



**Politecnico
di Torino**

LAUREA MAGISTRALE

SOLUZIONI DI GRAFICA 3D PER APPLICAZIONI
BIOMETRICHE

Runbilitation: an exergame for Parkinson Patients

Titolare del corso:
Andrea Sanna

Gruppo 7
Giulia Verga - s277031
Gabriele Vincenzo Pio Minischetti - s276304
Domenico Ficili - s279931
Enrico Clemente - s267559

ANNO ACCADEMICO 2020/2021

Indice

1	Introduzione	2
1.1	Cos'è il Morbo di Parkinson	2
1.2	Cura e Riabilitazione	2
2	Exergames	2
2.1	Esempi in letteratura	2
3	Runbilitation	3
3.1	Descrizione del sistema	3
3.2	Struttura del gioco	3
3.2.1	Livello 1	3
3.2.2	Livello 2	3
3.2.3	Livello 3	3
3.2.4	Punteggi e statistiche	3
3.3	Scripting	4
3.3.1	Skeleton	4
3.3.2	Character	4
3.3.3	Levels e Menu	4
4	Conclusioni	5
4.1	Punti di forza	5
4.2	Limiti e debolezze	5
4.3	Sviluppi futuri	5
	Bibliografia	6

1 Introduzione

1.1 Cos'è il Morbo di Parkinson

La malattia di Parkinson è un disturbo motorio degenerativo e progressivo causato dalla morte dei neuroni dopaminergici con conseguente deprivazione della dopamina (neurotrasmettore che consente il controllo dei movimenti). L'età media di esordio della patologia è tra i 60 e 70 anni, in rari casi si manifesta precocemente. I principali segni della malattia sono: tremore a riposo, rigidità, acinesia (movimenti rari e lenti)/iperchesia e instabilità posturale. Nei primi stadi i pazienti mostrano principalmente disfunzioni motorie mentre con il progredire della malattia, l'efficacia farmacologica nel controllare i sintomi si riduce, i sintomi motori aumentano di gravità e compaiono anche sintomi cognitivi, comportamentali che causano depressione e demenza. La progressione della malattia impatta negativamente sulla qualità della vita dei pazienti e dei loro caregiver.

1.2 Cura e Riabilitazione

Il morbo di Parkinson è una malattia ad esordio lento e decorso cronico di cui non si conosce la causa e la cura definitiva. Ciò nonostante esistono numerosi tipi di trattamento, che rendono possibile gestire i sintomi in modo efficace, soprattutto nei primi anni della malattia. Le cure vanno da quelle farmacologiche che, alla comparsa dei primi sintomi prevedono la somministrazione di farmaci antiparkinsoniani (agonisti della dopamina, levodopa), a quelle chirurgiche e infine riabilitative: la fisioterapia assume un ruolo fondamentale nella cura della malattia, essendosi dimostrata efficace sulla ripresa motoria, mentale ed emotiva. Un buon intervento riabilitativo precoce ritarda il deterioramento delle funzioni motorie, svolge un ruolo neuroprotettivo/ristorativo, evita l'insorgenza di problematiche secondarie e migliora l'autonomia del paziente nonché la qualità di vita.

La soluzione proposta si focalizza sui primi tre dei cinque stadi della malattia secondo la scala Hoehn e Yahr [1], usata per stimare l'avanzamento della malattia, in cui i sintomi non sono ancora tali da compromettere l'autonomia del paziente.

2 Exergames

I pazienti parkinsoniani effettuano sedute di tipo riabilitativo a lungo termine che tendono a diventare noiosi, pertanto vengono promosse nuove strategie terapeutiche.

Gli exergames sembrano essere una ottima possibilità di offrire a questi pazienti un approccio che integra allenamento cognitivo e fisico, permettendo di seguire la terapia nel proprio ambiente domestico, di monitorare i pazienti a distanza, rilevare il congelamento del cammino (FOG) e incidenti di caduta, con l'aiuto di un tutor esperto. Gli exergames sono dei giochi basati su esercizi che utilizzano segnali audio e visivi in ambienti 3D strutturati in modo da evitare la ripetibilità che caratterizza i programmi di fisioterapia più tradizionali. Questi devono fornire motivazioni e feedback positivi ed essere adattabili alle specifiche condizioni del paziente. Studi recenti concordano che questo tipo di riabilitazione sia sicura, efficace, e in alcuni casi un ottima alternativa alle tradizionali terapie riabilitative.

2.1 Esempi in letteratura

- **Galna et al. [2]:** gioco in cui per migliorare il controllo posturale sono previsti degli specifici movimenti per controllare un contadino che guida un trattore, raccoglie frutti ed evita ostacoli, in un ambiente 3D.
- **Shih et al. [3]:** serie di giochi coinvolgenti ognuno diverse parti del corpo e testato attraverso uno studio clinico randomizzato (con un campione di 20 pazienti Parkinsoniani) per un periodo di allenamento di otto settimane.
- **Pachoulakis et al. [4]:** gioco in cui il paziente attraverso dei movimenti corporei controlla uno sciatore lungo un percorso innevato con l'obiettivo di raggiungere la fine della pista. Durante il percorso il giocatore colleziona premi ed evita gli ostacoli.

In tutti gli esempi citati, per mantenere attiva la motivazione del paziente durante il gioco sono previsti diversi livelli che aumentano progressivamente la difficoltà di gioco e la complessità dei movimenti, passando da semplici movimenti a complesse attività di combinazione cognitiva-decisionale e motoria, inoltre viene mostrato a schermo sia durante che alla fine del livello il punteggio raggiunto.

3 Runbilitation

3.1 Descrizione del sistema

Il sensore a stereoscopia attiva Intel RealSense D435i fornisce sia i dati RGB che di profondità, processati da Nuitrack SDK in real time, per tracciare lo scheletro del paziente che si trova di fronte il sensore. La piattaforma e ambiente di gioco sono stati sviluppati su Unity 3D.

3.2 Struttura del gioco

Il gioco è un runner game in cui l'obiettivo è quello di completare ogni livello cercando di raccogliere durante il tragitto più monete possibili ed evitando i vari ostacoli. Il movimento del personaggio è dato da specifici movimenti svolti dal paziente. Tali movimenti sono stati adattati da programmi di training esistenti ed attuati in cliniche e in letteratura scientifica, col fine di migliorare la stabilità posturale e riflessi ed aumentare la mobilità corporea. Dati i tipici sintomi quali tremore e ipercinesia la navigazione è effettuata con tastiera e mouse piuttosto che gesti del corpo che renderebbero l'utilizzo del gioco frustrante per il paziente. Pertanto nello sviluppo del gioco si è considerato il caso in cui il paziente è guidato durante la sessione di gioco da un caregiver esperto.

I livelli sono in ordine crescente sia per difficoltà del gioco che per complessità dei movimenti. Durante i livelli sono forniti feedback visivi come l'interfaccia per mostrare l'effettiva postura del paziente e il punteggio raggiunto, e feedback sonori come suoni relativi al raccoglimento delle monete e oggetti colpiti.



Figura 1: Schermata iniziale del gioco

3.2.1 Livello 1

Il primo livello si basa su un percorso lineare che richiede solamente spostamenti laterali per evitare gli ostacoli e raccogliere le monete. Pertanto il paziente dovrà inclinarsi lateralmente per far spostare il personaggio a destra o a sinistra.

3.2.2 Livello 2

Il secondo livello si basa sempre su un percorso lineare che richiede oltre agli spostamenti laterali anche l'inclinazione in avanti per far scivolare il personaggio e il sollevamento di entrambe le braccia per saltare.

3.2.3 Livello 3

Il terzo livello si basa su un percorso non lineare che quindi richiede oltre ai movimenti dei livelli precedenti anche la torsione del busto per far proseguire il personaggio nella corretta direzione del percorso.

3.2.4 Punteggi e statistiche

Il punteggio è incrementato dalle monete e decrementato dagli ostacoli. Nel menù iniziale è possibile visualizzare le statistiche relativamente ai punteggi delle ultime 6 partite per ogni livello per valutare

l'andamento relativo del paziente. Tuttavia viene creato un database con tutto lo storico dei punteggi del paziente in modo da poterlo analizzare con altri strumenti.

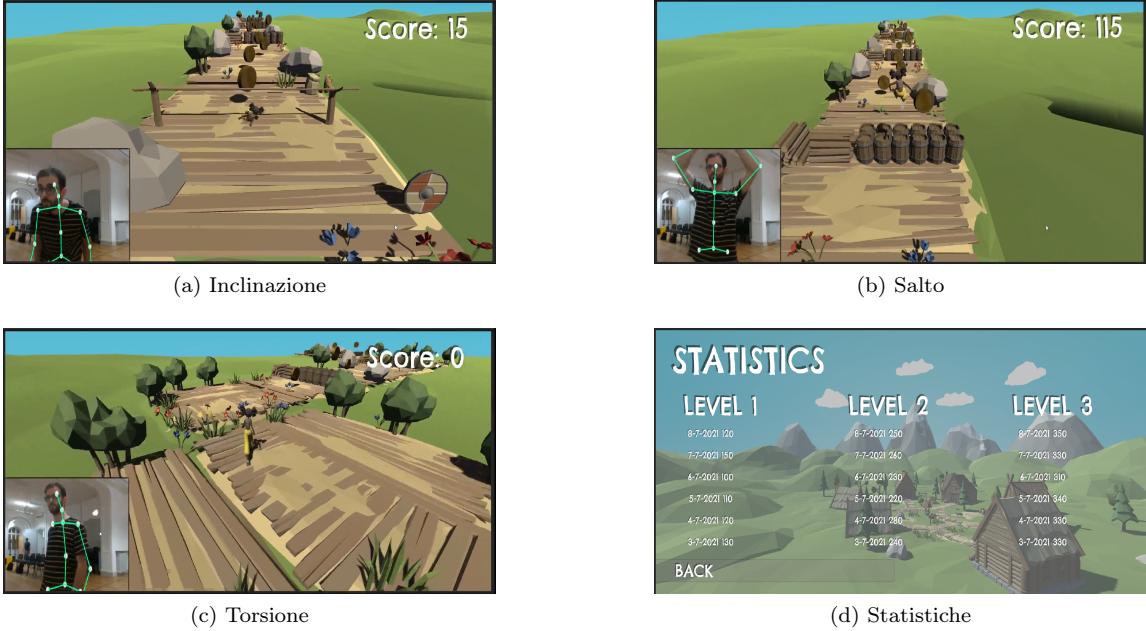


Figura 2: Alcuni movimenti effettuati durante il gioco e schermata delle statistiche salvate per ciascun livello

3.3 Scripting

3.3.1 Skeleton

Si occupa di rilevare i movimenti del soggetto utilizzando le funzionalità di Skeletal Tracking offerte da Nutrak. In particolare rileva i seguenti movimenti:

- **Inclinazione laterale:** movimento mappato sulla componente x del vettore direzione dei joint testa-bacino.
- **Inclinazione frontale:** movimento mappato sulla componente z del vettore direzione dei joint testa-bacino.
- **Sollevamento braccia:** movimento mappato sulla componente y dei vettori direzione dei joint mano-spalla per entrambe le braccia.
- **Rotazione spalle:** movimento mappato sulla rotazione del vettore direzione dei joint spalla destra-sinistra attorno all'asse y.

3.3.2 Character

Si occupa di trasmettere i movimenti rilevati nel componente Skeleton al personaggio nel gioco.

3.3.3 Levels e Menu

Serie di scripts che permettono l'organizzazione del gioco come la generazione dei livelli, gestione delle interfacce, gestione delle statistiche.

4 Conclusioni

4.1 Punti di forza

- **monitoraggio real-time:** facilita il monitoraggio del paziente grazie ai feedback visivi in tempo reale (schermata che mostra la postura del paziente e relativi joints)
- **statistiche:** possibilità di analizzare le statistiche per conoscere l'andamento relativo del paziente e quindi fornire un supporto al fisioterapista/neurologo nella comprensione dello stato del paziente e dell'efficacia della attività riabilitativa.
- **randomizzazione dei livelli:** smorza l'adattamento al gioco del paziente cercando di rendere la buona riuscita dei livelli indipendente dalla bravura nel gioco e al contempo rendere meno monotono l'ambiente di gioco. Ciò cerca di rendere i punteggi del paziente dipendenti principalmente dalle sue condizioni.
- **parametrizzazione dei movimenti:** favorisce la suddivisione dei movimenti in livelli di difficoltà crescente in modo da tassare a vari gradi i sistemi cognitivi e neuromuscolare del paziente, quest'approccio riduce la frustrazione derivante dal fallimento ripetitivo.
- **possibilità di giocare da seduto:** l'esperienza di gioco richiede solamente la mobilità della parte superiore del corpo, ciò permette al paziente di poter giocare anche da seduto. Considerando l'aggravamento nel tempo dei sintomi motori e dei conseguenti pericoli quali possibili cadute, nonostante ciò è permesso al paziente di continuare l'attività riabilitativa tramite l'exergame.
- **uso al domicilio:** possibilità di spostare il trattamento al domicilio del paziente con la supervisione di un tutor.

4.2 Limiti e debolezze

- **valutazione dei parametri influenzabili da vari fattori:** ora del giorno, stanchezza del paziente, efficacia dei farmaci somministrati.
- **non testato con pazienti target:** il design del gioco è stato modellato su pazienti non Parkinsoniani.
- **sicurezza:** identificare e affrontare problemi di sicurezza non implementati nel design del gioco.
- **versione gratuita di Nuitrack SDK:** limitazione di massimo 3 minuti per via della licenza gratuita

4.3 Sviluppi futuri

- **integrazione sensori:** possibilità di integrare l'exergame con un sistema di sensori per la misurazione di parametri aggiuntivi quali pressione, frequenza cardiaca, tremori e altri parametri utili per monitorare lo stato del paziente durante l'esercizio.
- **calibrazione per singolo paziente:** interfaccia per poter effettuare la calibrazione di valori di soglie e sensibilità in base alle specifiche del paziente.
- **valutazione clinica:** applicazione del gioco in ambito clinico attraverso uno studio organizzato con un campione significativo di pazienti Parkinsoniani per testare l'efficacia del sistema e confrontare rispetto alle valutazioni tradizionali la validità della logica di punteggio del gioco.
- **personalizzazione del gioco:** possibilità di gestire alcuni parametri del gioco come velocità, dimensione e durata dei livelli, difficoltà degli ostacoli in base alle esigenze del paziente.
- **miglioramenti delle analisi delle statistiche:** creazione di un'interfaccia per l'analisi di un maggior numero di statistiche, integrando un plot degli andamenti.

L'obiettivo ultimo dell'exergame "Runbilitation" è quello di proporre un'alternativa clinicamente valida alle terapie riabilitative tradizionali che sia **sicura** nel mantenere il controllo posturale del paziente durante il gioco senza scivolare, inciampare o cadere e **fattibile**, permettendo di giocare e migliorare le proprie performance ma anche promuovere il divertimento e l'immersione nell'ambiente di gioco.

Bibliografia

- [1] Scala UPDRS e Scala di Hoehn e Yahr.
- [2] Brook Galna et al. “Retraining function in people with Parkinson’s disease using the Microsoft kinect: Game design and pilot testing”. In: *Journal of neuroengineering and rehabilitation* 11 (apr. 2014), p. 60. DOI: 10.1186/1743-0003-11-60.
- [3] Meng-Che Shih et al. “Effects of a balance-based exergaming intervention using the Kinect sensor on posture stability in individuals with Parkinson’s disease: A single-blinded randomized controlled trial”. In: *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 13 (ago. 2016). DOI: 10.1186/s12984-016-0185-y.
- [4] Ioannis Pachoulakis, Nikolaos Papadopoulos e Anastasia Analyti. “Kinect-Based Exergames Tailored to Parkinson Patients”. In: *International Journal of Computer Games Technology* 2018 (ott. 2018), pp. 1–14. DOI: 10.1155/2018/2618271.
- [5] *Riabilitazione di pazienti affetti da Morbo di Parkinson:* http://www.asl4.liguria.it/wp-content/uploads/2019/09/fisioterapia_parkinson.pdf.