



**UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA**

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA**

*Scuola di Medicina e Chirurgia*

*Dipartimento di Medicina*

**Corso di Laurea in Infermieristica**

Studio di fattibilità su un letto dotato di sensori di pressione per  
la valutazione del rischio di insorgenza di lesioni da decubito:  
risultati preliminari di uno studio sperimentale su una  
popolazione di soggetti sani

Relatore: Dott. Martinato Matteo

Correlatori: Dott.ssa Carlotta Borghini

Dott.ssa Maria Vittoria Chiaruttini

Laureanda: Basso Valeria

(n. matricola 1222380)

Anno Accademico 2021/2022



## Abstract

**Introduzione:** le lesioni da decubito sono una tipologia di danno tissutale che si verifica frequentemente all'interno delle strutture ospedaliere, con effetti sul benessere dei pazienti, sull'impegno assistenziale e sui costi sanitari. Il rischio di lesioni da decubito viene valutato tramite scale validate, ma questi strumenti presentano delle limitazioni nella raccolta delle informazioni. Lo studio della mobilitazione attiva del soggetto nel letto potrebbe permettere un'identificazione precoce e automatizzata del rischio.

**Obiettivi:** descrivere la capacità di identificazione del movimento effettuato da un paziente a letto tramite l'ausilio di quattro sensori di pressione posizionati al di sotto dello stesso, valutare come l'algoritmo implementato descriva i movimenti della persona nel letto usando i dati provenienti dai sensori.

**Materiali e metodi:** i dati sono stati raccolti attraverso questionari, una bilancia impedenziometrica e una sessione videoregistrata di raccolta dati standardizzata in cui ogni soggetto ha eseguito una serie di movimenti/posizioni sul letto. Successivamente è stata eseguita un'etichettatura dei flussi di dati confrontandoli con le immagini.

**Risultati:** l'analisi dei dati non è stata ancora completata per tutti i dati raccolti, ma quella dei primi 128 volontari permette la descrizione di alcuni risultati preliminari a confermare la fattibilità del sistema messo a punto e dell'etichettatura dei segnali provenienti dai sensori che sono riusciti ad identificare i movimenti del soggetto.

**Discussione:** lo studio condotto fino ad ora ha dimostrato la fattibilità del sistema di raccolta dati permettendo di confermare l'utilità e l'affidabilità del flusso di dati trasmesso dal sistema di sensori del letto, la corretta etichettatura dei dati originati e un'adeguata implementazione dello schema di raccolta dati che fino ad ora è stato utilizzato, consentendo lo sviluppo di un sistema automatizzato di etichettatura dei dati che permetterà l'automazione del sistema di monitoraggio della mobilitazione attiva del soggetto occupante il letto.

**Conclusioni:** Sono molti i benefici che lo strumento potrebbe portare nella pratica clinica, ottimizzando gli interventi di prevenzione e individualizzando l'assistenza infermieristica, ma il completamento dello studio ed una successiva sperimentazione nel setting di utilizzo finale arruolando soggetti appartenenti ad una popolazione a rischio di lesioni da decubito è necessario per confermare questa ipotesi.



## INDICE

CAPITOLO 1: INTRODUZIONE.....	3
Background.....	3
Definizione e fisiopatologia delle lesioni.....	5
Epidemiologia.....	10
Fattori di rischio.....	10
Prevenzione.....	11
Scopo dello studio.....	13
CAPITOLO 2: MATERIALI E METODI.....	15
Disegno di studio.....	15
Raccolta dati.....	16
Sviluppo del modello previsivo e analisi dei dati.....	21
Etichettatura dei dati.....	21
Sincronizzazione dei dati letto-video.....	22
CAPITOLO 3: RISULTATI.....	23
Risposte dei Questionari.....	23
Analisi dei segnali di pressione del letto.....	27
CAPITOLO 4: DISCUSSIONE.....	33
CAPITOLO 5: CONCLUSIONI.....	37
BIBLIOGRAFIA.....	39



## CAPITOLO 1: INTRODUZIONE

### Background

Nel contesto ospedaliero i pazienti costretti a letto e con possibilità di movimento limitata tendono a non cambiare frequentemente posizione. Questa limitazione comporta una prolungata esposizione alla pressione da parte delle medesime regioni corporee e pertanto un maggior rischio di insorgenza di lesioni da decubito (*European Pressure Ulcer Advisory Panel, National Pressure Injury Advisory Panel and Pan Pacific Pressure Injury Alliance. Prevention and Treatment of Pressure Ulcers/Injuries: Quick Reference Guide. Emily Haesler (Ed.). EPUAP/NPIAP/PPPIA: 2019.pdf*, s.d.). Le lesioni da decubito possono essere molto dolorose per il paziente e hanno un profondo impatto non solo sulla loro qualità di vita, ma anche sulla durata della degenza ospedaliera, sui costi assistenziali e sul rischio di incorrere in infezioni sistemiche (Bergstorm, 2005).

Il modello di movimento dei pazienti ricoverati può essere fonte di informazioni clinicamente rilevanti, riguardanti la mobilità del paziente, il rischio potenziale di sviluppare lesioni da decubito o cadute dal letto e la qualità del sonno. Generalmente la valutazione della mobilitazione a letto viene effettuata tramite osservazione diretta, ma questa richiede molto tempo ed è spesso di difficile gestione.

Negli ultimi anni sono stati studiati vari metodi per incrementare il monitoraggio della mobilità del paziente tramite tecnologie che hanno permesso un'assistenza maggiormente personalizzata ed efficace. Possiamo distinguerli in tre categorie (Allet et al., 2010; Bennett et al., 2015):

- Sensori indossabili che incorporano accelerometri e giroscopi, spesso considerati il gold standard per il monitoraggio della mobilità;
- Sistemi di celle di carico incorporati nella struttura del letto o della sedia, per misurare alterazioni della pressione;
- Sistemi di rilevamento della pressione in corrispondenza del corpo, tramite la superficie di supporto. Questi sistemi sono i più adatti a un monitoraggio prolungato nel tempo.

Ognuna di queste tecnologie presenta vantaggi e svantaggi. Ad esempio, in presenza di un sensore di pressione nel letto, si presume che le forze misurate sulla struttura del letto siano indirettamente correlate al movimento del paziente. Tuttavia, è probabile che altre interazioni con il letto, ad esempio l'assistente o l'operatore sanitario che si appoggia alla superficie, possano creare dati errati nella rilevazione del movimento (Moore et al., 2022). Il fatto che i sensori di pressione non debbano essere fissati al paziente, che siano versatili nelle informazioni che forniscono, siano facilmente installabili e che possano essere utilizzati con diversi algoritmi per la classificazione della posizione del paziente, ha portato negli ultimi anni a un aumento degli studi basati su questo tipo di sensori (Silva et al., 2022).

In alcuni casi vengono utilizzati sensori indossabili posizionati sul corpo del paziente con incorporati accelerometri per fornire informazioni sull'orientamento del soggetto nel letto. Tuttavia, questi sensori devono essere applicati direttamente al paziente, o sui vestiti, comportando spesso un certo disagio e la tendenza da parte dei soggetti a togliere autonomamente i dispositivi (Jeng & Wang, 2017; Jeon et al., 2019). La revisione di letteratura di Marchione e la più recente di Silva, hanno analizzato articoli riguardanti sistemi basati su sensori che utilizzano algoritmi intelligenti nella prevenzione dello sviluppo di lesioni da decubito in soggetti allettati (Marchione et al., 2015; Silva et al., 2022). In questi studi la metodologia principale è quella di monitorare i fattori di rischio nell'insorgenza delle lesioni, quali la pressione, il flusso sanguigno, l'umidità della cute e la temperatura corporea. I sensori maggiormente utilizzati in entrambe le revisioni sono stati i sensori di pressione, mentre gli altri studi hanno utilizzato sensori di temperatura, umidità, ottici a infrarossi. Nella revisione di Marchione et al. (2015) viene evidenziato che in questi studi sono stati presi poco in considerazione fattori come il costo, la comodità del paziente e l'igiene dei dispositivi, necessari a dimostrare l'efficacia e il possibile utilizzo nella pratica clinica.

Dalla revisione di Silva et al. (2022) è emerso inoltre che solo pochi prototipi sono stati testati con pazienti reali e hanno emesso allarmi efficaci nel facilitare il lavoro degli assistenti e degli operatori sanitari. Inoltre, pochi approcci descritti in letteratura integrano efficacemente i dati raccolti dai sensori, la posizione del paziente sul letto e la sua durata nel tempo, in un sistema efficace di supporto al professionista sanitario nella decisione nella prevenzione e riduzione delle ulcere da decubito.

Il recente studio di Moda Vitoriano Burdi et al. (2020) ha utilizzato un sensore piezoelettrico incorporato al letto in grado di acquisire sia i movimenti ampi del soggetto che quelli ridotti, constatando che le ulcere da pressione si sono verificate sia in pazienti a bassa mobilità che in quelli ad alta mobilità. Questo risultato fino ad ora non ancora presente in letteratura porta a prendere in considerazione per il rischio di insorgenza di lesioni sia i soggetti a scarsa che ad alta mobilità, in quanto anche questi ultimi, a causa degli effetti di attrito e taglio, sono a rischio. Lo studio suggerisce quindi per il futuro l'importanza di focalizzarsi sulla valutazione dei movimenti, utilizzando misure e algoritmi oggettivi, che consentano la valutazione in tempo reale della natura del movimento (Moore et al., 2022).

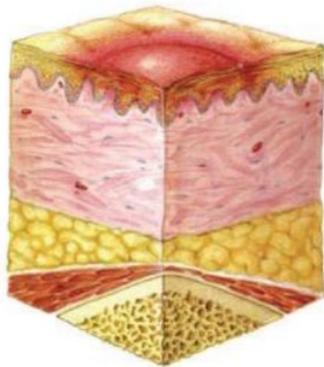
Sono stati individuati tre componenti con cui un sistema di sensori dovrebbe assistere l'operatore sanitario nelle fasi del processo decisionale. La prima è la visualizzazione di informazioni riguardanti lo stato generale del paziente e dati precedentemente memorizzati. Le informazioni estrinseche comprendono principalmente le mappe di pressione e l'eventuale posizione del paziente. Dovrebbero essere accessibili anche le informazioni intrinseche relative al rischio di lesioni da decubito. La seconda componente è nell'utilizzo di allarmi, che permettono all'operatore di agire in base all'informazione ricevuta. La terza componente dovrebbe essere di tipo predittivo, ovvero dovrebbe essere in grado di utilizzare tecniche di Machine Learning sui dati raccolti per poter fornire una previsione sull'evoluzione del processo di ulcerazione (Silva et al., 2022).

## Definizione e fisiopatologia delle lesioni

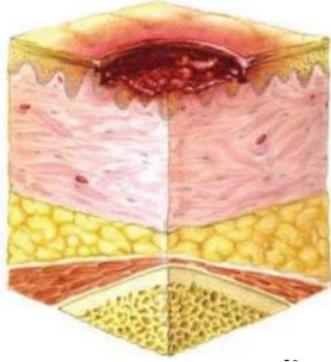
Secondo l'International Guideline for 'Prevention and Treatment of Pressure Ulcers/Injuries', un'ulcera o lesione da decubito viene definita come un danno localizzato alla cute e/o al tessuto epiteliale, dermico e muscolare (*European Pressure Ulcer Advisory Panel, National Pressure Injury Advisory Panel and Pan Pacific Pressure Injury Alliance. Prevention and Treatment of Pressure Ulcers/Injuries: Quick Reference Guide. Emily Haesler (Ed.). EPUAP/NPIAP/PPPIA: 2019.pdf, s.d.*). Le lesioni sono il risultato di una prolungata deformazione dei tessuti molli in corrispondenza di strutture anatomiche solide, le quali comportano la compressione di queste zone con le superfici esterne di appoggio, dispositivi medici o di altro tipo.

Nella popolazione adulta le sedi corporee maggiormente interessate da questo tipo di danno sono, secondo una revisione di letteratura (Li et al., 2020), quella sacrale, dei talloni e dell'anca. Le lesioni vengono classificate principalmente in quattro stadi: il primo (figura 1a) è caratterizzato da cute intatta con eritema che non scompare alla digitopressione, generalmente localizzata sopra una prominenza ossea. Il secondo stadio (figura 1b) viene definito con una parziale perdita di spessore del derma che si presenta come un'ulcera aperta e poco profonda, con letto della ferita rosso-rosato, senza presenza di slough. Le ulcere di secondo stadio possono anche presentarsi come una vescica intatta o aperta piena di siero. Il terzo stadio (figura 1c) è descritto come una perdita a tutto spessore del tessuto cutaneo, in cui è visibile il tessuto adiposo sottocutaneo, mentre ossa, tendini o muscoli non sono esposti. Può essere presente slough, sottominatura e tunnelizzazione. Il quarto stadio (figura 1d) invece è caratterizzato dall'esposizione di ossa, tendini o muscoli. Esistono altre categorie di lesioni da decubito: le cosiddette lesioni instadiabili, la cui profondità non è verificabile, in quanto il fondo è coperto da slough e/o da escara (figura 1e). Quando l'impedimento viene rimosso solitamente si classifica la lesione con uno stadio terzo o quarto. Un'ulteriore categoria è il sospetto danno tissutale profondo (figura 1f), in cui la profondità è ignota e la colorazione al di sotto della pelle ancora intatta varia da rosso scuro, a marrone e nero. (*European Pressure Ulcer Advisory Panel, National Pressure Injury Advisory Panel and Pan Pacific Pressure Injury Alliance. Prevention and Treatment of Pressure Ulcers/Injuries: Quick Reference Guide. Emily Haesler (Ed.). EPUAP/NPIAP/PPPIA: 2019.pdf, s.d.*)

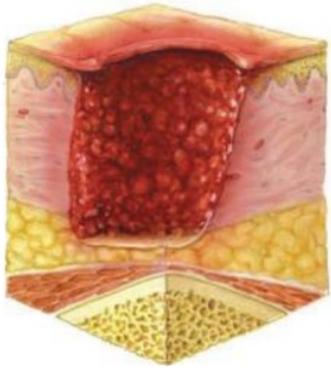
a.



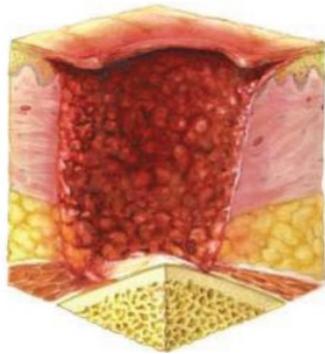
**b.**



**c.**



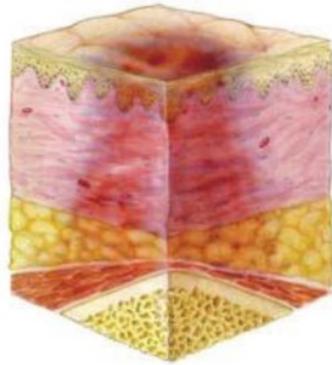
**d.**



**e.**



f.



**Figura 1 a. Lesione di primo stadio, b. Lesione di secondo stadio, c. Lesione di terzo stadio, d. Lesione di quarto stadio, e. Lesione non stadiabile, f. Lesione di sospetto grado profondo.** Source: National Pressure Ulcer Advisory Panel, European Pressure Ulcer Advisory Panel and Pan Pacific Pressure Injury Alliance First published 2009 Second edition published 2014

In soggetti con sensibilità, mobilità e stato cognitivo adeguati, la permanenza in una determinata posizione comporta una risposta dolorosa che induce la persona a modificare la propria postura. Nel momento in cui la risposta è compromessa o del tutto assente, o in caso ci fossero impedimenti nella mobilitazione autonoma della persona, la pressione svolgerebbe un'azione prolungata sulle stesse regioni corporee, portando all'ischemia dei tessuti, con conseguenti lesioni e necrosi.

In genere si ritiene che una pressione esterna superiore a quella di riempimento dei capillari arteriosi, pari a circa 32 mmHg, e alla pressione di deflusso dei capillari venosi, di circa 8-12 mmHg, inibisca il flusso sanguigno e provochi ipossia nei tessuti locali, avviando il tessuto verso il processo di necrosi (Mervis & Phillips, 2019). La pressione media di interfaccia di una persona di 80 kg di peso posizionata orizzontalmente su un materasso standard, ovvero senza riduzione di pressione, è compresa tra i 30 e i 60 mmHg tra le varie regioni del corpo (Weaver & Jester, 1994). La pressione media sulla tuberosità ischiatica, ad esempio, e sull'area circostante supera i 100 mmHg in posizione seduta, mentre è di circa 40-60 mmHg in regione sacrale in posizione supina, e di 70-80 mmHg sulla regione trocanterica in posizione distesa laterale (Kosiak, 1959). Nella recente revisione sistematica di Avsar, in cui

sono stati analizzati 16 studi riguardanti la frequenza del riposizionamento in pazienti allettati, si evince come i soggetti che sono stati sottoposti a riposizionamento ogni due o tre ore abbiano sviluppato un minor numero di lesioni da decubito (incidenza dell'8%, 221 su 2834 pazienti), rispetto ai pazienti riposizionati ogni 4 o 6 ore (incidenza di lesioni da decubito del 13%, 398 su 3050 pazienti) (Avsar et al., 2020).

La posizione del paziente, sdraiato o seduto, determina in larga misura l'apporto di ossigeno ai tessuti situati tra le prominente ossee e la pelle, in quanto la pressione di interfaccia più bassa si misura in posizione orizzontale (Barnett & Shelton, 1997), mentre un'elevazione di 30° della testiera del letto provoca uno spostamento dei punti di pressione e un aumento della pressione in prossimità dell'osso sacro (Braden & Bryant, 1990). Due fattori importanti nell'eziologia delle ulcere da decubito sono quindi la quantità e la durata della pressione. Nonostante sia stata messa in discussione la soglia di pressione minima per lo sviluppo di una lesione, e che questa possa variare da individuo a individuo, è ampiamente riconosciuto che la deformazione tissutale e l'ischemia prolungate per un periodo di tempo superiore alle 2 ore siano fattori principali nello sviluppo di lesioni da decubito (Gefen, 2007; Witkowski & Parish, 1982).

L'ischemia indotta dalla compressione dei tessuti è il fattore eziologico predominante associato allo sviluppo delle lesioni da decubito; tuttavia, sono coinvolte anche altre tipologie di eziologie, come l'alterato drenaggio linfatico (Miller & Seale, 1981), il danno da riperfusione (Tsuji et al., 2005) e la deformazione dei tessuti (Gefen, 2007). I risultati di vari studi hanno indicato che, per brevi periodi di esposizione alla pressione, il livello di deformazione è il fattore più importante nel processo di danneggiamento del tessuto muscolare, mentre l'ischemia e la riperfusione diventano gradualmente dominanti per periodi di esposizione prolungati (Ceelen et al., 2008; Loerakker et al., 2010; Stekelenburg et al., 2007; Van Damme et al., 2020). Una possibile sequenza di danno cellulare e tissutale è data in primo luogo dalla deformazione diretta del tessuto, successivamente dalla risposta infiammatoria associata al danno, e infine dall'ischemia del tessuto (Van Damme et al., 2020).

Le modalità con cui le cellule e i tessuti vengono sollecitati dai carichi meccanici sono complesse; possono dipendere dalla struttura anatomica, dalla morfologia e dalle dimensioni degli strati tissutali, dalle proprietà biofisiche e meccaniche dei tessuti

coinvolti. Spesso questi fattori non si modificano solamente da un individuo a un altro, ma anche nel tempo a causa dell'invecchiamento, dello stile di vita o altre malattie (Gefen et al., 2022; Mansur et al., 2021; Traa et al., 2019).

## Epidemiologia

Le ulcere da decubito sono una complicanza comune tra i pazienti più anziani e con mobilità o attività limitate (Bergstorm, 2005). Negli Stati Uniti d'America la prevalenza è compresa tra il 3,1% e il 30,0%, in Europa tra l'1% e il 54%, in Australia si aggira attorno al 6%, mentre nel continente asiatico tra il 2.7% e il 16.8% (Hahnel et al., 2017). Tra le categorie di lesione insorte e diagnosticate in ospedale prevalgono maggiormente quelle di stadio primo e secondo (Tubaishat et al., 2018).

Uno studio sulla prevalenza di lesioni da decubito negli ospedali in Italia del 2020 prende in considerazione il periodo compreso dal 2010 al 2015 ed evidenzia che la percentuale di pazienti ospedalizzati con almeno una lesione da decubito varia dal 19,5% nel 2010 al 17% nel 2015. Inoltre, nel 2010 il 9,60% dei pazienti possedeva almeno una lesione prima del ricovero, mentre nel 2015 era il 9,42% (Olivo et al., 2020).

Poiché questa tipologia di lesione ha un profondo impatto non solo sulla qualità di vita dei pazienti, ma anche sulla durata della degenza ospedaliera, sui costi assistenziali e sul rischio di incorrere in infezioni sistemiche, è importante intervenire precocemente con azioni preventive (Stausberg et al., 2005).

## Fattori di rischio

Complessivamente esiste un'interazione di fattori che aumentano la probabilità di sviluppare lesioni da decubito, ma la principale causa è considerata l'immobilità o mobilità ridotta. Nel contesto delle lesioni da decubito la mobilità viene definita come capacità fisica di effettuare cambiamenti posturali, comprendendo il concetto di frequenza e di entità del movimento o anche di adattamento posturale, come ad esempio spostare un braccio o una gamba (Moda Vitoriano Budri et al., 2020). L'attività invece, pur essendo correlata alla mobilità, riflette la capacità di un individuo

di rimuovere, stando in piedi o camminando, tutta la pressione dalle aree cutanee coinvolte durante la posizione seduta o distesa (Bergstrom et al., 1988).

I fattori di rischio nello sviluppo di lesioni da decubito si possono suddividere in fattori causali diretti e indiretti. Nella prima categoria il fattore di rischio che comporta maggiormente lo sviluppo di queste lesioni è appunto la limitazione nella mobilità e attività del paziente (Coleman et al., 2013; Moda Vitoriano Budri et al., 2020). Altri fattori di rischio diretti sono la perfusione dei tessuti interessati, lo stato della cute, le proprietà dei tessuti, le caratteristiche termiche e gli aspetti di riparazione generale dei tessuti. Fattori di rischio indiretti sono invece la presenza di umidità sulla pelle, la percezione sensoriale, patologie come il diabete, attrito e resistenza al movimento, malnutrizione (Bergstrom et al., 1988; Coleman et al., 2014).

## Prevenzione

Le linee guida aggiornate nel 2019 (*European Pressure Ulcer Advisory Panel, National Pressure Injury Advisory Panel and Pan Pacific Pressure Injury Alliance. Prevention and Treatment of Pressure Ulcers/Injuries: Quick Reference Guide. Emily Haesler (Ed.). EPUAP/NPIAP/PPPIA: 2019.pdf*, s.d.) consigliano la mobilitazione del paziente allettato secondo programmi personalizzati, in base al livello di attività, mobilità e autonomia nei movimenti del singolo individuo. L'effettiva efficacia della mobilitazione però non è ancora stata verificata, in quanto nella formazione delle lesioni da decubito agiscono molti fattori e non è semplice isolare un'unica azione preventiva.

Gli interventi suggeriti dagli enti che si occupano della prevenzione delle lesioni da decubito (EPUAP, NPIAP, PPPIA) sono da eseguire a seguito di un'accurata valutazione della cute nei soggetti, tramite una scala di misurazione del rischio, e comprendono: effettuare un'igiene cutanea giornaliera adeguata, utilizzare dispositivi altamente assorbenti in soggetti con incontinenza urinaria, adottare tessuti a basso coefficiente di attrito, valutare lo stato nutritivo del paziente e prediligere una dieta proteica; programmare la mobilitazione del soggetto allettato o a rischio (*European Pressure Ulcer Advisory Panel, National Pressure Injury Advisory Panel and Pan Pacific Pressure Injury Alliance. Prevention and Treatment of Pressure*

*Ulcers/Injuries: Quick Reference Guide. Emily Haesler (Ed.). EPUAP/NPIAP/PPPIA: 2019.pdf, s.d.).*

Una revisione sistematica del 2020 (Li et al., 2020) ha preso in considerazione 21 studi sui programmi di prevenzione, che comprendono dai 2 agli 11 partecipanti. Negli articoli presi in considerazione, gli interventi comuni efficaci sono: chiarimento dei ruoli del personale o introduzione di nuovi ruoli dedicati alla prevenzione, riposizionamento delle aree di pressione, educazione del personale e dei pazienti, uso di superfici di supporto, accertamento della cute perilesionale, dei bisogni nutrizionali, documentazione, coinvolgimento del team multidisciplinare e mobilitazione del paziente.

Nella pratica clinica, uno degli interventi che vengono effettuati con maggior frequenza è la mobilitazione del paziente a letto. Alcuni individui sono maggiormente a rischio e dovrebbero per questo essere mobilitati e rivalutati più spesso rispetto agli altri. Il livello di rischio di insorgenza di lesioni da decubito può essere valutato tramite scale di misurazione. Le scale di valutazione del rischio di insorgenza di lesioni da decubito attualmente comprendono più di 40 tipologie. Tra le più utilizzate in ospedale ci sono la scala di Braden (Bergstrom et al., 1987), la scala di Norton (Norton, D., McLaren, R., & Exton-Smith, A. (1962), s.d.) e di Waterlow (Waterlow, 1985). Tuttavia, studi evidenziano come queste scale presentino significative limitazioni, ad esempio quando vengono utilizzate in terapia intensiva (Borghardt et al., 2015) e che la loro sensibilità e affidabilità deve essere implementata (Halfens et al., 2000; Zhang et al., 2021). Nella scala di Braden l'infermiere è tenuto a compilare una tabella inserendo un punteggio da 1 a 4 per ogni categoria di rischio: percezione sensoriale, ovvero la capacità di rispondere in maniera adeguata al disagio correlato alla pressione continua, umidità della cute, attività fisica, mobilità, nutrizione e attrito e taglio. Secondo lo studio di Halfens per la corretta valutazione del rischio mancherebbero altri fattori, come l'età del soggetto e lo stato della circolazione periferica. Sono necessari quindi altri studi per poter migliorare la sensibilità e specificità della scala (Halfens et al., 2000; Zhang et al., 2021).

Nonostante il principale intervento consigliato per la riduzione del rischio di lesioni da pressione sia il cambiamento di postura, non sempre è possibile effettuarlo adeguatamente per mancanza di una valutazione del rischio rigorosa e costante durante

tutta la durata della degenza o per mancanza di tempo da parte del personale ospedaliero. Un sistema di monitoraggio continuo degli spostamenti del paziente nel letto può essere quindi molto utile per effettuare una prevenzione mirata e impiegare adeguatamente le risorse ospedaliere (Ostadabbas et al., 2011).

### Scopo dello studio

Lo studio vuole analizzare e descrivere la capacità di identificazione del movimento effettuato da un paziente a letto tramite l'ausilio di quattro sensori di pressione posizionati al di sotto del letto. L'obiettivo primario è quello di sviluppare un algoritmo per descrivere i movimenti della persona nel letto usando i sensori di pressione del letto stesso. Lo studio ha inoltre lo scopo di presentare evidenze preliminari che permettano di introdurre un letto dotato di sensori nel processo di identificazione precoce e automatizzata del rischio di sviluppo di lesioni da decubito e quindi nella prevenzione delle stesse.



## CAPITOLO 2: MATERIALI E METODI

### Disegno di studio

Si tratta di uno studio osservazionale trasversale. Il campione è formato da soggetti volontari, selezionati dalla popolazione generale, aventi caratteristiche diverse, tra cui età, sesso e indice di massa corporea. I soggetti sono stati arruolati previa adeguata informazione sugli obiettivi e modalità di conduzione dello studio e sulle modalità di trattamento dei dati raccolti e previo ottenimento del consenso informato scritto alla partecipazione e al trattamento dei dati. La flow chart che descrive il disegno dello studio è rappresentata nella figura 2. I criteri di selezione che hanno guidato il reclutamento dei soggetti nello studio sono stati i seguenti:

- Criteri di inclusione: età compresa tra i 18 e i 90 anni
- Criteri di esclusione: stato di gravidanza, impedimenti fisici, visivi o uditivi.

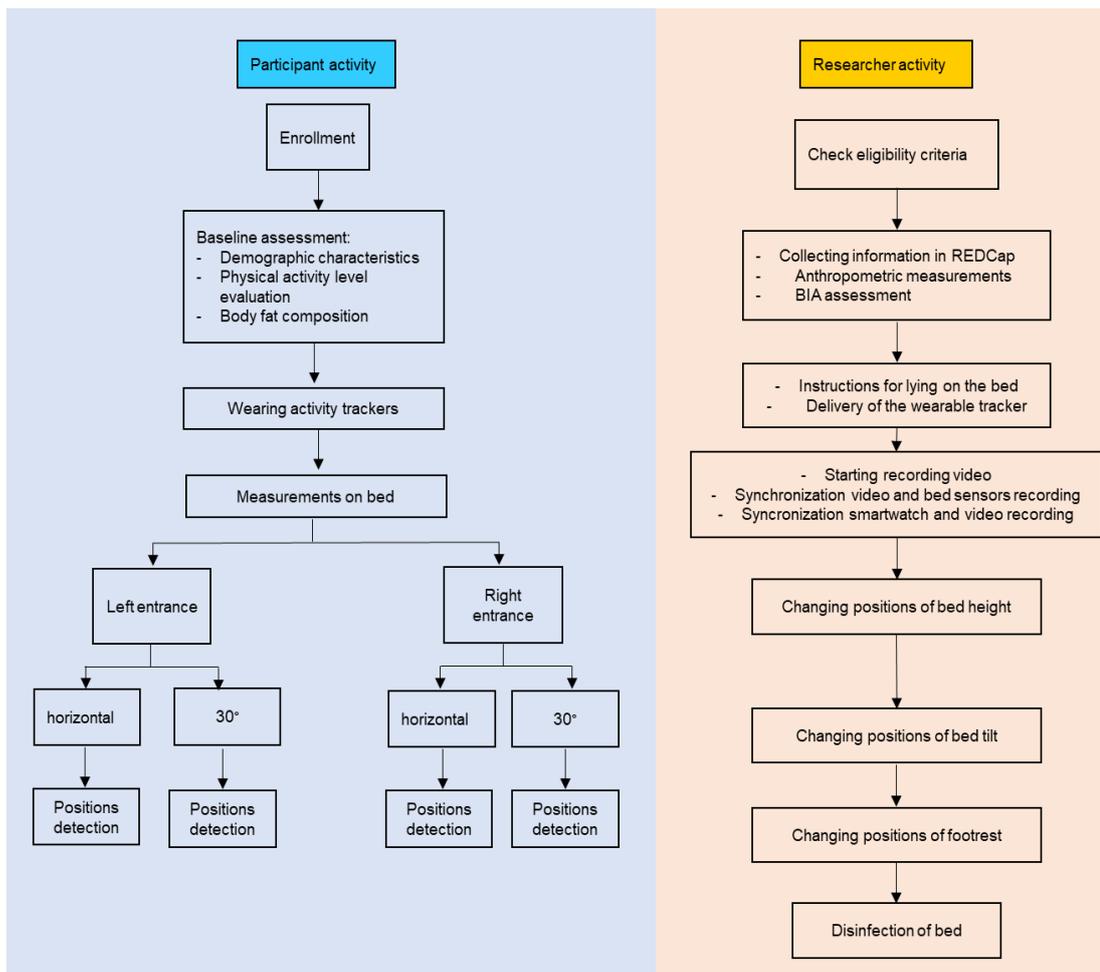


Figura 2. Flow chart dello studio

## Raccolta dati

I dati demografici sono stati raccolti nella piattaforma REDCap (Harris et al., 2009), tramite i questionari IPQ-Short form (Craig et al., 2003) e PROMIS v1.1 (Patient Reported Outcome Measurement Information System) - Global Health (Abma et al., 2021). I questionari indagano quattro diversi aspetti, organizzati nelle seguenti sezioni:

- Baseline Characteristics (figura 3), sesso, data di nascita, altezza, peso, attività principale (lavoratore/studente/pensionato), presenza di patologie croniche;
- Wearable devices (figura 3), in cui si indaga se il soggetto è destrorso o mancino;
- IPAQ Long Last 7 days Self Admin (figura 4), in cui si indaga lo stato di attività fisica del soggetto negli ultimi 7 giorni dalla compilazione del questionario;
- PROMIS v1.1 (Patient Reported Outcome Measurement Information System) in figura 5, in cui si indaga la salute generale del volontario.

### Baseline characteristics

Record ID	_____
Gender	<input type="radio"/> Female <input type="radio"/> Male
Date of birth	_____
Height	_____
Weight	_____
Attività principale	<input type="radio"/> Lavoratore <input type="radio"/> Studente <input type="radio"/> Pensionato
Ha patologie croniche?	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No

### Wearable devices

Number of wearable devices	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3
Position of the WD 1 (blu)	<input type="radio"/> right arm <input type="radio"/> left arm <input type="radio"/> waist
Position of the WD 2 (black)	<input type="radio"/> right arm <input type="radio"/> left arm <input type="radio"/> waist
Model of device 1	<input type="radio"/> Garmin <input type="radio"/> Fitbit
Model of device 2	<input type="radio"/> Garmin <input type="radio"/> Fitbit

Figura 3. Questionario Baseline Characteristics and Wearable devices

## IPAQ Short Last 7 Days Self Admin

Questo questionario misura il tipo e la quantità di attività fisica che lei fa normalmente.

Le domande si riferiscono all'attività svolta negli ultimi 7 giorni al lavoro, per spostarsi da un posto all'altro e nel tempo libero

Per attività fisica MODERATA si intende un'attività che richiede uno sforzo fisico moderato e che la costringe a respirare con un ritmo solo moderatamente più elevato del normale (durante tale attività non riuscirebbe a cantare ma le sarebbe ancora possibile parlare).

Per attività fisica INTENSA si intende un'attività che richiede uno sforzo fisico elevato e che la costringe a respirare con un ritmo molto più elevato del normale (durante tale attività si suda e non si riesce a parlare).

Nel rispondere alle domande, tenga conto solo di quelle attività che l'hanno impegnata per almeno 10 minuti consecutivi.

### Attività intense

1a. Negli ultimi 7 giorni, per quanti giorni ha compiuto attività fisiche INTENSE, come ad esempio sollevamento di pesi, lavori pesanti in giardino, attività aerobiche come corse o giri in bicicletta a velocità sostenuta?

- 1 giorno alla settimana
- 2 giorni a settimana
- 3 giorni a settimana
- 4 giorni a settimana
- 5 giorni a settimana
- 6 giorni a settimana
- 7 giorni a settimana
- nessuno

1b. Quanto tempo in totale, normalmente, lei ha trascorso compiendo attività fisiche INTENSE in uno di questi giorni?

\_\_\_\_\_ (minuti)

2a. Negli ultimi 7 giorni, per quanti giorni ha compiuto attività fisiche MODERATE, come ad esempio trasporto di pesi leggeri, giri in bicicletta ad una velocità regolare, attività in palestra, lavoro in giardino, lavoro fisico prolungato in casa...? Non consideri le camminate

- 1 giorno alla settimana
- 2 giorni a settimana
- 3 giorni a settimana
- 4 giorni a settimana
- 5 giorni a settimana
- 6 giorni a settimana
- 7 giorni a settimana
- nessuno

2b. Quanto tempo in totale, normalmente, lei ha trascorso compiendo attività fisiche MODERATE in uno di questi giorni?

\_\_\_\_\_ (minuti)

### Cammino

3a. Negli ultimi 7 giorni, per quanti giorni ha camminato per almeno 10 minuti? (Consideri le camminate compiute al lavoro e a casa, quelle per spostarsi da un posto ad un altro ed ogni altra camminata che le è capitato di fare per piacere, esercizio o sport)

- 1 giorno alla settimana
- 2 giorni a settimana
- 3 giorni a settimana
- 4 giorni a settimana
- 5 giorni a settimana
- 6 giorni a settimana
- 7 giorni a settimana
- nessuno

3b. Per quanto tempo in totale, normalmente, lei ha camminato in uno di questi giorni?

\_\_\_\_\_ (minuti)

### Attività da seduto

4. Negli ultimi 7 giorni, quanto tempo in totale lei ha trascorso rimanendo seduto, durante un giorno lavorativo? (includa attività svolte al lavoro, a casa, mentre si recava al lavoro e durante il tempo libero: es. ad una scrivania, a tavola, mentre stava visitando degli amici, alla TV, leggendo)

\_\_\_\_\_ (minuti)

Figura 4. Questionario IPAQ short last 7 days self admin

## Short form SF-12

### ISTRUZIONI:

**Questo questionario intende valutare cosa Lei pensa della Sua salute. Le informazioni raccolte permetteranno di essere sempre aggiornati su come si sente e su come riesce a svolgere le Sue attività consuete.**

**Risponda a ciascuna domanda del questionario indicando la Sua risposta come mostrato di volta in volta. Se non si sente certo della risposta, effettui la scelta che comunque Le sembra migliore.**

1. In generale, direbbe che la Sua salute è:
- Eccellente
  - Molto Buona
  - Buona
  - Passabile
  - Scadente

Le seguenti domande riguardano alcune attività che potrebbe svolgere nel corso di una qualsiasi giornata. La Sua salute La limita attualmente nello svolgimento di queste attività?

2. Attività di moderato impegno fisico, come spostare un tavolo, usare l'aspirapolvere, giocare a bocce o fare un giro in bicicletta
- sì, mi limita parecchio
  - sì, mi limita parzialmente
  - no, non mi limita per nulla

3. Salire qualche piano di scale
- sì, mi limita parecchio
  - sì, mi limita parzialmente
  - no, non mi limita per nulla

Nelle ultime 4 settimane, ha riscontrato i seguenti problemi sul lavoro o nelle altre attività quotidiane, a causa della Sua salute fisica?

4. Ha reso meno di quanto avrebbe voluto
- Sì
  - No

5. Ha dovuto limitare alcuni tipi di lavoro o di altre attività
- Sì
  - No

Nelle ultime 4 settimane, ha riscontrato i seguenti problemi sul lavoro o nelle altre attività quotidiane, a causa del Suo stato emotivo (quale il sentirsi depresso o ansioso)?

6. Ha reso meno di quanto avrebbe voluto
- Sì
  - No

7. Ha avuto un calo di concentrazione sul lavoro o in altre attività
- Sì
  - No

8. Nelle ultime 4 settimane, in che misura il dolore l'ha ostacolata nel lavoro che svolge abitualmente (sia in casa sia fuori casa)?
- Per nulla
  - Molto poco
  - Un po'
  - Molto

Le seguenti domande si riferiscono a come si è sentito nelle ultime 4 settimane. Risponda a ciascuna domanda scegliendo la risposta che più si avvicina al Suo caso. Per quanto tempo nelle ultime 4 settimane si è sentito ...

9. calmo e sereno?
- Sempre
  - Quasi sempre
  - Molto tempo
  - Una parte del tempo
  - Quasi mai
  - Mai

10. pieno di energia?
- Sempre
  - Quasi sempre
  - Molto tempo
  - Una parte del tempo
  - Quasi mai
  - Mai

11. scoraggiato e triste
- Sempre
  - Quasi sempre
  - Molto tempo
  - Una parte del tempo
  - Quasi mai
  - Mai

12. Nelle ultime 4 settimane, per quanto tempo la Sua salute fisica o il Suo stato emotivo hanno interferito nelle Sue attività sociali, in famiglia, con gli amici?
- Sempre
  - Quasi sempre
  - Una parte del tempo
  - Quasi mai
  - Mai

Figura 5. Questionario Short form SF-12

Dopo la compilazione dei questionari si è proceduto alla misurazione, tramite bilancia impedenziometrica, per ogni partecipante, dei dati antropometrici: peso in kilogrammi, altezza, indice di massa corporea (BMI) in  $\text{kg}/\text{m}^2$  che, tramite il rapporto tra altezza e peso, valuta il grado di obesità. Secondo la terminologia del National Heart, Lung, and Blood Institute, i soggetti con un valore di BMI minore o uguale a  $18 \text{ kg}/\text{m}^2$  vengono considerati sottopeso, i soggetti con valori compresi tra  $25 \text{ kg}/\text{m}^2$  e  $30 \text{ kg}/\text{m}^2$ , sono considerati sovrappeso; tra  $30 \text{ kg}/\text{m}^2$  e  $35 \text{ kg}/\text{m}^2$  (escluso) viene considerata obesità di primo grado, tra  $35 \text{ kg}/\text{m}^2$  e  $40 \text{ kg}/\text{m}^2$  (escluso) è considerata obesità di secondo grado e uguale o maggiore di  $40 \text{ kg}/\text{m}^2$  obesità di terzo grado (Ryan & Heaner, 2014). Ulteriori valori rilevati dalla bilancia impedenziometrica sono la percentuale di massa magra, massa grassa, acqua intra ed extracellulare. Il rapporto tra acqua extracellulare ed intracellulare è influenzato da fattori quali il consumo di cibi salati, malnutrizione, disfunzionalità d'organo, condizione post-partum, esercizio fisico intenso. È stato anche misurato il rapporto tra vita e fianchi del soggetto, i cui range di normalità comprendono un valore massimo di 0,9 per gli uomini e 0,85 per le donne.

Infine, i volontari hanno effettuato una sessione di circa 10 minuti in cui hanno eseguito una serie di posture sul letto, utilizzando lo schienale in orizzontale e successivamente con un'inclinazione dello schienale a  $30^\circ$ . Durante questa fase i volontari sono stati registrati con una videocamera.

Le posture sono state schematizzate come descritto in tabella I.

Tabella I – schema delle posizioni e dei movimenti richiesti al volontario

<b>Posizioni rispetto al letto</b>	<b>Posizioni relative al soggetto</b>	<b>Comandi verbali</b>
<i>Entrata dal lato destro del letto – non prono</i>		
center	lying on back	Mettiti supino al centro del letto
	lying on right-hand	Gira sul tuo fianco destro
	lying on back	Mettiti supino
	lying on left-hand	Girati sul fianco sinistro
	lying on right-hand	Girati sul fianco destro
right	lying on back	Mettiti supino sul lato destro del letto
	lying on right-hand	Gira sul tuo fianco destro

	lying on back	Mettiti supino
	lying on left-hand	Girati sul fianco sinistro
	lying on right-hand	Girati sul fianco destro
left	lying on back	Mettiti supino sul lato sinistro del letto
	lying on right-hand	Girati sul fianco destro
	lying on back	Mettiti supino
	lying on left-hand	Girati sul fianco sinistro
	lying on right-hand	Gira sul tuo fianco destro
<b><i>Uscita dal lato sinistro del letto</i></b>		
<b><i>Entrata dal lato sinistro del letto</i></b>		
center	lying on back	Mettiti supino al centro del letto
	lying on left -hand	Girati sul fianco sinistro
	lying on back	Mettiti supino
	lying on right-hand	Girati sul fianco destro
	lying on left -hand	Girati sul fianco sinistro
right	lying on back	Mettiti supino sul lato destro del letto
	lying on left -hand	Gira sul tuo fianco sinistro
	lying on back	Mettiti supino
	lying on right-hand	Gira sul tuo fianco destro
	lying on left -hand	Gira sul tuo fianco sinistro
left	lying on back	Mettiti supino sul lato sinistro del letto
	lying on left -hand	Gira sul tuo fianco sinistro
	lying on back	Mettiti supino
	lying on right-hand	Gira sul tuo fianco destro
	lying on left -hand	Gira sul tuo fianco sinistro
<b><i>Uscita dal lato destro del letto – Posizionare il letto da 0° a 30° e viceversa</i></b>		

Il letto utilizzato è stato messo a disposizione dall'azienda produttrice nell'ambito di una collaborazione con l'Università di Padova e presenta comandi elettrici per regolare le 3 sezioni mobili legate a quella centrale fissa, una bilancia incorporata e tre tipologie di allarmi che si attivano emettendo una luce rossa e un suono continuo. Sotto al materasso sono presenti quattro sensori di pressione posizionati nel modo seguente: nella parte bassa a destra, bassa a sinistra, nella zona in alto a destra e a sinistra. Ogni sensore misura la percentuale di peso totale caricato in quell'area. I segnali vengono

inviati ogni 300 millisecondi a un'interfaccia R sviluppata dall'Unità di Biostatistica, Epidemiologia e Sanità Pubblica dell'Università degli Studi di Padova (UBEP).

Lo studio è stato condotto presso il Dipartimento di Scienze Cardio-Toraco-Vascolari e Sanità Pubblica dell'Università degli Studi di Padova. Lo studio ha ricevuto parere favorevole dal comitato etico in data 24 maggio 2022 ed è stato dotato di una idonea copertura assicurativa studio specifica.

## Sviluppo del modello previsivo e analisi dei dati

### Etichettatura dei dati

Ai fini della costruzione del modello predittivo supervisionato (modello statistico che stima l'effetto delle variabili di input sulla variabile di output, sulla base della loro correlazione), è stato necessario associare ad ogni record del dataset del letto (input) la posizione del paziente registrata dalla videocamera (etichetta di output). Le etichette sono presentate nella tabella II.

Tabella II - Etichettatura data alle posizioni assunte dal soggetto

<b>static_bed</b>	<b>static_self</b>	<b>dyn_bed</b>	<b>dyn_self</b>
Centre	Supine	Static	Static
Right	Right	Slide to the left	Turn to the left
Left	Left	Slide to the right	Turn to the right
Transition	Transition	Null	Assesting
Null	Null		Null

L'etichettatura è avvenuta manualmente, sulla base delle immagini riportate a video. Dato che la registrazione dei segnali del letto iniziava sempre prima dell'inizio della video-registrazione dei pazienti, è stata necessaria la sincronizzazione dei segnali provenienti dai sensori del letto con la videocamera, ai fini dell'etichettatura dei dati.

## Sincronizzazione dei dati letto-video

Al termine della prova di ogni paziente tutte le informazioni rilevate tramite i sensori del letto, e la videocamera, sono state inviate via cavo al computer e, tramite un software sviluppato e testato su RStudio, organizzate in files contenenti rispettivamente un dataset in formato “rds”, e un video “mp4”. Per la sincronizzazione, è stato necessario identificare il record esatto, nel database dei segnali del letto, corrispondente al primo frame della registrazione video, in modo da associare ad ogni record dei segnali l’etichettatura corretta, sulla base della posizione dei pazienti sul letto, mostrata a video.

È stato possibile calcolare il tempo tra l’inizio della registrazione dei segnali del letto e l’inizio della registrazione video tramite il titolo stesso dei files, assegnato in automatico dal software R, riportante la data e l’orario del computer su cui veniva eseguito il programma software.

Per calcolare l’esatto numero di record da cancellare (perché precedenti all’inizio del video) è stata utilizzata la variabile “elapsed” presente nel dataset dei segnali del letto, contenente l’informazione del tempo trascorso tra un segnale e quello successivo: una volta cumulata la variabile elapsed è stato possibile individuare il primo record utile, ovvero quello in corrispondenza dell’i-esimo secondo della registrazione dei segnali, dove “i” è il numero di secondi di disallineamento letto-video, calcolato tramite la differenza tra l’orario presente nel titolo del file rds (del letto) e quello presente nel titolo del file mp4 (del video).

Una volta allineate le informazioni, è stata calcolata una variabile “tempo del video” nel dataset dei segnali ovvero una variabile che, partendo dal tempo 0 minuti e 0 secondi, conta il tempo cumulato dall’inizio del video fino ad ogni record, utilizzando di nuovo l’informazione della variabile elapsed, in modo tale che ogni record fosse univocamente associato ad un istante temporale del video.

## CAPITOLO 3: RISULTATI

### Risposte dei Questionari

Sono stati arruolati 128 volontari sani di età compresa tra i 18 e i 90 anni su un totale di 200 volontari previsti dal protocollo dello studio. I risultati in tabella III mostrano che il 46.8% è di sesso femminile, mentre il 53.2% di sesso maschile. La mediana relativa al dato dell'età dei partecipanti è pari a 25 anni, il primo quartile 22.7 e il terzo quartile 38.82 anni.

Nei dati raccolti sull'altezza dei partecipanti la mediana corrisponde a un valore di 173 cm, il primo quartile 164.75 cm e il terzo quartile 180.25 cm.

I risultati sul parametro del peso presentano una mediana di 66.55 kg, il primo quartile pari a 59.85 kg e il terzo quartile a 74.95 kg.

Il 43% del campione svolge come attività principale quella di lavoratore, il 52.3% è studente, mentre il 4.7% è pensionato. Il 7.9% della popolazione presenta patologie croniche. Il 93.8% del campione è destrimane e il 6.3% mancino.

Tabella III – Risultati questionario Baseline Characteristics and Wearable devices. Le statistiche descrittive della tabella e delle seguenti sono presentate come percentuali (numeri assoluti) per le variabili categoriche e mediana (con range inter-quartile) per le variabili continue.

<b>Variabile</b>	<b>N Risposte</b>	<b>Valore</b>
Sesso	126	
M		67 (53.2%)
F		59 (46.8%)
Età (anni)	128	25 (22; 38)
Altezza (cm)	128	173 (164.75; 180.25)
Peso (kg)	126	66.55 (59.85; 74.95)
Attività principale	128	
Studente		67 (52.3%)
Lavoratore		55 (43%)
Pensionato		6 (4.7%)
Patologie croniche	126	
Sì		10 (7.9%)
No		116 (92.1%)
Braccio dominante	128	
Destrimane		120 (93.8%)
Mancino		8 (6.3%)

I risultati del IPQ-Short form (Craig et al., 2003) riportati in tabella IV hanno rilevato i seguenti dati: il 30.7% del campione non ha praticato alcuna attività intensa nei precedenti 7 giorni, il 22.8% della popolazione ha praticato attività fisica intensa solamente durante un giorno alla settimana, il 24.4% in 2 giorni, l'11.8% in 3 giorni, il 4.7% durante 4 giorni, il 3.9% in 5 giorni, lo 0,8% in 6 giorni e lo 0,8% ha dichiarato di praticare attività fisica intensa durante tutti i 7 giorni della settimana. Nella domanda 1b la mediana delle risposte è stata 60 minuti, il primo quartile 40 minuti e il terzo 90 minuti.

Alla domanda 2a l'11.1% ha dichiarato di non aver mai praticato attività fisiche moderate nei 7 giorni precedenti, il 14.3% per 1 giorno, il 21.4% per 2 giorni, il 22.2% per 3 giorni, il 12.7% in 4 giorni, il 10.3% per 5 giorni, il 4.8% in 6 giorni e il 3.2% durante tutti gli ultimi 7 giorni precedenti la compilazione del questionario.

Nella domanda 2b la mediana risulta 60 minuti, il primo quartile 30 minuti e il terzo 90 minuti. Nella terza domanda il 3.1% del campione non ha mai camminato per almeno 10 minuti in uno dei 7 giorni precedenti, il 4.7% in un giorno e il 3.9% in due giorni. Il 7.9% ha camminato per 3 giorni nella settimana precedente, il 7.1% per 4 giorni, il 10.2% per 5 giorni, il 13.4% per 6 giorni e il 49.6% in tutti i giorni della settimana.

Nella domanda 3b la mediana è di 40 minuti, il primo quartile è di 30 minuti e il terzo quartile di 60 minuti. Nell'ultimo quesito la mediana è 380 minuti, il primo quartile 240 minuti e il terzo quartile 520 minuti.

Nella prima domanda del questionario PROMIS v1.1 (Patient Reported Outcome Measurement Information System) - Global Health (Abma et al., 2021), tabella V, il 10.3% ha dichiarato che la propria salute è eccellente, il 43.7% molto buona, il 39.7% ha risposto di essere in buona salute, il 5.6% la ritiene passabile e uno 0.8% scadente. Nel secondo quesito il 92.1% del campione afferma che non sono stati limitati nelle attività, mentre l'7.9% è stato limitato parzialmente. Nel terzo quesito l'89% dei partecipanti afferma che la propria salute fisica non lo ha limitato nel salire le scale, il 10.2% è stato limitato parzialmente, mentre lo 0.8% ritiene di essere stato parecchio limitato nell'attività.

Tabella IV - Risultati Questionario IPAQshort last seven days self admin.

<b>Variabile</b>	<b>N Risposte</b>	<b>Frequenza</b>
Attività fisica intensa	127	
1 giorno		29 (22.8%)
2 giorni		31 (24.4%)
3 giorni		15 (11.8%)
4 giorni		6 (4.7%)
5 giorni		5 (3.9%)
6 giorni		1 (0.8%)
7 giorni		1 (0.8%)
Nessun giorno		39 (30.7 %)
Attività fisica moderata	126	
1 giorno		18 (14.3%)
2 giorni		27 (21.4%)
3 giorni		28 (22.2%)
4 giorni		16 (12.7%)
5 giorni		13 (10.3%)
6 giorni		6 (4.8%)
7 giorni		4 (3.2%)
Nessun giorno		14 (11.1%)
Camminata per 10 minuti	127	
1 giorno		6 (4.7%)
2 giorno		5 (3.9%)
3 giorno		10 (7.9%)
4 giorno		9 (7.1%)
5 giorno		13 (10.2%)
6 giorno		17 (13.4%)
7 giorno		63 (49.6%)
Nessuna giornata		4 (3.1%)

Nella domanda 4 il 16.7% ha risposto che, a causa dello stato della propria salute fisica ha reso meno di quanto avrebbe voluto nelle attività quotidiane, mentre l'83.3% ha dichiarato di no. Nel quinto quesito l'83.2% ha risposto di non aver avuto alcun tipo di limitazione, mentre il 16.8% sì. Il 70.9% del campione ha risposto di aver reso meno di quanto avrebbe voluto a causa del proprio stato emotivo, mentre il 29.1% no. Alla domanda numero 7 il 55.6% dei partecipanti ha dichiarato che non ha avuto un calo di concentrazione sul lavoro o in altre attività a causa del proprio stato emotivo, mentre il 44.4% afferma di sì. Nell'ottava domanda il 56.7% non è stato ostacolato dal dolore nelle attività fisiche, il 21.3% molto poco, il 17.3% un po', il 3.9% molto e lo 0,8% moltissimo. Nella domanda successiva il 4.7% nelle ultime 4 settimane si è sentito sempre calmo e sereno, il 28.3% quasi sempre, il 30.7% per molto tempo, il 27.6% per

una parte del tempo, il 7.1% quasi mai e l'1.6% ha riferito di non essersi è mai sentito calmo e sereno. Nella decima domanda l'1.6% del campione ha sostenuto che si è sempre sentito pieno di energie, il 20.8% quasi sempre, il 26.4% per molto tempo, il 38.4% per una parte del tempo, l'11.2% quasi mai e l'1.6% mai. Nel quesito successivo il 2.4% si è sentito quasi sempre scoraggiato e triste nelle ultime 4 settimane, il 10.2% per molto tempo, il 33.1% per una parte del tempo, il 47.2% quasi mai e il 7.1% mai. Nella domanda numero 12 il 2.4% ha risposto che la salute fisica ed emotiva ha sempre interferito nelle attività quotidiane, il 13.4% quasi sempre, il 20.5% una parte del tempo, il 45.7% quasi mai e il 18.1% mai.

Tabella V - Risultati questionario short form SF-12.

<b>Variabile</b>	<b>N Risposte</b>	<b>Frequenza</b>
Stato di salute	126	
Eccellente		13 (10.3%)
Molto buona		55 (43.7%)
Buona		50 (39.7%)
Passabile		7 (5.6%)
Scadente		1 (0.8%)
Limitazione nell'attività fisica	127	
Nessuna limitazione		117 (92.1%)
Parziale limitazione		10 (7.9%)
Parecchia limitazione		0 (0%)
Salire le scale	128	
Nessuna limitazione		114 (89%)
Parzialmente limitato		13 (10.2%)
Parecchio limitato		1 (0.8%)
Resa nelle attività quotidiane	126	
Meno di quanto voluto		21 (16.7%)
Quanto volute		105 (83.3%)
Limitazione attività quotidiane per stato emotivo	125	
Nessuna limitazione		104 (83.2%)
Limitazione		21 (16.8%)
Resa nelle attività per stato emotivo	127	
Meno di quanto voluto		37 (70.9%)
Quanto voluto		90 (29.1%)
Calo di concentrazione per stato emotivo	126	
Si		56 (44.4%)
No		70 (55.6%)
Quanto dolore ostacola lavoro	127	

Nessun ostacolo	72 (56.7%)
Molto poco	27 (21.3%)
Un po' ostacolato	22 (17.3%)
Molto ostacolato	5 (3.9%)
Moltissimo	1 (0.8%)
Stato emotivo calmo e sereno	127
Sempre	6 (4.7%)
Quasi sempre	36 (28.3%)
Per molto tempo	39 (30.7%)
Per una parte del tempo	35 (27.6%)
Quasi mai	9 (7.1%)
Mai	2 (1.6%)
Essere pieni di energie	125
Sempre	2 (1.6%)
Quasi sempre	26 (20.8%)
Per molto tempo	33 (26.4%)
Per una parte del tempo	48 (38.4%)
Quasi mai	14 (11.2%)
Mai	2 (1.6%)
Essere scoraggiati e tristi	127
Sempre	0 (0.0%)
Quasi sempre	3 (2.4%)
Per molto tempo	13 (10.2%)
Per una parte del tempo	42 (33.1%)
Quasi mai	60 (47.2%)
Mai	9 (7.1%)
Tempo di interferenza dello stato emotivo e salute fisica	127
Sempre	3 (2.4%)
Quasi sempre	17 (13.4%)
Una parte del tempo	26 (20.5%)
Quasi mai	58 (45.7%)
Mai	23 (18.1%)

## Analisi dei segnali di pressione del letto

Infine, sono stati raccolti i dati dei sensori di pressione e della videocamera tramite l'app IOBED sviluppata dai ricercatori dell'UBEP.

In figura 6 sono presenti i dati dei sensori del letto ricavati all'inizio della sessione di sperimentazione con il volontario REDCAP2 (minuto 00:00.000). Nelle prime quattro colonne sono riportate le percentuali di distribuzione della pressione nelle quattro aree di trasmissione dei sensori: sbl (bottom left sensor) 254 (25,4%), sbr (bottom right

sensor) 246 (24,6%), sul (upper left sensor) 247 (24,7%) e sur (upper right sensor) 251 (25,1%). Allo stesso minuto 00:00.000, come si può notare dalle immagini della videocamera in figura 7, la persona è fuori dal letto. Nella colonna successiva ai quattro sensori in figura 6 è specificato il peso rilevato dalla bilancia inserita nel letto (0 kg), mentre nella colonna video\_time si può notare come il video sia appena iniziato. In tutte e quattro le colonne di etichettatura è stata riportata la voce “Null”.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	sbl	sbr	sul	sur	weight	elapsed	cum_elapsed	frame_n	video_time	static_bed	static_self	dyn_bed	dyn_self
2	254	246	247	251	0	299	0	1	0S	Null	Null	Null	Null
3	254	246	247	251	0	300	300	10	0.3S	Null	Null	Null	Null
4	254	246	247	251	0	300	600	19	0.6S	Null	Null	Null	Null
5	254	246	247	251	0	300	900	28	0.9S	Null	Null	Null	Null
6	254	246	247	251	0	300	1200	37	1.2S	Null	Null	Null	Null
7	254	246	247	251	0	300	1500	46	1.5S	Null	Null	Null	Null
8	254	246	247	251	0	300	1800	55	1.8S	Null	Null	Null	Null
9	254	246	247	251	0	299	2099	63	2.099S	Null	Null	Null	Null
10	254	246	247	251	0	298	2397	72	2.397S	Null	Null	Null	Null
11	254	246	247	251	0	299	2696	81	2.696S	Null	Null	Null	Null
12	254	246	247	251	0	299	2995	90	2.995S	Null	Null	Null	Null
13	254	246	247	251	0	300	3295	99	3.295S	Null	Null	Null	Null
14	254	246	247	251	0	300	3595	108	3.595S	Null	Null	Null	Null
15	254	246	247	251	0	300	3895	117	3.895S	Null	Null	Null	Null
16	254	246	247	251	0	300	4195	126	4.195S	Null	Null	Null	Null
17	254	246	247	251	0	299	4494	135	4.494S	Null	Null	Null	Null
18	254	246	247	251	0	298	4792	144	4.792S	Null	Null	Null	Null
19	254	246	247	251	0	300	5092	153	5.092S	Null	Null	Null	Null
20	254	246	247	251	0	300	5392	162	5.392S	Null	Null	Null	Null
21	254	246	247	251	0	300	5692	171	5.692S	Null	Null	Null	Null
22	254	246	247	251	0	300	5992	180	5.992S	Null	Null	Null	Null
23	254	246	247	251	0	300	6292	189	6.292S	Null	Null	Null	Null
24	254	246	247	251	0	299	6591	198	6.591S	Null	Null	Null	Null

Figura 6. Immagine foglio Excel di raccolta dati sensori del letto durante sessione REDCAP2.

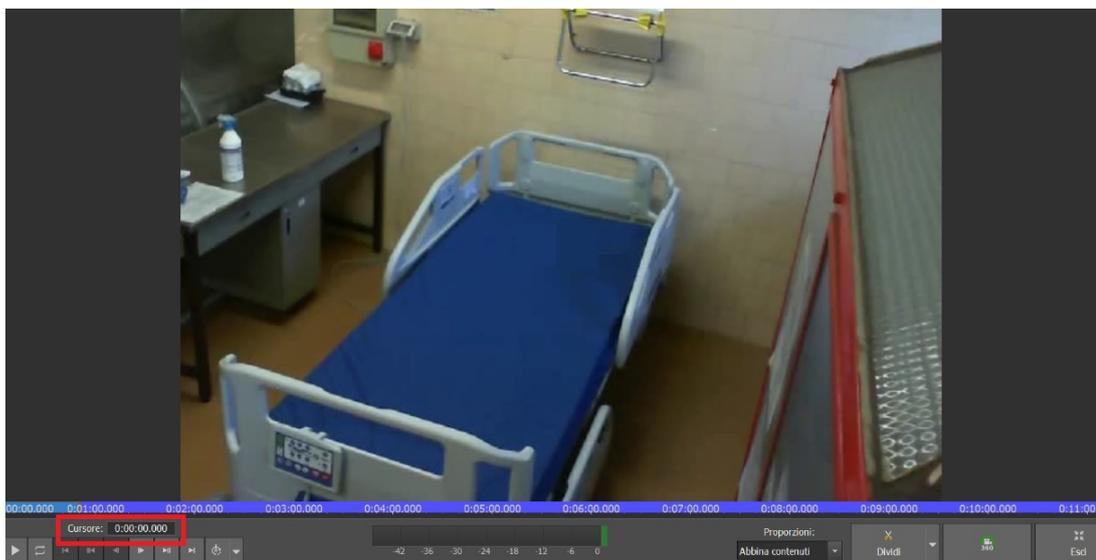


Figura 7. Immagine della videocamera al minuto 00:00.000 durante la sessione del volontario REDCAP2.

In figura 8 è riportato un esempio di dati ricavati durante una sessione con il volontario REDCAP2. Al minuto 02:38.465 è evidenziato il momento di inizio del protocollo di posizionamento, in cui il soggetto è statico, supino al centro del letto. In figura 9 si può appunto notare la posizione assunta dal soggetto nello stesso momento.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
523	234	249	265	258	534	300	156071	4683	2M 36.071S	Null	Null	Null	Null
524	233	250	265	259	534	299	156370	4692	2M 36.375S	Null	Null	Null	Null
525	231	245	262	253	534	298	156668	4701	2M 36.668S	Null	Null	Null	Null
526	232	246	262	255	534	299	156967	4710	2M 36.967S	Null	Null	Null	Null
527	233	246	264	254	534	300	157267	4719	2M 37.267S	Null	Null	Null	Null
528	233	246	263	253	534	300	157567	4728	2M 37.567S	Null	Null	Null	Null
529	236	247	265	254	534	300	157867	4737	2M 37.867S	Null	Null	Null	Null
530	235	247	264	254	534	300	158167	4746	2M 38.167S	Null	Null	Null	Null
531	235	246	264	253	534	298	158465	4754	2M 38.465S	Centre	Supine	Static	Static
532	235	246	264	253	534	300	158765	4763	2M 38.765S	Centre	Supine	Static	Static
533	235	246	264	253	534	300	159065	4772	2M 39.065S	Centre	Supine	Static	Static
534	234	246	264	253	534	300	159365	4781	2M 39.365S	Centre	Supine	Static	Static
535	235	246	264	253	534	300	159665	4790	2M 39.665S	Centre	Supine	Static	Static
536	235	246	264	253	534	298	159963	4799	2M 39.963S	Centre	Supine	Static	Static
537	235	246	264	253	534	299	160262	4808	2M 40.262S	Centre	Supine	Static	Static
538	235	246	264	253	534	300	160562	4817	2M 40.562S	Centre	Supine	Static	Static
539	235	246	264	253	534	300	160862	4826	2M 40.862S	Centre	Supine	Static	Static
540	235	246	264	253	534	300	161162	4835	2M 41.162S	Centre	Supine	Static	Static
541	235	246	264	253	534	300	161462	4844	2M 41.462S	Centre	Supine	Static	Static
542	235	246	264	253	534	300	161762	4853	2M 41.762S	Centre	Supine	Static	Static
543	235	246	264	253	534	298	162060	4862	2M 42.06S	Centre	Supine	Static	Static
544	235	246	264	253	534	299	162359	4871	2M 42.359S	Centre	Supine	Static	Static
545	235	246	264	253	534	300	162659	4880	2M 42.659S	Centre	Supine	Static	Static
546	235	246	264	253	534	300	162959	4889	2M 42.959S	Centre	Supine	Static	Static

Figura 8. Immagine foglio Excel di raccolta dati dei sensori del letto durante la sessione del soggetto REDCAP2.



Figura 9. Frame della sessione REDCAP2 con soggetto in posizione supina al centro del letto.

Nelle tabelle seguenti sono stati presi in considerazione i dati provenienti dai quattro sensori di pressione separatamente, raccolti durante tutta la durata della sessione del

volontario REDCAP2. Successivamente i valori sono stati suddivisi e combinati in base ai movimenti che si volevano individuare. Sono stati presi in considerazione i movimenti del paziente statico a sinistra del letto, in rotazione su sé stesso verso sinistra stando sulla sinistra del letto, in rotazione su sé stesso verso destra stando sulla sinistra del letto e in lieve movimento rimanendo sulla parte sinistra del letto (tabella VI). Queste combinazioni sono state mantenute anche per i valori in cui il soggetto era nella parte centrale (tabella VII) e destra del letto (tabella VIII). Per ogni sensore è stato calcolato il valore minimo e massimo ottenuti, il primo e terzo quartile, la mediana e la numerosità.

Tabella VI - Analisi dati sensori del letto con soggetto su lato sinistro del letto.

Descrizione movimento	Sensori	Num.	Min.	Q1	Mediana	Q3	Max.
Paziente statico a sinistra del letto	Alto-DX	112	181.0	198.0	205.5	216.0	250.0
	Basso-DX	112	168.0	192.0	204.5	215.2	274.0
	Alto-SX	112	240.0	286.0	301.0	321.0	339.0
	Basso-SX	112	249.0	280.8	289.0	297.0	321.0
Paziente in rotazione su sé stesso verso sinistra, stando alla sinistra del letto	Alto-DX	128	189.0	196.0	201.0	207.2	236.0
	Basso-DX	128	179.0	187.8	199.0	206.2	236.0
	Alto-SX	128	268.0	297.0	305.0	318.0	332.0
	Basso-SX	128	253.0	285.0	293.0	297.0	303.0
Paziente in rotazione su sé stesso verso destra, stando alla sinistra del letto	Alto-DX	79	183.0	187.0	194.0	201.0	227.0
	Basso-DX	79	165.0	183.5	193.0	203.5	215.0
	Alto-SX	79	279.0	302.0	309.0	322.5	342.0
	Basso-SX	79	249.0	294.5	300.0	307.5	313.0
Paziente in lieve movimento stando alla sinistra del letto	Alto-DX	39	178.0	194.0	196.0	199.0	221.0
	Basso-DX	39	168.0	187.0	199.0	204.5	241.0
	Alto-SX	39	255.0	297.5	304.0	321.0	343.0
	Basso-SX	39	272.0	296.0	300.0	302.0	320.0

Tabella VII. Analisi dati sensori del letto con soggetto al centro del letto.

Descrizione movimento	Sensori	Num.	Min.	Q1	Mediana	Q3	Max.
Paziente statico al centro del letto	Alto-DX	114	200.0	247.0	253.0	257.8	290.0
	Basso-DX	114	209.0	246.0	248.5	265.0	292.0
	Alto-SX	114	208.0	243.0	261.0	264.0	292.0
	Basso-SX	114	196.0	233.0	235.0	245.5	310.0
Paziente in rotazione su sé stesso verso sinistra, stando al centro del letto	Alto-DX	71	233.0	245.0	255.0	273.0	290.0
	Basso-DX	71	225.0	252.0	262.0	279.5	296.0
	Alto-SX	71	213.0	226.0	246.0	256.0	294.0
	Basso-SX	71	199.0	216.0	236.0	246.5	277.0
Paziente in rotazione su sé stesso verso destra, stando al centro del letto	Alto-DX	61	226.0	237.0	243.0	250.0	270.0
	Basso-DX	61	230.0	243.0	248.0	258.0	275.0
	Alto-SX	61	241.0	251.0	260.0	265.0	276.0
	Basso-SX	61	228.0	242.0	247.0	254.0	265.0
Paziente in lieve movimento stando al centro del letto	Alto-DX	28	186.0	229.0	241.5	259.2	296.0
	Basso-DX	28	189.0	232.2	243.5	262.2	327.0
	Alto-SX	28	193.0	226.0	253.5	265.0	288.0
	Basso-SX	28	204.0	236.2	250.0	258.2	306.0

Tabella VIII - Analisi dati sensori del letto con soggetto su lato destro del letto.

Descrizione movimento	Sensori	Num.	Min.	Q1	Mediana	Q3	Max.
Paziente statico alla destra del letto	Alto-DX	124	241.0	292.8	303.0	312.0	328.0
	Basso-DX	124	252.0	296.8	308.0	313.0	338.0
	Alto-SX	124	178.0	195.0	201.0	215.0	252.0
	Basso-SX	124	165.0	176.0	186.5	196.2	146.0
Paziente in rotazione su sé stesso verso sinistra, stando alla destra del letto	Alto-DX	128	274.0	296.0	305.0	314.2	338.0
	Basso-DX	128	268.0	305.0	313.0	317.0	340.0
	Alto-SX	128	179.0	192.0	198.0	205.0	248.0
	Basso-SX	128	157.0	177.0	185.0	191.2	216.0
Paziente in rotazione su sé stesso verso destra, stando alla destra del letto	Alto-DX	118	275.0	298.0	304.0	312.8	348.0
	Basso-DX	118	277.0	297.2	309.0	315.8	340.0
	Alto-SX	118	181.0	195.0	200.0	214.8	238.0
	Basso-SX	118	160.0	179.5	186.0	191.8	221.0
Paziente in lieve movimento stando alla destra del letto	Alto-DX	27	264.0	286.5	296.0	311.0	326.0
	Basso-DX	27	261.0	296.0	299.0	303.5	313.0
	Alto-SX	27	191.0	202.5	208.0	211.0	224.0
	Basso-SX	27	165.0	175.0	183.0	201.5	216.0

## CAPITOLO 4: DISCUSSIONE

I dati raccolti fino ad ora permettono alcune considerazioni preliminari in quanto solo il completamento dell'arruolamento previsto dal protocollo e l'analisi complessiva di tutti i dati raccolti permetteranno di raggiungere gli obiettivi finali dello studio. Nello specifico caso del volontario REDCAP2 i sensori di pressione sono riusciti ad identificare alcuni movimenti e a confermare l'accuratezza nell'etichettatura dei dati. Ad esempio, nel caso in cui il paziente è posizionato sul lato sinistro del letto, la distribuzione delle percentuali della pressione nelle aree del materasso presenta un range di valori più alti nei sensori in alto e in basso a sinistra rispetto a quelli posizionati in alto e in basso a destra (figura 10). Allo stesso modo i valori dei sensori posizionati in alto e in basso a destra quando il soggetto è nella parte destra del letto sono maggiori rispetto a quelli rilevati dai sensori in alto e in basso a sinistra, come si era previsto (figura 11).

Lo studio condotto fino ad ora ha dimostrato la fattibilità del sistema di raccolta dati permettendo di confermare l'utilità e l'affidabilità del flusso di dati trasmesso dal sistema di sensori del letto, la corretta etichettatura dei dati originati e un'adeguata implementazione dello schema di raccolta dati che fino ad ora è stato utilizzato. L'etichettatura manuale dei dati svolta sul dataset relativo ad un primo soggetto studiato ha permesso di testare l'attività manuale che sarà ripetuta su un ulteriore sottoinsieme di soggetti. Questa preliminare attività permetterà lo sviluppo di un algoritmo di apprendimento di intelligenza artificiale che renderà possibile un'etichettatura automatica dei dati provenienti dai sensori per mezzo dell'analisi delle immagini acquisite dalla videocamera.

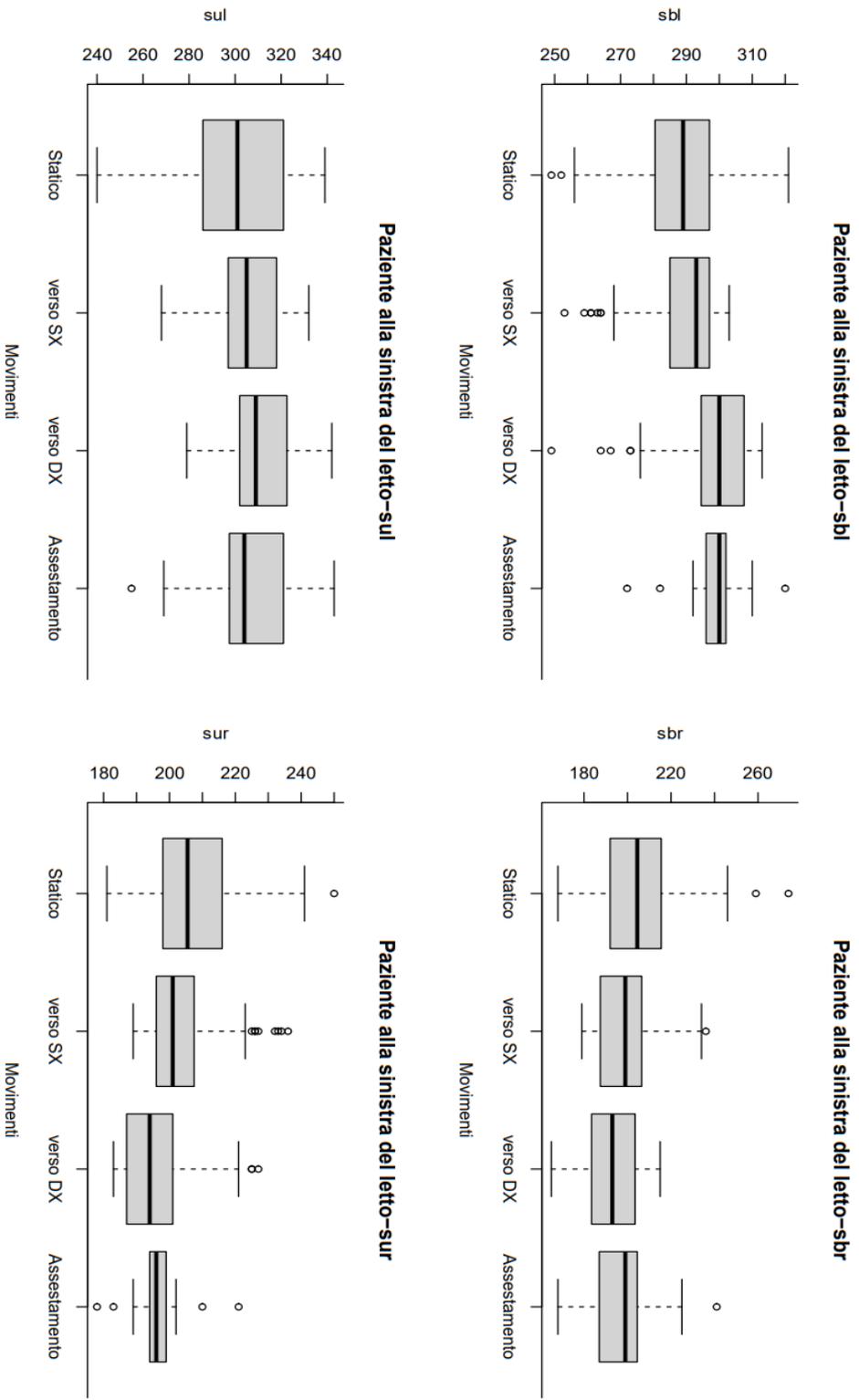


Figura 10. Grafici box plot dei valori dei quattro sensori, con paziente posizionato alla sinistra del letto.

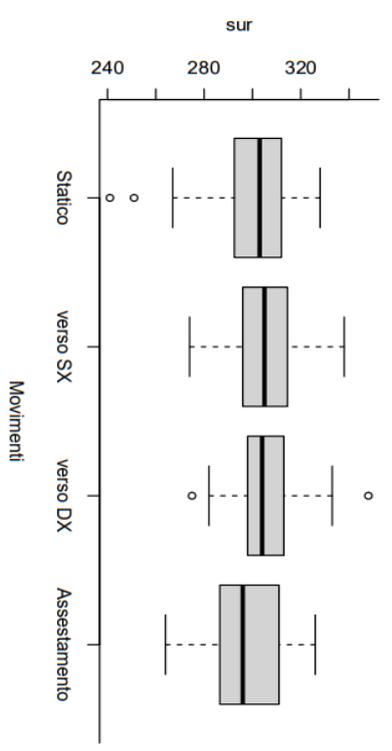
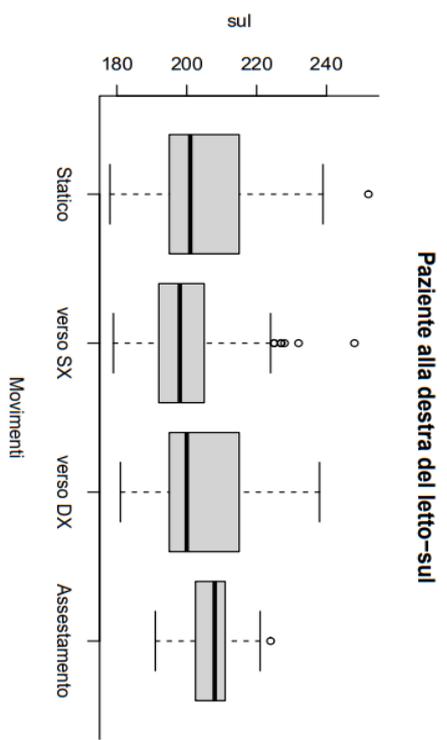
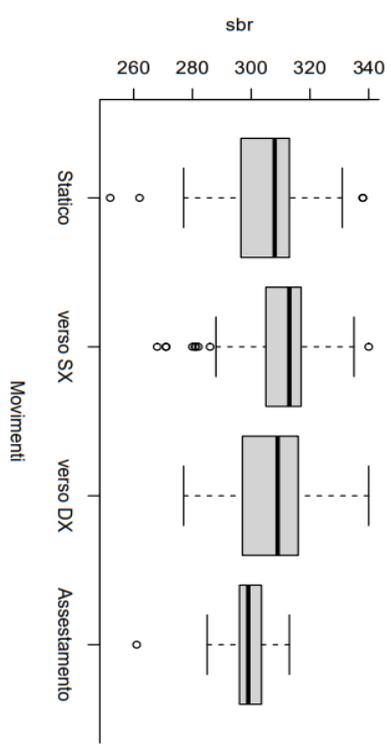
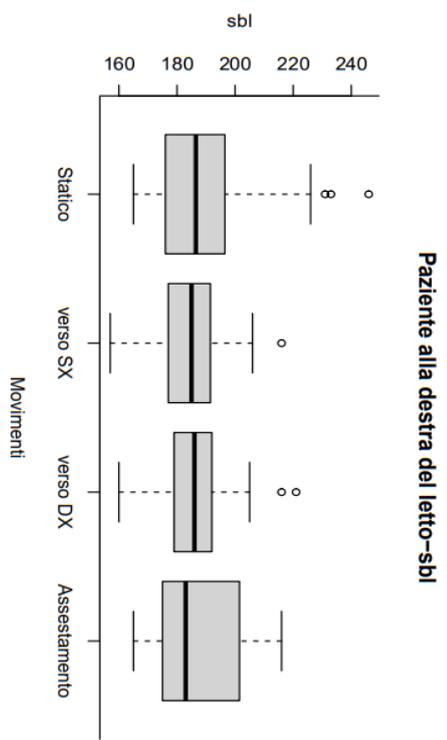


Figura 11. Grafici box plot dei valori dei quattro sensori con paziente posizionato alla destra del letto.

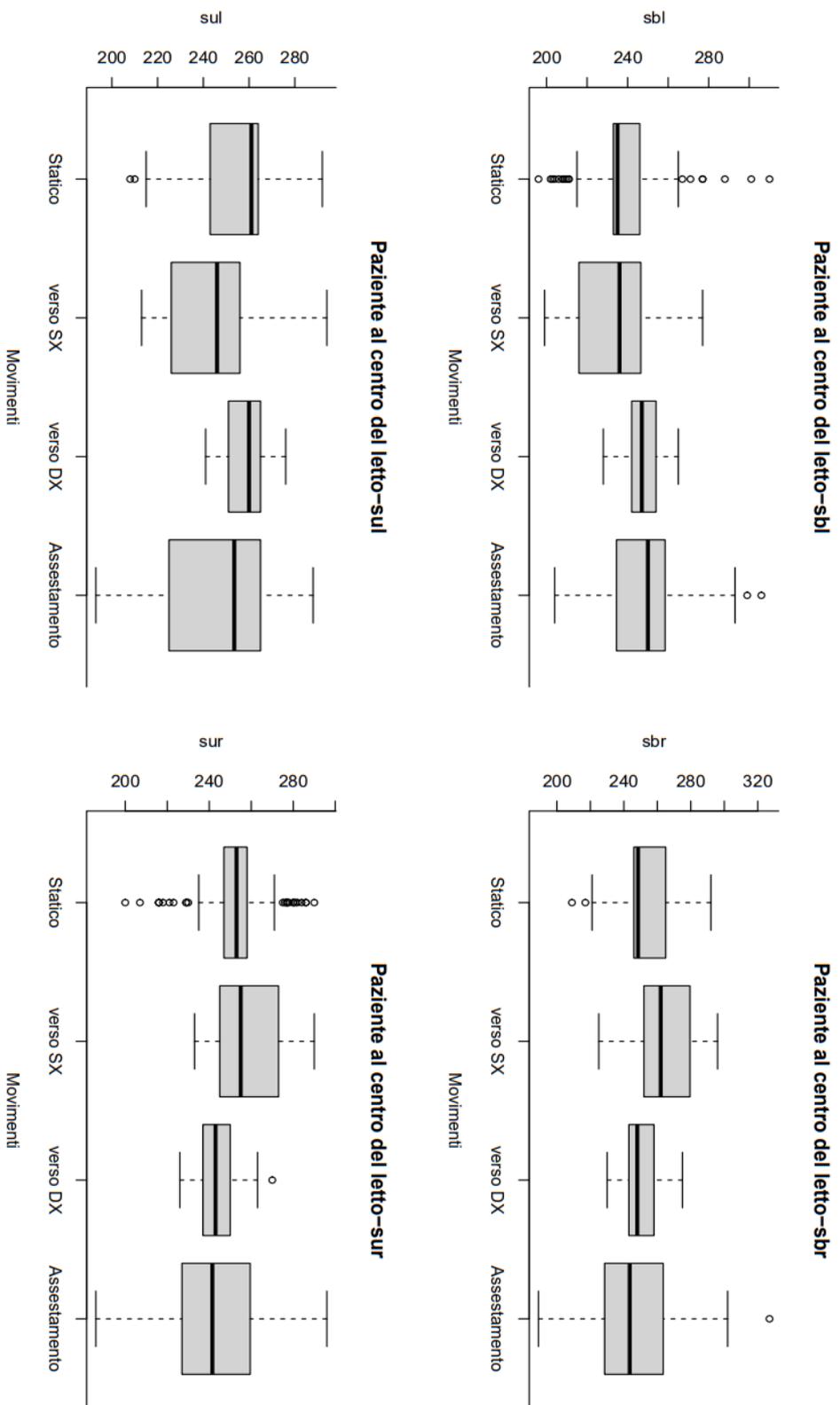


Figura 12. Grafici box plot dei valori dei quattro sensori con paziente posizionato al centro del letto.

## CAPITOLO 5: CONCLUSIONI

Dai dati analizzati fino a questo momento non è possibile effettuare ulteriori considerazioni sull'identificazione dei movimenti e sulla tipologia di questi. La fase di analisi dei dati, infatti, non è ancora terminata, in quanto tutti i dati raccolti devono ancora essere sincronizzati ed etichettati; sarà quindi necessario analizzare tutti i valori rilevati dai sensori e rivalutare l'accuratezza del sistema di monitoraggio.

Rispetto agli studi presenti in letteratura (Marchione et al., 2015; Silva et al., 2022) questo presenta un campione di popolazione di dimensioni maggiori, che rende possibile la conduzione di un'analisi più accurata. Dai dati ricavati dai questionari è possibile comunque fare alcune considerazioni sul campione di popolazione preso in considerazione. L'analisi infatti mostra come, all'interno del campione, ci sia un'ampia variabilità di soggetti che praticano tipologie di attività fisica diversa in termini di tempo e intensità e che presentano alcune limitazioni in queste.

Tuttavia, in questa fase della raccolta dati, lo studio presenta alcuni limiti, in quanto l'età del campione e i valori di peso non sono rappresentativi della popolazione. Dai risultati, infatti, è possibile notare come la mediana dell'età dei partecipanti allo studio sia molto bassa (25 anni), con un range interquartile pari a 16. La distribuzione dei valori del peso, inoltre, è poco varia, con un range interquartile di valore 15.1. In futuro sarà necessario effettuare ulteriori studi con soggetti di età e valori di peso più vari, in quanto i pattern di movimento nel letto presentano differenze in base anche a età e peso del paziente.

Come evidenziato in precedenza, la mobilizzazione del paziente allettato è fondamentale per ridurre il rischio di lesioni da decubito. Nella pratica clinica infatti la rilevazione e l'identificazione della tipologia del movimento che il paziente è in grado di effettuare in autonomia permette all'operatore sanitario di valutare in maniera più accurata il rischio a cui è esposto il soggetto e di conseguenza effettuare una mobilizzazione efficace. Questo agevolerebbe lo sviluppo di un'assistenza personalizzata e mirata alle esigenze del singolo, anche in ambienti di lavoro in cui non sempre è possibile monitorare ogni paziente individualmente. Inoltre, questo sistema favorirebbe una valutazione del rischio di insorgenza di lesioni oggettiva e

continuamente monitorata nel tempo, con un miglioramento degli esiti dell'assistenza e la riduzione dell'incidenza di lesioni da decubito durante la degenza.

Sarà necessario quindi verificare il funzionamento del letto su un campione di individui a rischio di insorgenza di lesioni da decubito, stilando un protocollo sulla mobilitazione da parte del personale sanitario e confrontando l'incidenza di lesioni da decubito con un secondo campione di individui a rischio, nei quali non è stato utilizzato lo strumento di prevenzione.

L'utilizzo di questo sistema di prevenzione potrebbe produrre un'ottimizzazione dei costi ospedalieri e del carico assistenziale del personale infermieristico. La degenza nell'ambiente ospedaliero potrebbe quindi non prolungarsi oltre il necessario, portando anche a una riduzione dei costi legati all'assistenza.

Tramite un sistema di monitoraggio continuo del movimento del paziente a letto e una valutazione accurata del rischio si potrebbero rendere più efficaci gli interventi infermieristici, sviluppando un sistema di prevenzione puntuale e mirato verso i soggetti realmente a rischio. In futuro sarà quindi necessario effettuare anche uno studio di valutazione dei costi e benefici che questo sistema può comportare negli ambienti ospedalieri.

In termini di benefici nella prevenzione delle lesioni da decubito è da considerare anche l'utilizzo del letto in ambito domiciliare. In questi casi l'infermiere domiciliare potrebbe essere in grado di monitorare in un ampio arco di tempo l'andamento della mobilità del paziente a letto e le modificazioni di peso, educando di conseguenza anche il caregiver a un'assistenza più efficace.

## BIBLIOGRAFIA

- Abma, I. L., Butje, B. J. D., ten Klooster, P. M., & van der Wees, P. J. (2021). Measurement properties of the Dutch–Flemish patient-reported outcomes measurement information system (PROMIS) physical function item bank and instruments: A systematic review. *Health and Quality of Life Outcomes*, *19*(1), 62. <https://doi.org/10.1186/s12955-020-01647-y>
- Allet, L., Knols, R. H., Shirato, K., & de Bruin, E. D. (2010). Wearable systems for monitoring mobility-related activities in chronic disease: A systematic review. *Sensors (Basel, Switzerland)*, *10*(10), 9026–9052. <https://doi.org/10.3390/s101009026>
- Avsar, P., Moore, Z., Patton, D., O’Connor, T., Budri, A. M., & Nugent, L. (2020). Repositioning for preventing pressure ulcers: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Wound Care*, *29*(9), 496–508. <https://doi.org/10.12968/jowc.2020.29.9.496>
- Barnett, R. I., & Shelton, F. E. (1997). Measurement of support surface efficacy: Pressure. *Advances in Wound Care*, *10*(7), 21–29.
- Bennett, S., Ren, Z., Goubran, R., Rockwood, K., & Knoefel, F. (2015). In-Bed Mobility Monitoring Using Pressure Sensors. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, *64*(8), 2110–2120. <https://doi.org/10.1109/TIM.2015.2426331>
- Bergstorm, N. (2005). Patients at Risk for Pressure Ulcers and Evidence-Based Care for Pressure Ulcer Prevention. In D. L. Bader, C. V. C. Bouten, D. Colin, & C. W. J.

- Oomens (A c. Di), *Pressure Ulcer Research: Current and Future Perspectives* (pp. 35–50). Springer. [https://doi.org/10.1007/3-540-28804-X\\_4](https://doi.org/10.1007/3-540-28804-X_4)
- Bergstrom, N., Braden, B. J., Laguzza, A., & Holman, V. (1988). The Braden Scale for predicting pressure sore risk. *Nursing Research*, 36 (4), 205-210. *Orthopaedic Nursing*, 7(1), 42.
- Borghardt, A. T., Prado, T. N. do, Araújo, T. M. de, Rogenski, N. M. B., & Bringunte, M. E. de O. (2015). Evaluation of the pressure ulcers risk scales with critically ill patients: A prospective cohort study. *Revista Latino-Americana De Enfermagem*, 23(1), 28–35. <https://doi.org/10.1590/0104-1169.0144.2521>
- Braden, B. J., & Bryant, R. (1990). Innovations to prevent and treat pressure ulcers. *Geriatric Nursing*, 11(4), 182–186. [https://doi.org/10.1016/S0197-4572\(05\)80339-8](https://doi.org/10.1016/S0197-4572(05)80339-8)
- Ceelen, K. K., Stekelenburg, A., Loerakker, S., Strijkers, G. J., Bader, D. L., Nicolay, K., Baaijens, F. P. T., & Oomens, C. W. J. (2008). Compression-induced damage and internal tissue strains are related. *Journal of Biomechanics*, 41(16), 3399–3404. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.09.016>
- Coleman, S., Gorecki, C., Nelson, E. A., Closs, S. J., Defloor, T., Halfens, R., Farrin, A., Brown, J., Schoonhoven, L., & Nixon, J. (2013). Patient risk factors for pressure ulcer development: Systematic review. *International Journal of Nursing Studies*, 50(7), 974–1003. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2012.11.019>
- Coleman, S., Nixon, J., Keen, J., Wilson, L., McGinnis, E., Dealey, C., Stubbs, N., Farrin, A., Dowding, D., Schols, J. M. G. A., Cuddigan, J., Berlowitz, D., Jude, E., Vowden, P., Schoonhoven, L., Bader, D. L., Gefen, A., Oomens, C. W. J., &

- Nelson, E. A. (2014). A new pressure ulcer conceptual framework. *Journal of Advanced Nursing*, 70(10), 2222–2234. <https://doi.org/10.1111/jan.12405>
- Craig, C. L., Marshall, A. L., Sjöström, M., Bauman, A. E., Booth, M. L., Ainsworth, B. E., Pratt, M., Ekelund, U., Yngve, A., Sallis, J. F., & Oja, P. (2003). International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(8), 1381–1395. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000078924.61453.fb>
- European Pressure Ulcer Advisory Panel, National Pressure Injury Advisory Panel and Pan Pacific Pressure Injury Alliance. *Prevention and Treatment of Pressure Ulcers/Injuries: Quick Reference Guide*. Emily Haesler (Ed.). *EPUAP/NPIAP/PPPIA: 2019.pdf*. (s.d.). Recuperato 7 ottobre 2022, da [https://www.internationalguideline.com/static/pdfs/Quick\\_Reference\\_Guide-10Mar2019.pdf](https://www.internationalguideline.com/static/pdfs/Quick_Reference_Guide-10Mar2019.pdf)
- Gefen, A. (2007). The biomechanics of sitting-acquired pressure ulcers in patients with spinal cord injury or lesions. *International Wound Journal*, 4(3), 222–231. <https://doi.org/10.1111/j.1742-481X.2007.00330.x>
- Gefen, A., Brienza, D. M., Cuddigan, J., Haesler, E., & Kottner, J. (2022). Our contemporary understanding of the aetiology of pressure ulcers/pressure injuries. *International Wound Journal*, 19(3), 692–704. <https://doi.org/10.1111/iwj.13667>
- Hahnel, E., Lichterfeld, A., Blume-Peytavi, U., & Kottner, J. (2017). The epidemiology of skin conditions in the aged: A systematic review. *Journal of Tissue Viability*, 26(1), 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.jtv.2016.04.001>

- Halfens, R. J., Van Achterberg, T., & Bal, R. M. (2000). Validity and reliability of the braden scale and the influence of other risk factors: A multi-centre prospective study. *International Journal of Nursing Studies*, 37(4), 313–319.  
[https://doi.org/10.1016/s0020-7489\(00\)00010-9](https://doi.org/10.1016/s0020-7489(00)00010-9)
- Harris, P. A., Taylor, R., Thielke, R., Payne, J., Gonzalez, N., & Conde, J. G. (2009). Research electronic data capture (REDCap)—A metadata-driven methodology and workflow process for providing translational research informatics support. *Journal of Biomedical Informatics*, 42(2), 377–381.  
<https://doi.org/10.1016/j.jbi.2008.08.010>
- Jeng, P., & Wang, L.-C. (2017). An accurate, low-cost, easy-to-use sleep posture monitoring system. *2017 International Conference on Applied System Innovation (ICASI)*, 903–905. <https://doi.org/10.1109/ICASI.2017.7988585>
- Jeon, S., Park, T., Paul, A., Lee, Y.-S., & Son, S. H. (2019). A Wearable Sleep Position Tracking System Based on Dynamic State Transition Framework. *IEEE Access*, 7, 135742–135756. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2942608>
- Kosiak, M. (1959). Etiology and pathology of ischemic ulcers. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 40(2), 62–69.
- Li, Z., Lin, F., Thalib, L., & Chaboyer, W. (2020). Global prevalence and incidence of pressure injuries in hospitalised adult patients: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Nursing Studies*, 105, 103546.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2020.103546>
- Loerakker, S., Stekelenburg, A., Strijkers, G. J., Rijpkema, J. J. M., Baaijens, F. P. T., Bader, D. L., Nicolay, K., & Oomens, C. W. J. (2010). Temporal Effects of

Mechanical Loading on Deformation-Induced Damage in Skeletal Muscle Tissue.

*Annals of Biomedical Engineering*, 38(8), 2577–2587.

<https://doi.org/10.1007/s10439-010-0002-x>

Mansur, R., Peko, L., Shabshin, N., Cherbinski, L., Neeman, Z., & Gefen, A. (2021).

Ultrasound elastography reveals the relation between body posture and soft-tissue stiffness which is relevant to the etiology of sitting-acquired pressure ulcers.

*Physiological Measurement*, 41(12), 124002. [https://doi.org/10.1088/1361-](https://doi.org/10.1088/1361-6579/abc66d)

[6579/abc66d](https://doi.org/10.1088/1361-6579/abc66d)

Marchione, F. G., Araújo, L. M. Q., & Araújo, L. V. (2015). Approaches that use software

to support the prevention of pressure ulcer: A systematic review. *International Journal of Medical Informatics*, 84(10), 725–736.

<https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2015.05.013>

Mervis, J. S., & Phillips, T. J. (2019). Pressure ulcers: Pathophysiology, epidemiology, risk

factors, and presentation. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 81(4),

881–890. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2018.12.069>

Moda Vitoriano Budri, A., Moore, Z., Patton, D., O'Connor, T., Nugent, L., Mc Cann, A.,

& Avsar, P. (2020). Impaired mobility and pressure ulcer development in older

adults: Excess movement and too little movement-Two sides of the one coin?

*Journal of Clinical Nursing*, 29(15–16), 2927–2944.

<https://doi.org/10.1111/jocn.15316>

Moore, Z., Avsar, P., O'Connor, T., Budri, A., Bader, D. L., Worsley, P., Caggiari, S., &

Patton, D. (2022). A systematic review of movement monitoring devices to aid the

- prediction of pressure ulcers in at-risk adults. *International Wound Journal*.  
<https://doi.org/10.1111/iwj.13902>
- Norton, D., McLaren, R., & Exton-Smith, A. (1962). (s.d.). *An investigation of geriatric nursing problems in hospital*. London: Churchill Livingstone. Scientific Research.
- Olivo, S., Canova, C., Peghetti, A., Rossi, M., & Zanotti, R. (2020). Prevalence of pressure ulcers in hospitalised patients: A cross-sectional study. *Journal of Wound Care*, 29(Sup3), S20–S28. <https://doi.org/10.12968/jowc.2020.29.Sup3.S20>
- Ostadabbas, S., Yousefi, R., Faezipour, M., Nourani, M., & Pompeo, M. (2011). Pressure ulcer prevention: An efficient turning schedule for bed-bound patients. 2011 *IEEE/NIH Life Science Systems and Applications Workshop (LiSSA)*, 159–162.  
<https://doi.org/10.1109/LISSA.2011.5754183>
- Ryan, D., & Heaner, M. (2014). Preface to the full report. *Obesity*, 22(S2), S1–S3.  
<https://doi.org/10.1002/oby.20819>
- Silva, A., Metrôlho, J., Ribeiro, F., Fidalgo, F., Santos, O., & Dionisio, R. (2022). A Review of Intelligent Sensor-Based Systems for Pressure Ulcer Prevention. *Computers*, 11(1), Art. 1. <https://doi.org/10.3390/computers11010006>
- Stausberg, J., Kröger, K., Maier, I., Schneider, H., Niebel, W., & Project, for the I. D. (2005). Pressure Ulcers in Secondary Care: Incidence, Prevalence, and Relevance. *Advances in Skin & Wound Care*, 18(3), 140–145.
- Stekelenburg, A., Strijkers, G. J., Parusel, H., Bader, D. L., Nicolay, K., & Oomens, C. W. (2007). Role of ischemia and deformation in the onset of compression-induced deep tissue injury: MRI-based studies in a rat model. *Journal of Applied Physiology*, 102(5), 2002–2011. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01115.2006>

- Traa, W. A., van Turnhout, M. C., Nelissen, J. L., Strijkers, G. J., Bader, D. L., & Oomens, C. W. J. (2019). There is an individual tolerance to mechanical loading in compression induced deep tissue injury. *Clinical Biomechanics*, *63*, 153–160. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2019.02.015>
- Tsuji, S., Ichioka, S., Sekiya, N., & Nakatsuka, T. (2005). Analysis of ischemia-reperfusion injury in a microcirculatory model of pressure ulcers. *Wound Repair and Regeneration: Official Publication of the Wound Healing Society [and] the European Tissue Repair Society*, *13*(2), 209–215. <https://doi.org/10.1111/j.1067-1927.2005.130213.x>
- Tubaishat, A., Papanikolaou, P., Anthony, D., & Habiballah, L. (2018). Pressure Ulcers Prevalence in the Acute Care Setting: A Systematic Review, 2000-2015. *Clinical Nursing Research*, *27*(6), 643–659. <https://doi.org/10.1177/1054773817705541>
- Van Damme, N., Van Hecke, A., Remue, E., Van den Bussche, K., Moore, Z., Gefen, A., Verhaeghe, S., & Beeckman, D. (2020). Physiological processes of inflammation and edema initiated by sustained mechanical loading in subcutaneous tissues: A scoping review. *Wound Repair and Regeneration*, *28*(2), 242–265. <https://doi.org/10.1111/wrr.12777>
- Waterlow, J. (1985). Pressure sores: A risk assessment card. *Nursing Times*, *81*(48), 49–55.
- Weaver, V., & Jester, J. (1994). A clinical tool: Updated readings on tissue interface pressures. *Ostomy/Wound Management*, *40*(5), 34–36, 38, 40 passim.

Witkowski, J. A., & Parish, L. C. (1982). Histopathology of the decubitus ulcer. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 6(6), 1014–1021.

[https://doi.org/10.1016/s0190-9622\(82\)70085-4](https://doi.org/10.1016/s0190-9622(82)70085-4)

Zhang, Y., Zhuang, Y., Shen, J., Chen, X., Wen, Q., Jiang, Q., & Lao, Y. (2021). Value of pressure injury assessment scales for patients in the intensive care unit: Systematic review and diagnostic test accuracy meta-analysis. *Intensive & Critical Care Nursing*, 64, 103009. <https://doi.org/10.1016/j.iccn.2020.103009>