



Article

APLIKASI BERBASIS SMARTPHONE DALAM MANAJEMEN STROKE: NARATIF REVIEW

Heriviyatno Julika Siagian^{1*}, Tukatman²

¹Departemen Keperawatan Medikal Bedah, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Indonesia

²Departemen Keperawatan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Indonesia

SUBMISSION TRACK

Received: November 27, 2023
Final Revision: December 07, 2023
Available Online: December 09, 2023

KEYWORDS

Mobile application, Smartphones, Strokes, Telemedicine, Technology, Primary and secondary prevention

CORRESPONDENCE

E-mail:
heriviyatno.j.siaqian@gmail.com

A B S T R A C T

Since its initial appearance in the mid-2000s, the growth of smartphones and accompanying m-health applications has made a major contribution to clinical practice, making it easier to reach medical information and increasing interactions between health professionals and patients. Specialized software, commonly known as Apps, supports healthcare providers at various stages of clinical care, from diagnosis to management of ongoing therapy. These technological advances are critical, especially in treating complex conditions such as stroke, which encompasses several phases, including prevention, acute care, rehabilitation, and long-term prevention. This review aims to comprehensively evaluate and summarize the existing literature regarding Applications used in the clinical management of stroke. This review discusses its potential benefits and limitations, and explores potential avenues for improvement. The search process involved browsing the Medline database for studies focused on guideline-based decision support applications in stroke management and similar medical scenarios from 2007 (marking the introduction of the first iPhone) to January 2022. The initial search yielded a total of 551 studies, with 43 papers meeting the specified criteria has been set for review. Classifying Apps based on their use, they are categorized into primary prevention, acute stroke management, and post-stroke Apps. This review outlines the specific aims of each Application and, where applicable, highlights the findings obtained from clinical studies. Although many Apps have been developed to facilitate communication

and data sharing among healthcare providers during acute stroke care, there are currently no interactive systems designed explicitly to assist physicians. This gap represents a significant opportunity for improvement, potentially improving the management of stroke patients

I. INTRODUCTION

Perkembangan dalam perawatan kesehatan digital telah memiliki dampak besar pada praktik klinis dalam beberapa dekade ini. Terlebih lagi, pandemi COVID-19 yang baru saja berakhir telah semakin mendorong minat masyarakat dalam menggunakan teknologi tersebut (Pedicelli et al., 2020; Wong et al., 2022). Pelayanan kesehatan digital merupakan serangkaian teknologi informasi dan komunikasi yang berkontribusi dalam mengelola penyakit dan risiko gangguan kesehatan, serta mempromosikan kesehatan dan kesejahteraan (U.S Food and Drug Administration, 2020). Smartphone telah mempercepat proses digitalisasi praktik kedokteran, yang mengarah ke mobile-health (atau m-Health), dimana cara tersebut telah menyederhanakan komunikasi antara dokter dan pasien dan akses ke informasi medis untuk meningkatkan manajemen pasien (Ku & Sim, 2021).

Peralatan yang telah dirilis menggunakan perangkat lunak khusus yang disebut "Aplikasi" (atau Apps), sangat membantu dokter dalam beberapa fase praktik klinis, seperti diagnosis, tindak lanjut, dan manajemen terapi. Selain itu, beberapa Aplikasi dirancang sebagai Sistem Pendukung Keputusan Klinis (SPKK). Fungsi dari

Aplikasi SPKK ini adalah mengumpulkan dan menganalisis data klinis untuk memberikan saran dan pengingat berdasarkan pedoman terbaru. Dengan demikian, Aplikasi SPKK meningkatkan kepatuhan terhadap rekomendasi klinis terbaru (Watson et al., 2019). Jenis Aplikasi yang lainnya, dengan menggunakan panggilan berbantuan video, evaluasi klinis jarak jauh (telemedicine) (Ekeland et al., 2010), pemantauan jarak jauh terhadap tanda-tanda vital dengan bantuan perangkat yang dapat dikenakan (telemonitoring) (Motolese, Magliozzi, et al., 2022), dan manajemen prioritas klinis bahkan sebelum pasien tiba di rumah sakit (teletriage) (J. Li & Carayon, 2021). Di Inggris, proporsi kunjungan medis melalui telepon atau video meningkat dari sekitar 13% pada akhir 2019 menjadi 48% pada puncak pandemi di bulan April hingga Juni 2020 (International Telecommunication Union (ITU), 2021).

Mengingat manfaat dari teknologi yang ada dan potensi peningkatan pelayanan Kesehatan, sehingga penggunaan Aplikasi ini menjadi semakin penting dalam manajemen penyakit secara umum dan bergantung pada waktu seperti stroke. Stroke merupakan penyebab utama kematian kedua dan penyebab kecacatan yang

paling signifikan di dunia, dengan angka kematian tahunan sebesar 5,5 juta (Katan Andreas, 2018). Hal tersebut mewakili 1,7% dari biaya perawatan kesehatan di Eropa dengan biaya tahunan sebesar 60 miliar EUR di Eropa 13 dan 45,5 miliar USD di Amerika Serikat .14 Dampaknya terhadap masyarakat tidak hanya terbatas pada manajemen akut, tetapi juga rehabilitasi, perawatan medis untuk manajemen kronis, layanan sosial, dan perawatan informal memiliki biaya langsung dan tidak langsung yang sangat besar (Owolabi et al., 2022). Beberapa perbaikan telah diusulkan dalam beberapa tahun terakhir tentang manajemen stroke, terutama untuk fase akut dan secara khusus untuk mengurangi waktu untuk memberikan pengobatan (Ebinger et al., 2014; Walter et al., 2012). Setiap 15 menit keterlambatan dalam pemberian terapi reperfusi (trombolisis dan trombektomi) menyebabkan peningkatan risiko kecacatan jangka panjang, kematian di rumah sakit, dan perdarahan intraparenkim (Saver et al., 2013). Biaya perawatan kesehatan juga terkait dengan waktu terapi reperfusi dan setiap penundaan dikaitkan dengan penurunan harapan hidup yang disesuaikan dengan kualitas dan nilai ekonomi perawatan (Kunz et al., 2020). Dalam skenario ini, perbaikan lebih lanjut dapat diberikan dengan penerapan Aplikasi dengan tujuan mempercepat manajemen pasien pada stroke akut.

Tinjauan ini bertujuan untuk menilai dan merangkum literatur yang tersedia tentang Aplikasi berbasis ponsel yang dirancang untuk manajemen klinis stroke. Kami menggambarkan potensi dan kelemahannya, serta mendiskusikan kemungkinan ruang untuk perbaikan.

II. METHODS

Protokol

Pencarian literatur yang komprehensif untuk mengidentifikasi semua penelitian yang dipublikasikan yang relevan dengan aplikasi smartphone manajemen stroke menggunakan MEDLINE (PubMed), Scencedirect, Scopus, dan Proquest. Penilaian literatur dilakukan secara independen oleh dua peneliti menggunakan kata kunci umum yang telah dipilih sebelumnya, dan studi dipilih oleh konsensus.

String yang dijelaskan pada Tabel 1 merupakan kata kunci yang digunakan dalam mesin pencari pada database untuk pemilihan artikel. Disertakan pula aplikasi smartphone yang dikembangkan untuk mendukung pengambilan keputusan klinis di tingkat primer, pra-rumah sakit, rumah sakit, dan manajemen stroke kronis. Aplikasi untuk memantau fibrilasi atrium (AF) sebagai faktor risiko umum untuk stroke iskemik sekunder juga dimasukkan sebagai pertimbangan, termasuk aplikasi khusus stroke untuk mengelola faktor risiko lain seperti hipertensi, diet, dan diabetes. Aplikasi yang disertakan dalam tinjauan ini adalah yang telah

divalidasi secara klinis dan evidence-based concept.

Mengingat smartphone pertama dirilis pada tahun 2007, pencarian artikel dibatasi dari 1 Juni 2007 hingga 31 Januari 2022. Kriteria eksklusi dalam pencarian antara lain Aplikasi dan perangkat lunak non-smartphone, dan Aplikasi yang tidak spesifik untuk stroke (kalkulator, aplikasi pesan, aplikasi umum untuk memantau faktor risiko kardiovaskular). Ekstraksi data dari studi yang relevan berdasarkan desain penelitian, fungsi Aplikasi, keandalan dan kemanjuran dalam meningkatkan praktik klinis sehari-hari. Penyusunan Aplikasi mempertimbangkan setiap langkah manajemen stroke seperti Aplikasi pencegahan primer, Aplikasi manajemen stroke akut (pra-rawat inap dan rawat inap), dan Aplikasi pasca stroke akut (rehabilitasi dan pencegahan sekunder). Algoritma pemilihan makalah dilaporkan pada Gambar 1 dan strategi pencarian pada Tabel 1.

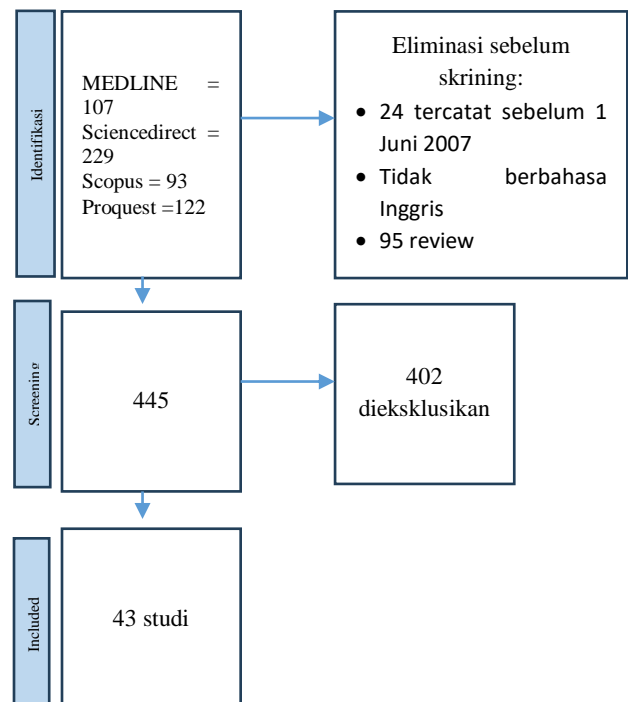
Tabel 1. Strategi pencarian artikel

Domain	String Pencarian
Stroke	(stroke) AND
Mobile	((smartphone) OR (smart phone) OR (mobile health) OR (m-health) OR (mhealth) AND
Application	((application) OR (app)))

III. RESULTS

Pada pencarian awal ditemukan sebanyak 551 artikel tentang Aplikasi

terkait stroke. Selanjutnya beberapa artikel dieksklusikan karena berupa duplikasi dan publikasi yang berbeda dari studi penelitian (misalnya, ulasan, surat, editorial, dan komentar), artikel non-Inggris, dan studi lain yang tidak sesuai dengan tujuan tinjauan ini (Gambar 1). Aplikasi yang tidak dirancang untuk smartphone juga dieliminasi (n=85), bukan aplikasi khusus stroke (n=168) terutama aplikasi penginderaan dan manajemen tekanan darah (n=44), aplikasi manajemen AF (n=95), aplikasi manajemen risiko perdarahan (n=3), atau aplikasi manajemen obesitas (n=7). Setelah evaluasi kriteria inklusi dan eksklusi, 43 penelitian dimasukkan dalam tinjauan ini (Tabel 2).



Gambar 1. Flow Diagram pencarian literatur dan seleksi artikel

Tabel 2. Ringkasan dari aplikasi yang digunakan dalam studi yang diinklusion

Nama Aplikasi/ penulis	Kompatibilitas	Tipe studi	Bidang pengaplikasian	Modalitas aplikasi	Temuan Utama	Ringkasan
Stroke Riskometer	iOS, Android	Ongoing trial (NCT04529681)	Primary prevention	Calculator, Video, Health info	NA	Calculates annual stroke risk through weight, age, diet and other risk factors data. Gives information on managing risk factors through videos and articles.
iLAMA	NA	NA	Pre-Hospital management	Augmented reality	NA	Through the smartphone's camera and the accelerometer allows the recognition of signs such as altered eye motility, dysmetria, facial paresis and strength deficit in the upper limbs
SPMIS	NA	Pilot study	Pre-Hospital management	Data sharing	App usability	Patient details are entered into the App by emergency responders. The App transmits the data to hospital physicians.
FAST-ED	iOS, Android	Pilot study	Pre-Hospital management	GPS, CDSS	NA	Provides a series of questions to assess eligibility for revascularization therapy and it contains a GPS to find the nearest hospital.
ESN	iOS, Android	Pilot study	Pre-Hospital management	GPS, CDSS, Video-call	Reduction in door-in, door-out, door-to-groin and door-to-needle times	Provides a series of questions to assess eligibility for revascularization therapy, it contains a video communication system to connect medical teams, and a GPS to find the nearest hospital.
Stroke119	iOS, Android	Pilot study	Pre-Hospital	CDSS,	NA	It helps patients in self-screening

			management	Information, GPS		stroke symptoms through clinical scales. It gives health information and has a GPS system to find hospital centers that perform thrombolysis.
JOIN	iOS, Android	Validation study	In-Hospital management	DICOM viewer, Video-call, Chat	Reduction in door-to-needle time	Allows sharing of images and clinical data between teams of specialists with chat and video-call systems. Records patient data chronologically in a timeline to simplify clinical management.
StopStroke	NA	Restrospective study	In-Hospital management	Chat, Video-call	Reduction in door-to-needle time	Allows to create group chats with other specialists to share patient images and clinical information. It also supports video calls.
Act-Fast	iOS, Android	Pilot study	In-Hospital management	CDSS, chat		Contains several clinical scales and checklists for revascularization therapy. Also presents sharing and messaging features among physicians.
Acute-stroke evaluation	iOS	Pilot study	In-Hospital management	CDSS	Reduction in door-to-needle time	Digitized version of the checklist for revascularization therapies based on the U.S. stroke guidelines.
S3 Rehab	NA	NA	Rehabilitation	Sensors	NA	Records data about the movement of the limbs through smartphone's gyroscope and accelerometer.
GetMyROM	iOS	Pilot study	Rehabilitation	Sensors	App can reliably measure passive	Records data on the range of movements of the upper limbs

					upper limb range of motion	
ARMStroke	iOS	Pilot study	Rehabilitation	Sensors	No changes detected when using the App	Records data on the range of movements of the upper limbs
Chae et al.	Android	Clinical trial (KCT0004818)	Rehabilitation	Sensors, wearable devices	Wearables and machine learning can improve home care of stroke survivors	Records upper extremity range of motion data via smartwatch
Hou et al.	Android	Pilot study	Rehabilitation	Sensors	Feasibility of App-based measurement of balance in stroke patients	Records balance and posture data
SIPT	iOS	Clinical trial	Rehabilitation	Virtual reality, exergames	Sitting balance, trunk control, gait improvement	Uses smartphone's motion-tracking technology to simulate pedaling.
MoU-Rehab	Tablet PC	Clinical trial	Rehabilitation	Virtual reality, exergames	Non-inferiority to conventional therapy	Allows to play different exergames using smartphone motion-tracking technology
ViaTherapy	iOS, Android	Quality improvement	Rehabilitation	CDSS	Increased	Collects data entered by patients to

		project			accessibility to and use of evidence-based practice	assist them in establishing a rehabilitation program
Rehabilitation Guardian	NA	NA	Rehabilitation	Calendars, health info	NA	Gives reminders about physical exercises to be performed, allows the consultation of specialized articles and contains a progress diary.
Xu et al.	iOS, android	Clinical trial (ChiCTR1900027626)	Rehabilitation	Telemedicine	Feasibility and validity of App-based televisits	Allows practitioners to make televisits.
VirTele	NA	NA	Rehabilitation	Telemedicine, ExerGames	NA	Allows practitioners to evaluate the development of interactive rehabilitative exercises with the exergames via televisit
PRESTRO	Android	Pilot study	Rehabilitation	Health info, reminder	App usage was associated with healthier lifestyle	Contains medication reminder features and vital signs measurement. It gives health lifestyle info
KUHMS2	NA	Clinical trial (KCT0001045)	Rehabilitation	Parameter registration	Lowering of blood pressure and glycated hemoglobin	Records vital parameters
Lose it	iOS, Android	Clinical trial (NCT02531074)	Chronic management	Diet management	No difference between	Records patients' food intake and gives information about the

					intervention and control group	macronutrients.
MakeMyDay	NA	Multiple case study	Chronic management	Health info, Reminder	High acceptability of the App among patients	Gives reminders and info about correct and healthy lifestyle
Movies4Stroke	NA	Clinical trial (NCT02202330)	Chronic management	Health videos	Improved functional outcome No lowering of blood pressure, LDL cholesterol and glycosylated hemoglobin.	Provides educational videos on stroke
AFib 2gether	iOS, Android	Clinical trial (NCT04118270)	Chronic management	CDSS	High usability and perceived usefulness of the App	It gives clinical info and collects patient data about AF that can be viewed by the doctor prior to visit.
FibriCheck	iOS, Android	Clinical trial (NCT03509493)	AF Detection	Wearable devices	High measurement compliance and patient satisfaction	Provides heart rate monitoring via smartwatch
Santala et al.	NA	Clinical trial	AF Detection	Wearable	High quality	Provides heart rhythm monitoring via

		(NCT03507335)		devices	ECG recording. High accuracy of automatic arrhythmia detection	an ECG belt
AliveCor	iOS, Android	Observational study (ACTRN 12616001293459)	AF detection	Wearable devices	NA	Uses miniaturized ECG to monitor heart rhythm
TEASE	NA	Clinical trial (NCT03301662.)	AF detection	Wearable devices	AF successfully detected in patients with cryptogenic stroke	Uses miniaturized ECG to be placed in the chest to monitor heart rhythm

NA: Not Available; GPS: Global Positioning System; CDSS: clinical decision support system; LDL: low-density lipoprotein; AF: atrial fibrillation; ECG: electrocardiogram

Aplikasi pencegahan primer

Global Burden of Disease Study menunjukkan bahwa 90,5% faktor risiko stroke dapat dimodifikasi. Perubahan pola makan (diet Mediterania, asupan garam rendah), aktivitas fisik, penurunan tingkat tekanan darah, penurunan kadar low-density lipoprotein dan kolesterol total, dan kontrol kadar glikemik pada pasien diabetes telah terbukti dapat mengurangi kejadian stroke pada individu dengan risiko kardiovaskular yang tinggi (Kleindorfer et al., 2021). Aplikasi Stroke Riskometer (Krishnamurthi et al., 2019) membantu pasien mengelola faktor risiko kardiovaskular yang dapat dimodifikasi. Algoritmanya berasal dari algoritme prediksi Framingham Stroke Risk Score (FSRS) (Wolf et al., 1991) dan faktor risiko utama lainnya yang terbukti penting untuk stroke iskemik dan hemoragik, yang sebagian besar didasarkan pada studi INTERSTROKE (O'Donnell et al., 2010). Ini terdiri dari hal-hal seperti diet, keakraban dengan stroke, dan aktivitas fisik. Namun, uji coba terkontrol acak paralel, prospektif 2-lengan, bukti konsep gagal menunjukkan manfaat Aplikasi Stroke Riskometer dibandingkan dengan standar perawatan dalam hal pengurangan risiko kardiovaskular.

Aplikasi manajemen stroke akut

Aplikasi pra-rumah sakit

Tanda dan gejala stroke yang tidak dikenali (Hsia et al., 2011) dan transportasi ambulans yang tertunda (Mosley et al., 2007) merupakan faktor penentu utama tertundanya waktu dari pintu ke jarum (door to needle time/DNT) untuk pemberian trombolisis. Aplikasi dapat

meningkatkan pengenalan tanda-tanda stroke bahkan sebelum masuk gawat darurat. iLAMA, (Yao et al., 2021) misalnya, adalah Aplikasi augmented reality yang mengenali gejala stroke akut melalui kamera dan akselerometer pada smartphone. Memang, iLAMA mampu mengevaluasi motilitas mata, adanya paresis wajah, atau adanya dysmetria pada tungkai melalui kamera smartphone. Selain itu, akselerometer memungkinkan untuk menilai adanya kelemahan anggota tubuh. Data tersebut kemudian dikirim ke tim ahli saraf untuk dianalisis dan pada akhirnya mengaktifkan layanan darurat (Yao et al., 2021). Aplikasi lain yang bertujuan untuk mempercepat pengenalan stroke adalah sistem informasi medis pra-rumah sakit (SPMIS) yang dibantu oleh ponsel pintar, sebuah platform untuk mengkomunikasikan data klinis pasien stroke. Ambulans dilengkapi dengan smartphone di mana Aplikasi diinstal, kru ambulans akan memasukkan info pasien dan menjawab pertanyaan untuk diagnosis pra-rumah sakit. Informasi tersebut dibagikan secara real-time dengan staf medis rumah sakit bahkan sebelum pasien tiba di unit gawat darurat (Nakae et al., 2014).

Aplikasi FAST-ED (Nogueira et al., 2017), sebagai gantinya, merupakan versi aplikasi dari skala FAST-ED untuk diagnosis stroke oklusi pembuluh darah besar (LVO) (Lima et al., 2016). Aplikasi ponsel pintar ini terdiri dari alat yang dirancang untuk membantu para profesional Layanan Medis Darurat dalam memberikan penilaian lapangan dan triase tujuan

pasien stroke iskemik akut. Hal ini didasarkan pada serangkaian pertanyaan yang menilai kondisi pasien seperti usia, penggunaan antikoagulan, waktu sehat terakhir yang diketahui, dan gejala untuk mengevaluasi kelayakan untuk aktivator plasminogen jaringan rekombinan intravena (tPA) atau pengobatan endovaskular. Sistem ini juga memiliki basis data dari semua pusat stroke regional sesuai dengan kemampuan mereka untuk menyediakan pengobatan endovaskular dan teknologi Global Positioning System (GPS) dengan informasi lalu lintas waktu nyata untuk menghitung waktu transportasi ke berbagai pusat stroke yang berdekatan. Sebuah penelitian retrospektif yang dilakukan pada 2.815 pasien yang terkena LVO menunjukkan bahwa FAST-ED point ≥ 4 menunjukkan akurasi yang sangat baik dalam mendeteksi LVO dengan sensitivitas keseluruhan 77% dan spesifisitas 87% (Frank et al., 2021). Mirip dengan Aplikasi FAST-ED adalah Aplikasi Egyptian Stroke Network (ESN) (Mansour et al., 2021), yang menampilkan alat skrining berdasarkan pertanyaan yang bertujuan untuk mendeteksi tanda-tanda stroke, sistem komunikasi video untuk terhubung dengan tim stroke di rumah sakit, dan sistem informasi waktu nyata untuk melokalisasi rumah sakit terdekat yang menyediakan terapi endovaskular. Hasil seperti DNT dan tingkat deteksi oklusi pembuluh darah dievaluasi dengan membandingkan triase ESN App dan non-ESN App. Hasilnya menunjukkan penurunan DNT (waktu keluar-masuk

pintu, 56 ± 34 menit vs 96 ± 45 menit; waktu tusukan dari pintu ke pangkal paha, 50 ± 7 menit vs 120 ± 25 menit; DNT, 55 ± 12 menit vs 78 ± 16 menit dengan $P < 0.0001$) dan tingkat deteksi oklusi pembuluh darah yang lebih tinggi dengan menggunakan ESN App. Aplikasi lain, seperti Stroke119 (Mansour et al., 2021; Nam et al., 2013), dikembangkan untuk skrining mandiri pasien. Aplikasi ini mencakup alat skrining stroke berdasarkan Cincinnati Prehospital Stroke Scale, informasi waktu nyata mengenai rumah sakit terdekat yang menyediakan pengobatan trombolitik, dan informasi mengenai gejala stroke serta tindakan yang perlu dilakukan jika dicurigai adanya stroke akut.

Aplikasi manajemen di rumah sakit

Berkurangnya kepatuhan terhadap pedoman (Mikulík et al., 2012), kurangnya komunikasi antara tim ambulans dan dokter rumah sakit atau di antara ahli saraf di rumah sakit tingkat pertama dan kedua (Prabhakaran et al., 2011), tampaknya merupakan faktor utama keterlambatan pemberian terapi reperfusi dalam manajemen stroke di rumah sakit. Implementasi komunikasi dan telekonsultasi antara konsultan tampaknya menjadi fitur utama dari Aplikasi yang membantu manajemen stroke di rumah sakit. Sebagai contoh, Aplikasi JOIN (Munich et al., 2017) memungkinkan untuk berbagi data klinis dan pencitraan secara instan di antara para spesialis stroke yang terlibat dalam perawatan pasien. Aplikasi ini terdiri dari obrolan, penampil DICOM, dan sistem video dua arah yang terenkripsi untuk panggilan video antar praktisi. Aplikasi

ini juga terdiri dari cap waktu tonggak sejarah untuk mencatat setiap langkah dari rumah ke transportasi rumah sakit hingga awal terapi (Munich et al., 2017). Studi pertama dilakukan pada 712 kasus stroke akut yang dievaluasi oleh residen neurologi, diikuti melalui telekonsultasi JOIN oleh ahli saraf stroke. Kelompok lain diikuti dengan stasiun kerja pencitraan Sistem Pengarsipan Gambar dan Komunikasi standar dalam waktu 24 jam dan menganalisis keputusan yang dibuat dengan bantuan jarak jauh selama pengaturan darurat. Hasilnya menunjukkan penurunan yang signifikan dalam DNT (63 dengan App vs 90 menit tanpa dukungan App) (Martins et al., 2020). Studi lain mengevaluasi alur kerja manajemen stroke akut dalam 2,7 tahun sebelum implementasi JOIN dan dalam 2,2 tahun setelahnya. Hasilnya menunjukkan penurunan rata-rata waktu total pengobatan dari 98,8 menjadi 81,1 menit, penurunan waktu rata-rata untuk inisiasi tPA (dari 81,0 menjadi 64,3 menit, $P = 0,003$) dan inisiasi pengobatan endovaskular (dari 140,9 menjadi 109,9 menit, $P = 0,01$) setelah implementasi JOIN. Dalam penelitian lain yang dilakukan pada 139 pasien, JOIN telah terbukti mengurangi DNT, waktu dari pintu ke tusukan (DPT), waktu dari gambar ke jarum (INT), dan waktu dari gambar ke tusukan (IPT) dibandingkan dengan kelompok kontrol tanpa dukungan App (DNT, 62 menit untuk kelompok App vs. 72 menit untuk kelompok kontrol, $P = 0,038$; INT, 42 menit vs. 48 menit, $P = 0,009$; DPT, 106 menit vs. 129 menit, $P = 0,046$; IPT, 89 menit vs. 117 menit, $P = 0,004$). StopStroke

(Andrew et al., 2017) adalah Aplikasi lain yang berfokus pada komunikasi instan di antara para dokter yang memungkinkan berbagi data klinis pasien stroke secara real-time. Ahli saraf dapat memasukkan informasi pribadi dan klinis pasien dan mengobrol atau melakukan panggilan video dengan tim gawat darurat untuk merampingkan alur kerja stroke akut. Analisis retrospektif dilakukan di 12 pusat kesehatan dan hasilnya menunjukkan pengurangan waktu dari pintu ke pintu dan DNT pada pasien yang diobati dengan bantuan Aplikasi dibandingkan dengan kontrol yang tidak dibantu oleh Aplikasi.

Noone dkk. (Noone et al., 2020) mengembangkan dan mempelajari efektivitas strategi berbasis aplikasi seluler untuk mengurangi DNT. Aplikasi yang disebut Act-Fast ini memiliki kalkulator National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS), daftar periksa trombolisis, dan kotak alat untuk berbagi gambar dan catatan di antara para praktisi yang terlibat dalam proses pengambilan keputusan. Hasil penelitian menunjukkan optimalisasi yang cukup besar dari jalur perawatan stroke dengan penurunan DNT sebesar 16 menit pada kelompok Aplikasi seluler dibandingkan kelompok kontrol.

Kepatuhan terhadap pedoman dan pengambilan keputusan yang lebih cepat sangat penting untuk penanganan stroke yang tepat (Mikulik et al., 2012), karena waktu adalah penentu utama hasil akhir pasien (Powers et al., 2019). Aplikasi seperti Mayo Clinic Acute Stroke Evaluation App (Rubin et al., 2014) dikembangkan sebagai versi digital

dari daftar periksa alur kerja untuk manajemen stroke akut berdasarkan pedoman American Heart Association/American Stroke Association dan NIHSS. Tujuan dari Aplikasi ini adalah untuk membantu dokter dalam proses pengambilan keputusan untuk terapi trombolitik. Sebuah studi klinis oleh Rubin dkk. (Rubin et al., 2014) mengevaluasi kepatuhan terhadap pedoman dalam pilihan terapi dari sekelompok penghuni yang dibantu oleh Aplikasi dibandingkan dengan pilihan terapi dari kelompok kontrol penghuni yang tidak dibantu oleh Aplikasi. Hasilnya menunjukkan bahwa kepatuhan terhadap pedoman lebih tinggi pada penghuni yang dibantu oleh App. Titik akhir sekunder adalah DNT, yang terbukti berkurang 16 menit pada kelompok yang dibantu App dibandingkan dengan kelompok kontrol.

Aplikasi Pasca Stroke Akut

Aplikasi Rehabilitasi

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, stroke merupakan penyebab utama kecacatan di dunia (Feigin et al., 2016; Katan Andreas, 2018). Rehabilitasi fisik adalah bagian penting dari manajemen pasca-akut (Motolese, Capone, et al., 2022). Penelitian telah menunjukkan bahwa memulai rehabilitasi dalam 2 minggu pertama berkontribusi terhadap penurunan kecacatan jangka Panjang (Coleman et al., 2017). Sebuah tinjauan Cochrane melaporkan manfaat terapi rehabilitasi dalam memulihkan fungsi dan mobilitas pada paresis tungkai atas setelah stroke, dibandingkan dengan pasien yang tidak diobati dengan terapi rehabilitasi.

Penggunaan akselerometer dan giroskop yang tertanam di dalam ponsel pintar memungkinkan untuk mengumpulkan data seperti jenis dan rentang gerakan anggota tubuh, keseimbangan (Chae et al., 2020; Lawson et al., 2017; Lin et al., 2020) dan postur tubuh pasien stroke, baik melalui ponsel pintar maupun perangkat yang dapat dikenakan seperti jam tangan pintar (Chae et al., 2020). Beberapa Aplikasi juga memberikan umpan balik visual, suara dan getaran jika terjadi gerakan yang salah untuk membantu dan meningkatkan rehabilitasi motoric (Lawson et al., 2017). Aplikasi lain menggunakan fitur realitas virtual untuk meningkatkan efektivitas perawatan rehabilitasi (AU - Choi & AU - Paik, 2018; Cai et al., 2021). Pelatihan mengayuh sepeda interaktif, misalnya, menggunakan teknologi pelacakan gerakan berbasis ponsel pintar telah terbukti meningkatkan kekuatan, keseimbangan, dan gaya berjalan pada pasien stroke. Aplikasi lain memiliki fungsi CDSS: ViaTherapy memungkinkan serangkaian pertanyaan untuk membantu memutuskan alur kerja rehabilitasi yang paling tepat bagi pasien stroke. Aplikasi Penjaga Rehabilitasi (Xu et al., 2023) ditandai dengan empat modul fungsional: pengingat kesehatan, konsultasi, informasi kesehatan, dan buku harian pasien. Aplikasi ini memberikan informasi medis dan menyediakan latihan rehabilitasi. Pasien dapat memasukkan informasi klinis mereka, latihan yang dilakukan dan pertanyaan tentang proses rehabilitasi. Staf medis dapat mengakses modul-modul ini,

menjawab pertanyaan, dan membantu pengelolaan proses rehabilitasi dari jarak jauh (Xu et al., 2023). Mengenai terapi rehabilitasi, telemedicine menunjukkan validitas dan reliabilitas yang lebih tinggi, serta kepercayaan diri dan kepuasan yang lebih tinggi yang dirasakan oleh pasien, dibandingkan dengan penilaian melalui telepon (L. Li et al., 2020). Selain itu, pengawasan terhadap pasien yang menggunakan exergame (permainan video dengan fungsi rehabilitasi yang mempromosikan gerakan yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan dan koordinasi anggota tubuh yang cedera) melalui telekonferensi dapat meningkatkan efektivitas latihan dan membatasi kesalahan.

Aplikasi Manajemen kronis dan pencegahan sekunder

Sebuah meta-analisis global pada tahun 2011 memperkirakan bahwa 11% pasien stroke akan mengalami kekambuhan kejadian vaskular kedua dalam waktu 1 tahun dan 26% dalam waktu 5 tahun (Mohan et al., 2011). Pengelolaan faktor risiko utama untuk kekambuhan stroke seperti hipertensi, obesitas, diabetes, dan merokok, yang diobati dengan terapi antiplatelet/antikoagulan, statin, dan terapi antihipertensi dapat mengurangi risiko kejadian vaskular sekunder sebesar 20% hingga 30% (Lakhan & Sapko, 2009; Ní Chróinín et al., 2013; Sandercock et al., 2015). Banyak Aplikasi yang bertujuan untuk membantu pasien mengelola faktor risiko mereka. Aplikasi PRESTRO menggabungkan dukungan motivasi untuk gaya hidup sehat (aktivitas fisik, nutrisi sehat, dan berhenti merokok), fungsi pengingat

untuk asupan obat dan pengukuran tekanan darah serta edukasi stroke. Hasil dari uji klinis Fruhwirth dkk., menunjukkan bahwa pasien dalam kelompok intervensi dilaporkan secara fisik hampir dua kali lebih aktif (13 ± 9 jam/minggu) dibandingkan dengan kontrol (7 ± 5 jam/minggu; $P = 0,022$). Penggunaan aplikasi yang lebih intens sangat terkait dengan aktivitas fisik yang lebih tinggi ($r = 0,60$, $P = 0,005$) dan konsumsi makanan yang tidak sehat yang lebih rendah ($r = -0,51$, $P = 0,023$). Aplikasi Korea University Health Monitoring System for Stroke (KUHMS2) (Seo et al., 2015) memantau parameter seperti tekanan darah, berat badan, glukosa darah, penggunaan rokok/alkohol, dan kepatuhan minum obat. Hasilnya menunjukkan penurunan tingkat tekanan darah dan kadar HbA1c pada pasien yang menggunakan aplikasi ini dibandingkan dengan mereka yang tidak menggunakannya (Fruhwirth et al., 2022; Seo et al., 2015). Lose it adalah aplikasi penurunan berat badan yang telah dievaluasi pada pasien dengan stroke ringan. Aplikasi ini berfungsi sebagai jurnal makanan elektronik yang menunjukkan nilai makronutrien makanan yang dikonsumsi dan jumlah kalori harian. Pasien dapat menyimpan makanan yang dikonsumsi dan Aplikasi ini memberikan pengingat dan ringkasan mingguan (Ifejika et al., 2020). Kemanjuran Aplikasi untuk manajemen dan promosi kegiatan sehari-hari yang melibatkan (EEA; yaitu, kegiatan sehari-hari yang berkontribusi pada pengurangan faktor risiko stroke) telah dievaluasi pada subjek yang terkena serangan iskemik

transien yang menunjukkan hasil yang menjanjikan dengan peningkatan EEA yang efektif (Patomella et al., 2021). Movies4Stroke adalah Aplikasi yang menampilkan serangkaian video edukasi dan informatif untuk pasien stroke. Video-video tersebut berisi saran yang berguna tentang cara melakukan pertolongan pertama, saran tentang kegiatan dengan tujuan rehabilitasi, cara meningkatkan kemampuan menelan untuk mengurangi risiko pneumonia aspirasi, obat-obatan yang digunakan pada stroke dan faktor risiko yang terkait dengan kejadian stroke baru.

Meskipun AF adalah penyebab utama stroke kardioemboli, 9% hingga 25% kasus, penyebab emboli tidak teridentifikasi (stroke emboli yang tidak diketahui sumbernya [ESUS]) (George, 2020). Mendeteksi AF sangat penting untuk memulai terapi antikoagulan dan mengurangi risiko stroke berulang, yang meningkat sekitar 2,1 kali lipat pada pasien AF dibandingkan dengan pasien AF yang menjalani terapi antikoagulan.

Perangkat yang dapat dikenakan dapat digunakan sebagai pendeteksi AF. Ada beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa jam tangan pintar dapat mendeteksi kejadian AF (Beerten et al., 2021). Perangkat seperti ikat pinggang (Santala et al., 2021), elektrokardiogram (EKG) miniatur yang dihubungkan dengan aplikasi ponsel pintar, dan perangkat yang diletakkan di dada pasien juga telah digunakan (Magnusson et al., 2018, 2020).

Aplikasi lain yang berguna dalam manajemen AF adalah Aplikasi seluler AFib 2gether (Kapoor, Andrade, et al.,

2021; Kapoor, Hayes, et al., 2021), yang dikembangkan oleh Pfizer Inc (New York, NY, AS). Ini adalah alat yang berguna untuk berbagi pengambilan keputusan mengenai terapi antikoagulan untuk AF. Pasien akan memasukkan data klinis mereka ke dalam Aplikasi, yang akan menghasilkan skor risiko stroke tahunan. Fitur lain dari Aplikasi ini memungkinkan pasien untuk memilih serangkaian pertanyaan tentang terapi antikoagulasi. Penyedia layanan dapat meninjau data pasien serta pertanyaan yang diajukan pasien dalam Aplikasi untuk didiskusikan sebelum kunjungan. Tujuan dari Aplikasi ini adalah untuk membantu pasien mengambil keputusan yang tepat tentang terapi antikoagulasi.

IV. DISCUSSION

Pasien dengan penyakit yang bergantung pada waktu memerlukan beberapa evaluasi dalam rentang waktu yang terbatas, dan stroke adalah paradigma penting dari jenis penyakit ini. Alat-alat canggih, dengan penerapan teknologi baru dalam praktik klinis, yang mampu mengurangi evaluasi, dan waktu perawatan, mungkin bermanfaat bagi pasien dan dokter. Dalam tinjauan naratif ini, kami merangkum penelitian terbaru yang mengevaluasi Aplikasi yang digunakan dalam pengaturan stroke pada setiap tahap manajemen: tahap pra-rumah sakit, rawat inap di rumah sakit, dan periode rehabilitasi setelah keluar dari rumah sakit.

Kami menemukan bahwa fase dengan jumlah Aplikasi khusus terbesar adalah fase rehabilitasi. Di sisi lain, sementara manajemen stroke di rumah sakit telah menjadi lebih kompleks setelah penerapan jendela pengobatan trombolitik dan endovaskular yang diperpanjang, sehingga menyulitkan bahkan bagi ahli saraf yang berpengalaman sekalipun untuk membuat pilihan yang tepat dalam pengaturan yang sesuai (Powers et al., 2019), belum ada pertumbuhan Aplikasi secara simultan untuk membantu dokter pada tahap ini. Mensintesis jumlah informasi dan kompleksitas algoritma pengobatan terbaru ke dalam sistem CDSS yang interaktif dapat menyederhanakan manajemen pasien stroke dan meningkatkan kepatuhan terhadap pedoman. Di antara Aplikasi yang ditinjau, hanya Aplikasi Evaluasi Stroke Akut yang terbukti memiliki fitur serupa tetapi, meskipun hasil penelitian yang dilakukan bagus, saat ini belum

tersedia di pasaran. Aplikasi intrahospital lainnya berfokus pada pembentukan tim online untuk membantu manajemen fase akut.

Setiap tahap penanganan stroke memiliki ciri khas, dan alat-alat ini harus menghadapi tujuan yang spesifik. Pada tahap pra-rumah sakit, diagnosis dan pengurangan DNT adalah penentu utama hasil akhir pasien (Powers et al., 2019). Tujuan akhirnya adalah untuk menentukan waktu timbulnya gejala dengan lebih tepat, sebuah parameter mendasar untuk menetapkan jalur terapi yang tepat.

Beberapa aplikasi telah dikembangkan untuk membantu mengenali gejala (iLAMA (Yao et al., 2021) dan memperlancar saluran komunikasi antara petugas penyelamat dan rumah sakit. Aplikasi lain seperti FAST-ED, SPSMS (Nakae et al., 2014), ESN (Mansour et al., 2021), dan Stroke119 (Nam et al., 2013) memungkinkan untuk berbagi data pasien dengan ahli saraf rumah sakit, sehingga menghindari hilangnya informasi selama perjalanan ke rumah sakit. Di sisi lain, kepatuhan terhadap pedoman merupakan salah satu penentu utama prognosis pasien dalam manajemen stroke di rumah sakit. Memandu para praktisi dalam pilihan terapi yang tepat adalah fungsi utama dari Aplikasi lain yang tersedia. JOIN (Munich et al., 2017), Stop Stroke, dan Actfast (Andrew et al., 2017; Noone et al., 2020) memungkinkan panggilan video dengan ahli saraf yang berpengalaman untuk membantu keputusan terapeutik. Aplikasi evaluasi stroke akut Mayo Clinic (Rubin et al., 2014) dirancang dengan kerangka kerja CDSS dan menyediakan akses yang

mudah dan cepat ke pedoman, tetapi seperti yang disebutkan sebelumnya, Aplikasi ini tidak diperbarui dengan pedoman baru dan jendela pengobatan yang diperpanjang.

Setelah dirawat di rumah sakit, langkah penting lainnya dalam pemulihan stroke adalah rehabilitasi saraf. Mempercepat pemulihan, memantau proses rehabilitasi dan mengendalikan faktor risiko adalah fitur utama dari proses rehabilitasi stroke. Penyebaran penggunaan ponsel pintar memiliki dampak besar dalam fase rehabilitasi stroke seperti yang ditunjukkan oleh sejumlah besar penelitian yang menjelaskan Aplikasi yang secara khusus dikembangkan untuk meningkatkan tahap pemulihan stroke ini. Selain itu, penggunaan sensor yang tertanam pada smartphone (giroskop dan akselerometer), bersama dengan teknologi tambahan yang dapat dikenakan, menyediakan pemantauan konstan fase rehabilitasi yang mengukur dan merekam parameter seperti berjalan, postur tubuh, dan keseimbangan (Chae et al., 2020; Faria et al., 2019; Lawson et al., 2017; Lin et al., 2020; Polese et al., 2019; Zhang et al., 2016) serta memastikan pemantauan parameter vital secara terus menerus dengan tujuan manajemen faktor risiko stroke yang lebih komprehensif. Selain itu, teknologi berbasis telemedicine memungkinkan penyedia layanan kesehatan untuk melacak latihan dan kemajuan pasien dari jarak jauh. Namun, telekonsultasi tidak selalu memungkinkan karena keterbatasan teknologi dan logistik seperti keberadaan jaringan internet yang efektif dan kehadiran konsultan yang aktif selama 24 jam. Peraturan

penanganan dan pembagian data sensitif dengan pihak ketiga merupakan keterbatasan lain dalam penggunaan teknologi ini, karena hukum yang berlaku di setiap negara berbeda-beda. Sistem yang berdiri sendiri yang membantu konsultasi pedoman dan rekomendasi baru yang lebih cepat dan disederhanakan adalah tujuan yang mungkin untuk aplikasi baru.

Aspek penting lainnya dalam m-Health adalah regulasi dan standarisasi perangkat lunak klinis sebelum dipasarkan. Tahap ini hanya diperuntukkan bagi Aplikasi yang dikonfigurasi sebagai "perangkat lunak sebagai perangkat medis," yang tujuannya adalah untuk diagnosis, penyembuhan, mitigasi, atau pengobatan penyakit. Badan Pengawas Obat dan Makanan Amerika Serikat (FDA) (Fda, n.d.) dan mitra Uni Eropa membedakan antara Aplikasi berisiko tinggi terhadap kesehatan (yang memerlukan regulasi lebih ketat dan memerlukan validasi klinis melalui uji klinis) dan Aplikasi berisiko rendah terhadap kesehatan. Dalam tinjauan kami, Aplikasi berisiko tinggi adalah Aplikasi dengan fungsionalitas CDSS seperti FAST-ED dan SPMIS yang merespons data pasien dengan memberikan keluaran yang ditandai dengan saran terapeutik. Memang, sangat penting bahwa keluaran yang dihasilkan oleh Aplikasi dikontrol dan distandardisasi untuk menghindari pendekatan terapeutik yang berpotensi berisiko. Aplikasi berisiko tinggi lainnya adalah yang diimplementasikan oleh sensor (seperti Aplikasi rehabilitasi dan analisis EKG). Data klinis yang dikumpulkan dari Aplikasi tersebut harus dapat diandalkan dan direproduksi.

Selain itu, setiap perangkat yang dapat dikenakan harus melewati validasi teknis yang dianggap aman bagi pasien (Izmailova et al., 2018). Selain itu, fase validasi dan regulasi merupakan langkah yang dapat memperlambat pengembangan perangkat lunak dan fase masuk ke pasar. Selain itu, hal ini juga dapat menghambat investasi di lapangan. Di sisi lain, pengawasan diperlukan untuk perangkat lunak dan perangkat yang digunakan untuk tujuan medis karena dapat menimbulkan risiko bagi kesehatan atau privasi pasien. Legislasi di masa depan harus fokus pada cara-cara untuk merampingkan tinjauan oleh badan pengatur untuk mengurangi waktu tunggu sambil tetap menjaga prosedur kontrol yang memadai.

Penulis tidak dapat menemukan perbandingan di antara studi-studi yang diinklusi untuk menilai seberapa besar potensi kekuatan dan kelemahan Aplikasi yang tersedia karena beberapa di antaranya merupakan studi yang sifatnya "Proof of Principle", dan trial tidak dilakukan pada keseluruhan Aplikasi yang dimasukkan.

V. CONCLUSION

Beberapa penelitian mengevaluasi kegunaan Aplikasi untuk meningkatkan manajemen pada tahap akut dan kronis stroke. Untuk fase akut stroke, beberapa Aplikasi telah dirancang dengan tujuan utama untuk membantu komunikasi dan berbagi data klinis pasien di antara penyedia layanan kesehatan. Namun, Aplikasi sistem CDSS interaktif yang bertujuan untuk membantu dokter masih kurang. Penelitian lebih lanjut diperlukan karena

alat pendukung tersebut dapat memberikan kemajuan yang relevan untuk meningkatkan manajemen stroke akut dan hasil klinis.

REFERENCES

- Andrew. B. Y., Stack, C. M., Yang, J. P., & Dodds, J. A. (2017). mStroke: "Mobile Stroke"—Improving Acute Stroke Care with Smartphone Technology. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 26(7), 1449–1456. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.03.016>
- AU - Choi, Y.-H., & AU - Paik, N.-J. (2018). Mobile Game-based Virtual Reality Program for Upper Extremity Stroke Rehabilitation. *JoVE*, 133, e56241. <https://doi.org/doi:10.3791/56241>
- Beerten, S. G., Proesmans, T., & Vaes, B. (2021). A Heart Rate Monitoring App (FibriCheck) for Atrial Fibrillation in General Practice: Pilot Usability Study. *JMIR Form Res*, 5(4), e24461. <https://doi.org/10.2196/24461>
- Cai, H., Lin, T., Chen, L., Weng, H., Zhu, R., Chen, Y., & Cai, G. (2021). Evaluating the effect of immersive virtual reality technology on gait rehabilitation in stroke patients: a study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 22(1), 91. <https://doi.org/10.1186/s13063-021-05031-z>

- Chae, S. H., Kim, Y., Lee, K.-S., & Park, H.-S. (2020). Development and Clinical Evaluation of a Web-Based Upper Limb Home Rehabilitation System Using a Smartwatch and Machine Learning Model for Chronic Stroke Survivors: Prospective Comparative Study. *JMIR Mhealth Uhealth*, *8*(7), e17216. <https://doi.org/10.2196/17216>
- Coleman, E. R., Moudgal, R., Lang, K., Hyacinth, H. I., Awosika, O. O., Kissela, B. M., & Feng, W. (2017). Early Rehabilitation After Stroke: a Narrative Review. *Current Atherosclerosis Reports*, *19*(12), 59. <https://doi.org/10.1007/s11883-017-0686-6>
- Ebinger, M., Winter, B., Wendt, M., Weber, J. E., Waldschmidt, C., Rozanski, M., Kunz, A., Koch, P., Kellner, P. A., Gierhake, D., Villringer, K., Fiebach, J. B., Grittner, U., Hartmann, A., Mackert, B.-M., Endres, M., Audebert, H. J., & Consortium, for the S. (2014). Effect of the Use of Ambulance-Based Thrombolysis on Time to Thrombolysis in Acute Ischemic Stroke: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*, *311*(16), 1622–1631. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.2850>
- Ekeland, A. G., Bowes, A., & Flottorp, S. (2010). Effectiveness of telemedicine: A systematic review of reviews. *International Journal of Medical Informatics*, *79*(11), 736–771. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2010.08.006>
- Faria, G. S., Polese, J. C., Ribeiro-Samora, G. A., Scianni, A. A., Faria, C. D. C. M., & Teixeira-Salmela, L. F. (2019). Validity of the accelerometer and smartphone application in estimating energy expenditure in individuals with chronic stroke. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, *23*(3), 236–243. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2018.08.003>
- Fda. (n.d.). *Policy for Device Software Functions and Mobile Medical Applications Guidance for Industry and Food and Drug Administration Staff Preface Public Comment*. <https://www.fda.gov/vaccines-blood-biologics/guidance-compliance-regulatory-information->
- Feigin, V. L., Roth, G. A., Naghavi, M., Parmar, P., Krishnamurthi, R., Chugh, S., Mensah, G. A., Norrving, B., Shiue, I., Ng, M., Estep, K., Cercy, K., Murray, C. J. L., & Forouzanfar, M. H. (2016). Global burden of stroke and risk factors in 188 countries, during 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet Neurology*, *15*(9), 913–924. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(16\)30073-4](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(16)30073-4)
- Frank, B., Fabian, F., Brune, B., Bozkurt, B., Deuschl, C., Nogueira, R. G., Kleinschnitz, C., & Köhrmann, M. (2021).

- Validation of a shortened FAST-ED algorithm for smartphone app guided stroke triage. *Therapeutic Advances in Neurological Disorders*, 14, 17562864211057640. <https://doi.org/10.1177/17562864211057639>
- Fruhworth, V., Berger, L., Gattringer, T., Fandler-Höfler, S., Kneihsl, M., Schwerdtfeger, A., Weiss, E. M., Enzinger, C., & Pinter, D. (2022). Evaluation of a Newly Developed Smartphone App for Risk Factor Management in Young Patients With Ischemic Stroke: A Pilot Study. *Frontiers in Neurology*, 12. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fneur.2021.791545>
- George, N. (2020). Embolic Stroke of Undetermined Source. *Journal of the American College of Cardiology*, 75(3), 333–340. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.11.024>
- Hsia, A. W., Castle, A., Wing, J. J., Edwards, D. F., Brown, N. C., Higgins, T. M., Wallace, J. L., Koslosky, S. S., Gibbons, M. C., Sánchez, B. N., Fokar, A., Shara, N., Morgenstern, L. B., & Kidwell, C. S. (2011). Understanding Reasons for Delay in Seeking Acute Stroke Care in an Underserved Urban Population. *Stroke*, 42(6), 1697–1701. <https://doi.org/10.1161/STROKE.AHA.110.604736>
- Ifejika, N. L., Bhadane, M., Cai, C. C., Noser, E. A., Grotta, J. C., & Savitz, S. I. (2020). Use of a Smartphone-Based Mobile App for Weight Management in Obese Minority Stroke Survivors: Pilot Randomized Controlled Trial With Open Blinded End Point. *JMIR Mhealth Uhealth*, 8(4), e17816. <https://doi.org/10.2196/17816>
- International Telecommunication Union (ITU). (2021). *How COVID-19 accelerated digital healthcare*. <https://www.itu.int/hub/2021/04/how-covid-19-accelerated-digital-healthcare/>
- Izmailova, E. S., Wagner, J. A., & Perakslis, E. D. (2018). Wearable Devices in Clinical Trials: Hype and Hypothesis. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 104(1), 42–52. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/cpt.966>
- Kapoor, A., Andrade, A., Hayes, A., Mazor, K., Possidente, C., Nolen, K., Hegeman-Dingle, R., & McManus, D. (2021). Usability, Perceived Usefulness, and Shared Decision-Making Features of the AFib 2gether Mobile App: Protocol for a Single-Arm Intervention Study. *JMIR Res Protoc*, 10(2), e21986. <https://doi.org/10.2196/21986>
- Kapoor, A., Hayes, A., Patel, J., Patel, H., Andrade, A., Mazor, K., Possidente, C., Nolen, K., Hegeman-Dingle, R., & McManus, D. (2021). Usability and Perceived Usefulness of the AFib 2gether Mobile App in a Clinical Setting: Single-Arm Intervention Study. *JMIR Cardio*, 5(2), e27016. <https://doi.org/10.2196/27016>

- Katan Andreas, M. L. (2018). Global Burden of Stroke. *Seminars in Neurology*, 38(02), 208–211. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1649503>
- Kleindorfer, D. O., Towfighi, A., Chaturvedi, S., Cockroft, K. M., Gutierrez, J., Lombardi-Hill, D., Kamel, H., Kernan, W. N., Kittner, S. J., Leira, E. C., Lennon, O., Meschia, J. F., Nguyen, T. N., Pollak, P. M., Santangeli, P., Sharrief, A. Z., Smith, S. C., Turan, T. N., & Williams, L. S. (2021). 2021 Guideline for the Prevention of Stroke in Patients With Stroke and Transient Ischemic Attack: A Guideline From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, 52(7), e364–e467. <https://doi.org/10.1161/STR.00000000000375>
- Krishnamurthi, R., Hale, L., Barker-Collo, S., Theadom, A., Bhattacharjee, R., George, A., Arroll, B., Ranta, A., Waters, D., Wilson, D., Sandiford, P., Gall, S., Parmar, P., Bennett, D., & Feigin, V. (2019). Mobile Technology for Primary Stroke Prevention. *Stroke*, 50(1), 196–198. <https://doi.org/10.1161/STROKE.AHA.118.023058>
- Ku, J. P., & Sim, I. (2021). Mobile Health: making the leap to research and clinics. *Npj Digital Medicine*, 4(1), 83. <https://doi.org/10.1038/s41746-021-00454-z>
- Kunz, W. G., Hunink, M. G., Almekhlafi, M. A., Menon, B. K., Saver, J. L., Dippel, D. W. J., Majoie, C. B. L. M., Jovin, T. G., Davalos, A., Bracard, S., Guillemin, F., Campbell, B. C. V, Mitchell, P. J., White, P., Muir, K. W., Brown, S., Demchuk, A. M., Hill, M. D., Goyal, M., & Collaborators, the H. (2020). Public health and cost consequences of time delays to thrombectomy for acute ischemic stroke. *Neurology*, 95(18), e2465. <https://doi.org/10.1212/WNL.00000000010867>
- Lakhan, S. E., & Sapko, M. T. (2009). Blood pressure lowering treatment for preventing stroke recurrence: a systematic review and meta-analysis. *International Archives of Medicine*, 2(1), 30. <https://doi.org/10.1186/1755-7682-2-30>
- Lawson, S., Tang, Z., & Feng, J. (2017). Supporting Stroke Motor Recovery Through a Mobile Application: A Pilot Study. *The American Journal of Occupational Therapy*, 71(3), 7103350010p1-7103350010p5. <https://doi.org/10.5014/ajot.2017.025023>
- Li, J., & Carayon, P. (2021). Health Care 4.0: A vision for smart and connected health care. *IISE Transactions on Healthcare Systems Engineering*, 11(3), 171–180. <https://doi.org/10.1080/24725579.2021.1884627>
- Li, L., Huang, J., Wu, J., Jiang, C., Chen, S., Xie, G., Ren, J., Tao, J., Chan, C. C. H., Chen, L., & Wong, A. W. K. (2020). A

- Mobile Health App for the Collection of Functional Outcomes After Inpatient Stroke Rehabilitation: Pilot Randomized Controlled Trial. *JMIR Mhealth Uhealth*, 8(5), e17219.
<https://doi.org/10.2196/17219>
- Lima, F. O., Silva, G. S., Furie, K. L., Frankel, M. R., Lev, M. H., Camargo, É. C. S., Haussen, D. C., Singhal, A. B., Koroshetz, W. J., Smith, W. S., & Nogueira, R. G. (2016). Field Assessment Stroke Triage for Emergency Destination. *Stroke*, 47(8), 1997–2002.
<https://doi.org/10.1161/STROKE.AHA.116.013301>
- Lin, N. C. J., Hayward, K. S., D’Cruz, K., Thompson, E., Li, X., & Lannin, N. A. (2020). Validity and reliability of a smartphone inclinometer app for measuring passive upper limb range of motion in a stroke population*. *Disability and Rehabilitation*, 42(22), 3243–3249.
<https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1585972>
- Magnusson, P., Koyi, H., & Mattsson, G. (2018). A protocol for a prospective observational study using chest and thumb ECG: transient ECG assessment in stroke evaluation (TEASE) in Sweden. *BMJ Open*, 8(4), e019933.
<https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-019933>
- Magnusson, P., Lyren, A., & Mattsson, G. (2020). Diagnostic yield of chest and thumb ECG after cryptogenic stroke, Transient ECG Assessment in Stroke Evaluation (TEASE): an observational trial. *BMJ Open*, 10(9), e037573.
<https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-037573>
- Mansour, O. Y., Ramadan, I., Elfatry, A., Hamdi, M., Abudu, A., Hassan, T., Eldeeb, H., Marouf, H., Mogahed, M., Farouk, M., Abas, M., Hamed, M., Afify, M., Abdallah, T., & Zaidat, O. (2021). Using ESN-Smartphone Application to Maximize AIS Reperfusion Therapy in Alexandria Stroke Network: A Stroke Chain of Survival Organizational Model. *Frontiers in Neurology*, 12.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fneur.2021.597717>
- Martins, S. C. O., Weiss, G., Almeida, A. G., Brondani, R., Carbonera, L. A., de Souza, A. C., Martins, M. C. O., Nasi, G., Nasi, L. A., Batista, C., Sousa, F. B., Rockenbach, M. A. B. C., Gonçalves, F. M., Vedolin, L. M., & Nogueira, R. G. (2020). Validation of a Smartphone Application in the Evaluation and Treatment of Acute Stroke in a Comprehensive Stroke Center. *Stroke*, 51(1), 240–246.
<https://doi.org/10.1161/STROKE.AHA.119.026727>
- Mikulík, R., Kadlecová, P., Czlonkowska, A., Kobayashi, A., Brozman, M., Švigelj, V., Csiba, L., Fekete, K., Kőr, J., Demarin, V., Vilionskis, A., Jatuzis, D., Krespi, Y., & Ahmed, N. (2012). Factors Influencing In-Hospital Delay in

- Treatment With Intravenous Thrombolysis. *Stroke*, 43(6), 1578–1583.
<https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.111.644120>
- Mohan, K. M., Wolfe, C. D. A., Rudd, A. G., Heuschmann, P. U., Kolominsky-Rabas, P. L., & Grieve, A. P. (2011). Risk and Cumulative Risk of Stroke Recurrence. *Stroke*, 42(5), 1489–1494.
<https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.110.602615>
- Mosley, I., Nicol, M., Donnan, G., Patrick, I., Kerr, F., & Dewey, H. (2007). The Impact of Ambulance Practice on Acute Stroke Care. *Stroke*, 38(10), 2765–2770.
<https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.107.483446>
- Motolese, F., Capone, F., & Di Lazzaro, V. (2022). Chapter 21 - New tools for shaping plasticity to enhance recovery after stroke. In A. Quartarone, M. F. Ghilardi, & F. Boller (Eds.), *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 184, pp. 299–315). Elsevier.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819410-2.00016-3>
- Motolese, F., Magliozzi, A., Vico, C., Falato, E., Pilato, F., & Lazzaro, V. Di. (2022). *A smart-device based secondary prevention program for cerebrovascular disease patients: a randomized trial*.
<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1251620/v1>
- Munich, S. A., Tan, L. A., Nogueira, D. M., Keigher, K. M., Chen, M., Crowley, R. W., Conners, J. J., & Lopes, D. K. (2017). Mobile Real-time Tracking of Acute Stroke Patients and Instant, Secure Inter-team Communication - the Join App. *Ni*, 12(2), 69–76.
<https://doi.org/10.5469/neuroint.2017.12.2.69>
- Nakae, T., Kataoka, H., Kuwata, S., & Iihara, K. (2014). Smartphone-Assisted Prehospital Medical Information System for Analyzing Data on Prehospital Stroke Care. *Stroke*, 45(5), 1501–1504.
<https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.114.004872>
- Nam, H. S., Heo, J., Kim, J., Kim, Y. D., Song, T. J., Park, E., & Heo, J. H. (2013). Development of Smartphone Application That Aids Stroke Screening and Identifying Nearby Acute Stroke Care Hospitals. *Bytes.Php*, 55(1), 25–29.
<https://doi.org/10.3349/ymj.2014.55.1.25>
- Ní Chróinín, D., Asplund, K., Åsberg, S., Callaly, E., Cuadrado-Godia, E., Díez-Tejedor, E., Di Napoli, M., Engelter, S. T., Furie, K. L., Giannopoulos, S., Gotto, A. M., Hannon, N., Jonsson, F., Kapral, M. K., Martí-Fàbregas, J., Martínez-Sánchez, P., Milionis, H. J., Montaner, J., Muscari, A., ... Kelly, P. J. (2013). Statin Therapy and Outcome After Ischemic Stroke. *Stroke*, 44(2), 448–456.
<https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.112.668277>

- Nogueira, R. G., Silva, G. S., Lima, F. O., Yeh, Y.-C., Fleming, C., Branco, D., Yancey, A. H., Ratcliff, J. J., Wages, R. K., Doss, E., Bouslama, M., Grossberg, J. A., Haussen, D. C., Sakano, T., & Frankel, M. R. (2017). The FAST-ED App: A Smartphone Platform for the Field Triage of Patients With Stroke. *Stroke*, *48*(5), 1278–1284.
<https://doi.org/10.1161/STROKE.AHA.116.016026>
- Noone, M. L., Moideen, F., Krishna, R. B., Pradeep Kumar, V. G., Karadan, U., Chellenton, J., & Salam, K. A. (2020). Mobile App Based Strategy Improves Door-to-Needle Time in the Treatment of Acute Ischemic Stroke. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, *29*(12), 105319.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.105319>
- O'Donnell, M. J., Xavier, D., Liu, L., Zhang, H., Chin, S. L., Rao-Melacini, P., Rangarajan, S., Islam, S., Pais, P., McQueen, M. J., Mondo, C., Damasceno, A., Lopez-Jaramillo, P., Hankey, G. J., Dans, A. L., Yusuf, K., Truelsen, T., Diener, H.-C., Sacco, R. L., ... Yusuf, S. (2010). Risk factors for ischaemic and intracerebral haemorrhagic stroke in 22 countries (the INTERSTROKE study): a case-control study. *The Lancet*, *376*(9735), 112–123.
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)60834-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)60834-3)
- Owolabi, M. O., Thrift, A. G., Mahal, A., Ishida, M., Martins, S., Johnson, W. D., Pandian, J., Abd-Allah, F., Yaria, J., Phan, H. T., Roth, G., Gall, S. L., Beare, R., Phan, T. G., Mikulik, R., Akinyemi, R. O., Norrving, B., Brainin, M., Feigin, V. L., ... Zhang, P. (2022). Primary stroke prevention worldwide: translating evidence into action. *The Lancet Public Health*, *7*(1), e74–e85.
[https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(21\)00230-9](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(21)00230-9)
- Patomella, A. H., Farias, L., Eriksson, C., Guidetti, S., & Asaba, E. (2021). Engagement in everyday activities for prevention of stroke: Feasibility of an mhealth-supported program for people with tia. *Healthcare (Switzerland)*, *9*(8).
<https://doi.org/10.3390/healthcare9080968>
- Pedicelli, A., Valente, I., Pilato, F., Distefano, M., & Colosimo, C. (2020). Stroke priorities during COVID-19 outbreak: acting both fast and safe. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, *29*(8), 104922.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.104922>
- Polese, J. C., e Faria, G. S., Ribeiro-Samora, G. A., Lima, L. P., Coelho de Moraes Faria, C. D., Scianni, A. A., & Teixeira-Salmela, L. F. (2019). Google fit smartphone application or Gt3X Actigraph: Which is better for

- detecting the stepping activity of individuals with stroke? A validity study. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 23(3), 461–465. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.01.011>
- Powers, W. J., Rabinstein, A. A., Ackerson, T., Adeoye, O. M., Bambakidis, N. C., Becker, K., Biller, J., Brown, M., Demaerschalk, B. M., Hoh, B., Jauch, E. C., Kidwell, C. S., Leslie-Mazwi, T. M., Ovbiagele, B., Scott, P. A., Sheth, K. N., Southerland, A. M., Summers, D. V., Tirschwell, D. L., & null, null. (2019). Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke: 2019 Update to the 2018 Guidelines for the Early Management of Acute Ischemic Stroke: A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, 50(12), e344–e418. <https://doi.org/10.1161/STR.000000000000211>
- Prabhakaran, S., Ward, E., John, S., Lopes, D. K., Chen, M., Temes, R. E., Mohammad, Y., Lee, V. H., & Bleck, T. P. (2011). Transfer Delay Is a Major Factor Limiting the Use of Intra-Arterial Treatment in Acute Ischemic Stroke. *Stroke*, 42(6), 1626–1630. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.110.609750>
- Rubin, M. N., Fugate, J. E., Barrett, K. M., Rabinstein, A. A., & Flemming, K. D. (2014). An Acute Stroke Evaluation App: A Practice Improvement Project. *The Neurohospitalist*, 5(2), 63–69. <https://doi.org/10.1177/1941874414564982>
- Sandercock, P. A. G., Counsell, C., & Kane, E. J. (2015). Anticoagulants for acute ischaemic stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 3. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000024.pub4>
- Santala, O. E., Halonen, J., Martikainen, S., Jäntti, H., Rissanen, T. T., Tarvainen, M. P., Laitinen, T. P., Laitinen, T. M., Väliäho, E.-S., Hartikainen, J. E. K., Martikainen, T. J., & Lipponen, J. A. (2021). Automatic Mobile Health Arrhythmia Monitoring for the Detection of Atrial Fibrillation: Prospective Feasibility, Accuracy, and User Experience Study. *JMIR Mhealth Uhealth*, 9(10), e29933. <https://doi.org/10.2196/29933>
- Saver, J. L., Fonarow, G. C., Smith, E. E., Reeves, M. J., Grau-Sepulveda, M. V., Pan, W., Olson, D. M., Hernandez, A. F., Peterson, E. D., & Schwamm, L. H. (2013). Time to Treatment With Intravenous Tissue Plasminogen Activator and Outcome From Acute Ischemic Stroke. *JAMA*, 309(23), 2480–2488. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.6959>
- Seo, W.-K., Kang, J., Jeon, M., Lee, K., Lee, S., Kim, J. H., Oh, K., &

- Koh, S.-B. (2015). Feasibility of Using a Mobile Application for the Monitoring and Management of Stroke-Associated Risk Factors. *Jcn*, 11(2), 142–148. <https://doi.org/10.3988/jcn.2015.11.2.142>
- U.S Food and Drug Administration. (2020, September 22). *What is Digital Health?* <https://www.fda.gov/medical-devices/digital-health-center-excellence/what-digital-health>
- Walter, S., Kostopoulos, P., Haass, A., Keller, I., Lesmeister, M., Schlechtriemen, T., Roth, C., Papanagiotou, P., Grunwald, I., Schumacher, H., Helwig, S., Viera, J., Körner, H., Alexandrou, M., Yilmaz, U., Ziegler, K., Schmidt, K., Dabew, R., Kubulus, D., ... Fassbender, K. (2012). Diagnosis and treatment of patients with stroke in a mobile stroke unit versus in hospital: a randomised controlled trial. *The Lancet Neurology*, 11(5), 397–404. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(12\)70057-1](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(12)70057-1)
- Watson, H. A., Tribe, R. M., & Shennan, A. H. (2019). The role of medical smartphone apps in clinical decision-support: A literature review. *Artificial Intelligence in Medicine*, 100, 101707. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.artmed.2019.101707>
- Wolf, P. A., D'Agostino, R. B., Belanger, A. J., & Kannel, W. B. (1991). Probability of stroke: a risk profile from the Framingham Study. *Stroke*, 22(3), 312–318. <https://doi.org/10.1161/01.STR.22.3.312>
- Wong, B. L. H., Maaß, L., Vodden, A., van Kessel, R., Sorbello, S., Buttigieg, S., & Odone, A. (2022). The dawn of digital public health in Europe: Implications for public health policy and practice. *The Lancet Regional Health – Europe*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2022.100316>
- Xu, J., Qian, X., Yuan, M., & Wang, C. (2023). Effects of mobile phone App-based continuing nursing care on self-efficacy, quality of life, and motor function of stroke patients in the community. *Acta Neurologica Belgica*, 123(1), 107–114. <https://doi.org/10.1007/s13760-021-01628-y>
- Yao, K., Wong, K. K., Yu, X., Volpi, J., & Wong, S. T. C. (2021). An Intelligent Augmented Lifelike Avatar App for Virtual Physical Examination of Suspected Strokes. *2021 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)*, 1727–1730. <https://doi.org/10.1109/EMBC46164.2021.9629720>
- Zhang, M. W., Chew, P. Y., Yeo, L. L., & Ho, R. C. (2016). The untapped potential of smartphone sensors for stroke rehabilitation and after-care. *Technology and Health Care*, 24, 139–143. <https://doi.org/10.3233/THC-151099>