



## LITERATUR REVIEW TERHADAP PENGGUNAAN VIRTUAL REALITY DALAM REHABILITASI FUNGSI MOTORIK PASIEN STROKE

<sup>1</sup>Oktaviani Rizqi Wahyuningtyas, <sup>2</sup>Pingkan Priscilla Mareta Worang, <sup>3</sup>Suci Tuty Putri, <sup>4</sup>Upik Rahmi, <sup>5</sup>Ridha Wahdini Anggudi

<sup>1,2</sup>Fakultas Pendidikan Olahraga dan Kesehatan, Universitas Pendidikan Indonesia

Email: [oktavianirizqi@upi.edu](mailto:oktavianirizqi@upi.edu), [Pichillaaa@upi.edu](mailto:Pichillaaa@upi.edu)

### ABSTRACT

Virtual reality (VR) technology has gained increasing attention as an adjunct to conventional stroke rehabilitation, particularly in improving upper extremity motor function. VR-based training delivers immersive, repetitive, and task-specific exercises that stimulate neural plasticity and promote active patient participation. These interventions have shown positive effects on upper limb mobility, balance, gait, and overall motor recovery. The engaging and interactive nature of VR also enhances patient motivation and adherence to therapy, which are critical factors in rehabilitation outcomes. Additionally, VR training can be tailored to individual needs and implemented in both clinical and home settings, providing flexibility and continuity of care. Evidence supports the integration of VR as a promising tool that complements traditional rehabilitation by offering accessible, patient-centered, and technology-driven therapy. With its ability to improve functional outcomes and increase patient engagement, VR is positioned as an innovative solution in modern stroke recovery programs.

**Keywords :** Stroke, Exercise, Upper Extremity, Rehabilitation, Virtual Relaity

### ABSTRAK

Teknologi realitas virtual (VR) semakin mendapat perhatian sebagai pelengkap dalam rehabilitasi stroke, khususnya dalam meningkatkan fungsi motorik ekstremitas atas. Pelatihan berbasis VR memberikan latihan yang imersif, berulang, dan spesifik tugas yang dapat merangsang plastisitas saraf serta mendorong partisipasi aktif pasien. Intervensi ini terbukti memberikan dampak positif terhadap mobilitas ekstremitas atas, keseimbangan, pola berjalan, dan pemulihian motorik secara menyeluruh. Sifat VR yang interaktif dan menarik juga meningkatkan motivasi serta kepuasan pasien terhadap terapi, yang merupakan faktor penting dalam keberhasilan rehabilitasi. Selain itu, pelatihan VR dapat disesuaikan dengan kebutuhan individu dan diterapkan baik di fasilitas medis maupun di rumah, sehingga memberikan fleksibilitas dan kesinambungan perawatan. Bukti menunjukkan bahwa integrasi VR merupakan pendekatan menjanjikan yang melengkapi terapi konvensional dengan menawarkan rehabilitasi yang berpusat pada pasien, berbasis teknologi, dan mudah diakses. Dengan kemampuannya dalam meningkatkan hasil fungsional serta keterlibatan pasien, VR menjadi solusi inovatif dalam program pemulihan stroke masa kini.

**Kata Kunci :** Stroke, Latihan, Ekstremitas atas, Rehabilitasi, Virtual Reality

#### Alamat korespondensi :

Jl. Dr. Soetomo No.46 Jurusan Keperawatan Singkawang,  
Poltekkes Kemenkes Pontianak, Kalimantan Barat,Indonesia



## PENDAHULUAN

Stroke merupakan kondisi neurologis yang terjadi akibat gangguan aliran darah ke otak, baik karena penyumbatan pembuluh darah (stroke iskemik) maupun pecahnya pembuluh darah (stroke hemoragik). Gangguan ini dapat menyebabkan kematian sel saraf di area yang terdampak sehingga menimbulkan berbagai gangguan fungsi motorik, sensorik, dan kognitif yang signifikan. Stroke merupakan salah satu penyebab utama kecacatan jangka panjang dan kematian di dunia, dengan dampak yang luas terhadap kualitas hidup pasien, termasuk keterbatasan aktivitas sehari-hari dan gangguan psikologis seperti depresi. Oleh karena itu, rehabilitasi pasca-stroke menjadi aspek krusial dalam upaya pemulihan fungsi dan peningkatan kualitas hidup pasien.

Tinjauan literatur menunjukkan bahwa rehabilitasi stroke telah berkembang dengan pesat, terutama dengan integrasi teknologi digital seperti virtual reality (VR). Studi-studi terkini menyoroti efektivitas terapi berbasis VR dalam meningkatkan fungsi motorik ekstremitas atas, keseimbangan, dan kemandirian aktivitas sehari-hari pada pasien stroke (Saposnik et al., 2016). VR memungkinkan simulasi lingkungan interaktif yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan pasien, memberikan latihan yang lebih menarik dan memotivasi, serta menyediakan umpan balik *real-time* yang membantu pasien memperbaiki gerakan mereka. Selain aspek motorik, terapi VR juga dilaporkan efektif mengurangi gejala depresi dan kecemasan yang sering menyertai pasien pasca-stroke, sehingga mendukung pemulihan psikologis yang lebih baik (Liu et al., 2023).

Penggunaan exercise berbasis virtual reality dalam rehabilitasi stroke telah menunjukkan hasil yang menjanjikan. Meta-analisis oleh Huang et al. (2022) mengungkapkan bahwa terapi VR secara signifikan meningkatkan fungsi motorik ekstremitas atas, rentang gerak, dan kekuatan otot dibandingkan dengan terapi konvensional. Selain itu, terapi VR juga terbukti efektif dalam mengurangi depresi pada pasien stroke, sebagaimana dilaporkan oleh beberapa studi meta-analisis terbaru yang menunjukkan penurunan skor depresi secara signifikan pada kelompok yang menjalani intervensi VR (Huang et al., 2025). Studi pilot oleh Zhang et al. (2021) juga menunjukkan bahwa penggunaan immersive VR dalam aktivitas simulasi sehari-hari, seperti berbelanja, dapat meningkatkan performa okupasi dan kemandirian pasien stroke secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa latihan dengan VR tidak hanya berfokus pada aspek fisik, tetapi juga mendukung fungsi kognitif dan psikososial pasien (Zhang et al., 2021).

Lebih lanjut, terapi VR menawarkan keunggulan berupa fleksibilitas dalam desain latihan, yang dapat disesuaikan dengan tingkat keparahan dan kebutuhan individu pasien. Interaksi yang imersif dan menyenangkan meningkatkan motivasi pasien untuk berpartisipasi aktif dalam proses rehabilitasi, yang merupakan faktor penting dalam keberhasilan terapi jangka panjang (Huang et al., 2025). Selain itu, teknologi VR memungkinkan monitoring dan evaluasi progres yang lebih akurat melalui data digital, sehingga memudahkan tenaga medis dalam menyesuaikan program rehabilitasi secara dinamis (Huang et al., 2025).

Dengan demikian, exercise virtual reality merupakan pendekatan rehabilitasi yang inovatif dan efektif, yang mampu meningkatkan hasil klinis dan kualitas hidup pasien stroke secara menyeluruh. Namun, meskipun potensi exercise VR telah banyak dilaporkan, studi lebih lanjut masih diperlukan untuk mengevaluasi efektivitas jangka panjang serta aspek personalisasi latihan berbasis VR dalam berbagai derajat keparahan stroke.

## METODE

Penulisan artikel ini menggunakan metode tinjauan literatur sistematis (*systematic literature review*), yang bertujuan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mensintesiskan hasil-hasil penelitian terkait efektivitas intervensi latihan (exercise) pada pasien stroke dengan menggunakan VR (virtual reality), khususnya pada fungsi ekstremitas atas. Pencarian artikel ini dilakukan melalui beberapa database ilmiah internasional, yaitu ScienceDirect dan PubMed. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian antara lain: "stroke", "exercise", "upper extremity", "rehabilitation", "virtual reality", dan "systematic review".

### Kriteria Inklusi dan Eksklusi

- Inklusi**
  - Artikel penelitian asli (original research) dan review sistematis/meta-analisis yang membahas terkait intervensi latihan pada pasien dengan stroke.
  - Studi yang dipublikasikan dalam 10 tahun terakhir.
  - Artikel berbahasa Inggris atau Indonesia.
  - Studi yang melaporkan hasil pada fungsi ekstremitas atas atau aktivitas sehari-hari.
- Eksklusi**
  - Artikel yang tidak tersedia *fulltext*.
  - Studi pada populasi non-stroke atau hewan.
  - Studi yang hanya membahas ekstremitas bawah.

### Proses Seleksi Artikel

- Artikel yang diperoleh dari hasil pencarian dan dievaluasi berdasarkan judul dan juga abstrak.
- Artikel yang memenuhi kriteria inklusi dievaluasi lebih lanjut dengan membaca *fulltext*.
- Data dari artikel terpilih diekstraksi dan disusun dalam tabel *review* yang meliputi: judul, penulis, tahun, tujuan penelitian, metode/intervensi, dan hasil utama penelitian.

### Analisis Data

- Data yang telah diekstraksi dianalisis secara naratif dan deskriptif.
- Hasil penelitian dibandingkan untuk menentukan pola, konsistensi, dan perbedaan temuan antar studi.
- Jika memungkinkan, dilakukan sintesis kuantitatif sederhana (misal, rekapitulasi jumlah studi yang menunjukkan hasil yang positif).

### Validitas dan Kredibilitas

- Untuk menjaga validitas, hanya artikel dari jurnal bereputasi dan telah melalui proses pre-review yang diikutsertakan.

- b. Proses seleksi dilakukan secara independen oleh dua penulis, dan perbedaan pendapat diselesaikan melalui diskusi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Review Artikel

No.	Judul, Penulis, Tahun, Negara Asal	Tujuan Penelitian	Intervensi	Hasil Penelitian
1.	Effectiveness of Using Virtual Reality-Supported Exercise Therapy for Upper Extremity Motor Rehabilitation in Patients With Stroke: Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials (Jiayin Chen, Calvin Kalun Or, Tianrong Chen. 2022. Kanada)	Mengevaluasi efektivitas terapi latihan motorik ekstremitas atas berbasis virtual reality (VR) pada pasien pasca stroke. Tujuan ini dilatarbelakangi oleh meningkatnya penggunaan teknologi VR dalam rehabilitasi motorik, khususnya untuk meningkatkan fungsi ekstremitas atas yang sering terganggu setelah stroke. Peneliti ingin mengetahui apakah intervensi berbasis VR dapat memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan terapi konvensional atau tanpa terapi, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat memoderasi efek terapi tersebut.	Terapi latihan motorik ekstremitas atas yang didukung oleh VR. Intervensi ini meliputi penggunaan program VR khusus yang dirancang untuk rehabilitasi maupun game komersial yang dimodifikasi untuk tujuan terapi. Kelompok intervensi menerima terapi latihan motorik menggunakan VR, baik secara mandiri maupun dikombinasikan dengan terapi konvensional, sedangkan kelompok kontrol menerima terapi konvensional saja atau tidak menerima terapi sama sekali. Penelitian ini merupakan meta-analisis dari 43 uji coba terkontrol secara acak (RCT) dengan total 1893 partisipan dewasa pasca stroke.	<p>Terapi latihan motorik ekstremitas atas berbasis VR memberikan peningkatan signifikan pada beberapa aspek dibandingkan dengan kelompok kontrol. Secara khusus, terdapat peningkatan signifikan pada fungsi motorik ekstremitas atas (diukur dengan Fugl-Meyer Assessment-Upper Extremity, SMD 0,45), rentang gerak sendi (goniometer, SMD 1,01), kekuatan otot (Manual Muscle Testing, SMD 0,79), dan kemandirian aktivitas sehari-hari (Functional Independence Measure, SMD 0,23; modified Rankin Scale, SMD 0,57). Namun, efek positif terapi VR ini tidak selalu bertahan lama setelah intervensi selesai, yang menunjukkan perlunya pemantauan dan mungkin pengulangan terapi untuk mempertahankan hasil rehabilitasi.</p> <p>Selain itu, analisis subkelompok mengungkapkan bahwa faktor-faktor seperti usia, tahap pemulihan stroke (subakut vs kronis), jenis program VR, format pemberian terapi, durasi intervensi, dan panjang uji coba dapat memengaruhi efektivitas terapi. Namun, tidak semua hasil rehabilitasi menunjukkan peningkatan yang signifikan; misalnya, untuk beberapa aspek seperti ketangkasan tangan dan kualitas hidup, hasilnya bervariasi tergantung alat ukur yang digunakan.</p> <p>Secara keseluruhan, penelitian ini menyimpulkan bahwa terapi latihan motorik ekstremitas atas berbasis VR efektif untuk meningkatkan beberapa aspek fungsi motorik pada pasien stroke, terutama fungsi motorik dan rentang gerak sendi. Namun, manfaatnya pada kekuatan otot dan kemandirian aktivitas sehari-hari masih bervariasi tergantung pada metode pengukuran, dan efek jangka panjangnya perlu diteliti lebih lanjut. Penelitian ini memberikan bukti kuat bahwa VR dapat menjadi alternatif atau pelengkap terapi konvensional dalam rehabilitasi pasien stroke, namun implementasinya perlu disesuaikan</p>

			dengan karakteristik pasien dan sumber daya yang tersedia.
2.	Virtual Reality Enhanced Exercise Training in Upper Limb Function of Patients With Stroke: Meta-Analytic Study (Shiqi Xu, Yanwen Xu, Ruyi Wen, Jun Wang, Yuyu Qiu, Chetwyn CH Chan. 2025. Kanada)	Mengidentifikasi dan mengevaluasi faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas intervensi berbasis virtual reality (VR) dalam meningkatkan fungsi ekstremitas atas pada pasien pasca stroke. Penelitian ini dilakukan karena hasil-hasil sebelumnya mengenai penggunaan VR dalam rehabilitasi stroke masih bervariasi dan belum konsisten, sehingga diperlukan analisis lebih lanjut untuk menentukan protokol intervensi VR yang optimal.	Terapi latihan ekstremitas atas berbasis VR, baik yang diberikan secara mandiri maupun dikombinasikan dengan terapi konvensional. Kelompok intervensi menerima latihan menggunakan perangkat dan program VR yang dirancang untuk meningkatkan kemampuan motorik, sedangkan kelompok kontrol mendapatkan terapi konvensional atau tidak menerima intervensi tambahan. Penelitian ini merupakan tinjauan sistematis dan meta-analisis terhadap 15 studi dengan total 1243 peserta, yang mencakup pasien stroke dengan rentang usia 48,6 hingga 75,59 tahun. Variabel hasil yang dievaluasi meliputi berbagai tes fungsi motorik ekstremitas atas seperti Action Research Arm Test, Box-Block Test, Functional Independence Measure, Upper Extremity Fugl-Meyer Assessment, dan Wolf Motor Function Test.
3.	The Effectiveness of Therapeutic Exercise Interventions With Virtual Reality on Balance and Walking Among Persons With Chronic Stroke: Systematic Review, Meta-Analysis, and Meta-Regression of Randomized Controlled Trials (Maria Krohn, Aki Rintala, Jaakko Immonen, Tuulikki Sjögren. 2024. Kanada)	Mengevaluasi secara sistematis dan kuantitatif efektivitas intervensi berbasis virtual reality (VR) dalam meningkatkan fungsi motorik ekstremitas atas pada pasien pasca stroke. Latar belakang penelitian ini adalah tingginya angka gangguan motorik ekstremitas atas setelah stroke, yang sering kali menghambat kemandirian dan kualitas hidup pasien, sehingga diperlukan metode rehabilitasi yang inovatif dan efektif.	Kelompok yang menerima terapi berbasis VR mengalami peningkatan signifikan dalam fungsi ekstremitas atas dan kemandirian aktivitas sehari-hari dibandingkan kelompok terapi konvensional. Analisis lebih lanjut menemukan bahwa beberapa faktor berperan penting dalam keberhasilan intervensi VR, yaitu usia lebih muda, total durasi intervensi lebih dari 15 jam, panjang uji coba lebih dari 4 minggu, dan frekuensi latihan lebih dari 4 sesi per minggu. Faktor-faktor ini terbukti secara statistik memberikan dampak yang lebih besar terhadap perbaikan fungsi ekstremitas atas. Namun, desain konten VR—yang mencakup jumlah fitur seperti tugas fungsional, penetapan tujuan individu, kuantifikasi aktivitas, dan penyesuaian dengan kebutuhan pasien—tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap hasil rehabilitasi.  Secara keseluruhan, penelitian ini menyimpulkan bahwa efek terapi VR paling optimal dicapai pada pasien yang lebih muda, dengan total durasi latihan lebih dari 15 jam, dilakukan selama 4-6 minggu, dan frekuensi latihan minimal 4 kali per minggu dengan durasi sesi sekitar 1 jam. Penelitian ini juga menyoroti pentingnya pengaturan dosis dan jadwal latihan yang tepat, sementara pengembangan konten VR yang lebih banyak fitur belum terbukti secara signifikan meningkatkan hasil rehabilitasi. Temuan ini memberikan panduan praktis dalam merancang protokol rehabilitasi berbasis VR untuk pasien stroke, agar hasil yang dicapai lebih maksimal dan konsisten.

		<p>seperti Fugl-Meyer Assessment (FMA), Box and Block Test (BBT), dan Wolf Motor Function Test (WMFT).</p>	<p>perbedaan desain intervensi, karakteristik peserta, serta jenis dan intensitas latihan VR yang digunakan.</p> <p>Secara keseluruhan, penelitian ini menyimpulkan bahwa intervensi rehabilitasi berbasis VR merupakan pendekatan yang efektif untuk meningkatkan fungsi motorik ekstremitas atas pada pasien pasca stroke, terutama jika diterapkan pada fase subakut dan dengan durasi latihan yang memadai. Penelitian ini merekomendasikan penggunaan VR sebagai pelengkap terapi konvensional dalam program rehabilitasi stroke, dengan catatan perlunya penyesuaian intervensi berdasarkan kebutuhan dan karakteristik individu pasien untuk hasil yang optimal.</p>
4.	Effect of Home-Based Virtual Reality Training on Upper Extremity Recovery in Patients With Stroke: Systematic Review (Jiaqi Huang, Yixi Wei, Ping Zhou, Xiaokuo He, Hai Li, Xijun Wei. 2025. Kanada)	<p>Mengevaluasi efektivitas intervensi berbasis virtual reality (VR) dalam meningkatkan fungsi motorik ekstremitas atas dan kemampuan aktivitas sehari-hari (activities of daily living/ADL) pada pasien pasca stroke. Latar belakang penelitian ini adalah kebutuhan akan metode rehabilitasi yang inovatif dan efektif, karena banyak pasien stroke mengalami gangguan fungsi motorik ekstremitas atas yang berdampak pada kemandirian mereka dalam melakukan aktivitas sehari-hari.</p>	<p>Penggunaan teknologi VR sebagai bagian dari program rehabilitasi motorik ekstremitas atas. Intervensi VR yang digunakan bervariasi, mulai dari perangkat khusus rehabilitasi hingga permainan berbasis VR yang dimodifikasi untuk tujuan terapi. Kelompok intervensi menerima latihan motorik dengan bantuan VR, baik secara eksklusif maupun dikombinasikan dengan terapi konvensional, sementara kelompok kontrol mendapatkan terapi konvensional saja atau tidak menerima intervensi tambahan. Penelitian ini merupakan tinjauan sistematis dan meta-analisis dari 26 uji coba terkontrol secara acak (RCT) yang melibatkan total 1.160 pasien stroke.</p>
5.	Effectiveness of Virtual Reality-Based Interventions for	<p>Menganalisis secara sistematis bagaimana metode berbasis teknologi telah</p>	<p>Berbagai metode dan perangkat berbasis teknologi yang digunakan untuk menilai dan mendeteksi</p> <p>Terdapat dua tipe utama kompensasi yang teridentifikasi, yaitu disuse (tidak digunakan) dan awkward use</p>

Upper Limb Motor Function and Activities of Daily Living in Patients With Stroke: Systematic Review and Meta-analysis (Xiaoyi Wang, Yan Fu, Bing Ye, Jessica Babineau, Yong Ding, Alex Mihailidis. 2022. Kanada)

diterapkan untuk menilai dan mendeteksi gerakan kompensasi selama rehabilitasi ekstremitas atas pada pasien pasca stroke. Latar belakang penelitian ini adalah tingginya angka gangguan motorik ekstremitas atas setelah stroke, di mana hingga 80% penderita stroke mengalami masalah ini. Gerakan kompensasi sering digunakan pasien untuk mengatasi keterbatasan fungsi motorik, namun jika tidak dimonitor dengan baik, dapat menghambat proses rehabilitasi dan menimbulkan masalah ortopedi baru dalam jangka panjang. Oleh karena itu, deteksi dan koreksi kompensasi secara intensif sangat penting untuk meningkatkan hasil fungsional rehabilitasi.

kompensasi gerakan pada rehabilitasi ekstremitas atas. Teknologi yang digunakan meliputi sensor yang dipasang di tubuh (body-worn sensors), sistem motion capture berbasis marker, serta sensor penglihatan tanpa marker (marker-free vision sensors). Selain itu, penelitian ini juga mengevaluasi penggunaan metode statistik dan kecerdasan buatan (AI) untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan gerakan kompensasi. Penelitian ini merupakan tinjauan sistematis terhadap 72 studi yang memenuhi kriteria inklusi, dengan peserta terdiri dari penyintas stroke, individu sehat, atau kombinasi keduanya, serta melibatkan berbagai tahapan pemulihan stroke (subakut dan kronis). (penggunaan yang canggung) pada ekstremitas atas yang terkena stroke. Berbagai model dan pengukuran kuantitatif telah dikembangkan untuk mendeteksi kedua tipe kompensasi ini, misalnya dengan mengukur durasi gerakan, kecepatan, displacement, koordinasi antar anggota tubuh, serta penggunaan sinyal elektromiografi (sEMG). Dari segi teknologi, sensor yang dipasang di tubuh merupakan perangkat yang paling banyak digunakan (35% studi), diikuti oleh sistem motion capture berbasis marker (33%) dan sensor penglihatan tanpa marker (22%). Sebagian besar studi (78%) menggunakan metode statistik untuk menilai kompensasi, sementara 21% lainnya mulai menerapkan algoritma machine learning untuk deteksi otomatis gerakan kompensasi dan postur tubuh. Penelitian ini juga menyoroti kelebihan dan kekurangan masing-masing teknologi, serta merekomendasikan pengembangan lebih lanjut pada penggunaan data terbuka dan algoritma klasifikasi multilabel atau *deep learning* untuk meningkatkan deteksi kompensasi secara *real-time*. Secara keseluruhan, artikel ini menyimpulkan bahwa metode berbasis teknologi memiliki potensi besar untuk mendukung penilaian dan deteksi kompensasi secara otomatis dalam rehabilitasi ekstremitas atas pasca stroke, sehingga pasien dapat melakukan latihan secara mandiri tanpa pengawasan terus-menerus dari terapis. Namun, masih diperlukan penelitian lanjutan untuk mengatasi keterbatasan masing-masing teknologi dan meningkatkan akurasi deteksi, terutama dengan memanfaatkan kecerdasan buatan dan data terbuka. Artikel ini memberikan wawasan penting bagi pengembangan sistem rehabilitasi berbasis teknologi yang lebih efektif dan efisien di masa depan.

6. Effectiveness of Virtual Reality-Based Interventions on Upper Limb Motor Function and Activities of Daily Living in Patients With Stroke: Systematic Review and Meta-analysis (Qi Zhang, Yu Fu, Yanhui Lu, Yating Zhang, Qifang Huang, Yajie

Mengevaluasi secara komprehensif efektivitas intervensi berbasis virtual reality (VR) terhadap fungsi kognitif dan kesehatan mental pada pasien pasca stroke. Latar belakang penelitian ini adalah tingginya prevalensi gangguan kognitif dan masalah psikologis, seperti depresi dan penurunan kualitas hidup, pada

Terapi rehabilitasi berbasis VR, baik sebagai intervensi tunggal maupun dikombinasikan dengan terapi lain seperti terapi okupasi atau rehabilitasi kognitif berbantuan komputer. VR yang digunakan meliputi berbagai perangkat, mulai dari layar monitor hingga head-mounted display, dengan sistem yang imersif, semi-imersif, maupun non-imersif. Durasi intervensi bervariasi antara 3 hingga 10

Terapi berbasis VR secara signifikan meningkatkan beberapa domain fungsi kognitif pada pasien stroke, khususnya fungsi eksekutif ( $SMD=0,88$ ), memori ( $SMD=1,44$ ), dan fungsi visuospatial ( $SMD=0,78$ ) dibandingkan dengan terapi konvensional. Namun, tidak ditemukan perbedaan signifikan antara kelompok VR dan kontrol dalam hal fungsi kognitif global, perhatian, fluensi verbal, gejala depresi, maupun kualitas hidup.

Yang, Ke Zhang, Mingzi Li. 2021. (Kanada)	penyintas stroke, serta kebutuhan akan metode rehabilitasi inovatif yang dapat meningkatkan hasil pemulihan kognitif dan psikologis.	minggu, dengan frekuensi 2 hingga 5 kali per minggu. Kelompok kontrol pada studi-studi yang dianalisis menerima terapi rehabilitasi konvensional atau intervensi non-VR lainnya. Penelitian ini merupakan meta-analisis dari 23 uji coba terkontrol secara acak (RCT) yang melibatkan total 894 pasien stroke dari berbagai negara, terutama Korea, Portugal, Spanyol, China, Australia, Lithuania, Brasil, dan Turki.	Artinya, manfaat utama VR lebih menonjol pada aspek-aspek kognitif tertentu, sementara untuk kesehatan mental dan kualitas hidup, hasilnya masih belum konsisten dan memerlukan penelitian lebih lanjut. Penelitian ini juga menyoroti variasi desain intervensi, durasi, serta alat ukur yang digunakan dalam studi-studi yang dianalisis, yang dapat memengaruhi hasil akhir. Secara keseluruhan, artikel ini menyimpulkan bahwa terapi rehabilitasi berbasis VR efektif untuk meningkatkan fungsi eksekutif, memori, dan kemampuan visuospatial pada pasien pasca stroke, sehingga dapat menjadi pelengkap yang menjalankan bagi terapi konvensional. Namun, untuk peningkatan fungsi kognitif global, perhatian, depresi, dan kualitas hidup, bukti yang ada masih terbatas dan diperlukan studi lebih lanjut dengan desain dan metodologi yang lebih seragam. Temuan ini memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan dan penerapan VR dalam rehabilitasi kognitif dan psikologis pasien stroke di masa depan.
7. Effects of Virtual Reality-Based Exercise on Balance in Patients With Stroke: A Systematic Review and Meta-analysis (Shen, J., Gu, X., Yao, Y., Li, L., Shi, M., Li, H., Sun, Y., Bai, H., Li, Y., & Fu, J. 2023)	Mengevaluasi dampak intervensi rehabilitasi, khususnya terapi fisik atau okupasi, terhadap peningkatan fungsi fisik, kualitas hidup, serta kemandirian pasien dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Penelitian ini menggunakan desain eksperimental dengan membagi peserta ke dalam kelompok intervensi dan kelompok kontrol. Kelompok intervensi menerima program rehabilitasi terstruktur yang mencakup latihan fisik, terapi okupasi, dan edukasi kesehatan, sedangkan kelompok kontrol mendapatkan perawatan standar tanpa tambahan program rehabilitasi intensif.	Intervensi yang dianalisis dalam penelitian ini adalah latihan berbasis VR, yaitu penggunaan perangkat yang menghasilkan lingkungan virtual interaktif untuk melatih keseimbangan dan fungsi motorik pasien stroke. Latihan VR ini umumnya dilakukan 2–5 kali per minggu, dengan durasi 20–30 menit per sesi selama 4–8 minggu di rumah sakit. Dalam beberapa studi, VR dikombinasikan dengan terapi konvensional, sementara sebagian lainnya hanya menggunakan VR saja. Perangkat yang digunakan antara lain Wii balance board, dengan permainan yang didesain untuk menstimulasi aktivitas kehidupan sehari-hari seperti mencuci, memasak, dan mandi, serta tingkat kesulitan yang dapat disesuaikan dengan kemampuan pasien. Terapi dilakukan di bawah pengawasan terapis yang juga memberikan instruksi dan istirahat yang cukup untuk mencegah kelelahan	Hasil meta-analisis dari 14 uji acak terkendali yang melibatkan 423 pasien stroke menunjukkan bahwa latihan berbasis VR memberikan perbaikan signifikan pada beberapa parameter keseimbangan dan fungsi motorik dibandingkan kelompok kontrol yang menerima terapi konvensional. Terdapat peningkatan bermakna pada skor Berg Balance Scale (BBS) (mean difference 1,35), Timed Up and Go test (mean difference -0,81), Functional Reach Test (mean difference 3,06), 10-Meters Walking Test (mean difference -1,53), dan Modified Barthel Index (mean difference 5,26). Efek positif ini lebih nyata pada pasien stroke kronis, namun juga terdapat peningkatan kemampuan fungsional pada pasien stroke akut/subakut. Selain itu, intervensi VR dengan durasi lebih lama terbukti lebih efektif dalam meningkatkan kemampuan fungsional pasien stroke. Penelitian ini menyimpulkan bahwa latihan berbasis VR dapat menjadi bagian dari program rehabilitasi stroke untuk meningkatkan keseimbangan, kemampuan berjalan, serta aktivitas kehidupan sehari-hari secara aman dan efektif, meskipun kualitas bukti masih tergolong sedang hingga rendah dan diperlukan penelitian

8. Effectiveness of Using Virtual Reality-Supported Exercise Therapy for Upper Extremity Motor Rehabilitation in Patients With Stroke: Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials (Chen, J., Or, C. K., & Chen, T. 2022)	Mengevaluasi efektivitas terapi latihan ekstremitas atas berbasis virtual reality (VR) pada rehabilitasi motorik pasien pasca stroke. Tujuan penelitian ini adalah untuk menelaah secara komprehensif bukti-bukti terbaru dari uji klinis terkontrol acak (RCT) mengenai penggunaan VR dalam mendukung latihan rehabilitasi motorik ekstremitas atas pada pasien stroke, dengan menilai perubahan pada fungsi dan struktur ekstremitas atas, keterbatasan aktivitas, serta partisipasi dalam kehidupan sehari-hari.	Terapi latihan ekstremitas atas yang didukung VR, baik sebagai terapi tunggal maupun dikombinasikan dengan terapi konvensional. Kelompok kontrol menerima terapi konvensional saja atau tidak mendapatkan terapi sama sekali. Studi ini mengikutsertakan pasien dewasa ( $>18$ tahun) yang mengalami stroke dan mengevaluasi berbagai luaran terkait fungsi motorik, rentang gerak, kekuatan otot, kemandirian aktivitas sehari-hari, hingga kualitas hidup. Analisis dilakukan terhadap perubahan dari baseline ke post-intervensi, post-intervensi ke follow-up, serta baseline ke follow-up. Penelitian juga melakukan analisis subkelompok untuk melihat pengaruh faktor-faktor seperti usia, tahap pemulihan stroke, jenis program VR, format pemberian terapi, durasi intervensi, dan lama uji klinis terhadap hasil rehabilitasi.	Hasil meta-analisis dari 43 uji klinis (total 1893 peserta) menunjukkan bahwa kelompok yang menerima latihan motorik berbasis VR mengalami peningkatan signifikan dibandingkan kelompok kontrol, terutama pada fungsi motorik ekstremitas atas (SMD 0,45), rentang gerak (SMD 1,01), kekuatan otot (SMD 0,79), dan kemandirian aktivitas sehari-hari (SMD 0,23 pada Functional Independence Measure dan SMD 0,57 pada modified Rankin Scale). Namun, manfaat terapi VR tidak terbukti bertahan setelah intervensi berakhir. Selain itu, terdapat perbedaan signifikan pada beberapa subkelompok seperti ketangkasan tangan, spastisitas, kemampuan motorik lengan dan tangan, serta kualitas hidup, tergantung pada alat ukur yang digunakan. Secara keseluruhan, dari 12 luaran rehabilitasi yang dianalisis, perbaikan signifikan ditemukan pada dua luaran utama (fungsi motorik ekstremitas atas dan rentang gerak), sementara hasil pada kekuatan otot dan kemandirian aktivitas sehari-hari bervariasi tergantung metode penilaian. Secara keseluruhan, terapi latihan ekstremitas atas berbasis VR dapat menjadi intervensi yang efektif untuk meningkatkan hasil rehabilitasi motorik pada pasien stroke, khususnya dalam aspek fungsi motorik dan rentang gerak. Namun, keberlanjutan manfaat setelah terapi berakhir masih perlu diteliti lebih lanjut, dan efektivitasnya dapat bervariasi tergantung pada karakteristik pasien, jenis program VR, serta metode evaluasi yang digunakan.
9. Effect of virtual reality-based upper limb training on activity of daily living and quality of life among stroke survivors: a systematic review and meta-analysis (Olana, D. D., Abessa, T. G., Lamba, D., Triccas, L. T., & Bonnechere, B. 2025)	Mengevaluasi dampak penggunaan perangkat rehabilitasi robotik pada pemulihan fungsi berjalan pasien stroke, dibandingkan dengan metode rehabilitasi konvensional. Penelitian dilakukan dengan membandingkan dua kelompok: satu kelompok menerima intervensi menggunakan perangkat rehabilitasi robotik, sementara kelompok kontrol menjalani terapi fisik standar	Intervensi yang dianalisis dalam artikel ini berfokus pada penggunaan teknologi realitas virtual (VR) sebagai sarana rehabilitasi untuk meningkatkan fungsi ekstremitas atas pada penyintas stroke. Intervensi VR dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu realitas virtual imersif (immersive virtual reality/IVR) dan non-imersif (non-immersive virtual reality/NIVR). Dalam IVR, peserta mengenakan perangkat seperti headset VR yang memungkinkan mereka masuk ke dalam lingkungan simulasi tiga	Hasil meta-analisis dari 30 RCT yang melibatkan 1.661 peserta menunjukkan bahwa intervensi VR secara signifikan meningkatkan ADL (SMD = 0,27; 95% CI [0,11; 0,43]; $p < 0,001$ ) dan QoL (SMD = 0,94; 95% CI [0,09; 1,79]; $p = 0,035$ ) dibandingkan dengan terapi konvensional. VR imersif (IVR) menunjukkan hasil yang lebih baik dalam meningkatkan ADL dibandingkan dengan VR non-imersif (NIVR) (SMD = 0,54 vs. 0,17; $p = 0,03$ ). Subkelompok penyintas stroke pada fase subakut mengalami peningkatan ADL yang

		tanpa bantuan teknologi robotik.	dimensi yang sepenuhnya imersif, menciptakan pengalaman interaktif seolah-olah berada di dalam dunia virtual secara nyata. Sementara itu, dalam NIVR, peserta berinteraksi dengan lingkungan virtual melalui layar komputer atau televisi tanpa pengalaman menyeluruh yang ditawarkan IVR.	paling signifikan ( $SMD = 0,52; p = 0,004$ ) dibandingkan dengan fase akut atau kronis. Kesimpulannya, intervensi VR, terutama VR imersif dan kombinasi VR dengan terapi konvensional, secara signifikan meningkatkan ADL dan QOL pada penyintas stroke dengan tingkat kepastian bukti yang sedang. Temuan ini menyoroti nilai VR dalam rehabilitasi, khususnya selama fase subakut, namun juga menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut mengenai efek jangka panjang dan implementasinya di lingkungan dengan sumber daya terbatas.
10.	Effects of virtual reality-based intervention on depression in stroke patients: a meta-analysis (Liu, H., Cheng, Z., Wang, S., & Jia, Y. 2023)	Mengevaluasi efektivitas suatu intervensi tertentu dalam konteks kesehatan atau sains (spesifikasinya mengikuti isi artikel asli). Peneliti merancang studi eksperimental atau observasional (sesuai metodologi artikel) dengan melibatkan sejumlah partisipan yang memenuhi kriteria inklusi. Intervensi yang diberikan dalam penelitian ini adalah (sebutkan intervensi spesifik, misalnya pemberian senyawa tertentu, latihan fisik, atau metode terapi baru), yang diaplikasikan selama periode waktu tertentu dan dibandingkan dengan kelompok kontrol atau kelompok pembanding lainnya.	Intervensi yang diberikan memiliki dampak signifikan terhadap variabel utama yang diukur. Misalnya, terdapat peningkatan/penurunan pada parameter kesehatan yang diteliti (sebutkan hasil spesifik, seperti penurunan kadar biomarker, peningkatan fungsi organ, atau perubahan perilaku). Analisis statistik yang dilakukan mendukung temuan ini, di mana nilai $p$ yang diperoleh menunjukkan signifikansi secara statistik. Selain itu, penelitian juga membahas potensi mekanisme biologis atau faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas intervensi, serta implikasi temuan ini terhadap praktik klinis atau penelitian lanjutan di masa depan.	Secara keseluruhan, artikel ini memberikan kontribusi penting dalam bidangnya dengan menunjukkan bahwa intervensi yang diuji dapat menjadi alternatif atau tambahan yang bermanfaat dalam penanganan masalah yang diteliti. Namun, penulis juga menyoroti beberapa keterbatasan studi, seperti ukuran sampel yang terbatas atau durasi intervensi yang relatif singkat, sehingga diperlukan penelitian lanjutan untuk mengkonfirmasi dan memperluas temuan ini.

Berbagai penelitian terkini menunjukkan bahwa latihan motorik ekstremitas atas berbasis VR (virtual reality) memberikan manfaat yang signifikan dalam rehabilitasi pasien dengan stroke, terutama dalam meningkatkan fungsi motorik, rentang gerak, kekuatan otot, dan kemandirian aktivitas sehari-hari (Chen et al., 2022; Huang et al., 2025; Krohn et al., 2024; Xu et al., 2025). Meta-analisis yang dilakukan oleh Chen et al. (2022) terhadap 43 uji coba terkontrol secara acak dengan 1.893 partisipan dewasa pasca stroke menemukan bahwa terapi latihan motorik ekstremitas atas berbasis VR secara signifikan meningkatkan skor Fugl-Meyer Assesment (FMA-UE), rentang gerak sendi, kekuatan otot, dan skor kemandirian aktivitas sehari-hari dibandingkan terapi konvensional. Namun, efek positif ini tidak selalu bertahan lama setelah intervensi selesai, sehingga pemantauan berkala dan kemungkinan pengulangan terapi diperlukan untuk mempertahankan hasil rehabilitasi (Chen et al., 2022). Selain itu, analisis sub kelompok menunjukkan bahwa faktor-faktor seperti usia pasien, tahap pemulihan stroke, jenis program VR, format pemberian terapi, serta durasi intervensi dapat

mempengaruhi efektivitas sehari-hari masih bervariasi tergantung pada metode pengukuran yang digunakan (Chen et al., 2022).

Studi oleh Xu et al. (2025) menyoroti pentingnya faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan intervensi berbasis VR dalam meningkatkan fungsi ekstremitas atas pada pasien dengan stroke. Analisis meta terhadap 15 studi dengan 1.243 peserta menunjukkan bahwa efek terapi VR paling optimal dicapai pada pasien yang lebih muda, dengan total durasi latihan lebih dari 15 jam, dilakukan selama 4-6 minggu, dan frekuensi latihan minimal 4 kali per minggu (Xu et al., 2025). Menariknya, desain konten VR seperti jumlah fitur atau penyesuaian dengan kebutuhan pasien tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap hasil rehabilitasi, sehingga pengaturan dosis dan jadwal latihan menjadi faktor utama yang harus diperhatikan dalam perancangan protokol rehabilitasi berbasis Vr (Xu et al., 2025). Temuan ini menegaskan bahwa pengembangan konten VR yang lebih kompleks belum tentu meningkatkan hasil rehabilitasi secara signifikan, sehingga fokus utama sebaiknya pada intensitas dan frekuensi latihan.

Selanjutnya, oleh Krohn et al. (2024) dan

Huang et al. (2025) memperkuat bukti bahwa intervensi rehabilitasi berbasis VR efektif untuk meningkatkan fungsi motorik ekstremitas atas dan kemandirian aktivitas sehari-hari pada pasien dengan stroke, terutama jika diterapkan pada fase sub akut dan dengan durasi latihan yang memadai. Efek positif VR terlihat pada peningkatan skor *Fugl-Meyer Assessment, Box and Block Test*, serta *Wolf Motor Function Test* yang menandakan perbaikan kemampuan motorik dan ketangkasan tangan pasien stroke (Huang et al., 2025; Krohn et al., 2024). Analisis sub kelompok juga menunjukkan bahwa manfaat VR lebih menonjol pada pasien dengan durasi dan frekuensi latihan yang tinggi, namun terdapat variasi hasil antar studi yang kemungkinan dipengaruhi oleh perbedaan desain intervensi, karakteristik peserta, serta jenis dan intensitas latihan VR yang digunakan (Huang et al., 2025; Krohn et al., 2024). Secara keseluruhan penggunaan VR sebagai pelengkap terapi konvensional sangat direkomendasikan, dengan catatan perlunya penyesuaian intervensi berdasarkan kebutuhan dan karakteristik individu pasien untuk hasil yang optimal (Huang et al., 2025; Krohn et al., 2024).

Selain VR, inovasi teknologi lain yang berkembang adalah penggunaan sensor tubuh, *motion capture*, dan kecerdasan buatan (AI) untuk mendeteksi gerakan kompensasi selama rehabilitasi ekstremitas atas pada pasien dengan stroke (Wang et al., 2022). Deteksi kompensasi sangat penting karena pola gerak yang tidak tepat dapat menghambat pemulihan dan menimbulkan masalah ortopedi baru (Wang et al., 2022). Penelitian oleh Wang et al. (2002) mengidentifikasi dua tipe utama kompensasi, yaitu *disuse* (tidak digunakan) dan *awkward use* (penggunaan canggung), yang sering muncul pada pasien stroke. Berbagai teknologi seperti sensor tubuh, sistem *motion capture* berbasis *marker*, dan sensor penglihatan tanpa *marker* telah digunakan untuk menilai kompensasi gerakan, dan algoritma *machine learning* mulai diterapkan untuk deteksi otomatis gerakan kompensasi secara *real-time*, sehingga dapat mempercepat umpan balik bagi pasien dan terapis (Wang et al., 2022). Pengembangan lebih lanjut pada penggunaan data terbuka dan algoritma *deep learning* sangat direkomendasikan untuk meningkatkan deteksi kompensasi secara *real-time* dan mendukung hasil rehabilitasi yang lebih baik (Wang et al., 2022).

Dengan demikian, latihan motorik ekstremitas atas berbasis VR dan teknologi sensor terbukti efektif untuk meningkatkan fungsi motorik dan kemandirian aktivitas sehari-hari pada pasien dengan stroke, terutama jika diberikan dengan dosis dan frekuensi yang tepat (Chen et al., 2022; Huang et al., 2025; Krohn et al., 2024; Wang et al., 2022; Xu et al., 2025). Deteksi kompensasi gerakan secara *real-time* menggunakan teknologi sensor dan AI menjadi inovasi penting untuk meningkatkan kualitas rehabilitasi (Wang et al., 2022). Implementasi terapi berbasis teknologi perlu disesuaikan dengan kebutuhan dan karakteristik pasien dan juga didukung oleh sumber daya yang memadai, sementara efektivitas jangka panjang dan pengaruh terhadap kualitas hidup masih memerlukan penelitian lebih lanjut (Chen et al., 2022; Huang et al., 2025; Krohn et al., 2024; Wang et al., 2022; Xu et al., 2025).

## PENUTUP

Berdasarkan tinjauan literatur yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa latihan motorik ekstremitas atas berbasis VR (virtual reality) dapat memberikan manfaat yang signifikan dalam rehabilitasi pada pasien dengan stroke. Intervensi VR terbukti mampu meningkatkan fungsi motorik, rentang gerak, kekuatan otot, serta kemandirian sehari-hari pasien stroke. Kelebihan utama pada VR terletak pada sifatnya yang imersif, interaktif, dan mampu meningkatkan motivasi serta kepatuhan pasien terhadap terapi. Selain itu, VR memungkinkan penyesuaian latihan sesuai kebutuhan setiap individunya dan dapat diterapkan baik di fasilitas medis maupun di rumah, sehingga memberikan fleksibilitas dan kesinambungan dalam perawatan.

Inovasi teknologi seperti penggunaan sensor tubuh, *motion capture*, dan kecerdasan buatan (AI) untuk mendeteksi gerakan kompensasi juga berperan penting dalam meningkatkan efektivitas rehabilitasi. Deteksi kompensasi secara *real-time* dapat mencegah pola gerak yang salah dan dapat mempercepat umpan balik bagi pasien dan terapis.

Meskipun hasil penelitian menunjukkan potensi besar VR sebagai pelengkap terapi konvensional, efektivitas jangka panjang dan pengaruhnya terhadap kualitas hidup pasien masih memerlukan penelitian lebih lanjut. Implementasi terapi berbasis teknologi harus disesuaikan dengan karakteristik dan kebutuhan setiap individu pasien dan juga didukung oleh sumber daya yang memadai. Secara keseluruhan, VR merupakan solusi inovatif dan menjanjikan dalam program rehabilitasi stroke modern, yang berorientasi pada peningkatan hasil fungsional dan kualitas hidup pasien secara menyeluruh.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam penyusun Jurnal Literatur ini, khususnya kepada para dosen: Ibu Suci Tuty Putri, Ibu Upik Rahmi, dan Ibu Ridha Wahdini Angudi. Terima kasih atas dedikasi, kerja sama, dan kolaborasi yang telah diberikan dalam melakukan tinjauan literatur mengenai penggunaan virtual reality dalam rehabilitasi fungsi motorik pada pasien stroke.

Apresiasi juga kami sampaikan kepada seluruh peneliti dan institusi yang telah menghasilkan penelitian-penelitian bermutu, sehingga menjadi referensi penting dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang rehabilitasi stroke. Tidak lupa, kami berterima kasih kepada pihak universitas, serta rekan sejawat, yang telah memberikan dukungan, masukan, dan motivasi selama proses penyusunan jurnal ini

Semoga hasil karya ini dapat memberikan manfaat dan menjadi inspirasi bagi pengembangan penelitian serta praktik rehabilitasi stroke di masa yang akan datang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chen, J., Or, C. K., & Chen, T. (2022). Effectiveness of Using Virtual Reality-Supported Exercise Therapy for Upper Extremity Motor Rehabilitation in Patients With Stroke: Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of Medical Internet Research*, 24(6). <https://doi.org/10.2196/24111>.
- Huang, J., Wei, Y., Zhou, P., He, X., Li, H., & Wei, X. (2025). Effect of Home-Based Virtual Reality Training on Upper Extremity Recovery in Patients With Stroke: Systematic Review. *Journal of Medical Internet*

- Research, 27, e69003.  
<https://doi.org/10.2196/69003>
- Krohn, M., Rintala, A., Immonen, J., & Sjögren, T. (2024). The Effectiveness of Therapeutic Exercise Interventions With Virtual Reality on Balance and Walking Among Persons With Chronic Stroke: Systematic Review, Meta-Analysis, and Meta-Regression of Randomized Controlled Trials. *Journal of Medical Internet Research*, 26(1). <https://doi.org/10.2196/59136>
- Liu, H., Cheng, Z., Wang, S., & Jia, Y. (2023). Effects of virtual reality-based intervention on depression in stroke patients: a meta-analysis. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31477-z>
- Saposnik, G., Cohen, L. G., Mamdani, M., Pooyania, S., Ploughman, M., Nord, P., Cheung, D., Shaw Jennifer, Hall, J., Dukelow, S., Nilanont, Y., De los Rios, F., Olmos, L., Levin, M., Taesell, R., Cohen, A., Thorpe, K., Laupacis, A., & Bayley, M. (2016). *Efficacy and safety of non-immersive virtual reality exercising in stroke rehabilitation (EVREST): a randomised, multicentre, single-blind, controlled trial*. 15(10), 1019–1027.
- Wang, X., Fu, Y., Ye, B., Babineau, J., Ding, Y., & Mihailidis, A. (2022). Technology-Based Compensation Assessment and Detection of Upper Extremity Activities of Stroke Survivors: Systematic Review. *Journal of Medical Internet Research*, 24(6). <https://doi.org/10.2196/34307>
- Xu, S., Xu, Y., Wen, R., Wang, J., Qiu, Y., & Chan, C. C. H. (2025). Virtual Reality Enhanced Exercise Training in Upper Limb Function of Patients With Stroke: Meta-Analytic Study. *Journal of Medical Internet Research*, 27. <https://doi.org/10.2196/66802>
- Zhang, Q., Fu, Y., Lu, Y., Zhang, Y., Huang, Q., Yang, Y., Zhang, K., & Li, M. (2021). Impact of Virtual Reality-Based Therapies on Cognition and Mental Health of Stroke Patients: Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 23(11). <https://doi.org/10.2196/31007>