Interfacce tecnologiche per il monitoraggio delle persone con deficit cognitivo: a che punto siamo?

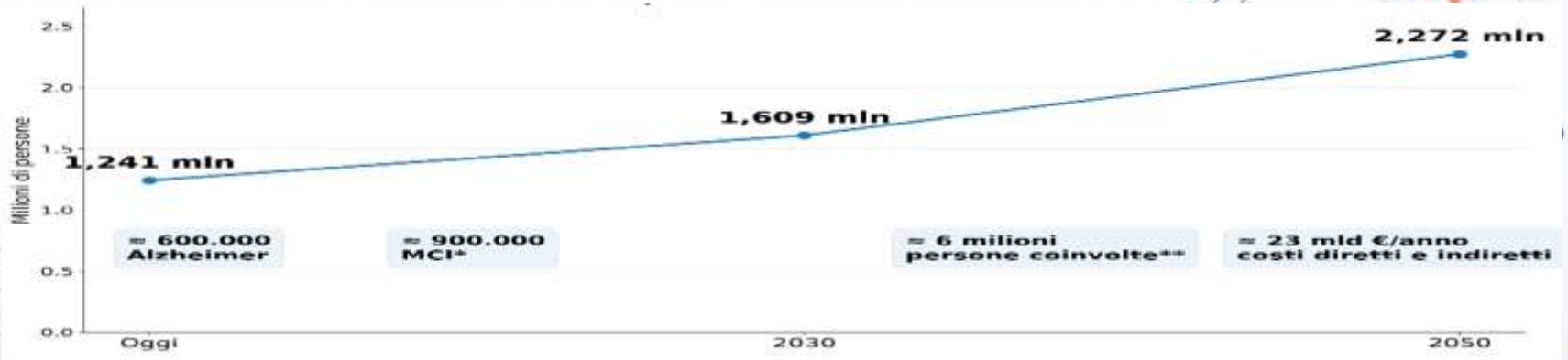
Autori

Il problema: intercettare prima, seguire meglio, accompagnare e coinvolgere il territorio

1 - Pressione epidemiologica

- **1.241.000** persone con demenza in Italia
- **≈600.000** malattia di Alzheimer, (50–60% delle demenze)
- **≈900.000** Mild Cognitive Impairment di eziologia eterogenea
- **1.609.000** casi di demenza stimati nel 2030
- **2.272.000** casi di demenza stimati nel 2050
- **≈ 6 milioni** di persone complessivamente coinvolte, includendo familiari e caregiver
- **≈ 23 miliardi** di euro/anno di costi diretti e indiretti associati a demenza e MCI

Ministero della Salute. (2024). FAQ – *Demenze*; *Ministero della Salute*. (2025).



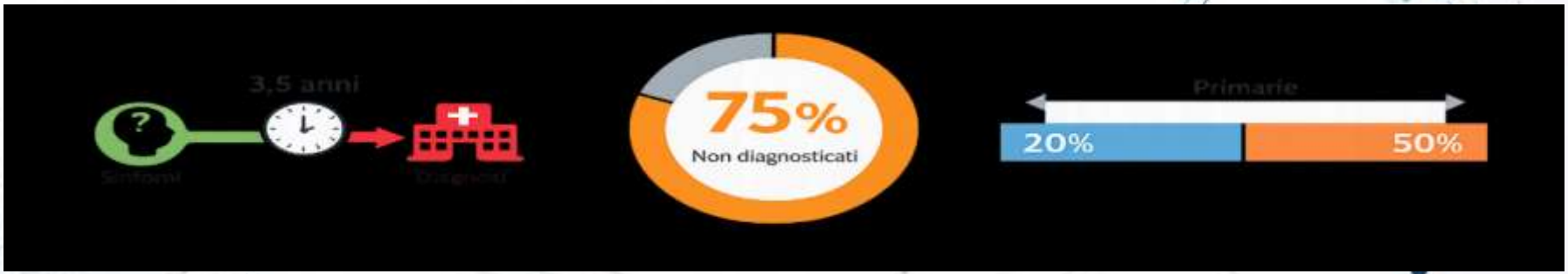
Il problema: intercettare prima, seguire meglio, accompagnare e coinvolgere il territorio

1 - Pressione epidemiologica

2 - Early detection e screening

- **3,5 anni**: intervallo medio tra comparsa dei sintomi e diagnosi di demenza
- **75%** dei casi di demenza nel mondo non riceve una diagnosi formale
- Nei Paesi ad alto reddito, solo il **20–50%** dei casi è riconosciuto e documentato nelle cure primarie
- **L'MCI** resta frequentemente non identificato
- Servono strumenti brevi, ripetibili e integrabili nei servizi territoriali, seguiti da valutazione clinica specialistica.

(Kusoro, et. al 2025; Alzheimer's Disease International., 2021; World Alzheimer Report, 2021; Jahangiry, et al. (2022)



Il problema: intercettare prima, seguire meglio, accompagnare e coinvolgere il territorio

1 - Pressione epidemiologica
2 - Early detection e screening

3 - Carico assistenziale dei caregiver

- **5 ore** al giorno dedicate mediamente alla cura e alla supervisione
- **≈50%** dei costi globali della demenza attribuibile all'assistenza informale
- **70%** delle ore di cura sostenuto dalle donne
- La maggior parte delle persone con demenza è assistita da familiari o altri caregiver non retribuiti, che necessitano di formazione, supporto professionale e servizi di sollievo.

(World Health Organization. Dementia carer support services. Global Dementia Observatory, 2026).

Il problema: intercettare prima, seguire meglio, accompagnare e coinvolgere il territorio

1 - Pressione epidemiologica
2 - Early detection e screening
3 - Carico assistenziale dei caregiver

4 - Il (Digital?) Territorial Welfare

- **4 milioni** di familiari coinvolti
- **6 milioni** di persone complessivamente interessate
- **2.811** strutture territoriali censite
- **178** associazioni familiari coinvolte
- **55%** dei caregiver con burden elevato
- **70%** dei caregiver ad alto burden con sintomi depressivi

Nuove tecnologie e potential impact

- **≈14.000 €** / anno per ogni istituzionalizzazione differita
- **≈604.000 €** / anno ogni 1.000 assistiti con riduzione dei ricoveri in struttura dal 14,9% al 10,6%*
- **−37%** dei costi assistenziali annui con presa in carico territoriale personalizzata
- **≈8.934 £** risparmiate per persona / anno con interventi domiciliari rivolti alla coppia paziente-caregiver**

* Stima modellizzata applicando l'effetto degli interventi multicomponente al costo medio italiano dell'assistenza residenziale.
** Dato NIDUS-Family, sistema sanitario e sociale britannico: trasferibilità economica al SSN italiano da verificare.

(Isaaq, et al. 2025; Olazarán, et al. 2010; Spijker, et al. 2008; Istituto Superiore di Sanità, 2025).

Interfacce tecnologiche per il monitoraggio delle persone con deficit cognitivo

Una piattaforma per la ricerca e l'empowerment delle comunità di cura

Empowerment della comunità di cura

- operatori e caregiver utilizzano lo stesso ambiente;
- le sessioni sono guidate e standardizzate;
- il clinico definisce e supervisiona il percorso;
- il caregiver facilita, osserva e comunica.

Monitoraggio, Stimolazione e riabilitazione

- confronto tra sessioni;
- rilevazione di cambiamenti significativi;
- osservazione della risposta agli interventi;
- condivisione degli indicatori con il professionista;
- attività cognitive guidate con difficoltà adattiva.

Ricerca & Advanced Assessment

- confronto tra gruppi clinici;
- sviluppo di modelli predittivi e adattivi;
- testing neuropsicologico digitalizzato;
- Integrazione eye tracking e biosegnali.
- sperimentazione di nuovi paradigmi (e.g. Social Facilitation);
- validazione di indicatori oculomotori e comportamentali;

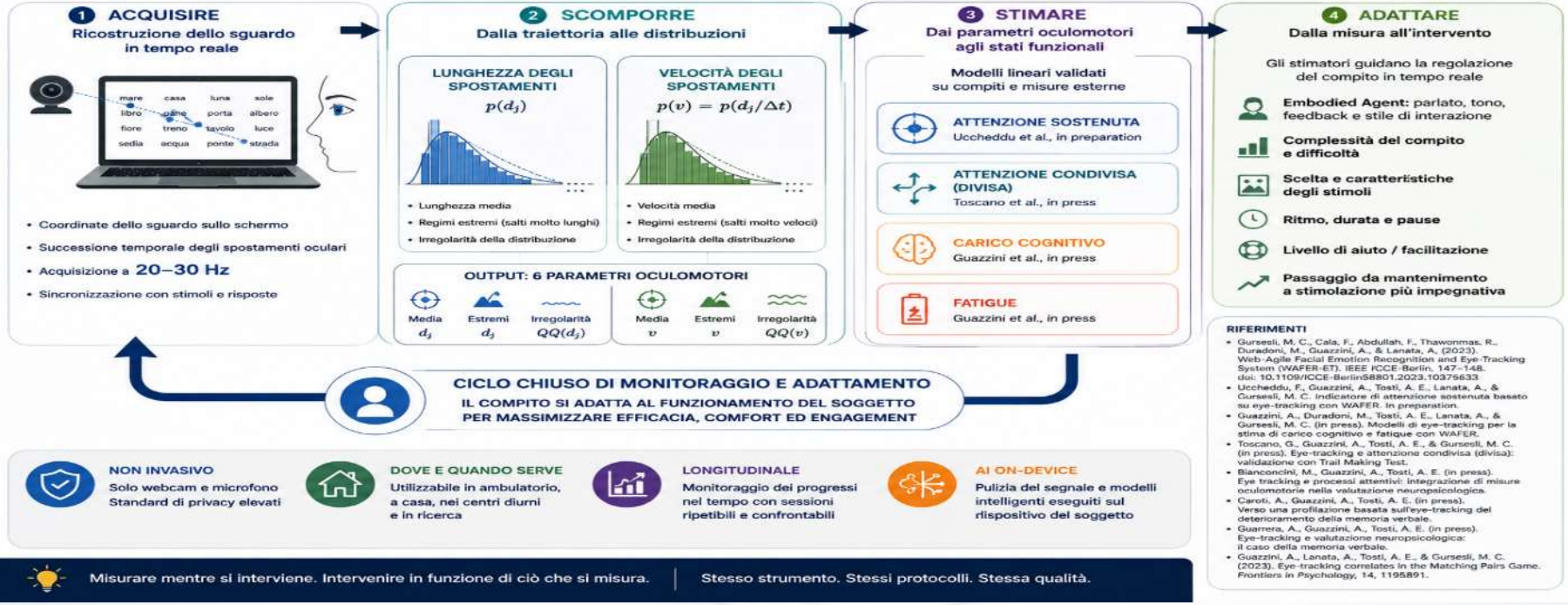
Una piattaforma per la ricerca e l'empowerment delle comunità di cura

Empowerment della comunità di cura → *Verso un sistema gratuito, web-based, e "sicuro", per tutti …*

Interfacce tecnologiche per il monitoraggio delle persone con deficit cognitivo

Una piattaforma per la ricerca e l'empowerment delle comunità di cura

Monitoraggio, Stimolazione e riabilitazione → *Dai movimenti oculari alla regolazione personalizzata del compito*



RIFERIMENTI

- Gursesli, M. C., Cala, F., Abdullah, F., Thawonmas, R., Duradoni, M., Guazzini, A., & Lanata, A. (2023). Web-Agile Facial Emotion Recognition and Eye-Tracking System (WAFER-ET). IEEE ICCE-Berlin, 147–148. doi: 10.1109/ICCE-Berlin58801.2023.10376633
- Uccheddu, F., Guazzini, A., Tosti, A. E., Lanata, A., & Gursesli, M. C. Indicatore di attenzione sostenuta basato su eye-tracking con WAFER. In preparation.
- Guazzini, A., Duradoni, M., Tosti, A. E., Lanata, A., & Gursesli, M. C. (in press). Modelli di eye-tracking per la stima di carico cognitivo e fatique con WAFER.
- Toscano, G., Guazzini, A., Tosti, A. E., & Gursesli, M. C. (in press). Eye-tracking e attenzione condivisa (divisa): validazione con Trail Making Test.
- Bianconcini, M., Guazzini, A., Tosti, A. E. (in press). Eye tracking e processi attentivi: integrazione di misure oculomotorie nella valutazione neuropsicologica.
- Caroti, A., Guazzini, A., Tosti, A. E. (in press). Verso una profilazione basata sull'eye-tracking del deterioramento della memoria verbale.
- Guarrera, A., Guazzini, A., Tosti, A. E. (in press). Eye-tracking e valutazione neuropsicologica: il caso della memoria verbale.
- Guazzini, A., Lanata, A., Tosti, A. E., & Gursesli, M. C. (2023). Eye-tracking correlates in the Matching Pairs Game. *Frontiers in Psychology*, 14, 1195891.

Interfacce tecnologiche per il monitoraggio delle persone con deficit cognitivo

Una piattaforma per la ricerca e l'empowerment delle comunità di cura

Ricerca & Advanced Assessment → *Eye tracking based early detection e differenziazione precoce*

L'analisi delle distribuzioni di lunghezza e velocità dei salti oculari, insieme agli indicatori di performance tradizionali, permette di cogliere firme dinamiche precoci specifiche per disturbi diversi.

COSA MISURIAMO

Performance tradizionali
Accuratezza, tempi, omissioni, errori

Dinamica attentiva e carico cognitivo
Fluttuazioni nel tempo di attenzione e carico cognitivo

Distribuzioni dei salti oculari (20–30 Hz temporale)
Lunghezza e velocità dei salti:
- medie
- regimi estremi
- irregolarità

PATTERN DISTINTIVI PRECOCI

Esempi di differenze nei parametri oculomotori (rispetto ai controlli sani)

MCI amnesico
- ↑ variabilità lunghezza salti (irregolarità)
- ↑ fissazioni brevi
- ↓ lunghezza media dei salti
- ↓ regolarità temporale

Alzheimer (lieve)
- ↑ estremi di lunghezza (salti molto corti e molto lunghi)
- ↑ fissazioni lunghe
- ↓ velocità media dei salti
- ↑ irregolarità velocità

Controlli sani — MCI — Alzheimer

INDICATORI AGGREGATI (MODELLI LINEARI)

Stima dei costrutti cognitivi (R^2 del modello finale)

- Attenzione sostenuta: $R^2 = 0.76$
- Attenzione condivisa: $R^2 = 0.71$
- Carico cognitivo: $R^2 = 0.74$
- Fatigue: $R^2 = 0.69$

Questi pattern emergono già nelle fasi iniziali e permettono di distinguere precocemente tra traiettorie neurodegenerative e non neurodegenerative.

EARLY DETECTION CON EYE TRACKING: EVIDENZE DA LETTERATURA

Alterazioni dei movimenti saccadici (latenza, errori antisaccadici) rilevano MCI e Alzheimer con buona accuratezza discriminativa.	Opwonya et al., Alzheimer's Dement. Diagn. Assess. Dis. Monit., 2022
Un test eye-tracking di ~3 minuti distingue Controlli, MCI e AD con performance decrescente e correlazioni con la funzione cognitiva.	Tadokoro et al., Alzheimer's Res. Ther., 2021
I paradigmi antisaccadici sono tra i più promettenti per la rilevazione precoce di MCI e AD.	Verón et al., Alzheimers Res. Ther., 2026

DISTURBI DIVERSI, PATTERN DIVERSI!

Neurodegenerativi (MCI/AD): maggiore irregolarità e estrema variabilità dei salti.	Zhang et al., Front. Aging Neurosci., 2022
Cerebrovascolari (VCI/CSVD): fissazioni più lunghe e percorsi visivi meno efficienti.	Huang et al., routine peroctive più Metab., 2024
La combinazione di indicatori migliora la discriminazione eziologica precoce.	Qien et al., Neurdu·Image, 2024

Interfacce tecnologiche per il monitoraggio delle persone con deficit cognitivo

Una piattaforma per la ricerca e l'empowerment delle comunità di cura

Ricerca & Advanced Assessment → *La presenza sociale come variabile sperimentale*

EMBODIED AGENT ADATTIVO (parlato + non verbale)

- Voce e prosodia
- Sguardo
- Espressioni facciali
- Feedback
- Timing dell'interazione
- Livello di supporto o interferenza

Introducendo l'esclusivo aspetto parlato aumenta ergonomia del compito e immersività dell'esperienza.

FACILITAZIONE vs INTERFERENZA SOCIALE

FACILITAZIONE SOCIALE (compiti semplici)

- Migliore attivazione
- Tempi di risposta più rapidi
- Meno esplorazione visiva
- Saccadi più ampie

INTERFERENZA / CONFLITTO (compiti complessi)

- Maggior carico cognitivo
- Tempi di risposta più lunghi
- Più fissazioni e percorsi disordinati
- Saccadi più brevi

L'effetto dipende da complessità del compito, caratteristiche dell'agente e profilo del soggetto.

VANTAGGI DELL'APPROCCIO CON EMBODIED AGENT

- Maggiore ecologicità e realismo
- Migliore adesione e coinvolgimento del soggetto
- Maggior sensibilità degli indicatori processuali
- Apre a nuovi biomarcatori socialmente modulati
- Supporta l'early detection e la personalizzazione

OBIETTIVO: usare la modulazione sociale come leva sperimentale per migliorare la discriminazione precoce tra disturbi neurodegenerativi e cerebrovascolari e personalizzare assessment e interventi.

EVIDENZE SPERIMENTALI CON EYE TRACKING

La presenza sociale modifica i movimenti oculari: compiti semplici → meno fissazioni e percorsi più efficienti; compiti complessi → pattern opposto.	Liu et al., Q. J Exp. Psychol., 2017
La presenza di un pari può facilitare o inibire risposte oculari in base alla complessità del protocollo.	Tricoche et al., Sci. Rep., 2020; Front. Psychol., 2025
Neuroimaging: la presenza sociale modula reti attentive, DMN e sistemi di controllo oculare.	Qien et al., NeuroImage, 2024
Ambienti virtuali: l'osservazione da avatar modifica il comportamento e l'attività prefrontale (theta) durante compiti di memoria.	Du et al., Front. Hum. Neurosci., 2022

ESEMPIO DI DIFFERENZIAZIONE ATTESA

Condizione sociale	Neurodegenerativo (MCI/AD)	Cerebrovascolare (VCI/CSVD)
Facilitazione (compito semplice)	Beneficio ridotto o assente: persistono esplorazioni inefficienti.	Beneficio presente ma eterogeneo; attenzione fluttuante.
Interferenza (compito complesso)	Aumento marcato di irregolarità e carico cognitivo.	Aumento moderato; routine percettive più rigide.
Indicatori chiave (eye tracking)	↑ irregolarità, ↑ fissazioni lunghe, ↓ velocità media dei salti.	↓ ampiezza saccadica, ↑ fissazioni centrali, ↓ esplorazione periferica.

Petra - L'Embodied Agent come parte attiva dell'assessment

Una somministrazione standardizzata che introduce presenza sociale, voce e interazione controllata

GRUPPO ITALIANO CENTRI DIURNI ALZHEIMER

VIRTHULAB

W.A.F.E.R.

Interfacce tecnologiche per il monitoraggio delle persone con deficit cognitivo

Una piattaforma per la ricerca e l'empowerment delle comunità di cura

2024 — 2026

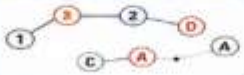
1 TRAIL MAKING TEST
Attenzione ed exenpsive control

TMT-A
- ricerca visiva
- velocità di elaborazione
- attenzione sostenuta

TMT-B
- alternanza attentiva
- flessibilità cognitiva
- controllo esecutivo

TMT-A: sequenza numerica

TMT-B: alternanza numero-lettera



CAMPIONE
N = 72
Giovani adulti, prevalentemente studenti universitari

OBIETTIVO WAFER
Verificare se la dinamica dello sguardo aggiunga informazione ai tempi e agli errori tradizionali.

REFERENCE
Partington & Leiter, 1949; Bowie & Harvey, 2006; Siciliano et al., 2019

Funzioni principali indagate
Ricerca visiva · Velocità di elaborazione · Flessibilità e controllo esecutivo

2 REY AUDITORY VERBAL LEARNING TEST
Apprendimento e memoria verbale

15 parole → Apprendimento ripetuto (5 prove) → Richiamo differito (~ 20–30 min) → Riconoscimento (Target vs Distrattori)

STUDIO 1
N = 71
Giovani adulti, prevalentemente studenti universitari
- Richiamo differito
- Riconoscimento
- Indicatori oculomotori e profilo psicologico

STUDIO 2
N = 22
Adulti e anziani, 26–87 anni
Età media: 64,1 anni
- Somministrazione mediante embodied agent (avatar 2D)
- Performance mnestica
- Dinamica oculomotoria durante il compito

OBIETTIVO WAFER
Valutare se gli indicatori oculomotori prevedono la performance mnestica oltre i punteggi tradizionali.

REFERENCE
Rey, 1941; Peaker et al., 1989; Lee Meeuw Kjoe et al., 2022

Funzioni principali indagate
Apprendimento verbale · Richiamo differito · Riconoscimento e discriminazione

3 ATTENTIVE CHECK
Digital Attentional Matrices

FUNZIONI INDAGATE
- ricerca visiva
- attenzione selettiva
- mantenimento del focus
- errori, omissioni e falsi allarmi

CAMPIONE
N = 16 reclutati
N = 15 analizzati
Adulti e anziani, 26–87 anni
Età media (reclutamento): circa 59 anni

OBIETTIVO WAFER
Identificare pattern oculari associati a risposte corrette, omissioni e falsi allarmi.

REFERENCE
Spinnler & Tognoni, 1987; Giovagnoli et al., 1996

Funzioni principali indagate
Ricerca visiva · Attenzione selettiva · Omissioni · Falsi allarmi

UN'UNICA DOMANDA TRASVERSALE

Gli indicatori oculomotori spiegano una quota della prestazione che lo score tradizionale non riesce a osservare?

TMT	REY WORDS	ATTENTIVE CHECK
Attenzione ed executive control	Codifica, recupero e riconoscimento	Ricerca visiva, omissioni e falsi allarmi

1 WAFER × TRAIL MAKING TEST

La dinamica oculomotoria spiega la performance attentiva ed esecutiva

CAMPIONE E PERIODO

Raccolta dati:
ottobre – dicembre 2024

Reclutati: **N = 90**
Campione valido: N = 72

- Età: 18–28 anni
- Età media = 21,78 (DS = 1,87)
- Prevalentemente studenti di Psicologia
- 55 femmine cisgender (76,4%)

Sono stati esclusi 18 partecipanti per problemi tecnici nella registrazione oculometrica.

IL PARADIGMA

TMT-A
Ricerca visiva, velocità di elaborazione e attenzione sostenuta.

TMT-B
Alternanza numero-lettera, attenzione divisa e flessibilità cognitiva.

RIFERIMENTI

- Partington, J. C., & Leiter, R. G. (1949). Partington's Pathways Test. Psychological Service Center.
- Bowie, C. R., & Harvey, P. D. (2006). Administration and interpretation of the Trail Making Test. *Nature Protocols*, 1(5), 2277–2281.
- Giovagnoli, M., Chiorri, C., Bertini, V., Sant'Elia, V., Altieri, M., Trojano, L., & Santangelo, G. (2019). Regression-based normative data and equivalent scores for Trail Making Test (TMT): an updated Italian normative study. *Neurological Sciences*, 40, 469–477.

RISULTATI PRINCIPALI – TMT-A (attenzione sostenuta)

Correlazioni tra indicatori oculomotori WAFER e punteggio corretto più recente del TMT-A

INDICATORI WAFER	*r*	*p*	INTERPRETAZIONE
Lunghezza media dei salti (MJL)	−.513	≤ .001	Prestazioni peggiori associate a diversa ampiezza media degli spostamenti.
Controllo dei salti estremamente lunghi (JLC)	−.546	≤ .001	Maggiore presenza di salti estremi associata a performance più lenta/meno accurata.
Irregolarità della lunghezza (JLV)	+.344	.002	Maggiore irregolarità associata a performance peggiore.
Velocità media dei salti (MJS)	−.528	≤ .001	Relazione forte con il tempo necessario alla prova.
Attenzione sostenuta (WAFER)	−.417	.001	Minore efficienza attentiva associata a prestazioni peggiori.
Attenzione focalizzata (WAFER)	−.340	.004	Relazione moderata ma significativa.

Tutte le correlazioni sono statisticamente significative (p ≤ .005).

TMT-B (attenzione divisa e flessibilità cognitiva)

Le correlazioni bivariate risultano meno nette, ma il modello multivariato conserva due predittori significativi.

R^2 corretto = .135
(varianza spiegata 13,5%)

PREDITTORI SIGNIFICATIVI	*β*	*p*
Lunghezza media dei salti (MJL)	+.842	.008
Velocità media dei salti (MJS)	−.917	.009

La condizione più complessa introduce componenti cognitive ulteriori, non interamente catturate dai soli parametri di scansione oculare.

MODELLO MULTIVARIATO – TMT-A

R = .765 | R^2 corretto = .548
F(5,56) = 15,80 | p < .001

I parametri oculomotori spiegano circa il 54,8% della variabilità del punteggio TMT-A.

PREDITTORI SIGNIFICATIVI	*β*	*p*
Lunghezza media dei salti (MJL)	+.810	.001
Irregolarità della lunghezza (JLV)	+.228	.031
Velocità media dei salti (MJS)	−1.11	.001
Controllo dei salti estremamente veloci (JSC)	+.428	.001
Irregolarità della velocità (JSV)	+.491	.001

MESSAGGIO CHIAVE

Nel TMT-A, lo sguardo non accompagna semplicemente la risposta: descrive una parte sostanziale del processo attentivo che determina la prestazione.

TMT-A
Attenzione sostenuta
54,8%
di varianza spiegata

VS

TMT-B
Attenzione divisa
13,5%
di varianza spiegata

Conclusione generale: gli indicatori oculomotori WAFER forniscono informazione aggiuntiva e significativa rispetto ai soli tempi ed errori tradizionali, in particolare per i processi attentivi di base (TMT-A).

2 WAFER × REY WORDS

Lo sguardo durante la memoria verbale rivela attenzione, strategie di recupero e carico cognitivo

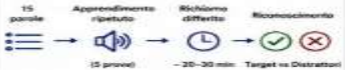
WAFER
Eye-tracking & AI

CAMPIONE E PERIODO

STUDIO A
N = 71
Giovani adulti, prevalentemente studenti universitari
Raccolta dati: 2024

STUDIO B
N = 22
Adulti e anziani
Età: 26–87 anni
Età media: 64,09 (DS = 17,49)
Raccolta dati: novembre 2024 – marzo 2025

IL PARADIGMA (RAVLT)



Output considerati
- Parole ricordate (differito)
- Punteggio di riconoscimento corretto
- Falsi allarmi, ripetizioni, omissioni

STUDIO A – REY AUDITORY VERBAL LEARNING TEST
Memoria differita e riconoscimento (giovani adulti)

RISULTATI PRINCIPALI – STUDIO A (N = 71)

RICHIAMO DIFFERITO
Correlazioni significative (numero parole ricordate)

Indicatore WAFER	r	p
• Attenzione sostenuta (WAFFER)	–.287	.048
• Ripetizioni × Attenzione sostenuta	–.356	< .01

RICONOSCIMENTO
Correlazioni significative (parole riconosciute correttamente)

Indicatore WAFER	r	p
• Irregolarità lunghezza (QQJ)	–.257	< .05
• Attenzione focalizzata (WAFFER)	+.271	< .05
• Carico cognitivo (WAFFER)	+.270	< .05

PUNTEGGIO CORRETTO DI RICONOSCIMENTO

Indicatore WAFER	r	p
• Irregolarità lunghezza (QQJ)	–.347	< .01
• Attenzione focalizzata (WAFFER)	+.361	< .01
• Carico cognitivo (WAFFER)	+.330	< .01

W.A.F.E.R.
Web Agile Facial Emotion Recognition and Eye-tracking

Una scansione più irregolare è associata a minore efficacia nel richiamo e a più ripetizioni.

Attenzione focalizzata e mobilitazione del carico cognitivo favoriscono la corretta discriminazione target–distrattori.

IN SINTESI – STUDIO A
Gli indicatori oculomotori aggiungono informazione significativa al di là del numero di parole riconosciute, distinguendo pattern efficaci da quelli meno efficienti.

STUDIO B – REY WORDS CON EMBODIED AGENT
Adulti e anziani

RISULTATI PRINCIPALI – STUDIO B (N = 22)

NUMERO DI RISPOSTE CORRETTE
Modello: Età + Lunghezza media (AJ) + Velocità media (AS)

F = 19,787 | p < .001
R^2 marginale = .304 | R^2 condizionale = .652

Predittori	β	SE	p
• Età	–.089	.018	< .001
• Lunghezza media (AJ)	+1.471	.651	< .05
• Velocità media (AS)	–2.428	.887	< .01

PUNTEGGIO EQUIVALENTE (SCORE REY)
Modello: AJ + AS

F = 6,615 | p < .01
R^2 (varianza spiegata) = .22

Predittori	β	SE	p
• Lunghezza media (AJ)	+4.264	1.341	< .01
• Velocità media (AS)	–7.397	1.816	< .001

IN SINTESI – STUDIO B
Ampiezza e velocità degli spostamenti oculari predicono in modo significativo sia la quantità di parole recuperate sia il punteggio equivalente di memoria.

RIFERIMENTI PRINCIPALI

Rey, A. (1941). L'examen psychologique dans le cas d'encephalopathie traumatique. *Archives de Psychologie, 28*, 286–340.
Peaker, S., et al. (1986). The Rey Auditory Verbal Learning Test: Normative data for healthy adults. *The Clinical Neuropsychologist, 3*(2), 95–107.
Lee Meeuw Kjoe, E. G., et al. (2022). Normative data for the Rey Auditory Verbal Learning Test (RAVLT) in a large population-based sample. *Assessment, 29*(6), 1719–1730.

Negli task di memoria verbale, la dinamica oculomotoria fornisce indizi affidabili sui processi di codifica, recupero e discriminazione.
Una scansione più stabile (ampiezza e velocità bilanciate, minor irregolarità) è associata a migliori performance mnestiche sia nel richiamo differito sia nel riconoscimento.

Nota: tutti i coefficienti di correlazione (r) sono di Pearson. Tutti i modelli di regressione sono lineari.

3 WAFER × ATTENTIVE CHECK

Irregolarità e velocità dello sguardo predicono errori, omissioni ed efficienza della ricerca visiva

WAFER Eye-tracking & AI

CAMPIONE E PERIODO

N = 16 reclutati
N = 15 analizzati

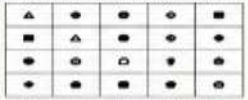
Adulti e anziani
Età: 26 – 87 anni
Età media (reclutamento): circa 59 anni

Raccolta dati: novembre 2024 – aprile 2025

IL PARADIGMA

ATTENTIVE CHECK
(Digital Attentional Matrices)

Versione digitalizzata delle Matrici Attentive (Spinnler & Tognoni, 1987; Giovagnoli et al., 1996)
Somministrazione: laptop + webcam



OUTPUT COMPORTAMENTALI

- Risposte corrette (RC)
- Falsi allarmi (FA)
- Omissioni (OM)

INDICATORI OCULOMOTORI WAFER *(principali utilizzati nei modelli)*

- **AJ (MJL)** — Lunghezza media dei salti
- **BJ (JLC)** — Controllo dei salti estremamente lunghi
- **LQQJ (JLV)** — Irregolarità della lunghezza dei salti
- **AS (MJS)** — Velocità media dei salti
- **BS (JSC)** — Parametro di coda della velocità

Controllate le covariate: età e self-reported memory score (Squire et al., 1979).

RISULTATI PRINCIPALI – MODELLI DI REGRESSIONE LINEARE MULTIPLA

A) RISPOSTE CORRETTE (RC)

R^2 corretto = .311 | $F(2,41) = 9,303$ | $p < .001$

Migliore performance associata a scansione più focalizzata e con minore dispersione.

Predittori significativi	β	t	p
AJ (MJL) Lunghezza media dei salti	−8.331	−2.998	< .01
BJ (JLC) Controllo dei salti estremamente lunghi	+.319	2.929	< .01

INTERPRETAZIONE
Spostamenti mediamente più brevi e minore presenza di salti estremi fuori dall'area utile sono associati a un maggior numero di risposte corrette.

B) FALSI ALLARMI (FA)

R^2 corretto = .561 | $F(4,37) = 12,011$ | $p < .001$

Il predittore più forte è l'irregolarità della lunghezza dei salti.

Predittori significativi	β	t	p
Età	+.109	2.122	< .05
BJ (JLC) Controllo dei salti estremamente lunghi	+.250	4.017	< .001
LQQJ (JLV) Irregolarità della lunghezza dei salti	**+3.383**	**7.257**	**< .001**
AS (MJS) Velocità media dei salti	−3.201	−2.508	< .05

INTERPRETAZIONE
Maggiore irregolarità e presenza di salti estremi aumentano i falsi allarmi; una scansione mediamente più rapida è associata a maggiore accuratezza.

C) OMISSIONI (OM)

R^2 corretto = .478 | $F(5,39) = 8,495$ | $p < .001$

Anche per le omissioni, l'irregolarità della lunghezza è il predittore dominante.

Predittori significativi	β	t	p
Età	+.078	2.069	< .05
LQQJ (JLV) Irregolarità della lunghezza dei salti	**+3.207**	**6.049**	**< .001**
BS (JSC) Parametro di coda della velocità	+.001	2.988	< .01

TENDENZE NON SIGNIFICATIVE

AJ (MJL) Lunghezza media dei salti — $\beta = +3.616$ — $p = .139$
AS (MJS) Velocità media dei salti — $\beta = -2.597$ — $p = .088$

OBIETTIVO

Identificare configurazioni oculomotorie associate a minore efficienza attentiva e a un maggior numero di errori.

PATTERN COMPLESSIVO

Più irregolare + **più lento** = **più errori e omissioni**

- Più irregolare: Maggiore variabilità nella lunghezza dei salti
- più lento: Velocità media più bassa
- più errori e omissioni: Aumento di falsi allarmi e omissioni

- Una ricerca più ampia può aumentare sia risposte corrette che falsi allarmi: lo sguardo non misura solo "buono vs cattivo".
- Gli indicatori oculomotori permettono di distinguere tra ricerca focalizzata (efficiente) e sovra-produzione esplorativa (inefficiente).

MESSAGGIO CHIAVE

L'irregolarità della scansione visiva è il segnale più stabile di inefficienza attentiva, soprattutto per falsi allarmi e omissioni.

RIFERIMENTI PRINCIPALI Spinnler, H., & Tognoni, G. (1987). Standardizzazione e taratura italiana di test neuropsicologici. Ital. J. Neurol. Sci., 8(Suppl. 8), 1–120.
Giovagnoli, A. R., et al. (1996). Attentive Matrices: standardizzazione italiana. Nuova Italia Scientifica.

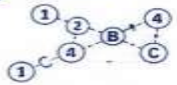
Nota: tutti i coefficienti (β) sono non standardizzati. Tutti i modelli hanno controllato per età e self-reported memory score (Squire et al., 1979).

Che cosa abbiamo imparato?

Dagli score alla firma processuale: indicatori candidati per distinguere precocemente AD, MCI e altri profili cognitivi

Risultati convergenti dei nostri studi

1 TMT



- varianza spiegata TMT-A: R^2 corretto = .548
- sensibile a velocità, ampiezza e irregolarità
- processi attentivi di base

2 Rey Words

casa mare
fiore strada
libro ponte

- riconoscimento e richiamo legati a ampiezza, velocità e irregolarità
- R^2 condizionale = .652 nello studio con embodied agent
- memoria verbale e recupero

3 Attentive Check

- irregolarità della lunghezza = marker robusto
- falsi allarmi e omissioni
- ricerca visiva ed efficienza attentiva

FIRMA PROCESSUALE

Performance | Dinamica dello sguardo | Fluttuazioni cognitive

Non un biomarcatore unico, ma un pattern multidimensionale dipendente dal compito.

Ancoraggio alla letteratura clinica

A — AD / MCI amnesico

- deficit mnestico precoce
- più errori antisaccadici e latenza
- ridotta esplorazione / strategie meno efficienti

Opwonya et al., 2022; Verón et al., 2026; Boujelbane et al., 2024

B — MCI non-amnesico / esecutivo

- attenzione e controllo esecutivo più vulnerabili
- TMT e ricerca visiva come stress test
- fluttuazioni di carico e controllo

Li et al., 2026; Bowie & Harvey, 2006

C — VCI / cerebrovascolare

- maggiore variabilità e inefficienza esecutiva
- allocazione attentiva verso non-target
- antisaccade accuracy associata a cognizione

Huang et al., 2024; Chen et al., 2024; Fan et al., 2024

Ipotesi per la validazione clinica

AD/aMCI → Rey più sensibile: riconoscimento, richiamo, esplorazione ridotta.

MCI esecutivo/VCI → TMT e Attentive Check più sensibili: omissioni, falsi allarmi, variabilità.

Forme miste → combinazioni ibride: serve profilo multimodale, non singolo score.

Obiettivo prossimo: validare firme processuali su campioni clinici, con diagnosi indipendente e follow-up longitudinale.

Letteratura: eye tracking promettente per screening precoce, ma necessari cohort biologicamente definiti e validazione multicentrica.

Il prossimo passaggio: validazione clinica

Dalle firme processuali ai profili reali di pazienti

1 — Controlli non clinici
validazione dei parametri

2 — MCI e fragilità cognitiva
sensibilità ai segnali precoci

3 — Alzheimer / neurodegenerativo
memoria, riconoscimento, esplorazione

4 — VCI / cerebrovascolare
attenzione, variabilità, controllo esecutivo

Cosa dobbiamo dimostrare

A — Sensibilità e specificità

B — Validità convergente

TEST COGNITIVI · IMAGING · BIOMARCATORI

diagnosi indipendente, scale cognitive, follow-up

C — Generalizzabilità

OSPEDALE · CENTRO DIURNO · CASA

device diversi, contesti diversi, stessa qualità

Non basta rilevare una difficoltà: dobbiamo riconoscere configurazioni processuali differenti.

Obiettivo: validare firme oculari e cognitive per distinguere precocemente traiettorie neurodegenerative, cerebrovascolari e miste.

Disegno clinico multicentrico

- campioni clinici appaiati
- diagnosi indipendente
- biomarcatori / imaging quando disponibili
- follow-up longitudinale
- forme miste considerate

Petersen, 2004; Jack et al., 2018; Li et al., 2020; Opwonya et al., 2022; Huang et al., 2024; Chen et al., 2024

Dalla ricerca alla comunità di cura

Uno stesso strumento, ruoli diversi, una lettura condivisa del cambiamento

Infermieri e OSS
Osservare e accompagnare
- sessioni guidate
- variazioni nella risposta
- stimolazione quotidiana
- segnalazioni tempestive

Medici
Integrare e decidere
- indicatori clinici
- casi da approfondire
- follow-up
- profili e traiettorie

Psicologi e neuropsicologi
Interpretare e personalizzare
- score + processo
- profilo cognitivo
- compiti adattivi
- efficacia degli interventi

Caregiver
Partecipare senza sostituirsi
- attività guidate
- comprendere il percorso
- domicilio e servizi
- comunicazione strutturata

> La tecnologia non redistribuisce la responsabilità clinica: redistribuisce la capacità di osservare.

Ricerca • Assessment • Stimolazione • Continuità assistenziale

UNIVERSITÀ E COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI

Rete di ricerca multidisciplinare per l'innovazione in psicologia e neuroscienze cognitive

Ritsumeikan University Giappone Osaka	Nagasaki University Giappone Nagasaki	Atomi University Giappone Tokyo	Tampere University Finlandia Tampere	Politecnico di Torino Italia Torino
IIT - CNR Pisa Italia Pisa	University of Cambridge Regno Unito Cambridge	U. PORTO Universidade do Porto Portogallo Porto	Institut Pasteur de Tunis Pasteur Institute of Tunis Tunisia Tunisi	Diponegoro University Indonesia Semarang

Collaborazioni internazionali per promuovere ricerca interdisciplinare, innovazione tecnologica e applicazioni cliniche della psicologia e delle neuroscienze cognitive.

Grazie: una comunità di ricerca, cura e sviluppo

Tre anni di lavoro per trasformare l'assessment neuropsicelologico in una piattaforma accessibile, processuale e adattiva

3 anni di progetto

1 1 tesi di Dottorato
Dr. Anna Enrica Tosti

WAFER
Dal punteggio alla firma processuale

4 tesi magistrali
- Dr. Greta Toscano
- Dr. Alberto Guarrera
- Dr. Andrea Caroti
- Dr. Matilde Bianconcini

~180 partecipanti alla validazione preliminare

~360 ore di sessioni sperimentali

Dietro la piattaforma

~200 beta tester

~20.000 ore di sviluppo e debugging

~100.000 righe di codice

GRUPPO ITALIANO
CENTRI DIURNI
ALZHEIMER

VIRTHULAB

Grazie per l'attenzione

Andrea Guazzini
Professore associato di Psicologia sociale
Responsabile del laboratorio VirtHuLab
FORLILPSI - Università di Firenze

Anna Enrica Tosti
Dottoranda in Geriatria clinica e sperimentale
VirtHuLab - Università di Firenze

Andrea Ungar
Professore ordinario di Medicina interna
Direttore SOD Geriatria per l'alta intensità
e cardiologia geriatrica - AOU Careggi
Università di Firenze

Enrico Mossello
Professore associato di Medicina interna
Medico specialista in Geriatria
AOU Careggi - Università di Firenze