

L'invecchiamento della popolazione rappresenta una delle principali trasformazioni demografiche e assistenziali degli Stati Uniti. L'aumento dell'aspettativa di vita, associato alla crescente prevalenza di patologie croniche e pluricomorbidità, ha condotto alla genesi di una popolazione per lo più senile e per cui si è resa necessaria assistenza e sorveglianza continua.

Alla luce del suddetto scenario, assume particolare rilevanza la crescente diffusione della vita in solitudine. Secondo i dati dello U.S. Census Bureau, nel 2022 quasi 3 adulti su 10 di età pari o superiore a 65 anni vivevano soli. La percentuale aumenta ulteriormente con l'età: circa il 27% delle donne tra 65 e 74 anni e il 43% delle donne di età pari o superiore a 75 anni vivevano sole [1]. Nel complesso, nel 2024 gli Stati Uniti contavano circa 38,5 milioni di nuclei familiari composti da una sola persona, pari al 29% di tutte le household del Paese [2].

Vivere soli non equivale necessariamente a essere fragili o non autosufficienti. Tuttavia, la combinazione tra età avanzata, solitudine abitativa, multimorbidità e ridotta autonomia può determinare una particolare vulnerabilità: di fatti, un evento acuto in assenza di una persona in grado di riconoscerlo e richiedere tempestivamente assistenza può rappresentare un ritardo nella diagnostica e della sua gestione.

La prevalenza delle patologie croniche aumenta significativamente con l'età. Il National Center for Health Statistics ha stimato che nel 2023 negli Stati Uniti 6,1 milioni di persone di età pari o superiore a 85 anni vivono da sole. Tra gli anziani di questa fascia di età, il 37,3% riferiva quattro o più comorbidità; di contro, soltanto il 7,4% si annoverava come sano[3]. Ipertensione, artrite, ipercolesterolemia e cardiopatie rappresentavano alcune delle condizioni più frequenti; la prevalenza di cardiopatia raggiungeva il 28,3%, mentre quella di ictus il 13,3% [3].

Questa crescente complessità clinica si accompagna a un rischio significativo di eventi avversi che possono verificarsi improvvisamente e, in particolare nel caso di una persona che vive sola, possono rimanere non riconosciuti per un periodo di tempo potenzialmente rilevante.

Le cadute rappresentano uno degli esempi più evidenti: negli Stati Uniti, oltre 14 milioni di adulti di età pari o superiore a 65 anni — circa una persona su quattro — riferiscono una caduta ogni anno [4]. Di questi, circa il 37% riferisce una lesione che richiede trattamento medico o che limita le proprie attività per almeno un giorno; circa 9 milioni sono le lesioni correlate alle cadute ogni anno [4]. Di fatti, le cadute rappresentano la principale causa di lesioni e di morte secondaria ad esse nella popolazione anziana [4,5]. Il peso clinico ed economico di questo fenomeno è considerevole. Ogni anno negli Stati Uniti si verificano circa 3 milioni di accessi al pronto soccorso e circa 1 milione di ospedalizzazioni correlate a cadute negli adulti anziani [5]. Nel 2023 sono stati registrati oltre 41.000 decessi per cadute accidentali nella popolazione di età pari o superiore a 65 anni, con un tasso di mortalità di 69,9 per 100.000 abitanti. Il rischio aumenta drasticamente con l'età: nella popolazione di 85 anni e oltre, il tasso ha raggiunto 339,5 decessi per 100.000 abitanti [6].

Le cadute costituiscono, tuttavia, soltanto una delle possibili situazioni critiche. Un'alta prevalenza di malattie cardiovascolari, respiratorie e neurologiche, oltre a condizioni di multimorbilità che possono predisporre a episodi acuti e improvvisi si riscontra nella popolazione senile. In questo contesto, l'assenza di un caregiver fisicamente presente può rappresentare un elemento di vulnerabilità aggiuntivo, poiché l'intervallo di tempo tra l'insorgenza dell'evento e la sua identificazione può risultare prolungato.

Parallelamente, il sistema statunitense di assistenza a lungo termine deve confrontarsi con costi elevati. Il costo delle strutture residenziali assistite e delle nursing homes può rappresentare un'importante barriera economica per le famiglie. Secondo il 2025 Cost of Care Survey, il costo mediano nazionale di una struttura di assisted living era di circa 6.200 dollari al mese, pari a 74.400 dollari l'anno. Per una nursing home, il costo mediano annuale raggiungeva circa 114.975 dollari per una camera semi-privata e 129.575 dollari per una camera privata [7].

Questi valori evidenziano una delle principali sfide dell'assistenza all'anziano negli Stati Uniti: garantire sicurezza e continuità assistenziale senza ricorrere necessariamente, quando non

indispensabile, a forme di assistenza residenziale ad alta intensità e ad elevato costo.

Il desiderio di rimanere nella propria abitazione è inoltre ampiamente diffuso tra gli anziani americani. L'obiettivo dell'"aging in place" — ovvero la possibilità di continuare a vivere nel proprio ambiente domestico mantenendo il maggior livello possibile di autonomia e sicurezza — costituisce una componente importante dell'evoluzione dei modelli assistenziali rivolti alla popolazione anziana.

In questo contesto, le tecnologie di monitoraggio remoto possono rappresentare uno strumento complementare alla rete tradizionale di assistenza. L'obiettivo non è necessariamente sostituire il caregiver o il personale sanitario, ma creare un ulteriore livello di sorveglianza in grado di fornire informazioni quando la persona si trova al di fuori della diretta osservazione di un'altra persona.

Le tecnologie basate su radiofrequenze e radar rappresentano una delle soluzioni maggiormente interessanti in questo ambito. Diversi studi hanno dimostrato la possibilità di utilizzare segnali radar per rilevare, senza contatto diretto, i piccoli movimenti della parete toracica associati alla respirazione e all'attività cardiaca [8,9]. Rispetto ai dispositivi indossabili, un sistema contactless riduce la necessità di applicare quotidianamente sensori, elettrodi o altri dispositivi sul corpo del paziente, risultando potenzialmente meno invasivo e, pertanto, più tollerabile per il paziente.

Una recente revisione sistematica della letteratura ha analizzato l'accuratezza della tecnologia radar nella misurazione della frequenza cardiaca e respiratoria. È stata osservata una deviazione massima del 5% rispetto al riferimento nel 48% degli studi relativi alla frequenza cardiaca e nel 37% di quelli relativi alla frequenza respiratoria; utilizzando una soglia di tolleranza del 10%, tali percentuali aumentavano rispettivamente all'87% e all'85% [10]. Gli Autori sottolineano, tuttavia, l'eterogeneità dei dati disponibili e la necessità di affrontare adeguatamente i fattori confondenti, evidenziando come la validazione in condizioni reali rimanga fondamentale.

Il dispositivo oggetto di questo progetto nasce proprio da questa prospettiva: sviluppare un sistema di monitoraggio domiciliare non invasivo, integrato nell'ambiente abitativo e in grado di rilevare a distanza modificazioni dei movimenti toracici e dei segnali associati all'attività cardiaca.

La possibilità di alimentare il dispositivo attraverso una normale presa elettrica domestica e l'assenza di componenti da indossare rendono il sistema semplice da utilizzare e potenzialmente adatto anche a persone anziane con ridotta autonomia o con difficoltà nell'utilizzo di dispositivi tecnologici tradizionali.

L'obiettivo non è sostituire il medico, il caregiver o i servizi di emergenza, né attribuire al dispositivo capacità diagnostiche che dovranno essere dimostrate attraverso appropriati studi clinici. Il potenziale valore della tecnologia risiede nella possibilità di fornire un ulteriore livello di sorveglianza: attraverso il monitoraggio continuo, variazioni significative rispetto al profilo abituale della persona potrebbero, una volta adeguatamente validate, inviare un'allerta al caregiver o a una rete assistenziale.

In tal senso, la tecnologia potrebbe assumere un ruolo particolarmente interessante per persone anziane che vivono sole e che, pur non necessitando di un'assistenza residenziale continuativa, presentano un livello di rischio tale da rendere desiderabile una forma di sorveglianza aggiuntiva.

La sfida tecnologica e clinica consiste nel trasformare un segnale fisiologico acquisito in maniera non invasiva in un'informazione affidabile e clinicamente utile. Ciò richiede non soltanto accuratezza nella rilevazione dei parametri fisiologici, ma anche algoritmi capaci di distinguere le normali variazioni quotidiane da modiche potenzialmente rilevanti, riducendo al minimo falsi allarmi e mancate identificazioni.

La validazione in popolazioni anziane e in condizioni reali di vita domestica rappresenta un passaggio essenziale per determinare l'effettiva utilità clinica del sistema.

In una società caratterizzata da un numero crescente di anziani, da un'elevata prevalenza di multimorbilità e da costi significativi

dell'assistenza residenziale, lo sviluppo di strumenti di monitoraggio domiciliare accessibili, non invasivi e facilmente integrabili nell'ambiente domestico può rappresentare un'importante opportunità.

Il fine ultimo di una tecnologia di questo tipo non è sostituire la presenza umana, ma utilizzare la tecnologia per ridurre il tempo che intercorre tra l'insorgenza di una potenziale situazione critica e la sua identificazione, favorendo un collegamento più tempestivo tra la persona anziana che vive sola e la rete di assistenza che la circonda.

In questa prospettiva, il monitoraggio remoto può diventare non semplicemente uno strumento tecnologico, ma una componente di un nuovo modello di assistenza domiciliare: un modello nel quale l'abitazione diventa parte integrante del percorso assistenziale e nel quale la tecnologia può contribuire a preservare, per quanto possibile, autonomia, sicurezza e qualità della vita dell'anziano.

Bibliografia

1. **U.S. Census Bureau.** *Living Arrangements Varied Across Age Groups.* 2024.
2. **U.S. Census Bureau.** *Families and Living Arrangements – 2024.* 2024.
3. **Gorina Y, Kramarow EA.** Chronic Conditions in Adults Age 85 and Older: United States, 2022–2023. *National Center for Health Statistics Health E-Stat.* 2025;105.
4. **Centers for Disease Control and Prevention.** *Older Adult Falls Data.* 2026.
5. **Centers for Disease Control and Prevention.** *Facts About Falls.* 2026.
6. **Kakara RS, et al.** Unintentional Fall Deaths Among Adults Age 65 and Older: United States, 2023. *National Center for Health Statistics Data Brief.* 2025;532.
7. **CareScout / Genworth Financial.** *2025 Cost of Care Survey.* 2025.
8. **Li C, et al.** Human Vital Signs Detection Methods and Potential Using Radars: A Review. *Sensors.* 2020.

9. **Zito D, Pepe D, Mincica M, et al.** Wearable system-on-a-chip UWB radar for contact-less cardiopulmonary monitoring: present status. *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. 2008.
10. **Liebetruth M, Kehe K, Steinritz D, Sammito S.** Systematic Literature Review Regarding Heart Rate and Respiratory Rate Measurement by Means of Radar Technology. *Sensors (Basel)*. 2024