and the mean BMI 30 kg/m^2 . Five patients (25%) were current smokers. In total 17 patients (85%) rated their implementation of a healthy diet as good or very good. The education level of the participants was not obtained.

Overall, 17 patients (85%) were interested in using educational video sessions, 14 (70%) in video-guided physical activity, and 11 (55%) in monitoring. Five (25%) were interested in a chat-based health coach and ten (50%) in medication tracking.

Based on the obtained information, an app was developed to contain daily educational and physical activity sessions, blood pressure and heart-rate monitoring, and optional access to a health coach.

Participants characteristics

The baseline characteristics of the 43 participants enrolled in the app usage part of the study are demonstrated in Table 1. The mean age was 60.5 years. From all participants, 33 (77%) were men, 32 (74%) had hypertension, 26 (61%) had hyperlipidemia, and only 12 (28) had diabetes. Eight participants (19%) were current smokers and 19 (44%) were former smokers. With regard to concomitant diseases, CAD was present in 41 (95%) of the participants, 19 (44%) of the participants had a history of myocardial infarction <6 months prior to the study, and 14 (33%) had a history of myocardial infarction >6 months. One participant had a history of stroke (Table 1). There were no

Table 1. Baseline characteristics.

Characteristics	Overall (n = 43)	28-day adherence (n = 17)	Non-adherence (n = 26)
Age, years			
Mean \pm SD	60.5 \pm 9.1	62.4 \pm 8.8	59.3 \pm 9.2
Male sex, no. (%)	33 (76.7)	14 (82.4)	19 (73.1)
BMI			
Mean (kg/m^2) \pm SD	30 \pm 6.4	29 \pm 6.1	32 \pm 6.4
Hospitalized patients, no. (%)	27 (62.8)	9 (52.9)	18 (69.2)
CVRF			
Diabetes mellitus, no. (%)	12 (27.9)	2 (11.8)	10 (38.5)
Arterial hypertension, no. (%)	32 (74.1)	12 (70.6)	20 (76.9)
Hyperlipidemia, no. (%)	26 (60.5)	7 (41.2)	19 (73.1)
Positive family history, no. (%)	18 (41.9)	6 (35.3)	12 (46.2)
Former smoker, no. (%)	19 (44.2)	10 (58.8)	9 (34.6)
Current smoker, no. (%)	8 (18.6)	2 (11.8)	6 (23.1)
Cardiovascular diseases			
Coronary heart disease, no. (%)	41 (95.3)	16 (94.1)	25 (96.2)
History of myocardial infarction <6 months, no. (%)	19 (44.2)	5 (29.4)	14 (53.8)
History of myocardial infarction >6 months, no. (%)	14 (32.6)	4 (23.5)	10 (38.5)
History of stroke, no. (%)	1 (2)	0	1 (3.8)

BMI: body mass index; CVRF: cardiovascular risk factor.

significant demographic differences between the adherent and non-adherent groups.

Outcomes

Primary endpoint: app usage for 28 days. Out of the 43 participants enrolled in the study, 17 (40%) met the criterion for 28-day adherence by using the app for at least 20 days. The primary cause of non-adherence was a loss of interest (15 patients). Three patients stopped using the app because of health problems, three others because of technical problems, two of the patients were on vacation, and three were hospitalized or were undergoing rehabilitation and could no longer participate (Figure 1).

There was no significant difference between the outpatients and hospitalized patients (50% vs 33%, 95% CI, $p=0.343$) regarding adherence to the app (Table 2).

Secondary endpoints: physical activity, lifestyle, and quality of life. Next, we explored whether regular use of the app changed the physical activity, lifestyle, knowledge about cardiovascular disease, and quality of life of the participants. Out of the 17 participants, who used the app regularly, 14 (82%) stated that they were physically more active than before using our program. Ten participants (59%) reported that they followed the nutritional recommendations and changed their dietary habits based on the knowledge provided in the videos

(Table 2). Compared to the beginning of the study, 12 participants (71%) stated that their knowledge significantly increased regarding the importance of physical activity to reduce the risk of cardiac events. Ten participants (59%) indicated that their knowledge improved concerning the dietary aspects of heart disease (Table 2).

In addition, participants with 28-day adherence reported a better quality of life while using the app. Nine participants (53%) had more energy and nine (53%) felt less limited in physical activity during and after usage of the app. 15 participants (88%) reported a positive feeling about the opportunity to actively influence the progression of the disease (Table 2).

Finally, we aimed to determine whether participants who completed the 28-day program would be willing to use the program for a longer period of time. Of the participants who successfully finished the 28-day program, 15 (88%) showed a high interest in using the app for a longer period of time (Table 2). This was consistent amongst outpatients and hospitalized participants (Table 2).

Discussion

Coronary artery disease is the leading cause of death worldwide.¹ Previous studies have proven the importance of lifestyle changes as part of secondary

Table 2. Primary and secondary endpoints.

Results	Overall (n = 17)	Outpatients (n = 8)	Hospitalized patients (n = 9)	P-value
Adherence (28 days)	17 (39.5)	8 (50.0)	9 (33.3)	0.3427
Behavioral change				
Significantly increased physical activity, no. (%)	14 (82.4)	5 (62.5)	9 (100.0)	0.0824
Implemented a healthier diet, no. (%)	10 (58.8)	4 (50.0)	6 (66.7)	0.6371
Relevant gain of knowledge about CVRF				
Physical activity, no. (%)	12 (70.6)	4 (50.0)	8 (88.9)	0.1312
Unhealthy diet, no. (%)	10 (58.8)	5 (62.5)	5 (55.6)	1.0000
Smoking, no. (%)	1 (5.9)	1 (12.5)	0	0.4706
Stress, no. (%)	7 (41.2)	3 (37.5)	4 (44.4)	0.1313
Potential for long-term use				
Willingness to use the App over a longer time period (>28 days), no. (%)	15 (88.2)	7 (87.5)	8 (88.9)	1.0000
Quality of life				
More energy during app usage, no. (%)	9 (52.9)	2 (25.0)	7 (77.8)	0.0567
Less limitation of physical activity during app usage, no. (%)	9 (52.9)	3 (37.5)	6 (66.7)	0.3469
Improved feeling of being able to positively influence the disease, no. (%)	15 (88.2)	6 (75.0)	9 (100.0)	0.2059

CVRF: cardiovascular risk factor.

prevention measures.^{2,3} However, 70% of patients with CAD do not follow the current secondary prevention recommendations.²

A lack of knowledge about the benefits and limited access to conventional rehabilitation programs might be a possible explanation for such non-compliance.^{10,11}

Therefore, it appears that the available secondary prevention programs are insufficient for establishing successful secondary prevention measures in a patient's everyday life.

Increased smartphone adoption amongst elderly patients provides an opportunity to begin to guide lifestyle changes via a smartphone app.^{12,13}

The efficiency of healthcare apps has already been shown in patients with back pain, COPD, and diabetes.¹⁴⁻¹⁶ In a study by Toelle et al., the regular use of the multidisciplinary mHealth back pain app (Kaia app) led to lower pain intensity in patients with back pain.¹⁴ Rassouli et al. reported that a 20-day digitalized pulmonary rehabilitation program (via the COPD Kaia app) had a positive effect on health-related quality of life in patients who completed the 20-day program. It is particularly noteworthy that the above-mentioned app provides daily physical exercises, educational videos, and mindfulness techniques for coping with the disease, similar to our Vantis app.¹⁵ The potential for app usage among CAD patients has not been systemically studied so far. To address these issues, we tested the adherence to SGSP in CAD patients and the impact it had on lifestyle changes.

Among all 66 patients screened for inclusion, 43 (65%) were willing to take part in the study. Our data revealed that 55 out of 66 screened patients used a smartphone (83%), confirming a high penetration of smartphones in this patient segment. This exceeds previous studies, showing that 71% of cardiac patients use smartphones and 55% use them especially for health problems.¹³ The balance of sexes in our study reflects the usual demographic distribution for CAD patients.¹

The primary endpoint of our study was app adherence, which was defined as app usage in 20 out of 28 days. Of the 43 enrolled patients, 17 (40%) reached the primary endpoint of app adherence. The most common reason for non-adherence was a loss of interest (15 patients). Some participants evaluated the video-guided exercises as too exhausting, others as too simple. The same opinion was expressed about the educational videos. Therefore, we estimate that an app that is more personalized and technically more robust will achieve higher adherence rates. One way to achieve this goal would be to evaluate the participants' physical and educational status prior to usage of the app and then adjust the exercises to the patient's fitness and education levels.

Additionally, using gaming elements like goal setting, challenges or recognition of achievements might motivate and engage people to use the app more regularly. People have been shown to be motivated to achieve activity goals through game mechanics, rather than chasing intangible outcomes.^{17,18} A pilot study has already tested game strategies for CAD patients, which reported high levels of engagement.¹⁹ The display of green check marks in our app does this to some extent. Gaming strategies like progress and health level transparency, tracking improvement of the "cardio age" and risk score, as well as reminders to use the app will be integrated into future versions of the app.

Analysis of the secondary endpoints revealed that after only 28-day usage of the app already an increase in physical activity, a change in nutritional habits, and an increase in knowledge about CVRF could be observed. These results indicate regular usage of the app supports patients with CAD in changing their lifestyle, towards more physical activity and a heart-healthy diet.

Furthermore, using an app as a channel to provide knowledge about CAD leads to better informed patients. The relatively modest increase in knowledge about smoking (6%) as a risk factor may be contributed to the low incidence of current smokers in our study population (two patients) and the widespread existence of smoking cessation programs. However, other areas of cardiovascular knowledge increased greatly.

Interestingly, we detected no significant differences regarding our primary and secondary endpoints between hospitalized patients and outpatients, indicating that the app might be suitable for all patients, including those with a recent coronary intervention as well as outpatients with stable coronary disease.

One major strength of our app-based secondary prevention approach was the convenience it provided for patients. It was easy to integrate the program into their daily routine, including their work schedule and other obligations. The program could be used at any time and any place.

However, it is still unclear how long the app should be used to engender lasting behavioral changes that lead to a reduction of cardiovascular risk. We could also not rule out that the positive effects of SGSP decline after completion of the program.

Previous studies have shown that participation in rehabilitation programs after a cardiac event, even for a short time (28 sessions), decreased morbidity and mortality.^{20,21} In a study by Chow et al., it was demonstrated that adherence to a healthy diet and exercise for just six months was already associated with a decreased risk for myocardial infarction, when

compared to non-adherence.² Hence, we hypothesize that even time-constrained usage of an SGSP app, for example for 6 to 12 months, may already improve cardiovascular risk factors and decrease cardiovascular mortality and hospital admissions. This should be explored in future studies with larger patient numbers, a longer follow-up, and a more personalized app.

Limitations

This study has methodological and technical limitations. The main methodological limitations are the limited patient number, a short follow-up period, the assessment of endpoints based on self-reported outcomes, and the lack of a control group. The main technical limitation is the rudimentary nature of the app, which lacked personalization and was developed in a short time on a small budget.

Conclusion

This study indicates that smartphone apps can facilitate secondary prevention for CAD patients. Regular use of the app appears to increase physical activity and improve dietary habits of patients suffering from CAD. Most of the participants also reported a relevant gain of knowledge about cardiovascular risk factors and a better quality of life. However, additional studies using a more personalized app, tested in a larger number of patients, and with a longer follow-up period need to be done to confirm the results of this preliminary study. Long-term smartphone app-guided secondary prevention could be a novel tool to reduce the burden of cardiovascular disease.

Disclosures

F. Jansen is a shareholder of Vantis GmbH.

Acknowledgments

We thank Dr. Meghan Lucas for her critical reading of the article.

Guarantor

Irina Eckardt and Felix Jansen.

Funding

The author(s) disclosed receipt of the following financial support for the research, authorship, and/or publication of this article: F. Jansen is funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG, German Research Foundation) – JA 2351/2-1 and Project-ID 397484323 – TRR 259 and the Corona Foundation. G. Nickenig is funded by the DFG Project-ID 397484323 – TRR 259.

Declaration of conflicting interests

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

ORCID iD

Irina Eckardt  <https://orcid.org/0000-0002-4595-8170>

References

1. Organization WH. *World health statistics overview 2019: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals [internet]*. Geneva: World Health Organization.
2. Chow CK, Jolly S, Rao-Melacini P, et al. Association of diet, exercise, and smoking modification with risk of early cardiovascular events after acute coronary syndromes. *Circulation* 2010; 121: 750–758.
3. Yusuf S, Hawken S, Öunpuu S, et al. Effect of potentially modifiable risk factors associated with myocardial infarction in 52 countries (the INTERHEART study): case-control study. *Lancet* 2004; 364: 937–952.
4. Lee DC, Pate RR, Lavie CJ, et al. Leisure-time running reduces all-cause and cardiovascular mortality risk. *J Am Coll Cardiol* 2014; 56: 472–481.
5. Lee IM, Sesso HD and Paffenbarger RS. Physical activity and coronary heart disease risk in men: does the duration of exercise episodes predict risk? *Circulation* 2000; 102: 981–986.
6. Glazer NL, Lyass A, Esliger DW, et al. Sustained and shorter bouts of physical activity are related to cardiovascular health. *Med Sci Sports Exerc* 2013; 45: 109–115.
7. Urbinati S, Olivari Z, Gonzini L, for the BLITZ-4 Investigators, et al. Secondary prevention after acute myocardial infarction: drug adherence, treatment goals, and predictors of health lifestyle habits. The BLITZ-4 Registry. *Eur J Prev Cardiol* 2015; 22: 1548–1556.
8. Wood DA, Kotseva K, Connolly S, et al. Nurse-coordinated multidisciplinary, family-based cardiovascular disease prevention programme (EUROACTION) for patients with coronary heart disease and asymptomatic individuals at high risk of cardiovascular disease: a paired, cluster-randomised controlled trial. *Lancet* 2008; 371: 1999–2012.
9. Kotseva K, Wood D, De Bacquer D, on behalf of the EUROASPIRE Investigators, et al. EUROASPIRE IV: a European Society of Cardiology survey on the lifestyle, risk factor and therapeutic management of coronary patients from 24 European countries. *Eur J Prev Cardiol* 2015; 23: 636–648. [Internet].
10. Peters AE and Keeley EC. Trends and predictors of participation in cardiac rehabilitation following acute myocardial infarction: data from the behavioral risk factor surveillance system. *J Am Heart Assoc* 2018; 7.
11. Clark AM, Hartling L, Vandermeer B, et al. Analysis: secondary prevention programs for patients with coronary artery disease. *Ann Intern Med* 2005; 143: 659–672.
12. Anderson M and Perrin A. Tech adoption climbs among older adults. Pew Research Centre. *Internet and*

- Technology* 2–17, www.pewresearch.org/internet/2017/05/17/tech-adoption-climbs-among-older-adults/
13. Gallagher R, Roach K, Sadler L, et al. Mobile technology use across age groups in patients eligible for cardiac rehabilitation: survey study. *JMIR mHealth* 2017; 5: e161.
 14. Toelle TR, Utpadel-Fischler DA, Haas KK, et al. App-based multidisciplinary back pain treatment versus combined physiotherapy plus online education: a randomized controlled trial. *NPJ Digit Med* 2019; 2: 34.
 15. Rassouli F, Boutellier D, Duss J, et al. Digitalizing multidisciplinary pulmonary rehabilitation in COPD with a smartphone application: an international observational pilot study. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2018; 13: 3831–3836.
 16. Hallberg SJ, McKenzie AL, Williams PT, et al. Effectiveness and safety of a novel care model for the management of type 2 diabetes at 1 year: an open-label, non-randomized, controlled study. *Diabetes Ther* 2018; 9: 583–612.
 17. Primack BA, Carroll MV, McNamara M, et al. Role of video games in improving health-related outcomes: a systematic review. *Am J Prev Med* 2012; 42: 630–638.
 18. Read JL and Shortell SM. Interactive games to promote behavior change in prevention and treatment. *JAMA* 2011; 305: 1704–1705.
 19. Dithmer M, Rasmussen JO, Grönvall E, et al. The heart game: using gamification as part of a telerehabilitation program for heart patients. *Games Health J* 2016; 5: 27–33.
 20. Doll JA, Hellkamp A, Thomas L, et al. Effectiveness of cardiac rehabilitation among older patients after acute myocardial infarction. *Am Heart J* 2015; 170: 855–864.
 21. Anderson L, Oldridge N, Thompson DR, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease: Cochrane systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol* 2016; 67: 1–12.

3. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich für die hervorragende Betreuung und umfangreiche Unterstützung bei der Erstellung meiner Dissertation bedanken.

Mein besonderer Dank gilt PD Dr. Felix Jansen, meinem Doktorvater, der mich zu jedem Zeitpunkt unterstützt und mir viele wertvolle Hinweise und Anregungen auf dem Weg zur Veröffentlichung gegeben hat. Vielen Dank für die Einführung in die klinische Forschung und das wissenschaftliche Arbeiten. Der innovative Ansatz der Begleitung von Patient*innen mit Hilfe einer App, ermöglicht durch die Vantis GmbH, ist mir ein großes Vorbild für die Wichtigkeit des stetigen Neu-Denkens der Patientenversorgung.

Auch meiner Betreuerin, Dr. Irina Eckardt, möchte ich für Ihre Unterstützung und die gemeinschaftliche Arbeit an diesem Projekt danken. Die Zusammenarbeit hat mir großen Spaß gemacht und die Anmerkungen zu dieser Arbeit waren mir eine große Hilfe.

Meinen guten Freund*innen, die mich in diesem Studium und darüber hinaus begleitet haben und auf die ich mich immer verlassen konnte, möchte ich zu diesem Anlass ebenfalls danken.

Der größte Dank gebührt meiner Familie, insbesondere meine Eltern Elke Buschhaus und Dr. Mathias Buschhaus sowie meiner Schwester Greta, die mich auf meinem Weg immer so liebevoll begleiten und meinen medizinischen Werdegang in jeglicher Hinsicht unterstützt und ermöglicht haben. Euch widme ich diese Arbeit.