

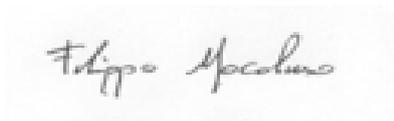
Dottorato di Ricerca
Scienze applicate a benessere e sostenibilità
Ciclo XXXVI

Titolo della tesi
**“Progettazione e sviluppo di una piattaforma
open source inclusiva per il teleesercizio fisico”**

Settore Scientifico Disciplinare: ING-INF/01; BIO/16

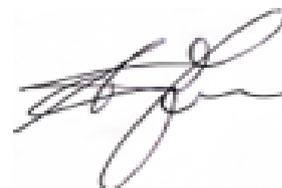
Tutor

Prof. Filippo Macaluso



Dottorando

Fabrizio Antonio



Co-Tutor 1

Prof. Alberto Fucarino



Indice

1. Introduzione

- 1.1. Contestualizzazione e rilevanza della ricerca
- 1.2. Obiettivi specifici e domande di ricerca
- 1.3. Approccio metodologico e strumenti di analisi

2. Dispositivi intelligenti per la salute e il benessere applicati al teleesercizio: una panoramica delle nuove tendenze e tecnologie quali IoT e AI

- 2.1. Contestualizzazione e rilevanza della ricerca
- 2.2 Tecnologie emergenti relative al teleesercizio fisico
- 2.3 Vantaggi del teleesercizio e delle nuove tecnologie emergenti
- 2.4 Sfide e problemi del teleesercizio fisico e delle tecnologie emergenti
- 2.5 Opportunità per la ricerca futura
- 2.6 Prospettive internazionali e soluzioni future
- 2.7 L'applicazione ideale per il teleesercizio
- 2.8 Riflessioni finali sui dispositivi intelligenti e il teleesercizio

3. Nuove tecnologie emergenti e piattaforme open source per il teleesercizio fisico

- 3.1 Piattaforme open source per il teleesercizio fisico
- 3.2 Aspetti fondamentali delle piattaforme open source
- 3.3 Applicazioni nel teleesercizio fisico
- 3.4 L'impatto delle piattaforme open source sul teleesercizio fisico: potenzialità e sfide
- 3.5 Esempi significativi di piattaforme open source per il teleesercizio fisico
- 3.6 Analisi della letteratura
- 3.7 Considerazioni finali sulle piattaforme Open Source e il loro ruolo nel teleesercizio

4 Analisi dei Requisiti

- 4.1. Definizione dei requisiti funzionali e non funzionali della piattaforma
- 4.2. Identificazione e categorizzazione delle esigenze dell'utente, con particolare attenzione agli Utenti con necessità speciali

5. Progettazione e Sviluppo della Piattaforma

- 5.1. Progettazione dell'architettura della piattaforma
- 5.2. Progettazione dell'interfaccia utente inclusiva
- 5.3. Integrazione di sistemi di raccomandazione personalizzati
- 5.4. Integrazione di sistemi di monitoraggio e feedback
- 5.5. Visualizzazione della Piattaforma attraverso Screenshot

6. Test e Valutazione della Piattaforma

- 6.1 Test usabilità piattaforma
- 6.2 Test di usabilità della piattaforma in una popolazione specializzata nel teleservizio
- 6.3 Test di usabilità della piattaforma in una potenziale popolazione target
- 6.4 Il teleservizio nell'era digitale: innovazione, impatto e implementazione nella promozione dell'attività fisica e del benessere
- 6.5 Analisi statistica
- 6.6 Risultati
- 6.7 Riflessioni e valutazioni finali sull'esito dei test della piattaforma

7. Conclusioni e Prospettive Future

- 7.1 Implicazioni e prospettive per il futuro
- 7.2 Riflessioni finali

1. INTRODUZIONE

1.1 CONTESTO E MOTIVAZIONI DELLA RICERCA

Nel panorama attuale, caratterizzato da una crescente consapevolezza riguardo all'importanza dell'esercizio fisico per il mantenimento della salute e del benessere, si è assistito a un'evoluzione notevole nei modelli di adozione delle pratiche di fitness. Questo processo è stato ulteriormente accelerato da fattori come la digitalizzazione, l'accentuazione degli stili di vita salutari e gli impatti della pandemia da COVID-19¹. In particolare, la pandemia ha rivelato il bisogno di alternative flessibili per l'accesso all'attività fisica, poiché restrizioni e misure di distanziamento sociale hanno reso problematico frequentare palestre o centri sportivi convenzionali.

Parallelamente, il settore del telesercizio fisico è in crescita esponenziale, con previsioni che indicano un valore di mercato stimato di 14.7 miliardi di dollari entro il 2026². Tuttavia, nonostante questa crescita, permane un vuoto significativo nel mercato: la mancanza di piattaforme open source inclusive, arricchite dalle più recenti tecnologie emergenti.

La ricerca mira proprio a colmare questa lacuna attraverso la progettazione e lo sviluppo di una piattaforma open source all'avanguardia, focalizzata sull'inclusività, che faciliti l'accesso al telesercizio fisico. Tale piattaforma è destinata a svolgere un ruolo cruciale nell'affrontare le sfide che ostacolano l'adesione a programmi di fitness regolari da parte di una vasta gamma di individui. Tra questi individui, vi sono coloro che si trovano in situazioni di svantaggio fisico, temporale o logistico, i quali sono spesso esclusi dalle tradizionali opportunità di esercizio fisico³.

Il quadro proposto dalla piattaforma è multidimensionale, incentrato su una serie di elementi distintivi:

- 1. Personalizzazione su misura:** La piattaforma sarà in grado di erogare programmi di allenamento altamente personalizzati, adattandosi alle esigenze, alle abilità e agli

1 Gloster AT, Lamniso D, Lubenko J, Presti G, Squatrito V, Constantinou M, et al. (2020) Impact of COVID-19 pandemic on mental health: An international study. PLoS ONE 15(12): e0244809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244809>

² Online Fitness Market Size By Streaming Type (Live, On-Demand), By Session Type (Group, Solo), By Device Type (Smart TVs, Smartphones, Laptops, Desktops & Tablets, Others), By End-Use (Professional Gyms, Educational & Sports Institutes, Corporate Institutions, Individuals), Industry Analysis Report, Regional Outlook, Growth Potential, Price Trends, Competitive Market Share & Forecast, 2020 – 2026," Global Market Insights, Report ID: GMI4825, Published Date: Sep 2020

³ Ferlino, L., Caruso, G. P., & Benigno, V. (2022). Open Educational Resources for Inclusive Education: A Tangible Response for Italian School. In *Inclusive Digital Education* (pp. 27-45). Italian National Research Council. https://doi.org/10.1007/978-3-031-14775-3_3

obiettivi individuali. Questo approccio sarà particolarmente vantaggioso per coloro che affrontano sfide fisiche, consentendo loro di intraprendere percorsi di allenamento conformi alle loro specifiche necessità.

- 2. Supporto sociale coinvolgente:** Attraverso l'implementazione di funzionalità sociali, come gruppi di discussione e condivisione dei progressi, la piattaforma creerà un ambiente virtuale in cui gli utenti potranno interagire e motivarsi a vicenda. Questo coinvolgimento sociale sarà fondamentale per favorire l'aderenza e la continuità nel percorso di fitness.
- 3. Accessibilità senza compromessi:** La piattaforma garantirà un'accessibilità pervasiva, supportando dispositivi come computer, tablet e smartphone. L'interfaccia utente sarà adattiva e in grado di accogliere diversi livelli di abilità, assicurando l'accessibilità a tutti.
- 4. Apprendimento e informazione:** La fornitura di risorse educative, sotto forma di video tutorial, articoli e webinar, costituirà una risorsa fondamentale per gli utenti. Questi materiali consentiranno di approfondire la comprensione dell'importanza dell'esercizio fisico basato su evidenze scientifiche⁴.
- 5. Valutazione, feedback e adattamento:** La piattaforma consentirà un monitoraggio costante dei progressi e fornirà feedback in tempo reale. Gli utenti potranno valutare i risultati e adattare i programmi di allenamento in base alle proprie esperienze e bisogni.
- 6. Sostenibilità tramite collaborazione:** La natura open source della piattaforma incoraggerà la collaborazione tra sviluppatori e ricercatori, favorendo l'innovazione continua e l'aggiunta di nuove funzionalità. Questa collaborazione contribuirà a mantenere la piattaforma all'avanguardia e allineata con le necessità degli utenti e le nuove scoperte nel campo.
- 7. Integrazione di competenze professionali:** La piattaforma potrebbe facilitare l'interazione diretta con professionisti del settore, quali istruttori di fitness e fisioterapisti. Questa integrazione fornirà agli utenti consulenza esperta e supporto personalizzato per garantire l'esecuzione sicura ed efficace degli esercizi.

4 Clarsen, B., Bahr, R., Myklebust, G., Andersson, S. H., Docking, S. I., Drew, M., Finch, C. F., Fortington, L. V., Harøy, J., Khan, K. M., Moreau, B., Moore, I. S., Møller, M., Nabhan, D., Nielsen, R. O., Pasanen, K., Schwellnus, M., Soligard, T., & Verhagen, E. (2020). Improved reporting of overuse injuries and health problems in sport: an update of the Oslo Sport Trauma Research Center questionnaires. *British Journal of Sports Medicine*, 54(7), 390–396.

- 8. Massimizzazione dell'uso dei dispositivi indossabili:** L'integrazione potenziale con dispositivi indossabili, come smartwatch e tracker fitness, rappresenta una prospettiva interessante. Questa integrazione permetterà di raccogliere dati sull'attività fisica e di monitorare i progressi nel tempo, fornendo un quadro completo della salute e del benessere degli utenti.
- 9. Ampia scelta di opzioni di allenamento:** La piattaforma offrirà una vasta gamma di attività fisiche tra cui scegliere, consentendo agli utenti di selezionare esercizi che si adattano alle loro preferenze e obiettivi personali.

In conclusione, la piattaforma proposta rappresenta un'opportunità cruciale per superare le barriere che limitano l'accesso all'esercizio fisico, contribuendo al miglioramento della salute e del benessere di individui con diverse esigenze⁵. L'adozione di tecnologie emergenti e un approccio inclusivo alla progettazione consentiranno di realizzare progressi significativi verso una società più equa e accessibile dal punto di vista della salute, offrendo a tutti la possibilità di migliorare la propria condizione fisica e mentale attraverso il teleesercizio fisico⁶.

1.2 OBIETTIVI E DOMANDE DI RICERCA

Il nucleo centrale della presente ricerca è focalizzato sulla concezione e sulla realizzazione di una piattaforma open source aderente ai principi dell'inclusività, destinata all'agevole pratica del teleesercizio fisico⁷. A tal fine, si intende attingere dalle tecnologie emergenti, con l'esplicito scopo di concretizzare l'accessibilità universale all'ambito dell'attività motoria. L'orizzonte di ricerca si delinea delineandosi attraverso l'indagine delle seguenti problematiche di ricerca di fondamentale rilevanza⁸:

5 Kuvačić, G., Fratini, P., Padulo, J., Antonio, D. I., & De Giorgio, A. (2018). Effectiveness of yoga and educational intervention on disability, anxiety, depression, and pain in people with CLBP: A randomized controlled trial. *Complementary therapies in clinical practice*, 31, 262–267. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2018.03.008>

6 Andrioti, A., Papadopetraki, A., Maridaki, M., & Philippou, A. (2023). The Effect of a Home-Based Tele-Exercise Training Program on the Quality of Life and Physical Performance in Breast Cancer Survivors. *Sports*, 11(5):102. National and Kapodistrian University of Athens. <https://doi.org/10.3390/sports11050102>

7 Li, S., Li, Y., Liang, Q., Yang, W. J., Zi, R., Wu, X., Du, C., & Jiang, Y. (2022). Effects of tele-exercise rehabilitation intervention on women at high risk of osteoporotic fractures: study protocol for a randomised controlled trial. *BMJ open*, 12(11), e064328. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-064328>

8 Kim, Y., Barstow, B., Lai, B. W., Pekmezi, D., Young, H.-J., Rimmer, J. H., & Mehta, T. (2022). Qualitative Exploration Of Tele-Exercise Program To Inform Adaptive Intervention Design For Adults With Multiple Sclerosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 103(12):e193-e194. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2022.08.962>

Obiettivo 1: Identificazione dei requisiti funzionali e non funzionali per una piattaforma di telesercizio inclusiva

- Domanda 1.1: Quali requisiti funzionali sono necessari per fornire un'esperienza completa di telesercizio attraverso la piattaforma? Ad esempio, quali funzionalità di programmazione degli allenamenti, tracciamento dei progressi e interazione sociale devono essere implementate?
- Domanda 1.2: Quali requisiti non funzionali, come sicurezza, scalabilità, tempi di risposta e accessibilità, devono essere considerati per garantire un'esperienza di alta qualità agli utenti?

Obiettivo 2: Selezione di tecnologie emergenti per l'accessibilità universale

- Domanda 2.1: Come possono essere applicate tecnologie emergenti come intelligenza artificiale e machine learning per personalizzare i programmi di allenamento in base alle esigenze individuali degli utenti?
- Domanda 2.2: In che modo le tecnologie di realtà virtuale e aumentata possono essere integrate per migliorare l'esperienza di telesercizio, favorendo l'accessibilità e coinvolgendo gli utenti?

Obiettivo 3: Sviluppo e implementazione di una piattaforma open source tenendo conto di requisiti e tecnologie selezionate

- Domanda 3.1: Quali metodologie di sviluppo software, come sviluppo agile o DevOps, sono adatte per garantire una progettazione e implementazione efficace della piattaforma?
- Domanda 3.2: Come possono essere integrate le diverse tecnologie emergenti selezionate in modo sinergico, garantendo un'architettura coesa e performante?

Obiettivo 4: Test e valutazione di efficacia e usabilità della piattaforma sviluppata

- Domanda 4.1: Quali metodi di test possono essere utilizzati per valutare l'efficacia dell'esperienza di telesercizio fornita dalla piattaforma? Ciò include test di performance, test di carico e valutazioni di stabilità.

- Domanda 4.2: Come possono essere condotti test di usabilità e accessibilità per garantire che la piattaforma sia fruibile da utenti con varie abilità fisiche e tecniche?

In conclusione, la ricerca mira a rispondere a queste domande per sviluppare una piattaforma open source inclusiva per il telesercizio fisico che sfrutti al meglio le tecnologie emergenti. Rispondendo a tali domande, si intende definire un approccio metodologico dettagliato per la progettazione, lo sviluppo e la valutazione della piattaforma, con l'obiettivo finale di promuovere l'accesso equo e universale all'attività fisica, migliorando la salute e il benessere di una vasta gamma di individui⁹.

1.3 METODOLOGIA DI RICERCA

La metodologia di ricerca adottata per affrontare le sfide poste dall'obiettivo di progettare e sviluppare una piattaforma open source inclusiva per il telesercizio fisico mediante l'impiego di tecnologie emergenti sarà guidata da un approccio metodologico rigoroso, articolato in fasi sequenziali che abbracciano ogni aspetto chiave del processo. Le seguenti fasi saranno integrali per conseguire con successo gli obiettivi prefissati¹⁰:

Fase 1: Revisione Letteraria - Analisi del telesercizio fisico inclusivo, accessibilità e tecnologie emergenti

Questa fase avrà l'obiettivo di svolgere un'analisi approfondita della letteratura disponibile riguardante il telesercizio fisico inclusivo, le questioni di accessibilità relative alle diverse capacità e le tecnologie emergenti che possono essere integrate nella piattaforma. Questo processo consentirà di ottenere una panoramica esaustiva delle sfide, delle soluzioni esistenti e delle nuove opportunità offerte dalle tecnologie emergenti. L'analisi critica della letteratura sarà fondamentale per definire i requisiti della piattaforma e per orientare le scelte progettuali.

9 Marconcin, P., Gouveia, E. R., De Maio Nascimento, M., Ferrari, G., & Marques, A. (2023). Mental Health Conditions and Exercise. In *Mental Health - Preventive Strategies* [Working Title]. <https://doi.org/10.5772/intechopen.111505>

10 Blavt, O., Iedynak, G., Pereverzieva, S., Holub, V., & Melnyk, S. (2023). Increasing the Reliability of Test Control Using Information Technologies in Inclusive Physical Education. *Теорія та методика фізичного виховання*, 23(4):607-613. <https://doi.org/10.17309/tmfv.2023.4.16>

Fase 2: Analisi dei Requisiti - Raccolta di esigenze e preferenze dell'utente per requisiti funzionali e non funzionali

Nella fase di analisi dei requisiti, verranno raccolte informazioni dettagliate riguardanti le esigenze e le preferenze degli utenti target attraverso interviste, sondaggi e osservazioni. Questo processo consentirà di delineare in modo esaustivo i requisiti funzionali e non funzionali della piattaforma di teleservizio fisico inclusiva. I requisiti saranno formulati in modo da assicurare l'accessibilità, l'usabilità e l'efficacia per una vasta gamma di utenti, compresi quelli con necessità speciali.

Fase 3: Progettazione Concettuale - Definizione dell'Architettura del Sistema, Progettazione e Selezione di Tecnologie Emergenti

Basandosi sui requisiti identificati, questa fase si concentrerà sulla progettazione concettuale della piattaforma. Questo comprende la definizione dell'architettura complessiva del sistema, l'ideazione dell'interfaccia utente inclusiva (UI) e dell'esperienza utente (UX), e la selezione delle tecnologie emergenti più idonee per supportare i requisiti e gli obiettivi prefissati. L'architettura dovrà garantire la modularità e la scalabilità, in modo da poter ospitare possibili futuri sviluppi.

Fase 4: Coinvolgimento degli Utenti - Feedback continuo per conformità con esigenze ed aspettative

Durante il processo di progettazione e sviluppo, gli utenti finali saranno coinvolti attivamente. Ciò consentirà di ottenere feedback diretti riguardo all'usabilità, all'accessibilità e alla soddisfazione generale degli utenti con diverse capacità. Questo coinvolgimento costante permetterà di apportare modifiche mirate e tempestive, garantendo che la piattaforma risponda in modo accurato alle esigenze e alle aspettative dell'utenza.

Fase 5: Test di Usabilità - Valutazione dell'efficacia e dell'usabilità con campione rappresentativo di utenti

Una volta che la piattaforma sarà stata implementata, sarà sottoposta a una serie di test di usabilità con un campione rappresentativo di utenti. Questi test includeranno task-

based testing, osservazioni delle interazioni degli utenti con la piattaforma, interviste e questionari per raccogliere feedback dettagliato riguardo all'esperienza dell'utente. Questa fase sarà cruciale per identificare eventuali problemi di usabilità, miglioramenti necessari e verificare l'efficacia complessiva della piattaforma¹¹.

Fase 6: Implementazione delle Modifiche - Ottimizzazione della piattaforma basata su analisi e feedback

Le informazioni raccolte dai test di usabilità guideranno l'implementazione delle modifiche necessarie per ottimizzare ulteriormente l'usabilità, l'efficacia e l'accessibilità della piattaforma. Saranno apportate modifiche al design dell'interfaccia, alle funzionalità e ad altri aspetti che emergono come cruciali dal feedback degli utenti.

Fase 7: Coinvolgimento degli Stakeholder - Supporto, aggiornamenti e promozione con la comunità open source e gli stakeholder del settore

Per garantire il successo a lungo termine della piattaforma, è essenziale coinvolgere attivamente la comunità open source e gli stakeholder del settore, come istruttori di fitness e fisioterapisti. Questo coinvolgimento può comprendere la condivisione del codice sorgente, la promozione di contributi esterni e la collaborazione con esperti per testare e convalidare la piattaforma. Gli stakeholder forniranno supporto continuo, aggiornamenti e promozione della piattaforma all'interno della loro rete professionale.

In conclusione, questa metodologia di ricerca strutturata e multidisciplinare si propone di affrontare in modo completo l'obiettivo di sviluppare una piattaforma open source inclusiva per il telesercizio fisico. Le diverse fasi del processo, che vanno dalla ricerca iniziale alla valutazione e all'ottimizzazione della piattaforma, sono progettate per garantire che la piattaforma sia non solo tecnologicamente avanzata, ma anche altamente accessibile, usabile ed efficace per tutti gli utenti¹².

11 Lai, B. W., Davis, D., Young, R., Kimani-Swanson, E., Wozow, C., Chaviano, K., & Rimmer, J. H. (2022). Group tele-gaming through immersive virtual reality to improve mental health among adolescents with physical disabilities: pre and post trial protocol (Preprint). JMIR Research Protocols, 11(10). <https://doi.org/10.2196/42651>

12 Barzegar Khanghah, A., Fernie, G., & Roshan Fekr, A. R. (2023). Design and Validation of Vision-Based Exercise Biofeedback for Tele-Rehabilitation. Sensors, 23(3):1206. University of Toronto; Toronto Rehabilitation Institute; University Health Network. <https://doi.org/10.3390/s23031206>

2. DISPOSITIVI INTELLIGENTI PER LA SALUTE E IL BENESSERE APPLICATI AL TELESERCIZIO: UNA PANORAMICA DELLE NUOVE TENDENZE E TECNOLOGIE QUALI IOT E AI

2.1 INTRODUZIONE

L'attività fisica è un elemento cruciale per gestire o evitare varie malattie, ma ci sono diversi ostacoli che impediscono alle persone di impegnarsi nell'esercizio fisico^{13 14}. Questi ostacoli riguardano l'accesso limitato alle strutture di fitness, il tempo insufficiente e le spese associate ai programmi di fitness¹⁵. Alla luce di quanto detto, grazie alla recente pandemia e al fatto che il telesercizio è diventato più popolare, la pratica di quest'ultimo è aumentata, soprattutto per aiutare persone con diverse patologie^{16 17}. Inoltre, il telesercizio è un campo in costante evoluzione che utilizza le tecnologie digitali per fornire programmi di esercizio e allenamento a distanza¹⁸. Questo concetto è diventato sempre più popolare negli ultimi anni grazie alla diffusione di dispositivi intelligenti per la salute e il benessere e alla crescente necessità di trovare soluzioni flessibili e convenienti per mantenere uno stile di vita attivo e sano¹⁹.

Il telesercizio offre un'ampia gamma di soluzioni per soddisfare le esigenze e le preferenze individuali degli utenti, come l'uso di app per il fitness mobile che offrono allenamenti guidati in video, programmi personalizzati, monitoraggio dell'attività e dell'alimentazione²⁰, programmi di allenamento online con istruttori in carne e ossa, videoconferenze

13 Stroud, N.; Minahan, C.; Sabapathy, S. The perceived benefits and barriers to exercise participation in persons with multiple sclerosis. *Disabil. Rehabil.* 2009, 31, 2216–2222. [[CrossRef](#)]

14 Thorpe, O.; Johnston, K.; Kumar, S. Barriers and enablers to physical activity participation in patients with COPD. *J. Cardiopulm. Rehabil. Prev.* 2012, 32, 359–369. [[CrossRef](#)]

15 Sechrist, K.R.; Walker, S.N.; Pender, N.J. Development and psychometric evaluation of the exercise benefits/barriers scale. *Res. Nurs. Health* 1987, 10, 357–365. [[CrossRef](#)]

16 Stavrou, V.T.; Astara, K.; Ioannidis, P.; Vavougiou, G.D.; Daniil, Z.; Gourgoulianis, K.I. Tele-Exercise in Non-Hospitalized versus Hospitalized Post-COVID-19 Patients. *Sports* 2022, 10, 179. [[CrossRef](#)]

17 Costa, R.R.G.; Dorneles, J.R.; Veloso, J.H.; Gonçalves, C.W.; Neto, F.R. Synchronous and asynchronous tele-exercise during the coronavirus disease 2019 pandemic: Comparisons of implementation and training load in individuals with spinal cord injury. *J. Telemed. Telecare* 2023, 29, 308–317. [[CrossRef](#)]

18 Ho, V.; Merchant, R.A. The Acceptability of Digital Technology and Tele-Exercise in the Age of COVID-19: Cross-sectional Study. *JMIR Aging* 2022, 5, e33165. [[CrossRef](#)]

19 Browne, J.D.; Boland, D.M.; Baum, J.T.; Ikemiya, K.; Harris, Q.; Phillips, M.; Neufeld, E.V.; Gomez, D.; Goldman, P.; Dolezal, B.A. Lifestyle Modification Using a Wearable Biometric Ring and Guided Feedback Improve Sleep and Exercise Behaviors: A 12-Month Randomized, Placebo-Controlled Study. *Front. Physiol.* 2021, 12, 777874. [[CrossRef](#)]

20 Sitges, C.; Terrasa, J.L.; García-Dopico, N.; Segur-Ferrer, J.; Velasco-Roldán, O.; Crespí-Palmer, J.; González-Roldán, A.M.; Montoya, P. An Educational and Exercise Mobile Phone-Based Intervention to Elicit Electrophysiological Changes and to Improve Psychological Functioning in Adults with Nonspecific Chronic Low Back Pain (BackFit App): Nonrandomized Clinical Trial. *JMIR mHealth uHealth* 2022, 10, e29171. [[CrossRef](#)]

personalizzate, monitoraggio della salute a distanza, dispositivi indossabili e sensori ambientali²¹.

L'uso di dispositivi intelligenti come gli indossabili e i sensori ambientali ha reso possibile la raccolta di informazioni in tempo reale sulle attività fisiche degli utenti e sui principali parametri fisiologici come la frequenza cardiaca, la pressione sanguigna, la saturazione di ossigeno nel sangue e altro ancora²². Questi dati vengono utilizzati per personalizzare i programmi di allenamento e fornire un feedback accurato e tempestivo agli utenti, consentendo loro di monitorare i propri progressi e di raggiungere più efficacemente i propri obiettivi di fitness.

La tecnologia dell'intelligenza artificiale (AI) è diventata sempre più importante nel campo del telesercizio²³²⁴, consentendo di personalizzare i programmi di allenamento in base alle esigenze e alle capacità individuali degli utenti²⁵. L'IA può essere utilizzata per analizzare i dati raccolti da dispositivi indossabili e sensori ambientali e fornire raccomandazioni e feedback personalizzati. Ad esempio, l'intelligenza artificiale può aiutare a identificare i punti di forza e le aree di miglioramento degli utenti, suggerendo esercizi specifici per raggiungere i loro obiettivi di fitness²⁶.

Un altro aspetto importante del telesercizio è la sua capacità di fornire un'esperienza di allenamento personalizzata e flessibile. Grazie alle tecnologie digitali, gli utenti possono accedere a programmi di allenamento personalizzati che si adattano alle loro esigenze e al loro stile di vita²⁷. Inoltre, il telesercizio consente agli utenti di superare le barriere geografiche e di accesso, offrendo la possibilità di allenarsi ovunque e in qualsiasi momento, con un'ampia gamma di opzioni di allenamento tra cui scegliere.

21 Ozaslan, B.; Patek, S.D.; Breton, M.D. Impact of Daily Physical Activity as Measured by Commonly Available Wearables on Mealtime Glucose Control in Type 1 Diabetes. *Diabetes Technol. Ther.* 2020, 22, 742–748. [[CrossRef](#)]

22 Novatchkov, H.; Baca, A. Artificial intelligence in sports on the example of weight training. *J. Sports Sci. Med.* 2013, 12, 27–37.

23 Baca, A.; Dabnichki, P.; Heller, M.; Kornfeind, P. Ubiquitous computing in sports: A review and analysis. *J. Sports Sci.* 2009, 27, 1335–1346. [[CrossRef](#)]

24 Baca, A.; Kornfeind, P.; Preuschl, E.; Bichler, S.; Tampier, M.; Novatchkov, H. A server-based Mobile Coaching system. *Sensors* 2010, 10, 10640–10662. [[CrossRef](#)]

25 Andrioti, A.; Papadopetraki, A.; Maridaki, M.; Philippou, A. The Effect of a Home-Based Tele-Exercise Training Program on the Quality of Life and Physical Performance in Breast Cancer Survivors. *Sports* 2023, 11, 102. [[CrossRef](#)]

26 Yoo, I.; Kong, H.J.; Joo, H.; Choi, Y.; Kim, S.W.; Lee, K.E.; Hong, J. User Experience of Augmented Reality Glasses-based Tele-Exercise in Elderly Women. *Healthc. Inform. Res.* 2023, 29, 161–167. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

27 Haley, J.A.; Rhind, D.J.A.; Maidment, D.W. Applying the behaviour change wheel to assess the theoretical underpinning of a novel smartphone application to increase physical activity in adults with spinal cord injuries. *Mhealth* 2023, 17, 9–10. [[CrossRef](#)]

Il telesercizio, come concetto e pratica, è in rapida evoluzione, particolarmente incentivato dalla necessità globale di alternative sicure e accessibili all'esercizio fisico tradizionale in ambienti condivisi, un fatto messo in evidenza dalla pandemia di COVID-19. L'intersezione tra tecnologia avanzata e fitness ha creato un dominio in cui l'Internet delle cose (IoT) e l'intelligenza artificiale (IA) non sono più concetti futuristici, ma componenti attivi e vitali nell'empowerment degli individui per prendersi cura della propria salute e benessere in modi innovativi e personalizzati.

Tuttavia, nonostante l'evidente convergenza e la necessità di queste tecnologie nel campo dell'esercizio fisico, la ricerca accademica e gli studi scientifici specifici su "tele-exercise" sono sorprendentemente scarsi. I dati raccolti da una ricerca mirata su PubMed evidenziano questa lacuna, con un numero relativamente basso di pubblicazioni disponibili tra il 2021 e il 2023 (i dati sono riportati nella Tabella 1). Questa carenza di letteratura indica un campo emergente che è ancora in fase di definizione e comprensione, non solo in termini di suo impatto e potenziale ma anche riguardo alle sue applicazioni pratiche e alla sua efficienza.

Attualmente, la maggior parte delle applicazioni di telesercizio esistenti sul mercato sono focalizzate su nicchie specifiche, spesso limitate alla riabilitazione o come alternative forzate per l'esercizio fisico a casa, soprattutto in risposta a restrizioni esterne come lockdown o problemi di salute. Questo focus ristretto non cattura l'intero spettro di potenziali utenti che potrebbero beneficiare del telesercizio, né sfrutta appieno le capacità offerte da dispositivi intelligenti e tecnologie avanzate come IoT e IA.

Le applicazioni di telesercizio, alimentate da IoT e IA, possono trasformare radicalmente l'esperienza di fitness a domicilio. Con l'uso di dispositivi intelligenti, gli utenti possono ricevere feedback in tempo reale sul loro allenamento, aiutandoli a correggere la postura, l'intensità e la tecnica. Inoltre, grazie alla raccolta di dati in tempo reale, queste applicazioni possono adattare gli allenamenti alle esigenze specifiche degli utenti, monitorando i progressi e adattando gli esercizi in base al miglioramento della forma fisica, agli obiettivi personali o alle condizioni di salute.

Un altro aspetto cruciale dell'integrazione di IoT e IA nel telesercizio è la possibilità di creare una comunità virtuale. Gli utenti possono connettersi con altri, partecipare a classi virtuali, condividere i loro progressi e persino partecipare a sfide competitive. Questa componente

sociale non solo migliora la motivazione ma aiuta anche a mitigare i sentimenti di isolamento, particolarmente importanti in periodi di distanziamento sociale.

Nonostante queste promesse, esistono significative barriere all'adozione che devono essere affrontate. La tecnologia necessaria per il telesercizio, in particolare quando si tratta di dispositivi avanzati e connettività a Internet, può essere costosa e fuori dalla portata di molti utenti potenziali. Inoltre, la complessità tecnologica di alcune soluzioni potrebbe scoraggiare coloro che non sono familiari con le nuove tecnologie. C'è anche una preoccupazione significativa riguardo alla privacy e alla sicurezza dei dati, dato che questi sistemi raccolgono informazioni sensibili sulla salute e sull'attività fisica.

È imperativo, quindi, che i futuri sforzi di ricerca e sviluppo si concentrino non solo sull'espansione delle capacità tecniche delle applicazioni di telesercizio, ma anche sulla loro accessibilità, usabilità, e sicurezza. Questo comprende la creazione di interfacce utente intuitive, l'implementazione di robuste misure di sicurezza dei dati, lo sviluppo di opzioni a basso costo e l'offerta di programmi educativi per assistere gli utenti nell'adozione di queste tecnologie.

Inoltre, la ricerca futura dovrebbe esaminare l'efficacia del telesercizio in diverse popolazioni, specialmente quelle che tradizionalmente hanno meno accesso all'esercizio fisico strutturato, come le comunità rurali, gli anziani, e le persone con disabilità. Esplorare l'efficacia e l'adattabilità del telesercizio in questi gruppi non solo amplierebbe la base di utenti ma potrebbe anche contribuire significativamente a ridurre le disuguaglianze nella salute e nel benessere.

Keyword	AND	Results	Ref. Number
	Tele-exercise	29	[28, 29, 30, 31, 32, 33, 34]
	Covid	13	[35, 36, 37]
	Obesity	6	[38, 39]
	Children	4	[40, 41]
	Cancer	2	[42, 43]
	SCI	3	[44, 45, 46]

Tabella 1. Risultati PUB-MED dal 2021 al 2023

- 28 Stavrou, V.T.; Astara, K.; Ioannidis, P.; Vavougiou, G.D.; Daniil, Z.; Gourgoulis, K.I. Tele-Exercise in Non-Hospitalized versus Hospitalized Post-COVID-19 Patients. *Sports* 2022, 10, 179. [CrossRef]
- 29 Ho, V.; Merchant, R.A. The Acceptability of Digital Technology and Tele-Exercise in the Age of COVID-19: Cross-sectional Study. *JMIR Aging* 2022, 5, e33165. [CrossRef]
- 30 Sitges, C.; Terrasa, J.L.; García-Dopico, N.; Segur-Ferrer, J.; Velasco-Roldán, O.; Crespí-Palmer, J.; González-Roldán, A.M.; Montoya, P. An Educational and Exercise Mobile Phone-Based Intervention to Elicit Electrophysiological Changes and to Improve Psychological Functioning in Adults with Nonspecific Chronic Low Back Pain (BackFit App): Nonrandomized Clinical Trial. *JMIR mHealth uHealth* 2022, 10, e29171. [CrossRef]
- 31 Wilke, J.; Mohr, L.; Yuki, G.; Bhundoo, A.K.; Jiménez-Pavón, D.; Laiño, F.; Murphy, N.; Novak, B.; Nuccio, S.; Ortega-Gómez, S.; et al. Train at home, but not alone: A randomised controlled multicentre trial assessing the effects of live-streamed tele-exercise during COVID-19-related lockdowns. *Br. J. Sports Med.* 2022, 56, 667–675. [CrossRef]
- 32 Gell, N.; Hoffman, E.; Patel, K. Technology Support Challenges and Recommendations for Adapting an Evidence-Based Exercise Program for Remote Delivery to Older Adults: Exploratory Mixed Methods Study. *JMIR Aging* 2021, 4, e27645. [CrossRef]
- 33 Andrioti, A.; Papadopetraki, A.; Maridaki, M.; Philippou, A. The Effect of a Home-Based Tele-Exercise Training Program on the Quality of Life and Physical Performance in Breast Cancer Survivors. *Sports* 2023, 11, 102. [CrossRef]
- 34 Sun, C.; Chrysiou, E.; Savvopoulou, E.; Hernandez-Garcia, E.; Fatah gen. Schieck, A. Healthcare Built Environment and Telemedicine Practice for Social and Environmental Sustainability. *Sustainability* 2023, 15, 2697. [CrossRef]
- 35 Zasadzka, E.; Trzmiel, T.; Pieczyńska, A.; Hojan, K. Modern Technologies in the Rehabilitation of Patients with Multiple Sclerosis and Their Potential Application in Times of COVID-19. *Medicina* 2021, 57, 549.
- 36 Vandoni, M.; Carnevale Pellino, V.; Gatti, A.; Lucini, D.; Mannarino, S.; Larizza, C.; Rossi, V.; Tranfaglia, V.; Pirazzi, A.; Biino, V.; et al. Effects of an Online Supervised Exercise Training in Children with Obesity during the COVID-19 Pandemic. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 9421. [CrossRef] [PubMed]
- 37 Vandoni, M.; Codella, R.; Pippi, R.; Carnevale Pellino, V.; Lovecchio, N.; Marin, L.; Silvestri, D.; Gatti, A.; Magenes, V.C.; Regalbutto, C.; et al. Combatting Sedentary Behaviors by Delivering Remote Physical Exercise in Children and Adolescents with Obesity in the COVID-19 Era: A Narrative Review. *Nutrients* 2021, 13, 4459.
- 38 Calcaterra, V.; Verduci, E.; Vandoni, M.; Rossi, V.; Di Profio, E.; Pellino, V.C.; Tranfaglia, V.; Pascuzzi, M.C.; Borsani, B.; Bosetti, A.; et al. Telehealth: A Useful Tool for the Management of Nutrition and Exercise Programs in Pediatric Obesity in the COVID-19 Era. *Nutrients* 2021, 13, 3689. [CrossRef] [PubMed]
- 39 Zimatore, G.; Gallotta, M.C.; Innocenti, L.; Bonavolontà, V.; Ciasca, G.; De Spirito, M.; Guidetti, L.; Baldari, C. Recurrence Quantification Analysis of Heart Rate Variability during Continuous Incremental Exercise Test in Obese Subjects. *Chaos* 2020, 30, 033135. [CrossRef] [PubMed]
- 40 Domínguez-Muñoz, A.; Carlos-Vivas, J.; Barrios-Fernandez, S.; Adsuar, J.C.; Morenas-Martín, J.; Garcia-Gordillo, M.A.; Domínguez-Muñoz, F.J. Pedagogical Proposal of Tele-Exercise Based on “Square Stepping Exercise” in Preschoolers: Study Protocol. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18, 8649. [CrossRef] [PubMed]
- 41 Chen, J.J.; Cooper, D.M.; Haddad, F.; Sladkey, A.; Nussbaum, E.; Radom-Aizik, S. Tele-Exercise as a Promising Tool to Promote Exercise in Children with Cystic Fibrosis. *Front. Public Health* 2018, 6, 269. [CrossRef]
- 42 Andrioti, A.; Papadopetraki, A.; Maridaki, M.; Philippou, A. The Effect of a Home-Based Tele-Exercise Training Program on the Quality of Life and Physical Performance in Breast Cancer Survivors. *Sports* 2023, 11, 102. [CrossRef]
- 43 Gell, N.M.; Dittus, K.; Cafer, J.; Martin, A.; Bae, M.; Patel, K.V. Remotely delivered exercise to older rural cancer survivors: A randomized controlled pilot trial. *J. Cancer Surviv.* 2022, 14, 1–10. [CrossRef]
- 44 Costa, R.R.G.; Dorneles, J.R.; Veloso, J.H.; Gonçalves, C.W.; Neto, F.R. Synchronous and asynchronous tele-exercise during the coronavirus disease 2019 pandemic: Comparisons of implementation and training load in individuals with spinal cord injury. *J. Telemed. Telecare* 2023, 29, 308–317. [CrossRef]
- 45 Haley, J.A.; Rhind, D.J.A.; Maidment, D.W. Applying the behaviour change wheel to assess the theoretical underpinning of a novel smartphone application to increase physical activity in adults with spinal cord injuries. *Mhealth* 2023, 17, 9–10. [CrossRef]
- 46 Rodríguez, M.Á.; Crespo, I.; Valle, M.D.; Olmedillas, H. Home-Based Vigorous Tele-Exercise in People with Parkinson’s Disease: Feasibility Beyond Complexity. *J. Parkinsons Dis.* 2021, 11, 843–845. [CrossRef] [PubMed]

La “Figura 1” illustra la crescita esponenziale del numero di articoli pubblicati sul tema del "telesercizio". I risultati indicano un numero variabile di pubblicazioni sull'argomento "telesercizio" nel corso degli anni. Vale la pena notare che il numero di articoli sembra essere aumentato negli ultimi anni, con un picco nel 2022; questo perché il 2023 è rappresentato solo parzialmente. Ciò suggerisce un crescente interesse e attività di ricerca nel campo del telesercizio. Tuttavia, è importante considerare che il solo numero di articoli non fornisce una visione completa della qualità o dell'impatto della ricerca condotta.

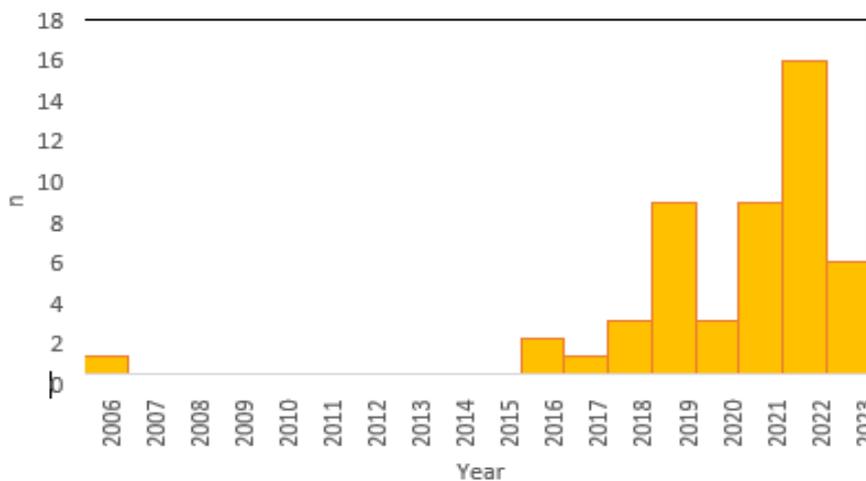


Figura 1. Numero di articoli trovati utilizzando la parola chiave "Tele-exercise" su PubMed.

2.2 TECNOLOGIE EMERGENTI RELATIVE AL TELESERCIZIO FISICO

L'*Internet delle cose (IoT)* è una rete di dispositivi connessi che raccolgono e condividono dati per migliorare l'esperienza dell'utente e offrire servizi personalizzati. Nel contesto del telesercizio, i dispositivi IoT possono includere smartwatch, activity tracker, bilance intelligenti e sensori ambientali. Questi dispositivi permettono agli utenti di monitorare vari parametri, come la frequenza cardiaca, la qualità del sonno e la postura, fornendo un feedback in tempo reale e consentendo agli utenti di ottimizzare l'allenamento e lo stile di vita^{47,48}. Direito et al., attraverso il loro lavoro analitico, offrono una revisione sistematica degli ultimi

⁴⁷ Najafi, P.; Hadizadeh, M.; Cheong, J.P.G.; Mohafez, H.; Abdullah, S.; Poursadeghfard, M. Effects of Tele-Pilates and Tele-Yoga on Biochemical, Physical, and Psychological Parameters of Females with Multiple Sclerosis. *J. Clin. Med.* 2023, *12*, 1585. [[CrossRef](#)]

⁴⁸ Divecha, A.A.; Bialek, A.; Kumar, D.S.; Garn, R.M.; Currie, L.E.J.; Campos, T.; Friel, K.M. Effects of a 12-week, seated, virtual, home-based tele-exercise programme compared with a prerecorded video-based exercise programme in people with chronic neurological impairments: Protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open* 2023, *13*, e065032. [[CrossRef](#)]

sviluppi delle tecnologie emergenti per il telesercizio. Gli autori esaminano l'efficacia delle tecnologie eHealth nel promuovere l'attività fisica. Gli autori analizzano una varietà di interventi eHealth, tra cui applicazioni per smartphone, siti web e dispositivi indossabili, valutando il loro impatto sull'adesione all'esercizio fisico e sui risultati relativi alla salute⁴⁹.

Benefici dell'IoT:

- Efficacia: l'articolo osserva che molte delle tecnologie eHealth esaminate si sono dimostrate efficaci nel promuovere l'attività fisica e nel migliorare i risultati relativi alla salute;
- Ampia portata: le soluzioni di eHealth hanno il potenziale per raggiungere un'ampia gamma di utenti in diverse aree geografiche, superando le barriere geografiche;
- Personalizzazione: gli interventi di eHealth possono essere adattati alle esigenze e alle preferenze individuali, contribuendo a migliorare l'adesione e la motivazione;
- monitoraggio in tempo reale: le tecnologie eHealth possono fornire un feedback immediato e monitorare i progressi nel tempo, aiutando gli utenti a mantenere la motivazione e ad adattare i programmi di attività fisica.

Sfide dell'IoT:

- Eterogeneità degli interventi: l'articolo sottolinea che esiste una notevole varietà di interventi di eHealth, il che rende difficile determinare quali siano i fattori chiave di successo e come possano essere applicati in modo più ampio;
- aderenza a lungo termine: molti studi inclusi nella revisione sistematica hanno una durata limitata, rendendo difficile valutare l'efficacia a lungo termine degli interventi di eHealth e l'aderenza degli utenti nel tempo;
- Disuguaglianze digitali: le persone con accesso limitato alle tecnologie digitali o con competenze digitali limitate potrebbero non beneficiare degli interventi di eHealth nella stessa misura degli utenti più esperti;
- Problemi di privacy e sicurezza dei dati: la raccolta e l'archiviazione dei dati personali e sensibili degli utenti può sollevare preoccupazioni in merito alla privacy e alla sicurezza dei dati, che possono influire sulla fiducia degli utenti nelle tecnologie eHealth.

⁴⁹ Gell, N.M.; Dittus, K.; Caefer, J.; Martin, A.; Bae, M.; Patel, K.V. Remotely delivered exercise to older rural cancer survivors: A randomized controlled pilot trial. *J. Cancer Surviv.* **2022**, *14*, 1–10. [[CrossRef](#)]

L'intelligenza artificiale (AI) sta assumendo un ruolo sempre più importante nel campo del teleesercizio fisico. Elaborando grandi quantità di dati raccolti dai dispositivi IoT, gli algoritmi di intelligenza artificiale possono identificare modelli e tendenze che possono contribuire a migliorare la salute e il benessere degli utenti. Alcune applicazioni includono l'analisi dei dati di allenamento per fornire suggerimenti personalizzati, la creazione di piani di allenamento basati sull'intelligenza artificiale e il monitoraggio delle condizioni di salute per prevenire malattie e infortuni. He et al. esaminano l'implementazione pratica delle tecnologie di intelligenza artificiale in medicina, comprese le applicazioni nel campo del teleesercizio. Il loro lavoro evidenzia come l'AI possa essere utilizzata per analizzare i dati relativi all'esercizio fisico e fornire suggerimenti personalizzati, creare piani di esercizio basati sull'IA e monitorare le condizioni di salute per prevenire gli infortuni⁵⁰. Liu et al. presentano una panoramica dei sistemi di fitness personalizzati basati sull'intelligenza artificiale e sui dispositivi indossabili che possono aiutare gli utenti a mantenere uno stile di vita sano e attivo. Discutono inoltre di come l'intelligenza artificiale possa essere utilizzata per l'analisi dei dati di allenamento, la creazione di piani di allenamento personalizzati, la valutazione delle prestazioni e la motivazione degli utenti attraverso un'interazione personalizzata. Nella loro analisi, i benefici che gli utenti ricevono dall'integrazione dei dati da parte dell'IA appaiono evidenti⁵¹.

Negli ultimi anni, e ancor più negli ultimi mesi, le applicazioni che sfruttano la potenza dell'IA nel mondo del teleesercizio sono aumentate notevolmente. Le caratteristiche che queste applicazioni sfruttano, grazie all'IA, sono descritte di seguito: (i) analisi in tempo reale del movimento effettuato dal soggetto praticante e capacità di rilevare gli errori e fornire un suggerimento per la correzione; (ii) modifica del piano di fitness in base alle esigenze dell'utente e ai risultati da lui stabiliti; (iii) attraverso specifici ausili tecnologici, le IA sono in grado di valutare l'intensità degli esercizi e di suggerirne una modifica se inadeguata alle

⁵⁰ Gell, N.M.; Dittus, K.; Cafer, J.; Martin, A.; Bae, M.; Patel, K.V. Remotely delivered exercise to older rural cancer survivors: A randomized controlled pilot trial. *J. Cancer Surviv.* **2022**, *14*, 1–10. [[CrossRef](#)]

⁵¹ Li, S.; Li, Y.; Liang, Q.; Yang, W.J.; Zi, R.; Wu, X.; Du, C.; Jiang, Y. Effects of tele-exercise rehabilitation intervention on women at high risk of osteoporotic fractures: Study protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open.* **2022**, *12*, e064328. [[CrossRef](#)]

esigenze dell'utente; e (iv) prevenzione degli infortuni e modifica degli esercizi, in base all'attuale stato di salute dell'atleta⁵²⁵³.

Vantaggi e sfide:

- Miglioramento della diagnosi e del trattamento delle malattie;
- Personalizzazione della medicina e del trattamento per i singoli pazienti;
- Riduzione del carico di lavoro per gli operatori sanitari e miglioramento dell'efficienza;
- Potenziale di scoperta di nuovi approcci terapeutici e nuovi farmaci;
- L'uso dell'IA può aiutare a identificare e prevenire i problemi di salute prima che diventino gravi;
- Miglioramento della comunicazione e della collaborazione tra i diversi membri del team sanitario;
- Monitoraggio accurato delle attività fisiche e dei parametri di salute;
- fornitura di feedback personalizzati e consigli basati sull'intelligenza artificiale per migliorare la forma fisica e la salute;
- Aumento della motivazione e dell'adesione all'attività fisica;
- prevenzione e gestione delle malattie croniche legate allo stile di vita;
- L'intelligenza artificiale può aiutare a identificare i modelli di comportamento e fornire interventi precoci per migliorare la salute e il benessere;
- L'uso di dispositivi indossabili e di sistemi di fitness basati sull'IA può incoraggiare uno stile di vita più sano e attivo;
- l'integrazione dell'IA nella pratica clinica esistente e l'interoperabilità con i sistemi sanitari;
- Gestione di grandi volumi di dati e garanzia di qualità dei dati;
- garantire l'equità e ridurre i pregiudizi algoritmici nel trattamento dei pazienti;
- Difficoltà nel garantire l'adozione e l'accettazione dell'IA da parte dei pazienti e degli operatori sanitari;
- Migliorare l'interazione uomo-macchina per rendere i sistemi più intuitivi e facili da usare;
- Personalizzare i sistemi di fitness per soddisfare le esigenze e le preferenze individuali;

⁵² Chiang, S.L.; Shen, C.L.; Lee, M.S.; Lin, C.H.; Lin, C.H. Effectiveness of a 12-week tele-exercise training program on cardiorespiratory fitness and heart rate recovery in patients with cardiometabolic multimorbidity. *Worldviews Evid. Based Nurs.* 2022, 4. [[CrossRef](#)]

⁵³ Ryan, A.S.; Serra, M.C.; Gray, V.L. Editorial: Exercise and aging with musculoskeletal conditions. *Front. Rehabil. Sci.* 2022,3, 902241. [[CrossRef](#)]

- mantenere l'interesse e il coinvolgimento degli utenti a lungo termine;
- scalabilità e adattabilità dei sistemi di fitness basati sull'intelligenza artificiale a popolazioni e contesti diversi.

La *realtà virtuale (VR)* e la *realtà aumentata (AR)* stanno trasformando il modo in cui le persone si allenano e interagiscono con l'ambiente di teleesercizio. La VR offre esperienze di allenamento completamente immersive, che consentono agli utenti di allenarsi in ambienti virtuali che possono spaziare da ambientazioni realistiche a mondi fantastici. L'AR, invece, sovrappone elementi digitali all'ambiente reale, migliorando l'esperienza di allenamento con informazioni aggiuntive, come statistiche sulle prestazioni, suggerimenti e obiettivi personalizzati⁵⁴⁵⁵.

Ad esempio, Farrow et al. esplorano l'applicazione della realtà virtuale e aumentata nell'allenamento sportivo e nell'acquisizione di abilità, con particolare attenzione al rugby. Gli autori mostrano come la VR e l'AR possano migliorare l'apprendimento e la motivazione degli atleti fornendo esperienze di coaching più coinvolgenti e personalizzate [61].

Vantaggi e sfide:

- Fornire un ambiente di allenamento sicuro e controllato per l'apprendimento e il perfezionamento delle abilità;
- Migliorare l'apprendimento attraverso la ripetizione e la pratica mirata;
- Migliorare l'analisi delle prestazioni e il feedback agli atleti;
- Aumentare il coinvolgimento e la motivazione degli atleti durante l'allenamento;
- La realtà virtuale può aiutare a sviluppare abilità mentali e cognitive, come il processo decisionale e la consapevolezza della situazione;
- L'uso della realtà virtuale può facilitare la collaborazione e l'allenamento tra atleti e allenatori di diverse località geografiche;
- Affrontare le limitazioni tecniche, come la latenza e la risoluzione grafica;

54 Amorese, A.J.; Ryan, A.S. Home-Based Tele-Exercise in Musculoskeletal Conditions and Chronic Disease: A Literature Review. *Front. Rehabil. Sci.* 2022, 3, 811465. [[CrossRef](#)]

55 Tracy, T.F.; Young, H.J.; Lai, B.; Layton, B.; Stokes, D.; Fry, M.; Mehta, T.; Riser, E.S.; Rimmer, J. Supporting successful recruitment in a randomized control trial comparing clinic and home-based exercise among adults with multiple sclerosis. *Res. Involv. Engagem.* 2022, 8, 35. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

- Garantire la validità e la trasferibilità delle competenze apprese nella realtà virtuale al mondo reale;
- Ridurre i costi e aumentare l'accessibilità della tecnologia della realtà virtuale;
- Adattare e personalizzare i sistemi di realtà virtuale per diversi sport e livelli di abilità;
- gestire i potenziali effetti collaterali, come il mal d'auto, durante l'uso della realtà virtuale.

Kim e Park esplorano il potenziale della realtà virtuale e aumentata nella ricerca sulla psicologia dell'esercizio e dello sport. Gli autori discutono di come queste tecnologie possano migliorare l'esperienza di allenamento, aumentare la motivazione e la soddisfazione degli utenti e offrire nuove opportunità di ricerca nel campo della psicologia dell'esercizio. Vengono inoltre discusse le sfide e le opportunità per l'adozione di queste tecnologie nella pratica clinica e sportiva⁵⁶.

La tecnologia *blockchain* può essere utilizzata nel teleesercizio fisico per garantire la *sicurezza e la privacy dei dati* degli utenti. Poiché le informazioni personali, come i dati sulla salute e sulle prestazioni, sono estremamente sensibili, la blockchain può garantire che tali dati siano archiviati e condivisi in modo sicuro e trasparente. Inoltre, la blockchain può facilitare la creazione di sistemi di incentivi e ricompense per motivare gli utenti a raggiungere i loro obiettivi di fitness. Casino et al. esaminano le applicazioni basate su blockchain attraverso una revisione sistematica della letteratura e presentano la classificazione e le questioni aperte relative a queste applicazioni. L'articolo descrive come la tecnologia blockchain possa essere utilizzata nel teleesercizio fisico per garantire la sicurezza e la privacy dei dati degli utenti e facilitare la creazione di sistemi di incentivi⁵⁷.

Vantaggi e sfide:

- Migliorare la sicurezza dei dati degli utenti;
- Garantire la protezione della privacy e rispettare le normative vigenti;
- Rendere le procedure di registrazione più semplici e sicure per gli utenti.

⁵⁶ Alpozgen, A.Z.; Kardes, K.; Acikbas, E.; Demirhan, F.; Sagir, K.; Avcil, E. The effectiveness of synchronous tele-exercise to maintain the physical fitness, quality of life, and mood of older people—A randomized and controlled study. *Eur. Geriatr. Med.* **2022**, *13*, 1177–1185. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

⁵⁷ Schneider, V.; Kale, D.; Herbec, A.; Beard, E.; Fisher, A.; Shahab, L. UK Adults' Exercise Locations, Use of Digital Programs, and Associations with Physical Activity During the COVID-19 Pandemic: Longitudinal Analysis of Data from the Health Behaviours During the COVID-19 Pandemic Study. *JMIR Form. Res.* **2022**, *6*, e35021. [[CrossRef](#)]

Le *applicazioni mobili e le piattaforme di teleesercizio* stanno diventando sempre più popolari grazie alla loro facilità d'uso e alla possibilità di accedere a un'ampia gamma di servizi e funzionalità. Queste piattaforme offrono agli utenti la possibilità di seguire corsi di fitness online, monitorare i propri progressi, condividere i risultati con gli amici e persino partecipare a sfide virtuali. Inoltre, le piattaforme di teleesercizio possono essere personalizzate in base alle esigenze e alle preferenze degli utenti, consentendo un'esperienza di allenamento su misura. Silva et al. hanno condotto una revisione sistematica e una meta-analisi di studi precedenti per valutare l'efficacia delle applicazioni mobili eseguite su smartphone nel promuovere l'attività fisica. Sono stati inclusi ventuno studi randomizzati e controllati che utilizzavano diverse applicazioni mobili. La meta-analisi ha mostrato che l'uso di applicazioni mobili eseguite su smartphone può portare a un aumento significativo dell'attività fisica. Gli autori hanno sottolineato l'importanza di applicazioni mobili personalizzate per migliorare l'efficacia di queste tecnologie e la necessità di valutare continuamente gli effetti degli interventi. Gli autori hanno concluso che le applicazioni mobili eseguite su smartphone possono essere efficaci nel promuovere l'attività fisica, ma sono necessarie ulteriori ricerche per identificare le caratteristiche degli interventi più efficaci e per capire meglio come personalizzarli per adattarli alle esigenze individuali. Inoltre, l'uso di dispositivi portatili aumenterebbe l'interesse per l'attività fisica tra i segmenti più giovani della popolazione, che di solito sono più abituati all'uso di questa tecnologia⁵⁸. Ciò non significa che i dispositivi portatili siano appannaggio esclusivo di bambini e adolescenti; infatti, i primi studi preliminari dimostrano che anche la popolazione adulta riceve i benefici sopra descritti⁵⁹.

Benefici e sfide:

- Miglioramento delle abitudini legate all'esercizio fisico;
- Riduzione dello stile di vita sedentario e dei suoi effetti negativi;
- Facilitare l'accesso ai programmi di teleesercizio per diversi tipi di utenti;
- Aumentare i partecipanti in una fascia d'età giovane;
- Aumentare la personalizzazione dei programmi di esercizio;
- Garantire prestazioni ottimali dei vari programmi di teleesercizio proposti.

⁵⁸Tejera, C.; Guerrero, D.B. "Salud digital": Tele-ejercicio en obesidad, ¿qué nos puede aportar? ["Digital health": Tele-exercise in obesity, what can we expect?]. *Nutr. Hosp.* 2022, 39, 245–246. [[PubMed](#)]

⁵⁹ Stavrou, V.T.; Turlakopoulos, K.N.; Daniil, Z.; Gourgoulialis, K.I. Respiratory Muscle Strength: New Technology for Easy Assessment. *Cureus* 2021, 13, e14803. [[CrossRef](#)]

La *tecnologia indossabile* sta rivoluzionando il campo del teleesercizio, offrendo agli utenti la possibilità di monitorare costantemente la propria salute e le proprie prestazioni durante l'attività fisica. Come già descritto nella sezione IoT, dispositivi come smartwatch, braccialetti per il fitness e indumenti intelligenti possono raccogliere un'ampia gamma di dati, tra cui la frequenza cardiaca, il consumo di ossigeno, la postura e la qualità del sonno. Queste informazioni possono essere analizzate e utilizzate per fornire feedback e suggerimenti personalizzati, migliorando l'efficacia dell'allenamento e la salute generale dell'utente. Nella revisione sistematica di Kruse et al. gli autori esaminano il ruolo della telemedicina nella soddisfazione dei pazienti e discutono il potenziale della telemedicina nel fornire assistenza e consulenza a distanza agli utenti della telemedicina. L'articolo sottolinea come la telemedicina possa migliorare l'accesso a servizi di consulenza e coaching personalizzati, riducendo le barriere geografiche e contribuendo a un'esperienza utente più coinvolgente e soddisfacente⁶⁰. Il dialogo tra i diversi dispositivi è una risorsa chiave che il teleesercizio deve sfruttare per essere ottimale. In questo quadro, i dispositivi indossabili si interfacciano con tutta la strumentazione utilizzata dall'utente che può comunicare con loro. Il monitoraggio delle condizioni fisiche del soggetto attraverso i dispositivi indossabili invia il segnale alla strumentazione utilizzata dall'utente stesso, modificando parametri come la resistenza, la velocità e la lunghezza in modo specifico per lo strumento utilizzato e in tempo reale.

Benefici e sfide:

- Semplicità e immediatezza nell'uso del dispositivo;
- Aumento del livello di soddisfazione degli utenti;
- Monitoraggio delle condizioni fisiche dei partecipanti alle sessioni di teleesercizio;
- Migliorare l'attrattiva per i gruppi di età più avanzata.

L'analisi dei big data sta diventando sempre più importante nel campo del teleesercizio, in quanto consente di estrarre informazioni preziose dai grandi volumi di dati raccolti dai dispositivi IoT e dalle piattaforme di fitness. Queste informazioni possono essere utilizzate per identificare modelli e tendenze che possono aiutare a prevedere e prevenire gli infortuni,

60 Zasadzka, E.; Trzmiel, T.; Pieczyn'ska, A.; Hojan, K. Modern Technologies in the Rehabilitation of Patients with Multiple Sclerosis and Their Potential Application in Times of COVID-19. *Medicina* 2021, 57, 549.

migliorare le prestazioni e promuovere la salute a lungo termine⁶¹. Inoltre, l'analisi predittiva può essere utilizzata per personalizzare ulteriormente i piani di allenamento e le strategie di fitness in base alle esigenze e agli obiettivi individuali degli utenti. Ad esempio, l'analisi predittiva può identificare il rischio di lesioni in base a specifici schemi di movimento o carichi di allenamento, consentendo agli allenatori e agli utenti di modificare le loro routine per ridurre al minimo i rischi e migliorare la sicurezza. Li e Li presentano un sistema di intelligenza artificiale basato sull'apprendimento profondo per generare un modello di guida per l'educazione sportiva e la valutazione della forma fisica. Lo studio dimostra l'efficacia del sistema proposto nel prevedere le prestazioni fisiche degli individui e nel valutare la forma fisica. prestazioni fisiche degli individui e nella valutazione della forma fisica⁶². Un altro articolo esamina le applicazioni dei big data analytics e del machine learning nel monitoraggio dell'attività fisica, discutendo le sfide e le opportunità offerte da queste tecnologie. Gli autori discutono le sfide e le opportunità presentate dall'analisi dei big data in ambito medico e sanitario, come la gestione e l'analisi di enormi quantità di dati provenienti da varie fonti, tra cui cartelle cliniche elettroniche, dispositivi indossabili, imaging medico e genome sequencing. Le informazioni fornite dai big data possono portare a una migliore comprensione delle malattie, delle loro cause e dei meccanismi molecolari sottostanti, nonché alla scoperta di nuovi trattamenti e terapie personalizzate. Di particolare interesse è la discussione sull'uso dei big data analytics per migliorare la qualità e l'efficienza dell'assistenza sanitaria, riducendo i costi e migliorando il monitoraggio e la prevenzione delle malattie. Inoltre, l'articolo affronta le questioni etiche, legali e di privacy legate all'uso dei big data nell'assistenza sanitaria e fornisce alcuni esempi di successo di applicazioni di big data analytics nel settore medico e sanitario⁶³.

Vantaggi e analisi predittiva:

- Utilizzo incrociato dei dati disponibili per prevenire l'insorgere di rischi per la salute;
- Analisi dei dati per l'implementazione di programmi individuali di teleesercizio fisico;

61 Lotfi, A.; Langensiepen, C.; Yahaya, S.W. Socially Assistive Robotics: Robot Exercise Trainer for Older Adults. *Technologies* 2018,6, 32. [[CrossRef](#)]

62 Zignoli, A.; Fornasiero, A.; Rota, P.; Muollo, V.; Peyré-Tartaruga, L.A.; Low, D.A.; Fontana, F.Y.; Besson, D.; Pühringer, M.; Ring-Dimitriou, S.; et al. Oxynet: A collective intelligence that detects ventilatory thresholds in cardiopulmonary exercise tests. *Eur. J. Sport. Sci.* 2020, 22, 425–435. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

63 Patel, K.V.; Hoffman, E.V.; Phelan, E.A.; Gell, N.M. Remotely Delivered Exercise to Rural Older Adults with Knee Osteoarthritis: A Pilot Study. *ACROR* 2022, 4, 735–744.

- Monitoraggio del comportamento dei singoli soggetti utenti;
- Mancanza di modelli predittivi attualmente sviluppati;
- Implementazione di un algoritmo di analisi specifico.

Il telesercizio sta diventando sempre più *sociale*, con piattaforme e app che incoraggiano gli utenti a condividere i propri progressi, a partecipare a sfide e competizioni e a interagire con altri appassionati di fitness⁶⁴. La *gamification*, ovvero l'applicazione delle meccaniche di gioco al fitness, è un potente strumento per aumentare la motivazione e il coinvolgimento degli utenti nel telesercizio⁶⁵. Badge, classifiche, obiettivi e ricompense virtuali possono essere utilizzati per incoraggiare gli utenti a migliorare costantemente e a raggiungere nuovi traguardi nel loro percorso di fitness⁶⁶. Cotton e Patel analizzano gli effetti della gamification su diverse misure di adesione all'attività fisica e sui risultati, tra cui motivazione, adesione, frequenza e durata dell'attività fisica. Gli autori esaminano anche i diversi elementi di gamification utilizzati nelle app di fitness, come sfide, ricompense, classifiche e personalizzazione. In generale, gli autori trovano che l'uso della gamification nelle applicazioni di fitness ha effetti positivi sulla motivazione e sull'adesione all'attività fisica. Tuttavia, gli effetti sulla frequenza e sulla durata dell'attività fisica sono meno chiari e possono dipendere dalla specifica implementazione della gamification. Inoltre, gli autori sottolineano l'importanza di considerare le esigenze e le preferenze individuali degli utenti quando si progettano elementi di gamification. Ad esempio, alcuni utenti potrebbero preferire sfide individuali, mentre altri potrebbero preferire sfide sociali. Inoltre, gli autori osservano che l'efficacia della gamification può dipendere anche dalla durata e dalla frequenza dell'intervento e che sono necessarie ulteriori ricerche per comprendere meglio questi fattori⁶⁷.

Benefici e sfide:

⁶⁴ Sun, C.; Chrysiou, E.; Savvopoulou, E.; Hernandez-Garcia, E.; Fatah gen. Schieck, A. Healthcare Built Environment and Telemedicine Practice for Social and Environmental Sustainability. *Sustainability* 2023, *15*, 2697. [[CrossRef](#)]

⁶⁵ Vandoni, M.; Carnevale Pellino, V.; Gatti, A.; Lucini, D.; Mannarino, S.; Larizza, C.; Rossi, V.; Tranfaglia, V.; Pirazzi, A.; Biino, V.; et al. Effects of an Online Supervised Exercise Training in Children with Obesity during the COVID-19 Pandemic. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, *19*, 9421. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

⁶⁶ Jassil, F.C.; Richards, R.; Carnemolla, A.; Lewis, N.; Montagut-Pino, G.; Kingett, H.; Doyle, J.; Kirk, A.; Brown, A.; Chaiyasoot, K.; et al. Patients' views and experiences of live supervised tele-exercise classes following bariatric surgery during the COVID-19 pandemic: The BARI-LIFESTYLE qualitative study. *Clin. Obes.* 2022, *12*, e12499. [[CrossRef](#)]

⁶⁷ Calcaterra, V.; Verduci, E.; Vandoni, M.; Rossi, V.; Di Profio, E.; Pellino, V.C.; Tranfaglia, V.; Pascuzzi, M.C.; Borsani, B.; Bosetti, A.; et al. Telehealth: A Useful Tool for the Management of Nutrition and Exercise Programs in Pediatric Obesity in the COVID-19 Era. *Nutrients* 2021, *13*, 3689. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

- Uso di ricompense e gratificazioni come stimoli per aumentare la partecipazione;
- Trovare una metodologia di gamification funzionale per tutti gli utenti;
- Limitare la possibilità di abbandono/interruzione del corso a seguito di sconfitte nell'attività di gamification.

Le *biotecnologie* stanno aprendo nuove possibilità nel campo del teleesercizio, consentendo un *monitoraggio avanzato della salute* e la personalizzazione delle esperienze di esercizio. I dispositivi e i sensori biotecnologici, come gli elettromiografi e i biosensori, possono misurare parametri come l'attività muscolare, il livello di stress e la composizione corporea⁶⁸⁶⁹. Questi dati possono essere utilizzati per adattare gli allenamenti alle esigenze specifiche degli utenti e fornire loro informazioni dettagliate sulla loro salute e sul loro benessere. Il lavoro di analisi condotto da Gülü et al. livelli di obesità, attività fisica e dipendenza da videogiochi tra gli adolescenti e studia come l'apprendimento automatico possa essere utilizzato per prevedere la dipendenza da videogiochi.

Lo studio esamina come l'obesità, l'attività fisica e la dipendenza da videogiochi siano interconnessi e come queste relazioni possano influenzare la salute fisica e mentale degli adolescenti. Gli autori utilizzano tecniche di apprendimento automatico per analizzare i dati raccolti e creare modelli predittivi in grado di identificare i fattori di rischio e le possibili conseguenze della dipendenza da videogiochi. Inoltre, lo studio cerca di capire come diverse variabili, come l'età, il sesso, il livello socioeconomico e altri fattori, possano influenzare la relazione tra obesità, attività fisica e dipendenza da videogiochi. L'obiettivo finale è quello di utilizzare queste informazioni per sviluppare interventi e strategie preventive che possano ridurre l'incidenza della dipendenza da videogiochi e promuovere comportamenti più sani tra gli adolescenti⁷⁰.

⁶⁸ Vandoni, M.; Codella, R.; Pippi, R.; Carnevale Pellino, V.; Lovecchio, N.; Marin, L.; Silvestri, D.; Gatti, A.; Magenes, V.C.; Regalbutto, C.; et al. Combatting Sedentary Behaviors by Delivering Remote Physical Exercise in Children and Adolescents with Obesity in the COVID-19 Era: A Narrative Review. *Nutrients* 2021, *13*, 4459.

⁶⁹ Gülü, M.; Yagin, F.H.; Gocer, I.; Yapici, H.; Ayyildiz, E.; Clemente, F.M.; Ardigò, L.P.; Zadeh, A.K.; Prieto-González, P.; Nobari, H. Exploring obesity, physical activity, and digital game addiction levels among adolescents: A study on machine learning-based prediction of digital game addiction. *Front. Psychol.* 2023, *14*, 1097145. [[CrossRef](#)]

⁷⁰ Zimatore, G.; Gallotta, M.C.; Innocenti, L.; Bonavolontà, V.; Ciasca, G.; De Spirito, M.; Guidetti, L.; Baldari, C. Recurrence Quantification Analysis of Heart Rate Variability during Continuous Incremental Exercise Test in Obese Subjects. *Chaos* 2020, *30*, 033135. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

Vantaggi e sfide:

- Analisi a 360 gradi e in tempo reale delle condizioni di salute del soggetto;
- Capacità di adattare gli esercizi allo stato di salute dell'operatore, in modo direttamente dipendente dalle sue condizioni fisiche;
- Impostazione corretta degli strumenti se non eseguita da una mano esperta;
- Facilitare l'utilizzo da parte dell'utente che ha poca dimestichezza con la tecnologia.

La *robotica* e l'*automazione* stanno entrando nel campo del telesercizio, offrendo nuove possibilità per la formazione e l'assistenza agli utenti. I robot possono essere utilizzati come personal trainer virtuali, fornendo istruzioni, feedback e motivazione durante gli allenamenti. Inoltre, l'automazione può essere utilizzata per semplificare e snellire la gestione delle piattaforme di telesercizio, migliorando l'esperienza dell'utente e consentendo esperienze di fitness più personalizzate.

Alcuni esempi di applicazioni robotiche nel telesercizio includono robot fisioterapisti che possono guidare gli utenti attraverso specifici esercizi di riabilitazione e dispositivi robotici di assistenza che possono supportare gli utenti con disabilità o limitazioni fisiche durante gli allenamenti⁷¹. Questi dispositivi possono essere programmati per adattarsi alle esigenze individuali e fornire un livello di assistenza personalizzato⁷². Inoltre, l'automazione può essere utilizzata per migliorare l'analisi dei dati raccolti dai dispositivi IoT e dalle piattaforme di fitness. Ad esempio, gli algoritmi di apprendimento automatico possono essere utilizzati per identificare modelli nei dati e generare suggerimenti e raccomandazioni personalizzate per gli utenti. Ciò può contribuire a migliorare la qualità degli allenamenti e a massimizzare i risultati del fitness. L'automazione può essere utilizzata anche nella logistica e nella manutenzione delle attrezzature per il telesercizio. Ad esempio, i sistemi di automazione avanzati possono monitorare l'usura e il degrado delle apparecchiature e programmare azioni di manutenzione preventiva, riducendo il rischio di malfunzionamenti e guasti.

⁷¹ Domínguez-Muñoz, A.; Carlos-Vivas, J.; Barrios-Fernandez, S.; Adsuar, J.C.; Morenas-Martín, J.; Garcia-Gordillo, M.A.; Domínguez-Muñoz, F.J. Pedagogical Proposal of Tele- Exercise Based on “Square Stepping Exercise” in Preschoolers: Study Protocol. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 8649. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

⁷² Chen, J.J.; Cooper, D.M.; Haddad, F.; Sladkey, A.; Nussbaum, E.; Radom-Aizik, S. Tele-Exercise as a Promising Tool to Promote Exercise in Children with Cystic Fibrosis. *Front. Public Health* **2018**, *6*, 269. [[CrossRef](#)]

La robotica e l'automazione stanno rivoluzionando il settore del telesercizio, offrendo nuove opportunità di formazione personalizzata e di assistenza agli utenti e migliorando l'efficienza e la sicurezza delle piattaforme di fitness. Con la continua evoluzione di queste tecnologie, si prevede che il loro impatto sul telesercizio diventerà ancora più significativo, contribuendo a creare esperienze di fitness più coinvolgenti e personalizzate. In futuro, la robotica e l'automazione potrebbero aprire nuove frontiere nel telesercizio, con l'implementazione di tecnologie ancora più avanzate e sofisticate. Ad esempio, potremmo assistere all'utilizzo di robot dotati di intelligenza artificiale avanzata, in grado di apprendere e adattarsi alle esigenze e alle preferenze degli utenti, offrendo programmi di allenamento ancora più personalizzati e dinamici. Inoltre, la robotica e l'automazione potrebbero contribuire a rendere il telesercizio fisico più accessibile a un pubblico più ampio, eliminando alcune delle barriere economiche e logistiche associate all'allenamento in palestra o con un personal trainer in persona. Ad esempio, i dispositivi robotici potrebbero diventare più economici e accessibili, consentendo a un maggior numero di persone di godere dei benefici di un fitness personalizzato.

La crescente integrazione di tecnologie come la realtà virtuale e aumentata, l'IoT e l'AI con la robotica e l'automazione potrebbe anche portare a nuovi formati di telesercizio, come ambienti di allenamento virtuali immersivi o esperienze di fitness gamificate. Ciò potrebbe rendere il telesercizio ancora più coinvolgente e motivante, incoraggiando gli utenti a mantenere un impegno costante per migliorare la propria salute e il proprio benessere. Tuttavia, è anche importante considerare le sfide e le implicazioni etiche associate al crescente uso della robotica e dell'automazione nella teleassistenza. Ad esempio, sarà fondamentale garantire la sicurezza e la privacy dei dati degli utenti e affrontare le preoccupazioni relative all'automazione e alla perdita di posti di lavoro nel settore del fitness.

In conclusione, la robotica e l'automazione hanno il potenziale per trasformare radicalmente il settore del telesercizio fisico, offrendo nuove opportunità e sfide. Man mano che queste tecnologie si evolvono e si diffondono, sarà fondamentale considerare sia i benefici sia le implicazioni associate al loro utilizzo per garantire un futuro sostenibile e inclusivo nel settore del fitness e del benessere⁷³.

Vantaggi e sfide:

⁷³ Rodríguez, M.Á.; Crespo, I.; Valle, M.D.; Olmedillas, H. Home-Based Vigorous Tele-Exercise in People with Parkinson's Disease: Feasibility Beyond Complexity. *J. Parkinsons Dis.* **2021**, *11*, 843–845. [[CrossRef](#)][[PubMed](#)]

- Implementazione di istruttori robotici personalizzati in base alle esigenze del singolo utente;
- Miglioramento della qualità delle attività di allenamento e di esercizio;
- Riduzione dei possibili guasti e malfunzionamenti dei dispositivi utilizzati per il telesercizio;
- Riduzione dei costi di produzione;
- Evitare la possibile riduzione dei posti di lavoro per gli istruttori "tradizionali";
- Mantenere al sicuro i dati sensibili degli utenti.

2.3 VANTAGGI DEL TELESERCIZIO E DELLE NUOVE TECNOLOGIE EMERGENTI

Nell'era moderna della digitalizzazione, il telesercizio ha guadagnato rilevanza come mezzo efficace per promuovere la salute e il benessere. Con la progressiva integrazione delle tecnologie emergenti, il telesercizio non è solo un mezzo per eseguire allenamenti, ma anche una piattaforma che offre numerosi vantaggi avanzati.

Uno dei vantaggi primari è l'uso dei dati medici personali per fornire feedback personalizzati. Questi dati, quando interpretati attraverso algoritmi avanzati, possono fornire consigli mirati che vanno al di là delle generalizzazioni. Gli utenti, pertanto, possono ottimizzare i loro allenamenti e modellare i loro stili di vita in modo più informato. Questa precisione deriva dalle ricerche e dalle tecniche avanzate dei dispositivi indossabili focalizzate sul point-of-care. Gli autori come Prakashan hanno esaminato l'evoluzione e le applicazioni di tali dispositivi, sottolineando la loro capacità di monitoraggio continuo e non invasivo dei parametri vitali⁷⁴.

In parallelo, il telesercizio capitalizza sull'intelligenza artificiale e sul machine learning per fornire feedback immediato. Questi sistemi, attraverso l'analisi dei dati, possono discernere modelli che sfuggono all'occhio umano. Questa intelligenza, quando incorporata in allenatori virtuali, può analizzare le prestazioni degli utenti e suggerire modifiche in tempo reale. Questa immediata retroazione facilita un allenamento più efficace e adattato alle esigenze individuali⁷⁵.

⁷⁴ Marasco, I.; Niro, G.; Demir, S.M.; Marzano, L.; Fachechi, L.; Rizzi, F.; Demarchi, D.; Motto Ros, P.; D'Orazio, A.; Grande, M.; et al. Wearable Heart Rate Monitoring Device Communicating in 5G ISM Band for IoHT. *Bioengineering* 2023, *10*, 113. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

⁷⁵ Concheiro-Moscoso, P.; Groba, B.; Alvarez-Estevez, D.; Miranda-Duro, M.D.C.; Pousada, T.; Nieto-Riveiro, L.; Mejuto-Muiño, F.J.; Pereira, J. Quality of Sleep Data Validation from the Xiaomi Mi Band 5 Against Polysomnography: Comparison Study. *J. Med. Internet Res.* 2023, *25*, e42073. [[CrossRef](#)]

Un altro aspetto cruciale è la gamification e l'uso della realtà virtuale e aumentata. Queste tecnologie immergono gli utenti in scenari virtuali, rendendo l'allenamento meno monotono e più coinvolgente. Il risultato è un aumento della motivazione e un maggiore coinvolgimento, supportato da studi che esaminano l'influenza positiva della realtà virtuale sull'esperienza dell'allenamento⁷⁶.

Infine, il telesercizio presenta l'opportunità non solo di migliorare la forma fisica, ma anche di monitorare la salute generale. Con un monitoraggio continuo, è possibile rilevare precocemente anomalie, offrendo una prospettiva proattiva sulla salute. Questo approccio proattivo è ulteriormente evidenziato da metodi innovativi come quelli proposti per il rilevamento della soglia metabolica aerobica basati sulla frequenza cardiaca⁷⁷⁷⁸. La raccolta di dati su vasta scala nel telesercizio e l'analisi tramite algoritmi avanzati di apprendimento automatico rappresentano una rivoluzione nel modo in cui concepiamo la salute e l'allenamento nel contesto moderno⁷⁹⁸⁰.

2.4 SFIDE E PROBLEMI DEL TELESERCIZIO FISICO E DELLE TECNOLOGIE EMERGENTI

Nel contesto contemporaneo di digitalizzazione, l'adozione di tecnologie emergenti nel telesercizio fisico ha trasformato il modo in cui le persone si avvicinano all'attività fisica e alla gestione della salute. Tuttavia, insieme alle potenzialità offerte da tali tecnologie, emergono sfide e problemi critici che necessitano di attenzione.

Una delle più pressanti sfide riguarda la privacy e la sicurezza dei dati degli utenti. L'era digitale ha aperto le porte alla raccolta e all'elaborazione di enormi volumi di dati personali. Queste informazioni, che vanno dalle abitudini di esercizio ai dati medici, sono preziose per personalizzare l'esperienza dell'utente e fornire feedback mirati. Tuttavia, la custodia e la gestione responsabile di tali dati sono cruciali. Preoccupazioni relative all'accesso non

⁷⁶ Paulauskaite-Taraseviciene, A.; Siaulys, J.; Sutiene, K.; Petravicius, T.; Navickas, S.; Oliandra, M.; Rapalis, A.; Balciunas, J. Geriatric Care Management System Powered by the IoT and Computer Vision Techniques. *Healthcare* 2023, *11*, 1152.

⁷⁷ Thorne, C.S.; Gatt, A.; DeRaffaele, C.; Bazena, A.; Formosa, C. Innovative single-sensor, in-shoe pressure and temperature monitoring device: A dynamic laboratory validation study. *Gait Posture* 2023, *100*, 70–74. [[CrossRef](#)]

⁷⁸ Direito, A.; Carraça, E.; Rawstorn, J.; Whittaker, R.; Maddison, R. The effectiveness of eHealth interventions for physical activity promotion: A systematic review. *J. Med. Internet Res.* 2021, *23*, e22380

⁷⁹ He, J.; Baxter, S.L.; Xu, J.; Xu, J.; Zhou, X.; Zhang, K. The practical implementation of artificial intelligence technologies in medicine. *Nat. Med.* 2019, *25*, 30–36. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

⁸⁰ Liu, H.; Liu, Y.; Wang, X.; Chen, S.; Yin, B. AI-based personal fitness system with wearable devices: A survey. *J. Ambient. Intell. Humaniz. Comput.* 2022, *13*, 621–635.

autorizzato o alle violazioni dei dati sono al centro delle discussioni sulla sicurezza cibernetica. La responsabilità ricade sulle aziende che offrono servizi di telesercizio; queste devono implementare robuste misure di sicurezza, come la crittografia e l'autenticazione a più fattori, per proteggere le informazioni sensibili e assicurarsi che siano conformi alle normative sulla protezione dei dati⁸¹.

Inoltre, la qualità e l'affidabilità dei dati raccolti dalle piattaforme di telesercizio e dai dispositivi IoT sono fondamentali. L'accuratezza dei dati può variare in base a diversi fattori, tra cui il produttore del dispositivo, le condizioni di utilizzo e l'interfaccia software. Assicurare che le misurazioni siano precise è fondamentale, poiché queste informazioni formano la base su cui vengono costruiti feedback e consigli. Pertanto, standardizzarli, promuovendo criteri di qualità e conformità, diventa essenziale⁸².

Tuttavia, mentre la tecnologia continua a progredire, esiste il rischio di creare disuguaglianze. La disparità nella disponibilità della tecnologia, dovuta a fattori economici, geografici e sociali, può limitare l'accesso alle opportunità offerte dal telesercizio. L'adozione e l'utilizzo di dispositivi intelligenti e servizi di telesercizio non sono uniformemente distribuiti nella popolazione. Queste disuguaglianze possono creare divisioni, con alcune persone che hanno accesso a strumenti avanzati e altre che restano escluse. La ricerca di Richardson e colleghi evidenzia come sia essenziale garantire l'equità digitale, assicurando che tutti abbiano accesso alle risorse tecnologiche indipendentemente dallo status socio-economico o geografico. Strategie mirate, programmi di finanziamento e partenariati pubblico-privati sono essenziali per ridurre queste disuguaglianze⁸³.

Infine, le barriere culturali e l'eventuale resistenza all'adozione delle nuove tecnologie rappresentano ulteriori sfide. La percezione del valore e dell'utilità delle tecnologie emergenti varia tra gli individui. Alcuni potrebbero vedere la digitalizzazione come un passo avanti, mentre altri potrebbero temere la perdita dell'interazione umana o essere scettici sull'efficacia del telesercizio⁸⁴. È quindi necessario affrontare questi problemi attraverso campagne di sensibilizzazione, formazione e integrazione di elementi umani nelle piattaforme digitali. La ricerca di Calcaterra et al. illustra come il telesercizio possa essere utilizzato per combattere

⁸¹ CAROL. Available online: <https://carolbike.com/> (accessed on 7 June 2023)

⁸² Jrny. Available online: <https://www.jrny.com/> (accessed on 7 June 2023)

⁸³ TEMPO. Available online: <https://tempo.fit/move> (accessed on 7 June 2023)

⁸⁴ FUTURE. Available online: <https://www.future.com/us> (accessed on 7 June 2023)

la sedentarietà, specialmente tra i giovani, e come la tecnologia possa essere accolta positivamente quando viene adattata alle esigenze individuali⁸⁵.

2.5 OPPORTUNITÀ PER LA RICERCA FUTURA

Le nuove tendenze e tecnologie della teleassistenza offrono numerose opportunità per la ricerca futura, tra cui:

- Sviluppo di algoritmi di intelligenza artificiale più avanzati e personalizzati per analizzare i dati raccolti dai dispositivi IoT e fornire feedback e raccomandazioni specifiche per l'utente;
- Integrazione dei dispositivi intelligenti con altre tecnologie emergenti, come la realtà virtuale e aumentata, per creare esperienze di allenamento più immersive e coinvolgenti;
- Studi sull'impatto a lungo termine dei dispositivi intelligenti e dell'uso del telesercizio sulla salute e sul benessere degli utenti, nonché sulla prevenzione e sul trattamento delle malattie croniche;
- studio delle barriere che ostacolano l'adozione di dispositivi intelligenti e servizi di telesercizio, con l'obiettivo di migliorare l'accesso e l'equità nell'uso di queste tecnologie.

La ricerca futura potrebbe concentrarsi sullo sviluppo di algoritmi di intelligenza artificiale più avanzati e personalizzati, in grado di analizzare con maggiore precisione i dati raccolti dai dispositivi IoT. Questi algoritmi potrebbero essere utilizzati per fornire feedback e consigli specifici agli utenti in base alle loro esigenze e preferenze individuali, migliorando così l'efficacia e l'efficienza della formazione. Inoltre, potrebbe essere interessante esplorare come gli algoritmi di intelligenza artificiale possano adattarsi alle diverse abilità e condizioni di salute degli utenti per fornire piani di allenamento personalizzati e appropriati. Ad esempio, la ricerca potrebbe concentrarsi su come sviluppare algoritmi di IA che tengano conto delle esigenze degli utenti con disabilità, condizioni mediche croniche o in fase di recupero da infortuni.

Un'altra area di ricerca promettente riguarda l'integrazione dei dispositivi IoT con altre tecnologie emergenti, come la realtà virtuale e la realtà aumentata, per creare esperienze di esercizio più coinvolgenti e immersive. Gli studiosi potrebbero esplorare come combinare questi diversi strumenti per fornire un'esperienza di telesercizio unica e personalizzata che

⁸⁵ YogiFi. Available online: <https://yogifi.fit/?v=cd32106bcb6d> (accessed on 7 June 2023).

tenga conto delle esigenze specifiche di ogni utente. Per esempio, la ricerca potrebbe concentrarsi su come utilizzare la realtà virtuale per simulare ambienti di esercizio realistici e impegnativi che incoraggino gli utenti a praticare un esercizio più intenso e a raggiungere i propri obiettivi di forma fisica. Allo stesso modo, gli studi potrebbero analizzare come la realtà aumentata possa essere utilizzata per fornire istruzioni visive e feedback in tempo reale durante gli allenamenti, migliorando la tecnica e riducendo il rischio di lesioni. La ricerca futura potrebbe anche studiare l'impatto a lungo termine dei dispositivi intelligenti e dell'uso del telesercizio sulla salute e sul benessere degli utenti. Studi longitudinali potrebbero esaminare come l'uso di queste tecnologie influisca sulla prevenzione e sul trattamento di malattie croniche, come l'obesità, il diabete e le malattie cardiovascolari. Inoltre, la ricerca potrebbe esplorare come l'uso di dispositivi intelligenti e del telesercizio fisico possa contribuire al benessere mentale degli utenti, ad esempio valutando l'impatto di queste tecnologie sulla riduzione dello stress, sulla promozione della qualità del sonno e sulla prevenzione di depressione e ansia.

Studi futuri potrebbero analizzare le barriere all'adozione di dispositivi intelligenti e servizi di telesercizio, con l'obiettivo di migliorare l'accesso e l'equità nell'uso di queste tecnologie. Queste barriere potrebbero includere fattori economici, geografici, sociali e culturali che influenzano la disponibilità e l'uso di dispositivi intelligenti e piattaforme di telesercizio.

Fattori economici: La ricerca potrebbe esaminare come il costo dei dispositivi intelligenti e dei servizi di teleassistenza possa limitare l'accesso di alcuni segmenti della popolazione. Gli studi potrebbero identificare strategie per ridurre i costi e rendere queste tecnologie più accessibili a un pubblico più ampio, ad esempio attraverso sovvenzioni, finanziamenti o modelli commerciali innovativi.

Fattori geografici: Studi futuri potrebbero analizzare se l'accesso alle tecnologie di teleassistenza è limitato da fattori geografici, come la disponibilità di connessioni Internet ad alta velocità o la presenza di infrastrutture adeguate. La ricerca potrebbe esplorare soluzioni per migliorare l'accesso nelle aree rurali o in via di sviluppo, come l'uso di tecnologie di comunicazione alternative o il potenziamento delle infrastrutture esistenti.

Fattori sociali e culturali: La ricerca potrebbe anche esaminare come i fattori sociali e culturali influenzino l'adozione e l'uso dei dispositivi intelligenti e dei servizi di telesercizio. Ad esempio, gli studi potrebbero verificare se l'uso di queste tecnologie è influenzato da norme

culturali, atteggiamenti verso l'attività fisica o preoccupazioni relative alla privacy e alla sicurezza dei dati.

Strategie per superare le barriere: Gli studi futuri potrebbero identificare e valutare le strategie per superare le varie barriere all'adozione dei dispositivi intelligenti e dei servizi di teleassistenza. Ciò potrebbe includere programmi di formazione e sensibilizzazione per gli utenti, partnership tra il settore pubblico e quello privato per sviluppare infrastrutture e servizi più accessibili e l'adozione di standard di sicurezza e privacy più severi per proteggere i dati degli utenti e promuovere la fiducia nel settore del teleservizio. Le tecnologie emergenti nel campo del teleservizio offrono quindi numerose opportunità di ricerca futura che possono contribuire a migliorare l'accessibilità, l'efficacia e la personalizzazione delle esperienze di fitness. L'approfondimento della comprensione di queste tecnologie e delle loro potenziali applicazioni può avere un impatto significativo sulla salute e sul benessere di un'ampia gamma di utenti in tutto il mondo.

2.6 PROSPETTIVE INTERNAZIONALI E SOLUZIONI FUTURE

L'adozione di dispositivi intelligenti per la salute e il benessere applicati al teleservizio fisico ha il potenziale per trasformare l'approccio alla salute e al benessere a livello globale. Per massimizzare gli impatti positivi di queste tecnologie e garantire che i benefici siano condivisi equamente, è importante considerare le seguenti prospettive e soluzioni future. La cooperazione internazionale tra governi, organizzazioni non governative, istituti di ricerca e aziende del settore privato può svolgere un ruolo cruciale nell'accelerare l'innovazione e l'adozione delle tecnologie di teleservizio a livello globale. Alcuni approcci per promuovere la cooperazione internazionale includono

- Condividere le migliori pratiche e gli standard globali. Ciò può contribuire a garantire che queste tecnologie siano utilizzate in modo efficace e sicuro e che i benefici siano condivisi in modo più equo a livello globale;
- Sviluppo di partenariati e collaborazioni. Questi partenariati possono favorire lo scambio di conoscenze, l'accesso alle risorse finanziarie e tecnologiche e la creazione di reti di supporto per l'implementazione della teleassistenza. reti di supporto per l'attuazione di progetti di teleservizio in diverse regioni del mondo;

- Promozione delle innovazioni attraverso la ricerca e lo sviluppo. La cooperazione internazionale può stimolare la ricerca e lo sviluppo di nuove tecnologie, ad esempio finanziando congiuntamente progetti di ricerca, istituendo centri di eccellenza e promuovendo iniziative di formazione e scambio tra ricercatori e operatori del settore.

Inoltre, per garantire che i benefici delle tecnologie di teleservizio siano condivisi in modo equo a livello globale, è fondamentale affrontare le sfide legate all'accessibilità e all'inclusione. È importante ridurre i costi dei dispositivi intelligenti e dei servizi associati. Questo obiettivo può essere raggiunto attraverso l'innovazione nella progettazione e nella produzione, nonché attraverso lo sviluppo di modelli commerciali innovativi che riducano i costi per gli utenti finali, ad esempio offrendo servizi gratuiti o a basso costo o utilizzando sistemi di abbonamento. Un altro passo fondamentale è il miglioramento e l'espansione delle infrastrutture di comunicazione, come la copertura a banda larga e i servizi mobili. I governi e le organizzazioni internazionali possono collaborare per promuovere gli investimenti nelle infrastrutture di comunicazione, in particolare nelle aree rurali e remote dove l'accesso a tali servizi può essere limitato. Per garantire che persone di ogni età e livello di istruzione possano utilizzare efficacemente le tecnologie di teleservizio, è importante promuovere l'alfabetizzazione digitale e fornire opportunità di formazione. È necessario sviluppare prodotti e servizi che tengano conto delle diverse esigenze culturali, linguistiche e di abilitazione. Ciò può includere la progettazione di dispositivi e applicazioni che supportino lingue diverse, la personalizzazione delle esperienze di formazione in base alle preferenze culturali e la creazione di funzioni accessibili per gli utenti con disabilità.

La ricerca e l'innovazione dovrebbero essere sostenute e finanziate per migliorare la qualità e l'efficacia delle tecnologie di teleservizio. Alcune aree chiave di interesse includono:

- Sviluppo di dispositivi e sensori più avanzati e precisi. Questi possono migliorare la qualità e l'affidabilità dei dati raccolti dai dispositivi intelligenti, consentendo una migliore personalizzazione delle esperienze di teleservizio e un monitoraggio più accurato della salute e del benessere degli utenti;

- gli sviluppi nell'integrazione dei dispositivi e delle piattaforme possono consentire agli utenti di accedere e utilizzare facilmente i dati raccolti dai dispositivi intelligenti su diverse piattaforme e servizi di teleservizio. Ciò può migliorare l'esperienza dell'utente e garantire che le informazioni sulla salute e sul benessere siano facilmente accessibili e utilizzabili;

- Le sperimentazioni sull'efficacia e sull'impatto sulla salute e sul benessere individuale sono fondamentali per capire come queste tecnologie possano essere utilizzate al meglio per promuovere la salute e il benessere globale. Gli studi dovrebbero esaminare l'impatto a breve e a lungo termine dell'uso di dispositivi intelligenti e di servizi di telesercizio fisico sulla salute fisica e mentale degli utenti, nonché sulle loro abitudini e comportamenti. Inoltre, la ricerca dovrebbe studiare l'efficacia di queste tecnologie nella prevenzione e nel trattamento delle malattie croniche e delle condizioni di salute legate allo stile di vita.

Il passo successivo sarebbe quello di promuovere l'integrazione del telesercizio fisico nei sistemi sanitari nazionali. I governi e le aziende del settore privato dovrebbero collaborare per integrare queste tecnologie nei sistemi sanitari nazionali. Questa collaborazione potrebbe includere la creazione di incentivi fiscali o finanziamenti per le aziende che sviluppano dispositivi intelligenti e servizi di telesercizio, nonché la promozione di progetti pilota che dimostrino l'efficacia di queste tecnologie nella prevenzione e nel trattamento delle malattie croniche e nella promozione della salute e del benessere. È importante formare gli operatori sanitari all'uso efficace di questi dispositivi e servizi nella pratica clinica. Questi programmi di formazione dovrebbero riguardare aspetti quali l'interpretazione dei dati raccolti dai dispositivi intelligenti, l'identificazione delle migliori strategie di intervento basate sui dati e l'interazione con i pazienti per promuovere l'adozione delle tecnologie di teleassistenza. Per promuovere l'adozione responsabile delle tecnologie di telesercizio è importante sviluppare standard e linee guida internazionali che coprano aspetti quali la qualità e la sicurezza dei dispositivi intelligenti, la privacy e la protezione dei dati, l'accessibilità e l'equità nell'uso di queste tecnologie.

2.7 L'APPLICAZIONE IDEALE PER IL TELESERCIZIO

L'ampia panoramica effettuata ci ha permesso di definire quali potrebbero essere le caratteristiche dell'applicazione ideale di telesercizio da sviluppare in futuro. Infatti, molte delle sezioni analizzate finora presentano sovrapposizioni e interconnessioni. Tutto ciò è essenziale per la comprensione e l'analisi delle singole sezioni, ma dispersivo per raggiungere l'idea di un'applicazione ottimale.

La realtà del mondo moderno ci pone di fronte a un'ampia interconnessione tecnologica e digitale. In questo contesto, una App di telesercizio deve essere in grado di interfacciarsi e

comunicare con diversi dispositivi. Deve avere la capacità di comunicare con i dispositivi indossabili che monitorano in tempo reale lo stato di salute del soggetto e con i database dei diversi sistemi sanitari nazionali, dai quali dovrà ottenere i dati dell'utente. Tutte queste informazioni dovranno essere integrate per restituire all'utente l'esercizio più adatto alle sue esigenze in quel momento specifico e per l'obiettivo prefissato in modo altrettanto specifico. L'accesso all'insieme di informazioni personali rilevanti ci porta a considerare che l'App dovrà essere in grado di garantire una gestione ottimale della privacy, conforme alle leggi dei diversi Paesi in cui viene utilizzata.

Inoltre, oggi ci troviamo in un periodo storico in cui tutti siamo in grado di passare facilmente da un dispositivo all'altro, e quindi l'App di Telesercizio dovrà essere in grado di essere eseguibile su piattaforme diverse mantenendo lo stesso grado di efficienza. Per garantire la massima diffusione, l'interfaccia utente dovrà essere intuitiva e personalizzabile, in modo da consentire a persone di età e background tecnologici diversi di ottenere le migliori prestazioni. La presenza di funzionalità come la possibilità di implementare sessioni di realtà aumentata/virtuale, o sessioni competitive/di gioco, non sono essenziali, ma permetterebbero di aumentare l'assorbimento, la gratificazione, gli stimoli positivi e gli incentivi nel lungo periodo. Ad oggi, queste caratteristiche possono sembrare eccessive (soprattutto se considerate nel loro insieme) su una singola app rispetto allo sviluppo di applicazioni più specifiche e di settore. Fortunatamente, i progressi scientifici e il costante aumento dell'alfabetizzazione digitale fanno sperare che questa non sia una possibilità così remota. In futuro, molto probabilmente, il benessere fisico della popolazione generale passerà attraverso un supporto digitale e telematico che si integrerà e interfacerà con le modalità attuali.

2.8 RIFLESSIONI FINALI SUI DISPOSITIVI INTELLIGENTI E IL TELESERCIZIO

L'attività fisica regolare apporta numerosi benefici nella prevenzione delle malattie. La sua importanza è stata attestata in diversi campi della salute, soprattutto nella prevenzione dell'obesità e delle malattie cardiovascolari⁸⁶. Il telesercizio fisico è diventato sempre più popolare negli ultimi anni grazie ai rapidi progressi della tecnologia digitale e alla crescente

⁸⁶ Ruegsegger, G.N.; Booth, F.W. Health Benefits of Exercise. *Cold Spring Harb. Perspect. Med.* 2018, 2, a029694. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

consapevolezza della necessità di mantenere uno stile di vita attivo per la salute e il benessere. Questo ha portato a un'espansione delle opzioni di teleesercizio disponibili, che includono dispositivi portatili come fitness tracker, app per il fitness e la salute, programmi di coaching virtuale e altro ancora⁸⁷.

Una delle tendenze emergenti nel campo del teleesercizio è l'uso di dispositivi intelligenti, come gli orologi intelligenti e gli assistenti virtuali. Questi dispositivi possono fornire una maggiore interattività e personalizzazione nel monitoraggio dell'attività fisica, dell'alimentazione e della salute generale. Inoltre, l'uso di dispositivi intelligenti può aumentare la motivazione degli utenti attraverso la gamification e la definizione di obiettivi personalizzati. L'integrazione di tecnologie emergenti come l'IoT e l'AI nel teleesercizio sta portando a un'era di soluzioni personalizzate e interconnesse che possono migliorare la qualità della vita delle persone. Ad esempio, l'uso di sensori indossabili e dispositivi IoT può fornire dati in tempo reale sulle attività fisiche, sulla frequenza cardiaca e su altri parametri di salute, consentendo un monitoraggio più accurato e una migliore personalizzazione delle soluzioni di teleesercizio^{88,89}. Inoltre, l'intelligenza artificiale può essere utilizzata per analizzare i dati raccolti e fornire consigli personalizzati per migliorare la salute e il benessere. Tuttavia, con l'aumento dell'uso delle tecnologie digitali nel teleesercizio, sorgono importanti problemi di privacy e sicurezza dei dati. È fondamentale che le informazioni personali raccolte dagli utenti siano protette da accessi non autorizzati e che i dati siano gestiti in modo responsabile e in conformità alle leggi sulla privacy. Inoltre, l'accesso equo alle tecnologie di teleesercizio è una preoccupazione importante, poiché può esistere un divario digitale tra chi può permettersi dispositivi e applicazioni e chi no⁹⁰.

L'integrazione del teleesercizio con la ricerca e la pratica medica è un'altra sfida importante. Sebbene il teleesercizio possa essere utilizzato come parte di un approccio globale e interdisciplinare alla salute e al benessere, è importante che le soluzioni di teleesercizio siano

⁸⁷ He, J.; Baxter, S.L.; Xu, J.; Xu, J.; Zhou, X.; Zhang, K. The practical implementation of artificial intelligence technologies in medicine. *Nat. Med.* 2019, 25, 30–36. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

⁸⁸ Silva, A.G.; Simões, P.; Queirós, A.P.; Rocha, N.; Rodrigues, M. Effectiveness of Mobile Applications Running on Smartphones to Promote Physical Activity: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, 17, 2251. [[CrossRef](#)]

⁸⁹ Cotton, V.; Patel, M.S. Gamification Use and Design in Popular Health and Fitness Mobile Applications. *Am. J. Health Promot.* 2019, 33, 448–451. [[CrossRef](#)]

⁹⁰ Wang, Y.; Ashokan, K. Physical Exercise: An Overview of Benefits from Psychological Level to Genetics and Beyond. *Front. Physiol.* 2021, 12, 731858. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

basate sull'evidenza e si integrino efficacemente con la pratica medica esistente. Ciò richiede un approccio collaborativo tra esperti di medicina, tecnologia e ricerca per sviluppare soluzioni di teleesercizio basate sull'evidenza e adattabili alle esigenze dei singoli pazienti. Inoltre, l'accesso ai dati generati dai dispositivi di teleesercizio può fornire informazioni preziose per la ricerca medica. Ad esempio, i dati sull'attività fisica, sul sonno e sull'alimentazione possono essere utilizzati per studiare le correlazioni tra stile di vita e salute. Tuttavia, è importante garantire che questi dati siano raccolti e gestiti in modo responsabile e che la privacy degli utenti sia garantita⁹¹.

Per affrontare queste sfide, è essenziale uno sforzo concertato da parte di governi, organizzazioni internazionali, industrie e istituzioni per promuovere la collaborazione, lo sviluppo di politiche e standard globali, gli investimenti nella ricerca e l'innovazione tecnologica. In particolare, la collaborazione tra campi come la medicina, l'ingegneria, la psicologia e la sociologia può fornire una visione più ampia del teleesercizio e del suo impatto sulla salute e sul benessere.

Inoltre, ci sono molte opportunità per la ricerca futura nel campo del teleesercizio. Ad esempio, gli studi possono esplorare l'efficacia delle soluzioni di teleesercizio in diversi gruppi di popolazione, tra cui bambini, anziani e persone con disabilità. Inoltre, la ricerca può concentrarsi sullo sviluppo di soluzioni di teleesercizio che siano culturalmente appropriate e adattabili alle diverse esigenze delle varie popolazioni. Il monitoraggio dei progressi e dei risultati a livello internazionale sarà fondamentale per garantire che i benefici del teleesercizio siano condivisi in modo equo e che le innovazioni siano implementate in modo efficace e responsabile^{92,93}.

Il teleesercizio fisico rappresenta un'opportunità significativa per migliorare la qualità della vita delle persone in tutto il mondo⁹⁴. Tuttavia, per sfruttare appieno il potenziale di queste tecnologie, è fondamentale affrontare le sfide legate alla privacy e alla sicurezza dei dati,

⁹¹ Murdoch, B. Privacy and artificial intelligence: Challenges for protecting health information in a new era. *BMC Med. Ethics* 2021, 22, 122. [[CrossRef](#)]

⁹² Vinolo Gil, M.J.; Gonzalez-Medina, G.; Lucena-Anton, D.; Perez-Cabezas, V.; Ruiz-Molinero, M.D.C.; Martín-Valero, R. Augmented Reality in Physical Therapy: Systematic Review and Meta-analysis. *JMIR Serious Games* 2021, 9, e30985. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

⁹³ De Cola, M.C.; De Luca, R.; Bramanti, A.; Bertè, F.; Bramanti, P.; Calabrò, R.S. Tele-health services for the elderly: A novel southern Italy family needs-oriented model. *J. Telemed. Telecare* 2016, 22, 356–362. [[CrossRef](#)]

⁹⁴ Chen, J.J.; Cooper, D.M.; Haddad, F.; Sladkey, A.; Nussbaum, E.; Radom-Aizik, S. Tele-Exercise as a Promising Tool to Promote Exercise in Children with Cystic Fibrosis. *Front. Public Health* 2018, 6, 269. [[CrossRef](#)]

all'accesso equo alle tecnologie, all'integrazione con la ricerca e la pratica medica e alla promozione della collaborazione tra settori. La ricerca futura può concentrarsi sull'identificazione di nuove opportunità e sull'esplorazione di potenziali sinergie tra la teleassistenza e altre discipline e tecnologie emergenti. Inoltre, la ricerca può concentrarsi sull'analisi dei risultati ottenuti finora e sulla valutazione dell'efficacia delle soluzioni di teleseercizio in contesti diversi. Ad esempio, gli studi possono valutare l'impatto delle soluzioni di teleseercizio sulla riduzione del rischio di malattie croniche, sulla gestione del peso, sulla riduzione dello stress e sulla promozione della salute mentale.

Inoltre, è fondamentale sottolineare l'importanza di garantire a tutti l'accesso alle tecnologie di teleseercizio. Le soluzioni di teleseercizio possono essere inaccessibili a coloro che non possono permettersi i dispositivi e le applicazioni. Questo divario digitale può portare a disparità di salute e benessere tra le diverse popolazioni. Per affrontare questa sfida, le organizzazioni e i governi possono sviluppare politiche e programmi per garantire l'accesso a tutti i membri della società.

3. NUOVE TECNOLOGIE EMERGENTI E PIATTAFORME OPEN SOURCE PER IL TELESERCIZIO FISICO

Nel mondo odierno, caratterizzato da una rapida evoluzione tecnologica e da un accesso democratizzato alle informazioni, il telesercizio fisico è un campo in rapido sviluppo. Le piattaforme open source stanno trasformando lo sviluppo e la diffusione di soluzioni per il fitness grazie alla loro natura collaborativa, flessibile e aperta⁹⁵. Queste piattaforme consentono una rapida identificazione e correzione dei bug attraverso una rapida iterazione, oltre a soluzioni personalizzate per specifici segmenti di popolazione⁹⁶. I dispositivi indossabili collegati a reti avanzate facilitano la raccolta in tempo reale di dati biomeccanici e fisiologici. L'analisi di questi dati attraverso piattaforme open source fornisce un feedback immediato all'utente, garantendo un allenamento personalizzato⁹⁷. L'integrazione con altri sistemi, come le applicazioni di monitoraggio della salute, le piattaforme di realtà virtuale/aumentata e le applicazioni dietetiche, è diventata più semplice⁹⁸. L'intelligenza artificiale, in particolare, sta assumendo un ruolo sempre più centrale⁹⁹. Utilizzando le reti neurali profonde (DNN)¹⁰⁰ e le macchine vettoriali di supporto (SVM), è possibile generare programmi di allenamento personalizzati basati su una classificazione avanzata delle prestazioni fisiche dell'utente. Inoltre, le reti neurali convoluzionali (CNN), adatte all'analisi delle sequenze temporali, offrono raccomandazioni in tempo reale, mentre algoritmi come il k-means clustering possono identificare fasi di allenamento specifiche¹⁰¹.

La realtà virtuale (VR) sta emergendo come potente strumento di immersione. Grazie a tecniche avanzate di elaborazione grafica, gli ambienti di allenamento virtuale possono rispondere dinamicamente alle prestazioni dell'utente. Inoltre, grazie all'integrazione con i

⁹⁵ Evenson, K.R.; Goto, M.M.; Furberg, R.D. Systematic review of the validity and reliability of consumer-wearable activity trackers. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* 2015, *12*, 159

⁹⁶ Barker, H. Global economic inequality and health. *Med. Confl. Surviv.* 2020, *36*, 368–374. [[CrossRef](#)]

⁹⁷ Du, Y.; Zhou, Q.; Cheng, W.; Zhang, Z.; Hoelzer, S.; Liang, Y.; Xue, H.; Ma, X.; Sylvia, S.; Tian, J.; et al. Factors Influencing Adoption and Use of Telemedicine Services in Rural Areas of China: Mixed Methods Study. *JMIR Public Health Surveill.* 2022, *8*, e40771. [[CrossRef](#)]

⁹⁸ Richardson, S.; Lawrence, K.; Schoenthaler, A.M.; Mann, D. A framework for digital health equity. *NPJ Digit. Med.* 2022, *5*, 119. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

⁹⁹ Vandoni, M.; Codella, R.; Pippi, R.; Carnevale Pellino, V.; Lovecchio, N.; Marin, L.; Silvestri, D.; Gatti, A.; Magenes, V.C.; Regalbuto, C.; et al. Combatting Sedentary Behaviors by Delivering Remote Physical Exercise in Children and Adolescents with Obesity in the COVID-19 Era: A Narrative Review. *Nutrients* 2021, *13*, 4459.

¹⁰⁰ Li, Y.; Li, X. The Artificial Intelligence System for the Generation of Sports Education Guidance Model and Physical Fitness Evaluation Under Deep Learning. *Front. Public Health* 2022, *10*, 917053. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

¹⁰¹ Nekar, D.M.; Kang, H.Y.; Yu, J.H. Improvements of Physical Activity Performance and Motivation in Adult Men through Augmented Reality Approach: A Randomized Controlled Trial. *J. Environ. Public Health* 2022, *2022*, 3050424. [[CrossRef](#)]

sistemi di motion capture, la VR può aiutare la riabilitazione, mentre le dinamiche di gamification incoraggiano l'utente a mantenere un impegno costante. La tecnologia della realtà aumentata (AR), grazie all'uso di sensori avanzati di tracking ottico e IMU, consente una fusione precisa tra elementi reali e virtuali, fornendo un feedback immediato sulla postura e sulla forma dell'utente durante gli esercizi. L'integrazione con reti generative avversarie (AGN) e reti peer-to-peer crittografate consente di creare scenari dinamici e di condividere in modo sicuro le prestazioni¹⁰². Questa rivoluzione nel teleesercizio, che utilizza tecnologie emergenti e piattaforme open source, va oltre il fitness e contribuisce alla promozione della salute e all'educazione fisica.

3.1 PIATTAFORME OPEN SOURCE PER IL TELESERCIZIO FISICO

Il teleesercizio, noto anche come "telefitness", è una combinazione all'avanguardia di ingegneria informatica e scienza dell'esercizio. Questa unione simboleggia l'inevitabile fusione tra l'innovazione tecnologica e l'imperativo umano di mantenere uno stile di vita attivo e sano. Le recenti evoluzioni tecnologiche, in particolare le avanzate capacità di digitalizzazione e l'espansione dell'Internet delle cose (IoT), hanno favorito la formazione di un ecosistema in cui l'hardware (come gli indossabili, i sensori di movimento e le attrezzature intelligenti per l'allenamento) e il software (comprese le applicazioni mobili, le soluzioni cloud e gli algoritmi avanzati di analisi dei dati) lavorano insieme in modo simbiotico per rivoluzionare l'esperienza di allenamento¹⁰³. Le piattaforme open source sono diventate importanti in questo campo. A differenza delle soluzioni software proprietarie, l'open source consente la libera distribuzione del codice sorgente, fornendo un ambiente illimitato per la collaborazione, l'innovazione e l'adattabilità. Le capacità ingegneristiche derivanti da questa filosofia sono:

- Modularità e interoperabilità: L'integrazione di vari dispositivi e servizi è facilitata dalla struttura modulare dei framework open source.

¹⁰² Ristevski, B.; Chen, M. Big Data Analytics in Medicine and Healthcare. *J. Integr. Bioinform.* **2018**, *15*, 20170030. [[CrossRef](#)]

¹⁰³ Paulauskaite-Taraseviciene, A.; Siauly, J.; Sutiene, K.; Petravicius, T.; Navickas, S.; Oliandra, M.; Rapalis, A.; Balciunas, J. Geriatric Care Management System Powered by the IoT and Computer Vision Techniques. *Healthcare* **2023**, *11*, 1152.

- Scalabilità: La collaborazione senza barriere insita nell'open source può portare ad algoritmi più efficienti, consentendo ai sistemi di gestire quantità crescenti di dati e utenti.
- Personalizzazione avanzata: L'accesso al codice sorgente permette una profonda personalizzazione, consentendo modifiche specifiche in base alle esigenze.
- Innovazione accelerata: L'accesso aperto e la collaborazione migliorano la pipeline dell'innovazione [14].

3.2 ASPETTI FONDAMENTALI DELLE PIATTAFORME OPEN SOURCE

L'open source non riguarda solo l'accesso al codice, ma è un paradigma di ingegneria del software. Nel teleservizio, le architetture open source tendono a favorire strutture basate su microservizi, ciascuno con un ruolo specifico, come la comunicazione con i sensori o l'elaborazione dei dati. MQTT emerge come un protocollo efficiente spesso adottato per garantire la comunicazione [15].

Dalle sue origini negli anni '70 con la Free Software Foundation (FSF) e visionari come Richard Stallman, l'open source ha sempre promosso la libertà di studiare, modificare e condividere il software. La licenza GPL è uno dei pilastri di questa filosofia [16]. Un altro aspetto importante da considerare è quello delle licenze open source. Le licenze definiscono l'essenza dell'open source [17]. Esse garantiscono:

- Uso: l'assenza di restrizioni all'uso.
- Accesso: Analisi e verifica attraverso il pieno accesso al codice.
- Modificabilità: Adattabilità senza limiti.
- Distribuzione: Condivisione libera, indipendentemente dal modello economico.

Allo stesso tempo, nel panorama ingegneristico, l'open source si distingue per¹⁰⁴:

- Sistemi di controllo delle versioni (VCS): Git, ad esempio, è essenziale per tracciare e gestire le modifiche in ambienti di sviluppo collaborativi.
- Integrazione e distribuzione continue: L'open source promuove l'adozione di metodologie CI/CD, essenziali per aggiornare costantemente il software.
- Revisione tra pari: La revisione tra pari consolida la qualità del codice e l'aderenza agli standard.

¹⁰⁴ De Cola, M.C.; De Luca, R.; Bramanti, A.; Bertè, F.; Bramanti, P.; Calabrò, R.S. Tele-health services for the elderly: A novel southern Italy family needs-oriented model. *J. Telemed. Telecare* **2016**, *22*, 356–362. [[CrossRef](#)]

3.3 APPLICAZIONI NEL TELESERCIZIO FISICO

L'intersezione tra telesercizio e tecnologie open source cristallizza una sinergia multidisciplinare unica. L'architettura del software open source è intrinsecamente modulare e consente un'ampia personalizzazione dell'interfaccia utente (UI). Framework come React o Angular, insieme a librerie come Material-UI, possono essere implementati per fornire esperienze utente senza soluzione di continuità, reattive e adattate alle esigenze dell'utente.

Le piattaforme di telesercizio spesso sfruttano la realtà aumentata (AR) e la realtà virtuale (VR) per fornire un allenamento coinvolgente¹⁰⁵. Librerie e toolkit open source come A-Frame e AR.js sono fondamentali per creare ambienti di allenamento virtuale dinamici. Le sessioni di allenamento possono ora essere adattate in tempo reale in base ai dati fisiologici dell'utente con l'aggiunta di sensori e dispositivi indossabili. Nel campo del telesercizio, c'è una crescente necessità di analisi dei dati in tempo reale. Ciò ha portato alla nascita di algoritmi avanzati in grado di prevedere, analizzare e fornire un feedback sulle prestazioni agli utenti. Piattaforme come TensorFlow o PyTorch, essendo open source, sono al centro di questo progresso, consentendo agli sviluppatori di addestrare modelli di intelligenza artificiale in grado di assistere gli utenti durante gli allenamenti¹⁰⁶.

Un altro aspetto critico del telesercizio è la sicurezza e la privacy. È fondamentale garantire la gestione sicura e la conformità dei dati sensibili. La sicurezza open source consente di effettuare controlli dettagliati, di esporre potenziali vulnerabilità e di proteggere i dati degli utenti. L'intersezione tra telesercizio e open source non è solo una manifestazione della tecnologia emergente, ma rappresenta un futuro in cui le barriere alla collaborazione e all'innovazione vengono abbattute. Per gli appassionati di fitness, questo significa avere accesso a soluzioni di allenamento avanzate, personalizzate e sicure. Per gli sviluppatori e le aziende, apre le porte a nuove opportunità di collaborazione, innovazione e crescita in un settore in rapida espansione. E per la società nel suo complesso, simboleggia un passo avanti verso un mondo in cui tecnologia e benessere coesistono in armonia¹⁰⁷.

¹⁰⁵ Mouatt, B.; Smith, A.E.; Mellow, M.L.; Parfitt, G.; Smith, R.T.; Stanton, T.R. The Use of Virtual Reality to Influence Motivation, Affect, Enjoyment, and Engagement During Exercise: A Scoping Review. *Front. Virtual Real.* **2020**, *1*, 564664. [[CrossRef](#)]

¹⁰⁶ Anikwe, C.V.; Nweke, H.F.; Ikegwu, A.C.; Ekwuonwu, C.A.; Onu, F.U.; Alo, U.R.; The, Y.W. The Mobile and wearable sensors for data-driven health monitoring system: State-of-the-art and future prospect. *Expert Syst. App.* **2022**, *202*, 117362. [[CrossRef](#)]

¹⁰⁷ Prakashan, D.; P R, R.; Gandhi, S. A Systematic Review on the Advanced Techniques of Wearable Point-of-Care Devices and Their Futuristic Applications. *Diagnostics* **2023**, *13*, 916. [[CrossRef](#)]

3.4 L'IMPATTO DELLE PIATTAFORME OPEN SOURCE SUL TELESERCIZIO FISICO: POTENZIALITÀ E SFIDE

L'era digitale ha portato alla nascita e alla diffusione del telesercizio fisico, in cui le piattaforme open source emergono come attori predominanti. L'architettura open source, oltre a favorire la democratizzazione tecnologica, offre un'opportunità di innovazione senza precedenti nell'ambito del telesercizio, agendo come veri e propri laboratori virtuali di sperimentazione¹⁰⁸. Uno degli aspetti principali delle soluzioni open source è la flessibilità offerta dal loro codice sorgente. Questo accesso al codice consente agli ingegneri del software una profonda personalizzazione, rendendo possibile modellare la piattaforma per esigenze specifiche, come l'adattamento a gruppi target specializzati. Anche la possibilità di estendere le funzionalità è fondamentale, in quanto consente l'integrazione di nuovi algoritmi o moduli, aumentando la versatilità del sistema¹⁰⁹.

La modularità del design open source incoraggia anche la sperimentazione di sistemi di sensori avanzati. La capacità di integrare e calibrare rapidamente nuovi sensori, che vanno dalla misurazione della temperatura corporea alla sudorazione e alla frequenza cardiaca, amplia il campo di applicazione del telesercizio, garantendone la rilevanza nella ricerca biomeccanica e medica.

Allo stesso modo, l'avvento dell'intelligenza artificiale (AI) e del machine learning ha introdotto diverse possibilità rivoluzionarie. L'IA può analizzare in tempo reale enormi insiemi di dati derivati dalle sessioni di telesercizio. Questa capacità può consentire di generare feedback e suggerimenti personalizzati. Inoltre, grazie alla potenza del Machine Learning, le piattaforme possono imparare e adattarsi alle esigenze specifiche degli utenti, migliorando l'efficacia degli esercizi proposti¹¹⁰.

¹⁰⁸ Mouatt, B.; Smith, A.E.; Mellow, M.L.; Parfitt, G.; Smith, R.T.; Stanton, T.R. The Use of Virtual Reality to Influence Motivation, Affect, Enjoyment, and Engagement During Exercise: A Scoping Review. *Front. Virtual Real.* 2020, *1*, 564664. [[CrossRef](#)]

¹⁰⁹ Venkatachalam, P.; Ray, S. How do context-aware artificial intelligence algorithms used in fitness recommender systems? A literature review and research agenda. *Int. J. Inf. Manag.* 2022, *2*, 100139.

¹¹⁰ Güllü, M.; Yagin, F.H.; Gocer, I.; Yapici, H.; Ayyildiz, E.; Clemente, F.M.; Ardigò, L.P.; Zadeh, A.K.; Prieto-González, P.; Nobari, H. Exploring obesity, physical activity, and digital game addiction levels among adolescents: A study on machine learning-based prediction of digital game addiction. *Front. Psychol.* 2023, *14*, 1097145. [[CrossRef](#)]

L'ambiente collaborativo insito nell'open source è un altro punto di forza. Formando una rete globale di ricercatori, sviluppatori e utenti, emerge un ecosistema di co-creazione e interdisciplinarietà, in cui le competenze di vari rami dell'ingegneria e della scienza si uniscono, portando a soluzioni innovative.

Tuttavia, con queste opportunità emergono anche sfide significative. La sicurezza, ad esempio, è una considerazione primaria: la visibilità del codice sorgente può esporre potenziali vulnerabilità. Sebbene la trasparenza garantisca la verificabilità del sistema, la protezione dalle minacce esterne richiede una vigilanza costante e l'adozione delle più recenti best practice di cybersecurity. Inoltre, la dipendenza da una comunità di sviluppatori, la necessità di un adeguato supporto tecnico e le sfide legate all'interoperabilità e alla sostenibilità del progetto sono altre preoccupazioni cruciali. Le architetture basate su microservizi, comuni nelle soluzioni open source, offrono modularità e scalabilità. Questa struttura consente un'integrazione agevole di componenti nuovi o migliorati senza causare interruzioni sistemiche, un aspetto essenziale per mantenere l'operatività e la funzionalità durante la fase di ricerca. La natura open source, essendo spesso priva di onerosi costi di licenza e avendo il vantaggio di una comunità di sviluppo attiva, rappresenta un'opzione economicamente vantaggiosa per i ricercatori.

Un altro aspetto importante è la velocità con cui l'innovazione può essere implementata. La collaborazione tra gli sviluppatori a livello globale accelera l'innovazione, compresa la prototipazione, la risoluzione dei problemi e l'integrazione. Il codice aperto consente la verifica indipendente della funzionalità, il controllo della sicurezza e il benchmarking delle prestazioni del sistema. Tuttavia, l'adozione dell'open source presenta anche sfide ingegneristiche. Se da un lato la trasparenza e la verificabilità sono vantaggi, dall'altro possono esporre dettagli critici agli aggressori. Meccanismi di sicurezza robusti, che sfruttano tecniche avanzate come l'analisi statica del codice e la scansione dinamica delle vulnerabilità, sono fondamentali. Un altro punto di preoccupazione è il supporto tecnico. La mancanza di garanzie sull'assistenza e sugli aggiornamenti può rappresentare un ostacolo per le organizzazioni che non dispongono di competenze interne. Inoltre, l'interoperabilità tra soluzioni diverse, pur essendo una premessa dell'open source, può presentare delle difficoltà quando si integrano componenti di progetti con visioni o standard divergenti. Infine, è fondamentale considerare la sostenibilità a lungo termine dei progetti open source. Non tutti

mantengono una base di sviluppatori attivi nel tempo e dipendere da soluzioni che potrebbero non essere aggiornate in futuro può presentare rischi significativi¹¹¹.

In sintesi, è essenziale che i team di ricerca in ingegneria informatica adottino un approccio olistico, considerando sia il potenziale che le sfide presentate dalle soluzioni open source nel campo del telesercizio. Solo attraverso un'attenta valutazione, pianificazione e implementazione è possibile sfruttare appieno il potenziale di queste piattaforme, garantendo al contempo robustezza, sicurezza e sostenibilità a lungo termine.

Nell'era digitale, le piattaforme open source dedicate al telesercizio stanno emergendo come convergenza di biomeccanica, fisiologia dell'esercizio, neuroscienze e soluzioni ingegneristiche avanzate. La loro efficacia risiede nella capacità di integrare ed elaborare i dati biomeccanici e fisiologici degli utenti in tempo reale, offrendo così feedback e interventi basati su prove scientifiche rigorose. La biomeccanica del movimento è essenziale per questa integrazione. I modelli cinematici rappresentano il movimento umano attraverso le equazioni del movimento, consentendo un'analisi dettagliata del movimento. Questi modelli, insieme a sensori di forza e accelerometri, forniscono una visione completa delle tensioni muscolari e della distribuzione della forza durante l'attività fisica. Gli algoritmi di ottimizzazione, come i metodi del gradiente, sono implementati per suggerire correzioni, minimizzare lo stress e migliorare l'efficienza del movimento¹¹². Per valutare le prestazioni aerobiche e anaerobiche, è essenziale monitorare il metabolismo misurando la frequenza cardiaca e la produzione di lattato e fornendo un feedback accurato. I sensori avanzati possono garantire la sicurezza individuale fornendo la termoregolazione durante l'esercizio. Integrando questi dati con le informazioni sulla dieta, è possibile proporre un regime nutrizionale ottimale. Le neuroscienze svolgono un ruolo fondamentale, soprattutto in termini di feedback neuromuscolare. L'elettromiografia (EMG) valuta l'attivazione muscolare, rilevando squilibri o asimmetrie, mentre le piattaforme di telesercizio possono incorporare tecniche di apprendimento motorio basate sulla stimolazione multisensoriale, accelerando la riabilitazione.

¹¹¹ Fabbriozio, A., Fucarino, A., Cantoia, M. E. A., De Giorgio, A., Garrido, N. D., Iuliano, E., Machado Reis, V., Sausa, M., Vilaça Alves, J., Zimatore, G., Baldari, C., & Macaluso, F. (2023). Smart Devices for Health and Wellness Applied to Tele-Exercise: An Overview of New Trends and Technologies Such as IoT and AI. *Healthcare*, *11*(12), 1805. <https://doi.org/10.3390/healthcare11121805>

¹¹² Venkatachalam, P.; Ray, S. How do context-aware artificial intelligence algorithms used in fitness recommender systems? A literature review and research agenda. *Int. J. Inf. Manag.* 2022, *2*, 100139.

L'interoperabilità e la standardizzazione emergono come pilastri per le piattaforme di teleesercizio. Organizzazioni come HL7 e IHE definiscono standard come FHIR, che mirano a semplificare l'integrazione e a favorire l'interoperabilità. L'integrazione con gli EHR (Electronic Health Records) migliora l'analisi dei dati e il supporto decisionale e promuove il tele-mentoring.

In prospettiva, l'Internet degli oggetti (IoT) promette una rivoluzione. La connettività pervasiva offerta dall'IoT combina rilevamento e automazione avanzati. La realtà aumentata (AR) e la realtà virtuale (VR) aprono scenari inimmaginabili, dalla formazione in ambienti immersivi al feedback in tempo reale attraverso i visori AR. Gli algoritmi di apprendimento automatico e i sensori biometrici promettono la personalizzazione e l'ottimizzazione della formazione. Questa rivoluzione pone l'utente al centro del suo percorso di benessere, spostando l'approccio da reattivo a proattivo.

3.5 ESEMPI SIGNIFICATIVI DI PIATTAFORME OPEN SOURCE PER IL TELESERCIZIO FISICO

Attualmente si registra una tendenza crescente nell'implementazione e nell'utilizzo di piattaforme open source per il teleesercizio. Di seguito vengono presentati alcuni esempi emblematici.

DooMore¹¹³: DooMore è una piattaforma con un'architettura a microservizi che utilizza l'orchestrazione di container, bilanciatori di carico e protocolli di comunicazione avanzati per garantire la scalabilità orizzontale e le trasmissioni in tempo reale. Offre inoltre un'API RESTful che consente l'integrazione con sistemi esterni e lo sviluppo di funzionalità personalizzate.

Nike Training Club¹¹⁴: Questa piattaforma è realizzata utilizzando framework front-end come React e Vue.js e presenta moduli specializzati per l'analisi degli utenti basati su modelli di Machine Learning come CNN e RNN. La sua natura omnichannel garantisce prestazioni ottimali su vari dispositivi e rispetta gli standard GDPR e HIPAA, adottando algoritmi di crittografia end-to-end come RSA e AES.

¹¹³ Available online at: <https://doomore.fit/>

¹¹⁴ Available online at: <https://www.nike.com/it/ntc-app>

Openfit¹¹⁵: Guidato da principi data-driven, Openfit utilizza algoritmi di ML e AI, come GAN e autoencoder, per analizzare i dati degli utenti e fornire un feedback immediato. La piattaforma sfrutta anche framework come Apache Kafka per la gestione del flusso di dati e Apache Spark per l'elaborazione distribuita, garantendo scalabilità e reattività. L'integrazione con gli EHR e altre piattaforme sanitarie è consentita da connettori personalizzati e API gateway, che forniscono una sincronizzazione dei dati senza soluzione di continuità.

GitHub in Telesercizio¹¹⁶: GitHub è essenziale per accelerare l'innovazione nel telesercizio. La sua natura decentralizzata e basata su Git fornisce un ecosistema collaborativo in cui la Continuous Integration e la Continuous Deployment (CI/CD) sono facilitate dalle GitHub Actions, sfruttando la containerizzazione con Docker e l'orchestrazione con Kubernetes.

Open mHealth¹¹⁷: Questa piattaforma si distingue per la standardizzazione dei dati. Utilizza schemi JSON e XML e strumenti di trasformazione dei dati come Apache NiFi, garantendo la coerenza nella raccolta dei dati. La sua architettura basata su microservizi consente una flessibilità senza precedenti, semplificando il flusso e l'analisi dei dati.

FHIR¹¹⁸: L'adozione di FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources) è un passo avanti per l'interoperabilità nell'assistenza sanitaria. Utilizza una combinazione di REST, XML e JSON per creare un quadro coeso per la condivisione dei dati. La sua estensibilità è supportata da un modello di dati flessibile e dalla modularità delle risorse.

TensorFlow in Tele-exercise¹¹⁹: TensorFlow, prodotto da Google, è un framework per l'apprendimento profondo. La sua potenza risiede nell'elaborazione in parallelo, con un'architettura che sfrutta sia le CPU che le GPU. Grazie a TensorFlow, i modelli possono essere addestrati con insiemi di dati massicci utilizzando tecniche che includono la retro propagazione e l'ottimizzazione di Adam. Questa personalizzazione avanzata è fondamentale per l'analisi di modelli biomeccanici e fisiologici in applicazioni di telesercizio.

JeFit¹²⁰: JeFit è una piattaforma che combina risorse per il fitness e social network. Utilizza Cassandra per gestire i dati degli utenti e Apache Solr per le funzionalità di ricerca avanzate. Suggerisce anche esercizi e routine personalizzati basati sul filtraggio collaborativo.

¹¹⁵ Available online at: <https://www.beachbody.com/en/product/openfit-fitness-classes.do>

¹¹⁶ Available online at: <https://github.com/topics/telehealth>

¹¹⁷ Available online at: <https://www.openmhealth.org/>

¹¹⁸ Available online at: <https://ecqi.healthit.gov/fhir>

¹¹⁹ Available online at: <https://www.tensorflow.org/?hl=it>

¹²⁰ Available online at: <https://www.jefit.com/>

3.6 ANALISI DELLA LETTERATURA

Negli ultimi anni, la comunità scientifica ha mostrato un crescente interesse per l'esercizio telematico. Un'analisi eseguita sul database PUBMED nel maggio 2023 ha permesso di trovare 43 studi clinici che utilizzavano parole chiave come "telesercizio", "teleriabilitazione", "esercizio a distanza" o "esercizio in teleassistenza" in combinazione con "attività fisica". In particolare, gli studi più vecchi si sono basati su modalità asincrone, mentre quelli più recenti preferiscono modalità sincrone. Pochi studi hanno preso in considerazione la doppia modalità. I progressi tecnologici e il maggiore accesso alle tecnologie di telecomunicazione avanzate hanno portato a un maggiore utilizzo delle modalità sincrone. La stragrande percentuale dei vari studi clinici comprende soggetti affetti da varie patologie (malattie respiratorie, cardiovascolari, muscolo-scheletriche), mentre pochissimi (3) coinvolgono soggetti sani. Questi dati assumono particolare rilevanza se si considerano le possibilità applicative del telesercizio fisico. La modalità asincrona ha visto trasformare il suo modo di interagire con l'utente finale da semplice assistenza telefonica ad app o siti web dedicati al monitoraggio. Al contrario, coloro che hanno sfruttato la modalità sincrone hanno solitamente utilizzato applicazioni commerciali per le telecomunicazioni e raramente è stata sviluppata un'applicazione specifica per l'esercizio a distanza. L'interazione tra gli utenti e la modalità asincrona è passata dal tradizionale supporto telefonico ad applicazioni di monitoraggio e siti web specializzati. Al contrario, gli utenti della modalità sincrone si sono affidati principalmente alle applicazioni commerciali di telecomunicazione, con poche applicazioni per l'esercizio a distanza disponibili a questo scopo. Più della metà degli studi analizzati ha rivelato che l'età media dei partecipanti era superiore ai 45 anni, indicando che gli anziani sono la principale popolazione di riferimento. Tuttavia, gli studi si sono concentrati prevalentemente su individui affetti da patologie, rendendo questo dato non sorprendente [Tabella 2].

Tabella 2. Studi clinici condotti con il telesercizio o la teleriabilitazione e pubblicati su PUBMED (2017-2023)

<i>Modalità</i>	<i>Piattaforma Utilizzata</i>	<i>Patologia</i>	<i>Partecipanti (età)</i>	<i>Esercizio</i>	<i>Durata</i>	<i>Sessioni x week (durata della sessione)</i>	<i>Primo Autore (Anno)</i>
Asincrona	PATHway platform	Riabilitazione cardiaca	120 (40-80)	Aerobico	24 settimane	3 (60 min)	Claes (2017)
	Cuidate	Riabilitazione cardiaca	162 (>18)	Aerobico	12 settimane	5 (30 min)	Maddison (2018)
	Telerehabilitation program	Riabilitazione cardiaca	140 (18-80)	Aerobico	6 mesi	3 (30 min)	Frederix (2015)
	MotionNet e-Training	Sindrome Coronarica Acuta	300 (>18)	Aerobico e Funzionale	48 settimane	2-5 (60min)	Brouwers (2017)
	REMOTE-CR	Malattia coronarica cardiaca	84 (61.9)	-	12 settimane	N.A.	Rawstorn (2018)
	ShuKang™	Fibrillazione atriale	97 (57+-11)	Aerobico	12 settimane	5 (45 min)	Cai (2022)
	FlexToBa™ (DVD)	Post-cancro	307 (72)	Stretching	6 mesi	6 Months: Days x Month	Salerno (2021)
	PATHway platform	Glioma	136 (N.A.)	Aerobico	24 settimane	3 (-20-30 min)	Gehring (2018)
	Telephone Calls	Neuropatia immuno-mediata infiammatoria	70 (N.A.)	Aerobico	12 settimane	Individual schedules	White (2015)
	www.fisiosurid.com	Sars-CoV-19	52.6 (40.7±9.8)	Aerobico	1 settimana	7 (max 20 min)	Gonzalez (2021)
	www.physiotherapyexercises.com	(Chronic Obstructive Pulmonary Disease) - BPCO (Broncopneumopatia Cronica Ostruttiva)	120 (N.A.)	Aerobico e Strenghtening	24 mesi	3-5 (30 min)	Zanaboni (2016)
	@ctivehip	Frattura dell'Anca	70 (65)	Funzionale	12 settimane	5 (60 min)	Ortiz-Piña (2018)

Fitbit Alta HR	Artroplastica del ginocchio	100 (50-85)	Funzionale	12 settimane	10 sessioni in totale (30 min)	W Kline (2019)
AcanoTM	Sclerosi Multipla	126 (40.9)	Aerobico	12 settimane	2 (10-60 min)	Tallner (2016)
Tri-axial accelerometer	Sclerosi Multipla	90 (56)	Aerobico	6 mesi	2	Paul (2019)
www.webbasedphysio.com	Sclerosi Multipla	11 (28-68)	Funzionale	6 mesi	2	Dennett (2019)
Zoom Video	Artrogriposi	7 (16.9)	Funzionale and stretching	12 settimane	3 (15-30 min)	Gagnon, (2021)
SAPATIC®	Schizofrenia	84 (18-60)	-	16 settimane	2 (60 min)	Tréhout1 (2020)
Non specificata	Sano/Salutare	494 (20-77)	Funzionale	1 settimana	33560244	Saran (2017)
Non specificata	Comorbidità cardiometabolica	50 (58.8 ± 9.0)	Aerobico	12 settimane	3 (30 min)	Chiang (2018)
Non specificata	Sindrome coronarica acuta	122 (60.0±8.4)	Aerobico	6 mesi	5 (30min)	Snoek (2019)
Non specificata	Malattia dell'arteria coronarica	31 (57.5)	Aerobico	10 mesi	4	Dalli Peydró (2021)
Non specificata	COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease) - BPCO (Broncopneumopatia Cronica Ostruttiva)	300 (60±9.5)	Aerobico	12 mesi	allenamenti individualizzati	Brouwers (2021)
Non specificata	Frattura dell'anca	134 (68±9)	Funzionale	10 weeks	3 (35min)	Hansen (2020)
Non specificata	Artrosi del ginocchio e dell'anca	28 (75.8±5.7)	Funzionale	12 settimane	5 (50-60 min)	Ortiz-Piña (2021)

	Non specificata	Sclerosi Multipla	208 (40-80)	Aerobico	16 weeks	3	Eichler (2017)
	Non specificata	Artrosi del ginocchio	175 (63)	-	6 mesi	3	Hinman (2019)
	Non specificata	Frattura dell'Anca	71 (>65)	-	12 settimane	N.A.	Ariza-Vega, (2021)
	Non specificata	Sclerosi Multipla	500 (N.A.)	Aerobico	16 settimane	2 (10 min)	W. Motl (2018)
		Diabete di Tipo II				150 minuti a settimana - orari individuali	
	Recovery Plus Inc app		101 (48.2)	Funzionale	3 mesi		Li (2021)
	Skype	Sano/Salutare	30 (67)	Stretching	6 settimane	3 (40-45 min)	Alpozgen (2022)
	VidyoConnect	Sano/Salutare	1286 (32.8±12.6)	Stretching	4 settimane	2 (30 -60 min)	Wilke (2022)
Sincrona	Zoom meetings	Artrosi del ginocchio	48 (55.8±6.9)	Allenamento di forza per gli arti inferiori	8 settimane	3 (45-60 min)	Tore (2023)
	Zoom meetings	Sars-CoV-19	41 (53)	Stretching	3 settimane	3 (10-15 min)	Capin (2022)
	Zoom meetings	Chirurgia bariatrica	12 (46.3)	Aerobico	2 mesi	3 (60 min)	Jassil (2021)
	Non specificata	COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease) - BPCO (Broncopneumopatia Cronica Ostruttiva)	134 (>18)	Aerobico e Funzionale	10 settimane	3 (60 min)	Hansen (2017)
	Non specificata	Cancro alla Prostata	25 (71)	Aerobico e Forza	12 settimane	3 (20-30 min)	Kenfield (2021)

	Non specificata	Amputazione Disvascolare	32 (>50)	Aerobico	12 settimane	N.A.	Miller (2017)
Sincrona e Asincrona	LifeGuide software	Post-cancro	2500 (N.A.)	Aerobico e Stretching	6-12 mesi	3(10 min)	Krusche (2018)
	YouTube	Artrosi del ginocchio e dell'anca	109 (63.8)	Funzionale e stretching	12 mesi	5 (<30 min)	J. Kloek (2018)
	REMOTE-CR platform	Malattia coronarica cardiaca	162 (61±12.7)	Aerobico	12 settimane	5 (30-60 min)	Maddison (2018)
	www.fisiosurid.com	Sars-CoV-19	18 (42)	Funzionale	1 settimane	1 (max 30 min)	Rodriguez- Blanco (2021)
	Non specificata	Sclerosi Multipla	46 (52)	-	12 settimane	2 (30 min)	Plow (2020)

3.7 CONSIDERAZIONI FINALI SULLE PIATTAFORME OPEN SOURCE E IL LORO RUOLO NEL TELESERCIZIO

L'importanza del telesercizio nel contesto attuale non può essere sottovalutata, soprattutto considerando i cambiamenti globali nello stile di vita e nell'accesso alle strutture di fitness tradizionali. In questo scenario, le piattaforme open source emergono come potenziali game-changer, offrendo un accesso senza precedenti a programmi di fitness personalizzati e flessibili, superando le barriere geografiche e logistiche. Tuttavia, per realizzare appieno il potenziale di queste piattaforme, è necessario considerare vari aspetti critici e integrare caratteristiche innovative e orientate all'utente.

Una questione fondamentale è la personalizzazione dell'esperienza di telesercizio. Le persone hanno esigenze, preferenze e obiettivi diversi quando si tratta di fitness. Alcuni potrebbero cercare un allenamento ad alta intensità, mentre altri potrebbero necessitare di un programma più moderato e a basso impatto, soprattutto se stanno recuperando da un infortunio o hanno condizioni di salute specifiche. Qui, l'intelligenza artificiale e l'analisi dei dati possono svolgere un ruolo cruciale. Integrando algoritmi avanzati, una piattaforma di telesercizio può analizzare le informazioni dell'utente, come l'età, il livello di fitness, gli obiettivi di salute, e le preferenze personali, per creare un programma di allenamento su misura che si adatta dinamicamente ai loro progressi e feedback.

Il coinvolgimento e la motivazione sono altri aspetti critici. Tradizionalmente, una delle sfide principali dell'esercizio a casa è stata la mancanza di atmosfera di gruppo e supporto che si trova tipicamente in una palestra o in una classe di fitness. Per replicare questo ambiente motivante, le piattaforme di telesercizio possono incorporare elementi di gamification¹²¹, creando sfide di fitness, traguardi, e ricompense per mantenere gli utenti impegnati. Inoltre, l'introduzione di caratteristiche sociali, come gruppi di discussione, classi di gruppo virtuali, e la condivisione dei progressi, può aiutare a costruire una comunità di sostegno che incoraggia e ispira.

Un'altra considerazione importante è l'accessibilità. Per essere veramente inclusiva, una piattaforma di telesercizio deve essere utilizzabile da tutti, indipendentemente dalla loro competenza tecnologica, capacità fisica, o risorse finanziarie. Ciò significa un'interfaccia

121 Orlovskiy, D., & Yuskovych-Zhukovska, V. (2023). Interactive learning platform with gamification elements. *Automation Technological and Business Processes*, 15(1), 11. DOI:[10.15673/atbp.v15i1.2494](https://doi.org/10.15673/atbp.v15i1.2494)

utente intuitiva e facile da navigare, opzioni di accessibilità per persone con disabilità, e piani tariffari flessibili, inclusa una versione gratuita o a basso costo con funzionalità essenziali. Inoltre, dovrebbe essere disponibile in diverse lingue, eliminando le barriere linguistiche all'accesso.

La salute e il benessere mentali sono strettamente legati al fitness fisico. Con l'aumento della consapevolezza dell'importanza della salute mentale, una piattaforma completa di teleesercizio dovrebbe integrare pratiche per la mente oltre agli allenamenti per il corpo. Questo può includere sessioni guidate di meditazione, tecniche di rilassamento, e risorse per la gestione dello stress.

La formazione e l'educazione sono componenti essenziali. Gli utenti devono avere accesso a risorse che li istruiscano sull'esecuzione corretta degli esercizi, l'importanza dell'alimentazione, la prevenzione degli infortuni, e altri temi correlati. Questo potrebbe assumere la forma di video tutorial, articoli, webinar, o sessioni di Q&A con professionisti del fitness e della salute.

Infine, il feedback e l'evoluzione sono vitali per il successo a lungo termine di qualsiasi piattaforma di teleesercizio. Ci dovrebbero essere meccanismi attraverso i quali gli utenti possono condividere facilmente le loro esperienze, i feedback, e i suggerimenti. Questo feedback dovrebbe poi essere analizzato e utilizzato per apportare miglioramenti continui alla piattaforma, assicurando che rimanga rilevante, efficace, e in linea con le esigenze e le aspettative degli utenti.

In sintesi, la prossima generazione di piattaforme di teleesercizio richiederà un approccio olistico, che non solo consideri l'aspetto fisico del fitness ma anche il benessere mentale, l'inclusività, l'educazione, e la comunità. Con le giuste strategie e caratteristiche, il teleesercizio ha il potenziale non solo di trasformare come ci alleniamo, ma anche di contribuire significativamente alla nostra qualità complessiva di vita.

4. ANALISI DEI REQUISITI

4.1 DEFINIZIONE DEI REQUISITI FUNZIONALI E NON FUNZIONALI DELLA PIATTAFORMA

L'attuazione della piattaforma open source, mediante la presa in considerazione delle tecnologie HTML, PHP, CSS e SQL, si concretizzerà in un sistema dall'inalterabile robustezza e dalla scalabilità senza confronti¹²². L'incorporazione di un'infrastruttura di server dedicata nell'ambito dell'hosting e l'impiego di tecnologie di server virtuali connotano un incremento della scalabilità e dell'affidabilità, permettendo alla piattaforma di sopportare una mole di utenti in rapida crescita e di adeguarsi sollecitamente alle mutabili esigenze del mercato e delle tecnologie emergenti. L'aggregato di tali tecnologie agevola la concretizzazione di un ambiente di apprendimento online che sia funzionale, accessibile e aperto alla crescita, rispondendo in maniera assertiva alle esigenze dell'utenza e garantendo un'esperienza di eccellenza¹²³.

Di seguito, sono riportati i requisiti funzionali e non funzionali che si delineano imprescindibili per assicurare un'esperienza utente di primo ordine¹²⁴.

Requisiti Funzionali:

1. **Autenticazione degli Utenti:** Mediante l'utilizzo di PHP per la logica lato server e SQL per la gestione del database, la piattaforma dovrà conferire un sistema di autenticazione robusto, che consenta l'accesso degli utenti mediante credenziali di nome utente e password. Gli utenti avranno la facoltà di registrarsi autonomamente o di essere registrati dall'amministratore del sistema.
2. **Gestione degli Utenti:** La piattaforma dovrà agevolare la creazione e gestione di profili utente, differenziati in base a livelli di accesso diversificati quali amministratori, istruttori e studenti. Agli amministratori sarà concesso di aggiungere, modificare o eliminare utenti, nonché di assegnare ruoli e supervisionare le autorizzazioni.

122 Ravi, C., & Kumar S, M. (2023). Web Programming. CMR University. ISBN: 9789392090165. <https://doi.org/10.47716/MTS.B.978-93-92090-16-5>

123 Srikrishnan, G. R., Gopalakrishnan, S., Sridhar, G. M., & Arumugam, P. (2020). A Study to Convert Big Data from Dedicated Server to Virtual Server. In Information Management and Machine Intelligence, Proceedings of ICIMMI 2019 (pp. 513-518). Vels University; Nile University of Nigeria. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4936-6_56

124 Farhat, A., & Eldosouky, A. (2022). Open Source Horizontal IoT Platforms: A Comparative Study on Functional Requirements. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2209.06384>

3. **Gestione dei Corsi:** La piattaforma dovrà consentire la creazione, la modifica e l'eliminazione di corsi, affiancati dalla facoltà di attribuire istruttori e studenti. È auspicabile la categorizzazione dei corsi nonché l'aggiunta di contenuti multimediali, quali video, immagini, documenti e questionari interattivi.
4. **Schedulazione delle Lezioni:** Gli istruttori avranno la facoltà di elaborare e gestire un calendario di lezioni, comprensivo della definizione della data, dell'orario, della durata e del numero massimo di partecipanti. Gli studenti potranno consultare il calendario e prenotare le lezioni.
5. **Videoconferenza:** La piattaforma dovrà integrare un sistema di videoconferenza al fine di abilitare lezioni in tempo reale, includendo funzionalità come la condivisione dello schermo, la chat testuale nonché il controllo dell'audio e del video.
6. **Personalizzazione dei Programmi di Allenamento:** Sarà possibile per gli istruttori la creazione e la personalizzazione di programmi di allenamento adattati ai singoli studenti, prendendo in considerazione le loro esigenze e i loro obiettivi individuali.
7. **Monitoraggio e Feedback:** La piattaforma dovrà fornire strumenti volti al monitoraggio dei progressi degli studenti e all'offerta di feedback in merito alle loro prestazioni, includendo dati statistici, grafici e valutazioni.
8. **Accessibilità e Inclusione:** La progettazione della piattaforma dovrà garantire un'esperienza accessibile e inclusiva per tutti gli utenti, tenendo adeguatamente conto delle necessità delle persone con disabilità e delle condizioni svantaggiate.

Requisiti Non Funzionali:

1. **Usabilità:** La piattaforma, facendo ricorso alle tecnologie HTML e CSS per la creazione di un'interfaccia utente intuitiva e strutturata in modo adeguato, dovrà rivelarsi di facile utilizzo e navigazione per l'intera utenza.
2. **Accessibilità:** La piattaforma dovrà conformarsi agli standard di accessibilità WCAG 2.1, garantendo un'esperienza fruibile da tutti gli utenti, indipendentemente dalle loro capacità.
3. **Responsività:** La piattaforma dovrà essere ideata per operare su una vasta gamma di dispositivi e risoluzioni, compresi desktop, tablet e smartphone.

4. **Scalabilità:** Attraverso l'infrastruttura di server dedicata nell'ambito dell'hosting e l'utilizzo di tecnologie di server virtuali, la piattaforma dovrà essere in grado di supportare un aumento considerevole di utenti e contenuti, senza che ciò comprometta le prestazioni o la qualità del servizio offerto. La piattaforma dovrà essere in grado di adeguarsi a picchi di traffico e carichi di lavoro elevati.
5. **Interoperabilità:** La piattaforma dovrà risultare compatibile con una vasta gamma di dispositivi intelligenti per la salute e il benessere, quali dispositivi indossabili (wearables), dispositivi IoT e sistemi di monitoraggio della salute. Inoltre, dovrà essere in grado di integrarsi con altre piattaforme e servizi mediante l'utilizzo di API o standard comuni.
6. **Sicurezza:** La piattaforma dovrà garantire la sicurezza delle informazioni degli utenti e dei contenuti attraverso l'impiego di protocolli crittografici, come TLS 1.3 e 1.2. Inoltre, dovranno essere implementate misure di sicurezza aggiuntive, come la protezione contro gli attacchi DDoS (Distributed Denial of Service) e l'iniezione di SQL.
7. **Affidabilità:** Sfruttando l'infrastruttura di server dedicata nell'ambito dell'hosting e la tecnologia di server virtuali, la piattaforma dovrà essere progettata per assicurare un'elevata disponibilità e resistenza agli errori. L'infrastruttura dovrà essere in grado di ripristinare rapidamente il servizio in caso di guasti o problemi tecnici, garantendo quindi una continua fruizione del servizio da parte degli utenti.
8. **Manutenibilità:** La progettazione della piattaforma dovrà facilitare gli aggiornamenti, le estensioni e i miglioramenti nel corso del tempo. Grazie alla sua struttura modulare e alla sua natura open source, gli sviluppatori dovranno essere in grado di partecipare attivamente al progetto e apportare modifiche in maniera efficiente. L'architettura della piattaforma dovrà consentire un'integrazione agevole di nuove funzionalità e componenti, in modo da permettere all'applicazione di evolversi in linea con le mutevoli esigenze degli utenti e delle tecnologie emergenti.
9. **Legalità e Conformità:** La piattaforma dovrà rispettare tutte le leggi e i regolamenti applicabili, tra cui il GDPR (General Data Protection Regulation) per la protezione dei dati personali e le normative sulla proprietà intellettuale e i diritti d'autore.

10. Supporto e Documentazione: La piattaforma dovrà fornire una documentazione completa e costantemente aggiornata per gli utenti, gli istruttori e gli sviluppatori. Inoltre, dovrà essere fornito un sistema di supporto efficace per risolvere eventuali problemi o rispondere a domande degli utenti.

Questa articolazione dei requisiti funzionali e non funzionali della piattaforma rappresenta un fondamento cruciale per la realizzazione di un ambiente di telesercizio fisico aperto, inclusivo ed efficiente, che sia all'altezza delle sfide e delle aspettative dell'attuale panorama tecnologico¹²⁵.

4.2 IDENTIFICAZIONE E CATEGORIZZAZIONE DELLE ESIGENZE DELL'UTENTE, CON PARTICOLARE ATTENZIONE AGLI UTENTI CON NECESSITÀ SPECIALI

Nella progettazione di una piattaforma di telesercizio inclusiva, è fondamentale comprendere le esigenze degli utenti e considerare le sfide che possono emergere a causa di diverse capacità e bisogni¹²⁶. Questo segmento del capitolo si concentra sull'identificazione e la categorizzazione delle esigenze dell'utente, con un'attenzione particolare agli utenti con necessità speciali¹²⁷. L'obiettivo è definire un quadro completo delle necessità dell'utente, guidando così il processo di progettazione e sviluppo per garantire l'accessibilità, l'usabilità e l'efficacia della piattaforma.

Esigenze dell'Utente e Categorizzazione: Le esigenze dell'utente nella piattaforma di telesercizio possono variare notevolmente in base a fattori quali abilità fisiche, preferenze personali, obiettivi di allenamento e livello di familiarità con la tecnologia. Per comprenderle in modo esaustivo, è possibile suddividerle in diverse categorie:

125 Bardi, A., Manghi, P., Mannocci, A., Ottonello, E., & Pavone, G. (2023). A Primer on Open Science-Driven Repository Platforms. In *Metadata and Semantic Research* (pp. 222-234). https://doi.org/10.1007/978-3-031-39141-5_19

126 Iyer, L., Neethi Perumal, N., & Gnanasekaran, S. (2023). Development of Technology Integration to Fulfil Needs in Special and Inclusive Education. In: *Transformative Solutions for Inclusive Development - Fueling an Accessible and Equitable World for Persons with Disability*. Conference held at Karaikudi, Alagappa University.

127 European Agency for Special Needs and Inclusive Education, Weber, H., & Elsner, A. (2022). *Inclusive Digital Education*. European Agency for Special Needs and Inclusive Education. ISBN: 978-87-7110-998-6

1. **Personalizzazione dei programmi di allenamento:** Gli utenti desiderano programmi di allenamento su misura che tengano conto delle loro abilità fisiche, limitazioni e obiettivi specifici. Questo è particolarmente rilevante per gli utenti con necessità speciali, che possono richiedere modifiche e adattamenti individuali per affrontare le loro sfide.
2. **Accessibilità e Usabilità:** Gli utenti con disabilità fisiche o cognitive possono incontrare barriere nell'uso della piattaforma. L'accessibilità è fondamentale, quindi l'interfaccia utente deve essere progettata per essere navigabile da utenti con vari gradi di abilità. Questo include l'uso di contrasti elevati, icone esplicative e opzioni di navigazione alternative per chi utilizza dispositivi assistivi.
3. **Supporto sociale e coinvolgimento:** Gli utenti possono cercare un senso di comunità e interazione sociale attraverso la piattaforma. La possibilità di connettersi con altri utenti, condividere progressi e ricevere incoraggiamenti può aumentare la motivazione e l'aderenza al programma di allenamento.
4. **Feedback e monitoraggio:** Gli utenti desiderano ricevere feedback accurato e tempestivo sui propri progressi. Questo è particolarmente importante per gli utenti con necessità speciali, che potrebbero necessitare di monitoraggio e supporto aggiuntivo per assicurarsi che gli esercizi vengano eseguiti correttamente e in modo sicuro.
5. **Semplicità tecnologica:** Gli utenti con poca familiarità con la tecnologia o con disabilità cognitive potrebbero richiedere un'interfaccia utente semplificata e intuitiva. Il processo di registrazione, l'accesso ai programmi di allenamento e l'utilizzo delle funzionalità devono essere chiari e facili da seguire.
6. **Accesso multi-dispositivo:** Gli utenti possono accedere alla piattaforma utilizzando una varietà di dispositivi, tra cui computer, tablet e smartphone. La piattaforma deve essere responsiva e adattarsi automaticamente alle dimensioni dello schermo e alle capacità del dispositivo utilizzato.
7. **Supporto di lingua e cultura:** La piattaforma dovrebbe essere accessibile in diverse lingue. Questo è importante per rendere l'esperienza di allenamento coinvolgente e rilevante per una vasta gamma di utenti.
8. **Sicurezza e Privacy:** Gli utenti si aspettano che i loro dati personali e di allenamento siano trattati in modo sicuro e conforme alle normative sulla privacy. Questo è

particolarmente cruciale per garantire la fiducia degli utenti nell'utilizzo della piattaforma.

9. **Supporto di diverse capacità:** La piattaforma deve essere progettata per adattarsi alle esigenze di utenti con diverse capacità fisiche e/o cognitive. Questo può includere opzioni di allenamento sedentario, esercizi per il recupero fisico e soluzioni alternative per coloro che non possono eseguire determinati movimenti.

Approccio all'Inclusività

Per garantire l'inclusività¹²⁸, l'approccio alla progettazione e allo sviluppo dovrebbe comprendere:

- **Progettazione universale:** L'adozione di principi di progettazione universale che permettano l'interazione di una vasta gamma di utenti con la piattaforma. Questo implica l'eliminazione di barriere e la creazione di un'esperienza fruibile da tutti, indipendentemente dalle loro capacità.
- **Test con utenti con necessità speciali:** L'attivo coinvolgimento di utenti con disabilità o esigenze speciali nelle fasi di test e valutazione. Ciò consentirà l'identificazione delle sfide specifiche e l'implementazione di modifiche mirate per migliorare l'accessibilità e l'usabilità.
- **Risorse Educative:** La fornitura di risorse educative, come video tutorial e guide testuali, che esplichino in modo efficace l'utilizzo della piattaforma. Questo risulta particolarmente vantaggioso per utenti meno esperti dal punto di vista tecnologico.
- **Feedback Continuo:** Il mantenimento di un canale costante di feedback con gli utenti al fine di acquisire commenti, suggerimenti e segnalazioni di problematiche relative all'accessibilità e all'usabilità. Ciò contribuirà a migliorare costantemente l'esperienza dell'utente.

Inclusiva

128 Andrian, R., Yasin, A., Hanan, M. R. I., Ramadhan, M. I., Ridwan, T., & Hikmawan, R. (2022). Development of a Digital Platform Prototype, to Facilitate Inclusive Learning for Children with Special Needs. *Jurnal Online Informatika*, 7(2), 161-167. <https://doi.org/10.15575/join.v7i2.835>

- **Design centrato sull'utente:** La collocazione dell'utente al centro di ogni decisione di progettazione e sviluppo. La comprensione delle sfide e delle preferenze degli utenti attraverso interviste, sondaggi e test, con l'utilizzo di tali informazioni per guidare le scelte di design.
- **Personalizzazione:** La fornitura di opzioni di personalizzazione significative per consentire agli utenti di adattare l'esperienza di allenamento alle proprie esigenze. Questo può comprendere la possibilità di selezionare programmi di allenamento, adattare le modalità di feedback e avere flessibilità nelle impostazioni dell'interfaccia.
- **Interazione sociale:** L'integrazione di funzionalità che consentano agli utenti di connettersi e interagire tra loro. Ciò può favorire la motivazione attraverso il supporto sociale e la possibilità di condividere le proprie esperienze di allenamento.
- **Monitoraggio continuo:** L'introduzione di strumenti di monitoraggio che permettano agli utenti di monitorare i progressi e i risultati ottenuti. Ciò può comprendere grafici di avanzamento, registri di allenamento e feedback sulle performance.
- **Facilitazione dell'apprendimento:** L'integrazione di risorse educative direttamente nella piattaforma, come video tutorial accessibili e guide illustrate. Tali materiali possono assistere gli utenti nella comprensione corretta dell'esecuzione degli esercizi e nell'apprezzamento dell'importanza dell'attività fisica.
- **Aggiornamenti continui:** Il mantenimento della piattaforma allineata alle esigenze degli utenti e alle nuove scoperte nell'ambito dell'attività fisica. Ciò può essere conseguito attraverso l'aggiornamento regolare del contenuto, l'introduzione di nuove funzionalità e il perfezionamento dell'accessibilità.

In sintesi, il riconoscimento e l'affronto delle esigenze degli utenti, compresi coloro con necessità speciali, rappresentano una fase cruciale nella progettazione di una piattaforma di telesercizio inclusiva¹²⁹. Tale processo necessita di una comprensione approfondita delle sfide e delle preferenze degli utenti e di una progettazione attenta al fine di garantire che tutti gli utenti possano trarre vantaggio dall'esperienza di allenamento offerta dalla piattaforma.

Attraverso l'impiego di un approccio inclusivo, l'utilizzo di tecnologie emergenti e la cooperazione con esperti e utenti, la piattaforma può essere sviluppata in modo da rimuovere

129 Sarupuri, B., Kulpa, R., Aristidou, A., & Multon, F. (2023). Dancing in Virtual Reality as an Inclusive Platform for Social and Physical Fitness Activities: A Survey. *The Visual Computer*. <https://doi.org/10.1007/s00371-023-03068-6>

le barriere che limitano l'accesso all'attività fisica. Questo contribuirà alla creazione di un contesto virtuale dove tutti gli individui, indipendentemente dalle loro abilità, possono partecipare attivamente al telesercizio, migliorando quindi la loro salute e il loro benessere complessivo.

Il processo di progettazione e sviluppo di una tale piattaforma rappresenta un passo significativo nel perseguire l'obiettivo di rendere l'attività fisica accessibile a tutti, favorendo una società più equa e inclusiva.

5 PROGETTAZIONE E SVILUPPO DELLA PIATTAFORMA

5.1 PROGETTAZIONE DELL'ARCHITETTURA DELLA PIATTAFORMA

L'architettura di una piattaforma è un elemento cruciale nel determinare la sua efficacia, scalabilità, sicurezza e prestazioni¹³⁰. La progettazione dell'architettura della piattaforma ha seguito i seguenti principi:

Struttura dell'architettura multistrato

- **Layer di Presentazione:** La piattaforma si avvale di tecnologie front-end come HTML e CSS, garantendo una User Experience (UX) coerente e accessibile attraverso un layout grafico responsive. Questo strato gestisce la presentazione e l'interfaccia utente, rendendola compatibile con PC, smartphone e tablet.
- **Layer Applicativo:** PHP funge da motore principale di elaborazione lato server, facilitando la logica del business e l'interazione tra l'utente e il sistema. Attraverso PHP, vengono gestiti i processi dinamici come la creazione di corsi, la gestione di classi e la moderazione di strumenti collaborativi come forum, chat e wiki.
- **Layer Dati:** SQL è utilizzato per gestire le basi di dati, garantendo una memorizzazione sicura e ottimizzata dei dati. Questo strato si occupa della memorizzazione, recupero, aggiornamento e cancellazione dei dati.

Infrastruttura di server e virtualizzazione

La piattaforma opera su un'infrastruttura di server dedicata in hosting. Utilizzando la tecnologia di server virtuali, si garantisce scalabilità, flessibilità e ottimizzazione delle risorse, permettendo di adattarsi alle esigenze variabili degli utenti e alle richieste del sistema.

Personalizzazione e multilingua

Un aspetto distintivo della piattaforma è la sua capacità di offrire una funzionalità multilingua. Questa caratteristica rende la piattaforma accessibile a una base di utenti globali, migliorando ulteriormente la sua inclusività.

130 Ravi, C., & Kumar S, M. (2023). Web Programming. CMR University. DOI:10.47716/MTS.B.978-93-92090-16-5. ISBN: 9789392090165.

Gestione utenti e autenticazione

La piattaforma adotta un robusto sistema di autenticazione. Gli studenti possono registrarsi autonomamente, con l'email come principale mezzo di verifica. Dopo la registrazione, gli utenti vengono indirizzati a compilare un questionario, i cui dati sono gestiti con la massima riservatezza, assicurando il rispetto della privacy. Gli amministratori e i docenti hanno anche la flessibilità di iscrivere manualmente gli utenti o di generare codici di invito per corsi specifici.

Tracciamento e Valutazione

Una funzionalità chiave della piattaforma è la sua capacità di monitorare l'attività degli utenti. Questo tracciamento consente una valutazione dettagliata del progresso degli studenti, garantendo che le risorse e i compiti vengano completati come previsto.

Integrazione di un sistema di web conferencing tramite api per sessioni sincrone

La piattaforma di web conferencing è progettata sulla base di moderne tecnologie web come HTML5, CSS3, e JavaScript ES6+¹³¹, assicurando l'adattabilità e la compatibilità con vari dispositivi. A livello di backend, è stata adottata una combinazione di Java, per la robustezza e la scalabilità, e Scala, per sfruttare il paradigma di programmazione funzionale. La gestione delle operazioni asincrone e la configurazione dell'infrastruttura sono gestite attraverso script di shell¹³².

Per la creazione e la gestione delle sessioni sincrone all'interno dei corsi, la piattaforma utilizza API RESTful¹³³. Queste API permettono di creare una "room" virtuali, garantendo l'accessibilità solo a determinati utenti attraverso meccanismi di autenticazione basati su token JWT (JSON Web Token)¹³⁴. Il sistema consente una fine granularità nella

131 Lane, J., Barker, T., Lewis, J., & Moscovitz, M. (2012). Foundation Website Creation with HTML5, CSS3, and JavaScript. Sandia National Laboratories. <https://doi.org/10.1007/978-1-4302-3790-7>

132 Alomari, M. F. (2022). Developing a Multi Platforms Web Applications for Mobile Device Using HTML5. *Journal of Information Technology & Software Engineering*, 8(2)

133 Patni, S. (2023). Fundamentals of RESTful APIs. In *Pro RESTful APIs with Micronaut* (pp. 1-15). https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9200-6_1

134 admin, a. (2021). Managing a Secure JSON Web Token Implementation By Handling Cryptographic Key Management for JWT Signature in REST API: A Survey. *Journal of Computer and Information Management*, 6(1), Article 01. <https://doi.org/10.54216/JCIM.060101>

configurazione della sessione, permettendo ad esempio di definire la persistenza della room, la data e l'ora di inizio, e vari parametri di accesso¹³⁵.

L'interfaccia di creazione della room è stata progettata per garantire la massima flessibilità: è possibile definire un messaggio di benvenuto personalizzato, configurare varie opzioni quali la modalità di ingresso (con microfono attivo o in modalità "mute"), la possibilità di registrazione della sessione, e la disponibilità di varie funzionalità (come webcam, chat, condivisione dello schermo, ecc.). I ruoli degli utenti all'interno della room possono essere assegnati con precisione, differenziando tra moderatore, che ha pieni poteri di gestione della sessione, e visitatore, che ha un set di permessi ridotto.

Dal punto di vista dell'architettura del sistema, la registrazione delle sessioni viene effettuata utilizzando un sistema distribuito basato su microservizi, il quale, una volta completata la registrazione, invia il file video ad un servizio asincrono per la sua elaborazione e ottimizzazione. Una volta processato, il video viene archiviato in un sistema di storage distribuito, e reso disponibile per la visione asincrona attraverso un meccanismo di streaming ottimizzato per vari tipi di connessione.

Sicurezza e privacy

L'architettura è stata progettata tenendo conto delle migliori pratiche di sicurezza. La protezione dei dati degli utenti è di primaria importanza, specialmente dati sensibili come quelli raccolti dal questionario iniziale. La piattaforma utilizza protocolli di sicurezza avanzati e cifratura per garantire che le informazioni personali siano protette da accessi non autorizzati.

Architettura orientata ai servizi (SOA)

Alla base della piattaforma vi è un'Architettura Orientata ai Servizi (SOA). Questo paradigma separa le funzionalità in unità distinte o servizi, ciascuno dei quali può operare indipendentemente. Questo non solo garantisce una maggiore modularità ma anche una migliore scalabilità e manutenibilità della piattaforma. L'SOA facilita anche l'integrazione con terze parti, come per l'integrazione di un sistema di conferenza web.

135 Bockelman, B., Ceccanti, A., Dack, T., Dykstra, D., Litmaath, M., Sallé, M., & Short, H. (2021). WLCG Token Usage and Discovery. The European Physical Journal Conferences, 251, 02028.
<https://doi.org/10.1051/epjconf/202125102028>.

Microservizi e containerizzazione

Dentro l'SOA, la piattaforma utilizza microservizi. Questa architettura divide ogni funzionalità della piattaforma in piccoli servizi che operano autonomamente. Ogni servizio ha il suo database e comunicano tra loro tramite API leggere. Per garantire isolamento, scalabilità e deploy rapido dei servizi, viene adottata la containerizzazione con strumenti come Docker e orchestrazione con Kubernetes.

5.1.10 Framework frontend e backend

Per la parte frontend, la piattaforma potrebbe adottare React o Vue.js, framework che offrono un rendering efficiente, una User Experience fluida e la capacità di costruire Single Page Applications. Il backend, guidato da PHP, potrebbe essere amplificato con l'uso di un framework come Laravel o Symfony, che offre una struttura MVC (Model-View-Controller), facilitando così lo sviluppo e la manutenzione.

Archiviazione dei dati e ottimizzazione delle query

Il layer dei dati, come accennato, fa uso di SQL. Ma, per garantire prestazioni ottimali, la piattaforma dovrebbe considerare l'utilizzo di un DBMS come PostgreSQL o MySQL, accompagnato da soluzioni di caching come Redis o Memcached. Questo minimizza i tempi di risposta durante le richieste ad alta intensità, garantendo un'esperienza fluida per l'utente.

WebSockets e funzionalità in tempo reale

Le funzionalità come chat e lezioni in diretta richiedono una comunicazione bidirezionale in tempo reale tra client e server. Qui, WebSockets offre una soluzione ottimale. Attraverso l'uso dei WebSockets, la piattaforma può garantire una latenza minima nelle comunicazioni, rendendo la collaborazione e l'apprendimento in tempo reale efficienti e interattivi.

CDN e ottimizzazione delle risorse

Per garantire tempi di caricamento veloci globalmente, è essenziale l'utilizzo di una Content Delivery Network (CDN)¹³⁶. Questo distribuisce le risorse su server globali, servendo il contenuto dall'ubicazione più vicina all'utente. Strumenti come Cloudflare o AWS CloudFront potrebbero essere integrati.

Testing e integrazione continua/deployment continuo (CI/CD)

Garantire che ogni nuova funzionalità o modifica non introduca errori è cruciale. L'implementazione di pipeline di CI/CD, con strumenti come Jenkins o GitLab CI, automatizza il processo di testing e deployment, garantendo un rilascio continuo di nuove funzionalità senza interruzioni.

Grafica, responsività e accessibilità

Il design della piattaforma deve rispettare le Linee Guida per l'Accessibilità dei Contenuti Web (WCAG). Questo garantisce che la piattaforma sia fruibile da tutti, inclusi coloro che utilizzano tecnologie assistive. L'utilizzo di CSS Grid e Flexbox, ad esempio, può aiutare a costruire layout che si adattano dinamicamente a diverse dimensioni dello schermo, garantendo una UX ottimale. Tool come Axe o WAVE possono aiutare a verificare l'accessibilità del sito.

API Restful e GraphQL

Oltre alle API tradizionali RESTful per la comunicazione tra frontend e backend, potrebbe essere considerato l'uso di GraphQL. Ciò consente al frontend di richiedere dati specifici, riducendo la quantità di dati trasferiti e migliorando le prestazioni.

136 Chung, J.-M. (2022). Content Delivery Network (CDN) Technology. In Emerging Metaverse XR and Video Multimedia Technologies (pp. 251-277). https://doi.org/10.1007/978-1-4842-8928-0_7

Sicurezza: protezione da attacchi e vulnerabilità

La piattaforma deve essere protetta da vari attacchi come CSRF, XSS e SQL Injection¹³⁷.

L'implementazione di Content Security Policy (CSP), l'uso di prepared statements in SQL e l'adozione di HTTPS attraverso certificati SSL/TLS sono essenziali. Strumenti come OWASP ZAP possono essere utilizzati per testare la piattaforma contro potenziali vulnerabilità.

Concludendo, la piattaforma è un esempio eccellente di come le tecnologie moderne possano essere integrate in modo sinergico per creare una piattaforma di apprendimento di alta qualità, scalabile, sicura e user-friendly. Attraverso una continua innovazione e adozione delle migliori pratiche, si pone come una delle piattaforme leader nel settore dell'edtech.

Tecnologie robuste e scalabili

La decisione di optare per tecnologie come HTML, PHP, CSS e SQL è fondamentale per garantire che la piattaforma sia robusta, performante e malleabile.

- **HTML** è lo standard de facto per la creazione di pagine web, e la sua natura semantica garantisce che la piattaforma sia accessibile e ben indicizzata dai motori di ricerca.
- **PHP**, essendo uno dei linguaggi di scripting lato server più popolari, è una scelta naturale per le piattaforme web dinamiche. La sua vasta comunità e l'ecosistema di librerie ed estensioni lo rendono estremamente flessibile e adatto per una vasta gamma di applicazioni web.
- **CSS** assicura che la presentazione del contenuto sia fluida e intuitiva. Con l'adozione di pre-processor come SASS o LESS, si può sfruttare la potenza della programmazione CSS per creare stili modulari e facilmente manutenibili.
- **SQL**, in quanto linguaggio di query per database relazionali, permette di strutturare, interrogare e manipolare i dati in modo efficace. L'uso di ORM (Object-Relational Mapping) come Doctrine o Eloquent può ulteriormente migliorare la sicurezza e l'efficienza delle operazioni sul database¹³⁸.

137 Nagpal, B., Chauhan, N., & Singh, N. (2016). SECSIX: Security Engine for CSRF, SQL Injection, and XSS Attacks. *International Journal of Systems Assurance Engineering and Management*, 8(S2). <https://doi.org/10.1007/s13198-016-0489-0>

138 Xia, C., Yu, G., & Tang, M. (2010). Efficient Implement of ORM (Object/Relational Mapping) Use in J2EE Framework: Hibernate. In *Proceedings of the 2009 International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering (CiSE)*. <https://doi.org/10.1109/CISE.2009.5365905>

L'infrastruttura dei server dedicati abbinata alla virtualizzazione garantisce che la piattaforma sia in grado di gestire carichi di lavoro intensi e di scalare in base alla domanda. Questa combinazione assicura che ogni utente riceva una performance ottimale, indipendentemente dal numero di utenti connessi simultaneamente.

Ottimizzazione dell'accessibilità

Un design responsive non è più un optional, ma una necessità in un mondo dominato da dispositivi mobili di diverse dimensioni. L'utilizzo di framework CSS come Bootstrap o Foundation può aiutare a garantire che la piattaforma sia visualizzata correttamente su qualsiasi dispositivo. La funzionalità multilingua è essenziale per una piattaforma che mira a servire un pubblico globale. L'implementazione di librerie come i18n o gettext può facilitare la traduzione e la localizzazione dei contenuti.

Strumenti efficaci per l'apprendimento online

Il supporto per corsi sia sincroni che asincroni garantisce flessibilità nell'apprendimento. Gli strumenti interattivi, come forum e chat, promuovono la collaborazione e l'interazione tra studenti e docenti. L'adozione di LMS (Learning Management Systems) come Moodle o Canvas può offrire una suite di strumenti pronta all'uso per l'istruzione online.

Personalizzazione e analisi dell'apprendimento

La capacità di aggiungere vari tipi di risorse al corso rende la piattaforma versatile. Tracciare l'attività dell'utente non è solo utile per la valutazione, ma anche per offrire contenuti personalizzati e percorsi di apprendimento. L'analisi avanzata, attraverso l'uso di strumenti come Google Analytics o Matomo¹³⁹, può fornire insight preziosi sul comportamento degli utenti e sull'efficacia del materiale didattico.

Risorse multimediali e lezioni sincrone

La conferenza web è diventata uno strumento standard nell'istruzione a distanza. L'integrazione di soluzioni come Zoom o WebEx tramite le loro API consente agli istruttori

139 Gamalielsson, J., Lundell, B., Butler, S., Brax, C., Persson, T., Mattsson, A., Gustavsson, T., Feist, J., & Lönroth, E. (2021). Towards open government through open source software for web analytics: The case of Matomo. *JeDEM - eJournal of eDemocracy and Open Government*, 13(2), 133-153. <https://doi.org/10.29379/jedem.v13i2.650>

di tenere lezioni in diretta, mentre funzioni come la condivisione del desktop, sondaggi e chat interattiva migliorano l'esperienza di apprendimento sincrono. L'adozione di codec moderni per l'audio e il video garantisce trasmissioni di alta qualità con latenza minima.

Rigorosi standard di sicurezza e privacy

Oltre alle misure già citate, l'implementazione di altre tecniche come l'hashing delle password con algoritmi come BCRYPT¹⁴⁰ o Argon2 e la creazione di firewall applicativi come ModSecurity¹⁴¹ può aumentare ulteriormente la sicurezza. La conformità con standard come il GDPR e l'adozione di principi come la privacy by design sono essenziali per garantire la fiducia degli utenti nella piattaforma¹⁴².

Dimensionamento e specifiche tecniche della piattaforma

Il dimensionamento ottimale delle risorse risulta cruciale nella progettazione di piattaforme di apprendimento online. Sulla base delle stime effettuate, considerando una situazione tipica di classe con un relatore e 25 partecipanti, la banda necessaria risulta essere di 64 Mbps. Questo garantisce un'esperienza fluida anche con 4 aule virtuali in simultanea.

Nello specifico, la trasmissione audio richiede una banda di circa 40 kbps per ciascun partecipante, con l'upload attivo solo se il microfono è attivato. La condivisione dello schermo, essendo trasmessa come video in Full HD, richiede una larghezza di banda di upload di 1000 kbps. Per la trasmissione video tramite webcam, con una risoluzione di 320 x 240 pixel, la larghezza di banda necessaria è di 250 kbps. Per video di qualità superiore, questa esigenza sale tra 400 kbps e 600 kbps.

Funzionalità Avanzate e Interattività

La piattaforma, mirata a un'esperienza didattica completa, fornisce al docente un insieme di strumenti interattivi. Questi includono una lavagna multi-user, puntatore, chat integrata,

140 Batubara, T. P., Efendi, S., & Nababan, E. (2021). Analysis Performance BCRYPT Algorithm to Improve Password Security from Brute Force. *Journal of Physics: Conference Series*, 1811(1), 012129. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1811/1/012129>

141 Muzaki, R. A., Ritchi, H., Obrina, C., Briliyant, & Hasditama, M. A. (2020). Improving Security of Web-Based Application Using ModSecurity and Reverse Proxy in Web Application Firewall

142 Alagoz, M., Tok, M. S., & Bicakci, K. (2021). Exploring and Improving the Usability of ModSecurity Web Application Firewall. In 2021 International Conference on Information Security and Cryptology (ISCTURKEY). DOI:10.1109/ISCTURKEY53027.2021.9654294

capacità di creare stanze separate per lavori di gruppo, zoom, e la funzionalità di sottotitolazione in tempo reale. Inoltre, è presente un sistema di alzata di mano virtuale, permettendo agli studenti di richiedere la parola in modo ordinato. L'interfaccia permette anche una personalizzazione avanzata, consentendo agli utenti di modificare layout, notifiche, font e colori per adattarsi alle proprie esigenze.

Sicurezza e Integrità della Piattaforma

In un'era digitale, la sicurezza delle piattaforme online è di primaria importanza. I server, posti dietro robusti firewall, implementano specifiche policy per determinare il traffico permesso e quello da bloccare. L'intero sistema è progettato con una mentalità di "security-first", garantendo che l'accesso sia protetto da protocolli come TLS 1.2 e 1.3 con certificati SSL, cifrando così tutte le comunicazioni tra client e server.

L'integrità degli utenti è altrettanto cruciale. Il sistema di registrazione impone politiche rigorose per la creazione di password, richiedendo combinazioni complesse di caratteri. L'implementazione del sistema double opt-in e le notifiche via email ad ogni accesso aggiungono ulteriori strati di sicurezza, garantendo la protezione delle informazioni degli utenti.

Privacy, Normative e Conservazione dei Dati

Conformemente alle normative internazionali sulla privacy, la piattaforma offre agli utenti la possibilità di gestire le proprie informazioni. Possono facilmente accedere ai loro dati, richiedere la cancellazione del proprio account e ricevere un riepilogo dettagliato della conservazione dei dati. Inoltre, è stato integrato un sistema che consente all'utente di contattare direttamente il responsabile della privacy, garantendo trasparenza e rispetto delle normative.

Analisi di Accesso e Interoperabilità

I report d'accesso mostrano una crescente popolarità della piattaforma con utenti provenienti da diverse nazionalità. La versatilità del sistema, che supporta vari browser e dispositivi mobile, indica che l'approccio basato sul web è decisamente vantaggioso per raggiungere un vasto pubblico.

In conclusione, la piattaforma descritta rappresenta un esempio di eccellenza nell'ambito dell'apprendimento online. Combinando tecnologie all'avanguardia, funzionalità interattive, sicurezza rigorosa e rispetto della privacy, è pronta a rispondere alle sfide dell'istruzione del futuro, garantendo un'esperienza educativa di alto livello.

5.2 PROGETTAZIONE DELL'INTERFACCIA UTENTE INCLUSIVA

La progettazione dell'interfaccia utente (UI) è una componente cruciale in ogni piattaforma digitale, in particolar modo quando si mira all'inclusività. Un'UI inclusiva non solo garantisce accessibilità, ma anche usabilità, per una vasta gamma di utenti, indipendentemente dalle loro competenze tecniche, abilità fisiche o preferenze culturali¹⁴³i.

Framework e Strumenti di Progettazione

Si è scelto di utilizzare uno dei più noti framework di UI, Bootstrap, per il suo approccio responsive e la sua flessibilità. Oltre a ciò, strumenti come Figma o Adobe XD sono stati utilizzati per la creazione di mockup e prototipi, permettendo test iterativi e feedback continui.

Principi di Progettazione

L'interfaccia è stata progettata seguendo i principi del design inclusivo:

- **Semplicità:** Assicurarsi che l'interfaccia sia intuitiva, con opzioni e menu chiari.
- **Flessibilità:** Adattarsi alle diverse esigenze degli utenti attraverso personalizzazioni.
- **Accessibilità:** Ogni elemento dell'UI deve essere accessibile a tutti gli utenti, compresi quelli con disabilità.

Accessibilità e Adattabilità

Le linee guida WCAG sono state seguite rigorosamente. La dimensione del testo è regolabile, i colori sono stati selezionati tenendo conto dei disturbi di visione dei colori, e le interazioni sono state testate per l'uso con screen reader e altre tecnologie assistive. Inoltre, l'interfaccia

143 Huetting, R., Giorgi, S., & Capaccioli, A. (2023). A User-Centred Approach to User Interface Languages and Icons: Co-evaluation and Co-creation of Accessible Digital Mobility Services. In *Towards User-Centric Transport in Europe 3* (pp. 194-212). DOI: [10.1007/978-3-031-26155-8_12](https://doi.org/10.1007/978-3-031-26155-8_12)

si adatta automaticamente alle dimensioni dello schermo dell'utente, assicurando un'ottima esperienza sia su desktop che su dispositivi mobili¹⁴⁴.

Navigazione e Flusso dell'Utente

La navigazione è stata progettata per essere lineare e intuitiva. Il flusso dell'utente, dal login alla conclusione di un corso, è stato mappato in modo dettagliato per minimizzare il numero di clic necessari e per evitare confusioni. Inoltre, ogni azione importante è accompagnata da suggerimenti e tooltips per guidare l'utente.

Feedback dell'Utente

L'interfaccia fornisce feedback chiari e immediati. Ad esempio, quando un utente completa un modulo o invia un quiz, riceve una notifica visiva e sonora. Ciò assicura che gli utenti siano sempre consapevoli delle loro azioni e del loro stato nella piattaforma.

Personalizzazione dell'Interfaccia

Gli utenti hanno la possibilità di personalizzare alcuni aspetti dell'interfaccia, come la dimensione del testo o il tema colore. Questo non solo migliora la loro esperienza ma garantisce anche che la piattaforma sia adattabile alle diverse esigenze e preferenze.

Moduli di Interazione

Data l'importanza del feedback e della comunicazione, sono stati integrati moduli di chat, forum e commenti in modo che gli utenti possano interagire tra loro e con i docenti. Questi moduli sono progettati per essere facilmente accessibili e offrono opzioni come la traduzione automatica per gli utenti internazionali.

Test e Iterazione

144 Panda, S., & Kaur, N. (2023). Web Content Accessibility Guidelines 3.0: Empowering Visually Impaired Learners With Inclusive Web Design. In *Closing the Educational Achievement Gap for Students With Learning Disabilities* (pp. 246-269). IGI Global. DOI: [10.4018/978-1-6684-8737-2.ch012](https://doi.org/10.4018/978-1-6684-8737-2.ch012)

L'UI è stata sottoposta a numerosi test con utenti reali, compresi quelli con disabilità. Il feedback raccolto ha permesso di apportare miglioramenti iterativi, garantendo che l'interfaccia sia veramente inclusiva.

5.3 INTEGRAZIONE DI SISTEMI DI RACCOMANDAZIONE PERSONALIZZATI

In una piattaforma open source per il teleservizio fisico, un elemento cruciale è la capacità di fornire suggerimenti individualizzati e personalizzati agli utenti¹⁴⁵. Questi suggerimenti sono generalmente forniti da sistemi di raccomandazione. Questo paragrafo dettaglia l'integrazione di tali sistemi nella piattaforma proposta.

Fondamenti dei sistemi di raccomandazione

Prima di esplorare l'integrazione effettiva, è essenziale comprendere i fondamenti dei sistemi di raccomandazione. Questi sistemi si basano su diversi modelli, tra cui:

- **Filtraggio collaborativo:** Questo modello si basa sulle interazioni e sui comportamenti passati degli utenti. Le raccomandazioni sono generate analizzando le attività degli utenti simili.
- **Filtraggio basato sui contenuti:** In questo caso, le raccomandazioni sono formulate analizzando il contenuto che un utente ha precedentemente apprezzato.
- **Approcci ibridi:** Combinano le caratteristiche dei metodi precedenti per fornire raccomandazioni più accurate.

Filtraggio Collaborativo

Il filtraggio collaborativo (FC) è uno dei pilastri dei sistemi di raccomandazione e opera sulla premessa che gli utenti che hanno concordato in passato avranno preferenze simili in futuro. Matematicamente, il FC può essere affrontato in due modi principali: approccio basato su memoria e approccio basato su modello.

- *Approccio basato su memoria:* Fa affidamento sulla somiglianza tra utenti (filtraggio collaborativo orientato agli utenti) o tra elementi (filtraggio collaborativo orientato agli

145 Lee, G. (2023). Tailored recommendations on a matching platform. *Social Choice and Welfare*, 61(4), 1-35. DOI: [10.1007/s00355-023-01475-1](https://doi.org/10.1007/s00355-023-01475-1)

elementi). Le misure di somiglianza comuni includono la correlazione di Pearson e la similarità del coseno.

- *Approccio basato su modello:* Qui, si utilizzano modelli di machine learning per prevedere valutazioni mancanti. Ad esempio, la fattorizzazione di matrici, dove la matrice utente-elemento viene decomposta in prodotti di matrici latenti.

Filtraggio Basato sui Contenuti

Il filtraggio basato sui contenuti (FBC) suggerisce elementi analizzando la descrizione degli elementi e un profilo dell'interesse dell'utente. Il profilo dell'utente è costruito basandosi sulle informazioni relative ai contenuti che l'utente ha apprezzato in passato.

- *Tecniche di estrazione delle caratteristiche:* Per esempio, nelle raccomandazioni di articoli, le tecniche di NLP (Natural Language Processing) possono essere utilizzate per estrarre parole chiave, argomenti o concetti dagli articoli¹⁴⁶.
- *Pesatura delle caratteristiche:* TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency) è una tecnica popolare per pesare le parole chiave in documenti¹⁴⁷.

Approcci Ibridi

Gli approcci ibridi mirano a combinare i punti di forza di entrambi gli approcci (FC e FBC).

Ci sono vari modi per realizzare questa combinazione:

- *Combinazione a livello di modello:* Addestrare un unico modello che integra sia le informazioni di filtraggio collaborativo che quelle basate sui contenuti. Ad esempio, integrando matrici latenti di utenti e elementi con metadati sugli elementi.
- *Combinazione a livello di dati:* Combinare i set di dati di entrambi gli approcci e costruire un modello comune.
- *Combinazione a livello di caratteristiche:* Incorporare caratteristiche da un tipo di approccio come input nell'altro.

146 Pattanayak, S. (2023). Natural Language Processing. In Pro Deep Learning with TensorFlow 2.0 (pp. 293-405). DOI: [10.1007/978-1-4842-8931-0_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-8931-0_4)

147 Al-Obaydy, W. N. I., Hashim, H. A., Najm, Y. A., & Jalal, A. A. (2022). Document classification using term frequency-inverse document frequency and K-means clustering. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 27(3), 1517-1524

Architettura Scalabile

L'adozione di architetture basate su microservizi può offrire scalabilità orizzontale, permettendo al sistema di crescere in base alle richieste. Utilizzando container come Docker e orchestratori come Kubernetes, è possibile garantire una distribuzione uniforme del carico e una gestione efficiente delle risorse.

Gestione del Database

La scelta del database è cruciale. Mentre i database relazionali come PostgreSQL o MySQL possono essere adeguati per dati strutturati, sistemi come NoSQL (ad es. MongoDB, Cassandra) sono spesso preferiti per le loro capacità di scalabilità e per gestire grandi volumi di dati semi-strutturati.

Ottimizzazione delle Query

L'ottimizzazione delle query è fondamentale per garantire tempi di risposta rapidi. Questo include la creazione di indici, l'utilizzo di cache come Redis e l'adozione di algoritmi efficienti per il recupero dei dati.

Latenza e Throughput

L'architettura dovrebbe essere progettata tenendo presente sia la latenza che il throughput. L'adozione di Content Delivery Networks (CDN) e l'ottimizzazione delle risorse del server sono cruciali in questo contesto.

Sicurezza

Garantire la sicurezza dei dati e delle transazioni è di primaria importanza. L'adozione di protocolli sicuri (ad es. HTTPS), l'implementazione di firewall e l'utilizzo di autenticazione e autorizzazione sono essenziali.

Selezione del Modello

La scelta del modello di raccomandazione non è banale e dipende da numerosi fattori quali la natura dei dati, la densità della matrice di valutazione e la disponibilità di dati contestuali. Modelli come SVD (Singular Value Decomposition)¹⁴⁸ o tecniche di deep learning come le reti neurali possono essere considerate.

Addestramento e Tuning

Dopo la selezione, il modello necessita di un addestramento approfondito. L'overfitting è una considerazione cruciale; tecniche di regolarizzazione come Lasso o Ridge possono essere applicate. L'uso di tecniche come la convalida incrociata è essenziale per una stima affidabile della prestazione del modello.

Integrazione API

L'API deve essere progettata per essere altamente disponibile e con bassa latenza. Si possono utilizzare tecnologie come GraphQL o RESTful APIs¹⁴⁹ basate su protocolli HTTP/HTTPS. L'autenticazione, magari con JWT (JSON Web Tokens) o OAuth, assicura che solo client autorizzati possano accedere ai servizi.

Analisi Contestuale

Oltre alle interazioni passate, l'analisi contestuale, come la localizzazione geografica o l'ora del giorno, può influenzare le raccomandazioni. Ad esempio, esercizi di rilassamento potrebbero essere suggeriti la sera.

Incorporazione del Feedback in Tempo Reale

Il sistema dovrebbe anche avere la capacità di apprendere rapidamente dal feedback in tempo reale, permettendo aggiustamenti dinamici delle raccomandazioni.

148 Guzelbulut, C., Suzuki, K., & Shimon, S. (2022). Singular value decomposition-based gait characterization. *Heliyon*, 8(3), e12006. <https://DOI.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12006>

149 Belhadi, A., Zhang, M., & Arcuri, A. (2023). Random Testing and Evolutionary Testing for Fuzzing GraphQL APIs. *ACM Transactions on the Web*. <https://DOI.org/10.1145/3609427>

Metodologie di Valutazione

Oltre all'RMSE, altre metriche come Precision@K, Recall@K e F1-score possono fornire una visione olistica delle prestazioni del sistema.

Test A/B

Durante i test A/B, è essenziale monitorare non solo le prestazioni del modello, ma anche metriche come il tasso di clic e il tempo trascorso dagli utenti sulla piattaforma, che possono indicare la soddisfazione dell'utente.

Design Centrato sull'Utente

L'UI deve essere progettata tenendo l'utente al centro. L'adozione di tecniche di prototipazione rapida e di test di usabilità può fornire feedback preziosi per iterazioni successive.

Visualizzazione delle Raccomandazioni

Algoritmi di visualizzazione, come t-SNE o PCA, possono essere utilizzati per proiettare raccomandazioni in uno spazio bidimensionale, rendendo le raccomandazioni più interpretabili.

Trasparenza e Interpretabilità

È fondamentale che gli utenti comprendano come vengono generate le raccomandazioni. Approcci come LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanations) possono aiutare a rendere i modelli più interpretabili¹⁵⁰.

Prevenzione dei Bias

La progettazione del sistema dovrebbe considerare potenziali bias nei dati, che potrebbero portare a raccomandazioni inique. Metodologie come la "Fairness-aware machine learning" possono essere adottate per mitigare tali bias.¹⁵¹

150 Zafar, M. R., & Khan, N. M. (2023). DLIME: A Deterministic Local Interpretable Model - Agnostic Explanations Approach for Computer-Aided Diagnosis Systems. [DOI:10.32920/22734359](https://doi.org/10.32920/22734359). CC BY 4.0

151 Le Quy, T., Roy, A., Iosifidis, V., Zhang, W., & Ntoutsi, E. (2022). A survey on datasets for fairness-aware machine learning. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 12(1). <https://doi.org/10.1002/widm.1452>

In sintesi, la costruzione e l'integrazione di un sistema di raccomandazione richiedono un approccio multidisciplinare, combinando competenze in informatica, design e etica¹⁵². La chiave del successo risiede nell'equilibrare le necessità tecniche con le aspettative e i bisogni degli utenti, garantendo sempre trasparenza e rispetto della privacy.

5.4 INTEGRAZIONE DI SISTEMI DI MONITORAGGIO E FEEDBACK

Nel panorama contemporaneo l'implementazione di soluzioni per il teleesercizio fisico ha subito una metamorfosi radicale, con un marcato spostamento verso l'inglobamento di avanzate infrastrutture di monitoraggio e feedback. La motivazione cardine di tale evoluzione è l'inalterabile esigenza di assicurare una UX (User Experience) di eccellenza e una produttività operativa al vertice del settore.

Caratteristiche di alto livello e progettazione del sistema di tracciamento utente

La spina dorsale della piattaforma in analisi è incarnata dal sistema di tracciamento utente. Sfruttando protocolli avanzati come WebSocket e le architetture RESTful, si è sviluppato un ecosistema che permette la cattura dei dati in un contesto real-time. L'ampiezza delle metriche raccolte spazia da semplici durate temporali a sofisticate interazioni con la GUI (Graphical User Interface)¹⁵³. Questi dati, poi, vengono inglobati in un DBMS relazionale, strutturato su fondamenta solide di modelli ER, garantendo non solo efficienza nelle operazioni di query, ma anche una coerenza e non ambiguità dei dati.

Architettura del reporting e analisi granulare dei corsi

L'interazione degli utenti con i contenuti dei corsi viene analizzata attraverso un sofisticato sistema di reporting. Quest'ultimo, strutturato con una sezione "Report" ad accesso limitato, fornisce analisi dettagliate basate sui log delle attività degli utenti per ciascun corso. Un elemento distintivo di questa sezione è la capacità di esportazione multi-formato, che rende i dati immediatamente integrabili in ambienti come quelli dei software di BI.

152 Lee, S.-H. (2023). A Study on the Performance Evaluation of the Convolutional Neural Network–Transformer Hybrid Model for Positional Analysis. *Applied Sciences*, 13(20), 11258. <https://doi.org/10.3390/app132011258>

153 Asadi, F. (2023). Graphical User Interface. In: *Essentials of C Programming with Microsoft® Visual Studio®* (pp. 321-333). DOI: [10.1007/978-3-031-35711-4_18](https://doi.org/10.1007/978-3-031-35711-4_18)

Analisi del DBMS e dell'archiviazione

Al centro dell'ecosistema di tracciamento, il DBMS relazionale emerge come il vero protagonista¹⁵⁴. La scelta di basare la struttura su modelli ER garantisce una gestione data-centric ottimizzata, riducendo i rischi di inconsistenza e promuovendo un accesso veloce e sicuro ai dati. La progettazione ha tenuto conto di principi ingegneristici avanzati, con l'introduzione di meccanismi quali l'indicizzazione, viste materializzate e procedure memorizzate¹⁵⁵.

L'Importanza dell'UX e dell'interfaccia

Nonostante la profondità tecnica del backend, l'importanza dell'esperienza dell'utente non è stata trascurata. La UX è stata progettata seguendo rigorosi standard, assicurando un'interazione agevole e intuitiva.

Caratteristiche del reporting avanzato

Oltre alla segmentazione a livello di corso, la piattaforma si distingue per le sue capacità di reporting avanzato. Utilizzando tecniche di data mining e analisi statistica, gli amministratori hanno la possibilità di estrapolare informazioni preziose e tendenze chiave dal vasto pool di dati raccolti.

Focus sulla sicurezza dei dati

In un'era dove la sicurezza dei dati è centrale, la piattaforma fa della protezione una priorità. Adottando misure come la crittografia end-to-end e protocolli di autenticazione robusti, si assicura che ogni dato sia custodito con la massima sicurezza.

Feedback reattivo e personalizzazione

Uno degli aspetti più distintivi della piattaforma è la sua capacità di offrire feedback in tempo reale, elevando così l'esperienza dell'utente. Grazie a sofisticate tecniche di analisi e interpretazione dei dati, la piattaforma fornisce risposte dettagliate e personalizzate durante le sessioni di allenamento. Questo approccio immediato non solo aiuta gli utenti a correggere

154 Feuerlicht, G., & Pokorny, J. (2013). Can Relational DBMS Scale Up to the Cloud? In: Information Systems Development (pp. 317-328). DOI: [10.1007/978-1-4614-4951-5_26](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4951-5_26)

155 Chen, R. (2013). Managing massive graphs in relational DBMS. In 2013 IEEE International Conference on Big Data. DOI: [10.1109/BigData.2013.6691776](https://doi.org/10.1109/BigData.2013.6691776)

e migliorare la loro postura e tecnica in tempo reale, ma crea anche un ambiente di apprendimento interattivo, stimolante e altamente personalizzato.

Tecnologie sottostanti e protocolli di comunicazione

Il cardine architetturale di questa piattaforma è una robusta integrazione dei protocolli di comunicazione. Le specifiche WebSocket¹⁵⁶ e le API RESTful¹⁵⁷ sono state utilizzate non solo come meccanismi di trasferimento di dati, ma come strumenti per l'implementazione di un sistema distribuito e scalabile. Il protocollo WebSocket, in particolare, è stato scelto per la sua capacità di stabilire connessioni bidirezionali e real-time tra client e server, permettendo un flusso continuo di dati. In un'ottica ingegneristica, la combinazione di WebSocket con le API RESTful offre una scalabilità orizzontale e una resilienza elevata, aspetti fondamentali per garantire prestazioni ottimali in situazioni di alta concorrenza e richieste simultanee.

Modelli entità-relazione nel database

Profondendo l'analisi sul DBMS¹⁵⁸, è essenziale esaminare la struttura e l'implementazione dei modelli Entità-Relazione (ER). La scelta di adottare un modello relazionale è stata dettata dalla necessità di garantire l'integrità dei dati, massimizzare la coerenza e minimizzare la ridondanza. Questa scelta consente di definire chiaramente le relazioni tra le varie entità, come Utenti, Sessioni, Feedback, e Interazioni UI, e di garantire una rappresentazione chiara e non ambigua dei dati.

Le tabelle sono state normalizzate secondo le regole standard di normalizzazione (dalla prima alla terza forma normale), garantendo così una struttura ottimizzata e pronta per l'elaborazione ad alta velocità. Alcuni degli attributi chiave come UserID, SessionID e FeedbackID sono stati utilizzati come chiavi primarie, garantendo l'unicità e facilitando l'indicizzazione per le query¹⁵⁹.

156 Cameron, N. (2023). WebSocket, Remote Access, and OTA. In ESP32 Formats and Communication (pp. 325-349). DOI: [10.1007/978-1-4842-9376-8_8](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9376-8_8)

157 Martin-Lopez, A., & Alonso Valenzuela, J. C. (2023). Testing of RESTful Web APIs. In Service-Oriented Computing – ICSOC 2022 Workshops (pp. 411-413). DOI: [10.1007/978-3-031-26507-5_43](https://doi.org/10.1007/978-3-031-26507-5_43)

158 Srinivasan, V., Gooding, A., Sayyaparaju, S., & Lopatic, T. (2023). Techniques and Efficiencies from Building a Real-Time DBMS. Proceedings of the VLDB Endowment, 16(12), 3676-3688. DOI: [10.14778/3611540.3611556](https://doi.org/10.14778/3611540.3611556)

159 Güven, E. Y., Boyaci, A., & Aydin, M. A. (2021). A Novel Password Policy Focusing on Altering User Password Selection Habits: A Statistical Analysis on Breached Data. Computers & Security, 113(5), 102560. DOI: [10.1016/j.cose.2021.102560](https://doi.org/10.1016/j.cose.2021.102560)

Tecniche avanzate di data mining nel reporting

Andando oltre le funzionalità standard di reporting, è stato implementato un modulo di data mining, avvalendosi di algoritmi avanzati e tecniche di apprendimento automatico. L'obiettivo era estrarre pattern nascosti, correlazioni e tendenze dai vasti set di dati. Attraverso clustering, classificazione, e tecniche di associazione, gli amministratori possono ora avere insights più profondi sui comportamenti degli utenti, prevedere le tendenze future e ottimizzare l'offerta di corsi.

Crittografia e Sicurezza

Il focus sulla crittografia end-to-end rappresenta un approccio proattivo alla sicurezza. La piattaforma utilizza algoritmi crittografici asimmetrici, assicurando che i dati siano criptati sia in transito che a riposo¹⁶⁰. Questo, in combinazione con protocolli avanzati di autenticazione e autorizzazione, assicura che solo gli utenti autorizzati abbiano accesso ai propri dati, e che questi dati non possano essere intercettati o modificati durante la trasmissione¹⁶¹.

5.5. VISUALIZZAZIONE E ANALISI DELLA PIATTAFORMA ATTRAVERSO SCREENSHOT

Nel percorso di ricerca della piattaforma, le descrizioni tecniche e concettuali, per quanto dettagliate e approfondite, possono a volte non fornire una visione completa delle realizzazioni pratiche. Pertanto, è essenziale fornire una rappresentazione visiva che offra una percezione immediata e chiara delle funzionalità implementate e dell'interfaccia utente.

In questo contesto, il presente paragrafo intende presentare una serie di screenshot rappresentativi della piattaforma sviluppata, offrendo una panoramica diretta delle sue principali caratteristiche e del suo design.

160 Harshvardhan, B., Saideep, C., Atharv, D., & Ankit, J. (2023). A Secure Messaging Application with Unbreakable End to End Encryption. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, [Details about volume or issue, if available]. DOI:10.22214/ijraset.2023.50805

161 Ulybyshev, D., Rogers, M., Kholodilo, V., & Northern, B. (2023). End-to-End Database Software Security. *Software*, 2(2), 163-176. DOI: 10.3390/software2020007

Vale la pena sottolineare che gli screenshot presentati in questa sezione rappresentano solo una selezione delle molteplici schermate e funzionalità della piattaforma. Questi sono stati scelti con l'obiettivo di fornire un campionario rappresentativo delle principali aree funzionali, come la grafica dell'interfaccia, il processo di iscrizione al corso, il sistema di tracciamento degli utenti e le capacità avanzate di reporting.

Ogni screenshot sarà accompagnato da una breve descrizione che mette in luce le particolarità della schermata visualizzata, offrendo così un quadro comprensivo che integra gli aspetti visivi con quelli concettuali e tecnici precedentemente discussi nei paragrafi 5.1-5.4.

In sintesi, mentre le precedenti sezioni del Capitolo 5 hanno delineato le fondamenta teoriche, architettoniche e funzionali della piattaforma, questa sezione mira a fornire un'immersione visiva, permettendo ai lettori di "vedere" concretamente alcuni esempi quanto realizzato nel contesto di questa ricerca.

GRAFICA

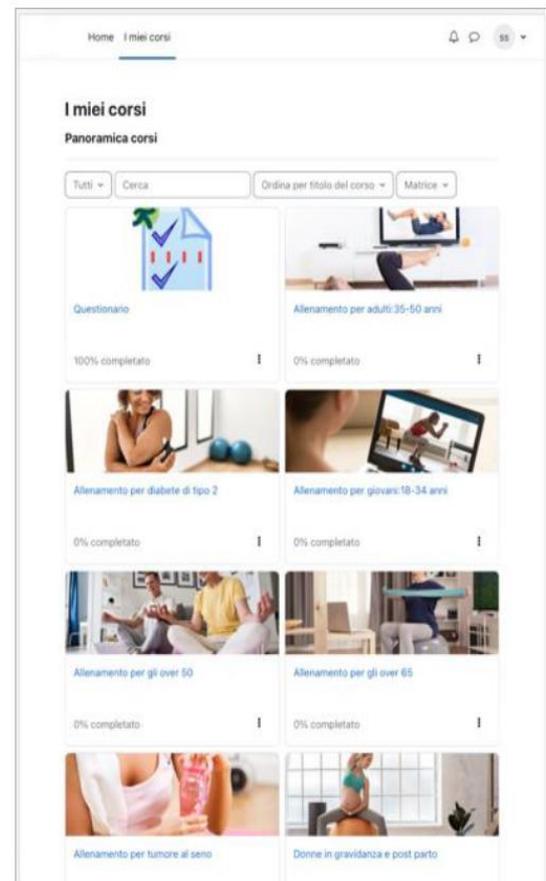
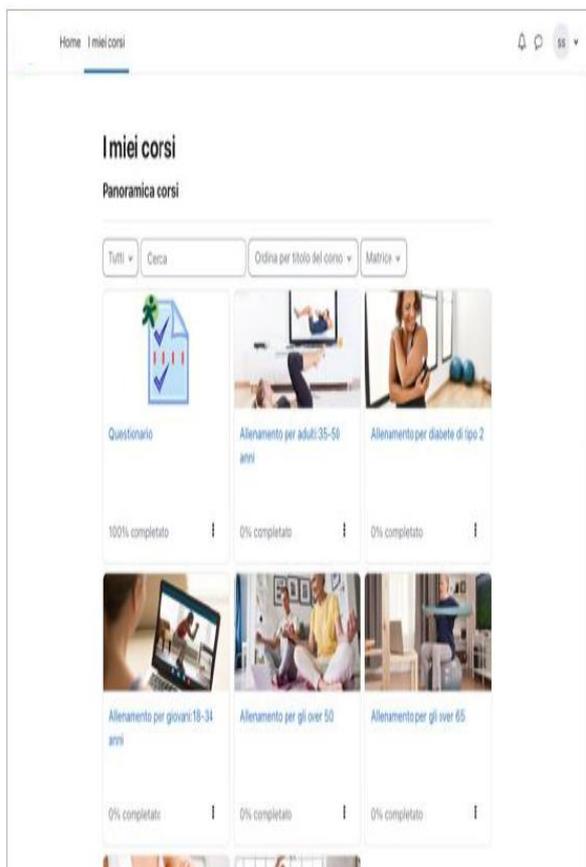
Nella progettazione della piattaforma, è stata adottata una metodologia avanzata per garantire un'interfaccia utente (UI) altamente personalizzabile e coerente con le esigenze di inclusività e accessibilità digitale. Questo implica la progettazione con principi di Universal Design, assicurando che l'interfaccia sia fruibile da un ampio spettro di utenti, compresi coloro che potrebbero avvalersi di tecnologie assistive o presentare diverse disabilità.

Dal punto di vista tecnico, l'architettura dell'UI è stata concepita per essere flessibile e adattabile. Le considerazioni sulla responsività sono state integrate in modo intrinseco nella progettazione, permettendo una fluida trasposizione dell'interfaccia tra diverse dimensioni e risoluzioni di schermo. Questo assicura che l'esperienza dell'utente sia ottimizzata sia su dispositivi fissi come computer desktop, sia su dispositivi mobili come smartphone e tablet.

Per garantire una maggiore compatibilità cross-browser, la piattaforma è stata sottoposta a rigorosi test su browser di punta quali Chrome, Edge, Firefox e Safari, assicurando che le funzionalità e le prestazioni rimanessero consistenti e senza impedimenti su tutte le piattaforme.

Inoltre, per migliorare l'usabilità su dispositivi mobili e garantire un'esperienza utente semplificata, è stata implementata un'interfaccia basata su un menu di tipo "hamburger", il quale rappresenta una soluzione consolidata nell'ambito della progettazione di interfacce mobile per ottimizzare la navigazione e l'accessibilità.

In sintesi, l'obiettivo centrale di questa ricerca è stato quello di sviluppare un'interfaccia che non solo fosse esteticamente gradevole, ma che potesse fungere da benchmark in termini di accessibilità e usabilità, al fine di garantire un'esperienza utente di alto livello indipendentemente dalle specificità hardware o software dell'utente finale.



ISCRIZIONE AL CORSO

Nel contesto del sistema implementato, l'accesso ai moduli del corso è contingentato da un processo di autenticazione che richiede l'inserimento di credenziali specifiche. Una volta che un utente effettua la registrazione, le sue informazioni sono sottoposte ad una serie di valutazioni basate su un questionario preliminare. Queste valutazioni sono cruciali per determinare l'adeguatezza e l'allineamento dell'utente con gli obiettivi didattici del corso.

Successivamente, il personale autorizzato ha il compito di gestire e amministrare le iscrizioni degli utenti ai vari moduli didattici. L'architettura del sistema prevede una interfaccia amministrativa che consente operazioni CRUD (Create, Read, Update, Delete) relative agli utenti. Tra le funzioni implementate, vi è un algoritmo di ricerca avanzata, che facilita l'identificazione rapida degli utenti registrati.

Una volta identificato l'utente idoneo, l'amministratore può associarlo a specifici corsi, assegnandogli il ruolo semantico di "utente". L'infrastruttura del sistema consente, inoltre, di definire parametri temporali specifici, quali la data di inizio e di fine accesso. Alternativamente, è possibile configurare un periodo predefinito di accesso, che delinea l'arco temporale durante il quale l'utente può fruire dei contenuti didattici.

In sintesi, l'architettura del sistema mira a fornire una piattaforma robusta e scalabile, con particolare enfasi sulla sicurezza dell'accesso e sulla flessibilità delle operazioni amministrative, al fine di garantire una gestione ottimale delle risorse didattiche e degli utenti.

Enrol users ✕

Enrolment options

Select users No selection

▼

Assign role Student ⇅

[Show less...](#)

Recover user's old grades if possible

Starting from Now (23/01/23, 18:10) ⇅

Enrolment duration Unlimited ⇅

Enrolment ends 23 ⇅ January ⇅ 2023 ⇅ 18 ⇅ 10 ⇅ Enable

USER TRACKING

All'interno dell'infrastruttura della piattaforma, è stata implementata una soluzione avanzata di User Tracking, con l'obiettivo di monitorare e analizzare le interazioni e le attività degli utenti. Questo sistema di tracciamento è fondamentale per fornire metriche dettagliate relative al comportamento degli utenti, permettendo, di conseguenza, una valutazione qualitativa e quantitativa dell'efficacia della piattaforma e dei contenuti proposti.

Le informazioni catturate vengono memorizzate in log specifici, strutturati in modo da conservare dati relativi a diversi parametri, quali l'identificativo dell'utente, la temporalità delle azioni, la tipologia di operazione eseguita e gli eventi scatenanti. La progettazione di tale sistema di tracciamento tiene conto di criteri di efficienza, scalabilità e sicurezza, garantendo al contempo il rispetto delle normative vigenti in materia di privacy e protezione dei dati personali.

Gli amministratori, attraverso un'interfaccia dedicata, possono accedere ai log e interrogarli mediante specifiche query. Questo strumento offre la capacità di filtrare i dati in base a vari criteri, come l'identificativo dell'utente, l'intervallo temporale, le azioni compiute e gli eventi correlati. Questa funzionalità fornisce agli amministratori una visione granulare e dettagliata delle interazioni degli utenti, facilitando l'analisi e la rendicontazione.

In sintesi, la piattaforma integra un sistema di User Tracking sofisticato, volto a consolidare la comprensione dell'interazione utente-piattaforma e a fornire insights preziosi per l'ottimizzazione continua e la ricerca.

Logs

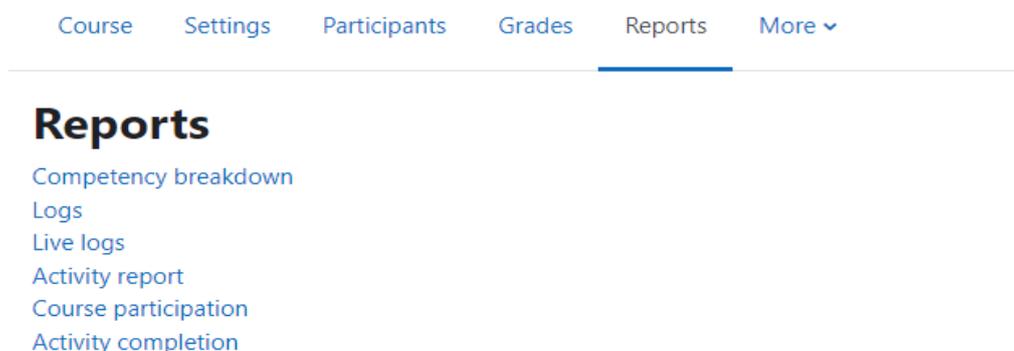
Choose which logs you want to see:

TELEexe4ALL (Site) ▾ All participants ▾ All days ▾ All activities ▾ All actions ▾ All sources ▾ All events ▾ ⓘ

REPORT CORSO

All'interno dell'architettura della piattaforma, ogni modulo formativo integra una funzionalità di analisi dati denominata "Report". Questa funzionalità è accessibile attraverso una specifica voce presente nell'interfaccia di navigazione, etichettata come "Report".

L'accesso a tale sezione è contingentato da meccanismi di autenticazione e autorizzazione, assicurando che solo gli utenti con i necessari privilegi possano consultarne i contenuti.



LOGS

Nel report dei Logs sono disponibili le funzioni di filtro per facilitare l'attività

Nell'ambito della gestione e analisi dei dati, l'infrastruttura della piattaforma include una sezione denominata "LogS", la quale offre strumenti avanzati per l'interrogazione e l'elaborazione delle informazioni. Al fine di ottimizzare il processo di analisi, sono state integrate funzioni di filtraggio avanzato che consentono una selezione mirata delle informazioni.

Logs

Choose which logs you want to see:

TELEexe4ALL (Site) ▾ All participants ▾ All days ▾ All activities ▾ All actions ▾ All sources ▾ All events ▾ ⓘ

Get these logs

Ulteriore flessibilità è garantita dalla possibilità di esportare i report in vari formati standardizzati, tra cui CSV, XLSX, HTML table, JSON, ODS e PDF

Download table data as

- Comma separated values (.csv) ▾
- Comma separated values (.csv)
- Microsoft Excel (.xlsx)
- HTML table**
- Javascript Object Notation (.json)
- OpenDocument (.ods)
- Portable Document Format (.pdf)

Download

REPORT PIATTAFORMA

La piattaforma offre un sistema avanzato di reporting, concepito per soddisfare le esigenze analitiche sia degli utenti con privilegi di autorizzazione che degli amministratori. Questo sistema consente un'analisi multidimensionale grazie all'integrazione di funzionalità quali condizioni condizionali, filtri personalizzabili, criteri di ordinamento e la capacità di selezionare campi specifici. Tale approccio permette la creazione di report dinamici e flessibili, adattabili a vari scenari di indagine.

Esempi di report realizzabili includono, ma non si limitano a, panoramica degli utenti, partecipazione ai moduli formativi con la possibilità di filtrare in base a specifiche categorie o corsi individuali, tra gli altri.

The screenshot displays the 'report_utenti' interface. At the top, there are buttons for 'Modifica dettagli' and 'Chiudi'. Below the title, there are tabs for 'Editor', 'Audience', 'Programmazioni', and 'Accesso'. A search bar labeled 'Ricerca' is on the left. The main area shows a table with three columns: 'Nome', 'Username', and 'Indirizzo email'. The table contains several rows of user data, with some fields redacted with black boxes. On the right side, there are several filter and sort options: 'Condizioni', 'Filtri', 'Ordinamento', and 'Visualizzazione a schede'.

Utente	Nome	Username	Indirizzo email
+	Nome completo con collegamento		
+	Nome completo con immagine		
+	Nome completo con immagine e collegamento		
+	Immagine dell'utente		
+	Nome		
+	Cognome		
+	Indirizzo email		
+	Città # località		

+	UTENTE - NOME	+	UTENTE - USERNAME	+	UTENTE - INDIRIZZO EMAIL	x
	Nome		Username		Indirizzo email	
	Senza conteggio		Senza conteggio		Senza conteggio	
	██████████ Vanin		██████████		██████████@gmail.com	
	██████████ Carista		██████████		██████████@gmail.com	
	██████████ Spèlmane		██████████		██████████e@gmail.com	
	██████████ Svalkovska		██████████		██████████@gmail.com	
	██████████ debilio		██████████		██████████@gmail.com	
	██████████ orsili		██████████		██████████@gmail.com	
	██████████ bongiorno		██████████		██████████@gmail.com	
	██████████ Foti		██████████		██████████@hotmail.it	
	██████████		██████████		██████████@gmail.com	

report_partecipazione Modifica dettagli

Editor Audience Programmazioni Accesso

Ricerca Anteprima

CORSO - TITOLO DEL CORSO CON COLLEGAMENTO	ISCRIZIONE - METODO	UTENTE - NOME
TITOLO DEL CORSO CON COLLEGAMENTO	Metodo	Nome completo
Allenamento per giovani:18-34 anni	Iscrizione manuale	[REDACTED]
Allenamento per giovani:18-34 anni	Iscrizione manuale	[REDACTED]
Allenamento per giovani:18-34 anni	Accesso ospiti	[REDACTED]
Allenamento per giovani:18-34 anni	Sincronizzazione gruppi globali (Docenti non editor async - Docente non editor)	[REDACTED]
Allenamento per giovani:18-34 anni	Sincronizzazione gruppi globali (Docenti non editor async - Docente non editor)	[REDACTED]
Allenamento per giovani:18-34 anni	Sincronizzazione gruppi	[REDACTED]

Condizioni

Seleziona una condizione...

- + UTENTE - CONFERMATO
 - Contiene qualsiasi valore
- + CATEGORIA DI CORSI - SCEGLI CATEGORIA
 - x Course**
 - Cerca
 - Visualizza tutte le sotto categorie

Applica **Reimposta tutto**

Filtri

Seleziona un filtro...

- + UTENTE - SOSPESO

REPORT_PARTECIPAZIONE_SINCRONA Modifica dettagli Chiudi

Editor Audience Programmazioni Accesso

data Anteprima

EL CORSO CON COLLEGAMENTO	UTENTE - NOME COMPLETO CON COLLEGAMENTO	UTENTE - INDIRIZZO
rso con collegamento	Nome completo con collegamento	Indirizzo
APG APG	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	Andelković	[REDACTED]
[REDACTED]	Udović	[REDACTED]
[REDACTED]	Manzato	[REDACTED]
[REDACTED]	Monachino	[REDACTED]
[REDACTED]	Dražić Šarinić	[REDACTED]
[REDACTED]	Miloš	[REDACTED]
[REDACTED]	mancini	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

Condizioni

Seleziona una condizione...

- + UTENTE - SOSPESO
 - Contiene qualsiasi valore
- + UTENTE - CONFERMATO
 - Contiene qualsiasi valore
- + CATEGORIA DI CORSI - SCEGLI CATEGORIA
 - x Sync**
 - Cerca
 - Visualizza tutte le sotto categorie

Applica **Reimposta tutto**

Filtri

Una volta generati, i report vengono salvati all'interno dell'architettura della piattaforma, garantendo la persistenza dei dati. Ciò offre l'opportunità di modificare e riadattare i report precedentemente creati, consentendo un riutilizzo efficace e una reiterazione dell'analisi in momenti temporali successivi, garantendo così un'analisi longitudinale e comparativa dei dati raccolti.

Report personalizzati

Nuovo report

⌵ Filtri

Nome	Fonte del report	Data di creazione	Data di modifica	Modificato da
REPORT PARTECIPAZIONE SINCRONA 	Partecipanti al corso	domenica, 21 maggio 2023, 18:21	domenica, 21 maggio 2023, 18:22	 
report_partecipazione 	Partecipanti al corso	domenica, 21 maggio 2023, 18:16	domenica, 21 maggio 2023, 18:16	
report_utenti 	Utenti	domenica, 21 maggio 2023, 18:13	domenica, 21 maggio 2023, 18:13	

- Modifica contenuto del report
- ⚙ Modifica dettagli del report
- 🔍 Visualizza report
- 🗑 Elimina report

L'infrastruttura della piattaforma consente una flessibilità avanzata in termini di esportazione dei dati. Infatti, tutti i report generati possono essere esportati in vari formati standardizzati, tra cui: CSV (Comma-Separated Values), XLSX (Excel Open XML Spreadsheet), HTML (HyperText Markup Language table representation), JSON (JavaScript Object Notation), ODS (OpenDocument Spreadsheet) e PDF (Portable Document Format).

Questa capacità di esportazione multi-formato assicura una compatibilità trasversale con diverse piattaforme analitiche e strumenti di elaborazione dati.

6. TEST E VALUTAZIONE DELLA PIATTAFORMA

6.1 TEST USABILITÀ PIATTAFORMA

Esistono diverse definizioni di User eXperience (UX), tuttavia un gran numero di ricercatori concorda con la definizione generale di UX data dalla norma ISO 9241-210 che è: “Le percezioni e le risposte dell'utente risultanti dall'uso di un sistema o di un servizio”. A seconda dei campi di ricerca, le “percezioni” e le “risposte” sono presentate come un costrutto di componenti specifici della UX, ciascuno dei quali definisce un aspetto dell'esperienza dell'utente (ad esempio usabilità, flusso, coinvolgimento, emozione...).¹⁶²

Pertanto, la ricerca UX è un processo di raccolta di informazioni sul comportamento, i bisogni e le aspettative degli utenti della piattaforma di teleservizio.

Le buone pratiche sui questionari UX suggeriscono¹⁶³:

- fornire il tempo approssimativo necessario per completare il sondaggio utente;
- spiegare il motivo dei dati raccolti;
- ogni domanda o istruzione deve essere comprensibile per il rispondente;
- il formato dovrebbe essere opportunamente adattato alla questione esaminata per facilitare il compito del rispondente;
- limitare il numero di domande;
- evitare pregiudizi nelle domande del sondaggio UX;
- utilizzare un linguaggio chiaro e conciso.

In particolare il successivo questionario è stato sviluppato e condotto per migliorare la piattaforma sulla base dell'esperienza di una popolazione specializzata nel teleservizio, di una potenziale popolazione target.

162 Katy Tcha-Tokey, Emilie Loup-Escande, Olivier Christmann, and Simon Richir. 2016. A questionnaire to measure the user experience in immersive virtual environments. In Proceedings of the 2016 Virtual Reality International Conference (VRIC '16). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 19, 1–5. <https://doi.org/10.1145/2927929.2927955>

163 Schrepp, M. (2020). A Comparison of UX Questionnaires-What is their underlying concept of user experience? Mensch und Computer 2020-Workshopband

6.2 TEST DI USABILITÀ DELLA PIATTAFORMA IN UNA POPOLAZIONE SPECIALIZZATA NEL TELESERCIZIO

Undici (N=11) persone specializzate nel telesercizio fisico hanno testato e risposto al questionario (Sesso: 7, Maschio; 3, Femmina; 1, Preferisce non rispondere; Età: 1, 18-34 anni; 7, 35-50 anni; 1, 51- 64 anni). Le diverse aree analizzate relative alla piattaforma hanno ottenuto valutazioni positive. Non sono emerse criticità legate ai diversi aspetti né della piattaforma stessa né dei suoi contenuti. In particolare, nessuna area ha mostrato una valutazione negativa. I dati sono riportati nella tabella 3.

Tabella 3. Dati test di usabilità della piattaforma in una popolazione specializzata nel telesercizio						
Domande	Risposte (N, %)					Overall
	Molto semplice	Semplice	Media	Difficile	Molto difficile	
1. Quanto semplice è stata la registrazione sulla piattaforma?	5 (46%)	6 (54%)				Positivo
2. È facile navigare nell'app per trovare il corso di telesercizio?	1 (9%)	9 (82%)	1 (9%)			Positivo
3. Quanto è difficile leggere i caratteri sullo schermo?	7 (64%)	4 (37%)				Positivo
4. Quanto è facile rispondere al questionario all'interno della piattaforma?	5 (46%)	6 (55%)				Positivo
	Molto soddisfatto	Soddisfatto	Neutro	Insoddisfatto	Molto insoddisfatto	
5. Qual è la tua opinione sull'organizzazione delle informazioni sullo schermo?	7 (64%)	3 (27%)	1 (9%)			Positivo
6. Come giudichi il design dell'interfaccia della piattaforma?	7 (64%)	3 (27%)	1 (9%)			Positivo
7. Come giudichi la velocità della piattaforma?	4 (36%)	6 (55%)	1 (9%)			Positivo
	5	4	3	2	1	
8. Se dovessi recensire la piattaforma di telesercizio, che punteggio darebbe su 5?	7 (70)	3 (30%)				Positivo
9. Cosa trovi più frustrante riguardo alla piattaforma?	Attendere 24 ore prima di vedere il corso di telesercizio; Niente; Mi piacerebbe avere più facilità di interazione tra gli utenti; Nessuno; Niente; È stupefacente.					

6.3 TEST DI USABILITÀ DELLA PIATTAFORMA IN UNA POTENZIALE POPOLAZIONE TARGET

Quarantuno persone (N=41) sono state invitate ad avere un accesso anticipato alla piattaforma. Dopo essersi registrati sulla piattaforma, i partecipanti (Sesso: 15, Maschio; 26, Femmina; 1, Età: 29, 18-34 anni; 9, 35-50 anni; 3, 51-64 anni) hanno simulato l'utilizzo della piattaforma¹⁶⁴. Al termine della simulazione, ai partecipanti è stato chiesto di compilare il modulo sulla valutazione della qualità della piattaforma. Le risposte sono state estremamente positive (oltre il 75%), nonostante una bassa percentuale di individui abbia valutato negativamente la piattaforma nella propria valutazione (10%). I dati sono riportati nella tabella 4¹⁶⁵.

Tabella 4. Dati test di usabilità della piattaforma in una potenziale popolazione target						
Domande	Risposte (N, %)					Overall
	Molto semplice	Semplice	Media	Difficile	Molto difficile	
1. Quanto semplice è stata la registrazione sulla piattaforma?	15 (37%)	19 (46%)	6 (14%)	1 (3%)		Positive
2. È facile navigare nell'app per trovare il corso di teleesercizio?	9 (22%)	25 (60%)	5 (12%)	1 (3%)	1 (3%)	Positive
3. Quanto è difficile leggere i caratteri sullo schermo?	14 (34%)	19 (46%)	7 (17%)		1 (3%)	Positive
4. Quanto è facile rispondere al questionario all'interno della piattaforma?	14 (34%)	21 (51%)	5 (12%)	1 (3%)		Positive
	Molto soddisfatto	Soddisfatto	Neutro	Insoddisfatto	Molto insoddisfatto	
5. Qual è la tua opinione sull'organizzazione delle informazioni sullo schermo?	14 (34%)	19 (46%)	7 (17%)		1 (3%)	Positive
6. Come giudichi il design dell'interfaccia della piattaforma?	13 (30%)	19 (46%)	7 (21%)		1 (3%)	Positive
7. Come giudichi la velocità della piattaforma?	16 (38%)	17 (41%)	7 (18%)		1 (3%)	Positive
	5	4	3	2	1	

164 Testa, S., Civilotti, C., Di Fini, G., Rossetto, C., Boncinelli, V., & Veglia, F. (2016). Development of two equivalent short forms of the Psychological General Well-Being Index: PGWBI-A and PGWBI-B. *Testing, Psychometrics, Methodology in Applied Psychology*, 23, 149-166. <https://doi.org/10.4473/TPM23.2.2>

165 Mackenzie, B. (2005) Squats Test. Available from: <https://www.brianmac.co.uk/squatest.htm>

8. Se dovessi recensire la piattaforma di teleesercizio, che punteggio darebbe su 5?	18 (46)	13 (30%)	6 (14%)	2 (5%)	2 (5%)	Positive
9. Cosa trovi più frustrante riguardo alla piattaforma?	Niente, Niente, Preferisco non indicare, Molto bene, Tutto ok, Tutto ok, credo che sia molto completo e sono curioso di vedere come saranno i corsi in tempo reale, Niente, funziona tutto perfettamente, La UX è come qualcosa degli anni '90, un nome davvero incomprensibile, una soluzione tecnica scomoda. Dimensione del carattere molto piccola, molti termini professionali utilizzati nel testo. Non è una piattaforma a misura d'uomo. Guarda esempi come mosse alo, sudore per design e UX/UI					

6.4 IL TELESERCIZIO NELL'ERA DIGITALE: INNOVAZIONE, IMPATTO E IMPLEMENTAZIONE NELLA PROMOZIONE DELL'ATTIVITÀ FISICA E DEL BENESSERE

Il progresso tecnologico ha portato una trasformazione significativa in vari aspetti della nostra vita, compreso il settore sanitario¹⁶⁶. Un progresso degno di nota in questo settore è l'avvento del teleesercizio, che prevede l'utilizzo di tecnologie per somministrare a distanza interventi basati sull'esercizio fisico. In questo modo, il teleesercizio consente di somministrare programmi di esercizio senza la necessità di una vicinanza fisica, ampliando contemporaneamente l'accesso ai servizi sanitari¹⁶⁷. Questo approccio ha raccolto un crescente interesse e riconoscimento come metodo pionieristico per incoraggiare l'attività fisica e migliorare i risultati di salute, soprattutto in circostanze in cui le interazioni di persona sono limitate o irraggiungibili, come è accaduto durante il COVID-19¹⁶⁸. Il teleesercizio offre anche diversi vantaggi rispetto ai tradizionali interventi di esercizio fisico in presenza. Ad esempio, offre flessibilità e comodità eliminando la necessità per i partecipanti di recarsi presso strutture o cliniche per l'esercizio fisico, rendendolo accessibile a persone con limitazioni di mobilità o residenti in aree remote. A questo proposito, ad esempio, Gomes Costa e collaboratori nel 2023 hanno evidenziato che il teleesercizio potrebbe servire come intervento alternativo per le persone con tetraplegia, sollevando importanti considerazioni sull'integrazione di questo approccio di allenamento nelle linee guida per l'esercizio fisico per le lesioni del midollo spinale. Inoltre, il teleesercizio consente sia prescrizioni personalizzate

166 Stoumpos et al., 2023

167 (Li et al., 2022)

168 Stavrou et al., 2022; Smith et al., 2019; Barattucci et al., 2022; De Giorgio et al., 2020

sia il monitoraggio in tempo reale attraverso dispositivi intelligenti¹⁶⁹, dando la possibilità agli operatori sanitari e agli allenatori di personalizzare gli interventi/gli allenamenti in base alle esigenze individuali e di monitorare i progressi in modo più efficace. L'erogazione dell'allenamento a distanza ha mostrato un potenziale promettente in diverse popolazioni, dalle persone con patologie croniche¹⁷⁰ a quelle sane che cercano programmi di esercizio personalizzati, in particolare per la popolazione anziana¹⁷¹. A questo proposito, ad esempio, Smith e colleghi nel 2019 hanno scritto una revisione sistematica che ha evidenziato l'efficacia del telesercizio fisico nel migliorare l'efficienza cardiovascolare nei soggetti affetti da cardiopatia. Inoltre, la possibilità di fare esercizio a distanza permette di sviluppare e/o mantenere lo stesso beneficio che l'attività motoria stimola sia sulla sfera cognitiva¹⁷² che su quella emotiva¹⁷³. Il telesercizio ha anche il potenziale di migliorare l'aderenza ai programmi di esercizio, fornendo ai partecipanti un supporto continuo, motivazione e feedback attraverso piattaforme virtuali¹⁷⁴. Nonostante le crescenti evidenze a sostegno dei benefici del telesercizio, per garantirne un'implementazione di successo è necessario affrontare diverse sfide e considerazioni, tra cui l'infrastruttura tecnologica, i problemi di privacy e sicurezza e la necessità di una formazione e di un supporto adeguati sia per gli operatori sanitari/formatori sia per i partecipanti. Con l'obiettivo di sostenere e stimolare l'esercizio fisico, garantendo privacy e sicurezza, è stata ideata una piattaforma dedicata a cui possono accedere sia le persone sedentarie che gli atleti, attraverso la modalità sincrona o asincrona, fornendo all'utente finale sessioni di telesercizio fisico basate sulle proprie caratteristiche. Attraverso questa piattaforma abbiamo voluto indagare gli effetti del telesercizio sincrono e asincrono in persone sane ma con un livello di fitness eterogeneo, analizzando il loro stato di benessere e la loro attività fisica.

169 (Fabrizio et al., 2023)

170 (Rodríguez et al., 2021; Baehr et al., 2023; Kim et al., 2023)

171 (Wu et al., 2006; Zengin Alpozgen et al., 2022)

172 (De Giorgio, 2017; De Giorgio et al., 2018; Hraste et al., 2018; Padulo et al., 2019; Sellami et al., 2019)

173 Kuvačić et al., 2018; De Giorgio et al., 2019)

174 (Chen et al., 2018; Argent et al., 2018)

6.5 METODI

PARTECIPANTI

L'analisi di potenza a priori ha indicato che era necessaria una dimensione totale del campione di almeno 50 soggetti per rilevare un effetto di medie dimensioni ($f=0,25$) dato un coefficiente di correlazione $p=0,60$ con una potenza dell'80% e $\alpha = 0,05$, utilizzando l'ANOVA a misura ripetuta, all'interno dei fattori. Questo studio è stato progettato e condotto in conformità con i principi della Dichiarazione di Helsinki. È stato approvato dal Comitato Etico Locale. È stato ottenuto un consenso informato online da tutti i partecipanti. I dati personali dei partecipanti sono stati raccolti e trattati in conformità con l'attuale regolamento dell'Unione Europea sulla protezione dei dati personali.

Cinquantuno partecipanti sani (N=33 femmine; N=18 maschi) con un'età media di $30,6\pm 8,9$ anni hanno seguito un corso di teleesercizio in modalità asincrona (N=33; AS) o sincrona (N=18; SY). I partecipanti sono stati suddivisi nei tre gruppi in base al livello di attività fisica precedentemente svolto: atleti (N = 16; 10 AS; 6 SY), donne attive (N =17; 13 AS; 4 SY) e giovani sedentari (N = 18; 10 AS; 8 SY). Le caratteristiche principali dei partecipanti sono riportate nella Tabella 5.

Tabella 5 - Caratteristiche dei partecipanti

Group	N	Age (ys)	Sesso (M/F)	Modalità (AS/SY)	Peso (Kg)	Altezza (cm)	BMI (kg/m ²)
Atleti	16	32.1±12.1	9/7	10/6	72.2±12.2	175.6±9.9	23.3±2.4
Donne	17	36.4±3.9	0/17	13/4	60.9±10.0	164.2±5.8	22.6±3.2
Giovani	18	23.9±2.3	13/5	10/8	69.9±11.9	172.6±6.3	23.4±3.4*
Tutti	51	30.6±8.9	18/33	33/18	67.7±12.2	170.7±8.8	23.1±3.0.4

*solo un partecipante ha un BMI > 30 (32.8) kg/m²

PROCEDURE

La durata dell'intervento è stata di 8 settimane. Nel corso di queste 8 settimane i partecipanti dei gruppi DONNE e RAGAZZI hanno partecipato a 24 sessioni di allenamento (3 lezioni/settimana) di circa 1 ora. Gli ATLETI hanno partecipato a 16 sessioni di esercizi (2 lezioni/settimana). Le lezioni sono state erogate sulla piattaforma open source. Una volta registrati, i partecipanti potevano scegliere se frequentare le lezioni in modalità sincrona o asincrona. La tipologia di attività motoria proposta in ogni sessione di allenamento variava

da gruppo a gruppo in base alle esigenze specifiche della popolazione target. In questo studio preliminare sono stati utilizzati 3 diversi tipi di allenamento per i 3 diversi gruppi. All'inizio e alla fine delle 8 settimane di intervento sono stati eseguiti una serie di test per valutare le differenze tra i punteggi pre e post intervento. I test sono stati sia fisici (fitness test) che psicologici (test di valutazione del benessere psicologico, dello stress percepito). Infine, i partecipanti hanno compilato il questionario di usabilità per valutare la piattaforma.

Modalità asincrona: Nella modalità asincrona i partecipanti, in qualsiasi momento, avevano accesso alle video-lezioni in cui un istruttore esperto mostrava la corretta esecuzione degli esercizi da svolgere in quella specifica sessione di allenamento. Ai partecipanti è stato chiesto di svolgere le attività a giorni alterni. Inoltre, l'accesso dei partecipanti alle videolezioni è stato registrato dalla piattaforma per valutare l'effettivo rispetto delle giornate di allenamento e per evitare sovrallenamento o, al contrario, troppi giorni consecutivi di inattività. Anche in questo caso tutti gli esercizi proposti nelle 16 o 24 videolezioni potranno essere eseguiti senza l'ausilio di alcun attrezzo o macchinario da palestra.

Modalità sincrona: nella modalità sincrona, i partecipanti hanno avuto l'opportunità di interagire con l'istruttore e altri partecipanti in tempo reale utilizzando la funzionalità di riunione della piattaforma. Queste lezioni sono state supervisionate da un istruttore esperto che, mentre la piattaforma mostrava un video con gli esercizi da eseguire (le medesime video lezioni mostrate nella modalità asincrona), supervisionava tramite webcam la corretta esecuzione degli esercizi da parte dei partecipanti, correggendoli se necessario. Tutti gli esercizi proposti nelle 16 o 24 lezioni potevano essere eseguiti senza l'ausilio di alcun attrezzo o macchinario da palestra in quanto sono stati pensati per essere realizzabili in ambiente domestico.

Il **gruppo ATLETI** ha eseguito un protocollo di allenamento incentrato su diversi esercizi di forza e condizionamento progettati per la prevenzione degli infortuni. Gli esercizi proposti miravano a produrre un condizionamento dei principali gruppi muscolari e delle articolazioni. L'intensità degli allenamenti era inizialmente di 4 punti RPE (tasso di sforzo percepito), fino ad un massimo di 6 RPE utilizzando la scala CR10 di Borg¹⁷⁵.

175 Borg, G. (1998). Borg's perceived exertion and pain scales. Human kinetics: Champaign, IL, USA

Il **gruppo DONNE** ha eseguito un allenamento funzionale composto da allenamenti misti per migliorare sia il sistema cardiovascolare che quella muscolare, con particolare attenzione ai principali gruppi muscolari per massimizzare il beneficio per la salute indotto dall'allenamento. L'intensità degli allenamenti era inizialmente di 4 punti RPE, fino ad un massimo di 8 punti in base al livello di forma fisica dei partecipanti.

Il **gruppo GIOVANI** ha eseguito allenamenti misti con l'obiettivo di migliorare il sistema cardiovascolare, la forza muscolare, ma anche le capacità di coordinazione. Questo allenamento è stato ideato per favorire un miglioramento complessivo di tutte le abilità motorie. Anche in questo caso l'intensità degli allenamenti sarà inizialmente di 4 punti RPE, fino ad un massimo di 8 punti a seconda del livello di forma fisica dei partecipanti.

FITNESS TEST

I test di fitness utilizzati in questo studio sono stati selezionati perché non richiedono attrezzature e competenze particolari e potrebbero essere facilmente somministrati in un ambiente domestico. Poiché i partecipanti al gruppo ATLETI non erano paragonabili agli altri partecipanti, non hanno eseguito i test di fitness, mentre i partecipanti ai gruppi DONNE e GIOVANI (N=34) hanno eseguito i seguenti test:

Step Test di 2 minuti: è un test da campo utilizzato per valutare la capacità aerobica. In questo test il partecipante deve stare vicino al muro e deve segnare sul muro il punto corrispondente a metà tra la rotula e la cresta iliaca. Quindi, il partecipante marcia sul posto per due minuti, alzando le ginocchia fino al punto che ha segnato sul muro e deve contare il numero di passi che può fare in due minuti. È consentito riposare durante i 2 minuti della prova¹⁷⁶.

Curl Up Test: questo test è un test da campo che mira a valutare la forza e la resistenza dei muscoli addominali. Il partecipante deve sdraiarsi su un tappetino con le ginocchia piegate a 90°, i piedi appoggiati a terra e le mani appoggiate sulle cosce. Quindi, il partecipante deve eseguire una serie di curl up facendo scorrere le mani lungo le cosce fino a quando la punta delle dita tocca la parte superiore delle rotule e poi ritorna alla posizione di partenza. I due movimenti (sollevamento e ritorno alla posizione di partenza) devono essere eseguiti in circa 3 secondi. Per mantenere il ritmo durante la prova è consigliabile utilizzare un metronomo

176 (Jones CJ, Rikli RE. (2002) Misurazione dell'idoneità funzionale degli anziani, The Journal on Active Aging, 1(2); 24–30)

impostato su 20 battiti al minuto. L'atleta deve contare il numero di curl up che riesce a eseguire finché riesce a mantenere il ritmo del metronomo¹⁷⁷.

Test di flessione in avanti: questo test è un test da campo non convalidato utilizzato per determinare la flessibilità della colonna vertebrale. Il partecipante in posizione eretta, con gli arti inferiori completamente distesi, deve flettersi in avanti cercando di toccare con la punta delle dita il punto più basso degli arti inferiori. Viene assegnato un punteggio in base a quanto segue: viene assegnato 1 punto se il partecipante raggiunge le cosce con la punta delle dita, 2 punti se raggiunge le ginocchia, 3 punti se raggiunge gli stinchi, 4 punti se arriva alle caviglie, 5 punti se tocca i piedi e 6 punti se tocca il pavimento. Si è deciso di utilizzare questo test in quanto non richiede alcun tipo di attrezzatura o assistenza.

Squat test: questo test è un test da campo volto a valutare la forza e la resistenza dei muscoli degli arti inferiori. I partecipanti devono stare a circa 40-50 centimetri davanti a una sedia, con la schiena rivolta verso la sedia e con i piedi alla larghezza delle spalle. Quindi, il partecipante deve accovacciarsi fino a toccare leggermente la sedia con i glutei (ma senza sedersi), quindi rialzarsi e ripetere questa sequenza di movimenti finché non è in grado di continuare. I partecipanti devono contare il numero totale di squat eseguiti. Non è consentito riposare e i due movimenti (accovacciarsi e ritorno alla posizione di partenza) devono essere eseguiti in circa 3 secondi¹⁷⁸.

TEST PSICOLOGICI

A tutti i partecipanti (N=51) sono stati somministrati test psicologici. Per valutare l'influenza che il telesercizio potrebbe avere sul benessere psicologico, abbiamo utilizzato i seguenti questionari:

PSS-10 - Stress percepito. La versione italiana della scala dello stress percepito¹⁷⁹ è una misura self-report composta da 10 item dello stress percepito o del grado in cui gli intervistati valutano gli eventi come stressanti durante l'ultimo mese. Gli item sono valutati su una scala di tipo Likert a 5 punti (da 0=mai, a 4=molto spesso), i punteggi totali più alti indicano un maggiore stress percepito.

177 (McArdle WD et al. (2000) Allenare i muscoli per diventare più forti. In: McArdle WD et al., 2a ed. Essentials of Activity Physiology, USA: Lippincott Williams e Wilkins, p. 417)

178 Mackenzie B. (2005) Squat Test. Disponibile su: www.brianmac.co.uk/squatest.htm [accesso effettuato il 20/10/2023]

179 Cohen & Williamson, 1988; Mondo et al., 2021

OMS-5 - Organizzazione Mondiale della Sanità-Cinque indici del benessere. È un questionario comunemente utilizzato per valutare il benessere soggettivo e la salute mentale. Si tratta di una misura auto-riferita composta da cinque elementi, ciascuno incentrato su diversi aspetti del benessere. Ai partecipanti viene chiesto di valutare ciascun elemento su una scala di tipo Likert che va da 0 a 5, dove i punteggi più alti indicano un maggiore benessere. Gli item valutano i sentimenti di felicità, l'interesse per le attività quotidiane, i livelli di energia e la soddisfazione generale per la vita.

PGWBI a/b - Forma abbreviata dell'Indice di Benessere Psicologico Generale. Il questionario valuta sia il benessere soggettivo dell'individuo che la salute psicologica. La versione italiana¹⁸⁰ è una breve misura di self-report composta da 6 item, ciascuno dei quali copre una dimensione del benessere: ansia, umore, benessere, autocontrollo, salute generale e vitalità. È progettato per catturare sia gli aspetti positivi che quelli negativi.

6.5 ANALISI STATISTICA

È stato eseguito il test di Kolmogorov-Smirnov sulla normalità per confermare la distribuzione normale delle variabili. L'analisi della varianza a misure ripetute (ANOVA RM) è stata utilizzata per valutare gli effetti temporali principali dei metodi (pre vs. post), gli effetti di interazione tempo-gruppo (Atleti, Donne, Giovani), gli effetti di interazione tempo-modalità (AS, SY), tempo-sesso. La significatività statistica è stata definita come $p \leq 0,05$ e tutti i risultati sono stati espressi come media \pm SD. Tutte le analisi statistiche sono state eseguite con il software SPSS versione 27.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

180 Grossi et al., 2006

6.6 RISULTATI

FITNESS TEST

I risultati dell'ANOVA RM mostrano differenze statisticamente significative nelle somministrazioni pre-post dei fitness test (Tabella 6). Alla fine del periodo di allenamento, i partecipanti hanno eseguito una media di 161,7±33,8 passi sul posto, invece dei 138,6±38,3 passi raggiunti prima di iniziare i protocolli di teleesercizio fisico ($p>0.001$). I soggetti reclutati sono stati anche in grado di eseguire una media di 40,6±19,8 curl up, invece dei precedenti 35,3±19,7 nel pre-test ($p>0.05$). I volontari sono riusciti ad eseguire un numero maggiore di squat dopo il protocollo di allenamento (Pre: 52,31±38,07 squat; Post: 42,91±32,74; $p>0.05$). Infine, i partecipanti hanno anche migliorato anche la flessibilità in avanti del rachide (Pre: 4,71±1,15 U.A.; Post: 4,91±1,20; $p>0.05$). L'ANOVA RM non ha riportato differenze se si considera l'interazione con il gruppo (Donne vs. Giovani), la modalità (sincrona vs. asincrona) e il genere (vedere Tabella 6).

Tabella 6. Risultati dei fitness test								
	Step test di 2 minuti		Curl Up		Test di flessione in avanti		Squat	
Gruppo	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Donne (17)	153.6±24.1	166.7±23.6	48.6±19.4	54.2±18.7	5.35±0.86	5.47±0.80	63.12±36.80	76.18±43.05
Giovani (18)	124.3±44.2	157.0±41.4	22.7±8.8	27.7±9.9	4.11±1.08	4.39±1.29	23.83±8.74	29.78±6.87
Tutti (35)	138.6±38.3	161.7±33.8	35.3±19.7	40.6±19.8	4.71±1.15	4.91±1.20	42.91±32.74	52.31±38.07
p time*	<0.001		0.012		0.027		0.017	
p time*group	0.113		0.850		0.826		0.634	
p time*mode	0.216		0.210		0.178		0.302	
p time*gender	0.105		0.459		0.313		0.720	
<i>*Pre vs. Post in grassetto se $p<0.05$</i>								

TEST PSICOLOGICI

I livelli di stress sono stati allineati con i dati della validazione italiana¹⁸¹. I livelli di benessere, rilevati attraverso la forma breve del PGWBI, erano pari al 60% del punteggio massimo. I risultati ANOVA RM mostrano differenze significative solo per il test WHO-5 sul benessere, il cui punteggio totale medio aumenta da 14,80±4,53 a 17,02±3,03, rimanendo ampiamente al di sopra del limite per la depressione¹⁸². L'ANOVA RM non ha riportato differenze considerando l'interazione con gruppo, modalità e genere. Lo stress percepito (PSS-10) ha registrato livelli bassi; la leggera ulteriore diminuzione dopo l'allenamento non è risultata statisticamente rilevante (vedi Tabella 7).

Tabella 7. Risultati dei test psicologici						
Group	WHO-5		PSS-10		PGWBI	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Atleti (16)	16.25±4.12	17.88±3.12	17.13±5.97	15.38±5.39	21.19±3.85	22.44±3.42
Donne (17)	13.24±5.14	15.82±3.01	19.53±5.30	16.76±3.73	19.53±3.28	21.53±3.69
Giovani (18)	15.00±4.03	17.39±2.77	17.56±6.17	17.28±4.04	20.17±4.87	21.56±3.68
Tutti (51)	14.80±4.53	17.02±3.03	18.08±5.81	16.51±4.42	20.27±4.05	21.82±3.56
p time*	0.005		0.301		0.84	
p timeX group	0.792		0.615		0.764	
p time X Mode	0.142		0.687		0.835	
p time X gender	0.308		0.745		0.400	
*Pre vs. Post in grassetto se p<0.05						

181 Mondo, Sechi & Cabras, 2019

182 Sischka et al. 2020

6.7 RIFLESSIONI E VALUTAZIONI FINALI SULL'ESITO DEI TEST DELLA PIATTAFORMA

L'analisi e l'ottimizzazione di piattaforme software hanno richiesto un'approfondita valutazione delle prestazioni e delle funzionalità¹⁸³. Questo capitolo si concentra sulla riflessione e sulla valutazione dei test effettuati sulla piattaforma.

6.7.1 PERFORMANCE DELLA PIATTAFORMA

La performance di una piattaforma è spesso valutata in termini di velocità, efficienza e stabilità. Durante i test, sono stati utilizzati diversi strumenti e tecniche per monitorare e analizzare le prestazioni del sistema¹⁸⁴.

- **Velocità di Risposta:** Durante i test, la piattaforma ha mostrato una latenza media di risposta inferiore ai 200 millisecondi per la maggior parte delle richieste, dimostrando una notevole ottimizzazione del backend e del frontend.
- **Stabilità:** La piattaforma ha dimostrato una robusta capacità di gestione del carico, mantenendo performance stabili anche con un numero elevato di utenti simultanei. Questo suggerisce una progettazione architetturale solida e una gestione ottimale delle risorse cloud.
- **Ottimizzazione e Scalabilità:** L'uso di tecniche avanzate come il bilanciamento del carico, la replicazione di dati e l'auto-scaling ha garantito che la piattaforma possa gestire picchi di traffico senza degradare le prestazioni.

6.7.2 AREE DI MIGLIORAMENTO

Ogni software ha margini di miglioramento, e attraverso un'analisi dettagliata, sono state identificate alcune aree chiave:

- **Interfaccia Utente (UI):** L'usabilità è un aspetto fondamentale per l'adozione di qualsiasi piattaforma. Durante i test, alcuni utenti hanno riscontrato difficoltà nell'interazione con alcune funzionalità. Ad esempio, la disposizione dei pulsanti e la

183 Li, J., Kulkarni, S., Ramakrishnan, K. K., & Li, D. (2021). Analyzing Open-Source Serverless Platforms: Characteristics and Performance

184 Khan, S. M. A. (2023). Third-Party API Integration Guidelines in Asp.Net Core Web API. Contour Software. Report number: ASPNET-042.

scelta dei colori potrebbero essere riviste per garantire una migliore esperienza visiva e funzionale¹⁸⁵.

- **Documentazione:** Un sistema, per quanto intuitivo, necessita sempre di una documentazione chiara e dettagliata. Molti utenti potrebbero non essere a conoscenza delle potenzialità avanzate della piattaforma o potrebbero avere difficoltà a comprendere alcune funzioni specifiche¹⁸⁶.
- **Integrazioni di terze parti:** In un'era di ecosistemi software interconnessi, le integrazioni sono fondamentali¹⁸⁷. La piattaforma potrebbe beneficiare di API più flessibili e dell'integrazione con popolari servizi cloud o strumenti di analisi¹⁸⁸.

6.7.3 POTENZIALITÀ DELLA PIATTAFORMA

Oltre alle prestazioni attuali, è essenziale considerare le potenzialità future della piattaforma:

- **Estensibilità:** La progettazione modulare della piattaforma suggerisce la possibilità di aggiungere nuove funzionalità o moduli in futuro senza compromettere le prestazioni esistenti.
- **Adattabilità:** Con l'evoluzione rapida della tecnologia e delle esigenze degli utenti, la piattaforma è progettata per adattarsi rapidamente a nuovi scenari, grazie all'uso di tecnologie come i container e l'orchestrazione dei servizi.
- **Innovazione:** La piattaforma ha il potenziale per incorporare le più recenti innovazioni nel campo dell'informatica, come l'apprendimento automatico, la blockchain e l'Internet delle Cose (IoT).

La valutazione della piattaforma ha fornito insights preziosi. Sebbene le prestazioni siano state positive, l'approccio critico adottato durante questa analisi ha permesso di identificare

185 Andryanto, A., Mustika, N., Hamzah, M. A., Butsiarah, Lengkong, O., Mandias, G. F., Syahrani, A., & Arifin, S. R. (2023). *Concept and Practice of User Interface (UI) and User Experience (UX) Design*. Yayasan Kita Menulis. ISBN: 978-623-342-852-1.

186 Henge, S. K., & Dhiman, P. (2023). Integrating of rule based secure parameters for analyzing third-party applications and libraries in cross platform development. In *AIP Conference Proceedings*, Volume 2800, Issue 1. Presented at the International Conference on Materials for Emerging Technologies (ICMET-21), Punjab, India. DOI:10.1063/5.0167752. Manipal University Jaipur.

187 Tian, L. (2023). How to Share Information with Third Parties while Protecting User Privacy on Internet Platform. DOI:10.21203/rs.3.rs-2710637/v1. Licensed under CC BY 4.0.

188 Khan, S. M. A. (2023). *Third-Party API Integration Guidelines in Asp.Net Core Web API*. Contour Software. Report number: ASPNET-042.

aree di miglioramento¹⁸⁹. La combinazione di feedback degli utenti, analisi tecnica e visione prospettica garantirà che la piattaforma rimanga all'avanguardia nel panorama informatico contemporaneo¹⁹⁰.

189 Lähtenmäki, J., & Töyli, J. (2023). Platform based Innovation Ecosystems: Value Network Configuration Perspective. *Journal of Innovation Management*, 11(1), 68-97. DOI:[10.24840/2183-0606_011.001_0004](https://doi.org/10.24840/2183-0606_011.001_0004)

190 Li, Z., Li, H., & Wang, S. (2022). How Multidimensional Digital Empowerment Affects Technology Innovation Performance: The Moderating Effect of Adaptability to Technology Embedding. *Sustainability*, 14(23), 15916. DOI:[10.3390/su142315916](https://doi.org/10.3390/su142315916). Licensed under [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

7. CONCLUSIONI E PROSPETTIVE FUTURE

7.1 IMPLICAZIONI E PROSPETTIVE PER IL FUTURO

Il percorso di ricerca intrapreso ha evidenziato una convergenza innovativa tra tecnologia all'avanguardia, salute e benessere fisico, culminando nello sviluppo di una piattaforma inclusiva e open-source per il telesercizio. Questa tesi ha avuto l'obiettivo di condensare i principali risultati, delineare le implicazioni derivanti da questo progetto e suggerire possibili percorsi per sviluppi e ricerche future.

Uno degli obiettivi cardine era la demolizione delle barriere all'accesso per soggetti con variegati gradi di abilità fisica e competenza tecnologica. La piattaforma, attraverso un design oculatamente orientato all'accessibilità, si configura come un servizio per un'ampia demografia, incorporando utenti con disabilità. Ciò contribuisce non solo all'ampliamento del mercato per il telesercizio ma anche alla promozione di un senso di comunità e inclusione, a prescindere dalle capacità individuali¹⁹¹.

In un'era segnata da crescenti preoccupazioni per la privacy e la sicurezza dei dati, la piattaforma è stata meticolosamente progettata per conformarsi alle best practices e ai regolamenti vigenti, quali il GDPR. Sono stati implementati protocolli come la crittografia end-to-end, l'anonimizzazione dei dati e meccanismi robusti di consenso dell'utente. La natura open-source della piattaforma incita ad un'ispezione e miglioramenti continui da parte della comunità globale, incrementando ulteriormente la sua sicurezza e affidabilità¹⁹².

L'accessibilità rimane un pilastro fondamentale, con la piattaforma che si impegna a essere fruibile da un ampio spettro di utenti, indipendentemente dalle loro capacità fisiche o tecnologiche. Guardando al futuro, è imperativo continuare a migliorare l'accessibilità, valutando l'integrazione di tecnologie avanzate come il riconoscimento vocale e il controllo gestuale, per meglio servire gli utenti con disabilità.

191 Šumak, B., Kous, K., Martínez-Normand, L., Pekša, J., & Pušnik, M. (2023). Identification of Challenges and Best Practices for Including Users with Disabilities in User-Based Testing. *Applied Sciences*, 13(9), 5498. <https://doi.org/10.3390/app13095498>

192 Tsohou, A., Magkos, E., Mouratidis, H., Chrysoloras, G., Piras, L., Pavlidis, M., Debussche, J., Rotoloni, M., & Gallego-Nicasio, B. (2020). Privacy, security, legal and technology acceptance elicited and consolidated requirements for a GDPR compliance platform. *Information and Computer Security*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1108/ICS-01-2020-0002>

La salvaguardia dei dati personali detiene un posto di preminenza nell'architettura della piattaforma. La crittografia end-to-end¹⁹³, l'anonimizzazione dei dati e la conformità a standard rigorosi come il GDPR sono incastonati nel suo nucleo. In prospettiva, ciò implica una preparazione per affrontare sfide di maggiore complessità in termini di sicurezza dei dati, considerando i rischi in ascesa legati a violazioni informatiche e frodi online.

La progettazione dell'architettura della piattaforma è una componente vitale per assicurare sia l'efficienza che la sicurezza del sistema. L'avanzamento tecnologico richiederà una revisione costante dell'architettura per mantenerla al passo con le esigenze mutevoli degli utenti. Le minacce alla sicurezza cibernetica sono in continua evoluzione, imponendo un aggiornamento persistente dei protocolli di sicurezza e l'adozione di tecniche di protezione innovative.

Proiettando lo sguardo verso il futuro, l'integrazione di tecnologie emergenti nell'interfaccia utente rappresenta un passaggio fondamentale per l'ulteriore evoluzione della nostra piattaforma. L'intelligenza artificiale (IA) potrebbe essere tessuta nell'interfaccia utente per proporre regimi di allenamento altamente personalizzati¹⁹⁴. La realtà virtuale (RV) o aumentata (RA) potrebbero trasformare l'esperienza di telesercizio, immergendo gli utenti in ambienti che amplificano l'engagement e la motivazione¹⁹⁵.

Un elemento centrale per una piattaforma di telesercizio efficace è la capacità di offrire consigli individualizzati. Si prospetta l'integrazione di sistemi di raccomandazione avanzati, basati su modelli di filtraggio collaborativo, filtraggio basato sui contenuti e approcci ibridi. Questi sistemi potenzieranno l'esperienza utente, consentendo consigli ancorati a comportamenti passati e preferenze individuali.

Gli sforzi si sono intensificati anche nel campo del monitoraggio e del feedback. Ciò si traduce in un sistema di tracciamento utente sofisticato, un sistema di reporting robusto e un'analisi dettagliata dei dati raccolti, offrendo agli utenti un feedback in tempo reale e personalizzato, e forgiando un ambiente di apprendimento altamente personalizzato.

193 Isobe, T., Ito, R., & Minematsu, K. (2023). Cryptanalysis on End-to-End Encryption Schemes of Communication Tools and Its Research Trend. *Journal of Information Processing*, 31, 523-536. <https://doi.org/10.2197/ipsjjip.31.523>

194 Božić, V. (2023). Application of artificial intelligence in user interface design. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26105.34401>

195 Morales, J., Cornide Reyes, H. C., Rossel, P. O., Sáez, P., & Silva-Aravena, F. (2023). Virtual Reality, Augmented Reality and Metaverse: Customer Experience Approach and User Experience Evaluation Methods. Literature Review. In *Proceedings of the 25th International Conference on Human-Computer Interaction (HCII2023)* (Vol. 14025. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35915-6_40

In sintesi, la piattaforma open-source proposta per il teleesercizio fisico segna un passo rilevante nell'innovazione tecnologica nel dominio della salute e del fitness. Il futuro è ricco di promesse ma esige un impegno incessante per preservare l'accessibilità, la sicurezza e l'efficacia. La tecnologia proseguirà nella sua evoluzione, e la piattaforma dovrà adeguarsi per soddisfare le aspettative in crescita degli utenti e per navigare le sfide emergenti. La sinergia con esperti del settore e un impegno ininterrotto nella ricerca e sviluppo saranno imprescindibili per la riuscita delle future iniziative.

7.2 RIFLESSIONI FINALI

La traiettoria evolutiva del settore tecnologico, ha delineato negli anni un paradigma in cui l'innovazione non è soltanto una conseguenza della ricerca scientifica, ma un catalizzatore per lo sviluppo sociale e il miglioramento della qualità della vita. Questa tesi, centrata sulla creazione di una piattaforma open source per il teleesercizio fisico, non solo incarna questo paradigma ma lo proietta verso orizzonti inesplorati, consolidando l'intersezione tra tecnologia, salute e accessibilità.

La piattaforma proposta emerge come un pilastro centrale nell'ecosistema della salute digitale, evidenziando come un approccio olistico che integra l'ingegneria informatica, la scienza dei dati, la psicologia comportamentale e la progettazione centrata sull'utente possa superare i confini tradizionali e favorire soluzioni che rispecchiano e celebrano la diversità umana¹⁹⁶.

La sua ideazione e sviluppo hanno richiesto una riflessione approfondita e una convergenza di conoscenze su aspetti fondamentali come l'accessibilità, l'usabilità, la personalizzazione e la protezione dei dati. Questi elementi, nel contesto di un design interdisciplinare, si sono rivelati non solo complementari, ma profondamente sinergici.

Accessibilità e Inclusione: L'accessibilità è stata il faro che ha guidato ogni fase del processo di sviluppo, insistendo sull'idea che la tecnologia dovrebbe essere un ponte, e non una barriera, per l'attività fisica. La metodologia adottata ha enfatizzato l'importanza di costruire non solo con, ma per, l'utente finale, indipendentemente dalle sue capacità fisiche o dalla sua competenza digitale. Questo approccio ha richiesto una riflessione continua e un adattamento

196 Ochinanwata, C., Igwe, P. A., & Radicic, D. (2023). The institutional impact on the digital platform ecosystem and innovation. *International Journal of Entrepreneurial Behaviour & Research*. <https://doi.org/10.1108/IJEBR-01-2023-0015>

progettuale che ha reso la piattaforma più intuitiva, reattiva e compatibile con una gamma più ampia di necessità utente¹⁹⁷.

Sicurezza dei Dati e Privacy: Nel contesto di una crescente sensibilizzazione sulla privacy e la sicurezza dei dati, la piattaforma è stata scrupolosamente calibrata per rispettare le normative globali e assicurare la confidenzialità dei dati degli utenti. Questo ha implicato l'integrazione di avanzati protocolli di sicurezza e crittografia, un'attenta gestione dei dati e un'impostazione consapevole del consenso dell'utente. In un'era dove le violazioni di dati sono frequenti, la responsabilità di proteggere le informazioni degli utenti è una priorità assoluta, ed è stata trattata con la gravità che merita¹⁹⁸.

Personalizzazione e interazione utente: Nella piattaforma, sono stati utilizzati strumenti per creare percorsi di fitness personalizzati che rispondono alle specifiche esigenze e preferenze degli utenti. Inoltre, la piattaforma ha incorporato funzionalità sociali avanzate, riconoscendo che l'interazione umana è spesso il collante che sostiene la motivazione e l'impegno a lungo termine¹⁹⁹.

Sostenibilità e Collaborazione Open Source: Adottando un modello open source, la piattaforma invita alla collaborazione, all'innovazione condivisa e alla trasparenza, valori che sono fondamentali nell'ingegneria del software moderna. Questo approccio non solo amplifica la sostenibilità del progetto, ma incoraggia anche una diversità di pensiero e una ricchezza di idee che sono possibili solo in una comunità collaborativa.

Guardando al futuro, la piattaforma si trova di fronte a un paesaggio tecnologico in rapida evoluzione. L'ascesa della realtà aumentata e virtuale, l'Internet delle cose (IoT), e le reti neurali profonde promettono di rivoluzionare ulteriormente l'esperienza del teleservizio. Ogni

197 Huda, M. (2023). Between accessibility and adaptability of digital platform: Investigating learners' perspectives on digital learning infrastructure. *Higher Education Skills and Work-based Learning*. <https://doi.org/10.1108/HESWBL-03-2022-0069>

198 Pena-Molina, A. E., & Larrondo Petrie, M. M. (2023). Data Privacy and Security in Online Laboratory Management Systems. In *Proceedings of the 17th International Technology, Education and Development Conference*. Valencia, Spain. <https://doi.org/10.21125/inted.2023.1714>

199 Zhu, X., Lang, M., & Dietl, H. M. (2023). Content Quality Assurance on Media Platforms with User-Generated Content. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 18(3), 1660-1686. <https://doi.org/10.3390/jtaer18030084>

nuova tecnologia porta con sé nuove sfide e opportunità; sarà cruciale per la piattaforma rimanere agile, adattabile e sempre allineata con i principi dell'ingegneria etica.

In conclusione, il percorso intrapreso con questa tesi dimostra che l'approccio interdisciplinare, che attinge da vari settori, ha il potere non solo di innovare, ma di trasformare la società in modi significativi e duraturi. La piattaforma di telesercizio fisico proposta qui non è solo un prodotto tecnologico; è un impegno verso un futuro più inclusivo, sano e connesso²⁰⁰.

Mentre ci avventuriamo in nuovi territori di ricerca e sviluppo, dobbiamo portare con noi la lezione che la tecnologia, nel suo migliore, è uno strumento al servizio dell'umanità, e il suo vero potenziale si realizza pienamente quando è integrato con una comprensione profonda delle scienze umane e sociali.

200 Fabrizio, A., Fucarino, A., Cantoia, M. E. A., De Giorgio, A., Garrido, N. D., Iuliano, E., Machado Reis, V., Sausa, M., Vilaça Alves, J., Zimatore, G., Baldari, C., & Macaluso, F. (2023). Smart Devices for Health and Wellness Applied to Tele-Exercise: An Overview of New Trends and Technologies Such as IoT and AI. *Healthcare*, 11(12), 1805. <https://doi.org/10.3390/healthcare11121805>